



AMIENS METROPOLE

Parc Zoologique d'AMIENS (80)

Plan de gestion

Rapport

Réf : CSSPNO171075 / RSSPNO06613-01

AVO / SEP / FLO

04/05/2017






AMIENS METROPOLE

Parc Zoologique d'AMIENS (80)

Plan de gestion

Pour cette étude, le chef du projet est Amandine VOGT

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation/Supervision	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport	04/05/2017	01	A.VOGT		S.PECQUEUX		F.LORET	

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CSSPNO171075 / RSSPNO06613-01
Numéro d'affaire :	A34847
Domaine technique :	SP03
Mots clé du thésaurus	PLAN DE GESTION ANALYSE DES RISQUES SANITAIRES

Agence Nord-Ouest – site d'Arras
5, chemin des Filatiers – 62223 Sainte-Catherine-Les-Arras
Tél : 03.21.24.38.00 • Fax : 03.21.24.38.09
agence.arras@burgeap.fr

SOMMAIRE

Synthèse technique	6
1. Introduction	8
1.1 Objet de l'étude.....	8
1.2 Méthodologie générale et réglementation en vigueur.....	8
1.3 Documents de référence	9
2. Description du site d'étude	10
2.1 Localisation du site d'étude	10
2.2 Description du projet d'aménagement.....	11
3. Synthèse des études antérieures	13
3.1 Contexte environnemental de la zone d'étude	13
3.2 Future zone d'extension du parc – ancien site Picardie Poids Lourds	14
3.2.1 Synthèse de l'historique et sources potentielles de pollution	14
3.2.2 Synthèse des investigations réalisées	17
3.3 Partie ouest de l'emprise actuelle du parc zoologique	20
3.3.1 Synthèse de l'historique et sources potentielles de pollution	20
3.3.2 Synthèse des investigations réalisées	22
4. Plan de gestion	26
4.1 Objectifs	26
4.2 Périmètre concerné.....	26
4.3 Analyse des enjeux concernant les eaux souterraines	26
4.4 Analyse des enjeux sanitaires	26
4.5 Mesures de gestion impératives à mettre en œuvre	26
4.5.1 Recouvrement des sols.....	27
4.5.2 Potagers ou plantation d'arbres fruitiers.....	27
4.5.3 Canalisation d'eau potable	27
4.6 Gestion des zones de pollution concentrées.....	27
4.6.1 Méthodologie nationale	27
4.6.2 Définition et localisation des zones de pollution concentrées	28
4.6.3 Traitement des pollutions concentrées.....	32
4.6.4 Préconisations spécifiques aux travaux de dépollution	39
4.7 Gestion des déblais	40
4.8 Conservation de la mémoire	43
4.8.1 Cadre et objectifs	43
4.8.2 Les différents types de servitudes.....	43
4.8.3 Contenu des restrictions à mettre en œuvre	44
4.8.4 Eléments nécessaires à l'information	44
5. Analyse des risques résiduels (ARR) prédictive.....	45
5.1 Schéma conceptuel adapté au projet d'aménagement avec prise en compte des mesures de gestion	45
5.1.1 Méthodologie.....	45
5.1.2 Sources résiduelles de pollution.....	45
5.1.3 Cibles	46
5.1.4 Voies de transfert des sources résiduelles vers les autres milieux	46
5.1.5 Voies d'exposition retenues	47
5.2 Sélection des composés et concentrations retenues	49
5.3 Relation dose-réponse des polluants retenus	51
5.4 Evaluation des concentrations résiduelles des vapeurs dans l'air intérieur et extérieur	53
5.5 Quantification prédictive des risques sanitaires résiduels	57
5.5.1 Méthodologie.....	57
5.5.2 Quantification des risques sanitaires sur site	58

5.6	Incertitudes et sensibilité de l'ARR	61
5.6.1	Introduction	61
5.6.2	Non prise en compte de l'exposition au bruit de fond.....	61
5.6.3	Choix des composés.....	61
5.6.4	Toxicité des composés.....	62
5.6.5	Transport des vapeurs d'air intérieur et extérieur.....	63
5.6.6	Perméabilité des sols.....	65
5.6.7	Paramètres d'exposition.....	65
5.6.8	Conclusions sur les incertitudes et la sensibilité de l'environnement	65
6.	Synthèse et recommandations	65
7.	Limites d'utilisation d'une étude de pollution	67

FIGURES

Figure 1 :	Emprise du site d'étude (source : IGN)	10
Figure 2 :	Photographie aérienne du site d'étude (source : Géoportail)	11
Figure 3 :	Plan projet envisagé (source : Atelier OSTY)	12
Figure 4 :	Localisation des sources potentielles de pollution du site Picardie Poids Lourds	16
Figure 5 :	Localisation des investigations et des anomalies détectées dans les sols.....	19
Figure 6 :	Découverte fortuite d'hydrocarbures (source : GALIA SANA)	20
Figure 7 :	Sources potentielles de pollution au droit du zoo.....	21
Figure 8 :	Localisation des sondages GALIA SANA et anomalies de concentrations dans les sols	24
Figure 9 :	Concentrations en hydrocarbures C ₁₀ -C ₄₀ dans les sols du site.....	29
Figure 10 :	Zones de pollution concentrées	31
Figure 11 :	Filières d'évacuation des sources de pollution concentrées.....	37
Figure 12 :	Filière d'élimination des déblais	42
Figure 13 :	Schéma conceptuel après mesures de gestion	48

TABLEAUX

Tableau 1 :	Contexte environnemental.....	13
Tableau 2 :	Sources potentielles de pollution du site Picardie Poids Lourds.....	15
Tableau 3 :	Synthèse de l'étude EQS de 2008 au droit de Picardie Poids Lourds.....	17
Tableau 4 :	Synthèse du diagnostic réalisé par BURGEAP sur le site Picardie Poids Lourds	18
Tableau 5 :	Sources potentielles de pollution au droit du zoo.....	22
Tableau 6 :	Investigations réalisées lors de la première campagne d'investigations de GALIA SANA de mars 2014.....	23
Tableau 7 :	Zones de pollution concentrées identifiées au droit du site d'étude.....	30
Tableau 8 :	Techniques de dépollution selon les polluants présents sur site	32
Tableau 9 :	Matrice bilan coûts avantages	34
Tableau 10 :	Estimation des coûts de traitement de la zone source par évacuation.....	38
Tableau 11 :	Filière d'évacuation des déblais générés dans le cadre des aménagements (hors zones sources)	40
Tableau 12 :	Les différents types de servitudes possibles.....	43
Tableau 13 :	Restrictions d'usages à mettre en œuvre.....	44
Tableau 14 :	Budget espace-temps des cibles considérées	46
Tableau 15 :	Voies d'exposition retenues.....	47
Tableau 16 :	posés et concentrations retenues – scénario 1	50
Tableau 17 :	Composés et concentrations retenues – scénario 2	50
Tableau 18 :	VTR retenues	52
Tableau 19 :	Paramètres de calculs liés aux sols et aux aménagements – scénario 1	54

Tableau 20 : Paramètres de calculs liés aux sols et aux aménagements – scénario 2.....	55
Tableau 21 : Concentrations calculées dans l'air intérieur et extérieur – scénario 1	56
Tableau 22 : Concentrations calculées dans l'air intérieur et extérieur – scénario 2.....	57
Tableau 23 : Risques sanitaires – scénario 1	59
Tableau 24 : Risques sanitaires – scénario 2	60

ANNEXES

Annexe 1. Résultats des investigations réalisées sur le site Picardie Poids Lourds
Annexe 2. Résultats des investigations réalisées sur le zoo par GALIA SANA
Annexe 3. Toxicologie et physico-chimie des composés retenus
Annexe 4. Paramètres de calculs
Annexe 5. QD et ERI calculés
Annexe 6. Glossaire

Synthèse technique

Client	AMIENS METROPOLE
Informations sur le site	<ul style="list-style-type: none"> Intitulé/adresse du site : Parc Zoologique d'AMIENS (80) Propriétaire actuel : Amiens Métropole Usage et exploitant actuel : parc zoologique à l'est et site et bâtiments en cours de déconstruction à l'ouest (ancien site Picardie Poids Lourds)
Statut réglementaire	<ul style="list-style-type: none"> Installation ICPE : oui pour Picardie Poids Lourds Régime ICPE : déclaration Situation administrative : non connue
Contexte de l'étude	Le groupement de l'Atelier OSTY, dont fait partie la société BURGEAP, a été missionné pour une mission de maîtrise d'œuvre paysagère et technique pour le réaménagement et le développement du parc zoologique.
Projet d'aménagement	Le projet prévu au droit du parc zoologique comprend le réaménagement des enclos et des cheminements ainsi que l'extension de l'emprise du site avec l'ajout de l'emprise du site industriel Picardie Poids Lourds en partie est du site pour la réalisation d'un parvis d'accès au zoo, de bâtiments (bâtiments techniques, restaurant, accueil et boutiques) ainsi que potentiellement un parking pour le personnel.
Historique	<ul style="list-style-type: none"> Partie ouest du site : <ul style="list-style-type: none"> 1889 – date non connue : Filature des Cours (filature de laine, blanchisserie, teinturerie, bonneterie, draperie et fabrication de tissus) ; 1940 – 30 juin 2015 : Garage poids lourds (Ets Georges Sueur puis Picardie Poids Lourds) Partie est du site : <ul style="list-style-type: none"> Dates non connues : Ancienne laiterie et ancien garage ; Dates non connues : zone technique du zoo.
Géologie / hydrogéologie	<ul style="list-style-type: none"> Remblais gravelo-sableux gris jusqu'à 1 m de profondeur environ (détecté sur le site Picardie Poids Lourds lors des investigations BURGEAP de 2015) ; Alluvions fluviales limono-sableuses à argileuses d'une épaisseur variant entre 1,5 et 5 m de profondeur ; Craie du Sénonien et Turonien ; Nappe des alluvions de la Somme : lors des investigations de terrain réalisées par BURGEAP (le 21/08/2015), la profondeur de la nappe a été rencontrée autour de 2 m de profondeur et son sens d'écoulement est dirigé du sud-ouest au nord-est.
Impacts identifiés	<ul style="list-style-type: none"> Partie ouest du site : <ul style="list-style-type: none"> Impact global en métaux sur sols superficiels (remblais) ; Zones de pollutions concentrées en hydrocarbures lourds ; Présence ponctuelle de composés volatils (naphtalène et COHV) dans les sols et l'air des sols ; Absence d'impact des eaux souterraines ; Partie est du site : <ul style="list-style-type: none"> Impact global des remblais en métaux ; Zones de pollution concentrées en hydrocarbures lourds ; Présence de composés volatils, notamment hydrocarbures volatils, sur une zone du site ; Absence d'impact des eaux souterraines.

Mesures de gestion à mettre impérativement en place	<ul style="list-style-type: none"> Recouvrement des sols : <ul style="list-style-type: none"> des zones investiguées par une dalle béton, un revêtement spécifique (enrobé ou revêtement minéral) ou 30 cm de terres saines d'apport ; pour les zones non investiguées, une attention particulière devra être apportée lors du réaménagement de cette zone concernant la présence de remblais potentiellement impactés en métaux. Des analyses complémentaires devront être réalisées dans les futures zones non recouvertes afin de vérifier la présence ou non d'impacts en métaux et d'envisager un recouvrement ; Mise en place des canalisations d'eau potable hors zones sources de pollution concentrées ou dans des une tranchée d'une section minimale de 1 m² remplie de matériaux propres rapportés ou avec des matériaux anti-perméation ; Gestion des 8 zones de pollutions concentrées en hydrocarbures mises en évidence sur le site par excavation et évacuation hors site de ces terres en filières adaptées. Des investigations complémentaires sur les sols pourront être réalisées afin d'affiner les coûts d'élimination de ces zones ; Mise à jour du présent plan de gestion et ARR lorsque le projet d'aménagement sera définitif. Nous recommandons la réalisation d'investigations complémentaires sur les gaz des sols au droit des futurs bâtiments afin de réduire les incertitudes et les degrés des risques calculés (notamment concernant le trichloroéthylène).
Gestion des déblais générés par les travaux d'aménagement	<p>Une attention particulière sera apportée à la gestion des déblais dans le cadre des aménagements prévus.</p> <p>BURGEAP recommande de gérer les terres excavées au droit du site (remblaiement des emplacements des zones de pollution concentrées, merlons paysagers...) plutôt que d'évacuer les terres hors site afin d'éviter des surcoûts liés à la gestion des déblais.</p> <p>Des investigations complémentaires pourront être envisagées sur les zones à excaver afin de déterminer les filières d'élimination des déblais générés.</p>
Analyse des risques résiduels (ARR)	<p>Les résultats des calculs de risques sanitaires ont montré que, dans le cadre de la mission qui nous a été confiée, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués (annexe 3 de la lettre aux préfets du 8 février 2007). Ainsi, l'état environnemental du site est compatible avec l'usage prévu.</p>

1. Introduction

1.1 Objet de l'étude

AMIENS METROPOLE a missionné le groupement de l'Atelier OSTY, dont fait partie la société BURGEAP, pour une mission de maîtrise d'œuvre paysagère et technique pour le réaménagement et le développement du parc zoologique d'Amiens (80).

Le projet prévu au droit du parc zoologique comprend le réaménagement des enclos et des cheminements ainsi que l'extension de l'emprise du site avec l'ajout de l'emprise du site industriel Picardie Poids Lourds en partie est du site pour la réalisation d'un parvis d'accès au zoo, de bâtiments (bâtiments techniques, restaurant, accueil et boutiques) ainsi que potentiellement un parking pour le personnel.

Plusieurs diagnostics environnementaux du milieu souterrain ont été réalisés sur le site :

- L'emprise actuelle du parc zoologique a accueilli dans sa partie est (zone de service) des installations potentiellement polluantes qui ont fait l'objet d'investigations par GALIA SANA en 2014 ;
- La zone d'extension envisagée du parc zoologique est incluse dans l'emprise de l'ancien garage automobile Picardie Poids Lourds qui a fait l'objet d'investigations par BURGEAP en 2015.

Ces investigations réalisées sur le site ont mis en évidence la présence d'impacts dans les sols. AMIENS METROPOLE a donc mandaté BURGEAP pour la réalisation d'un plan de gestion couplé à une analyse des risques résiduels, objet de ce rapport, afin de déterminer les mesures de gestion à mettre en place au droit du site d'étude.

Compte tenu de l'absence de projet définitif à ce stade et de la réalisation d'un concours d'architecte pour les futurs bâtiments, le présent plan de gestion sera actualisé à l'issue du choix du projet d'architecture avec les données définitives du projet.

1.2 Méthodologie générale et réglementation en vigueur

La méthodologie retenue par BURGEAP pour la réalisation de cette étude prend en compte les textes et outils de la politique nationale de gestion des sites et sols pollués en France de février 2007 et les exigences de la **norme AFNOR NF X 31-620 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués »** révisée en juin 2011, pour le domaine A : « Etudes, assistance et contrôle ».

Nous nous plaçons dans une prestation de type **PG (plan de gestion)**, dont les objectifs sont les suivants :

- Choisir une stratégie de gestion, évaluer et justifier le choix retenu par un bilan Coûts / Avantages ;
- Concevoir, dimensionner au niveau « Avant-Projet », les travaux de dépollution, de confinement ou de protection pour supprimer ou à défaut maîtriser les sources de pollution et leurs impacts ;
- Définir les précautions/restrictions d'usage à instituer après les travaux ;
- Définir le programme de surveillance après les travaux ;
- Prouver que les mesures prévues préservent la santé publique par l'analyse des risques résiduels (ARR).

Cette prestation globale inclut les prestations élémentaires suivantes :

- A320 : analyse des enjeux sanitaires ;
- A330 : identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages.

L'étude est réalisée sur la base des connaissances techniques et scientifiques disponibles à la date de sa réalisation.

1.3 Documents de référence

Les documents utilisés dans le cadre de la présente étude sont :

- Rapport de « Diagnostic environnemental du milieu souterrain » réalisé par BURGEAP au droit de l'ancien site Picardie Poids Lourds référencé CSSPNO151501 / RSSPNO04972-02 et datant du 11/09/2015 ;
- Master plan datant du 15 février 2017 ;
- Rapport « Etude historique et documentaire » réalisé par GALIA SANA au droit du parc zoologique d'Amiens référencé FS1707101v1 du 22 janvier 2014 ;
- Rapport « EVAL phase 2 : Investigations de terrain » réalisé par GALIA SANA au droit du parc zoologique d'Amiens référencé FS1407102v1 du 31 mars 2014 ;
- Rapport « Investigations supplémentaires » réalisé par GALIA SANA au droit du parc zoologique d'Amiens référencé FS1407103v1 du 10 juillet 2014.

2. Description du site d'étude

2.1 Localisation du site d'étude

Le site d'étude est localisé sur la commune d'Amiens, entre la rue du Faubourg de Hem et le parc de la Hotoie (cf. **figure 1**). Il correspond aux parcelles cadastrales n°37 et 38 de la section XP et n°79, 80, 82, 91 et 92 de la section BC et présente une superficie totale de 69 371 m². L'altitude moyenne du périmètre d'étude est d'environ + 23 m NGF (niveau général de la France).

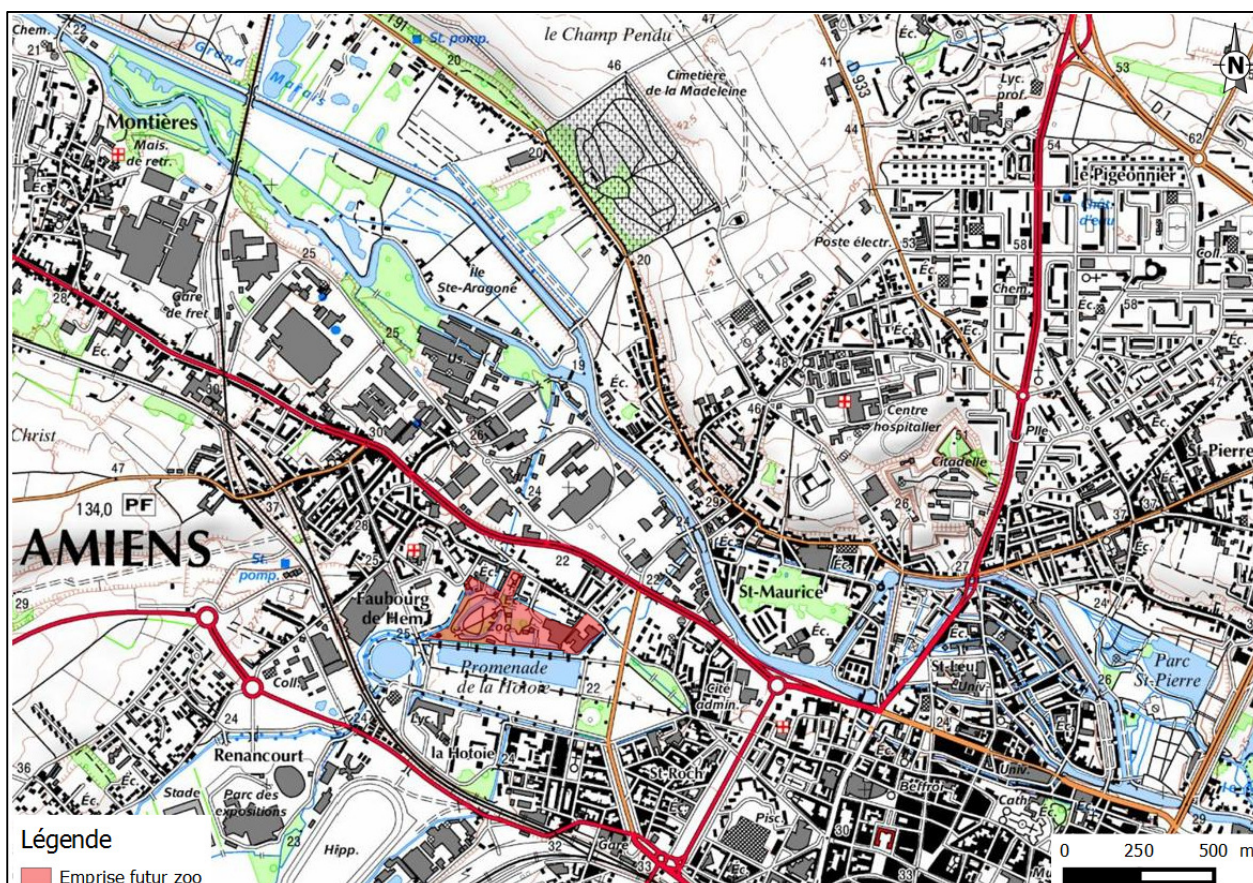


Figure 1 : Emprise du site d'étude (source : IGN)

Le site d'étude comprend (cf. **figure 2**) :

- L'emprise actuelle du parc zoologique d'Amiens comprenant les enclos d'animaux, une zone technique et une zone de service (bâtiments administratif, parking du personnel...) ;
- L'ancien site Picardie Poids Lourds à l'est du site qui est en cours de déconstruction.

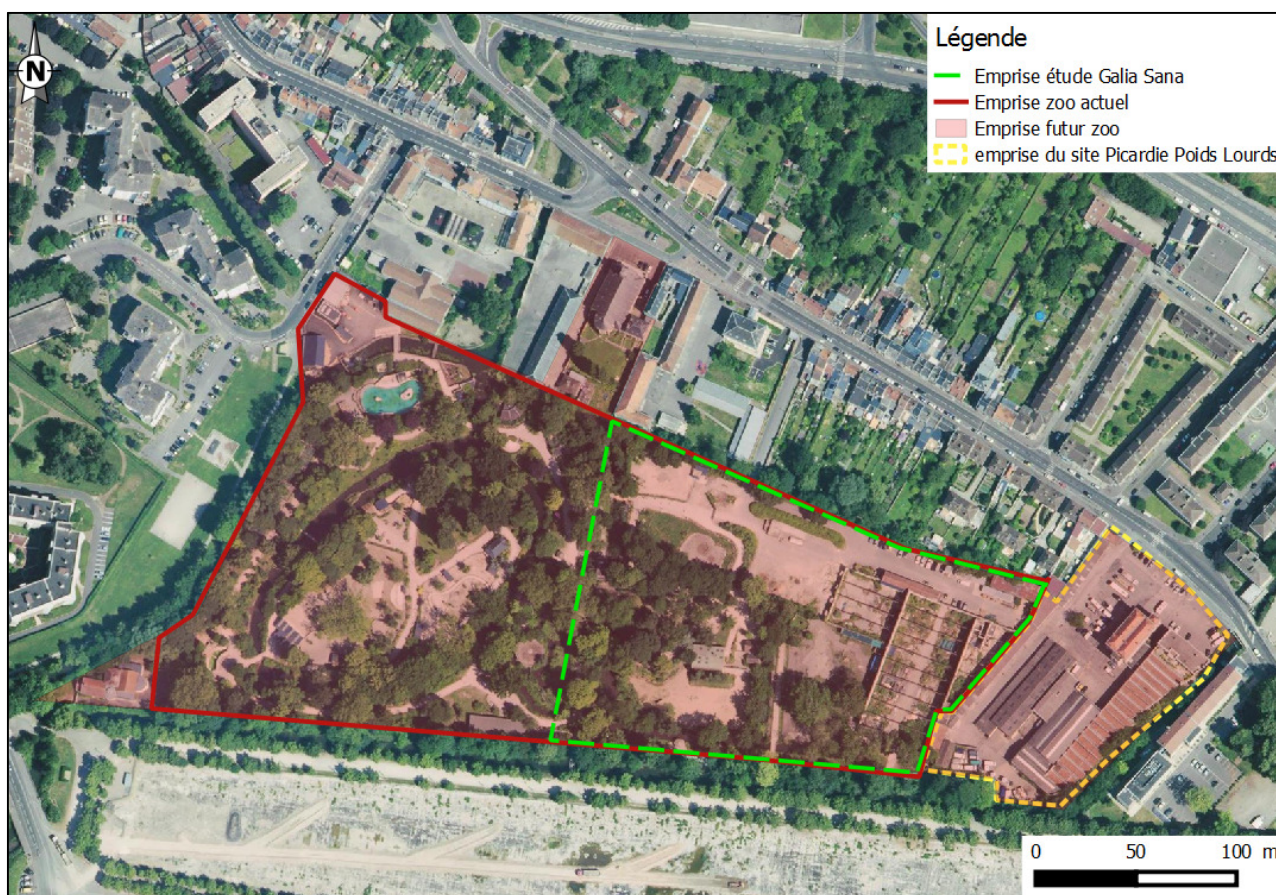


Figure 2 : Photographie aérienne du site d'étude (source : Géoportail)

2.2 Description du projet d'aménagement

Le projet d'aménagement prévoit la restructuration des espaces du zoo existant (enclos des animaux, cheminements, zones visiteurs, zones techniques) et l'intégration de l'emprise du site Picardie Poids Lourds afin d'y réaliser un parvis d'entrée au zoo et des bâtiments (bâtiments techniques et administratif, bâtiment d'accueil du public avec boutique et possible restauration). Un parking pour le personnel est également envisagé dans cette zone.

L'emprise exacte des installations envisagées n'est pour l'instant pas définie, de même que pour les caractéristiques techniques des bâtiments. Un concours d'architectes est envisagé pour la création des futurs bâtiments.

Le plan présentant la superposition entre l'état existant et le projet envisagé est présenté à la **figure 3**.

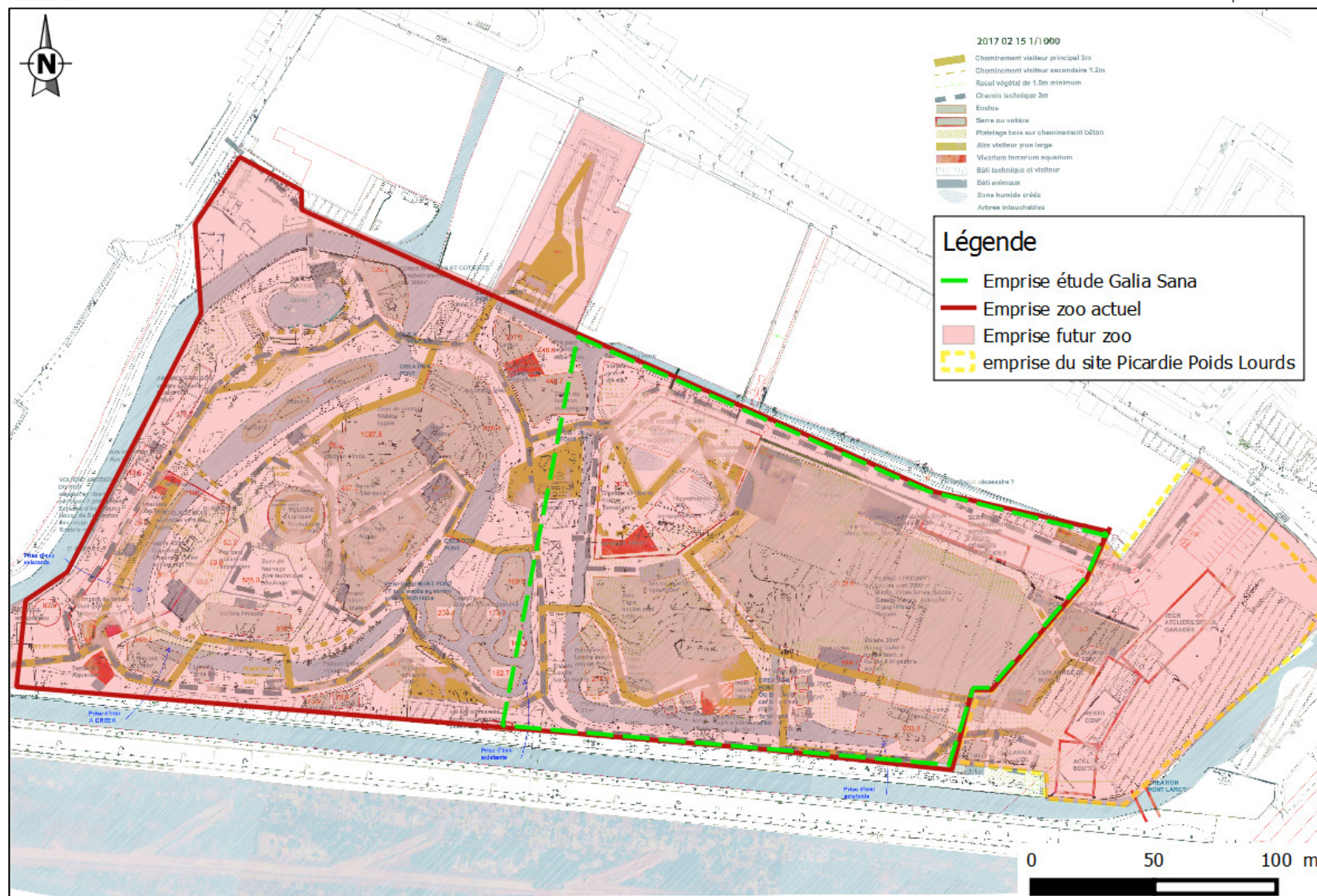


Figure 3 : Plan projet envisagé (source : Atelier OSTY)

3. Synthèse des études antérieures

Plusieurs études environnementales ont été réalisées au droit du site d'étude (cf. découpage à la **figure 2**) :

- Au droit de la future zone d'extension du parc zoologique (ancien site Picardie Poids Lourds) : étude BURGEAP « Diagnostic environnemental du milieu souterrain » référencé CSSPNO151501 / RSSPNO04972-02 et datant du 11/09/2015 ;
- Au droit de l'emprise actuelle du parc zoologique :
 - Partie est du site (comprenant notamment l'actuelle zone de services) :
 - étude GALIA SANA « Etude historique et documentaire » au droit du parc zoologique d'Amiens référencé FS1707101v1 du 22 janvier 2014 ;
 - étude GALIA SANA « EVAL phase 2 : Investigations de terrain » au droit du parc zoologique d'Amiens référencé FS1407102v1 du 31 mars 2014 ;
 - étude GALIA SANA « Investigations supplémentaires » au droit du parc zoologique d'Amiens référencé FS1407103v1 du 10 juillet 2014.
 - Partie ouest du site (parc zoologique) : cette partie ne présentant pas de sources potentielles de pollution et n'ayant pas accueilli d'anciennes activités industrielles, aucun diagnostic de la qualité environnementale du milieu souterrain n'a été réalisé sur cette zone.

3.1 Contexte environnemental de la zone d'étude

Le contexte environnemental de la zone d'étude est présenté dans le **tableau 1**.

Tableau 1 : Contexte environnemental

Contexte géologique	<ul style="list-style-type: none"> • Remblais gravo-sableux gris jusqu'à 1 m de profondeur environ (détecté sur le site Picardie Poids Lourds lors des investigations BURGEAP de 2015) ; • Alluvions fluviales limono-sableuses à argileuses d'une épaisseur variant entre 1,5 et 5 m de profondeur ; • Craie du Sénonien et Turonien.
Contexte hydrogéologique	<ul style="list-style-type: none"> • Nappe des alluvions de la Somme, alimentée par la craie sous-jacente et peu exploitée dans le secteur d'étude. Son sens d'écoulement est vraisemblablement influencé par la proximité avec les eaux superficielles. Lors des investigations de terrain réalisées par BURGEAP (le 21/08/2015), la profondeur de la nappe a été rencontrée autour de 2 m de profondeur et son sens d'écoulement est dirigé du sud-ouest au nord-est ; • Nappe de la craie d'importance régionale pour l'alimentation en eau potable et en eau industrielle, la nappe de la Craie est contenue dans les formations crayeuses du Sénonien et du Turonien supérieur. Cette nappe est en relation avec la nappe superficielle. Son écoulement est globalement orienté du nord-nord/est vers le sud-sud/ouest.
Contexte hydrologique	<p>La Somme est située à 500 m au nord du site. Elle s'écoule vers le nord-ouest. et présente des usages de pêche et récréatifs.</p> <p>On note également la présence de la rivière de la Haute Selle en limite sud et est du site. Elle s'écoule vers la Somme et est utilisée pour des usages de pêche. D'après les informations transmises lors de la visite du site Picardie Poids Lourds, une partie de la rivière passerait sous le site à travers des conduites (aménagement lors de l'ancienne activité de filature).</p>
Zones naturelles sensibles	<p>Le site étudié ne fait pas partie d'une zone naturelle sensible. Une ZNIEFF de type II (Haute et moyenne vallée de la Somme) est présente en aval hydrogéologique proche du site.</p>

Utilisation de la ressource en eau	Le site d'étude n'est pas inclus dans un périmètre de protection de captage. Aucun captage n'a été identifié en aval hydrogéologique du site et captant la nappe superficielle pourraient être concernés par une éventuelle pollution provenant du site.
Sites BASIAS et BASOL	Aucun site BASIAS ne se trouve en amont latéral hydrogéologique du site d'étude dans un rayon de 1 km et n'est donc susceptible d'avoir influencé la qualité des eaux souterraines au droit du site (transport par la nappe). Aucun site BASOL ne se trouve en amont hydrogéologique du site d'étude dans un rayon de 400 m.
Vulnérabilité et sensibilité de l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> Eaux souterraines : <ul style="list-style-type: none"> La nappe des alluvions est très vulnérable face à une éventuelle pollution provenant du site d'étude compte tenu de sa faible profondeur et de l'absence de couche imperméable la surmontant. Elle est peu sensible compte tenu de son absence d'usage La nappe de la craie sous-jacente n'est pas protégée par une couche d'argiles imperméable et est donc également vulnérable face à une éventuelle pollution du fait d'une activité polluante provenant du site. La nappe de la craie est utilisée à l'échelle régionale pour l'alimentation en eau potable. Malgré l'absence de captages d'eau potable à proximité du site, cette nappe est quand même considérée comme sensible. Eaux superficielles : compte tenu de la faible distance au site et des relations probables nappe / rivière, les eaux superficielles sont vulnérables face à une éventuelle pollution du fait d'une activité polluante provenant du site. Un usage récréatif ayant été identifié, elles sont considérées comme sensibles. Environnement du site : le site étudié ne fait pas partie d'une zone naturelle sensible. La zone naturelle « Haute et moyenne vallée de la Somme entre Croix-Fonsommes et Abbeville » se trouve néanmoins en aval hydrogéologique proche du site. De plus, le site s'inscrit dans un quartier à dominance résidentielle. L'environnement du site est donc sensible.

3.2 Future zone d'extension du parc – ancien site Picardie Poids Lourds

3.2.1 Synthèse de l'historique et sources potentielles de pollution

Les données recueillies lors de l'étude historique ont permis de montrer que le site a été successivement exploité pour les usages suivants :

- 1889 – date non connue : Filature des Cours (filature de laine, blanchisserie, teinturerie, bonneterie, draperie et fabrication de tissus) soumise à déclaration et autorisation ;
- 1940 – 30 juin 2015 : Garage pour véhicules poids lourds (Ets Georges Sueur puis Picardie Poids Lourds).

Plusieurs activités potentiellement polluantes ont été identifiées. Elles sont recensées dans le tableau ci-dessous et localisées en **figure 4**.

Tableau 2 : Sources potentielles de pollution du site Picardie Poids Lourds

Référence sur le plan	Source potentielle de pollution	Profondeur (m)	Polluants potentiels	Milieux potentiellement influencés
A	Transformateur PCB	1	PCB, HCT, HAP	Sol Eaux souterraines
B	Ancienne station service et cuves associées	3	HCT, HAP, BTEX	
		3		
		3		
C	Caniveau lavage voitures	2	HCT, HAP, BTEX	
D	Fosse banc freinage (dans fosse)	1	HCT, HAP, BTEX, COHV	
E	Chaudière + bâtiment ancienne teinturerie	1	HCT, HAP, BTEX	
F	cuve aérienne fioul	2	HCT, HAP, BTEX	
G	Fosse visite	2	HCT, HAP, BTEX, COHV, 8 métaux	
H	Fosse mécanique (huileuse) A côté fosse	2	HCT, HAP, BTEX, COHV, 8 métaux	
I	Zone mécanique (traces huiles)	2	HCT, HAP, BTEX, COHV, 8 métaux	
J	Zone de lavage (traces noires) + zone devant bâtiment	2	HCT, HAP, BTEX, COHV, 8 métaux	
K	Cuve hydrocarbures + fosse mécanique	2	HCT, HAP, BTEX	
L	fosse mécanique (traces huile)	2	HCT, HAP, BTEX	
M	Ancienne chaudière	1	HCT, HAP, BTEX	
N	Sockage bidons huile (traces huile)	1	HCT, HAP, BTEX	
O	ancienne cuve aérienne fioul	1	HCT, HAP, BTEX	
P	Fosses vidange huile + cuves d'huile Dans fosse	1	HCT, HAP, BTEX	
		1		
		1		
		1		
Q	cuve enterrée hydrocarbures	3	HCT, HAP, BTEX	
R	bâtiment tôlerie	1	HCT, HAP, BTEX, 8 métaux	
S	Ancienne chaudière	1	HCT, HAP, BTEX	
T	fosse visite A côté fosse	2	HCT, HAP, BTEX, COHV, 8 métaux	
U	regard enterré boueux	3	HCT, HAP, BTEX, COHV, 8 métaux	
V	caniveau lavage camions	2	HCT, HAP, BTEX	
W	Cabine peinture + caniveau + cuve	2	HCT, HAP, BTEX, COHV, 8 métaux	
X	Zone de stockage de nature inconnue visible sur les photographies aériennes	2	HCT, HAP, BTEX, COHV, 8 métaux	
Y	Cuve enterrée fioul servant auparavant au chauffage des appartements	3	HCT, HAP, BTEX	

HCT : Hydrocarbures C₁₀-C₄₀

HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes

PCB : Polychlorobiphényles

8 métaux : arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb et zinc

COHV : Composés organo-halogénés volatils

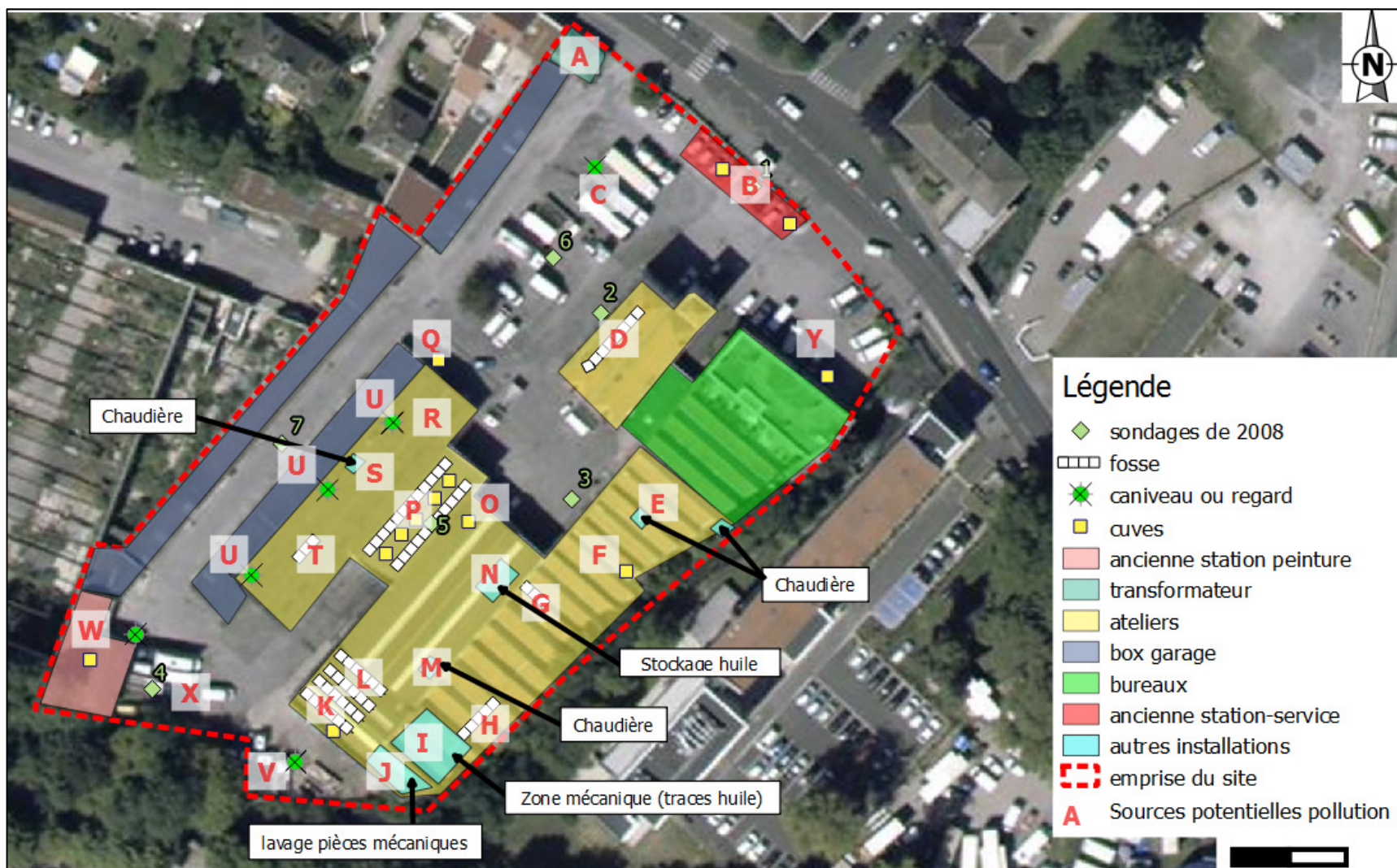


Figure 4 : Localisation des sources potentielles de pollution du site Picardie Poids Lourds

3.2.2 Synthèse des investigations réalisées

► Etude EQS de 2008

Dans le cadre de l'évaluation de la valeur du bien immobilier du site lors d'une succession, le Tribunal de Grande Instance d'Amiens a missionné le cabinet EQS (rapport RG 05/01550 MI de février 2008) afin de réaliser un diagnostic dont l'objectif est de confirmer ou non la présence de pollution au droit de plusieurs points suspectés lors de l'étude historique. La synthèse de cette étude est présentée dans le **tableau 3**.

Tableau 3 : Synthèse de l'étude EQS de 2008 au droit de Picardie Poids Lourds

Localisation des sondages	<p>Réalisation des sondages uniquement au droit des points suspectés d'une pollution éventuelle lors de l'étude historique : sondages réalisés au droit des fosses d'entretien et de la station-service pour l'activité de garage et sondages répartis sur le site pour l'activité de teinturerie (pas de localisation précise des anciennes activités) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sondage 1 : station-service ; • Sondage 2 : proximité fosse entretien (site en activité – pas d'accès dans la fosse) ; • Sondage 3 : centre du site ; • Sondage 4 : cabine de peinture ; • Sondage 5 : fosse d'entretien de la tôlerie ; • Sondage 6 : secteur nord-est du site (box) ; • Sondage 7 : secteur sud-est du site (parking poids lourds). <p>La localisation des sondages est présentée à la figure 5. Les sondages ont été réalisés à la carotteuse à percussion.</p>
Profondeur des sondages	<ul style="list-style-type: none"> • Sondage 1 : 2 m ; • Sondage 2 : 2 m ; • Sondage 3 : 2 m ; • Sondage 4 : 1,5 m ; • Sondage 5 : 2,2 m ; • Sondage 6 : 1,6 m ; • Sondage 7 : 1,6 m.
Composés recherchés	<ul style="list-style-type: none"> • Sondage 1 : HCT, BTEX ; • Sondage 2 : HCT, métaux¹, cyanures ; • Sondage 3 : métaux, cyanures ; • Sondage 4 : BTEX, métaux et cyanures ; • Sondage 5 : HCT, métaux et cyanures ; • Sondage 6 : HCT, métaux et cyanures ; • Sondage 7 : HCT, métaux et cyanures.
Résultats d'analyse	<ul style="list-style-type: none"> • Teneurs supérieures aux limites de détection du laboratoire en HCT au droit des échantillons 1 (0,7-0,8 m) avec une teneur de 2 000 mg/kg et 1 (0,8-1,5 m) avec une teneur de 200 mg/kg. • Présence de métaux dans les scories du site. <p>Les tableaux de résultats d'analyses sont présentés en annexe 1.</p>
Avis de BURGEAP sur l'étude EQS	<p>Cette étude présente une première approche de la qualité du milieu souterrain au droit du site mais ne peut pas se suffire à elle-même afin de conclure à la présence ou non de zones sources de pollution au droit du site car elle présente de nombreux manquements (absence d'investigations sur plusieurs sources potentielles de pollution, absence d'analyse sur les remblais, absence d'éléments concernant les eaux souterraines...).</p>

¹ Arsenic, Baryum, Brome, Chrome, Cuivre, Lanthane, Mercure, Nickel, Plomb, Thallium, Zinc, Chlore et Phosphore

► Etude BURGEAP de 2015

Compte tenu des manquements de l'étude EQS de 2008 et des éléments mis en évidence lors de la visite du site Picardie Poids Lourds (boues dans des regards, traces d'huile au sol et sur le béton), des investigations complémentaires ont été réalisées par BURGEAP en août 2015.

Ces éléments sont synthétisés dans le **tableau 4**.

Tableau 4 : Synthèse du diagnostic réalisé par BURGEAP sur le site Picardie Poids Lourds

Investigations réalisées	<ul style="list-style-type: none"> Sols : réalisation de 29 sondages (S1 à S29) entre 1 et 3 m de profondeur à la tarière mécanique et au carottier portatif pour les zones non accessibles à la machine de forage, localisés au droit des sources potentielles de pollution ; Eaux souterraines : mise en place de 3 piézomètres de 5 m de profondeur (Pz1 à Pz3) et prélèvements d'eaux souterraines ; Air des sols : réalisation de 3 prélèvements d'air sous dalle (A1 à A3) répartis sur le site et prélèvements des gaz des sols ; Bétons : réalisation de 3 prélèvements de bétons au droit des bâtiments ; Eaux des regards : 1 prélèvement au niveau des eaux chargées du regard de l'atelier tôlerie. <p>La localisation des investigations est présentée à la figure 5.</p>
Composés recherchés	<ul style="list-style-type: none"> Sols : Hydrocarbures C10-C40, HAP, BTEX, COHV, 8 métaux, PCB, pack ISDI conformément à l'arrêté du 12/12/2014 (définition des filières d'élimination des terres excavées) ; Eaux souterraines : Hydrocarbures C10-C40, HAP, BTEX, COHV, 8 métaux ; Gaz des sols : Hydrocarbures par TPH, BTEX, naphtalène et COHV.
Résultats d'analyses	<ul style="list-style-type: none"> Sols (cf. localisation des impacts en figure 5) : <ul style="list-style-type: none"> Impact global des remblais du site en métaux ; Présence ponctuelle des composés volatils (COHV, BTEX, naphtalène) ; Présence d'hydrocarbures C10-C40 au droit des sondages 1, S4, S12, S22 et S27 ; Eaux souterraines : <ul style="list-style-type: none"> Au droit du site d'étude, la nappe de la craie est orienté vers le nord-est et le niveau de la nappe a été mesuré en août 2015 entre 2 et 2,5 m de profondeur ; Absence d'impact des eaux ; Air des sols : présence de composés volatils (COHV notamment) ; Bétons : impact notable en hydrocarbures (teneurs comprises entre 1 180 et 5 080 mg/kg) ; Eaux chargées du regard : teneurs notables en métaux, hydrocarbures et HAP. <p>La synthèse des résultats est présentée à la figure 5. Les tableaux de résultats d'analyses sont présentés en annexe 1.</p>

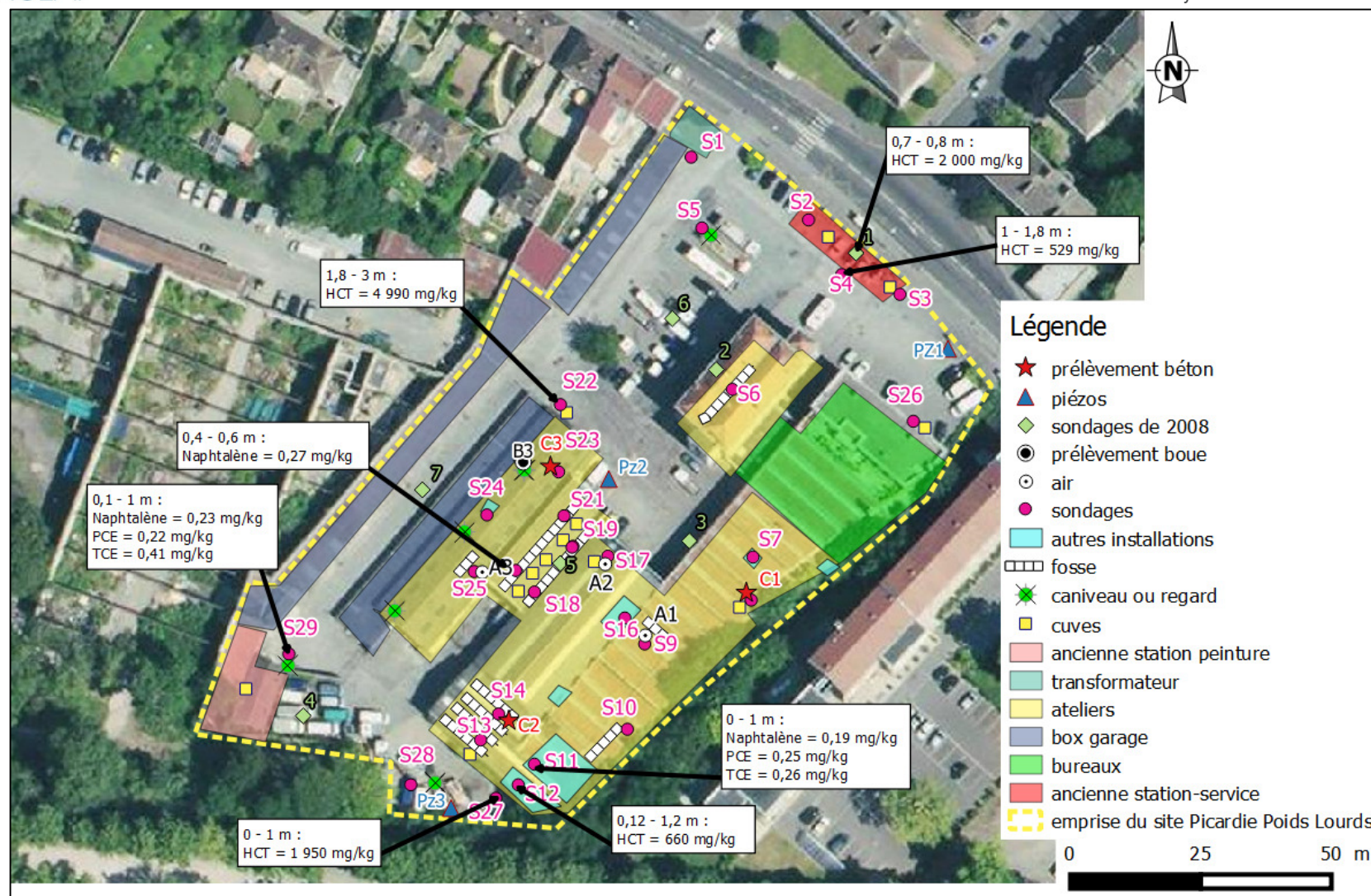


Figure 5 : Localisation des investigations et des anomalies détectées dans les sols

3.3 Partie ouest de l'emprise actuelle du parc zoologique

3.3.1 Synthèse de l'historique et sources potentielles de pollution

D'après les éléments de l'étude historique réalisée par GALIA SANA :

- le site aurait accueilli une laiterie, dit « les laiteries réunies » et anciennement un garage ;
- le site n'est pas référencé dans la base de données BASIAS et aucune information n'a pu être recueillie auprès des archives départementales de la Somme ;
- d'après les éléments fournis par le maître d'ouvrage, une activité de dépôts de liquides inflammables aurait eu lieu dans cette zone dans les années 1960 ;
- lors des travaux d'aménagement d'une tranchée à proximité des bâtiments administratifs, la présence d'hydrocarbures a été constatée. A l'issue de cette découverte fortuite, 5 sondages ont été réalisés et un échantillon a été analysé (S1) indiquant la présence d'hydrocarbures dans les sols. Le plan ci-dessous présente la localisation des sondages réalisés et correspond vraisemblablement à la configuration de l'ancien garage ayant eu son activité sur le site. L'origine de ce plan n'est cependant pas connue et aucune information complémentaire n'a été retrouvée.

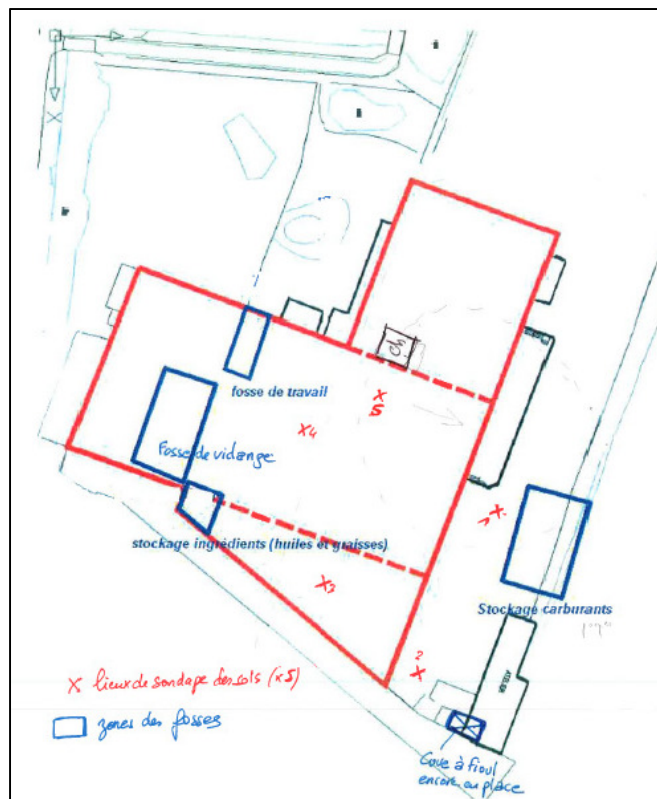


Figure 6 : Découverte fortuite d'hydrocarbures (source : GALIA SANA)

Remarque : D'après les recherches BURGEAP, le site « les laiteries réunies » est bien référencé dans BASIAS sous le numéro PIC8004101 pour un dépôt de liquides inflammables de 8 m³ soumis à déclaration en 1962 (date de fin d'activité non connu).

La société GALIA SANA a mis en évidence la présence de plusieurs sources potentielles de pollution au droit du site d'étude. Celles-ci sont présentées dans le **tableau 5** et localisées en **figure 7**.

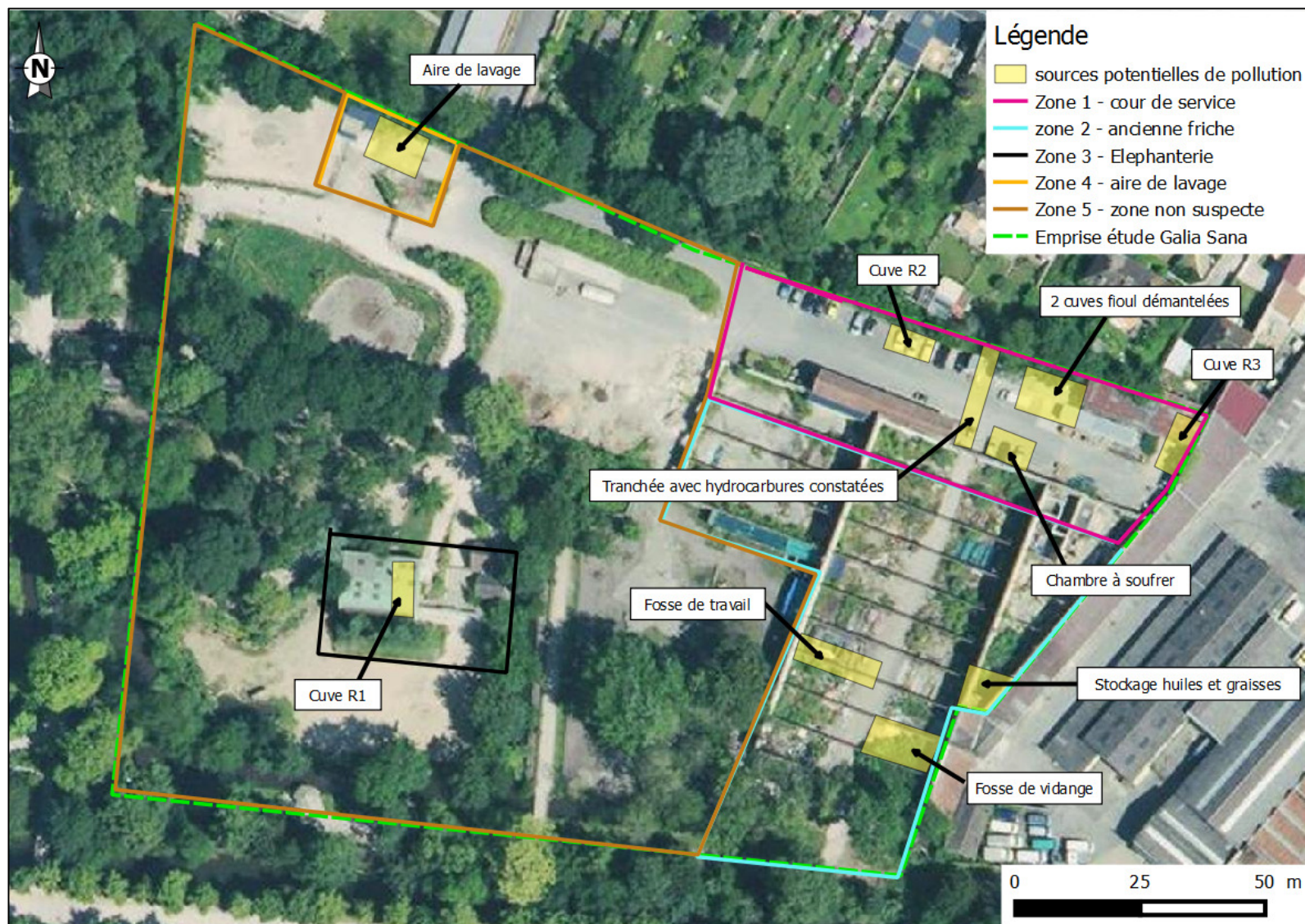


Figure 7 : Sources potentielles de pollution au droit du zoo

Tableau 5 : Sources potentielles de pollution au droit du zoo

Zone identifiée	Sources potentielles de pollution	Profondeur (m)	Paramètres à analyser
Zone 1 - Cour de service	Anciennes cuves R2 enterrées pour le stockage de mélange essence/huile	4	HCT C5-C40, HAP, BTEX, 8 métaux
	Emplacement de 2 cuves fioul semi-enterrées démantelées	2	
	Cuve semi-enterrée R3 encore présente qui aurait été utilisée pour le dépôt d'huiles usagées et le stockage de goudron	4	
	Chambre à soufrer	6	HCT C5-C40, HAP, BTEX, 8 métaux, EOX ² , soufre
	Tranchée avec hydrocarbures constatées	2	HCT C5-C40, HAP, BTEX, 8 métaux
Zone 2 – Ancienne fiche	Fosse de travail	2	HCT C5-C40, HAP, BTEX, 8 métaux
	Stockage d'huiles et de graisses	2	Pack ISDI
	Fosse de vidange	2	Pack ISDI
Zone 3 - Eléphanterie	Cuve aérienne R1 en sous-sol	4	HCT C5-C40, HAP, BTEX, 8 métaux
Zone 4 – Aire de lavage	Aire de lavage des animaux	2	HCT C10-C40, HAP, 8 métaux
Zone 5 – Zone non suspecte	Possibles remblais de mauvaise qualité	2	HCT C10-C40, HAP, 8 métaux

3.3.2 Synthèse des investigations réalisées

Compte tenu de la présence de sources potentielles de pollution identifiées au droit du site d'étude, des investigations ont été réalisées par GALIA SANA. Deux phases d'investigations ont été réalisées sur le site :

- Une première phase d'investigations en mars 2014 (**tableau 6**) composée de :
 - 27 sondages de 2 à 6 m de profondeur ;
 - l'équipement de 7 sondages en piézomètres et le prélèvement d'eaux souterraines ;
 - la réalisation de 3 prélèvements de sédiments et d'eaux superficielles dans les fossés ;
 - 15 sondages complémentaires (101 à 115) de 2 m de profondeur autour des zones présentant des impacts. Les paramètres analysés sont les HCT, HAP et 8 métaux.
- une seconde phase d'investigations en avril 2014 composée de 10 sondages de 1 à 4 m de profondeur à la gouge à percussion (S1, S2 et C1 à C8) afin de délimiter les impacts mis en évidence lors de la première phase d'investigations. Les composés recherchés sont les HCT, HAP et 8 métaux.

² EOX : halogénés organiques extractibles

Tableau 6 : Investigations réalisées lors de la première campagne d'investigations de GALIA SANA de mars 2014

Stratégie d'exécution des forages / équipements et choix des analyses						
Zone à investiguer	Elément spécifique	Forages			Equipement : Piézomètre PZ, Piézair PG	
		Numéro	Profondeur (m)	Paramètres analysés *	Profondeur crépine (m)	Paramètres analysés
Zone 1	Citerne R2	11	4	Pack « zone à risque »	PZ : 2-4	HCT C5-C10, HCT C10-C40, HAP, 8 métaux, MTBE, ETBE, BTEX
	Emplacement des 2 cuves démantelées	13	2	Pack « zone à risque »	-	
	Citerne R3	18	4	Pack « zone à risque »	PZ : 2-4	HCT C5-C10, HCT C10-C40, HAP, 8 métaux, MTBE, ETBE, BTEX
	Chambre à soufrer	21	6	Pack « zone à risque », EOX, soufre	PZ : 4-6	HCT C5-C10, HCT C10-C40, HAP, 8 métaux, MTBE, ETBE, BTEX, COHV, soufre
	Zone potentiellement polluée (entre R2 et R3)	12	2	Pack « zone à risque »	-	
		14	2	Pack « zone à risque »	-	
		15	2	Pack ISDI, granulométrie	-	
		16	2	Pack ISDI, granulométrie	-	
		17	2	Pack « zone à risque »	-	
		19	2	Pack « zone à risque »	-	
		20	2	Pack « zone à risque »	-	
		22	4	Pack « zone à risque »	PZ : 2-4	HCT C5-C10, HCT C10-C40, HAP, 8 métaux, MTBE, ETBE, BTEX
Zone 2	Zone non suspecte de la friche	23	2	Pack « zone à risque »	PZ : 2-4	HCT C5-C10, HCT C10-C40, HAP, 8 métaux, MTBE, ETBE, BTEX
		24	2	Pack « zone à risque »	-	
	Fosse de travail	25	2	Pack « zone à risque »	-	
	Stockage d'huiles et graisses	26	2	Pack ISDI, granulométrie	-	
	Fosse de vidange	27	2	Pack ISDI, granulométrie	-	
Zone 3	Citerne aérienne R1	10	4	Pack « zone à risque »	PZ : 2-4	HCT C5-C10, HCT C10-C40, HAP, 8 métaux, MTBE, ETBE, BTEX
Zone 4	Aire de lavage	2	2	Pack « zone non suspecte »	-	
Zone 5	Zone non suspecte	1	4	Pack « zone non suspecte »	PZ : 2-4	HCT C10-C40, HAP, 8 métaux
		3	2	Pack « zone non suspecte »	-	
		4	2	Pack « zone non suspecte »		
		5	2	Pack « zone non suspecte »	-	
		6	2	Pack « zone non suspecte »	-	
		7	2	Pack « zone non suspecte »	-	
		8	2	Pack « zone non suspecte »	-	
		9	2	Pack « zone non suspecte »	-	
	Fossés (sédiments / eaux superficielles)	Sédiments : D1, D2, D3 – HCT C10-C40, HCT C5-C10, BTEX, MTBE, ETBE, HAP, 8 métaux Eaux superficielles : E1, E2, E3 - HCT C10-C40, HCT C5-C10, BTEX, MTBE, ETBE, HAP, 8 métaux, COHV				

* pack « zone à risque » : HCT C5-C10, HCT C10-C40, HAP, BTEX, 8 métaux
Pack « zone non suspecte » : HCT C10-C40, HAP, 8 métaux
Pack ISDI : bilan CSD sur brut et éluat (arrêté ministériel du 28 octobre 2010)

La localisation des investigations réalisées par GALIA SANA est présentée à la **figure 8**.

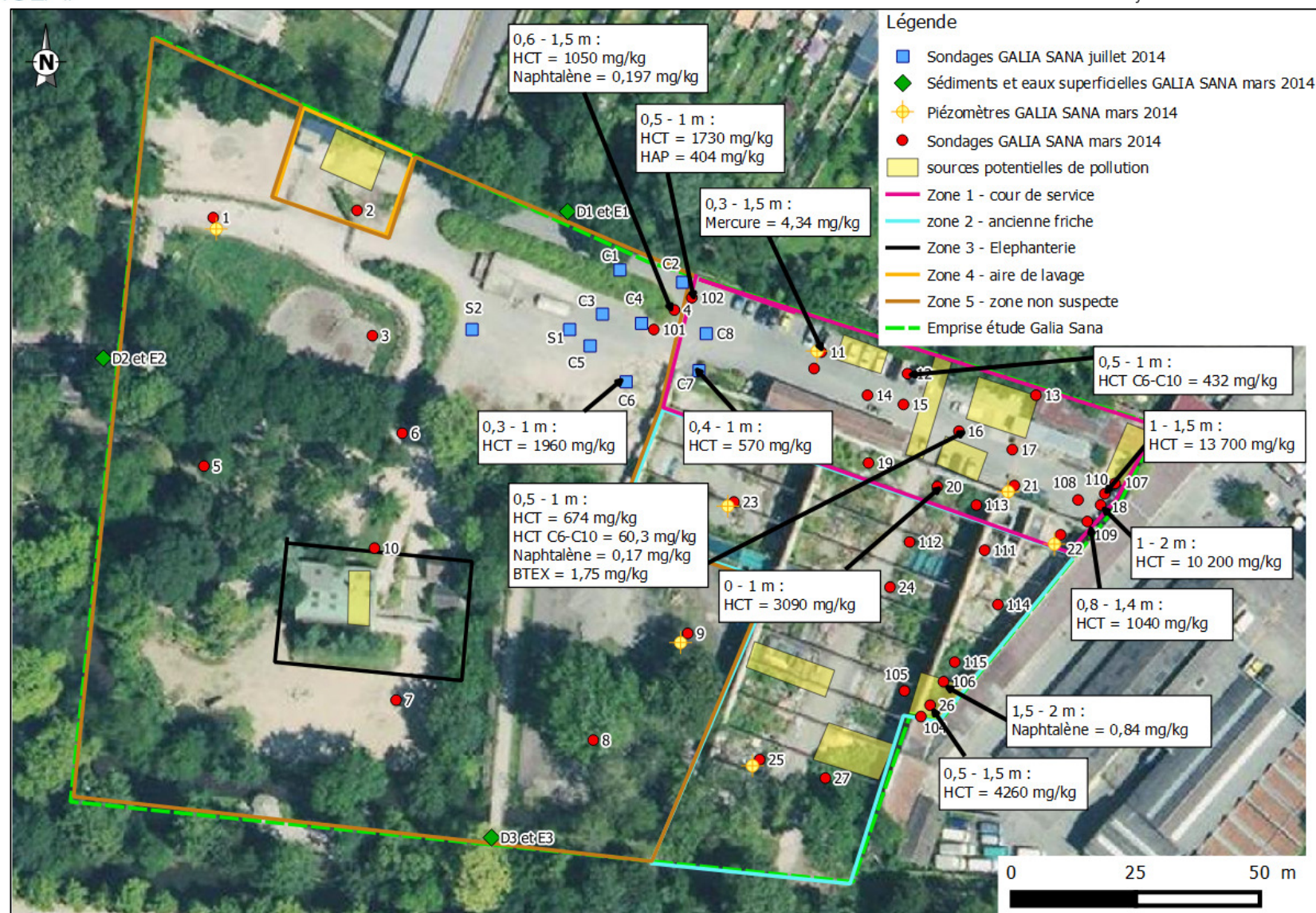


Figure 8 : Localisation des sondages GALIA SANA et anomalies de concentrations dans les sols

Les résultats d'analyses ont mis en évidence :

- pour les sols :
 - impact global des sols en métaux (teneurs supérieures à la valeur de bruit de fond national), notamment dans les remblais. On note notamment de teneurs très élevées en cuivre au droit du sondage 16, en mercure au droit du sondage 11 et en plomb au droit du sondage 101 (teneurs environ 30 à 40 fois supérieures aux valeurs de référence) ;
 - la présence d'impacts en hydrocarbures C_{10-40} au droit des sondages 4, 16, 18, 20, 109, 110.3, 26, C6 et C7 (teneurs comprises entre 1 040 et 13 700 mg/kg) ;
 - la présence ponctuelle des composés volatils (hydrocarbures volatils, BTEX, naphtalène) ;
- pour les eaux souterraines :
 - le niveau de la nappe a été mesuré entre 0,3 et 0,8 m de profondeur par rapport au sol en février 2014 (période des hautes eaux) ;
 - les piézomètres n'ayant pas été nivelés, le sens d'écoulement ne peut pas être défini ;
 - absence d'impact des eaux souterraines ;
- pour les sédiments : la présence de métaux et d'hydrocarbures, notamment au droit de D1 ;
- pour les eaux superficielles : absence d'impact.

Les principaux impacts mis en évidence sont présentés en **figure 8**.

Les tableaux de résultats d'analyses sont présentés en **annexe 2**.

4. Plan de gestion

4.1 Objectifs

L'objectif du plan de gestion est de définir les modalités de gestion, au regard de la qualité environnementale du site, afin que celles-ci soient compatibles avec l'usage envisagé.

Les mesures de gestion proposées sont déduites des chapitres précédents pour l'orientation de la gestion des terres selon un principe d'évacuation hors site / traitement sur site.

Elles comprennent :

- des prescriptions relatives au traitement des sources de pollution identifiées et à la gestion des terres non inertes ;
- des mesures organisationnelles (gestion en phase chantier, récolement, surveillance) pour veiller à la bonne mise en œuvre de ces prescriptions.

4.2 Périmètre concerné

Le plan de gestion concerne l'emprise du site telle que décrite dans le paragraphe 2.

Le projet d'aménagement prévoit la restructuration des espaces du zoo existant (enclos des animaux, cheminements, zones visiteurs, zones techniques) et l'intégration de l'emprise du site Picardie Poids Lourds afin d'y réaliser un parvis d'entrée au zoo et des bâtiments (bâtiments techniques et administratif, bâtiment d'accueil du public avec boutique et possible restauration). Un parking pour le personnel est également envisagé dans cette zone.

L'emprise exacte des installations envisagées n'est pour l'instant pas définie, de même que pour les caractéristiques techniques des bâtiments. Un concours d'architectes est envisagé pour la création des futurs bâtiments.

4.3 Analyse des enjeux concernant les eaux souterraines

D'après les données disponibles auprès de l'Agence de l'Eau Artois-Picardie et de la BSS (Banque du Sous-Sol du BRGM), la nappe superficielle n'est pas exploitée dans le secteur d'étude.

Les résultats des campagnes d'analyses réalisées par GALIA SANA en 2014 sur le parc zoologique et par BURGEAP en 2015 sur le site Picardie Poids Lourds n'ont pas mis en évidence d'anomalies de concentration dans les eaux souterraines (comparaison avec les valeurs « eaux brutes » en l'absence d'usage de la nappe).

En conséquence, aucun enjeu n'a été identifié concernant les eaux souterraines.

4.4 Analyse des enjeux sanitaires

Après traitement des impacts dans les sols, des concentrations résiduelles subsisteront dans les sols du site. Il conviendra donc de définir des modalités de gestion qui permettront d'obtenir une qualité environnementale du site compatible avec les usages prévus du site.

Ces mesures de gestion seront validées par une analyse des risques résiduels prédictive (cf. **paragraphe 5**) qui permettra de statuer sur la compatibilité du site avec l'usage futur.

4.5 Mesures de gestion impératives à mettre en œuvre

Compte tenu de la présence de la présence d'impacts en hydrocarbures dans les sols du site d'étude (parc zoologique et site Picardie Poids Lourds) et de métaux dans les remblais sur l'ensemble du site d'étude, des mesures de gestion doivent être mises en place afin de couper les voies de transfert.

4.5.1 Recouvrement des sols

Compte tenu de la présence de métaux dans les remblais sur l'ensemble des zones investiguées, les sols du site devront être recouverts :

- au droit du bâtiment, par un dallage ;
- au droit des voiries, par un revêtement spécifique (enrobé ou revêtement minéral) ;
- au droit des futurs espaces verts, par 30 cm de terres d'apport saines.

Remarque : la terre rapportée pour le recouvrement des futurs espaces verts devra être séparée du terrain naturel par la pose d'un avertisseur grillagé ou d'un géotextile.

Concernant la partie du parc zoologique non investiguée, une attention particulière devra être apportée lors du réaménagement de cette zone concernant la présence de remblais potentiellement impactés en métaux. Des analyses complémentaires devront être réalisées dans les futures zones non recouvertes afin de vérifier la présence ou non d'impacts en métaux et d'envisager un recouvrement.

4.5.2 Potagers ou plantation d'arbres fruitiers

Aucun arbre fruitier ou potager ne sera mis en place au droit du site d'étude.

En cas de mise en place d'arbres fruitiers au droit du site d'étude, ceux-ci devront être mis en place dans des fosses de 2 m x 2 m x 2 m de terres saines.

4.5.3 Canalisation d'eau potable

Concernant les canalisations d'eau potable, celles-ci devront être mises en dehors des zones sources de pollution concentrées ou mises en place dans une tranchée d'une section minimale de 1 m² remplie de matériaux propres rapportés dans cette zone ou devront être réalisés avec des matériaux anti-perméation.

4.6 Gestion des zones de pollution concentrées

4.6.1 Méthodologie nationale

4.6.1.1 Principes

A l'issue des différentes études réalisées sur le site, il est nécessaire de prendre des mesures de gestion concernant les impacts identifiés sur le site. D'une manière générale, ces mesures peuvent consister en :

- des travaux de traitement des sources ;
- des mesures organisationnelles (gestion en phase chantier, surveillance) pour veiller à la bonne mise en œuvre de ces prescriptions ;
- la mise en œuvre de paramètres constructifs spécifiques (vide de construction, vide sanitaire, canalisation triple couche anti-perméation, membrane étanche, recouvrement des sols...) ;
- la proposition de restrictions d'usage éventuelles.

Ces travaux nécessitent la prise en compte des pollutions chimiques des sols mises en évidence et donc leur « dépollution ». La « dépollution d'un site » n'a pas pour objectif d'éliminer toute trace de polluants dans les sols mais de ramener la qualité du sous-sol dans un état compatible avec sa reconversion, ce qui suppose la détermination d'objectifs de traitement tant sur le plan technique que sur le plan économique.

En effet, lorsqu'ils ne sont pas techniquement irréalisables, ces objectifs ne doivent pas engendrer des investissements financiers disproportionnés par rapport à la valeur foncière du site.

On définira donc la « dépollution d'un site » comme l'objectif de réhabilitation de ce site en vue de son usage futur. Il s'agira alors d'admettre de conserver sur le site une pollution résiduelle qui n'induirait pas de risques sanitaires inacceptables pour les futurs usagers du site ou pour son environnement.

4.6.1.2 Notion de sources-transfert-cible

Pour qu'il y ait un risque sanitaire, il faut qu'existent simultanément une source de pollution, un moyen de transfert de celle-ci et une cible (ou un enjeu).

Généralement, une source de pollution peut être un dépôt de déchets ou de produits liquides, des sols ou un aquifère pollué, des rejets aqueux ou atmosphériques.

Le transfert d'une pollution entre la source et la cible peut se faire par écoulement gravitaire, par percolation des pluies, par ruissellement de surface, par migration suivant l'écoulement des nappes phréatiques, par dispersion du vent, par dégazage de l'air.

Enfin, la cible (ou l'enjeu) d'une pollution sera :

- soit une population, exposée directement au contact de la pollution ou indirectement via un captage d'eau par exemple ;
- soit une ressource naturelle à protéger (nappe phréatique, réserve écologique...).

Pour supprimer le risque sanitaire, il est possible d'agir sur la source et/ou la voie de transfert et/ou la cible :

- agir à la source consiste à réduire ou éliminer le stock de polluants en éliminant des déchets, en traitant les sols ou la nappe phréatique, en contrôlant les rejets ;
- supprimer une voie de transfert, par exemple en confinant une pollution dans un « sarcophage » étanche ou étancher un sol pollué avec de la terre saine, un revêtement de bitume ou construire un sous-sol ou un vide sanitaire.

4.6.1.3 Zones de pollution concentrées

Sur la base des principes édictés dans les circulaires ministérielles de février 2007 relatives à la gestion des sites pollués, la réhabilitation d'un site nécessitera dans tous les cas de procéder à des travaux ayant à minima pour objectif de traiter les « zones de pollution concentrées », à savoir :

- les cuves, canalisations, cavités, dans lesquelles ont pu s'accumuler des produits indésirables ;
- les sols présentant de fortes anomalies de concentration.

La notion de « forte anomalie de concentration » dépend de la qualité générale du site. On définira une forte concentration comme étant une valeur significativement plus élevée que la moyenne observée sur le site. Une « forte anomalie de concentration » peut également définir un seuil à partir duquel les risques sanitaires deviennent inacceptables.

4.6.2 Définition et localisation des zones de pollution concentrées

Une pollution concentrée est définie comme le volume de milieu souterrain à traiter, délimité dans l'espace, au sein duquel les concentrations en une ou plusieurs substances sont significativement supérieures aux concentrations de ces mêmes substances à proximité immédiate de ce volume.

Compte tenu de la présence de teneurs en hydrocarbures C₁₀-C₄₀ dans les sols sur l'ensemble du site, nous avons imagé les résultats sous la forme graphique.

La **figure 9** permet de visualiser les concentrations en hydrocarbures dans des nuages de points. Ces graphiques ont été réalisés à partir de l'ensemble des données disponibles au droit de la zone d'étude.

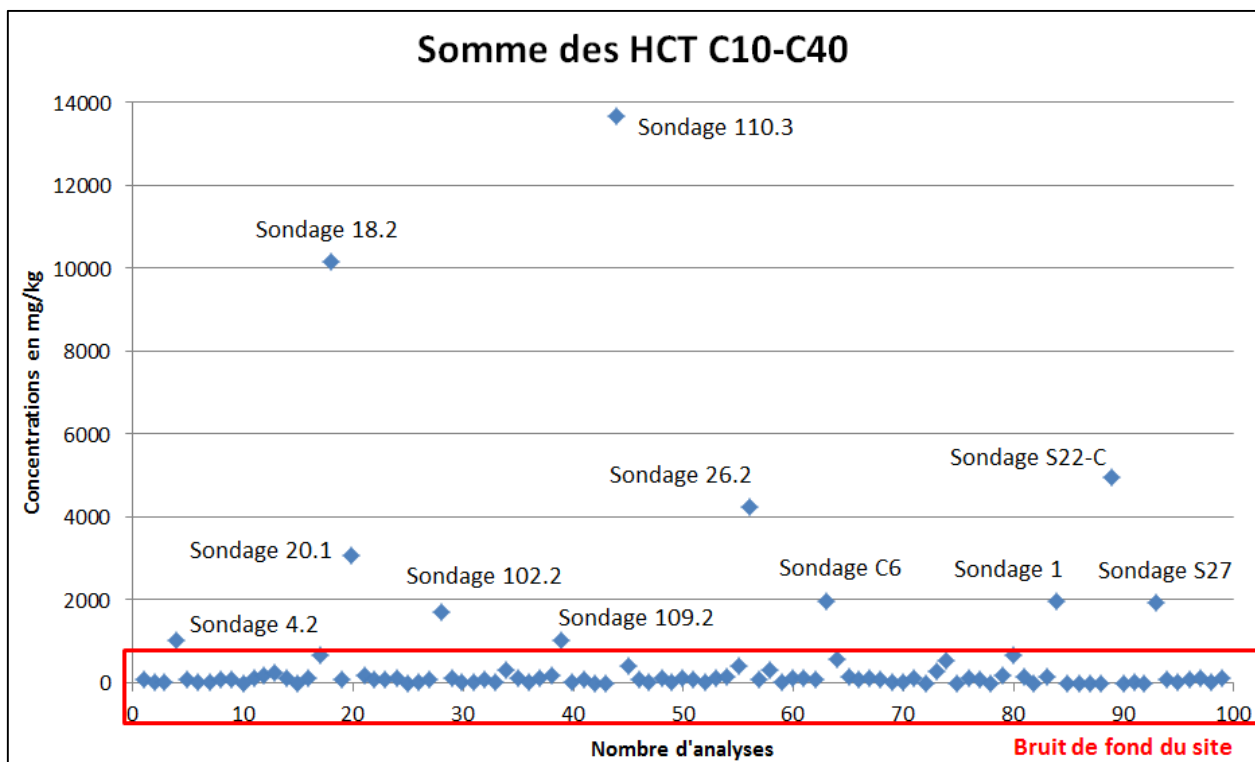


Figure 9 : Concentrations en hydrocarbures C₁₀-C₄₀ dans les sols du site

Sur la base de l'ensemble des concentrations mesurées en hydrocarbures C₁₀-C₄₀, nous proposons de retenir les concentrations isolées dépassant le bruit de fond local comme étant des zones de pollutions concentrées nécessitant une gestion particulière (traitement ou évacuation hors site).

Nous proposons également le retrait des terres impactées en hydrocarbures C₆-C₁₀ au droit des sondages 12 et 16 compte tenu des teneurs élevées mises en évidence en composés volatils sur ces 2 sondages (sondages présentant des teneurs en hydrocarbures C₁₀-C₄₀ dans la gamme de bruit de fond).

L'ensemble des zones sources de pollution ainsi définies est présenté dans le **tableau 7**. Une estimation des volumes et des tonnages correspondant est également présentée dans ce tableau.

Tableau 7 : Zones de pollution concentrées identifiées au droit du site d'étude

zone source	sondages	teneur (mg/kg)	Echantillon prélevé	Délimitation verticale de la zone source	Délimitation horizontale de la zone source	Profondeur considérée impactée	épaisseur impactée (m)	surface (m²)	volume (m³)	Tonnage (T)
Z1	1	HCT = 2 000 mg/kg	0 - 0,8 m	Oui (absence d'impact en dessous)	Oui	0 - 0,8 m	0,8	50	40	72
Z2	S22	HCT = 4 990 mg/kg	1,8 - 3 m (odeur entre 1 et 3 m)	Oui (eau à 3 m)	Non	1 - 3 m	2	125	250	450
Z3	S27	HCT = 1 950 mg/kg	0 - 1 m	Non	Oui	0 - 1 m	1	70	70	126
Z4	18	HCT = 10 200 mg/kg	1 - 2 m	Non	Non à l'est	0,5 - 2 m	1,5	50	75	135
	109	HCT = 1 040 mg/kg	0,8 - 1,4 m (pas impact jusqu'à 0,8 m)	Non						
	110	HCT = 13 700 mg/kg	1 - 1,5 m (odeur entre 0,5 et 2 m)	Oui (pas d'impact à 2 m)						
Z5	20	HCT = 3 090 mg/kg	0 - 1 m	Non	Oui	0 - 1 m	1	465	465	837
	12	Hydrocarbures C6-C10 = 432 mg/kg	0,5 - 1 m	Non	Oui					
	16	Hydrocarbures C6-C10 = 60,3 mg/kg	0,5 - 1 m	Non	Oui					
Z6	4	HCT = 1 050 mg/kg	0,6 - 1,5 m	Non	Oui	0,5 - 1,5 m	1	75	75	135
	102	HCT = 1 730 mg/kg	0,5 - 1 m	Oui (pas d'impact à 1 m)						
Z7	C6	HCT = 1 960 mg/kg	0,3 - 1 m	Non	Non	0,3 - 1 m	0,7	165	116	208
Z8	26	HCT = 4 260 mg/kg	0,5 - 1,5 m (terre végétale au dessus)	Non	Non à l'est	0,5 - 1,5 m	1	35	35	63
TOTAL									1126	2026

Le volume total de terres impactées à gérer de manière spécifique est estimé à environ 1 126 m³, soit 2 030 t environ.

Remarques concernant les volumes :

- les extensions horizontales et verticales des contaminations ont été définies sur la base des résultats d'analyses et des indices macroscopiques observés lors des investigations ;
- l'ensemble des analyses réalisées a été pris en compte ;
- concernant les volumes de terres, il a été considéré des m³ de terres en place (terres non foisonnées) ;
- la masse volumique retenue pour les terres est de 1,8 t/m³ ;
- aucune contrainte technique de terrassement telle que des talutages ou des rampes d'accès n'est prise en compte ;
- pour les sondages non délimités horizontalement, nous avons considéré une distance comprise entre 5 et 10 m autour du sondage (5 m pour des impacts au niveau des cuves, 10 m pour des impacts au droit des zones ne présentant pas de sources potentielles de pollution) ;
- pour les sondages non délimités verticalement, nous avons considéré la profondeur de l'échantillon analysé.

La localisation des zones à traiter est présentée en **figure 10**.

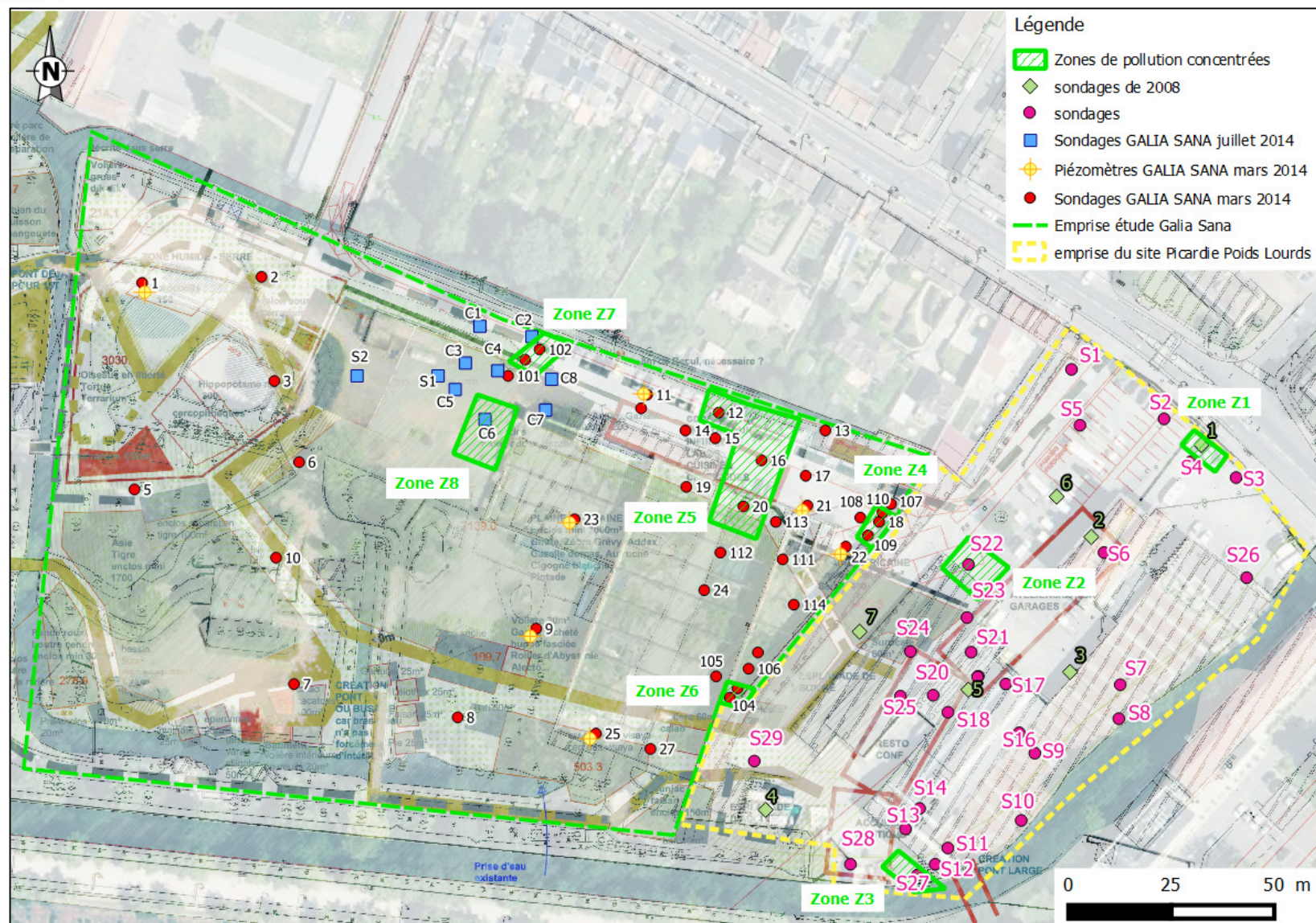


Figure 10 : Zones de pollution concentrées

4.6.3 Traitement des pollutions concentrées

4.6.3.1 Généralités

Les techniques de traitement sont de trois types :

- in-situ : traitement de la pollution en place dans le milieu où elle se trouve ;
- sur site : traitement sur le site après avoir extrait le matériau pollué (sol) ;
- hors site : traitement dans une filière spécialisée agréée du matériau pollué extrait.

Dans la plupart des cas, il n'existe pas de schéma type de traitement mais diverses techniques éprouvées pourront être associées pour obtenir un résultat quantifiable. Le traitement pourra être adapté en cours de réhabilitation pour optimiser son efficacité.

Le choix d'une technique pour traiter et maîtriser les sources et les impacts est guidé par :

- les conditions d'accès à la source : certaines sources sont facilement accessibles, d'autres beaucoup moins parce que situées dans des zones d'activité, ou à proximité de nombreux réseaux enterrés ;
- les conditions physico-chimiques du milieu à traiter : oxygénation, pH, porosité et perméabilité à l'air des couches géologiques, niveau statique de la nappe ;
- la nature des polluants : les molécules chimiques polluantes ont des propriétés physico-chimiques très variées auxquelles les techniques de dépollution doivent s'adapter ;
- les objectifs à atteindre (qualitatif, quantitatif) : ils correspondent à la pollution résiduelle admissible, compatible avec les projets d'aménagement ;
- la durée du traitement : celle-ci doit être compatible avec les échéances du projet d'aménagement ;
- les risques sanitaires et nuisances engendrés par le traitement : les traitements proposés doivent permettre de garantir une maîtrise des risques sanitaires pour les opérateurs et de maîtriser toute émission. Ils s'attachent à générer le moins de nuisances possibles ou de façon ponctuelle compte tenu du contexte du site ;
- le coût : certaines techniques sont rapidement écartées car elles nécessitent la mobilisation d'installations coûteuses qui ne peuvent se justifier ;
- la simplicité de mise en œuvre : une technique simple et éprouvée est toujours préférable à une technique sophistiquée qui limiterait le nombre d'entreprises répondant à une consultation et qui complexifierait la maintenance du dispositif.

Le **tableau 8** présente les différentes techniques de dépollution en fonction des polluants présents.

Tableau 8 : Techniques de dépollution selon les polluants présents sur site

Technique	HCT
Mise en décharge, stockage	++
Traitement thermique	++
Confinement	++
Lavage	0
Biocentre, biotertre	++
Venting	+ (fraction volatile uniquement)

++ = adapté

+ = possible

0 = inadapté

Ainsi, compte tenu de la nature des polluants en présence (hydrocarbures C_{10} - C_{40} avec essentiellement des fractions majoritairement lourdes C_{22} à C_{40}), la revue des traitements disponibles (**tableau 8**) met en évidence que les techniques de traitement potentiellement envisageables sont les suivantes :

- traitement hors site : excavation et traitement hors site des terres (centre de stockage ou de traitement) ;
- traitement sur site :
 - traitement thermique ;
 - confinement ;
 - biotertre ;
- traitement in-situ :
 - venting ;
 - traitement thermique.

4.6.3.2 Bilan coûts-avantages

Le bilan coûts-avantages permet de dresser la liste des solutions de traitement disponibles et de les tester en regard des avantages et des inconvénients qu'elles présentent, des garanties qu'elles apportent et des coûts y afférent.

La matrice de choix de traitement est présentée dans le **tableau 9** en page suivante.

Tableau 9 : Matrice bilan coûts avantages

Mode de traitement envisageable	code norme X31-620-4	Détail de la solution	Polluants concernés	Avantages	Inconvénients	Argumentaire sur l'adéquation de la technique à la problématique	Aspect financier	Efficacité
Traitement hors site	C321a	1-Excavation des terres/ Elimination hors site en filière spécialisées (ISDND / Biocentre / ISDD / désorption thermique) ➤ Excavation des zones de pollution concentrées en hydrocarbures ➤ Evacuation des matériaux hors site en centre de traitement agréé ➤ Remblaiement des fouilles par matériaux d'apport extérieur d'origine contrôlée ou par des matériaux présents sur site	Tous polluants	➤ Retrait des zones de pollution concentrées ➤ Simplicité et facilité de mise en œuvre ➤ Technique rudimentaire ➤ Nombreux prestataires possibles ➤ Pas de servitude d'usage sur site	➤ Bilan carbone et environnemental peu favorable (émission de gaz à effets de serre) ➤ Encombrement des centres de traitement ➤ Volume important de transport par voie routière et nuisances associées (circulation de poids lourds)	➤ Adapté pour les zones sources (faibles profondeurs et faibles volumes) ➤ Retrait total de la zone source	Selon les filières d'élimination et leur distance par rapport au site entre 60 et 80 € / tonne pour l'ISDND et le biotraitement	100%
Traitement sur site	C322a	2- Confinement	Tous polluants	➤ Absence de circulation de poids lourds ➤ Nombreux prestataires possibles	➤ Servitude d'usage sur site ➤ Perte d'emprise foncière ➤ Pas de traitement de la pollution	➤ Peu adapté car manque de garanti sur le long terme ➤ Peu adapté au regard de la densité du projet d'aménagement et de l'environnement (centre-ville avec présence de logements à proximité)	environ 30 € / tonne	100%
	C325b	3-Excavation des terres – mise en terre – traitement par biodégradation ➤ Traitement ex-situ sur site des principales sources de pollution dans les sols et l'air du sol présentes sur le site par mise en biotertre ➤ Réutilisation des matériaux traités pour le remblayage des fouilles	Polluants biodégradables	➤ Absence de circulation de poids lourds nombreux prestataires possibles ➤ Technique adaptée aux pollutions rencontrées sur le site (hydrocarbures) ➤ Privilège un traitement effectif à une mise en décharge ➤ Bilan carbone favorable	➤ Rendement faible pour les fractions lourdes des hydrocarbures (fractions majoritaires C ₂₂ à C ₄₀ sur le site d'étude) ➤ Durée de traitement environ 6 mois / 1 an, nécessité de laisser la fouille ouverte pour réutiliser les terres traitées sur site ➤ Technique peu adaptée économiquement pour des faibles volumes de terres impactées	➤ Rendement assez faible pour les fractions lourdes ➤ Moins intéressant financièrement par rapport à une solution de traitement hors site compte tenu du faible volume de terres à traiter (1 126 m ³)	➤ Etude de faisabilité /dimensionnement : environ 30 k€ ➤ Excavation et traitement sur site des matériaux impactés en biotertre : environ 50 € / tonne	70-90%
	C324b	4- Excavation des terres – mise en terre – traitement par désorption thermique	Polluants organiques	Absence de circulation de poids lourds, réutilisation sur site des terres	Technique encore peu éprouvée en France, peu d'acteurs, technique assez coûteuse, technique peu adaptée économiquement pour des faibles volumes de terres impactées	➤ Adapté les HCT mais peu d'intérêt économique face à l'évacuation hors site et au biotertre	Entre 120 et 150 € / tonne	>90%
	C322b	6- Excavation des terres – stabilisation / confinement en remblai	Tous polluants	Absence de circulation de poids lourds nombreux prestataires possibles réutilisation sur site des terres	Peu de retour sur la stabilité à long terme	➤ Peu adapté car manque de garanti sur le long terme ➤ Peu adapté au regard de la densité du projet d'aménagement et de l'environnement (centre-ville avec présence de logements à proximité)	Environ 50 € / tonne	>80%
Traitement in situ	C311a	7- Venting	Polluants volatils	➤ Adapté aux hydrocarbures volatils, au naphthalène et aux BTEX ➤ Technique maîtrisée par de nombreux acteurs ➤ Pas d'excavation ni de mouvement de terre	➤ Inadapté pour les hydrocarbures peu ou non volatils (fractions > C16) ➤ Délais (quelques mois) ➤ Maîtrise de l'effet rebond ➤ Technique peu adapté si la perméabilité des terrains est faible ➤ Gestion des vapeurs	➤ Peu adapté pour les HCT > C16 ➤ Présence d'eau à faible profondeur	Environ 50 à 60 € / tonne	70 – 90 %
	C314a	8- Traitement par désorption thermique	Polluants organiques	➤ Adapté aux hydrocarbures (même peu volatils) ➤ Pas d'excavation ni de mouvement de terre	➤ Peu d'acteurs en France ➤ Coût énergétique élevé ➤ Intérêt limité car nécessité de coupler avec un venting pour l'extraction des gaz (perméabilité des terrains faible) ➤ Gestion des vapeurs	➤ Présence d'eau à faible profondeur ➤ Peu intéressant financièrement par rapport à une solution de traitement hors site compte tenu du faible volume de terres à traiter (1126 m ³)	Entre 120 et 150 € / tonne	80 – 95 %

solution efficace à étudier

solution adaptée mais difficultés techniques, financières ou en termes de garantie d'efficacité

solution abandonnée non adaptée au site

4.6.3.3 Présentation des solutions de traitement applicables au site

Au regard de l'analyse réalisée, il ressort que la solution de réhabilitation apparaissant comme la plus pertinente est la solution de traitement par excavation de la zone source concentrée (+ pompage éventuel des eaux impactées en fond de fouille sur la zone Z2 terrassée jusqu'à 3 m de profondeur) et traitement hors site.

Les solutions de traitement sur site par voie biologique ou par désorption thermique sont également envisageables, toutefois, ces solutions de traitement sont moins intéressantes économiquement par rapport à un traitement hors site en raison :

- des faibles volumes de sols à traiter ;
- la présence de composés majoritairement peu volatils (fractions C₂₂-C₄₀, excepté pour la zone Z5) ;
- des délais de traitement.

Par ailleurs, ces solutions de traitement sur site nécessitent la réalisation d'essais de traitabilité pour valider leur applicabilité au droit du site.

Le détail de la solution de traitement par excavation et traitement hors site (C321a) est présenté ci-après :

► Principe

Ce mode de traitement est le plus rudimentaire puisque les terres impactées sont décaissées puis éliminées dans un centre de traitement autorisé déterminé selon les résultats des analyses sur sols bruts et sur lixiviats.

► Mode opératoire

Le principe de gestion est le suivant :

- terrassement des terres impactées jusqu'à 3 m de profondeur. Il n'est pas envisagé de poursuivre les excavations plus profondément sous le toit de la nappe ;
- tri des terres selon leur qualité chimique (voir paragraphe suivant) ;
- égouttage des terres sur la zone Z2 terrassée jusqu'à 3 m de profondeur ;
- stockage provisoire des terres sur site ou évacuation en flux tendu. Dans le premier cas, le stockage provisoire nécessitera la réalisation d'aires de stockage distinctes selon la filière d'évacuation des terres (mise en place d'une géomembrane, couverture ou abri contre les intempéries) et d'un suivi de la traçabilité des mouvements de terres ;
- chargement des terres et évacuation par transport routier déclaré vers un centre autorisé ayant accepté au préalable de recevoir les terres. Il est recommandé de réaliser un suivi des opérations afin de garantir une traçabilité du devenir des terres ;
- gestion des eaux impactées en fond de fouille.

Une demande préalable d'acceptation des terres doit être faite auprès des centres de stockage avant évacuation. En cas d'acceptation, le centre émet un certificat d'acceptation préalable (CAP).

L'entreprise de travaux sera responsable de l'obtention des certificats d'acceptation préalable (CAP) et de la conformité des déchets livrés avec les seuils d'acceptation des filières retenues. Elle devra réaliser des vérifications préalablement au chantier ou pendant la durée du chantier de la qualité des déblais pour valider l'adéquation entre le centre choisi et les concentrations réelles.

► Filière d'évacuation identifiée

Ainsi, d'après les résultats d'analyses disponibles, les zones sources de pollution pourront être évacuées (cf. **figure 11**) :

- en installation de stockage de déchets dangereux (ISDD) ou en centre de désorption thermique pour la zone source Z4 (teneurs en hydrocarbures supérieures au seuil ISDND de 5 000 mg/kg) ;
- en installation de stockage de déchets non dangereux (ISDND) pour les autres zones sources.

L'évacuation des terres en centre de traitement biologique peut également être envisageable pour l'ensemble des zones mais, compte tenu de la présence de métaux dans les terres, il conviendra de vérifier que le centre accepte bien les terres présentant de teneurs élevées en métaux.

► Egouttage des terres uniquement sur la zone Z2

Compte tenu de la présence de la nappe à faible profondeur, afin d'éviter de charger des eaux, nous recommandons de procéder à un égouttage des terres en bord de la fouille. Cette opération sera pratiquée sans surcoût, à la faveur d'un talutage 3H/2V. Les terres excavées en zone saturée sont déposées sur le talus créé et ensuite reprise.

Cette opération permettra d'égoutter les terres qui seront terrassées au niveau du toit de la nappe voire localement sous le niveau de la nappe. Les éventuels hydrocarbures qui seraient égouttés seront récupérés par pompage dans la fouille.

► Gestion des eaux impactées en fond de fouille uniquement sur la zone Z2

En cas de présence d'irisations dans les eaux en fond de fouille, un pompage des eaux au moyen d'une pompe écrémeuse devra être réalisé. Les éventuelles eaux pompées seront conditionnées dans un GRV.

Les eaux pompées devront ensuite être traitées sur site (filtre charbon actif) puis rejetées au réseau ou éliminées en filière adaptée.

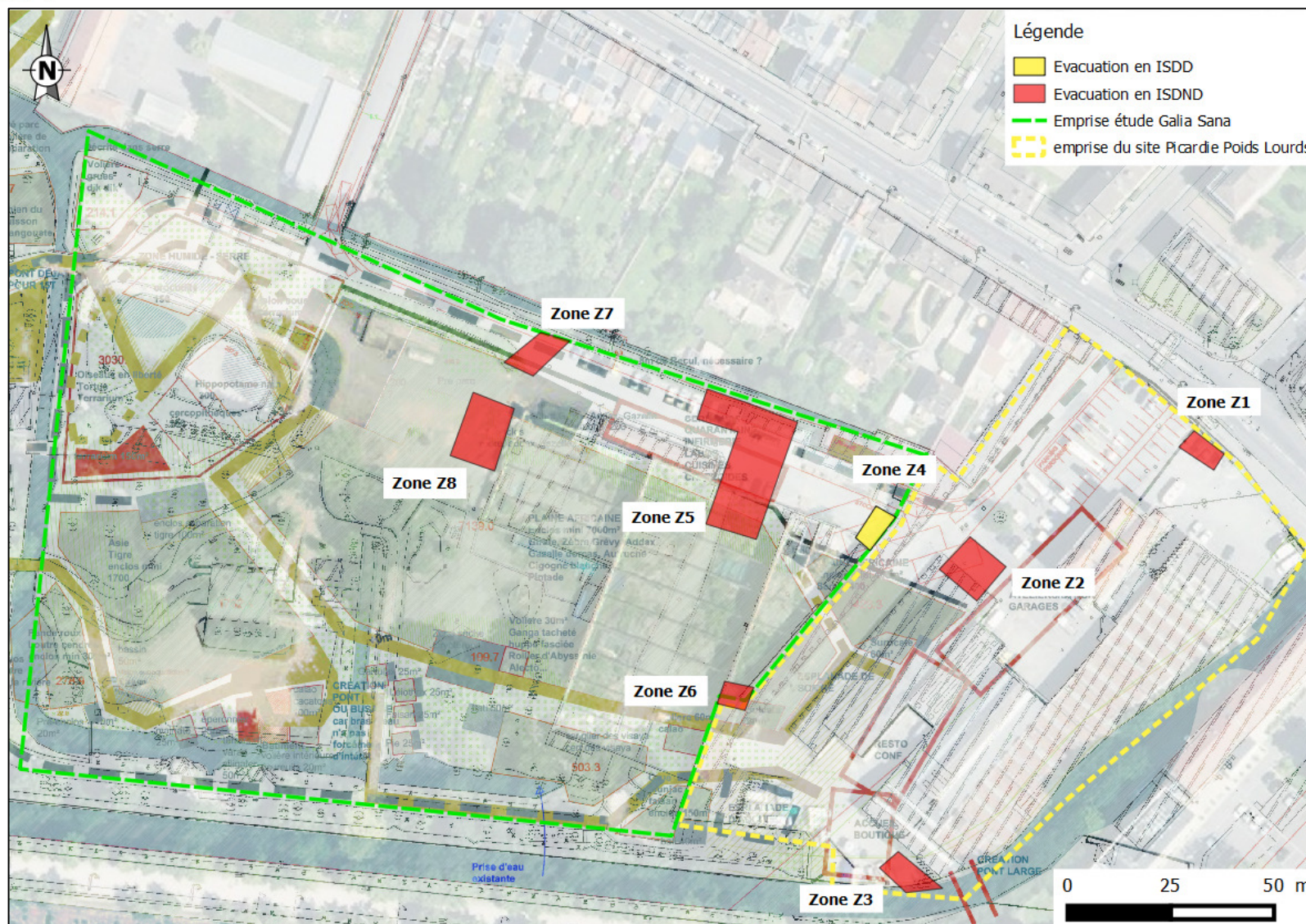


Figure 11 : Filières d'évacuation des sources de pollution concentrées

► Estimation financière

Les surfaces, les volumes et les coûts associés sont présentés dans le **tableau 10**.

Tableau 10 : Estimation des coûts de traitement des zones sources par évacuation

n° prix	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (€ HT)	Total (€ HT)
1	Organisation et suivi de chantier				
1.1	Constat d'huissier, relevé géomètre	forfait	1	2 000,00 €	2 000,00 €
1.2	Etablissement du PPSPS, PAQ	forfait	1	1 500,00 €	1 500,00 €
1.3	Dossier de récolement	forfait	1	1 500,00 €	1 500,00 €
2	Travaux préparatoires				
2.1	Aménagement de l'aire de stockage temporaire et de l'aire d'égouttage	forfait	1	2 500,00 €	2 500,00 €
3	Excavation des terres impactées et traitement des eaux en fond de fouille				
3.1	Excavation des terres impactées	m ³	1126	10,00 €	11 260,00 €
3.2	Pompage et traitement des eaux en fond de fouille	forfait	1	4 000,00 €	4 000,00 €
4	Evacuation et traitement des terres hors site				
4.1	Traitement des terres en installation de stockage de déchets dangereux (ISDD) y compris transport pour la zone Z4	tonne	135	120,00 €	16 200,00 €
4.2	Traitement des terres en installation de stockage de déchets non dangereux dangereux (ISDND) y compris transport pour les autres zones	tonne	1891	70,00 €	132 370,00 €
5	Remblaiement des fouilles				
5.1	Apport de matériaux sains pour le remblaiement	m ³	1126	21,00 €	23 646,00 €
5.2	Remblaiement et compactage des sols à la plaque vibrante	m ³	1126	7,00 €	7 882,00 €
6	Imprévus / aléa	%	15	202 858,00 €	30 428,70 €
Sous total 1					233 286,70 €
7	Maitrise d'œuvre des travaux de réhabilitation et frais de contrôle	%	10	233 286,70 €	23 328,67 €
Sous total 2					53 757,37 €
TOTAL					287 044,07 €

Le coût de la solution de gestion est estimé à environ 287 k€.

Ce chiffrage sera actualisé lors de la réalisation d'investigations complémentaires au droit des zones non délimitées actuellement.

► Délais

Sur la base d'une évacuation de 200 m³ par jour, les délais de terrassement, d'évacuation des terres et de traitement des eaux de fouille peuvent être estimé à environ une semaine.

► Objectifs de traitement

Nous considérons comme objectif de traitement la présence de teneurs en bords et fonds de fouilles inférieures aux teneurs maximales restant sur le site après dépollution des zones de pollution concentrées (teneurs du bruit de fond du site hors zones sources concentrées), soit des teneurs inférieures aux seuils suivants :

- Hydrocarbures $C_{10}-C_{40} < 1\,000\text{ mg/kg}$;
- Hydrocarbures $C_6-C_{10} < 4,5\text{ mg/kg}$;
- Somme des BTEX $< 0,06\text{ mg/kg}$.

A l'issue des travaux de dépollution, après analyses des bords et fonds de fouilles, une mise à jour de l'analyse des risques résiduels (ARR) pourra être envisagée.

4.6.4 Préconisations spécifiques aux travaux de dépollution

4.6.4.1 Excavation des terres et protection des fouilles

Un piquetage des zones à terrasser sera réalisé par un géomètre, ainsi qu'un relevé topographique initial pour permettre la détermination des cubatures.

Les excavations seront réalisées à l'aide d'une pelle hydraulique.

L'entreprise devra définir les modalités permettant d'assurer la mise hors d'eau de la fouille et sa stabilité. En particulier, les débits de rejet et les exutoires de ces eaux devront être définis, afin d'évaluer les coûts associés au rejet des eaux d'exhaure en phase chantier.

4.6.4.2 Contrôle des travaux

Conformément aux prescriptions des circulaires ministérielles de février 2007, les travaux de gestion des sols impactés pourront être contrôlés par un organisme extérieur (assistant à maître d'ouvrage ou maître d'œuvre par exemple).

Des analyses en bords et fonds de fouilles seront réalisées afin de vérifier que l'ensemble des terres impactées ont bien été retirées et que les terres en place sont compatibles avec les seuils de dépollution fixés.

4.6.4.3 Récolement

A l'issue des travaux de gestion des remblais impactés, un dossier de récolement devra être rédigé. Il comprendra, à minima, les éléments suivants :

- le détail des opérations réalisées ;
- le bilan des déchets éliminés hors site ;
- les types d'analyses effectuées sur les différents milieux, ainsi que la localisation précise des prélèvements de contrôle ;
- les résultats du suivi environnemental.

4.6.4.4 Mesures de protection des travailleurs

En cas de nécessité d'excaver les terres du site, des mesures de protection des travailleurs devront être assurées afin d'éviter le contact direct des travailleurs avec les terres impactées en métaux.

Le strict respect des consignes habituelles d'hygiène et sécurité du domaine du BTP devra être assuré, afin de réduire, autant que possible le contact avec les sols et les polluants dispersés dans l'air.

L'entreprise devra intégrer dans le PPSPS les mesures spécifiques liées aux travaux de terrassement.

Les recommandations en termes d'équipements de protection individuelle en présence de sols impactés en métaux sont les suivantes :

- port des chaussures ou bottes de sécurité ;
- port de gants ;
- si besoin, port de masque respiratoire filtrant pour limiter l'inhalation de poussières.

Les équipements de protection individuelle seront mis à la disposition des différents intervenants. Leurs modalités d'utilisation feront l'objet d'une séance d'information spécifique donnée à chaque intervenant sur site.

En cas de découverte inopinée de polluants volatils (terres présentant des indices organoleptiques de pollution (odeurs, couleurs, irisation...), le port de masques respiratoire filtrant adapté au produit identifié, filtrant les gaz et les particules sera prescrit.

4.6.4.5 Limitation des nuisances

L'entreprise devra porter une attention particulière afin de limiter au maximum les nuisances que pourraient occasionner les travaux de terrassement envers les riverains.

Ainsi, les mesures suivantes seront mises en place lors de la réalisation des travaux de terrassement :

- nettoyage régulière des éventuelles salissures sur la voirie afin d'éviter la dispersion des polluants ;
- limitation des nuisances au voisinage concernant les poussières et les odeurs :
 - bâchage des camions après chargement des terres ;
 - arrosage des pistes de circulation afin d'éviter l'envol de poussières par temps sec.

4.7 Gestion des déblais

Une attention particulière sera apportée à la gestion des déblais dans le cadre des aménagements prévus. BURGEAP recommande de gérer les terres excavées au droit du site (remblaiement des emplacements des zones de pollution concentrées, merlons paysagers...) plutôt que d'évacuer les terres hors site afin d'éviter des surcoûts liés à la gestion des déblais.

Dans le cadre de la réalisation des aménagements du parc zoologique, en cas d'évacuation des déblais, ceux-ci devront être évacués en filière spécifique.

Des analyses selon les paramètres du 12 décembre 2014 relatif aux installations de stockage de déchets inertes (ISDI) ont été réalisées au droit de la zone d'étude uniquement au droit du site Picardie Poids Lourds et de la zone technique du zoo.

Le détail des filières d'élimination pour ces déblais (hors zones de pollution concentrées) est présenté dans le **tableau 11** et à la **figure 12**.

Tableau 11 : Filière d'évacuation des déblais générés dans le cadre des aménagements (hors zones sources)

Sondage ayant fait l'objet d'une analyse ISDI	Filière d'élimination des déblais	Paramètres dépassant le seuil ISDI
S5 (0 – 1 m)	ISDI	-
S7 (0 – 1 m)	ISDI	-
S23 (0,5 – 1,2 m)	ISDND	Fraction soluble (éluat) = 13 000 mg/kg Sulfates (éluat) = 8 100 mg/kg
S16 (0 – 1 m)	ISDI	-
S12 (0,12 – 1,2 m)	ISDND	HCT = 660 mg/kg
S4 (1 – 1,8 m)	ISDND	HCT = 529 mg/kg
17 (0 – 1 m)	ISDI	-
15 (0 – 1 m)	ISDI	-
27 (0 – 1,5 m)	ISDI	-
C7 (0,4 – 1 m)	ISDND	HCT = 570 mg/kg

Pour les zones n'ayant pas fait l'objet d'analyses selon les paramètres du 12 décembre 2014, en cas d'excavation, celles-ci devront être soit réutilisées sur site, soit évacuées en filières adaptées après analyses.

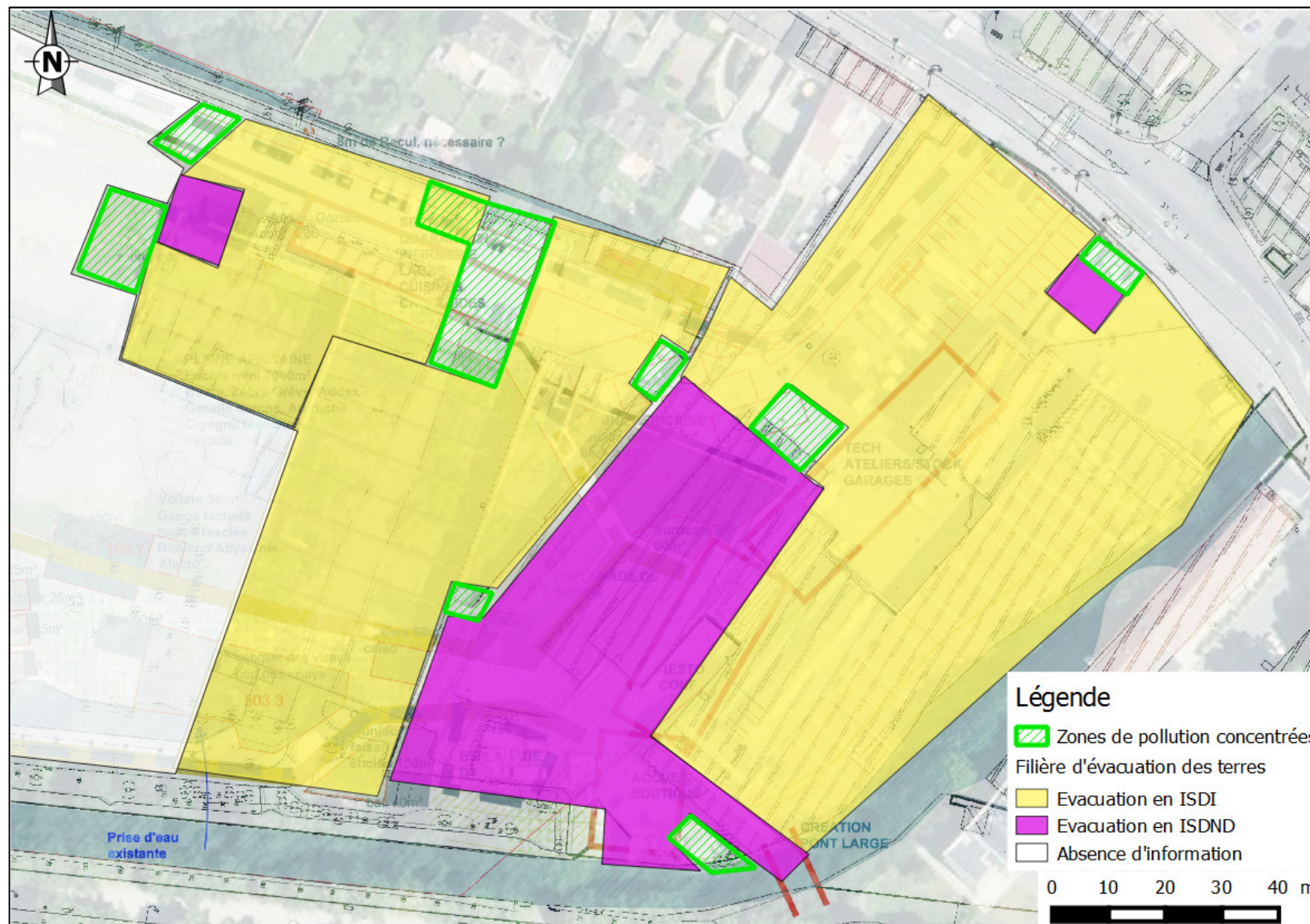


Figure 12 : Filière d'élimination des déchets

4.8 Conservation de la mémoire

4.8.1 Cadre et objectifs

En lien avec les mesures constructives mentionnées et les mesures de gestion retenues, des servitudes doivent être instituées afin de garantir dans le temps le respect de ces règles et recommandations.

Les objectifs de ces servitudes sont les suivants :

- l'assurance de la protection de la santé humaine et de l'environnement au cours du temps (dont les éventuelles précautions pour la réalisation de travaux d'affouillement, passage de canalisations d'eau, etc.) ;
- l'assurance qu'une éventuelle modification de l'usage ne sera possible que si elle est conforme aux définitions des servitudes ou si elle s'accompagne de nouvelles études et/ou de travaux garantissant la compatibilité avec cet usage ;
- la protection du propriétaire du site lors d'éventuels changements d'usage des sols qui ne seraient pas de son fait. Ces éventuels changements d'usage de site pourraient résulter par exemple de modifications de la politique locale d'urbanisme ou de décisions de propriétaires successifs du site ;
- la pérennité de la maintenance de l'état des milieux ou la surveillance du site.

Les restrictions d'usage concernent :

- l'utilisation des sols sur site en définissant les autorisations et interdictions concernant le type d'activité et de construction ;
- l'utilisation du sous-sol en définissant les procédures à respecter en cas d'affouillements, de plantations, de pose de canalisation (etc.) ;
- l'utilisation des eaux souterraines sur site.

4.8.2 Les différents types de servitudes

Les différents types de servitudes existantes sont présentés dans le **tableau 12**.

Tableau 12 : Les différents types de servitudes possibles

Types de servitudes	Fondement	Portée (possibilités vis-à-vis du milieu sol)	Report dans les documents d'urbanisme	Publication au service de publicité foncière
SUP	L515-8 à 12, R.515-24 à R.515-31, R.512-39-3, R.512-46-27 Code de l'environnement	- Applicable aux sites et aux autres terrains - Indemnisation des propriétaires des terrains	Oui	Oui
PAC	L.121-2 R.121-1 Code de l'urbanisme	- Applicable aux sites et aux autres terrains - Pas d'indemnisation des propriétaires des terrains	Oui	Non
PIG	L.121-9 R.121-3 Code de l'urbanisme	- Applicable aux sites et aux autres terrains - Pas d'indemnisation des propriétaires des terrains	Oui	Non
Restrictions d'usage conventionnelles au profit de l'Etat	Droit de contracter entre 2 parties (Etat, propriétaire du site)	- Applicable au site en priorité - Pas d'indemnisation des propriétaires des terrains - Accord des signataires	Non, sauf si complété par PAC	Oui

Types de servitudes	Fondement	Portée (possibilités vis-à-vis du milieu sol)	Report dans les documents d'urbanisme	Publication au service de publicité foncière
Restrictions d'usage conventionnelles entre 2 parties	Droit de contracter entre 2 parties (exploitant, propriétaire)	<ul style="list-style-type: none"> - Applicable au site - Pas d'indemnisation des propriétaires des terrains - Accord des signataires - Vérification par l'administration de la pertinence des mesures 	Non, sauf si complété par PAC	Oui

4.8.3 Contenu des restrictions à mettre en œuvre

Les restrictions d'usage à mettre en œuvre seront portées aux actes notariés et au service de publicité foncière pour garantir leur pérennité. Elles sont synthétisées dans le **tableau 13**.

Tableau 13 : Restrictions d'usages à mettre en œuvre

Restrictions d'usage conventionnelles relatives aux <u>usages des sols</u>	Restrictions d'usage conventionnelles relatives aux <u>usages du sous-sol</u>	Restrictions d'usage conventionnelles relatives aux <u>usages des eaux souterraines, nappes phréatiques</u>
<p><u>Usage autorisé :</u> Réalisation d'un parc zoologique avec bâtiment d'accueil, administratif et technique, parvis d'accès et parkings aériens.</p> <p><u>Usages interdits :</u> Tout autre usage que celui étudié dans le cadre du plan de gestion sans étude complémentaire. Une actualisation du plan de gestion devra être réalisée lorsque le plan masse du projet sera disponible.</p> <p><u>Prescriptions particulières :</u> Mise en place des canalisations d'amenée d'eau potable dans des fosses de sables propres ou mise en place de canalisation anti-perméation (type tricouche) ou de canalisation en fonte.</p>	<p><u>Usages autorisés :</u> Retrait des zones impactées en HCT. Mise en place d'un recouvrement des sols par une dalle béton (bâtiment), d'un revêtement spécifique (parking, voiries, chemins et parvis) ou de 30 cm de terre saine d'apport au droit des espaces verts.</p> <p><u>Usages interdits :</u> Mise à nue des terres présentes au droit du site.</p> <p><u>Prescriptions particulières :</u> Une attention particulière devra être apportée à la zone non investiguée concernant la présence potentielle de remblais impactés en métaux. Des analyses complémentaires devront être réalisées dans les futures zones non recouvertes afin de vérifier la présence ou non d'impacts en métaux et d'envisager un recouvrement. Gestion appropriée des déblais en cas d'excavation et traçabilité du devenir des déblais. Des analyses complémentaires devront être réalisées en cas d'excavation et d'évacuation hors site des déblais. Information des entreprises en cas de travaux.</p>	<p><u>Usages autorisés :</u> Aucun sur le site.</p> <p><u>Prescriptions particulières :</u> Une étude devra être réalisée pour toute utilisation éventuelle de la nappe.</p>

4.8.4 Eléments nécessaires à l'information

Dans tous les cas, il sera nécessaire de garder en mémoire la qualité environnementale du site (inscription aux documents d'urbanisme, à l'acte de vente et/ou auprès du service de la publicité foncière).

5. Analyse des risques résiduels (ARR) prédictive

Conformément aux textes ministériels pour la gestion des sites et sols pollués du 8 février 2007, la compatibilité entre l'état attendu des terrains après mise en œuvre des mesures de gestion proposées dans le plan de gestion proposé et l'usage futur du site doit être vérifiée sur le plan sanitaire.

L'analyse des risques résiduels (ARR) consiste donc à vérifier que l'état des milieux à l'issue des travaux (concentrations résiduelles dans les différents milieux) est compatible avec les usages futurs.

L'ARR qui repose sur le schéma conceptuel final peut être réalisée :

- a priori (avant la réalisation des travaux de réhabilitation). Dans ce cas, lors du récolement à l'issue des travaux, les concentrations résiduelles mesurées et les caractéristiques des aménagements prévus seront comparées aux données d'entrée de la présente ARR afin de statuer sur la bonne mise en œuvre du plan de gestion ;
- a posteriori (après la réalisation des travaux de réhabilitation). Dans ce cas, à l'issue des travaux, les concentrations résiduelles mesurées lors du récolement et les caractéristiques des aménagements prévus seront intégrées à l'ARR afin de statuer sur la compatibilité entre les pollutions résiduelles et les usages.

L'ARR est ici réalisée **a priori**, avant les travaux d'aménagement, en considérant les teneurs résiduelles, c'est-à-dire les teneurs mesurées dans les terrains qui resteront en place au droit du site.

5.1 Schéma conceptuel adapté au projet d'aménagement avec prise en compte des mesures de gestion

5.1.1 Méthodologie

La combinaison entre l'état de pollution du site, les impacts mis en évidence, son environnement et son usage envisagé conduit à l'établissement du schéma conceptuel de l'état projeté du site qui illustre :

- la ou les sources de pollution résiduelles ;
- les vecteurs possibles ;
- les cibles avérées ou potentielles ;
- les milieux d'exposition.

Seule la présence concomitante d'une source, d'un vecteur et d'une cible peut conduire à un risque.

Le schéma conceptuel adapté aux projets d'aménagement et prenant en compte les mesures de gestion est présenté en **figure 13** et est discuté dans les paragraphes suivants.

5.1.2 Sources résiduelles de pollution

Sur la base de l'ensemble des investigations réalisées sur le site et des mesures de gestion préconisées dans le plan de gestion (retrait des zones de pollution concentrées et recouvrement des sols), les sources résiduelles de pollution au droit du site sont :

- Teneurs résiduelles en HCT dans les sols du site ;
- Présence de métaux dans les terrains superficiels ;
- Présence de composés volatils (COHV, BTEX et naphtalène) ponctuellement sur le site.

5.1.3 Cibles

Les enjeux à considérer sur le site sont les futurs usagers du site, soit :

- les adultes travaillant sur le site (ancien site Picardie Poids Lourds et actuelle zone technique) ;
- les adultes et enfants fréquentant les futurs bâtiments d'accueil (restaurant, conférence) de l'ancien site Picardie Poids Lourds ;
- les adultes et enfants fréquentant le parc zoologique (actuelle zone technique)

Le budget espace-temps des cibles considérées est présenté dans le **tableau 14**.

Tableau 14 : Budget espace-temps des cibles considérées

Scénario	Cibles		Période sur laquelle l'exposition est moyennée
	Adultes	Enfants	
Scénario 1 : ancien site Picardie Poids Lourds			70 ans (correspondant à la durée de vie considérée par l'ensemble des organismes nationaux et internationaux pour l'établissement des valeurs toxicologiques et l'évaluation des risques) pour les effets cancérogènes quelle que soit la cible considérée. T (correspondant à la durée d'exposition) pour les effets toxiques non cancérogènes quelle que soit la cible considérée.
Travailleurs	T = 42 ans 220 jours par an 7 h/jour en intérieur 0,4 h/jour en extérieur	-	
Visiteurs en intérieur	T = 40 ans 52 jours par an 4 h/jour en intérieur 1 h/jour en extérieur	T = 6 ans 52 jours par an 4 h/jour en intérieur 1 h/jour en extérieur	
Scénario 2 : actuelle zone technique (emprise étude GALIA SANA)			
Travailleurs	T = 42 ans 220 jours par an 7 h/jour en intérieur 0,4 h/jour en extérieur	-	
Visiteurs en extérieur	T = 40 ans 52 jours par an 4 h/jour en extérieur 1 h/jour en intérieur	T = 6 ans 52 jours par an 4 h/jour en extérieur 1 h/jour en intérieur	

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

Pour les durées d'exposition dans le contexte du travail, le cas le plus défavorable a été considéré pour les adultes qui travailleraient pendant 42 ans au même endroit (correspondant à la durée totale de la période de travail) ; cependant la variabilité de cette durée d'exposition est importante. Les durées de 220 jours/an et 7 h/jour correspondent aux durées « classiques » du travail en France.

Pour les visiteurs, en l'absence de données, nous avons considéré que les visiteurs viennent une demi-journée par semaine (52 jours par an) dans le bâtiment d'accueil et dans le zoo.

Compte tenu des incertitudes quant aux durées d'exposition dans le cadre du travail, l'approche retenue répond au principe de prudence ; elle sera néanmoins discutée dans les incertitudes.

5.1.4 Voies de transfert des sources résiduelles vers les autres milieux

Un risque est défini par l'existence simultanée d'une source de contamination, d'un vecteur de transfert de la contamination, d'un milieu d'exposition et d'une cible. Si l'un de ces éléments n'existe pas, alors aucun risque n'est caractérisable.

Compte tenu des mesures de gestion préconisées, les modes de transfert des zones sources résiduelles vers les cibles identifiées concerne :

- la volatilisation de polluants volatils depuis les sols vers l'air intérieur des bâtiments et l'air extérieur ;

Remarques concernant la non-prise en compte des autres voies de transfert :

- contact direct : une des mesures de gestion recommandée par BURGEAP consiste à recouvrir l'ensemble du site par une dalle béton, un enrobé ou une surface minérale ou 30 cm de terre saine d'apport ;
- migration via les eaux souterraines et superficielles : il n'y a pas d'impact dans les eaux souterraines ;
- transfert vers des végétaux autoproduits : il n'y a pas de plantation de potager ou d'arbres fruitiers.

5.1.5 Voies d'exposition retenues

Les voies d'administration des polluants dans l'organisme sont de trois types : inhalation, ingestion et contact cutané. Les voies retenues pour chaque cible et pour chacun des 8 modes d'exposition proposés par le guide EDR du MEDD/BRGM/INERIS, version 2000 sont détaillées dans le **tableau 15**.

Tableau 15 : Voies d'exposition retenues

Cibles	Mode d'exposition	Sélection pour l'évaluation	Raison de la sélection ou de l'exposition
Adultes et enfants de la crèche	Inhalation de polluants sous forme gazeuse	Oui	Présence de teneurs résiduelles en polluants volatils dans les sols et les gaz du sol
	Inhalation de polluants adsorbés sur les poussières du sol	Non	Recouvrement de l'ensemble des terres du site par une dalle béton, un enrobé, une surface minérale ou 30 cm de terre saine d'apport
	Inhalation de vapeurs d'eau polluée	Non	Conduites d'eau potable mises en place dans les règles de l'art
	Ingestion directe de sol et/ou de poussières	Non	Recouvrement de l'ensemble des terres du site par une dalle béton, un enrobé, une surface minérale ou 30 cm de terre saine d'apport
	Ingestion d'aliments d'origine végétale cultivés sur site	Non	Absence de potagers ou d'arbres fruitiers sur le site
	Ingestion d'aliments d'origine animale à partir d'animaux élevés, chassés ou pêchés sur le site	Non	Pas d'élevage et de pêche sur le site
	Ingestion d'eau contaminée	Non	Conduites d'eau potable mises en place dans les règles de l'art
	Absorption cutanée de sols et/ou de poussières	Non *	Cette voie d'exposition n'est pas considérée comme pertinente

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

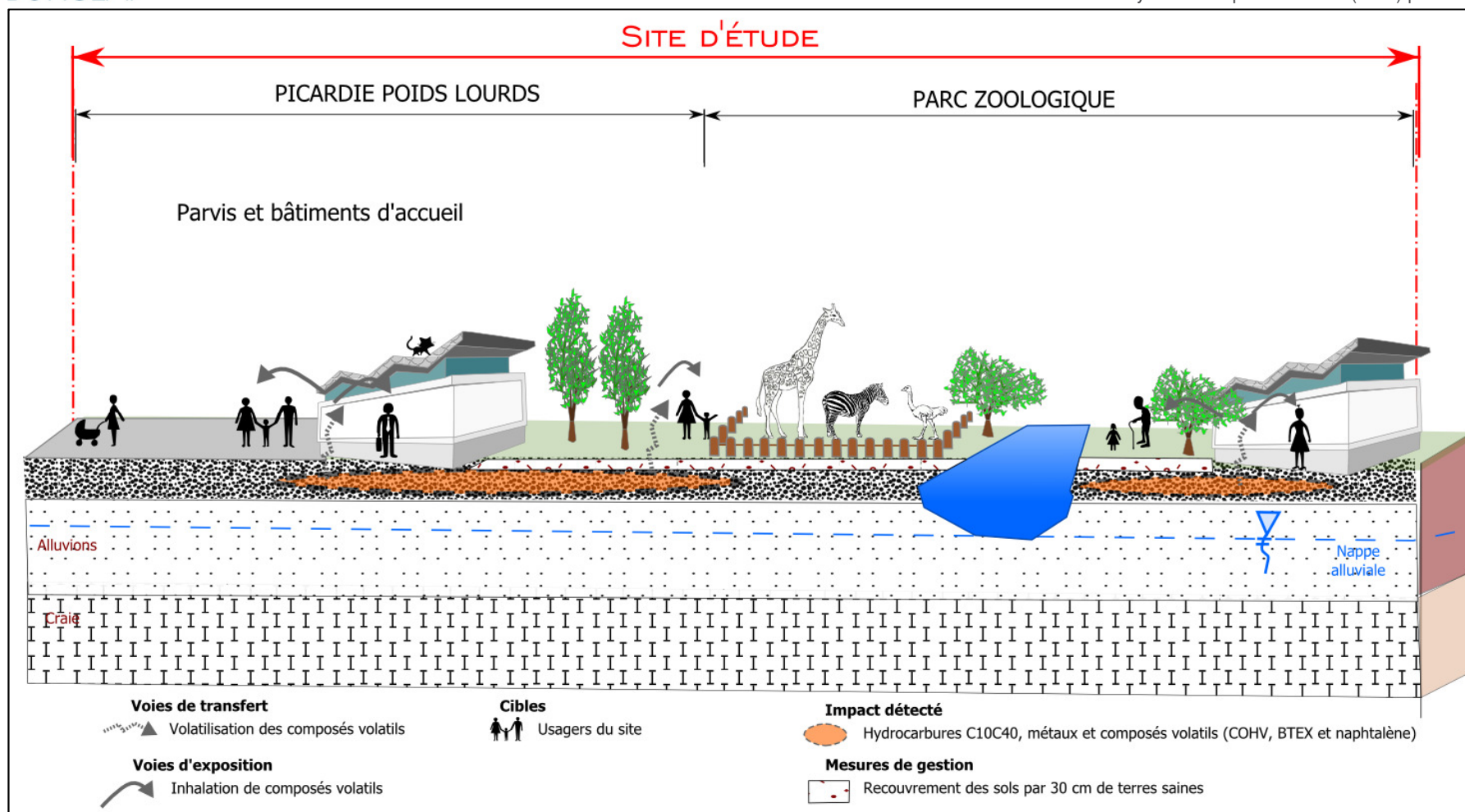


Figure 13 : Schéma conceptuel après mesures de gestion

5.2 Sélection des composés et concentrations retenues

La synthèse des investigations sur le site combinée au scénario d'exposition choisi permet de réaliser la sélection des composés à prendre en compte pour les milieux d'exposition considérés.

La sélection des composés à prendre est basée sur les éléments suivants :

- les concentrations mesurées dans les eaux souterraines et les sols à des teneurs supérieures aux limites de détection analytique ;
- les valeurs guides de concentrations dans l'air (décret 2002-2013 ou OMS, 2000 et également si elles sont disponibles, les concentrations habituellement mesurées dans l'air intérieur et extérieur par les observatoires français de la qualité de l'air) ;
- les principales propriétés physico-chimiques des composés : volatilité et solubilité.

Les concentrations retenues pour l'analyse des risques résiduelles correspondent :

- pour le scénario 1 : ancien site Picardie Poids Lourds (**tableau 16**)
 - les teneurs maximales en tétrachloroéthylène et en BTEX dans les gaz des sols ;
 - les teneurs maximales en hydrocarbures C_{10} - C_{40} et naphthalène dans les sols (hors des zones de pollutions concentrées qui seront dépolluées) en l'absence de dépassements de ces teneurs dans les gaz des sols et de l'absence de piézair dans les zones présentant ces dépassements ;
 - la teneur maximale en trichloroéthylène dans les sols du site en extérieur (sondage non localisé au droit de l'emprise d'un futur bâtiment, ni à proximité immédiate) ;
 - les teneurs maximales en HAP (hors naphthalène) et mercure dans les sols, en l'absence d'analyses de ces paramètres dans les gaz des sols ;

Remarque concernant les HCT : les hydrocarbures C_{10} - C_{40} n'ont pas été analysés dans les sols selon la méthode TPH. Le détail des fractions hydrocarbonées n'est donc pas connu. Dans une approche sécuritaire, nous avons modélisé chaque fraction et retenu les plus pénalisantes, à savoir les hydrocarbures aliphatiques pour les fractions C_{10} - C_{12} et les hydrocarbures aromatiques pour les fractions C_{12} - C_{16} et C_{16} - C_{21} .

- pour le scénario 2 : actuelle zone technique (emprise GALIA SANA) (**tableau 17**)
 - les teneurs maximales dans les sols en hydrocarbures volatils C_6 - C_{10} , BTEX, hydrocarbures C_{10} - C_{40} , HAP et mercure (hors zones de pollutions concentrées qui seront dépolluées).

Remarque concernant les HCT : les hydrocarbures C_{10} - C_{40} n'ont pas été analysés dans les sols selon la méthode TPH. Le détail des fractions hydrocarbonées n'est donc pas connu. Dans une approche sécuritaire, nous avons modélisé chaque fraction et retenu les plus pénalisantes, à savoir les hydrocarbures aliphatiques pour les fractions C_6 - C_8 et les hydrocarbures aromatiques pour les fractions C_8 - C_{10} , C_{10} - C_{16} et C_{16} - C_{21} .

Nous n'avons pas considéré les concentrations mises en évidence dans les eaux souterraines. Cette hypothèse sera discutée dans le paragraphe relatif aux incertitudes.

Tableau 16 : Composés et concentrations retenues – scénario 1

Substances	Concentrations retenues pour l'estimation des transferts de gaz vers l'air intérieur		Investigations correspondantes	Concentrations retenues pour l'estimation des transferts de gaz vers l'air extérieur		Investigations correspondantes
	Sols (mg/kg)	Air du sol à la source (mg/m3)		Sols (mg/kg)	Air du sol à la source (mg/m3)	
METALLUX ET METALLOIDES						
Mercur (Hg)	0,21		PzA2	0,21		PzA2
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES						
Naphtalène	0,27		S20-A	0,27		S20-A
Acenaphthène	0,16		S29-A	0,16		S29-A
Fluorène	0,15		S29-A	0,15		S29-A
Phénanthrène	1,00		S29-A	1,00		S29-A
Anthracène	0,18		S29-A	0,18		S29-A
Fluoranthène	1,50		S17	1,50		S17
Pyrène	1,10		S17	1,10		S17
Benzo(a)anthracène	0,75		S17	0,75		S17
Chrysène	0,89		S17	0,89		S17
benzo(b)fluoranthène	1,10		S17	1,10		S17
benzo(k)fluoranthène	0,55		S17	0,55		S17
Benzo(a)pyrène	0,89		S17	0,89		S17
Dibenzo(a,h)anthracène	0,10		S17	0,10		S17
benzo(g,h,i) pérylène	0,67		S17	0,67		S17
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	1,00		S17	1,00		S17
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS						
PCE (tétrachloroéthylène)		2,80E-02	A2		2,80E-02	A2
TCE (trichloroéthylène)				0,41		S29-A
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES						
toluène		1,22E-02	A3		1,22E-02	A3
ethylbenzène		1,70E-03	A3		1,70E-03	A3
m+p-xylènes		5,50E-03	A3		5,50E-03	A3
o-xylènes		1,83E-03	A3		1,83E-03	A3
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH						
Aliphatique nC>10-nC12	27,00		S4B	27,00		S4B
Aromatique nC>12-nC16	170,00		S4B	170,00		S4B
Aromatique nC>16-nC21	190,00		S4B	190,00		S4B
Aromatique nC>21-nC35	509,00		S14A	509,00		S12A

Tableau 17 : Composés et concentrations retenues – scénario 2

Substances	Concentrations retenues pour l'estimation des transferts de gaz vers l'air intérieur		Investigations correspondantes	Concentrations retenues pour l'estimation des transferts de gaz vers l'air extérieur		Investigations correspondantes
	Sols (mg/kg)			Sols (mg/kg)		
METALLUX ET METALLOIDES						
Mercur (Hg)	4,34		11.1	4,34		11.1
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES						
Naphtalène	0,84		106.2	0,84		106.2
Acenaphthylène	0,21		C7	0,21		C7
Acenaphthène	0,20		106.2	0,20		106.2
Fluorène	0,21		C1	0,21		C1
Phénanthrène	1,50		C7	1,50		C7
Anthracène	0,68		C1	0,68		C1
Fluoranthène	3,80		C7	3,80		C7
Pyrène	2,30		C1	2,30		C1
Benzo(a)anthracène	1,60		C1	1,60		C1
Chrysène	1,70		C1	1,70		C1
benzo(b)fluoranthène	3,30		C1	3,30		C1
benzo(k)fluoranthène	1,50		C1	1,50		C1
Benzo(a)pyrène	1,34		C1	1,34		C1
Dibenzo(a,h)anthracène	1,90		C1	1,90		C1
benzo(g,h,i) pérylène	1,40		C1	1,40		C1
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	1,90		C1	1,90		C1
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES						
m+p-xylènes	0,06		15.4	0,06		15.4
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH						
Aromatique nC>8-nC10	4,50		21.2	4,50		21.2
Aromatique nC>10-nC12	94,30		106.2	94,30		106.2
Aromatique nC>16-nC21	108,00		15.2	108,00		15.2

5.3 Relation dose-réponse des polluants retenus

Les relations dose-réponse des composés présents dans les différents milieux sont données en **annexe 3**.

Cette annexe présente :

- la cancérogénicité des composés ;
- les valeurs toxicologiques retenues (pour les différents types d'effet) ;
- les caractéristiques physico-chimiques des composés.

La sélection des valeurs toxicologiques de référence (VTR) est basée sur la note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 en date du 31 octobre 2014, co-signée par la DGS et la DGPR, relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des VTR pour mener les évaluations de risque sanitaire dans le cadre des études d'impact et de la gestion de sites et sols pollués. Cette note abroge la circulaire n°DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006. Cependant, en complément à ce document, pour chaque substance, les différentes VTR actuellement disponibles seront recherchées de façon à discuter le choix réalisé sur les critères suivants :

- valeurs issues d'études chez l'homme ou valeurs dérivées à partir d'études sur les animaux ;
- la qualité de l'étude pivot (protocole, taille de l'échantillon, ...) ;
- les modes de calcul (degré de transparence dans l'établissement de la VTR) et les facteurs de sécurité appliqués.

Les VTR retenues sont présentées dans le **tableau 18**.

Remarque : Nous rappelons qu'à la suite à l'avis de l'ANSES (2013), aucune VTR relative au TCE n'est actuellement disponible pour les effets à seuil pour la voie inhalation.

Tableau 18 : VTR retenues

Substance	CAS N°R	Effets sans seuil			Rfc	Effets à seuil		
		ERUI	TYPE CANCER	SOURCE		ORGANE	SOURCE	SF
		(mg/ m3)-1				(mg/ m3)		
METAUX ET METALLOIDES								
Mercure (Hg)	non adéquat		-	-	0,0002	SNC	ATSDR, 1999	30
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES								
Naphtalène	91-20-3	5,60E-03	neuroblastome de l'épilt, olfactif	Anses, 2013	0,037	sys. Resp.	Anses, 2013	250
Acenaphthylène	208-96-8	1,10E-03	"	-	-	-	-	-
Acenaphène	83-29-9	1,10E-03	"	-	-	-	-	-
Fluorène	86-73-7	1,10E-03	"	-	-	-	-	-
Phénanthrène	85-01-8	1,10E-03	"	-	-	-	-	-
Anthracène	120-12-7	1,10E-02	"	-	-	-	-	-
Fluoranthène	206-44-0	1,10E-03	"	-	-	-	-	-
Pyrène	129-00-0	1,10E-03	"	-	-	-	-	-
Benzo(a)anthracène	56-55-3	1,10E-01	"	-	-	-	-	-
Chrysene	218-01-9	1,10E-02	"	-	-	-	-	-
benzo(b)fluoranthène	205-99-2	1,10E-01	"	-	-	-	-	-
benzo(k)fluoranthène	207-08-9	1,10E-01	"	-	-	-	-	-
Benzo(a)pyrène	50-32-8	1,10E+00	tractus respiratoire	OEHTA, 2002	-	-	-	-
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	1,10E+00	"	-	-	-	-	-
benzo(g,h,i) pérylène	191-24-2	1,10E-02	"	-	-	-	-	-
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	193-39-5	1,10E-01	"	-	-	-	-	-
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS								
PCE (tétrachloroéthylène)	127-18-4	3,00E-04	hépatique	US-EPA, 2012	0,2	neurotoxicité	OMS, 2006	100
TCE (trichloroéthylène)	79-01-6	4,30E-04	cancer du rein	US-EPA, 2011	-	-	-	-
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES								
benzène	71-43-2	2,60E-02	leucémie	Anses, 2014	0,01	sang	ATSDR, 2007	10
toluène	108-88-3		-	-	3	syst. Nerveux	Anses, 2012	10
ethylbenzène	100-41-4	2,50E-03	rein	OEHTA, 2007	0,26	système rénal	ATSDR, 2010	300
xylènes	1320-20-7		-	-	0,22	syst. Nerveux	ATSDR, 2007	300
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH								
Aliphatic nC>6-nC8	non adéquat		-	-	3	syst. nerveux	US-EPA, 2005	300
Aliphatic nC>8-nC10	non adéquat		-	-	1	syst. Hépatique	TPHCWG, 1997	1000
Aliphatic nC>10-nC12	non adéquat		-	-	1	syst. Hépatique	TPHCWG, 1997	1000
Aliphatic nC>12-nC16	non adéquat		-	-	1	syst. Hépatique	TPHCWG, 1997	1000
Aromatic nC>7-nC8 toluène	non adéquat		-	-	voir toluène	-	-	-
Aromatic nC>8-nC10	non adéquat		-	-	0,2	poids	TPHCWG, 1997	1000
Aromatic nC>10-nC12	non adéquat		-	-	0,2	poids	TPHCWG, 1997	1000
Aromatic nC>12-nC16	non adéquat		-	-	0,2	poids	TPHCWG, 1997	1000
Aromatic nC>16-nC21	non adéquat		-	-	0,09	dérivation pour les poussières si nécessaire	TPHCWG & MADEP	-
Aromatic nC>21-nC35	non adéquat		-	-		non adapté	TPHCWG & MADEP	-

5.4 Evaluation des concentrations résiduelles des vapeurs dans l'air intérieur et extérieur

Des modélisations des transferts des teneurs mesurées dans les sols ou les gaz des sols vers l'air intérieur ont été réalisées.

La modélisation des transferts des gaz des sols vers l'air intérieur est associée au développement d'outils datant du début des années 90. Ces outils sont très peu nombreux, les principaux utilisés en France qui intègrent et le transport diffusif et le transport convectif sont VOLASOIL³ (Waitz et al, 1996) et le modèle dit de « Johnson and Ettinger »⁴ (Johnson and Ettinger, 1991). D'autres outils plus simplifiés comme HESP® ne sont plus utilisés car ils ne considèrent que le flux diffusif à travers le dallage et peuvent donc dans certaines configurations sous-estimer le transfert.

Pour les bâtiments de plain-pied, la modélisation des transferts de vapeurs dans l'air intérieur est conduite sur la base des équations de Johnson & Ettinger (1991) utilisées avec une source de pollution infinie (pas de diminution au cours du temps). Les équations du logiciel sont répertoriées dans la norme ASTM E 1739-95. Le transfert de vapeur est conditionné par un mouvement diffusif (équations de Millington and Quirk et équation de Fick) et un mouvement convectif induit par la mise en dépression du bâtiment (effet de la ventilation).

Dans l'air extérieur, la modélisation des expositions est conduite sur la base des équations de Millington and Quirk et de l'équation de Fick. La dilution par le vent est ensuite calculée dans une boîte de taille fixée. Comme pour l'air intérieur, la source de pollution est considérée comme infinie.

Les paramètres retenus pour les sols et pour les aménagements sont reportés dans les **tableaux 19 et 20** en pages suivantes.

Les équations et l'ensemble des paramètres de calcul utilisés sont présentés en **annexe 4**.

³ Waitz *et al.*, 1996. The VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds. M.F.W. Waitz; J.I. Freijer; F.A. Swartjes. May 1996. RIVM. Report n° 7581001.

⁴ Johnson PC and Ettinger RA, 1991. Heuristic model for predicting the intrusion rate of contaminant vapors into buildings. Env. Sci. Technol. 25, p 1445-1452

Tableau 19 : Paramètres de calculs liés aux sols et aux aménagements – scénario 1

PARAMETRES LIES AU SOL			
Paramètres	Valeur pris en compte	Unités	Source
Densité du sol	1,8	g/cm3	Valeur par défaut
Distance de la source sol au dallage	0,1	m	Valeur retenue
Sol de type limons sableux sous le dallage			
Fraction de carbone organique dans le sol	0,007	Kg(CO)/Kg(MS)	RISC 4.0 (valeur par défaut)
Teneur en eau dans le sol	15	%	RISC 4.0 (valeur par défaut)
Teneur en air dans le sol	10	%	RISC 4.0 (valeur par défaut)
Porosité totale	25	%	RISC 4.0 (valeur par défaut)
Distance de la source au dallage	0,1	m	Hypothèse retenue : Valeur sécuritaire
Perméabilité intrinsèque des sols sous dallage	1,00E-08	cm²	Valeur bibliographique pour des sols de type limons sableux
PARAMETRES DES AMENAGEMENTS			
Paramètres	Valeur pris en compte	Unités	Source
Paramètres liés au transfert des gaz du milieu souterrain vers l'intérieur			
Porosité totale du béton et des fondations	12 %, constituée de 5 % d'air et de 7% d'eau		Données bibliographiques
Épaisseur de la dalle	0,15	m	Hypothèse
Surface des fissures du béton	2,00E-04		Valeur par défaut proposée par l'US-EPA et le RIVM
Différence de pression entre l'air des bâtiments et l'air du sol	40	(g/cm/s²)	Valeur par défaut proposée par l'US-EPA et le RIVM
Surface retenue en intérieur	20	m²	Hypothèse retenue en l'absence d eprojet d'aménagement fixé : pièce de type bureau de 5 m x 4 m x 2,5 m
Périmètre associé à l'espace retenue en intérieur	18	m	
Hauteur sous plafond	2,5	m	
Taux de ventilation	24	fois/jour	Valeur retenue dans le cadre du travail
Paramètres liés au transfert du milieu souterrain vers l'extérieur			
Hauteur de la zone de mélange	1,5 m pour les adultes		Hauteur de respiration
	1 m pour les enfants		
Longueur de la zone polluée	100	m	Valeur retenue comme la longueur maximale du parvis
Vitesse du vent dans la zone de mélange	2	m/s	Valeur usuellement retenue
Surface minérale ou enrobé en extérieur			
Épaisseur	0,1	m	Valeur standard
Porosité efficace	2%		Données de la littérature pour des enrobés
Teneur en eau	1%		Données de la littérature pour des enrobés
Teneur en air	1%		Données de la littérature pour des enrobés

Tableau 20 : Paramètres de calculs liés aux sols et aux aménagements – scénario 2

PARAMETRES LIES AU SOL			
Paramètres	Valeur pris en compte	Unités	Source
Densité du sol	1,8	g/cm3	Valeur par défaut
Distance de la source sol au dallage	0,1	m	Valeur retenue
Sol de type limons sableux sous le dallage			
Fraction de carbone organique dans le sol	0,007	Kg(CO)/Kg(MS)	RISC 4.0 (valeur par défaut)
Teneur en eau dans le sol	15	%	RISC 4.0 (valeur par défaut)
Teneur en air dans le sol	10	%	RISC 4.0 (valeur par défaut)
Porosité totale	25	%	RISC 4.0 (valeur par défaut)
Distance de la source au dallage	0,1	m	Hypothèse retenue : Valeur sécuritaire
Perméabilité intrinsèque des sols sous dallage	1,00E-08	cm²	Valeur bibliographique pour des sols de type limons sableux
PARAMETRES DES AMENAGEMENTS			
Paramètres	Valeur pris en compte	Unités	Source
Paramètres liés au transfert des gaz du milieu souterrain vers l'intérieur			
Porosité totale du béton et des fondations	12 %, constituée de 5 % d'air et de 7% d'eau		Données bibliographiques
Épaisseur de la dalle	0,15	m	Hypothèse
Surface des fissures du béton	2,00E-04		Valeur par défaut proposée par l'US-EPA et le RIVM
Différence de pression entre l'air des bâtiments et l'air du sol	40	(g/cm/s²)	Valeur par défaut proposée par l'US-EPA et le RIVM
Surface retenue en intérieur	20	m²	Hypothèse retenue en l'absence d eprojet d'aménagement fixé : pièce de type bureau de 5 m x 4 m x 2,5 m
Périmètre associé à l'espace retenue en intérieur	18	m	
Hauteur sous plafond	2,5	m	
Taux de ventilation	24	fois/jour	Valeur retenue dans le cadre du travail
Paramètres liés au transfert du milieu souterrain vers l'extérieur			
Hauteur de la zone de mélange	1,5 m pour les adultes		Hauteur de respiration
	1 m pour les enfants		
Longueur de la zone polluée	100	m	Valeur retenue comme la longueur maximale d'un espace vert
Vitesse du vent dans la zone de mélange	2	m/s	Valeur usuellement retenue
Espaces verts en extérieur			
Epaisseur	0,3	m	Valeur standard
Porosité efficace	30%		Données de la littérature pour de la terre végétale
Teneur en eau	15%		Données de la littérature pour de la terre végétale
Teneur en air	15%		Données de la littérature pour de la terre végétale

Les concentrations dans l'air ambiant ainsi calculées sont présentées dans les **tableaux 21 et 22**.

Tableau 21 : Concentrations calculées dans l'air intérieur et extérieur – scénario 1

						Scénario : Ancien site Picardie Poids Lourds		
Substances	AIR EXTERIEUR		AIR EXTERIEUR et INTERIEUR	AIR INTERIEUR		Concentrations en extérieur - avec dallage		Concentrations en intérieur de plain pied
	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)		(mg/m3)
	Bruit de fond (source OQAI)	Valeurs réglementaires - décret 2002-213 (valeur limite) ou directive 2004/107/CE	Valeurs guide OMS	Bruit de fond (source OQAI)	Valeurs guide ANSES ou INDEX, valeurs repère HCSP (**)	Adulte Travailleur	Enfant 1	Adultes/Enfants
Métaux potentiellement volatils								
Mercuré élémentaire	-	-	1,0E-03	-	-	3,3E-08	4,9E-08	9,1E-06
HAP								
Naphtalène	-	-	-	-	1,0E-02	3,8E-07	5,8E-07	7,1E-05
Acénaphthène	-	-	-	-	-	1,6E-08	2,4E-08	3,8E-06
Fluorène	-	-	-	-	-	5,1E-09	7,6E-09	1,3E-06
Phénanthrène	-	-	-	-	-	8,0E-09	1,2E-08	1,6E-06
Anthracène	-	-	-	-	-	1,6E-09	2,3E-09	4,3E-07
Fluoranthène	-	-	-	-	-	3,0E-09	4,5E-09	7,6E-07
Pyrène	-	-	-	-	-	8,1E-10	1,2E-09	2,2E-07
Benzo(a)anthracène	-	-	-	-	-	2,7E-10	4,1E-10	4,9E-08
Chrysène	-	-	-	-	-	1,1E-10	1,6E-10	2,5E-08
Benzo(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	2,1E-11	3,2E-11	1,3E-09
Benzo(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	1,1E-11	1,6E-11	6,1E-10
Benzo (a)pyrène	-	1,0E-06	1,2E-07	-	-	2,8E-11	4,2E-11	7,8E-10
Dibenzo(a,h)anthracène	-	-	-	-	-	5,1E-13	7,6E-13	7,0E-12
Benzo(g,h,i)peryène	-	-	-	-	-	3,7E-12	5,5E-12	9,9E-11
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	-	-	-	-	-	5,5E-12	8,3E-12	1,9E-10
COHV								
Tétrachloroéthylène (PCE)	3,9E-03	-	0,25 (*)	7,3E-03	0,25 (*)	3,4E-08	5,1E-08	5,4E-06
Trichloroéthylène (TCE)	2,3E-03	-	2,3E-02	7,3E-03	2,0E-03	2,9E-04	4,4E-04	
BTEX								
Toluène	1,3E-02	-	2,6E-01	8,3E-02	-	1,8E-08	2,7E-08	2,5E-06
Ethylbenzène	2,6E-03	-	-	1,5E-02	-	2,1E-09	3,2E-09	3,3E-07
M+p-Xylène	7,1E-03	-	-	4,0E-02	2,0E-01	6,4E-09	9,7E-09	1,1E-06
o-Xylène	2,7E-03	-	-	1,5E-02	-	2,7E-09	4,0E-09	3,7E-07
HYDROCARBURES PAR CLASSES								
Aliphatic nC10-nC12	-	-	-	-	-	3,1E-03	4,6E-03	3,8E-01
Aromatic nC12-nC16	-	-	-	-	-	4,3E-04	6,4E-04	5,3E-02
Aromatic nC16-nC21	-	-	-	-	-	1,4E-05	2,1E-05	1,8E-03
Aromatic nC21-nC35	-	-	-	-	-	8,7E-09	1,3E-08	-
(*) valeur guide relative aux expositions chroniques au tétrachloroéthylène pour les effets non cancérogènes uniquement								
(**) en gras : valeur repère du HCSP, souligné : valeur guide de l'ANSES (VGAI), en italique : valeur guide projet INDEX.								
concentration supérieure au bruit de fond logements								
concentration supérieure aux valeurs réglementaires								
concentration supérieure à une valeur guide								

Commentaires : pour le scénario étudié, les concentrations calculées dans l'air intérieur et extérieur sont inférieures aux valeurs de comparaison.

Tableau 22 : Concentrations calculées dans l'air intérieur et extérieur – scénario 2

						Scénario : Actuelle zone technique		
Substances	AIR EXTERIEUR		AIR EXTERIEUR et INTERIEUR	AIR INTERIEUR		Concentrations en extérieur - avec dallage		Concentrations en intérieur de plain pied
	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)	(mg/m3)		(mg/m3)
	Bruit de fond (source OQAI)	Valeurs réglementaires - décret 2002-213 (valeur limite) ou directive 2004/107/CE	Valeurs guide OMS	Bruit de fond (source OQAI)	Valeurs guide ANSES ou INDEX, valeurs repère HCSP (**)	Adulte Travailleur	Enfant 1	Adultes/Enfants
Métaux potentiellement volatils								
Mercuré élémentaire	-	-	1,0E-03	-	-	4,7E-06	7,1E-06	1,9E-04
HAP								
Naphtalène	-	-	-	-	1,0E-02	8,4E-06	1,3E-05	2,2E-04
Acénaphthylène	-	-	-	-	-	1,4E-07	2,1E-07	4,3E-06
Acénaphthène	-	-	-	-	-	1,4E-07	2,2E-07	4,7E-06
Fluorène	-	-	-	-	-	5,1E-08	7,6E-08	1,8E-06
Phénanthrène	-	-	-	-	-	9,1E-08	1,4E-07	2,3E-06
Anthracène	-	-	-	-	-	4,6E-08	6,8E-08	1,6E-06
Fluoranthène	-	-	-	-	-	6,7E-08	1,0E-07	1,9E-06
Pyrène	-	-	-	-	-	1,5E-08	2,2E-08	4,6E-07
Benzo(a)anthracène	-	-	-	-	-	5,0E-09	7,5E-09	1,1E-07
Chrysène	-	-	-	-	-	2,0E-09	2,9E-09	4,9E-08
Benzo(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	6,5E-10	9,7E-10	4,0E-09
Benzo(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	3,0E-10	4,5E-10	1,7E-09
Benzo(a)pyrène	-	1,0E-06	1,2E-07	-	-	4,3E-10	6,4E-10	1,2E-09
Dibenzo(a,h)anthracène	-	-	-	-	-	9,8E-11	1,5E-10	1,3E-10
Benzo(g,h,i)peryène	-	-	-	-	-	7,8E-11	1,2E-10	2,1E-10
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	-	-	-	-	-	1,1E-10	1,6E-10	3,7E-10
BTEX								
M+p-Xylène	7,1E-03	-	-	4,0E-02	2,0E-01	3,6E-05	5,5E-05	8,5E-04
HYDROCARBURES PAR CLASSES								
Aromatic nC10-nC12	-	-	-	-	-	8,7E-03	1,3E-02	1,6E-01
Aromatic nC16-nC21	-	-	-	-	-	1,0E-04	1,5E-04	1,8E-03
(*) valeur guide relative aux expositions chroniques au tétrachloroéthylène pour les effets non cancérogènes uniquement								
(**) en gras : valeur repère du HCSP, souligné : valeur guide de l'ANSES (VGA1), en italique : valeur guide projet INDEX.								
concentration supérieure au bruit de fond logements								
concentration supérieure aux valeurs réglementaires								
concentration supérieure à une valeur guide								

Commentaires : pour le scénario étudié, les concentrations calculées dans l'air intérieur et extérieur sont inférieures aux valeurs de comparaison.

5.5 Quantification prédictive des risques sanitaires résiduels

5.5.1 Méthodologie

► Estimation du risque pour les effets toxiques sans seuil

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

$$\text{ERI (inhalation)} = \text{CI} \times \text{ERUI}$$

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

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

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

Il n'existe pas de niveau d'excès de risque individuel universellement acceptable. La Circulaire du ministère en charge de l'environnement datée du 8 février 2007, relative aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, considère que le niveau de risque « usuellement [retenue] au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de 10^{-5} est acceptable.

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

► Estimation du risque pour les effets toxiques à seuil

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

$$QD_{i,INH} = \frac{CI_{i,INH}}{RfCi}$$

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

Malgré la position de l'Environmental Protection Agency des Etats-Unis (US-EPA) qui recommande l'additivité des QD uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique et le même organe cible, en l'absence de doctrine unique sur l'additivité des risques et compte tenu de la méconnaissance à l'heure actuelle des mécanismes d'action pour la majorité des substances, nous procéderons à l'additivité des quotients de danger.

Si la somme des Quotients de Danger ainsi obtenue dépasse la valeur de 1, cette hypothèse trop conservatoire sera dépassée, en distinguant les substances ayant le même organe.

Parallèlement, il convient de rappeler la limite méthodologique des évaluations de risques sanitaires lorsque plusieurs substances peuvent avoir entre elles des effets synergiques ou antagonistes. A l'heure actuelle, les éléments qui permettraient de déterminer si les effets se cumulent ou non ne sont pas disponibles et il n'y a pas de consensus sur une méthode pour prendre en compte les effets de mélanges.

5.5.2 Quantification des risques sanitaires sur site

Le détail des calculs est fourni en **annexe 5** et les risques sanitaires QD et ERI sont présentés dans les **tableaux 23 et 24**.

Tableau 23 : Risques sanitaires – scénario 1

Scénario : Ancien site Picardie Poids Lourds	Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)				Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)			
	Adulte Travailleur	Adulte Visiteur	Enfant Visiteur	Composés tirant le risque	Adulte Travailleur	Adulte Visiteur	Enfant Visiteur	Composés tirant le risque
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, niveau principal choisi	0,13	0,02	0,02	Aliphatiques C10-C12	4,4E-08	5,7E-09	8,6E-10	Naphtalène
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR avec dallage	5,6E-05	3,3E-05	4,9E-05	Aliphatiques C10-C12	7,8E-10	4,4E-10	9,9E-11	Trichloroéthylène
TOTAL	0,13	0,02	0,02	Aliphatiques C10-C12	4,5E-08	6,1E-09	9,5E-10	Naphtalène
Risques acceptables								
Risques non acceptables								

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par Amiens Métropole, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, pour le scénario de bâtiments d'accueil pour le parc zoologique avec parvis au droit de l'ancien site Picardie Poids Lourds, les niveaux de risques estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués (annexe 3 de la lettre aux préfets du 8 février 2007). Ainsi, l'état environnemental du site est compatible avec l'usage prévu.

En effet, pour les effets toxiques à seuil, le quotient de danger est de 0,13 ce qui est inférieur à la valeur considérée comme acceptable (QD = 1). Les composés tirant le risque sont les fractions aliphatiques C₁₀-C₁₂.

Pour les effets toxiques sans seuil, l'excès de risque individuel maximum est de $4,5 \cdot 10^{-8}$, ce qui est inférieur à l'excès de risque considéré comme acceptable (ERI = 10^{-5}). Le composé tirant le risque est le naphtalène.

Tableau 24 : Risques sanitaires – scénario 2

Scénario : Actuelle zone technique de plain-pied	Effets toxiques à seuil non cancérogènes Quotient de danger (QD)				Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)			
	Adulte Travailleur	Adulte Visiteur	Enfant Visiteur	Composés tirant le risque	Adulte Travailleur	Adulte Visiteur	Enfant Visiteur	Composés tirant le risque
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, niveau principal choisi	0,34	0,01	0,01	Mercure	1,4E-07	4,4E-09	6,5E-10	Naphtalène
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR avec dallage	8,04E-04	0,00	0,00	Mercure	3,0E-10	6,7E-10	1,5E-10	Naphtalène
TOTAL	0,34	0,01	0,01	Mercure	1,4E-07	5,0E-09	8,1E-10	Naphtalène
Risques acceptables								
Risques non acceptables								

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par Amiens Métropole, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, pour le scénario de bâtiments techniques du parc zoologique avec espaces verts (espaces du zoo), les niveaux de risques estimés sont inférieures aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués (annexe 3 de la lettre aux préfets du 8 février 2007). Ainsi, l'état environnemental du site est compatible avec l'usage prévu en l'état.

En effet, pour les effets toxiques à seuil, le quotient de danger est de 0,34 ce qui est inférieur à la valeur considérée comme acceptable (QD = 1). Le composé tirant le risque est le mercure.

Pour les effets toxiques sans seuil, l'excès de risque individuel maximum est de $1,4 \cdot 10^{-7}$, ce qui est inférieur à l'excès de risque considéré comme acceptable (ERI = 10^{-5}). Le composé tirant le risque est le naphtalène.

5.6 Incertitudes et sensibilité de l'ARR

5.6.1 Introduction

Les paramètres clés de cette étude sont ici discutés ainsi que leur incidence sur les résultats des calculs sanitaires. Ces paramètres clés sont dépendants du scénario d'exposition et des substances retenues. Le chapitre ci-dessous reprend les paramètres dont les incertitudes jouent un rôle majeur dans les calculs menés.

5.6.2 Non prise en compte de l'exposition au bruit de fond

Dans la mesure où le bruit de fond et ses incidences sanitaires n'ont pas à ce jour fait l'objet d'une procédure de gestion nationale, la présente étude a été menée en ne considérant que la compatibilité vis-à-vis des composés présents en concentrations supérieures au bruit de fond sur le site. Cette pratique correspond à ce qui est couramment réalisé dans ce type d'étude.

Cependant, il faut rappeler que :

- la présence potentielle de composés organiques volatils (benzène, solvants, etc.) ou de poussières dans l'air atmosphérique de certaines agglomérations (suivis parfois par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air), non liée au site, n'est pas prise en compte ;
- la présence potentielle dans l'air intérieur de composés organiques volatils (solvants, formaldéhydes, etc.) issus des aménagements et activités dans les locaux, non liée au site, n'est pas prise en compte.

5.6.3 Choix des composés

Le choix des composés retenus a été effectué en considérant les teneurs supérieures aux limites de détection analytiques.

Pour les scénarios envisagés, en l'absence de projet d'aménagement défini, les concentrations retenues correspondent

- Pour la partie du site ayant accueilli le site Picardie Poids Lourds : les concentrations maximales mises en évidence dans les gaz des sols ainsi que les concentrations maximales mises en évidence dans les sols lorsque les composés n'étaient pas détectés dans les gaz des sols compte tenu du faible maillage des piézaires sur site (hors zones sources de pollution concentrées qui seront traitées). Pour le trichloroéthylène dans les sols, nous avons considéré uniquement ce composé en extérieur car il n'est pas situé dans une zone susceptible d'accueillir un bâtiment ;
- Pour la partie du site ayant accueilli la zone technique du zoo : les teneurs maximales mises en évidence dans les sols du site (hors zones sources de pollution concentrées qui seront traitées).

On note que la prise en compte de teneurs mesurées dans les sols est plus pénalisante et génère des risques plus élevés que la prise en compte de concentrations dans l'air des sols (modélisation pénalisante du transfert des composés volatils des sols dans les gaz des sols).

L'approche prise en compte pour les calculs de risques est donc majorante.

Nous n'avons pas considéré les teneurs mises en évidence dans les eaux souterraines au vue des faibles concentrations mises en évidence.

Sur le site de Picardie Poids Lourds (scénario 1), aucun composé volatil n'a été mis en évidence dans les eaux souterraines.

Sur le site du parc zoologique (scénario 2), des composés volatils (naphtalène, toluène et COHV) ont été mis en évidence dans les eaux souterraines prélevés au droit des piézomètres. En considérant le cumul des concentrations mises en évidence dans les sols du site et dans les eaux souterraines, les calculs de risques

mettent en évidence un QD maximum de 0,341 et un ERI maximum de $1,4 \cdot 10^{-7}$, ce qui est inférieur à la valeur admissible.

On note toutefois que les COHV n'ont pas été mesurés dans les sols et dans les gaz des sols au droit du parc zoologique. Des investigations complémentaires devront être menées au droit du site afin de vérifier la présence ou non de COHV dans les sols du site et de mettre à jour les calculs de risques sanitaires.

5.6.4 Toxicité des composés

► Cumul des ERI et des QD

Il convient de rappeler la limite méthodologique des évaluations de risques sanitaires lorsque plusieurs substances peuvent avoir entre elles des effets synergiques ou antagonistes. A l'heure actuelle, les éléments qui permettraient de déterminer si les effets se cumulent ou non ne sont pas disponibles et il n'y a pas de consensus sur une méthode pour prendre en compte les effets de mélanges.

Cumul des ERI

Les ERI ont été sommés quels que soient les organes cibles, les types de pathologie et les voies d'exposition.

La sommation est justifiée pour les ERI (composés sans seuil d'effet) parce qu'on parle des pathologies en général quelle que soit la cause ou le mécanisme. Cette approche suit le consensus des organismes internationaux.

Cumul des QD

Pour les composés à seuil d'effet, la sommation de l'ensemble des QD est discutable, néanmoins l'approche retenue (par organe cible si la somme brute des QD était supérieure à 1), paraît la plus proche des consensus national et international.

► Incertitudes sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)

Les valeurs toxicologiques de référence retenues dans la présente étude sont issues d'une synthèse réalisée par BURGEAP en février 2015.

La toxicité pour l'homme des substances identifiées a été évaluée à l'aide des bases épidémiologiques et toxicologiques de référence (OMS, IRIS-EPA, ATSDR principalement). Cependant, des incertitudes résident dans ces données toxicologiques et les VTR proposées (facteurs d'incertitude appliqués pour tenir compte des extrapolations intra-espèces et inter-espèces). Ainsi, les VTR comportent structurellement des sources d'incertitudes prises en compte dans l'élaboration même des valeurs.

Il est habituellement admis que les valeurs proposées par les organismes compétents sont, dans l'état actuel des connaissances, précautionneuses. Toutefois, cet impact est considéré comme non quantifiable.

► Pour le scénario 1 :

Pour l'excès de risques individuels (ERI), le composé tirant le risque est le naphtalène.

Pour le cas particulier du naphtalène, l'application des recommandations de l'INERIS n'est pas conforme à ce que l'on sait de la cancérogénicité du naphtalène (différente de celle des autres HAP) et de son caractère non génotoxique. En 2013, le groupe d'experts de l'ANSES a défini une VTR pour les effets cancérogènes sans seuil du naphtalène par inhalation de $5,6 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$. On notera en particulier pour le naphtalène, que l'ERUi calculé à partir du TEF retenu par l'INERIS, de $1,1 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ est moins pénalisant que la valeur proposée par l'Anses. De façon à ne pas sous-estimer le risque lié au naphtalène et pour tenir compte de sa particularité, nous retiendrons la valeur d'ERUi définie par l'Anses.

Pour le quotient de danger (QD), les composés tirant le risque sont les fractions aliphatiques C₁₀-C₁₂.

Les deux approches du TPHCWG et du MADEP sont différentes et complémentaires. Une des différences repose sur la prise en compte par le MADEP des nombres de carbones (C) et par le TPHCWG de nombre de carbones équivalent (nC ou EC). Par ailleurs, l'approche du TPHCWG est plus complète, basée à la fois

sur les propriétés physico-chimiques et l'ensemble des données toxicologiques disponibles à l'époque (1997).

Globalement on peut conclure que l'approche du MADEP est vraisemblablement plus adaptée pour la prise en compte d'un contact direct avec des hydrocarbures et que l'approche développée par le TPHCWG est plus appropriée quand il s'agit de rendre compte d'un transfert de ces hydrocarbures vers les différents milieux (air, eaux).

Dans une approche prudence et proportionnelle, nous retiendrons les caractéristiques physico-chimiques des classes définies par le TPHCWG et les valeurs toxicologiques présentées dans le tableau suivant. Les raisons des choix y font référence aux points suivants :

1. pour l'ensemble des classes, les facteurs de sécurité appliqués aux NOAEL ou LOAEL sont parfois élevés (SF variant de 100 à 10000), nous jugeons que la prise en compte d'un facteur de 10000 rend la confiance dans la valeur affichée très faible et la valeur douteuse n'est pas retenue ;
2. pour les composés aromatiques la principale raison est le fait que les BTEX et HAP sont considérés dans les études de risques sanitaires de manière distincte (substance par substance) compte tenu de leur potentiel cancérigène non pris en compte par les deux approches ici présentées ;
3. pour les composés aromatiques à nombre de carbone équivalent supérieur à 21, compte tenu de la présence uniquement de HAP dans l'approche du TPHCWG pour lesquels les principaux effets sont cancérigènes et compte tenu du point 2. ci-dessus, nous ne retiendrons pas de VTR ;
4. l'établissement de nouvelles valeurs toxicologiques de référence par l'Anses en 2014.

En juillet 2014, l'Anses a établi une VTR pour les effets chronique par inhalation pour le N-Hexane de **3 000 µg/m³** avec un niveau de confiance moyen/fort).

Les experts ont retenu comme effet critique les effets sur le système nerveux périphérique mis en évidence aussi bien dans des études épidémiologiques qu'expérimentales. La neurotoxicité périphérique est en effet reconnue comme étant l'effet le plus sensible associé à une exposition par inhalation au n-hexane chez l'Homme et chez l'animal. La LOAEC la plus basse liée à une exposition par inhalation est de 700 mg/m³ (200 ppm), basée sur une modification de la conduction nerveuse périphérique chez les rats mâles, dans le cadre d'une étude de 24 semaines publiée par Ono et al. (Ono et al., 1982).

Par ailleurs, dans la fiche IRIS, l'US-EPA précise que la transposition de la toxicité voie inhalation à la voie orale n'est pas adaptée en l'absence totale d'étude des effets de l'exposition par voie orale au n-hexane. Ainsi, nous n'avons pas retenu de RfD pour les aliphatiques nC5 à nC8. Cette approche a été retenue en l'absence d'information, elle est cependant sans impact sur les risques qui sont généralement tirés par la voie inhalation.

► Pour le scénario 2 :

Pour l'excès de risques individuels (ERI), le composé tirant le risque est le naphtalène – voir paragraphe précédent.

Pour le quotient de danger (QD), le composé tirant le risque est le mercure.

La VTR chronique retenue pour les effets toxiques **non cancérigènes** du mercure par **inhalation (élémentaire sous forme de vapeurs et inorganique sous forme de poussières)** est celle établie par l'ATSDR à **0,2 µg/m³**. Cette valeur est jugée suffisante pour protéger le sous groupe le plus sensible (fœtus et enfants), elle est légèrement plus faible que celle établie par l'US-EPA avec un degré de confiance moyen.

5.6.5 Transport des vapeurs d'air intérieur et extérieur

► Transport vers l'air extérieur

Compte tenu des niveaux de risques évalués pour l'exposition en air extérieur, les incertitudes sur les paramètres de cette évaluation (vitesse du vent, longueur de la zone contaminée) ne modifient pas les conclusions. Toutefois, il est à noter que les paramètres « vitesse du vent » et « taille de la zone de mélange » jouent de manière directement proportionnelle sur les résultats des calculs.

► Taille des bâtiments considérés

A défaut d'information précise sur les aménagements projetés, nous nous sommes positionnés dans le cas de figure le plus pénalisant, à savoir la surface d'une pièce de type « bureau » de 5 m x 4 m.

► Taux de ventilation

Le taux de ventilation retenu pour des bâtiments de type tertiaire t_i est de 24 j^{-1} , valeur habituelle rencontrée dans les modèles intégrés de calcul de risque pour les lieux de travail⁶. **Cette valeur retenue est donc réglementaire.**

► Différence de pression entre l'air des sols et l'air intérieur

La différence de pression retenue entre l'air du sol et l'air des sous-sols de 4 Pa joue un rôle dans le transfert convectif de la pollution vers l'air des sous-sols. La littérature montre que cette différence de pression peut varier entre 0 et 20 Pa mais l'US-EPA, le RIVM et l'article de Johnson & Ettinger sur lequel repose l'estimation des flux considèrent qu'une différence de pression de 4 Pa est conservatoire.

La prise en compte d'un ΔP de 1 Pa induit une diminution du flux de polluant vers le bâtiment. Cette diminution est toutefois faible et n'entraîne pas de variation significative des ERI et QD calculés.

Ainsi, l'incertitude sur la différence de pression n'est pas de nature à modifier les conclusions formulées.

► Caractéristiques du dallage

Les paramètres du bâtiment retenus sont les suivants :

- porosité du béton : 12 %
- teneur en eau : 7 %
- épaisseur du dallage : 15 cm.

Ces paramètres permettent de calculer un ratio $Deff/D$, qui correspond à l'inverse de la tortuosité, de l'ordre de 100. Ce ratio varie dans la littérature de 103 (valeur minimale pour un béton de rapport E/C 0.5) à 1855 (valeur maximale pour un béton de rapport E/C 0.2).

Il apparaît que les caractéristiques retenues pour le béton sont conservatoires pour l'estimation du flux diffusif et impactent peu sur les niveaux de risques évalués.

► Taux de fissuration

Le taux de fissuration retenu pour le calcul est de $2 \cdot 10^{-4}$, valeur proposée par défaut par l'US-EPA et le RIVM. La prise en compte d'un taux de fissuration de 10^{-3} (valeur par défaut proposée initialement par Johnson & Ettinger, 1991 et considérée comme la meilleure estimation de ce paramètre par Johnson & Ettinger, 2002) conduit à des expositions augmentées de moins de 1 %.

En l'absence de connaissance plus approfondi de ce paramètre, toutes choses égales par ailleurs, nous jugeons que les incertitudes induites ne sont pas d'ordre à remettre en cause les conclusions formulées sur la compatibilité des teneurs pour les usages étudiés.

► Choix du logiciel en source de type fini ou infini

Compte tenu du projet étudié, la modélisation des transferts de vapeurs dans l'air intérieur est conduite sur la base des équations de Johnson & Ettinger (1991) utilisées avec une source de pollution infinie (pas de diminution au cours du temps). Les équations du logiciel sont répertoriées dans la norme ASTM E 1739-95. Le transfert de vapeur est conditionné par un mouvement diffusif (équations de Millington and Quirk et équation de Fick) et un mouvement convectif induit par la mise en dépression du bâtiment (effet de la ventilation).

La source sol sous les bâtiments est donc considérée comme infinie, c'est-à-dire que le logiciel ne prend pas en compte une atténuation des teneurs dans la zone source des sols en fonction du temps de par la

volatilisation des composés de la source vers l'intérieur des bâtiments. Ce choix est fortement conservatoire pour les composés les plus volatils.

5.6.6 Perméabilité des sols

La perméabilité intrinsèque retenue pour le calcul, estimée à partir de la bibliographie, est de 1.10^{-8} cm² (compte tenu de la nature limono-sableux des terrains superficiels présents au droit du site). Des variations de cette perméabilité peuvent exister dans l'espace.

En prenant en compte une lithologie de type sables de perméabilité 1.10^{-7} cm², les calculs de risques montrent :

- Pour le scénario 1 : un QD maximum de 1,8 et un ERI maximum de $1,2.10^{-6}$ et donc supérieure à la valeur admissible ;
- Pour le scénario 2 : un QD maximum de 6,15 et un ERI maximum de $3,6.10^{-6}$ et donc supérieure à la valeur admissible.

Compte tenu de la nature des terrains superficiels rencontrés au droit du site, la prise en compte de la lithologie de type « limons » pour les calculs de risques est donc réaliste.

5.6.7 Paramètres d'exposition

Durées d'exposition considérées pour les adultes

Pour les durées d'exposition dans le contexte du travail, le cas le plus défavorable a été considéré pour les adultes qui travailleraient pendant 42 ans au même endroit (correspondant à la durée totale de la période de travail). La variabilité de cette durée d'exposition est cependant importante. En effet, l'US-EPA (EFH, 1997) considère que la durée moyenne dans une même entreprise est de 6,6 ans, cette durée varie de 2 à 20 années en moyenne en fonction de l'âge des personnes interrogées (16 à 69 ans) et varie, pour les personnes de plus de 70 ans, de 19 à 30 ans (respectivement pour les femmes et les hommes).

5.6.8 Conclusions sur les incertitudes et la sensibilité de l'environnement

De nombreux facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués notamment les étapes de modélisation des transferts des composés volatils des gaz du sol vers l'air ambiant.

Cependant l'approche retenue dans le cadre de la présente ARR repose et se justifie par les observations de terrain, les mesures et analyses réalisées afin de caractériser les contaminations et les données de la littérature. Par ailleurs, nous nous sommes systématiquement positionnés dans une approche conservatoire et prudente visant à majorer les niveaux de risques calculés, en considérant les connaissances acquises à

Lorsque le projet d'aménagement sera défini avec précision, des investigations complémentaires sur les gaz du sol au droit des futurs bâtiments permettront de réduire les incertitudes (modélisation de la volatilisation des polluants observés dans les sols vers les gaz du sol) et d'affiner/réduire les degrés des risques calculés et de vérifier ou non la présence de COHV au droit de l'actuel zoo (paramètre non analysé actuellement).

6. Synthèse et recommandations

Amiens Métropole a missionné le groupement de l'Atelier OSTY, dont fait partie la société BURGEAP, pour une mission de maîtrise d'œuvre paysagère et technique pour le réaménagement et le développement du parc zoologique d'Amiens (80).

Le projet prévu au droit du parc zoologique comprend le réaménagement des enclos et des cheminements ainsi que l'extension de l'emprise du site avec l'ajout de l'emprise du site industriel Picardie Poids Lourds en partie est du site pour la réalisation d'un parvis d'accès au zoo, de bâtiments (bâtiments techniques, restaurant, accueil et boutiques) ainsi que potentiellement un parking pour le personnel.

Plusieurs diagnostics environnementaux du milieu souterrain ont été réalisés sur le site d'étude (uniquement au droit des zones présentant des anciennes activités potentiellement polluantes) et ont mis en évidence la présence d'impacts des sols.

Amiens Métropole a donc demandé à BURGEAP de réaliser un plan de gestion couplé à une analyse des risques sanitaires afin de déterminer les mesures de gestion à mettre en place au droit du site d'étude.

Compte tenu des impacts mis en évidence au droit du site d'étude, **BURGEAP recommande les mesures de gestion suivantes à mettre impérativement en place :**

- Recouvrement des sols :
 - des zones investiguées par une dalle béton, un revêtement spécifique (enrobé ou revêtement minéral) ou 30 cm de terres saines d'apport ;
 - pour les zones non investiguées, une attention particulière devra être apportée lors du réaménagement de cette zone concernant la présence de remblais potentiellement impactés en métaux. Des analyses complémentaires devront être réalisées dans les futures zones non recouvertes afin de vérifier la présence ou non d'impacts en métaux et d'envisager un recouvrement ;
- Mise en place des canalisations d'eau potable hors zones sources de pollution concentrées ou dans des une tranchée d'une section minimale de 1 m² remplie de matériaux propres rapportés ou avec des matériaux anti-perméation ;
- Gestion des 8 zones de pollutions concentrées en hydrocarbures mises en évidence sur le site par excavation et évacuation hors site de ces terres en filières adaptées. Des investigations complémentaires sur les sols pourront être réalisés au droit des zones non délimitées afin d'affiner les coûts de gestion de ces zones ;
- Mise à jour du présent plan de gestion et ARR lorsque le projet d'aménagement sera définitif. Nous recommandons la réalisation d'investigations complémentaires sur les gaz des sols au droit des futurs bâtiments afin de réduire les incertitudes et les degrés des risques calculés (notamment concernant le trichloroéthylène).

Une attention particulière sera apportée à la gestion des déblais dans le cadre des aménagements prévus. BURGEAP recommande de gérer les terres excavées au droit du site (remblaiement des emplacements des zones de pollution concentrées, merlons paysagers...) plutôt que d'évacuer les terres hors site afin d'éviter des surcoûts liés à la gestion des déblais. Des investigations complémentaires pourront être envisagées sur les zones à excaver afin de déterminer les filières d'élimination des déblais générés.

Les résultats des calculs de risques sanitaires ont montré que, dans le cadre de la mission qui nous a été confiée, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués (annexe 3 de la lettre aux préfets du 8 février 2007). Ainsi, l'état environnemental du site est compatible avec l'usage prévu.

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

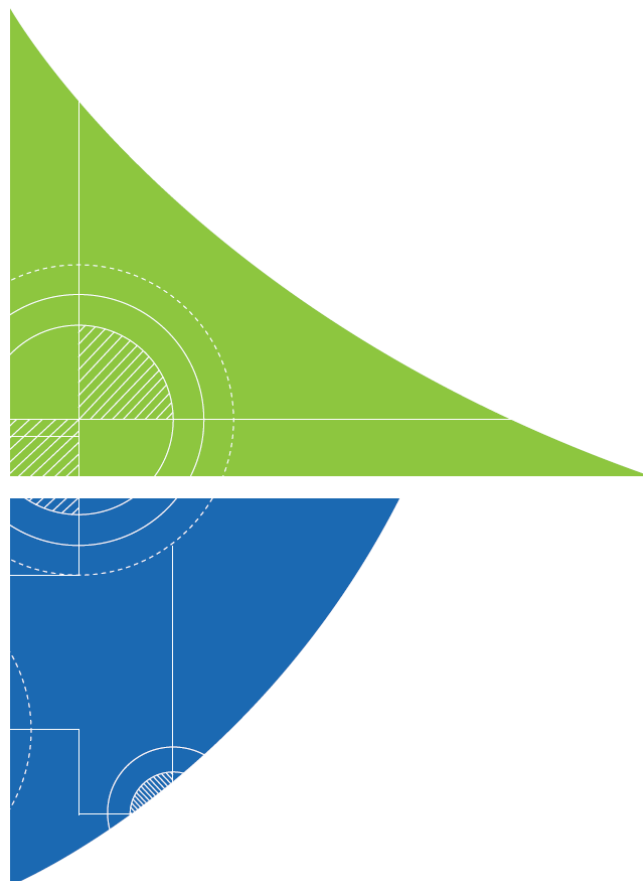
1- Une étude de la pollution du milieu souterrain a pour seule fonction de renseigner sur la qualité des sols, des eaux ou des déchets contenus dans le milieu souterrain. Toute utilisation en dehors de ce contexte, dans un but géotechnique par exemple, ne saurait engager la responsabilité de notre société.

2- Il est précisé que le diagnostic repose sur une reconnaissance du sous-sol réalisée au moyen de sondages répartis sur le site, soit selon un maillage régulier, soit de façon orientée en fonction des informations historiques ou bien encore en fonction de la localisation des installations qui ont été indiquées par l'exploitant comme pouvant être à l'origine d'une pollution. Ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas, dont l'extension possible est en relation inverse de la densité du maillage de sondages, et qui sont liés à des hétérogénéités toujours possibles en milieu naturel ou artificiel. Par ailleurs, l'inaccessibilité de certaines zones peut entraîner un défaut d'observation non imputable à notre société.

3- Le diagnostic rend compte d'un état du milieu à un instant donné. Des événements ultérieurs au diagnostic (interventions humaines, traitement des terres pour améliorer leurs caractéristiques mécaniques, ou phénomènes naturels) peuvent modifier la situation observée à cet instant.

4- La responsabilité de BURGEAP ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes et/ou erronées et en cas d'omission, de défaillance et/ou erreur dans les informations communiquées.

ANNEXES



Annexe 1.

Résultats des investigations réalisées sur le site Picardie Poids Lourds

Cette annexe contient 8 pages.

Résultats des investigations sur les sols - EQS 2008

FIG 3 : Résultats des analyses chimiques

No d'échantillon	HCT (mg/kg)	Benzène (mg/kg)	Toluène (mg/kg)	Ethyl-Benzène (mg/kg)	m+p Xylène (mg/kg)	o-Xylène (mg/kg)	Cumène (mg/kg)	Pseudocumène (mg/kg)	p+m Ethyltoluène (mg/kg)	o-Ethyltoluène (mg/kg)	Mésitylène (mg/kg)	As (mg/kg)	Ba (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Ni (mg/kg)	La (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Tl (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cyanures totaux (mg/kg)	P2O5 Phosphore (g/kg)
S1 E1	2000	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1												
S1 E2	200	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1												
S2 E1	<10											9,9	78,6	24,7	15,0	<0,30	14,6	12,0	35,4		56,4	<0,1	3,5
S2 E2	<10											5,2	73,3	22,9	14,5	<0,30	13,8	12,0	36,3		45,8	<0,1	2,4
S3 E1												33,7	133,0	24,8	72,1	<0,30	22,4	15,0	285,4		97,1	0,1	1,8
S3 E2												5,7	99,7	48,5	48,5	<0,30	16,4	14,0	396,2	<0,5	388,3	<0,1	2,8
S4 E1		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,3	432,6	31,2	53,1	<0,30	42,2	8,0	72,2	<0,5	74,4	<0,1	2,0
S4 E2		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	4,5	78,7	25,1	14,4	<0,30	16,2	9,0	21,9	<0,5	45,2	<0,1	2,9
S5 E1	140											5,1	73,6	28,0	6,2	<0,30	14,7	14,0	8,8	<0,5	33,3	<0,1	0,8
S5 E2	460											9,9	35,7	8,3	10,7	<0,30	8,5	<5	9,1	<0,5	147,5	<0,1	0,7
S6 E1												3,6	1125,3	24,9	152,1	<0,30	12,6	9,0	2580,2	<0,5	2820,6	0,5	0,8
S6 E2												5,9	127,2	22,8	24,9	<0,30	19,9	12,0	72,9	<0,5	77,5	<0,1	4,8
S7 E1												6,1	97,4	22,8	26,0	<0,30	14,9	13,0	53,3	<0,5	51,6	<0,1	3,8
S7 E2												5,5	85,1	24,0	19,6	<0,30	15,3	11,0	30,2	<0,5	47,1	<0,1	4,4
MDSS	2500	1	5	25	5							19	312	65	95	3,5	70		200	5	4500		
VCI	5000	2,5	10	50	10							37	1625	130	190	7	140		400	10	9000		

Résultats des investigations sur les sols – BURGEAP 2015 (partie 1/3)

								Localisation	Au droit des piézomètres			Transformateur PCB	Ancienne station service et cuves associées		Fosse banc freinage (dans fosse)	cuve aérienne fioul	Fosse visite	Fosse mécanique (huileuse) A côté fosse	Zone mécanique (traces huiles)	Zone de lavage (traces noires)	Cuve hydrocarbures + fosse mécanique	fosse mécanique (traces huile)				
								Sondage	Pz1-A	Pz2-A	Pz3-A	S1	S2-C	S3-A	S4-B	S6	S8-A	S9-A	S10-A	S11-A	S12-A	S13-B	S14-A			
								Profondeur (m)	0,05-1	0,05-1	0,3-1	0-1	2-3	0,05-1	1-1,8	0,2-1	0-1	0,8-1	0-1	0-1	0,12-1,2	1-1,3	0,08-1			
								Lithologie	Remblais Limons marrons + cailloux + morceaux briques	Remblais Limons marrons + cailloux + morceaux briques	Sables limono-graveleux limarrons	Remblais limono-sableux marrons rougeâtre	Limons argileux gris	Remblais limoneux, cailloux	Limons argileux gris	Argiles limono-sableuses grises	Remblais sablo-graveleux marrons, noirs et oranges	Terres grises	Limons marrons avec quelques végétaux	Sables limoneux marrons foncés et noirs	Remblais gravelo-sableux beiges, oranges, gris, noirs + morceaux de ferrailles	Limons argileux gris	Remblais gravelo-sableux jaunes, oranges, gris, noirs			
								Indices organoleptiques									Couleur noire					Odeur HC				
Matière sèche	%		-	-	-	-	-		80,1	81,5	83,3	77,7	56,1	90	75	71	83,7	88,6	80,3	85,7	86	68,8	80,7			
Métaux et métalloïdes																										
Arsenic (As)	mg/kg Ms	0,01	25	Résultats de lixiviation conformes aux seuils définis pour les déchets inertes dans l'arrêté du 12/12/2014	Tests de lixiviation conformes à la Décision du Conseil du 19/12/02 pour les déchets non dangereux				4,2	5,3	5	-	-	-	-	-	-	8,2	3,4	5,2	5	-	-			
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	0,0002	0,45						0,1	0,5	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<	0,2	<	0,4	-	-
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	0,004	90						17	18	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	26	18	20	-	-
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	0,004	20						32	68	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	12	42	45	-	-
Mercurure (Hg)	mg/kg Ms	0,1	0,1						0,19	0,21	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<	0,1	<	<	-	-
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	0,01	60						11	13	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	16	25	16	-	-
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	0,005	50						67	460	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	22	29	88	-	-
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	0,004	100		38	680	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86	40	69	200	-	-				
Indice hydrocarbure C10-C40																										
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	4	-	-	-	-	-		<	<	<	<	<	<	27	<	<	<	<	6	<	<	<			
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	4	-	-	-	-	-		<	<	<	<	<	<	12	<	10	<	<	25	24	15	<			
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	-		4	3	4	9	<	31	190	<	17	12	3	42	110	29	<			
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	-		6	4	6	14	<	30	88	<	20	16	<	47	150	25	3			
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	-		12	5	7	23	<	32	31	3	24	17	3	35	160	35	4			
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	-		19	6	7	26	7	46	11	6	20	12	4	26	140	29	3			
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	-		24	4	5	18	<	70	3	<	8	8	<	14	59	19	<			
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	-		16	<	3	11	<	62	<	<	3	3	<	6	24	6	<			
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	20	LQ	500	5 000	-	50 000		86	26	34	107	<	286	529	<	103	72	<	200	660	160	<			
HAP																										
Naphtalène	mg/kg Ms	0,05	0,15	-	-	-	-		<	<	<	0,076	<	<	<	<	<	<	<	0,19	0,063	<	<			
Acénaphthylène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
Acénaphthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
Fluorène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
Phénanthrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	0,21	0,067	0,22	<	0,064	0,16	<	0,24	0,11	<	0,6	0,21	<	0,062			
Anthracène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
Fluoranthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		0,077	0,43	0,11	0,42	<	0,072	0,21	<	0,48	0,062	<	0,26	0,44	<	0,063			
Pyrrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	0,29	0,068	0,31	<	<	0,15	<	0,27	<	<	0,16	0,26	<	<			
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	0,2	<	0,17	<	<	0,093	<	0,2	<	<	0,097	0,19	<	<			
Chrysène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	0,22	<	0,23	<	<	0,08	<	0,25	<	<	0,26	0,2	<	<			
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	0,29	<	0,27	<	<	0,089	<	0,32	<	<	0,12	0,23	<	<			
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	0,13	<	0,12	<	<	<	<	0,14	<	<	0,082	0,11	<	<			
Benzo(a)pyrrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	0,28	<	0,26	<	<	0,084	<	0,26	<	<	0,12	0,22	<	<			
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
Benzo(g,h,i)peryène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	0,2	<	0,15	<	<	<	<	0,24	<	<	0,081	0,15	<	<			
Indéno(1,2,3-cd)pyrrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	0,29	0,11	0,23	<	<	0,11	<	0,35	<	<	0,069	0,22	<	<			
Somme des HAP	mg/kg Ms		25	50	500	-	500		0,08	2,5	0,36	2,5	n.d.	0,14	0,98	n.d.	2,8	0,17	n.d.	2	2,3	n.d.	0,13			
BTEX																										
Benzène	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
Toluène	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
Ethylbenzène	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
m,p-Xylène	mg/kg Ms	0,1	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
o-Xylène	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
Somme des BTEX	mg/kg Ms		LQ	6	30	-	200		n.d.	n.d.	n.d.	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.			
COHV																										
Tétrachloroéthylène (PCE)	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	-	-	-	<	-	<	<	0,25	<	-	-			
Trichloroéthylène (TCE)	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	-	-	-	<	-	<	<	0,26	<	-	-			
cis-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	0,025	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	-	-	-	<	-	<	<	<	<	-	-			
trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	0,025	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	-	-	-	<	-	<	<	<	<	-	-			
1,1-dichloroéthylène	mg/kg Ms	0,1	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	-	-	-	<	-	<	<	<	<	-	-			
Chlorure de Vinyle	mg/kg Ms	0,02	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	-	-	-	<	-	<	<	<	<	-	-			
1,1,2-trichloroéthane	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	-	-	-	<	-	<	<	<	<	-	-			
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	-	-	-	<	-	<	<	<	<	-	-			
1,2-dichloroéthane	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	-	-	-	<	-	<	<	<	<	-	-			
1,1-dichloroéthane	mg/kg Ms	0,1	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	-	-	-	<	-	<	<	<	<	-	-			
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	-	-	-	<	-	<	<	<	<	-	-			
Trichlorométhane (chloroforme)	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	-	-	-	<	-	<	<	<	<	-	-			
Dichlorométhane	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	-	-	-	-	<	-	<	<	<	<	-	-			
Somme des COHV	mg/kg Ms		LQ	-	10	-	100		n.d.	n.d.	n.d.	-	-	-	-	n.d.	-	n.d.	n.d.	0,51	n.d.	-	-			
PCB																										
PCB (28)	mg/kg Ms	0,001	-	-	-	-	-		-	-	-	<	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
PCB (52)	mg/kg Ms	0,001																								

LQ : Limite de détection du laboratoire < : Inférieur à la LQ

- : non analysé n.d. : non détecté

(b) : Valeurs en gras : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, INRA. En italique : source = ATSDR

: teneur supérieure à la valeur ISDI

Résultats des investigations sur les sols – BURGEAP 2015 (partie 2/3)

								Localisation	ancienne cuve aérienne fioul	Fosses vidange huile + cuves d'huile Dans fosse					cuve enterrée hydrocarbures	Ancienne chaudière	fosse visite A côté fosse	Cuve enterré fioul habitation	Devant zone lavage (traces noires)	caniveau lavage camions	caniveau cabine peinture
LQ	Bruit de fond (b)	Valeurs limite de catégorie A1 (ISDI)	valeurs limites de catégorie B1 (ISDND)	valeurs limites de catégorie B2 (bio- traitement)	valeurs limites de catégorie C (ISDD)	Sondage	S17	S18-A	S19	S20-A	S21	S22-C	S24	S25-A	S26-C	S27	S28	S29-A			
						Profondeur (m)	0-1	0,4-0,7	0,55-1,2	0,4-0,6	0,35-0,7	1,8-3	0-1	0-1	2-3	0-1	0,1-1	0,1-1			
						Lithologie	Sables limoneux marrons	Limons marrons avec beaucoup de graves + morceaux oranges	Limons sablo- graveleux gris- noirs + quelques végétaux	Argiles limoneuses grises bariolées noires	Limons graveleux marrons et oranges	Graves limoneuses très humides	Limons sablo- graveleux marrons + morceaux oranges	Limons sableux marrons + morceaux oranges	Terres argileuses marrons grises foncées très humide	Limons marrons + cailloux	Remblais terreux noirs + cailloux	Remblais marrons + terres noires + cailloux			
						Indices organoleptiques						Odeur HC									
Matière sèche	%	-	-	-	-	-	78,8	77,6	65,9	58,2	78,9	83,1	81,8	80,2	52	86,6	79,8	74			
Métaux et métalloïdes																					
Arsenic (As)	mg/kg Ms	0,01	25	Résultats de lixiviation conformes aux seuils définis pour les déchets inertes dans l'arrêté du 12/12/2014	Tests de lixiviation conformes à la Décision du Conseil du 19/12/02 pour les déchets non dangereux		-	-	-	-	-	-	-	4,6	-	4,7	-	6,7			
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	0,0002	0,45				-	-	-	-	-	-	0,7	-	0,7	-	0,2				
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	0,004	90				-	-	-	-	-	-	18	-	37	-	23				
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	0,004	20				-	-	-	-	-	-	120	-	200	-	48				
Mercurure (Hg)	mg/kg Ms	0,1	0,1				-	-	-	-	-	-	0,08	-	0,25	-	0,12				
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	0,01	60				-	-	-	-	-	-	9,7	-	19	-	30				
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	0,005	50				-	-	-	-	-	-	510	-	130	-	140				
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	0,004	100				-	-	-	-	-	-	1500	-	370	-	120				
Indice hydrocarbure C10-C40																					
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	4	-	-	-	-	<	<	<	<	<	<	<	<	<	10	<	<			
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	4	-	-	-	-	7	<	<	<	<	12	<	<	<	65	7	<			
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	27	4	<	<	<	220	<	3	4	150	11	9			
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	34	5	<	5	3	750	3	7	5	290	13	11			
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	30	6	8	8	4	1380	3	11	9	530	14	11			
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	23	4	9	7	3	1640	<	10	12	500	11	10			
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	15	3	4	4	<	750	<	5	4	290	6	5			
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	7	<	<	<	<	250	<	<	<	130	3	<			
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	20	LQ	500	5 000	-	145	<	<	<	<	4990	<	39	<	1950	66	54			
HAP																					
Naphtalène	mg/kg Ms	0,05	0,15	-	-	-	<	<	<	0,27	<	<	<	<	<	<	0,083	0,23			
Acénaphthylène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
Acénaphthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,16			
Fluorène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,15			
Phénanthrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	0,63	0,18	<	0,096	<	0,082	0,07	0,16	<	0,081	0,56	1			
Anthracène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	0,11	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,18			
Fluoranthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	1,5	0,3	<	0,19	<	0,13	0,17	0,47	<	0,3	0,64	1,3			
Pyrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	1,1	0,22	<	0,16	<	0,13	0,13	0,4	<	0,21	0,4	0,88			
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	0,75	0,11	<	0,11	<	<	0,097	0,24	<	0,14	0,23	0,53			
Chrysène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	0,89	0,11	<	0,11	<	0,18	0,13	0,26	<	0,17	0,28	0,57			
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	1,1	0,12	<	0,15	<	0,088	0,18	0,31	<	0,22	0,29	0,74			
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	0,55	<	<	<	<	<	0,081	0,16	<	0,098	0,13	0,36			
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	0,89	0,17	<	0,19	<	0,061	0,13	0,36	<	0,18	0,29	0,78			
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	0,1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	0,67	0,093	<	0,093	<	0,061	0,11	0,25	<	0,15	0,19	0,47			
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	1	0,13	<	0,14	<	0,073	0,23	0,32	<	0,35	0,25	0,65			
Somme des HAP	mg/kg Ms		25	50	500	-	9,3	1,4	n.d.	1,5	n.d.	0,81	1,3	2,9	n.d.	1,9	3,3	8			
BTEX																					
Benzène	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
Toluène	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	0,09			
Ethylbenzène	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
m,p-Xylène	mg/kg Ms	0,1	LQ	-	-	-	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
o-Xylène	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<			
Somme des BTEX	mg/kg Ms		LQ	6	30	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,09			
COHV																					
Tétrachloroéthylène (PCE)	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<	-	<	-	0,22			
Trichloroéthylène (TCE)	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<	-	<	-	0,41			
cis-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	0,025	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<	-	<	-	<			
trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	0,025	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<	-	<	-	<			
1,1-dichloroéthylène	mg/kg Ms	0,1	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<	-	<	-	<			
Chlorure de Vinyle	mg/kg Ms	0,02	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<	-	<	-	<			
1,1,2-trichloroéthane	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<	-	<	-	<			
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<	-	<	-	<			
1,2-dichloroéthane	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<	-	<	-	<			
1,1-dichloroéthane	mg/kg Ms	0,1	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<	-	<	-	<			
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<	-	<	-	<			
Trichlorométhane (chloroforme)	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<	-	<	-	<			
Dichlorométhane	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<	-	<	-	<			
Somme des COHV	mg/kg Ms		LQ	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	n.d.	-	n.d.	-	0,63			

LQ : Limite de détection du laboratoire < : Inférieur à la LQ

- : non analysé n.d. : non détecté

(b) : Valeurs en gras : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, INRA. En italique : source = ATSDR

: teneur supérieure à la valeur ISDI

Résultats des investigations sur les sols – BURGEAP 2015 (partie 3/3)

								Localisation	Caniveau lavage voitures	Chaudière + bâtiment ancienne teinturerie	Stockage bidons huile (traces huile)	bâtiment tôlerie
								Sondage	S5-A	S7	S16	S23
								Profondeur (m)	0-1	0-1	0,3-1,3	0,25-1,2
								Lithologie	Argiles limoneuses grises et sables noirs (graviers)	Graviers sableux gris puis noirs, beiges et oranges	Limons sableux marrons	Remblais gravelo- sableux marrons, noirs et oranges
								Indices organoéptiques				
ANALYSES SUR SOL BRUT												
Matière sèche	%		-	-	-	-	-		73,5	78,7	86	83,1
COT												
COT Carbone Organique Total (a)	mg/kg Ms		-	30 000	-	-	-		45000	45000	40000	56000
Métaux et métalloïdes												
Arsenic (As)	mg/kg Ms	0,01	25	Résultats de lixiviation conformes aux seuils définis pour les déchets inertes dans l'arrêté du 12/12/2014	Tests de lixiviation conformes à la Décision du Conseil du 19/12/02 pour les déchets non dangereux				-	-	-	-
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	0,0002	0,45						-	-	-	-
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	0,004	90						-	-	-	-
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	0,004	20						-	-	-	-
Mercurc (Hg)	mg/kg Ms	0,1	0,1						-	-	-	-
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	0,01	60						-	-	-	-
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	0,005	50						-	-	-	-
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	0,004	100		-	-	-	-				
Indice hydrocarbure C10-C40												
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	4	-	-	-	-	-		<	<	<	<
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	4	-	-	-	-	-		6	<	<	<
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	-		12,1	5,1	4,8	8,9
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	-		14,1	16,9	6,6	20,7
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	-		16,1	34,8	6,3	35,1
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	-		15	36	4,4	37
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	-		8,2	14	<	13,6
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	2	-	-	-	-	-		3,7	4,6	<	4,8
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	20	LQ	500	5 000	-	50 000		76,2	110	27,8	120
HAP												
Naphtalène	mg/kg Ms	0,05	0,15	-	-	-	-		<	<	<	<
Acénaphthylène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	<	<	<
Acénaphthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	<	<	<
Fluorène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	<	<	<
Phénanthrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		0,23	<	0,64	0,14
Anthracène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	<	0,14	<
Fluoranthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		0,35	<	1,1	0,53
Pyrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		0,26	<	0,84	0,35
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		0,15	<	0,43	0,37
Chrysène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		0,19	<	0,43	0,48
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		0,22	<	0,45	0,63
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		0,1	<	0,26	0,26
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		0,2	<	0,62	0,36
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		<	<	<	<
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		0,12	<	0,37	0,28
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-	-		0,18	<	0,44	0,49
Somme des HAP	mg/kg Ms		25	50	500	-	500		2	n.d.	5,72	3,89
BTEX												
Benzène	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	<
Toluène	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	<
Ethylbenzène	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	<
m,p-Xylène	mg/kg Ms	0,1	LQ	-	-	-	-		<	<	<	<
o-Xylène	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		<	<	<	<
Somme des BTEX	mg/kg Ms		LQ	6	30	-	200		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
COHV												
Tétrachloroéthylène (PCE)	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		-	-	-	-
Trichloroéthylène (TCE)	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		-	-	-	-
cis-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	0,025	LQ	-	-	-	-		-	-	-	-
trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg Ms	0,025	LQ	-	-	-	-		-	-	-	-
1,1-dichloroéthylène	mg/kg Ms	0,1	LQ	-	-	-	-		-	-	-	-
Chlorure de Vinyle	mg/kg Ms	0,02	LQ	-	-	-	-		-	-	-	-
1,1,2-trichloroéthane	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		-	-	-	-
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		-	-	-	-
1,2-dichloroéthane	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		-	-	-	-
1,1-dichloroéthane	mg/kg Ms	0,1	LQ	-	-	-	-		-	-	-	-
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		-	-	-	-
Trichlorométhane (chloroforme)	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		-	-	-	-
Dichlorométhane	mg/kg Ms	0,05	LQ	-	-	-	-		-	-	-	-
Somme des COHV	mg/kg Ms		LQ	-	10	-	100		-	-	-	-
PCB												
PCB (28)	mg/kg Ms	0,001	-	-	-	-	-		<	<	<	<
PCB (52)	mg/kg Ms	0,001	-	-	-	-	-		<	<	<	0,002
PCB (101)	mg/kg Ms	0,001	-	-	-	-	-		<	<	<	0,017
PCB (118)	mg/kg Ms	0,001	-	-	-	-	-		<	<	<	0,008
PCB (138)	mg/kg Ms	0,001	-	-	-	-	-		<	<	<	0,047
PCB (153)	mg/kg Ms	0,001	-	-	-	-	-		<	<	<	0,039
PCB (180)	mg/kg Ms	0,001	-	-	-	-	-		<	<	<	0,024
Somme des PCB	mg/kg Ms		LQ	1	50	50	50		n.d.	n.d.	n.d.	0,14
ANALYSES SUR ELUAT												
Paramètres généraux												
pH	-		-	-	-	-	-		8,2	8,6	10,5	7,9
Conductivité corrigée à 25 °C	µS/cm		-	-	-	-	-		170	190	170	1500
Fraction soluble (c)	mg/kg M.S.	1000	-	4000	60000	60000	100000		<	1200	<	13000
Carbone organique total	mg/kg M.S.		-	500	800	800	1000		49	17	14	28
Indice phénol	mg/kg M.S.	0,1	-	1					<	<	<	<
Anions												
Fluorures	mg/kg M.S.		-	10	150	150	500		2	7	2	9
Chlorures (c)	mg/kg M.S.	10	-	800	15000	15000	25000		14	<	23	17
Sulfates (c)	mg/kg M.S.		-	1000	20000	20000	50000		120	420	160	8100
Métaux et métalloïdes												
Antimoine	mg/kg M.S.	0,05	-	0,06	0,7	0,7	5		0,05	<	<	0,05
Arsenic	mg/kg M.S.	0,05	-	0,5	2	2	25		0,06	<	0,09	<
Baryum	mg/kg M.S.	0,1	-	20	100	100	300		0,18	0,14	<	0,33
Cadmium	mg/kg M.S.	0,001	-	0,04	1	1	5		<	<	<	<
Chrome	mg/kg M.S.	0,02	-	0,5	10	10	70		<	0,34	0,02	0,03
Cuivre	mg/kg M.S.		-	2	50	50	100		0,06	0,04	0,1	0,05
Mercurc	mg/kg M.S.	0,0003	-	0,01	0,2	0,2	2		<	<	<	<
Molybdène	mg/kg M.S.	0,05	-	0,5	10	10	30		0,08	0,06	0,1	<
Nickel	mg/kg M.S.	0,05	-	0,4	10	10	40		<	<	<	<
Plomb	mg/kg M.S.	0,05	-	0,5	10	10	50		<	<	<	<
Zinc	mg/kg M.S.	0,02	-	4	50	50	200		0,03	0,02	<	0,22
Selenium	mg/kg M.S.	0,05	-	0,1	0,5	0,5	7		<	<	<	<

(a) [Pour l'acceptation en ISDI], une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluat, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.

(b) Valeurs **en gras** : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, INRA. *En italique* : source = ATSDR

(c) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission [en ISDI] s'il respecte soit les valeurs associées au chlorure et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble.

LQ : Limite de détection du laboratoire

< : Inférieur à la LQ

- : non analysé

n.d. : non détecté

 : teneur supérieure à la valeur ISDI

Résultats des investigations sur les eaux souterraines – BURGEAP 2015

		LQ	Valeurs de référence dans l'eau				Campagne de prélèvement du 21/08/2015		
			eau potable Ann1 arrêté du 11/01/07 (valeur limite, sauf italique : référence)	eau potable OMS, 2011 en italique : provisoire	Critères d'évaluation Arrêté 17/12/08	eaux brutes Ann2 arrêté du 11/01/07	Pz1	Pz2	Pz3
Métaux et métalloïdes									
Arsenic (As)	µg/L		10	10	10	100	13	8,3	6,7
Cadmium (Cd)	µg/L	0,1	5	3	5	5	<	<	0,48
Chrome (Cr)	µg/L	2	50	50	-	50	<	<	3,9
Cuivre (Cu)	µg/L	2	2000	2000	-	-	<	<	3
Mercuré (Hg)	µg/L	0,03	1	6	1	1	<	<	<
Nickel (Ni)	µg/L	5	20	70	-	-	<	6,1	14
Plomb (Pb)	µg/L	10	25	10	10	50	<	15	10
Zinc (Zn)	µg/L		-	-	-	5000	9,5	33	25
Indice hydrocarbure C10-C40									
Fraction C10-C12	µg/L	10	-	-	-		<	<	<
Fraction C12-C16	µg/L	10	-	-	-		<	<	<
Fraction C16-C20	µg/L	5	-	-	-		<	<	<
Fraction C20-C24	µg/L	5	-	-	-		<	<	<
Fraction C24-C28	µg/L	5	-	-	-		<	<	<
Fraction C28-C32	µg/L	5	-	-	-		<	<	<
Fraction C32-C36	µg/L	5	-	-	-		<	<	<
Fraction C36-C40	µg/L	5	-	-	-		<	<	<
Somme des hydrocarbures C10-C40 (1)	µg/L	50	-	-	-	1000	<	<	<
HAP									
Naphtalène	µg/L	0,02	-	-	-	-	<	<	<
Acénaphthylène	µg/L	0,05	-	-	-	-	<	<	<
Acénaphthène	µg/L	0,01	-	-	-	-	<	<	<
Fluorène	µg/L	0,01	-	-	-	-	<	<	<
Phénanthrène	µg/L	0,01	-	-	-	-	<	<	<
Anthracène	µg/L	0,01	-	-	-	-	<	<	<
Fluoranthène (3)	µg/L	0,01	-	-	-	-	<	<	<
Pyrène	µg/L	0,01	-	-	-	-	<	<	<
Benzo(a)anthracène	µg/L	0,01	-	-	-	-	<	<	<
Chrysène	µg/L	0,01	-	-	-	-	<	<	<
Benzo(b)fluoranthène (2) (3)	µg/L	0,01	-	-	-	-	<	<	<
Benzo(k)fluoranthène (2) (3)	µg/L	0,01	-	-	-	-	<	<	<
Benzo(a)pyrène (3)	µg/L	0,01	0,01	0,7	-	-	<	<	<
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/L	0,01	-	-	-	-	<	<	<
Benzo(g,h,i)pérylène (2) (3)	µg/L	0,01	-	-	-	-	<	<	<
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (2) (3)	µg/L	0,01	-	-	-	-	<	<	<
Somme des 4 HAP (2)	µg/L		0,1	-	-	-	n.d.	n.d.	n.d.
Somme des 6 HAP (3)	µg/L		-	-	-	1	n.d.	n.d.	n.d.
BTEX									
Benzène	µg/L	0,2	1	10	-	-	<	<	0,2
Toluène	µg/L	0,5	-	700	-	-	<	<	<
Ethylbenzène	µg/L	0,5	-	300	-	-	<	<	<
m,p-Xylène	µg/L	0,2	-	-	-	-	<	<	<
o-Xylène	µg/L	0,5	-	-	-	-	<	<	<
Somme xylènes	µg/L		-	500	-	-	n.d.	n.d.	n.d.
Somme des BTEX	µg/L		-	-	-	-	n.d.	n.d.	0,2
COHV									
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/L	0,1	-	40	10	-	<	<	<
Trichloroéthylène (TCE)	µg/L	0,5	-	20	10	-	<	<	<
Somme TCE + PCE	µg/L		10	-	-	-	<	<	<
cis-1,2-dichloroéthylène	µg/L	0,5	-	-	-	-	<	<	<
trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L	0,5	-	-	-	-	<	<	<
Somme cis + trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L		-	50	-	-	n.d.	n.d.	n.d.
1,1-dichloroéthylène	µg/L	0,1	-	-	-	-	<	<	<
Chlorure de Vinyle	µg/L	0,2	0,5	0,3	-	-	<	<	<
1,1,2 trichloroéthane	µg/L	0,5	-	-	-	-	<	<	<
1,1,1 trichloroéthane	µg/L	0,5	-	-	-	-	<	<	<
1,2 dichloroéthane	µg/L	0,5	3	30	-	-	<	<	<
1,1 dichloroéthane	µg/L	0,5	-	-	-	-	<	<	<
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	µg/L		-	4	-	-	<	<	<
Trichlorométhane (chloroforme) (4)	µg/L	0,1	100	300	-	-	<	<	<
Dichlorométhane	µg/L	0,5	-	20	-	-	<	<	<
Somme des COHV	µg/L		-	-	-	-	n.d.	n.d.	n.d.
(1) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : valeur limite pour l'ensemble des hydrocarbures									
(2) Annexe 1 arrêté du 11/01/07 : somme des benzo(b) fluoranthène, benzo(k) fluoranthène, benzo(g,h,i)pérylène, indéno(1,2,3,c-d)pyrène									
(3) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : somme des benzo(b) fluoranthène, benzo(k) fluoranthène, benzo(g,h,i)pérylène, indéno(1,2,3,c-d)pyrène, fluoranthène, benzo(a)pyrène									
(4) Annexe 1 arrêté du 11/01/07 : somme des chloroforme, bromoforme, dibromochlorométhane, bromodichlorométhane									

Résultats des investigations sur les gaz des sols – BURGEAP 2015

		AIR INTERIEUR	AIR EXTERIEUR	AIR EXTERIEUR et INTERIEUR	AIR INTERIEUR	Campagne de prélèvement du 21/08/2015		
		Bruit de fond logements OQAI (centile 95)	Valeurs réglementaires - décret 2002-213 (valeur limite) ou directive 2004/107/CE	Valeurs guide OMS	Valeurs guide ANSES ou INDEX, valeurs repère HCSP (1)	A1	A2	A3
Hydrocarbures par TPH								
Aliphatic nC>5-nC6	µg/m³	-	-	-	-	33	<33	<33
Aliphatic nC>6-nC8	µg/m³	-	-	-	-	37	<33	50
Aliphatic nC>8-nC10 (2)	µg/m³	53	-	-	-	<33	<33	<33
Aliphatic nC>10-nC12 (2)	µg/m³	72,4	-	-	-	<33	<33	33
Aliphatic nC>12-n16	µg/m³	-	-	-	-	<33	<33	<33
Aromatic nC>6-nC7 benzène	µg/m³	-	-	-	-	<33	<33	<33
Aromatic nC>7-nC8 toluène	µg/m³	-	-	-	-	<33	<33	<33
Aromatic nC>8-nC10	µg/m³	-	-	-	-	<33	<33	<33
Aromatic nC>10-nC12	µg/m³	-	-	-	-	<33	<33	<33
Aromatic nC>12-n16	µg/m³	-	-	-	-	<33	<33	<33
Somme des TPH	µg/m³	-	-	-	-	<33	<33	<33
HAP								
Naphtalène	µg/m³	-	-	-	10	<1,7	<1,7	<1,7
BTEX								
Benzene	µg/m³	7,2	5	1,7	2	<1,7	<1,7	<1,7
Toluene	µg/m³	82,9	-	260	-	2,83	<1,7	12,2
Ethylbenzene	µg/m³	15	-	-	-	<1,7	<1,7	1,7
m+p - Xylene	µg/m³	39,7	-	-	200	<1,7	<1,7	5,5
o - Xylene	µg/m³	14,6	-	-	-	<1,7	<1,7	1,83
COHV								
Tétrachloroéthylène (PCE) (3)	µg/m³	7,3	-	250	250	<3,3	28	<3,3
Trichloroéthylène (TCE)	µg/m³	7,3	-	23	2	<3,3	<3,3	<3,3
cis-1,2-dichloroéthylène	µg/m³	-	-	-	-	<3,3	<3,3	<3,3
trans-1d2-dichloroéthylène	µg/m³	-	-	-	-	<3,3	<3,3	<3,3
1,1-dichloroéthylène	µg/m³	-	-	-	-	<1,7	<1,7	<1,7
Chlorure de Vinyle	µg/m³	-	-	10	-	<1,7	<1,7	<1,7
1,1,2-trichloroéthane	µg/m³	-	-	-	-	<3,3	<3,3	<3,3
1,1,1-trichloroéthane	µg/m³	-	-	-	-	<3,3	<3,3	<3,3
1,2-dichloroéthane	µg/m³	-	-	700	-	<3,3	<3,3	<3,3
1,1-dichloroéthane	µg/m³	-	-	-	-	<3,3	<3,3	<3,3
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	µg/m³	-	-	-	-	<3,3	<3,3	<3,3
Trichlorométhane (chloroforme)	µg/m³	-	-	-	-	<3,3	<3,3	<3,3
Dichlorométhane	µg/m³	-	-	450	-	<8,3	<8,3	<8,3

(1) en gras : valeur repère du HCSP, souligné : valeur guide de l'ANSES (VGAI), en italique : valeur guide projet INDEX.

(2) Les valeurs de bruit de fond OQAI concernent respectivement le n-décane et n-undécane.

(3) valeur guide OMS et ANSES relative aux expositions chroniques au tétrachloroéthylène pour les effets non cancérogènes uniquement

(1) en gras : valeur repère du HCSP, souligné : valeur guide de l'ANSES (VGA1), en italique : valeur guide projet INDEX.

(2) Les valeurs de bruit de fond OQAI concernent respectivement le n-décane et n-undécane.

(3) valeur guide OMS et ANSES relative aux expositions chroniques au tétrachloroéthylène pour les effets non cancérogènes uniquement

 : Teneur supérieure au bruit de fond

Résultats des investigations sur les bétons – BURGEAP 2015

							Localisation	cuve aérienne fioul	fosse mécanique (traces huile)	bâtiment tôlerie
							Sondage	C1	C2	C3
							Profondeur (m)	0-0,07	0-0,08	0-0,13
							Lithologie	Dalle béton	Dalle béton	Dalle béton
							Indices organoleptiques		Traces huile	
Matière sèche	%		-	-	-	-		91,2	94,5	95,6
Métaux et métalloïdes										
Arsenic (As)	mg/kg Ms	0,01	Résultats de lixiviation conformes aux seuils définis pour les déchets inertes dans l'arrêté du 12/12/2014	Tests de lixiviation conformes à la Décision du Conseil du 19/12/02 pour les déchets non dangereux				3,0	2,5	3,8
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	0,0002						0,2	0,1	0,1
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	0,004						37	25	16
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	0,004						20	46	17
Mercurure (Hg)	mg/kg Ms	0,1						<	<	<
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	0,01						7,7	12	12
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	0,005						74	15	7
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	0,004					140	39	16	
Indice hydrocarbure C10-C40										
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	4	-	-	-	-		<	12	<
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	4	-	-	-	-		35	150	24
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	2	-	-	-	-		210	500	310
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	2	-	-	-	-		250	700	500
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	2	-	-	-	-		220	1520	700
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	2	-	-	-	-		210	1100	500
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	2	-	-	-	-		180	810	330
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	2	-	-	-	-		100	290	130
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	20	500	5 000	-	50 000		1180	5080	2490
HAP										
Naphtalène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		<	<	<
Acénaphthylène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		<	<	<
Acénaphthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		<	<	<
Fluorène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		<	<	<
Phénanthrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		0,2	0,34	0,13
Anthracène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		<	<	<
Fluoranthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		0,38	0,33	0,088
Pyrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		0,13	0,23	0,096
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		0,064	0,095	<
Chrysène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		0,15	0,084	<
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		0,091	0,062	<
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		<	<	<
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		<	0,057	<
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		<	<	<
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		<	<	<
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg Ms	0,05	-	-	-	-		0,13	<	<
Somme des HAP	mg/kg Ms		50	500	-	500		1,1	1,2	0,31

LQ : Limite de détection du laboratoire

< : Inférieur à la LQ

: teneur supérieure à la valeur limite ISDI

: teneur inférieure à la valeur limite ISDND

Résultats des investigations sur les eaux du regard – BURGEAP 2015

		21/08/2015
		B3
Métaux et métalloïdes		
Arsenic (As)	µg/L	30
Cadmium (Cd)	µg/L	4,3
Chrome (Cr)	µg/L	350
Cuivre (Cu)	µg/L	2500
Mercure (Hg)	µg/L	1400
Nickel (Ni)	µg/L	220
Plomb (Pb)	µg/L	320
Zinc (Zn)	µg/L	2900
Indice hydrocarbure C10-C40		
Fraction C10-C12	µg/L	1500
Fraction C12-C16	µg/L	2400
Fraction C16-C20	µg/L	4800
Fraction C20-C24	µg/L	3700
Fraction C24-C28	µg/L	4000
Fraction C28-C32	µg/L	2200
Fraction C32-C36	µg/L	1300
Fraction C36-C40	µg/L	400
Somme des hydrocarbures C10-C40 (1)	µg/L	20300
HAP		
Naphtalène	µg/L	3,1
Acénaphylène	µg/L	<5
Acénaphène	µg/L	<1
Fluorène	µg/L	<1
Phénanthrène	µg/L	4,8
Anthracène	µg/L	<1
Fluoranthène (3)	µg/L	1,4
Pyrène	µg/L	2,2
Benzo(a)anthracène	µg/L	<1
Chrysène	µg/L	1,2
Benzo(b)fluoranthène (2) (3)	µg/L	<1
Benzo(k)fluoranthène (2) (3)	µg/L	<1
Benzo(a)pyrène (3)	µg/L	<1
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/L	<1
Benzo(g,h,i)peryène (2) (3)	µg/L	<1
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (2) (3)	µg/L	<1
Somme des 4 HAP (2)	µg/L	n.d.
Somme des 6 HAP (3)	µg/L	1,4
BTEX		
Benzène	µg/L	0,9
Toluène	µg/L	82
Ethylbenzène	µg/L	75
m,p-Xylène	µg/L	310
o-Xylène	µg/L	70
Somme xylènes	µg/L	380
Somme des BTEX	µg/L	537,9
COHV		
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/L	0,3
Trichloroéthylène (TCE)	µg/L	<0,5
Somme TCE + PCE	µg/L	0,3
cis-1,2-dichloroéthylène	µg/L	0,53
trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L	<0,5
Somme cis + trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L	0,53
1,1-dichloroéthylène	µg/L	<0,1
Chlorure de Vinyle	µg/L	<0,2
1,1,2 trichloroéthane	µg/L	39
1,1,1 trichloroéthane	µg/L	<0,5
1,2 dichloroéthane	µg/L	<0,5
1,1 dichloroéthane	µg/L	<0,5
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	µg/L	<0,1
Trichlorométhane (chloroforme) (4)	µg/L	<0,5
Dichlorométhane	µg/L	<0,5
Somme des COHV	µg/L	40,66

Annexe 2.

Résultats des investigations réalisées sur le zoo par GALIA SANA

Cette annexe contient 6 pages.

Résultats des investigations sur les sols – GALIA SANA 2014 (partie 1/3)

			Bruit de fond (b)	Valeurs limite de catégorie A1 (ISDI)	Sondage	1.1	2.1	3.1	4.2	5.1	6.1	7.3	8.1	9.1	10.2	11.1	11.4	12.2	13.1	14.2	15.4	16.2	18.2	19.1	20.1	21.2	22.3	23.3	24.2	25.1	
					Profondeur (m)	0 - 0.5	0.3 - 1	0.3 - 1	0.6 - 1.5	0 - 0.5	0.3 - 1	1 - 1.5	0 - 0.5	0 - 1	0.4 - 2	0.3 - 1.5	2.5 - 3	0.5 - 1	0 - 0.5	0.7 - 1	1.5 - 2	1.5 - 2	0.5 - 1	1 - 2	0 - 0.8	0 - 1	0.7 - 0.8	1 - 2	0.5 - 1	0.3 - 0.5	
					Lithologie	remblais	remblais	remblais	remblais	remblais	remblais	remblais	limons	limons	remblais	remblais	tourbe	limons	remblais	remblais	limons	remblais	graves	remblais	remblais	remblais	limons	limons	limons	remblais	
ANALYSES SUR SOL BRUT																															
Métaux et métalloïdes																															
Arsenic (As)	mg/kg Ms	25				7.84	7.64	5.51	17.1	9.9	6.62	8.66	7.47	14.3	3.02	15.2	11.9	6.55	4.23	6.58	18	48.3	36.5	8.94	9.66	7.64	1.75	2.18	8.34	6.86	
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	0,45				0.42	<0.4	<0.4	<0.42	0.47	<0.4	<0.4	<0.42	0.63	<0.4	<0.44	<0.41	<0.4	<0.4	<0.4	0.69	0.94	0.87	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	90				16.3	14.2	9.37	20.1	28.3	15.4	17.1	13.4	22.4	7.93	18.9	5.83	14.2	11	15.5	12.9	31.4	18.2	22.1	13.6	18.1	<5	6.9	14	14.5	
Quivre (Cu)	mg/kg Ms	20				137	13	29	145	76.6	24.7	72.2	48.1	93.3	7.69	102	19.3	57.5	19	79.5	41.5	547	45.5	166	49.2	53.6	<5	5.09	30	46.2	
Mercurure (Hg)	mg/kg Ms	0,1				0.43	0,31	0,61	0,19	0,94	0,34	0,59	0,42	0,99	<0,1	4,34	0,21	0,53	0,84	0,93	0,38	0,49	<0,1	0,2	0,24	0,1	<0,1	<0,1	0,14	0,91	
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	60				15.7	11.8	8.96	42	16.1	12.1	15.1	12.8	18	6.5	31.1	9.49	13.3	7.18	13	15.2	110	44.2	16.5	18.5	12.9	4.35	7.12	15.2	13.4	
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	50				245	30.1	75.6	129	117	164	239	101	311	10.2	194	28.3	91.9	39.7	127	108	624	150	436	167	79.5	<5	6.01	48.9	116	
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	100				324	46.3	141	106	164	148	260	129	264	21.8	355	34.1	53.4	89.7	144	70.9	600	218	63.2	70.2	132	7.1	19.2	64.3	41.3	
Hydrocarbures volatils C6-C10																															
Fraction C6-C8	mg/kg Ms	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<2	<2	<6.5	166	<2	<2	<2	19	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	
Fraction C8-C10	mg/kg Ms	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<2	<2	<6.5	266	<2	<2	<2	41,3	<2	<2	<2	4,5	<2	<2	<2	<2	
Somme des hydrocarbures C6-C10	mg/kg Ms	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<4	<4	<13	432	<4	<4	<4	60,3	<4	<4	<4	4,5	<4	<4	<4	<4	
Indice hydrocarbure C10-C40																															
Fraction C10-C16	mg/kg Ms	-	-	-	-	4.51	6.47	7.34	31.6	4.63	3.84	4.51	5.71	2.9	<4	13.6	7.28	152	13.3	<4	19.5	343	41.8	8.96	38.4	53	7.24	5.46	7.64	<4	
Fraction C16-C22	mg/kg Ms	-	-	-	-	15.7	1.89	5.56	203	14.1	8.27	6.04	6.88	6.82	<4	20.9	13.1	72.5	14	<4	17.9	215	829	18.8	285	41.4	6.13	7.09	15.6	<4	
Fraction C22-C30	mg/kg Ms	-	-	-	-	27.8	5.61	7.5	577	41	22.2	12.9	23.6	33.2	<4	41.7	82.7	16.5	30	<4	26.8	90.1	5360	29.9	1550	58.6	22	24.8	35.8	<4	
Fraction C30-C40	mg/kg Ms	-	-	-	-	16.4	4.08	8.81	234	27.5	19.2	13.4	23.9	28.2	<4	47.8	83.1	6.75	48.2	<4	42.7	4000	20.6	1220	53.6	21.6	23.6	45.4	<4		
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	LQ	-	500		64,6	18	29,2	1050	87,4	53,7	36,9	60,1	71,1	<15	124	186	248	105	<15	107	674	10200	78,2	3090	207	57	61	105	<15	
HAP																															
Naphtalène	mg/kg Ms	0,15	-	-	-	<0.05	<0.05	<0.05	0,197	0,065	<0.05	<0.05	<0.05	0,07	<0.05	<0.287	<0.102	0,072	<0.05	<0.05	<0.05	0,17	<0.289	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0,057	<0.05	
Acénaphthylène	mg/kg Ms	-	-	-	-	0,089	<0.05	<0.05	<0.05	0,177	<0.05	0,117	<0.05	<0.05	<0.05	<0.287	<0.102	0,051	<0.05	<0.05	<0.05	0,081	<0.289	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0,094	<0.05	
Acénaphthène	mg/kg Ms	-	-	-	-	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.287	<0.102	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.289	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		
Fluorene	mg/kg Ms	-	-	-	-	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0,059	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.287	<0.102	0,056	<0.05	<0.05	<0.05	<0.289	<0.05	<0.05	<0.05	0,068	<0.05	<0.05	<0.05		
Phénanthrène	mg/kg Ms	-	-	-	-	0,253	<0.05	0,095	0,434	0,992	0,134	0,258	0,112	0,356	<0.05	0,394	<0.102	0,275	0,096	<0.05	0,193	0,276	<0.289	0,13	0,192	0,159	<0.05	<0.05	0,782	<0.05	
Anthracène	mg/kg Ms	-	-	-	-	0,177	<0.05	<0.05	0,099	0,677	<0.05	0,222	<0.05	0,093	<0.05	<0.287	<0.102	0,059	0,069	<0.05	0,058	<0.05	<0.289	<0.05	<0.05	0,069	<0.05	<0.05	0,236	<0.05	
Fluoranthène	mg/kg Ms	-	-	-	-	0,698	0,074	0,259	0,287	2,52	0,294	0,857	0,327	0,754	<0.05	0,452	0,15	0,188	0,401	<0.05	0,369	0,23	0,548	0,112	0,273	0,359	<0.05	0,173	1,72	<0.05	
Pyrène	mg/kg Ms	-	-	-	-	0,553	0,084	0,211	0,39	1,77	0,225	0,755	0,293	0,72	<0.05	0,417	0,134	0,213	0,267	<0.05	0,283	0,123	0,636	0,149	0,278	0,257	<0.05	0,116	1,27	<0.05	
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	-	-	-	-	0,835	0,104	0,155	0,477	0,793	0,305	0,607	0,217	0,747	<0.05	0,459	<0.102	0,11	0,499	<0.05	0,253	0,102	1,81	0,082	0,261	0,227	<0.05	0,131	0,932	<0.05	
Chrysène	mg/kg Ms	-	-	-	-	0,776	0,065	0,114	0,373	0,664	0,272	0,5	0,191	0,558	<0.05	0,427	<0.102	0,068	0,226	<0.05	0,317	0,103	1,73	0,084	0,329	0,244	0,057	0,086	0,718	<0.05	
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-	-	-	0,326	0,152	0,199	0,066	1,24	0,447	0,844	0,464	0,905	<0.05	0,521	<0.102	0,152	0,46	<0.05	0,733	0,112	1,13	0,142	0,309	0,387	0,081	0,128	1,16	<0.05	
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-	-	-	<0.05	<0.05	0,081	<0.05	0,413	0,138	0,297	0,129	0,331	<0.05	<0.287	<0.102	0,061	0,148	<0.05	0,168	<0.05	<0.289	<0.05	0,077	0,109	0,066	<0.05	0,399	<0.05	
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	-	-	-	-	0,194	0,052	0,11	0,056	0,8	0,185	0,594	0,232	0,622	<0.05	0,3	<0.102	0,107	0,312	<0.05	0,32	0,149	0,366	0,073	0,134	0,253	0,079	0,104	0,932	<0.05	
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	-	-	-	-	<0.05	<0.05	0,052	<0.05	0,553	0,069	0,142	<0.05	0,147	<0.05	<0.287	<0.102	<0.05	0,219	<0.05	0,291	<0.05	<0.289	<0.05	0,111	0,067	<0.05	<0.05	0,164	<0.05	
Benzo(g,h,i)peryène	mg/kg Ms	-	-	-	-	<0.05	0,061	0,084	<0.05	0,532	0,203	0,382	0,209	0,448	<0.05	0,319	<0.102	0,096	0,175	<0.05	0,39	0,1	0,366	0,062	0,125	0,153	0,057	0,085	0,604	<0.05	
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg Ms	-	-	-	-	<0.05	0,062	0,116	<0.05	0,801	0,241	0,464	0,288	0,636	<0.05	0,372	<0.102	0,125	0,545	<0.05	0,621	0,1195	0,296	0,076	0,161	0,247	0,074	0,097	0,72	<0.05	
Somme des HAP	mg/kg Ms	25	50			3.90	0.65	1.48	2.38	12.06	2.51	6.04	2.46	6.39	0.00	3.66	0.28	1.63	3.42	0.00	4.00	1.62	6.88	0.91	2.25	2.60	0.41	0.92	9.79	0.00	
BTX																															
Benzène	mg/kg Ms	LQ																													

Résultats des investigations sur les sols – GALIA SANA 2014 (partie 2/3)

		Bruit de fond (b)	Valeurs limite de catégorie A1 (ISDI)	Sondage	101.2	101.3	102.2	102.3	104.2	104.3	105.2	105.3	106.2	106.6	108.1	108.2	109.1	109.2	111.2	111.3	103.1	103.2	110.3	110.5	112.2	112.3	113.2	113.3	114.2	114.3	115.2	115.3
				Profondeur (m)	0,8 - 1,3	1,3 - 1,8	0,5 - 1	1 - 1,5	0,5 - 1	1 - 1,5	0,5 - 1	1 - 1,5	1,5 - 2	4 - 5,3	0,3 - 0,9	1,4 - 2	0 - 0,8	0,8 - 1,4	0,5 - 1	1 - 1,5	0 - 1	1 - 1,5	1 - 1,5	2 - 2,5	0,5 - 1	1 - 1,5	0,5 - 1	1 - 1,5	0,5 - 1	1 - 1,5	0,5 - 1	1 - 1,5
				Lithologie	remblais	limons	remblais	remblais	remblais	limons	remblais	remblais	remblais	tourbe	remblais	remblais	remblais	remblais	remblais	remblais	remblais	remblais	remblais	tourbe	remblais	remblais	remblais	remblais	remblais	remblais	remblais	remblais
ANALYSES SUR SOL BRUT																																
Métaux et métalloïdes																																
Arsenic (As)	mg/kg Ms	25			23,5	6,88	4,93	8,75	6,49	5,13	11,3	5,95	16,7	8,5	11,7	6,65	16,5	23,9	6,17	7,23	-	-	13,9	14,3	10,4	7,15	6,98	7,48	6,79	5,87	7,21	11,6
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	0,45			0,78	<0,4	<0,4	0,47	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	0,49	0,72	<0,4	<0,4	-	-	0,47	<0,4	<0,4	<0,4	0,72	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	90			21,4	10,2	9,17	17,7	14,4	14,5	16,7	13,3	16,9	<5	22,9	21,5	17,6	23,3	13,5	12,7	-	-	16,3	<5,2	14,4	13,5	13,5	16,1	11,9	12,4	14,5	6,31
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	20			210	11,1	19,4	72,1	24	17,2	62,4	31,6	383	6,98	64,2	53,6	35,8	47,5	25,1	18,7	-	-	27,7	<5,2	32,9	16,4	17,8	30,4	17,4	14,3	31,9	22,6
Mercurure (Hg)	mg/kg Ms	0,1			0,19	<0,1	<0,1	0,18	0,11	<0,1	0,33	0,32	0,11	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,11	0,11	0,25	0,27	0,45	<0,1	<0,1	0,21	0,41	<0,1	0,16	0,29	0,44	0,29	<0,1
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	60			35,9	9,55	8,28	18,9	15,9	14	21,9	12,3	27,6	18,1	17,8	20,3	14,9	27,9	12,5	13	-	-	27,9	4,15	14,1	13,6	8,54	14,3	11,8	11,8	16	15,5
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	50			239	29,1	38,9	299	33,9	22,5	124	81,1	235	6,64	202	119	560	524	35,9	33,1	-	-	64,6	<5,2	65,4	40,2	129	76,7	44,5	45	102	118
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	100			241	29,1	42,6	153	89,4	46,4	88,2	47,1	437	14,5	154	150	83	274	39,3	39,7	-	-	109	6,33	49	38,5	123	54,3	41,2	40,8	176	232
Hydrocarbures volatils C6-C10																																
Fraction C6-C8	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fraction C8-C10	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Somme des hydrocarbures C6-C10	mg/kg Ms	LQ	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indices hydrocarbure C10-C40																																
Fraction C10-C16	mg/kg Ms	-	-		5,48	4,84	54,9	8,21	2,55	2,91	6,84	4,7	94,3	7,19	4,78	7,19	6,11	34,9	3,33	3,88	-	-	58,4	12,3	9,98	3,03	26,9	3,57	5,09	5,51	3,23	4,3
Fraction C16-C22	mg/kg Ms	-	-		11,1	5,43	326	26,9	4,99	5,17	15,9	4,95	84,2	11	10,5	17	14,5	142	6,44	4,68	-	-	1400	32,9	16,8	3,24	30,6	7,28	15,8	5,25	6,32	11,8
Fraction C22-C30	mg/kg Ms	-	-		19,4	22,3	619	57	15	11	31,1	13,6	73,8	52,9	21,5	42,6	91,8	372	18,9	20,5	-	-	7130	141	27,1	15,1	41,2	21,7	73,1	19,6	16,4	52,1
Fraction C30-C40	mg/kg Ms	-	-		16,4	32,7	734	42,5	12,7	10,4	25,8	22,8	72,7	69	11,8	53,9	90,4	495	21,4	33,4	-	-	5100	221	26,6	21,9	21,3	21,2	30,1	27,1	15,2	68,2
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	LQ	500		52,4	65,3	1730	135	35,2	29,6	79,7	46,1	325	140	48,6	121	203	1040	50,1	62,5	-	-	13700	407	80,4	43,3	120	53,7	124	57,5	41,2	136
HAP																																
Naphtalène	mg/kg Ms	0,15	-		<0,05	<0,055	<0,236	0,113	<0,05	<0,05	0,064	<0,05	0,84	<0,073	<0,05	<0,05	<0,05	<0,24	<0,05	<0,05	-	-	<0,05	<0,118	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,085
Acénaphthylène	mg/kg Ms	-	-		<0,05	<0,055	2,27	0,059	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	<0,05	<0,073	<0,05	<0,05	<0,05	<0,24	<0,05	<0,05	-	-	<0,05	<0,118	<0,05	<0,05	0,058	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,085
Acénaphthène	mg/kg Ms	-	-		<0,05	<0,055	0,565	0,102	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,198	<0,073	<0,05	<0,05	<0,05	<0,24	<0,05	<0,05	-	-	<0,05	<0,118	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,085
Fluorène	mg/kg Ms	-	-		<0,05	<0,055	2,098	0,144	<0,05	0,057	<0,05	<0,05	0,205	<0,073	<0,05	<0,05	<0,05	<0,24	<0,05	<0,05	-	-	<0,05	<0,118	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,085
Phénanthrène	mg/kg Ms	-	-		0,288	<0,055	19	1,03	0,285	0,508	0,587	<0,05	0,856	<0,073	0,335	<0,05	0,162	0,326	<0,05	<0,05	-	-	0,161	<0,118	0,43	<0,05	0,452	0,179	<0,05	<0,05	0,185	<0,085
Anthracène	mg/kg Ms	-	-		0,055	<0,055	14	0,376	0,088	0,121	0,15	<0,05	0,268	<0,073	0,096	<0,05	0,077	0,27	<0,05	<0,05	-	-	<0,05	<0,118	0,098	<0,05	0,165	0,06	<0,05	<0,05	0,056	<0,085
Fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		0,277	<0,055	74,4	1,84	0,626	0,591	1,58	0,127	0,895	<0,073	0,717	0,108	0,579	0,844	0,051	<0,05	-	-	0,256	0,147	0,0833	<0,05	0,81	0,508	0,1	<0,05	0,559	0,111
Pyrène	mg/kg Ms	-	-		0,256	<0,055	48,4	1,36	0,521	0,398	1,32	0,099	0,861	<0,073	0,562	0,12	0,438	0,672	0,061	<0,05	-	-	0,43	<0,118	0,656	<0,05	0,485	0,406	0,084	<0,05	0,431	0,12
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	-	-		0,238	<0,055	35,7	1,13	0,516	0,333	1,23	0,065	0,39	<0,073	0,484	0,073	0,537	1,01	0,102	<0,05	-	-	<0,05	<0,118	0,449	<0,05	0,388	0,271	0,069	<0,05	0,272	0,135
Chrysène	mg/kg Ms	-	-		0,204	<0,055	38,1	0,801	0,399	0,247	1,03	0,09	0,299	<0,073	0,383	0,062	0,444	0,713	0,063	<0,05	-	-	1,72	<0,118	0,362	<0,05	0,318	0,195	0,067	<0,05	0,317	0,108
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		0,197	<0,055	59,3	1,32	0,641	0,237	1,77	0,1	0,395	<0,073	0,611	0,081	0,877	0,699	0,053	<0,05	-	-	<0,05	<0,118	0,835	<0,05	0,426	0,304	0,08	<0,05	0,807	<0,085
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		0,069	<0,055	16,7	0,424	0,274	0,093	0,709	<0,05	0,113	<0,073	0,186	<0,05	0,287	0,244	<0,05	<0,05	-	-	0,053	<0,118	0,241	<0,05	0,175	0,105	<0,05	<0,05	0,188	<0,085
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	-	-		0,108	<0,055	47,3	1,06	0,612	0,191	1,34	0,066	0,368	<0,073	0,467	<0,05	0,672	0,616	<0,05	<0,05	-	-	<0,05	<0,118	0,591	<0,05	0,295	0,236	0,082	<0,05	0,387	<0,085
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	-	-		<0,05	<0,055	8,302	0,137	0,179	<0,05	0,333	<0,05	<0,05	<0,073	0,05	<0,05	0,088	<0,24	<0,05	<0,05	-	-	<0,05	<0,118	0,06	<0,05	0,057	<0,05	<0,05	<0,05	0,095	<0,085
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg Ms	-	-		0,06	<0,055	16,6	0,525	0,399	0,087	0,869	0,055	0,138	<0,073	0,275	<0,05	0,532	0,534	<0,05	<0,05	-	-	<0,05	<0,118	0,571	<0,05	0,157	0,145	<0,05	<0,05	0,243	<0,085
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg Ms	-	-		0,084	<0,055	21,3	0,748	0,524	0,124	1,18	0,061	0,138	<0,073	0,322	<0,05	0,67	0,459	<0,05	<0,05	-	-	<0,05	<0,118	0,618	<0,05	0,214	0,173	<0,05	<0,05	0,314	<0,085
Somme des HAP	mg/kg Ms	25	50		1,84	0,00	404,04	11,17	5,06	2,99	12,25	0,66	5,96	0,00	4,49	0,44	5,36	6,39	0,33	0,00	-	-	2,62	0,15	5,06	0,00	4,00	2,58	0,46	0,00	3,55	0,47


(a) [Pour l'acceptation en ISDI], une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluat, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.
(b) Valeurs en gras : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, INRA. En italique : source = ATSDR
(c) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission [en ISDI] s'il respecte soit les valeurs associées au chlorure et au sulfate, soit celle associée à

Résultats des investigations sur les sols – GALIA SANA 2014 (partie 3/3)

		Bruit de fond (b)	Valeurs limite de catégorie A1 (ISDI)	Sondage Profondeur (m) Lithologie	17.1 0,2 - 1 remblais	15.2 0,5 - 1,2 remblais	26.2 0,5 - 1,5 limons	27.1 0,4 - 1,5 sable	C1 0,5 - 1 remblais	C2 0,1 - 1 remblais	C3 0,1 - 1 remblais	C4 0,1 - 1 remblais	C5 0,3 - 1 remblais	C6 0,3 - 1 remblais	C7 0,4 - 1 remblais	C8 0,3 - 1 craie	S1 0 - 0,3 limons	S2 0 - 0,3 limons
ANALYSES SUR SOL BRUT																		
Métaux et métalloïdes																		
Arsenic (As)	mg/kg Ms	25			-	-	-	-	11,2	32,9	25,5	19,4	22,7	13,2	4,76	7,68	7,06	5,86
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	0,45			-	-	-	-	<0,4	<0,4	0,83	0,44	<0,4	0,53	0,46	0,59	0,5	<0,42
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	90			-	-	-	-	17,4	17,2	23,9	33,4	20,4	16,2	9,8	12,3	17,3	16,4
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	20			-	-	-	-	153	67,2	313	118	96,7	133	24	51,5	47,7	31,3
Mercurc (Hg)	mg/kg Ms	0,1			-	-	-	-	0,27	0,4	0,46	0,31	0,24	0,19	<0,1	0,14	0,22	0,43
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	60			-	-	-	-	17,5	23,2	24,2	44,7	27,7	17,8	11,8	10,7	15,8	12,9
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	50			-	-	-	-	119	117	377	279	1760	171	51,6	129	66,3	85,6
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	100			-	-	-	-	83,7	84,6	190	152	101	123	67,2	153	138	83,1
Hydrocarbures volatils C6-C10																		
Fraction C6-C8	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fraction C8-C10	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Somme des hydrocarbures C6-C10	mg/kg Ms	LQ	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indice hydrocarbure C10-C40																		
Fraction C10-C16	mg/kg Ms	-	-		18	25,3	220	8,45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fraction C16-C22	mg/kg Ms	-	-		33,3	108	607	9,89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fraction C22-C30	mg/kg Ms	-	-		56	213	1570	21,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fraction C30-C40	mg/kg Ms	-	-		36,9	87,6	1860	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	LQ	500		144	434	4260	68	333	17,7	109	121	86	1960	570	165	79,1	125
HAP																		
Naphtalène	mg/kg Ms	0,15	-		-	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Acénaphthylène	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	0,19	<0,05	<0,05	0,056	<0,05	<0,05	0,21	0,21	<0,05	0,053
Acénaphthène	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fluorène	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	0,19	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,067	0,067	<0,05	<0,05
Phénanthrène	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	1,5	<0,05	0,16	0,15	0,083	0,17	0,95	0,95	0,11	0,086
Anthracène	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	0,44	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,066	0,68	0,68	<0,05	0,085
Fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	3,8	<0,05	0,66	0,64	0,3	0,31	2,3	2,3	0,27	0,33
Pyréne	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	2	<0,05	0,54	0,49	0,27	0,33	2,3	2,3	0,22	0,27
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	1,6	<0,05	0,33	0,32	0,18	0,39	1,4	1,4	0,14	0,19
Chrysène	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	1,7	<0,05	0,29	0,33	0,15	0,4	1,5	1,5	0,14	0,22
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	3,3	<0,05	1,2	0,95	0,42	0,5	2,7	2,7	0,44	0,37
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	1,5	<0,05	0,35	0,28	0,17	0,1	1,3	1,3	0,15	0,11
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	1,3	<0,05	0,75	0,52	0,29	0,33	1,1	1,1	0,2	0,24
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	1,9	<0,05	0,58	0,44	0,17	0,094	1,7	1,7	0,14	<0,05
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	1,4	<0,05	1,1	0,8	0,39	0,23	1,1	1,1	0,34	0,19
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg Ms	-	-		-	-	-	-	1,9	<0,05	1,4	0,95	0,43	0,27	1,5	1,5	0,37	0,18
Somme des HAP	mg/kg Ms	25	50		2,40	26,90	8,56	2,20	22,72	0,00	7,36	5,93	2,85	3,19	18,81	18,81	2,52	2,32
BTX																		
Benzène	mg/kg Ms	LQ	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Toluène	mg/kg Ms	LQ	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ethylbenzène	mg/kg Ms	LQ	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
m,p-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
o-Xylène	mg/kg Ms	LQ	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Somme des BTX	mg/kg Ms	LQ	6		<0,07	<0,07	<0,25	<0,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PCB																		
PCB (28)	mg/kg Ms	LQ	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PCB (52)	mg/kg Ms	LQ	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PCB (101)	mg/kg Ms	LQ	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PCB (118)	mg/kg Ms	LQ	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PCB (138)	mg/kg Ms	LQ	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PCB (153)	mg/kg Ms	LQ	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PCB (180)	mg/kg Ms	LQ	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Somme des PCB	mg/kg Ms	LQ	1		<0,07	<0,07	0,28	<0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ANALYSES SUR ELUAT																		
Paramètres généraux																		
Carbone organique total	mg/kg M.S.	-	500		57	53	340	370	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fraction soluble (***)	mg/kg M.S.	-	4000		3390	<2000	5050	2200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Indice phénol	mg/kg M.S.	-	1		<0,51	<0,51	<0,51	<0,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anions																		
Fluorures	mg/kg M.S.	-	10		6,92	<5,06	14,6	<5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlorures (***)	mg/kg M.S.	-	800		66,1	73,2	214	80,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfates (***)	mg/kg M.S.	-	1000		1150	227	2120	576	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Métaux et métalloïdes																		
Antimoine	mg/kg M.S.	-	0,06		0,01	0,023	0,035	0,033	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arsenic	mg/kg M.S.	-	0,5		<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baryum	mg/kg M.S.	-	20		0,44	0,22	0,28	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cadmium	mg/kg M.S.	-	0,04		<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chrome	mg/kg M.S.	-	0,5		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cuivre	mg/kg M.S.	-	2		<0,2	0,26	<0,2	<0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mercurc	mg/kg M.S.	-	0,01		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Molybdène	mg/kg M.S.	-	0,5		<0,1	<0,1	0,27	0,17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nickel	mg/kg M.S.	-	0,4		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plomb	mg/kg M.S.	-	0,5		<0,1	0,17	<0,1	<0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinc	mg/kg M.S.	-	4		<0,2	0,3	<0,2	<0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Selenium	mg/kg M.S.	-	0,1		<0,01	0,037	0,08	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(a) [Pour l'acceptation en ISDI], une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluat, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.
(b) Valeurs **en gras** : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, INRA. *En italique* : source = ATSDR
(c) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission [en ISDI] s'il respecte soit les valeurs associées au chlorure et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble.

LQ : Limite de détection du laboratoire < : Inférieur à la LQ - : non analysé n.d. : non détecté

 : teneur supérieure à la valeur ISDI

Résultats des investigations sur les eaux souterraines – GALIA SANA 2014

		Valeurs de référence dans l'eau				Campagne de prélèvement de mars 2014						
		eau potable Ann1 arrêté du 11/01/07 (valeur limite, sauf <i>italique : référence</i>)	eau potable OMS, 2011 <i>en italique : provisoire</i>	Critères d'évaluation Arrêté 17/12/08	eaux brutes Ann2 arrêté du 11/01/07	Pz11	Pz22	Pz21	Pz1	Pz9	Pz23	Pz25
Métaux et métalloïdes												
Arsenic (As)	µg/L	10	10	10	100	<5	<5	8	7	7	<5	<5
Cadmium (Cd)	µg/L	5	3	5	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Chrome (Cr)	µg/L	50	50	-	50	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cuivre (Cu)	µg/L	2000	2000	-	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Mercure (Hg)	µg/L	1	6	1	1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Nickel (Ni)	µg/L	20	70	-	-	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Plomb (Pb)	µg/L	10	10	10	50	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Zinc (Zn)	µg/L	-	-	-	5000	<20	170	30	180	230	220	210
Hydrocarbures volatils C6-C10												
Fraction C6-C8	µg/L	-	-	-	-	<30	<30	<30	-	-	<30	<30
Fraction C8-C10	µg/L	-	-	-	-	<30	<30	<30	-	-	<30	<30
Somme des hydrocarbures C6-C10 (1)	µg/L	-	-	-	1000	<60	<60	<60	-	-	<60	<60
Indice hydrocarbure C10-C40												
Fraction C10-C16	µg/L	-	-	-	-	<8	<8	14	<8	21	<8	23
Fraction C16-C22	µg/L	-	-	-	-	9	<8	22	<8	70	<8	47
Fraction C22-C30	µg/L	-	-	-	-	12	<8	18	<8	43	<8	44
Fraction C30-C40	µg/L	-	-	-	-	13	<8	12	<8	18	<8	39
Somme des hydrocarbures C10-C40 (1)	µg/L	-	-	-	1000	39	<8	66	<8	152	<8	154
HAP												
Naphtalène	µg/L	-	-	-	-	0,23	0,04	0,06	0,03	0,04	0,02	0,04
Acénaphthylène	µg/L	-	-	-	-	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Acénaphthène	µg/L	-	-	-	-	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluorène	µg/L	-	-	-	-	0,05	<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01	0,01
Anthracène	µg/L	-	-	-	-	0,03	<0,01	0,01	0,02	0,02	<0,01	0,02
Fluoranthène (3)	µg/L	-	-	-	-	0,16	0,02	0,08	0,04	0,07	0,02	0,08
Pyrène	µg/L	-	-	-	-	0,13	0,02	0,07	0,04	0,06	0,02	0,08
Benzo(a)anthracène	µg/L	-	-	-	-	0,06	<0,01	0,05	0,02	0,03	<0,01	0,07
Chrysène	µg/L	-	-	-	-	0,07	<0,01	0,05	0,02	0,03	<0,01	0,06
Benzo(b)fluoranthène (2) (3)	µg/L	-	-	-	-	0,09	<0,01	0,07	0,02	0,04	0,02	0,09
Benzo(k)fluoranthène (2) (3)	µg/L	-	-	-	-	0,04	<0,01	0,03	<0,01	0,02	<0,01	0,03
Benzo(a)pyrène (3)	µg/L	0,01	0,7	-	-	0,06	<0,01	0,05	0,02	0,03	0,02	0,07
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/L	-	-	-	-	0,02	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (2) (3)	µg/L	-	-	-	-	0,05	<0,01	0,05	0,01	0,03	0,01	0,06
Phénanthrène	µg/L	-	-	-	-	0,19	0,01	0,02	0,04	0,05	0,01	0,04
Benzo(g,h,i)peryène (2) (3)	µg/L	-	-	-	-	0,05	<0,01	0,05	0,01	0,02	0,01	0,05
Somme des 4 HAP (2)	µg/L	0,1	-	-	-	0,2	n.d.	0,18	0,04	0,1	0,04	0,21
Somme des 6 HAP (3)	µg/L	-	-	-	1	0,38	0,02	0,3	0,09	0,18	0,07	0,34
BTEX												
Benzène	µg/L	1	10	-	-	<0,5	<0,5	<0,5	-	-	<0,5	<0,5
Toluène	µg/L	-	700	-	-	1,6	2,2	2,5	-	-	3,1	2,7
Ethylbenzène	µg/L	-	300	-	-	<1	<1	<1	-	-	<1	<1
m,p-Xylène	µg/L	-	-	-	-	<1	<1	<1	-	-	<1	<1
o-Xylène	µg/L	-	-	-	-	<1	<1	<1	-	-	<1	<1
Somme xylènes	µg/L	-	500	-	-	<1	<1	<1	-	-	<1	<1
Somme des BTEX	µg/L	-	-	-	-	1,6	2,2	2,5	-	-	3,1	2,7
COHV												
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/L	-	40	10	-	-	-	<1	-	-	-	-
Trichloroéthylène (TCE)	µg/L	-	20	10	-	-	-	3,8	-	-	-	-
Somme TCE + PCE	µg/L	10	-	-	-	-	-	3,8	-	-	-	-
cis-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-	-	-	11,2	-	-	-	-
trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-	-	-	<2	-	-	-	-
Somme cis + trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	50	-	-	-	-	11,2	-	-	-	-
1,1-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-	-	-	<2	-	-	-	-
Chlorure de Vinyle	µg/L	0,5	0,3	-	-	-	-	1,72	-	-	-	-
Bromochlorométhane	µg/L	-	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	-
Dibromométhane	µg/L	-	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	-
Bromodichlorométhane	µg/L	-	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	-
Dibromochlorométhane	µg/L	-	-	-	-	-	-	<2	-	-	-	-
1,1,2 trichloroéthane	µg/L	-	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	-
1,1,1 trichloroéthane	µg/L	-	-	-	-	-	-	<2	-	-	-	-
1,2 dichloroéthane	µg/L	3	30	-	-	-	-	<1	-	-	-	-
1,1 dichloroéthane	µg/L	-	-	-	-	-	-	<2	-	-	-	-
1,2-dibromoéthane	µg/L	-	-	-	-	-	-	<1	-	-	-	-
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	µg/L	-	4	-	-	-	-	<1	-	-	-	-
Trichlorométhane (chloroforme) (4)	µg/L	100	300	-	-	-	-	<2	-	-	-	-
Dichlorométhane	µg/L	-	20	-	-	-	-	<5	-	-	-	-
Bromoforme	µg/L	-	-	-	-	-	-	<5	-	-	-	-
Somme des COHV	µg/L	-	-	-	-	-	-	16,72	-	-	-	-
PCB												
PCB (28)	µg/L	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	-	-
PCB (52)	µg/L	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	-	-
PCB (101)	µg/L	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	-	-
PCB (118)	µg/L	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	-	-
PCB (138)	µg/L	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	-	-
PCB (153)	µg/L	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	-	-
PCB (180)	µg/L	-	-	-	-	-	-	<0,01	-	-	-	-
Somme des PCB	µg/L	-	-	-	-	-	-	<0,07	-	-	-	-
(1) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : valeur limite pour l'ensemble des hydrocarbures												
(2) Annexe 1 arrêté du 11/01/07 : somme des benzo(b) fluoranthène, benzo(k) fluoranthène, benzo(g,h,i)peryène, indéno(1,2,3,c-d)pyrène												
(3) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : somme des benzo(b) fluoranthène, benzo(k) fluoranthène, benzo(g,h,i)peryène, indéno(1,2,3,c-d)pyrène, fluoranthène, benzo(a)pyrène												
(4) Annexe 1 arrêté du 11/01/07 : somme des chloroforme, bromoforme, dibromochlorométhane, bromodichlorométhane												
concentration supérieure à un des seuils eau potable												
concentration supérieure aux seuils de l'arrêté du 17/12/08												
concentration supérieure au seuil eaux brutes												

Résultats des investigations sur les sédiments – GALIA SANA 2014

		14E06021-030	14E06021-031	14E06021-032	
		D1	D2	D3	
Arsenic (As)	Arsenic	mg/kg MS	15,3	3,02	4,74
Cadmium (Cd)	Cadmium	mg/kg MS	1,98	<0.40	0,49
Chrome (Cr)	Chrome	mg/kg MS	22,7	9,12	11,7
Cuivre (Cu)	Cuivre	mg/kg MS	128	22,4	29,5
Nickel (Ni)	Nickel	mg/kg MS	21,5	7,42	7,84
Plomb (Pb)	Plomb	mg/kg MS	315	34,4	72,9
Zinc (Zn)	Zinc	mg/kg MS	587	98,6	150
Mercur (Hg)	Mercur	mg/kg MS	0,56	0,35	0,11
Hydrocarbures totaux (4 tranches) (C10-C40)	Indice Hydrocarbures (C10-C40)	mg/kg MS	968	325	639
	HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	mg/kg MS	34,3	10	20,6
	HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	mg/kg MS	86,1	20	80,7
	HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	mg/kg MS	379	99,4	230
	HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	mg/kg MS	469	195	308
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (16 HAPs)	Naphtalène	mg/kg MS	0,217	0,062	0,308
	Acénaphthylène	mg/kg MS	0,453	0,101	0,064
	Acénaphthène	mg/kg MS	0,138	0,037	0,134
	Fluorène	mg/kg MS	0,171	0,059	0,21
	Phénanthrène	mg/kg MS	1,04	0,294	0,53
	Anthracène	mg/kg MS	0,703	0,182	0,252
	Fluoranthène	mg/kg MS	2,68	0,687	0,985
	Pyrène	mg/kg MS	2,65	0,564	0,655
	Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	1,68	0,515	0,46
	Chrysène	mg/kg MS	1,57	0,489	0,425
	Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	3,75	0,694	0,764
	Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	1,27	0,241	0,259
	Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	2,06	0,499	0,434
	Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	0,392	0,103	0,126
	Benzo(ghi)Pérylène	mg/kg MS	1,35	0,309	0,335
	Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	mg/kg MS	2,201	0,443	0,526
	Somme des HAP	mg/kg MS	22,3	5,28	6,47
Hydrocarbures volatils totaux (MeC5 - C10)	MeC5 - C8 inclus	mg/kg MS	<2.9	<2.4	<5.0
	> C8 - C10 inclus	mg/kg MS	<2.9	<2.4	<5.0
	Somme MeC5 - C10	mg/kg MS	<5.8	<4.8	<10.0
BTEX par Head Space/GC/MS sur brut	Benzène	mg/kg MS	<0.05	<0.05	<0.07
	Toluène	mg/kg MS	0,09	<0.07	<0.14
	Ethylbenzène	mg/kg MS	<0.08	<0.07	<0.14
	m-p-Xylène	mg/kg MS	<0.08	<0.07	<0.14
	o-Xylène	mg/kg MS	<0.08	<0.07	<0.14
	Somme des BTEX	mg/kg	0.09<x<0.38	<0.33	<0.63
Ethyl-tertio-butylether (ETBE)	Ethyl-tertio-butylether (ETBE)	mg/kg MS	<0.42	<0.34	<0.71
Méthyl-tertio-butyléther (MTBE)	MTBE	mg/kg MS	<0.17	<0.14	<0.28

Résultats des investigations sur les eaux superficielles – GALIA SANA 2014

14E006021-033			
E2			
Arsenic (As)	Arsenic	mg/l	<0.005
Cadmium (Cd)	Cadmium	mg/l	<0.005
Chrome (Cr)	Chrome	mg/l	<0.005
Cuivre (Cu)	Cuivre	mg/l	<0.01
Nickel (Ni)	Nickel	mg/l	<0.005
Plomb (Pb)	Plomb	mg/l	<0.005
Zinc (Zn)	Zinc	mg/l	<0.02
Mercuré (Hg)	Mercuré	µg/l	<0.24
Indice hydrocarbures (C10-C40) – 4 tranches	Indice Hydrocarbures (C10-C40)	mg/l	<0.03
	HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	mg/l	<0.008
	HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	mg/l	<0.008
	HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	mg/l	<0.008
	HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	mg/l	<0.008
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (16 HAPs)	Naphtalène	µg/l	0.04
	Acénaphthylène	µg/l	<0.01
	Acénaphthène	µg/l	<0.01
	Fluorène	µg/l	<0.01
	Anthracène	µg/l	<0.01
	Fluoranthène	µg/l	<0.01
	Pyrène	µg/l	<0.01
	Benzo(a)anthracène	µg/l	<0.01
	Chrysène	µg/l	<0.01
	Benzo(b)fluoranthène	µg/l	<0.01
	Benzo(k)fluoranthène	µg/l	<0.01
	Benzo(a)pyrène	µg/l	<0.01
	Dibenzo(a,h)anthracène	µg/l	<0.01
	Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	µg/l	<0.01
	Phénanthrène	µg/l	<0.01
	Benzo(ghi)Pérylène	µg/l	<0.01
	Somme des HAP	µg/l	0.04<x<0.19
Indice hydrocarbures volatils (C5 - C10)	> MeC5 - C8	µg/l	<30.0
	> C8 - C10	µg/l	<30.0
	Somme MeC5 - C10	µg/l	<60.0
COHV (19 composés)	Dichlorométhane	µg/l	<5.00
	Chloroforme (trichlorométhane)	µg/l	<2.00
	Tétrachlorure de carbone	µg/l	<1.00
	Trichloroéthylène	µg/l	<1.00
	Tétrachloroéthylène	µg/l	<1.00
	1,1-dichloroéthane	µg/l	<2.00
	1,2-dichloroéthane	µg/l	<1.00
	1,1,1-trichloroéthane	µg/l	<2.00
	1,1,2-trichloroéthane	µg/l	<5.00
	cis 1,2-Dichloroéthylène	µg/l	<2.00
	Trans-1,2-dichloroéthylène	µg/l	<2.00
	Chlorure de Vinyle	µg/l	<0.50
	1,1-Dichloroethene	µg/l	<2.00
	Bromochlorométhane	µg/l	<5.00
	Dibromométhane	µg/l	<5.00
	Bromodichlorométhane	µg/l	<5.00
	Dibromochlorométhane	µg/l	<2.00
	1,2-Dibromoéthane	µg/l	<1.00
	Bromoforme (tribromométhane)	µg/l	<5.00
	Somme des COHV	µg/l	<49.5
BTEX (5 composés)	Benzène	µg/l	<0.50
	Toluène	µg/l	<1.00
	Ethylbenzène	µg/l	<1.00
	o-Xylène	µg/l	<1.00
	m+p-Xylène	µg/l	<1.00
Ethyl-tertio-butylether (ETBE)	Ethyl-tertio-butylether (ETBE)	µg/l	<5.00
Méthyl-Tertio-Butyl-Ether (MTBE)	MTBE	µg/l	<5.00

Annexe 3.

Toxicologie et physico-chimie des composés retenus

Cette annexe contient 62 pages.

1. Approche méthodologique

1.1 Identification des dangers

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

Tous les modes d'exposition seront traités en **effets chroniques**, correspondant à de longues durées d'exposition (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

1.2 Types d'effets distingués

Par chaque substance, différents effets toxiques peuvent être considérés. On distinguera dans le présent document les effets cancérogènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (ou tératogènes consistant à la modification de l'ADN en particulier), les effets sur la reproduction (reprotoxicité) des autres effets toxiques.

Différents organismes internationaux (l'OMS, l'Union Européenne et l'US-EPA) ont classés les effets suscités en catégories ou classes. Celles-ci sont présentées en page suivante. Seule la classification de l'Union Européenne a un caractère réglementaire. C'est également la seule qui classe les substances chimiques quant-à leur caractère mutagène et reprotoxique.

Les mentions de danger des substances sont présentées en préambule ainsi que les symboles (SGH01 à SGH09) qui les représentent. Ces mentions de danger sont liées au classement établi par l'Union Européenne.

Classification en termes de cancérogénicité

UE	US-EPA	CIRC
C1 (H350 ou H350i) : cancérogène avéré ou présumé l'être : C1A : Substance dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est avéré C1B : Substance dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est supposé	A : Preuves suffisantes chez l'homme	1 : Agent ou mélange cancérigène pour l'homme
C2 : Substance suspectée d'être cancérogène pour l'homme	B1 : Preuves limitées chez l'homme B2 : Preuves non adéquates chez l'homme et preuves suffisantes chez l'animal	2A : Agent ou mélange probablement cancérigène pour l'homme
Carc.3 : Substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles (R40)	C : Preuves inadéquates chez l'homme et preuves limitées chez l'animal	2B : Agent ou mélange peut-être cancérigène pour l'homme
	D : Preuves insuffisantes chez l'homme et l'animal E : Indications d'absence de cancérogénicité chez l'homme et chez l'animal	3 : Agent ou mélange inclassables quant-à sa cancérogénicité pour l'homme 4 : Agent ou mélange probablement non cancérigène chez l'homme -

Classification en termes de mutagénicité

UE	
M1 (H340) : Substance dont la capacité d'induire des mutations héréditaires est avérée ou qui sont à considérer comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains. Substance dont la capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains est avérée.	M1A : Classification fondée sur des résultats positifs d'études épidémiologiques humaines. Substance considérée comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains. M1B : Classification fondée sur des essais in vivo de mutagénicité sur des cellules germinales et somatiques et qui ont donné un ou des résultats positifs et sur des essais qui ont montré que la substance a des effets mutagènes sur les cellules germinales humaines, sans que la transmission de ces mutations à la descendance n'ait été établie.
M2 (H341) : Substance préoccupantes du fait qu'elle pourrait induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains.	

Classification en termes d'effets reprotoxiques

UE	
R1 (H360 ou H360F ou H360D ou H360FD ou H360Fd ou H360fD) : Reprotoxique avéré ou présumé	R1A : Substance dont la toxicité pour la reproduction humaine est avérée. La classification d'une substance dans cette catégorie s'appuie largement sur des études humaines.
	R1B : Substance présumée toxique pour la reproduction humaine. La classification d'une substance dans cette catégorie s'appuie largement sur des données provenant d'études animales.
R2 (H361 ou H361f ou H361d ou H361fd) : Substance suspectée d'être toxique pour la reproduction humaine. Les substances sont classées dans cette catégorie lorsque les résultats des études ne sont pas suffisamment probants pour justifier une classification dans la catégorie 1 mais qui font apparaître un effet indésirable sur la fonction sexuelle et la fertilité ou sur le développement.	

La toxicité pour la reproduction comprend l'altération des fonctions ou de la capacité de reproduction chez l'homme ou la femme et l'induction d'effets néfastes non héréditaires sur la descendance.

Les effets sur la fertilité masculine ou féminine recouvrent les effets néfastes sur :

- sur la libido,
- le comportement sexuel,
- les différents aspects de la spermatogenèse ou de l'oogénèse,
- l'activité hormonale ou la réponse physiologique qui perturberaient la fécondation
- la fécondation elle-même ou le développement de l'ovule fécondé.

La toxicité pour le développement est considérée dans son sens le plus large, perturbant le développement normal aussi bien avant qu'après la naissance.

Les produits chimiques les plus préoccupants sont ceux qui sont toxiques pour la reproduction à des niveaux d'exposition qui ne donnent pas d'autres signes de toxicité.

1.3 Relations dose-effet/dose-réponse

La dose est la quantité d'agent dangereux mise en contact avec un organisme vivant. Elle s'exprime généralement en milligramme par kilo de poids corporel et par jour (mg/kg/j).

La relation entre une dose et son effet est représentée par une grandeur numérique appelée Valeur Toxicologique de Référence (VTR). Etablies par diverses instances internationales ou nationales⁵ (Cf § H) sur l'analyse des connaissances toxicologiques animales et épidémiologiques, ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une dose et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose).

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu et pour des expositions chroniques, deux grands types d'effets sanitaires peuvent être distingués : **les effets à seuil** de dose (effets non cancérogènes et effets

⁵ ATSDR Toxicological Profiles (US Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

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

OMS. Guidelines for drinking-water quality.

INCHEM-IPCS (International Program on Chemical Safety, OMS)

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

cancérogènes à seuil⁶) et **les effets sans seuil** de dose (substances cancérogènes génotoxiques). Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

Pour les **effets à seuil de dose**, on dispose en pratique et dans le meilleur des cas :

- d'un niveau d'exposition sans effet observé (NOEL : no observed effect level),
- d'un niveau d'exposition sans effet néfaste observé (NOAEL : no observed adverse effect level),
- d'un niveau d'exposition le plus faible ayant entraîné un effet (LOEL : lowest observed effect level),
- le niveau d'exposition le plus faible auquel un effet néfaste apparaît (LOAEL : lowest observed adverse effect level).

Ces seuils sont issus d'expérimentations animales, d'études épidémiologiques ou d'essais de toxicologie clinique. A partir de ces seuils, des DJT (dose journalière tolérable) ou des CA (concentration admissible) applicables à l'homme sont définies en divisant les seuils précédents par des facteurs de sécurité liés aux types d'expérimentations ayant permis d'obtenir ces données. Les DJT et CA sont habituellement qualifiées de « valeur toxicologiques de références » (VTR).

Les **effets sans seuil de dose** sont exprimés au travers d'un indice représentant un excès de risque unitaire (ERU) qui traduit la relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer l'effet. Les ERU sont définis à partir d'études épidémiologiques ou animales. Les niveaux d'exposition appliqués à l'animal sont convertis en niveaux d'exposition équivalents pour l'homme.

Pour les effets à seuil de dose, les VTR sont exprimées en mg/kg/j pour l'ingestion et en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'inhalation, avec des dénominations variables selon les pays et les organismes, les principales dénominations sont reprises ci-dessous :

- DJT (dose journalière tolérable - France)
- RfD (Reference Dose – US-EPA)
- RfC (Reference Concentration – US-EPA)
- ADI (Acceptable Daily Intake – US-EPA)
- MRL (Minimum Reasonable Level - ATSDR)
- REL (Reference Exposure Level – OEHHA)
- TDI (Tolerable Daily Intake – RIVM)
- CAA (Concentration dans l'Air Admissible – OMS);

En France, la dénomination retenue par l'AFSSET⁷ (devenue ANSES⁸ depuis sa fusion avec l'AFSSA⁹ en juillet 2010) pour l'ensemble de ses valeurs est la dénomination générique « VTR » (Valeur Toxicologique de Référence)

Pour les effets sans seuil de dose, les VTR seront présentées sous formes d'excès de risque unitaire (ERU). Cet ERU représente la probabilité de survenue d'un effet cancérogène pour une exposition à une unité de dose donnée. Les dénominations proposées les plus classiques sont les suivantes :

- l'excès de risque unitaire lié à la voie d'exposition orale : ERUo en $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$,
- l'excès de risque unitaire par inhalation : ERUi en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$.

⁶ Cancérogènes épigénétiques ou non génotoxiques

⁷ AFSSET : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

⁸ ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

⁹ AFSSA : Agence Française de Sécurité sanitaire de l'Alimentation

1.4 Critères de choix des VTR

La note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués est prise en compte pour la sélection des VTR.

En l'absence de VTR établie par l'ANSES, en application de la note DGS/DGPR précitée, pour chaque substance, les différentes VTR actuellement disponibles seront recherchées de façon à discuter le choix réalisé sur les critères suivants :

- les valeurs issues d'études chez l'homme par rapport à des valeurs dérivées à partir d'études sur les animaux. Par ailleurs, la qualité de l'étude pivot sera également prise en compte (protocole, taille de l'échantillon, ...) ;
- les modes de calcul (degré de transparence dans l'établissement de la VTR) et les facteurs de sécurité appliqués constitueront également un critère de choix ;
- les valeurs issues d'organismes reconnus (européens ou autres).

Ainsi, en l'absence d'**expertise nationale** ou de VTR proposée par l'**Anses**, la VTR sera retenue selon l'ordre de priorité défini par la circulaire DGS/DGPR du 31/10/2014, à savoir :

- la VTR la plus récente parmi les trois bases de données : **US-EPA, ATSDR ou OMS** sauf s'il est fait mention par l'organisme de référence que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée.
- Puis, si aucune VTR n'était retrouvée dans les 4 bases de données (Anses, US-EPA, ATSDR et OMS), la VTR la plus récente proposée par **Santé Canada, RIVM, l'OEHA ou l'EFSA**.

1.5 VTR pour la voie cutanée

Lors de la réalisation d'évaluations des risques sanitaires en France, l'exposition cutanée n'est pas prise en compte, en raison de l'absence de valeurs toxicologiques de référence (VTR) et de méthodologie d'élaboration. Ainsi, l'INERIS a récemment travaillé sur la prise en compte de la voie cutanée et a proposé une méthode de construction de VTR pour des effets sensibilisants pour une exposition de la peau (INERIS, rapport DRC-07-85452-12062A, 2007).

A l'heure actuelle, l'INERIS continue son travail concernant les VTR pour des effets cutanés. L'objet de son rapport DRC-09-94380-01323A d'avril 2009, est d'ajuster la méthodologie précédemment proposée en prenant notamment en compte les recommandations du document guide développé pour la mise en oeuvre du règlement REACH relatif à une méthodologie d'établissement des DNEL (Derived No Effect Level) pour les effets sensibilisants. La méthodologie a été appliquée à trois substances sensibilisantes : l'hydroquinone, substance pour laquelle deux types de tests étaient disponibles (LLNA et GPMT) qui présentait ainsi une bonne étude de cas pour la méthodologie et le benzo(a)pyrène, substance couramment retrouvée en évaluation des risques. Le 3-méthyleugénol, faiblement sensibilisant, a également été étudié dans l'objectif d'avoir un aperçu sur l'étendue possible des valeurs des DNEL. Ces valeurs ne sont pas reprises dans le présent document.

In fine, BURGEAP applique la note DGS/DGPR d'octobre 2014 qui mentionne « en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, il ne doit être envisagé aucune transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire ».

1.6 Autres valeurs de comparaison utilisées

L'utilisation d'autres valeurs que les Valeurs Toxicologiques de Référence peut être réalisée parallèlement à la quantification des risques sanitaires. Ces autres valeurs permettent en effet de discuter de l'exposition des individus et d'estimer l'état des milieux, à savoir si un impact est mesuré (ou mesurable) ou non.

Ces valeurs de comparaison regroupent des valeurs réglementaires (France et Europe), des valeurs guide (OMS, INDEX, CHSPF) qui sont généralement des valeurs qui servent de point de départ à l'élaboration de

valeurs réglementaires et, dans le contexte particulier du code du travail, des valeurs limites pour l'exposition professionnelle (VLEP) qu'elles soient réglementaires ou indicatives. Les VLEP peuvent en effet avec les seuils olfactifs être des éléments de l'interprétation de l'état du milieu air en l'absence de toute autre valeur guide.

Ces valeurs ne sont en aucun cas (conformément à la note DGS/DGPR d'octobre 2014) utilisées pour évaluer les Quotient de Danger (QD) et excès de risques individuels (ERI) faisant référence à une évaluation des risques sanitaires. Ces valeurs appelées valeurs de comparaison constituent des critères de gestion.

1.6.1 Valeurs réglementaires

► Milieu EAU

Pour le milieu eau, les valeurs réglementaires pour les eaux potables issues de la réglementation française (décret 2007-49 et arrêté du 11 janvier 2007) mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique sont utilisées.

Les valeurs réglementaires existantes constituent les critères de gestion des eaux à vocation alimentaire (donc la valeur limite de concentrations des eaux au robinet des habitations), à ce titre, il n'est pas approprié d'établir un autre critère de gestion pour les eaux de nappe qui ont vocation à être utilisées à des fins alimentaires directement (ingestion de l'eau d'un puits sans traitement) ou indirectement (ingestion de l'eau après traitement, ingestion de produits alimentaires arrosés avec l'eau de nappe, etc.). Sont également présentées les limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinées à la consommation humaine issues de ce même décret.

Au niveau Européen, la directive de la communauté européenne : Directive de la CE (03/11/98) donnent également la majorité des valeurs françaises.

Pour la baignade les valeurs réglementaires définies dans le décret n°2003-462 du 21 mai 2003 **relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé (articles 1332, annexe 13-5) sont retenues.**

NB : Un travail interne est actuellement en cours concernant la diffusion des Normes de qualité environnementales (NQE)

► Milieu AIR

Le Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 transpose la directive européenne 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe et précise notamment les nouvelles normes à appliquer.

Ces valeurs réglementaires françaises sont établies pour l'air atmosphérique extérieur, pour des durées d'exposition (3h, 24h ou vie entière) et sur la base de moyennes horaires, journalières ou annuelles. On distingue 5 niveaux de **valeurs réglementaires** :

- Objectif de qualité : niveau de concentration à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.
- Valeur cible : niveau de concentration à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
- Valeur limite pour la protection de la santé : niveau de concentration à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
- Seuil d'information et de recommandation : niveau de concentration au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

- Seuil d'alerte de la population : niveau de concentration au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Des valeurs réglementaires françaises existent pour le monoxyde de carbone, le benzène, le benzo(a)pyrène, les PM10 et PM2.5, dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, arsenic, cadmium, nickel et plomb.

Enfin, pour l'air intérieur des ERP (Etablissement recevant du public) des valeurs guides réglementées en France ont été mises en place, elles sont reprises dans le présent document. La loi du 1^{er} août 2008 relative à la responsabilité environnementale oblige à définir des « valeurs-guides pour l'air intérieur » dans les ERP. Le décret **n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur** y pourvoit pour le formaldéhyde, gaz incolore principalement utilisé pour la fabrication de colles, liants ou résines, et pour le benzène, substance cancérigène aux effets hématologiques issue de phénomènes de combustion (gaz d'échappement, cheminée, cigarette, etc.). La valeur-guide pour le formaldéhyde est fixée pour une exposition de longue durée à 30 µg/m³ au 1^{er} janvier 2015 et à 10 µg/m³ au 1^{er} janvier 2023. La valeur-guide pour le benzène est fixée pour une exposition de longue durée à 5 µg/m³ au 1^{er} janvier 2013 et à 2 µg/m³ au 1^{er} janvier 2016.

► Autres milieux

D'autres milieux sont concernés par des valeurs réglementaires en France (dans le domaine alimentaire par exemple). Celles-ci ne sont pas détaillées ici mais constituent au même titre que les concentrations dans l'eau et l'air des valeurs de gestion.

1.6.2 Valeurs guides

Les valeurs guides peuvent porter sur le milieu eau, air, sol et matrices alimentaires (animales, végétales). Ces valeurs, bien que reposant sur des critères sanitaires sont considérées comme des valeurs de gestion, et ne constituent pas, stricto sensu, des valeurs toxicologiques de référence.

► OMS –Eaux potables

L'OMS édite un ouvrage intitulé « Guidelines for drinking water quality » qui reprend les valeurs guides pour les eaux potables de nombreuses substances. Cet ouvrage régulièrement mis à jour est actuellement à sa 4^{ème} édition, elle date de 2011.

► OMS –Air et air intérieur

Le bureau Europe de l'Organisation Mondiale de la Santé a publié en 2000 un document intitulé « Air Quality Guidelines in Europe » [WHO 2000]¹⁰ dans lequel figurent des valeurs guides pour la qualité de l'air.

L'objet de ce guide est de fournir une base pour la protection de la santé publique contre les effets néfastes des polluants atmosphériques, dans la perspective d'une cessation ou d'une réduction de l'exposition aux polluants qui nuisent certainement ou probablement à la santé ou au bien-être. Ce guide présente des informations générales et des conseils aux autorités internationales, nationales et locales qui souhaitent évaluer les risques et prendre des décisions concernant leur gestion. Ce guide établit des niveaux de polluants au-dessous desquels l'exposition (à vie ou pendant une période donnée) ne représente pas de risque important pour la santé publique.

En ce qui concerne les polluants abordés, les sections relatives à l'évaluation des risques pour la santé et aux valeurs-guides exposent les considérations les plus pertinentes qui ont conduit à l'adoption des valeurs-guides recommandées.

Certains polluants ont été revus par l'OMS en 2005 (WHO air quality guidelines, global update, 2005)¹¹. Cette révision s'appuie sur l'ensemble des connaissances acquises ces dernières années (études épidémiologiques notamment).

¹⁰ WHO. Air Quality Guidelines. Second edition WHO Regional Publications, European Series, No. 91.2000, 273 pages.

¹¹ WHO. Air Quality Guidelines. Global update 2005. Report on a working group meeting. Bonn, Germany. 18-20 october 2005.

Enfin, en 2010, l'OMS a publié un document intitulé « WHO guidelines for indoor air quality » [WHO 2010] dans lequel figurent des valeurs guides spécifiques pour la qualité de l'air intérieur.

► INDEX – Air intérieur

Le rapport final du projet INDEX : « Critical Appraisal of the setting and implementation of indoor exposures limits in the EU », 2005 élaboré par l'institut de la protection de la santé et du consommateur propose des valeurs guide pour l'air intérieur.

Les substances listées dans ce document sont le benzène, le toluène, les xylènes, le styrène, le naphtalène, l'acétaldéhyde, le formaldéhyde, le dioxyde de carbone, le dioxyde d'azote, l'ammoniac, le limonène, l'alpha pinène.

Les informations sur les expositions, la toxicité et la caractérisation du risque ont conduit les membres du projet à donner des recommandations quant aux expositions dans l'air intérieur à ne pas dépasser pour différentes durées.

► ANSES – Air intérieur

L'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail) a pour mission de contribuer à assurer la sécurité sanitaire humaine dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation, notamment en mobilisant une expertise scientifique et technique pluridisciplinaire nécessaire à l'évaluation des risques.

Pour faire face à l'enjeu que représente la qualité de l'air intérieur et apporter aux pouvoirs publics des informations utiles à la gestion de ce risque, l'ANSES s'est auto-saisie en octobre 2004, de l'élaboration de valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI) en France. Elles sont exclusivement construites sur des critères sanitaires. Elles sont exprimées sous forme de concentration dans l'air, associée à un temps d'exposition (VGAI court terme, VGAI long terme, VGAI intermédiaire), en dessous de laquelle aucun effet sanitaire, aucune nuisance, ou aucun effet indirect important sur la santé n'est en principe attendu pour la population générale.

Dans le cadre de substances dont les effets se manifestent sans seuil de dose, les VG sont exprimées sous la forme de niveaux de risque correspondant à une probabilité de survenue de la maladie.

En décembre 2014, date de la mise à jour de ce document, 11 polluants d'intérêt de l'air intérieur ont fait l'objet d'une expertise de l'Anses sur les VGAI.

Voir : <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualit%C3%A9-d%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-vgai>

► CSHPF et HCSP

Le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) est une instance d'expertise scientifique et technique, placée auprès du ministre chargé de la santé. Cette instance a un rôle d'évaluation et de gestion des risques pour la santé de l'homme. Le CSHPF peut être consulté lorsque se posent des problèmes sanitaires. Les avis et les recommandations émis par le CSHPF constituent une base essentielle à la prise de décision en santé publique et peuvent également servir d'appui à l'élaboration de textes réglementaires.

Les avis et rapports du CSHPF sont consultables sur le site suivant : <http://www.sante.gouv.fr/avis-et-rapports-du-cshpf.html>

Le Haut Conseil de la santé publique a été officiellement installé le 14 mars 2007. Ses 105 membres ont élu leur président et leur vice-président. Le HCSP est une instance d'expertise créée par la Loi relative à la politique de santé publique du 9 août 2004. Il reprend, en les élargissant, les missions du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) et celles du Haut Comité de la santé publique.

Les avis et rapports du HCSP sont consultables sur le site suivant :

<http://www.hcsp.fr/explore.cgi/accueil?ae=accueil>

1.6.3 Les valeurs limites du code du travail

Ces valeurs sont des valeurs de gestion utilisées dans le domaine du travail (par exemple au sein d'une ICPE).

En derniers recours et en absence totale de VTR et d'autres valeurs guide dans la littérature, l'utilisation de valeurs limites en milieu professionnel (Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle : VLEP) permet une intégration de la substance à l'étude d'impact.

En effet, lorsque la substance présente un potentiel toxique avéré mais que l'on ne dispose pas de valeur repère, un niveau d'exposition peut toutefois être mesuré. Il peut alors être pertinent de comparer cette exposition à d'autres valeurs d'exposition que les VTR, à savoir celles définies comme valeurs limites en milieu professionnel. Les valeurs limite d'exposition en milieu de travail, établies pour protéger les travailleurs, sont des valeurs de référence qui fournissent des repères chiffrés d'appréciation de la qualité de l'air de ces lieux.

Il est important de noter que les VLEP ne garantissent pas l'absence d'effet sur la santé et doivent être considérées comme des objectifs minimaux. En effet, l'INRS définit les VLEP d'un composé chimique comme « la concentration dans l'air que peut respirer une personne pendant un temps déterminé sans risque d'altération pour sa santé, même si des modifications physiologiques réversibles sont parfois tolérées ». De plus, il est communément admis que la fixation des VLEP intègre non seulement des critères scientifiques et techniques, mais également sociaux et économiques voir psychologiques.

Conformément à la note DGS/DGPR d'octobre 2014, aucune quantification du risque ne sera réalisée en se basant sur ces valeurs, construites pour une situation professionnelle et ne s'adaptant pas à une population non professionnelle dont la structure est totalement différente (présence d'enfants et de populations fragiles).

Ces niveaux ou valeurs limites d'exposition professionnelles (VLEP) sont :

- soit des valeurs limites admises (VL) à caractère indicatif ;
- soit des valeurs limites réglementaires (VR) :
 - indicatives (VRI) : elles sont fixées par arrêté en application de l'article R232-5-5 du code du travail. L'arrêté du 30 juin 2004 modifié par l'arrêté du 26 octobre 2007 donne une première liste de valeurs limites réglementaires indicatives en transposant la directive 2000/39/CE.
 - contraignantes (VRC). Ces valeurs ont un statut différent, en ce sens qu'elles ont fait l'objet de décrets en conseil d'état et fixées par le décret n°2007-1539 du 26 octobre 2007 (58 substances au total).
- Soit des valeurs limites recommandées par la caisse nationale d'assurance maladie (CNAM). Ces valeurs ont été adoptées par un comité technique national (CTN) ou par le comité central de coordination (CCC).

1.7 Organismes consultés pour la recherche de VTR

Les bases de données consultées pour la recherche des VTR sont les suivantes (présentée dans l'ordre de priorité préconisé par la note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) :

- **Anses** (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail).
- **US EPA** (United States Environmental Protection Agency – Etat Unis) dont dépend la base de données **IRIS** – Integrated Risk Information System).
- **ATSDR** (Agency for Toxic Substances and Disease Registry – Etats-Unis).
- **OMS** (Organisation Mondiale de la Santé – Bureau régional de l'Europe)/**IPCS** (International Program on Chemical Safety).

Ces organismes établissent leurs propres VTR à partir d'études expérimentales ou épidémiologiques. Les valeurs issues de ces bases de Données sont des données à caractère national mais elles sont internationalement reconnues..

Viennent ensuite les organismes pour lesquels la transparence dans l'établissement des valeurs n'est pas toujours adaptée à la sélection de leur VTR :

- **Health Canada = Santé canada** (Ministère Fédéral de la Santé – Canada),
- **RIVM** (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu – Institut National de Santé Publique et de l'Environnement – Pays Bas),
- **OEHHA** (Office of Environmental Health Hazard Assessment of Californie – Etat Unis) qui établit également ces propres VTR. L'OEHHA se base souvent sur les mêmes études que l'US EPA mais les VTR sont souvent plus conservatoires.
- **EFSA** (European Food Safety Authority).

Des recueils de données sont consultés par ailleurs car ils regroupent les VTR des différents organismes cités ci-avant. Ce sont :

- **Furetox** (Faciliter l'Usage des REsources TOXicologique), base de données française réalisée en partenariat avec l'Institut de Veille sanitaire, l'ARS Nord Pas de Calais et l'ARS Ile de France.
- **TERA** (toxicology excellence for risk assessment), base de données **de ITER** (International Toxicity Estimates for Risk Database), établit une synthèse des données toxicologiques issues des autres bases de données.
- **INERIS** (Institut National de l'Environnement Industriel et des risques - France), établit des fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques qui synthétisent notamment l'ensemble des données toxicologiques issues des autres bases de données - à l'heure actuelle ce programme contient une cinquantaine de fiches.
- **IPCS INCHEM** (International Programme on Chemical Safety) : Portail d'accès à de nombreux sites dont le **CIRC** (Centre International de Recherche sur de Cancer), le **JEFCA** ([Joint Expert Committee on Food Additives](#)) et autres instances internationales.

Le recueil de donnée **RAIS** (Risk Assessment Information System – Etat Unis) reprenant les valeurs des autres organismes américains, en particulier du **NTP** (National Toxicology Program) et de **IRIS** de l'US EPA, n'est pas considéré compte tenu de l'absence de toute transparence dans les valeurs affichées.

1.8 Symboles et phrases de risques

Le SGH ou Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques est un ensemble de recommandations élaborées au niveau international. Il vise à harmoniser les règles de classification des produits chimiques et de communication des dangers (étiquettes, fiches de données de sécurité). En Europe, dans les secteurs du travail et de la consommation, le SGH est mis en application via le règlement CLP. Le nouveau règlement européen CLP (*Classification, Labelling and Packaging*) 1272/2008 du 16 décembre 2008 relatif à la classification à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges et modifiant les directives 67/548/CEE, 1999/45/CE et le règlement 1907/2006 a été publié le 31 décembre 2008 au Journal officiel de l'Union européenne.

Le règlement CLP est entré en vigueur le **20 janvier 2009**. Il prévoit néanmoins une période de transition durant laquelle l'ancien et le nouveau système de classification et d'étiquetage coexisteront. Sauf dispositions particulières prévues par le texte, la mise en application du nouveau règlement devient obligatoire à partir du **1er décembre 2010** pour les **substances** et du **1er juin 2015** pour les **mélanges**. Il est à souligner que, pour éviter toute confusion, les produits ne peuvent porter de double étiquetage. Au 1er juin 2015, le système préexistant sera définitivement abrogé et la nouvelle réglementation sera la seule en vigueur.

Les principales nouveautés pour l'étiquette de sécurité sont l'apparition de nouveaux pictogrammes de danger, de forme losange et composés d'un symbole noir sur un fond blanc bordé de rouge, et l'ajout de mention d'avertissement indiquant la gravité du danger ("DANGER", pour les produits les plus dangereux, et "ATTENTION"). Les étiquettes comporteront également des mentions de danger (ex: "Mortel par inhalation") en remplacement des phrases de risque (phrases R) et des nouveaux conseils de prudence (ex: "Éviter tout contact avec les yeux, la peau ou les vêtements").

Les nouveaux pictogrammes sont les suivants :



► **Symboles de danger :**

- **SHG01 : Explosif** (ce produit peut exploser au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, d'un choc ou de frottements).
- **SGH02 : Inflammable** (Le produit peut s'enflammer au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, de frottements, au contact de l'air ou au contact de l'eau en dégageant des gaz inflammables).
- **SGH03 : Comburant** (peut provoquer ou aggraver un incendie – peut provoquer une explosion en présence de produit inflammable).
- **SGH04 : Gaz sous pression** (peut exploser sous l'effet de la chaleur (gaz comprimé, liquéfié et dissous) – peut causer des brûlures ou blessures liées au froid (gaz liquéfiés réfrigérés)).
- **SGH05 : Corrosif** (produit qui ronge et peut attaquer ou détruire des métaux – peut provoquer des brûlures de la peau et des lésions aux yeux en cas de contact ou de projection).
- **SGH06 : Toxique ou mortel** (le produit peut tuer rapidement – empoisonne rapidement même à faible dose).

- **SGH07 : Dangereux pour la santé** (peut empoisonner à forte dose – peut irriter la peau, les yeux, les voies respiratoires – peut provoquer des allergies cutanées – peut provoquer somnolence ou vertige – produit qui détruit la couche d’ozone).
- **SGH08 : Nuit gravement pour la santé** (peut provoquer le cancer, modifier l’ADN, nuire à la fertilité ou au fœtus, altérer le fonctionnement de certains organes – peut être mortelle en cas d’ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires – peut provoquer des difficultés respiratoires ou des allergies respiratoires).
- **SGH09 : Dangereux pour l’environnement** (produit polluant – provoque des effets néfastes à court et/ou long terme sur les organismes des milieux aquatiques).

Le CLP reprend les 27 classes de danger définies par le SGH. Il définit également une « classe de danger supplémentaire pour l’Union européenne », à savoir la classe de danger « dangereux pour la couche d’ozone ».

► Classes de danger :

- 16 classes de danger physique :
 - explosibles
 - gaz inflammables
 - aérosols inflammables
 - gaz comburants
 - gaz sous pression
 - liquides inflammables
 - matières solides inflammables
 - substances et mélanges autoréactifs
 - liquides pyrophoriques
 - matières solides pyrophoriques
 - substances et mélanges auto-échauffants
 - substances et mélanges qui, au contact de l’eau, dégagent des gaz inflammables
 - liquides comburants
 - matières solides comburantes
 - peroxydes organiques
 - substances ou mélanges corrosifs pour les métaux
- 10 classes de danger pour la santé
 - toxicité aiguë
 - corrosion cutanée/irritation cutanée
 - lésions oculaires graves/irritation oculaire
 - sensibilisation respiratoire ou cutanée
 - mutagénicité sur les cellules germinales
 - cancérogénicité
 - toxicité pour la reproduction
 - toxicité spécifique pour certains organes cibles-exposition unique
 - toxicité spécifique pour certains organes cibles-exposition répétée
 - danger par aspiration

- 2 classes de danger pour l'environnement
 - dangers pour le milieu aquatique
 - dangereux pour la couche d'ozone

Par ailleurs, au niveau national, est présentée également la liste des mentions de danger et les informations additionnelles sur les dangers (H et EUH) qui remplacent les phrases de risques. Ils sont extraits du règlement CLP modifiants et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n°1907/2006.

► Mentions de danger :

- 28 mentions de danger physique :
 - H200 : Explosif instable
 - H201 : Explosif ; danger d'explosion en masse
 - H202 : Explosif ; danger sérieux de projection
 - H203 : Explosif ; danger d'incendie, d'effet de souffle ou de projection
 - H204 : Danger d'incendie ou de projection
 - H205 : Danger d'explosion en masse en cas d'incendie
 - H220 : Gaz extrêmement inflammable
 - H221 : Gaz inflammable
 - H222 : Aérosol extrêmement inflammable
 - H223 : Aérosol inflammable
 - H224 : Liquide et vapeurs extrêmement inflammables
 - H225 : Liquide et vapeurs très inflammables
 - H226 : Liquide et vapeurs inflammables
 - H228 : Matière solide inflammable
 - H240 : Peut exploser sous l'effet de la chaleur
 - H241 : Peut s'enflammer ou exploser sous l'effet de la chaleur
 - H242 : Peut s'enflammer sous l'effet de la chaleur
 - H250 : S'enflamme spontanément au contact de l'air
 - H251 : Matière auto-échauffante ; peut s'enflammer
 - H252 : Matière auto-échauffante en grandes quantités ; peut s'enflammer
 - H260 : Dégage au contact de l'eau des gaz inflammables qui peuvent s'enflammer spontanément
 - H261 : Dégage au contact de l'eau des gaz
 - H270 : Peut provoquer ou aggraver un incendie ; comburant
 - H271 : Peut provoquer un incendie ou une explosion ; comburant puissant
 - H272 : Peut aggraver un incendie ; comburant
 - H280 : Contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur
 - H281 : Contient un gaz réfrigéré ; peut causer des brûlures ou blessures cryogéniques
 - H290 : Peut être corrosif pour les métaux

- 38 mentions de danger pour la santé
 - H300 : Mortel en cas d'ingestion
 - H301 : Toxique en cas d'ingestion
 - H302 : Nocif en cas d'ingestion
 - H304 : Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires
 - H310 : Mortel par contact cutané
 - H311 : Toxique par contact cutané
 - H312 : Nocif par contact cutané
 - H314 : Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves
 - H315 : Provoque une irritation cutanée
 - H317 : Peut provoquer une allergie cutanée
 - H318 : Provoque des lésions oculaires graves
 - H319 : Provoque une sévère irritation des yeux
 - H330 : Mortel par inhalation
 - H331 : Toxique par inhalation
 - H332 : Nocif par inhalation
 - H334 : Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation
 - H335 : Peut irriter les voies respiratoires
 - H336 : Peut provoquer somnolence ou vertiges
 - H340 : Peut induire des anomalies génétiques <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
 - H341 : Susceptible d'induire des anomalies génétiques <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
 - H350 : Peut provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
 - H351 : Susceptible de provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
 - H360 : Peut nuire à la fertilité ou au fœtus <indiquer l'effet spécifique s'il est connu> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
 - H361 : Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus <indiquer l'effet s'il est connu> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
 - H362 : Peut être nocif pour les bébés nourris au lait maternel
 - H370 : Risque avéré d'effets graves pour les organes <ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
 - H371 : Risque présumé d'effets graves pour les organes <ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
 - H372 : Risque avéré d'effets graves pour les organes <indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>

- H373 : Risque présumé d'effets graves pour les organes <indiquer tous les organes affectés, s'ils sont connus> à la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>

Pour certaines mentions de danger pour la santé des lettres sont ajoutées au code à 3 chiffres :

- H350i : Peut provoquer le cancer par inhalation
- H360F : Peut nuire à la fertilité
- H360D : Peut nuire au fœtus
- H361f : Susceptible de nuire à la fertilité
- H361d : Susceptible de nuire au fœtus
- H360FD : Peut nuire à la fertilité. Peut nuire au fœtus
- H361fd : Susceptible de nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au fœtus
- H360Fd : Peut nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au fœtus
- H360Df : Peut nuire au fœtus. Susceptible de nuire à la fertilité.
- 5 mentions de danger pour l'environnement
 - H400 : Très toxique pour les organismes aquatiques
 - H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
 - H411 : Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
 - H412 : Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
 - H413 : Peut être nocif à long terme pour les organismes aquatiques

► Informations additionnelles sur les dangers de certaines substances et certains mélanges :

- 6 informations additionnelles sur les propriétés physiques des dangers
 - EUH 001 : Explosif à l'état sec
 - EUH 006 : Danger d'explosion en contact ou sans contact avec l'air
 - EUH 014 : Réagit violemment au contact de l'eau
 - EUH 018 : Lors de l'utilisation, formation possible de mélange vapeur-air inflammable/explosif
 - EUH 019 : Peut former des peroxydes explosifs
 - EUH 044 : Risque d'explosion si chauffé en ambiance confinée
- 6 informations additionnelles sur les propriétés sanitaires des dangers
 - EUH 029 : Au contact de l'eau, dégage des gaz toxiques
 - EUH 031 : Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique
 - EUH 032 : Au contact d'un acide, dégage un gaz très toxique
 - EUH 066 : L'explosion répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau
 - EUH 070 : Toxique par contact oculaire
 - EUH 071 : Corrosif pour les voies respiratoires
- 14 informations additionnelles sur les propriétés environnementales des dangers
 - EUH 059 : Dangereux pour la couche d'ozone
 - EUH 201 : Contient du plomb. Ne pas utiliser sur les objets susceptibles d'être mâchés ou sucés par des enfants

- EUH 201A : Attention! Contient du plomb
- EUH 202 : Cyanoacrylate. Danger. Colle à la peau et aux yeux en quelques secondes. À conserver hors de portée des enfants
- EUH 203 : Contient du chrome (VI). Peut déclencher une réaction allergique
- EUH 204 : Contient des isocyanates. Peut produire une réaction allergique
- EUH 205 : Contient des composés époxydiques. Peut produire une réaction allergique
- EUH 206 : Attention! Ne pas utiliser en combinaison avec d'autres produits. Peut libérer des gaz dangereux (chlore)
- EUH 207 : Attention! Contient du cadmium. Des fumées dangereuses se développent pendant l'utilisation. Voir les informations fournies par le fabricant. Respectez les consignes de sécurité
- EUH 208 : Contient <nom de la substance sensibilisante>. Peut produire une réaction allergique
- EUH 209 : Peut devenir facilement inflammable en cours d'utilisation
- EUH 209A : Peut devenir inflammable en cours d'utilisation
- EUH 210 : Fiche de données de sécurité disponible sur demande
- EUH 401 : Respectez les instructions d'utilisation

1.9 Définition des COV

Les COV constituent un ensemble complexe. Sont regroupés sous cette appellation plusieurs centaines de composés ayant des sources d'émission, des caractéristiques, des effets et un degré de connaissance pouvant être très différents. Les COV sont des composés organiques (molécules qui peuvent contenir des atomes H et C mais aussi d'autres éléments tels que O, N, Cl, F, P, S, ...et des métaux et/ou des métalloïdes).

La définition des « COV » a évolué et reste différente entre les versions de la réglementation française et américaine par exemple. En France, la définition des « COV » est donnée par l'arrêté ministériel du 2 février 1998 définit les Composés Organiques Volatils (COV) ainsi :

« Tous les composés contenant du carbone et de l'hydrogène, dans lesquels l'hydrogène peut être partiellement ou totalement remplacé par des halogènes, du soufre ou de l'azote, à l'exception des oxydes de carbones et des carbonates. Les COV ont une pression de vapeur supérieure ou égale à 0,01 kPa à 293.15°K (20°C). ».

2. Substances

2.1 Les hydrocarbures (approche du TPHCWG et MADEP)

2.1.1 Propriétés intrinsèques

Le terme « hydrocarbures » constitue un nom générique pour rendre compte de nombreux mélanges de substances présentant des chaînes carbone-hydrogène. Les mélanges tels que les essences, fioul, huiles, etc. sont composés de plusieurs hydrocarbures en proportions différentes ; les propriétés physico-chimiques et toxicologiques de ces mélanges dépendent ainsi des proportions dans le mélange considéré.

Les hydrocarbures sont des liquides visqueux souvent odorants qui peuvent migrer dans les différents compartiments du système écologique. Le seuil olfactif dépend également de la composition des hydrocarbures, pour les solvants (de type white spirit à partir de C8), il est de l'ordre du ppm (INRS, fiche toxicologique FT94), soit entre 4 et 8 mg/m³. Pour l'hexane, l'heptane, etc (hydrocarbures aliphatiques inférieurs à C8), le seuil olfactif est plus élevé : de l'ordre de 150 ppm (INRS) soit l'ordre de 600 mg/m³.

Dans le cas d'une pollution complexe par des hydrocarbures les risques sanitaires non cancérogènes potentiellement induits peuvent être traités de deux manières :

- soit par substance (par exemple le méthane, les BTEX, etc.) mais les composés présents dans la famille de produits que constitue les hydrocarbures (avec des nombre de carbones allant de 6 à plus de 40) ne peuvent tous être analysés, les identifications de danger ne sont pas toutes étudiées ;
- soit en appliquant la méthode du TPHCWG¹² qui considère que les produits de nature chimique proche (aliphatiques ou aromatiques) ayant les mêmes températures d'ébullition se comporteront de manière similaire. Cette méthode permet de traiter conjointement des ensembles de composés et non chaque produit pris séparément.

Les familles de produits sont définies (6 familles pour les aliphatiques et 7 pour les aromatiques – dont le benzène et le toluène pris séparément). Pour chacune d'elle le TPHCWG a établi des caractéristiques physico-chimiques (une solubilité, une constante de Henry, etc.) et des valeurs toxicologiques pour les voies orale et inhalation.

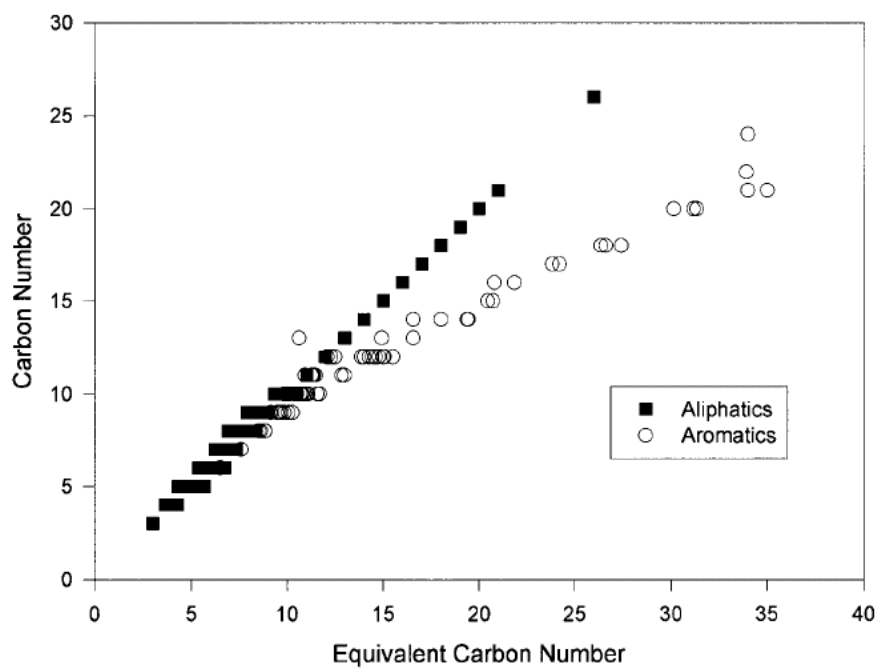
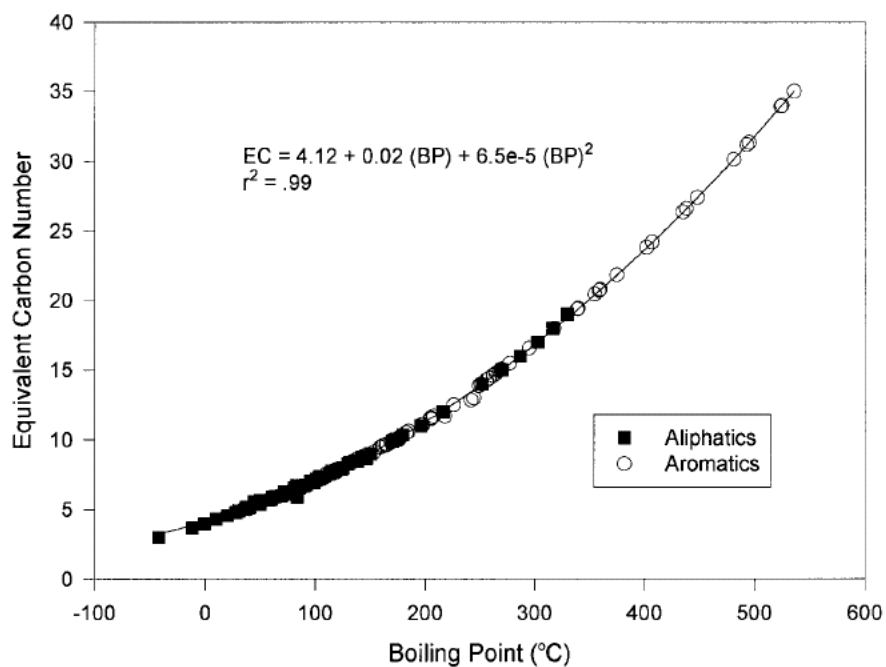
► Caractéristiques des classes d'hydrocarbures du TPHCWG

Les classes d'hydrocarbures sont définies à partir du nombre de carbones équivalents « nC » des substances considérées. Le tableau ci-dessous présente une synthèse non exhaustive des substances prises en compte dans chaque fraction (volume 3 du TPHWG).

Les deux figures ci-après donnent la méthode de calcul du nombre de carbone équivalent (en référence à la température d'ébullition de la substance) et la corrélation entre nombre de carbones (C) et nombre de carbone équivalent (EC). Par la suite BURGEAP utilise l'abréviation « nC » à la place de « EC ».

Le tableau donné à la suite reprend pour les différentes classes définies par le TPHCWG les principales substances contenues dans ces classes.

¹² Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group



Classes définies par le TPHCWG en nombre de carbone équivalent	Substances associées aux classes définies (C= nombre de carbone; nC= nombre de carbone équivalent)
Aliphatic nC>5-nC6	n-pentane (C= 5; nC=5), n-hexane (C=6 ; nC=6), penten , methyl-butane
Aliphatic nC>6-nC8	N-heptane, n-octane, hexen, heptene, methyl-butane, methyl-pentane, methyl-hexane, methyl-heptane,
Aliphatic nC>8-nC10	N-nonane, n-decane, octene, nonene, decene, methyl-hexane, methyl-heptane,ethyl-heptane, ethyl-heptane, methyl-octane, methyl-nonane
Aliphatic nC>10-nC12	n-undecane, n-docecane,
Aliphatic nC>12-nC16	n-tridecane, jqa n-hexadecane
Aliphatic nC>16-nC35	Heptan, nona, octa-decane, eicosane, hen et hex- eicosane,
Aliphatic >nC35	Non définis
Aromatic nC>5-nC7 benzène	Benzène (C= 6; nC=6.5)
Aromatic nC>7-nC8 toluène	Toluène (C= 7; nC=7.58)
Aromatic nC>8-nC10	Ethylbenzène (C= 8; nC=8.5), xylènes (C= 8; nC=8.6 à 8.8), isopropyl-benzène (C= 9; nC=9.13), qq méthyl- ,1.2.3, 1.2.4 et 1.3.5 triméthyl-benzène (C=9 ; nC=9.5 à 9.8), qq butyl-benzènes (C=10 ; nC=9.8 à 9.9)
Aromatic nC>10-nC12	Naphtalène (C= 10; nC=11.7), methyl-lindan (C= 11; nC=11.3), Indan (C=9 ; nC=10.3) 1.2.3Triméthyl-benzène (C=9 ; nC=10.1), Methyl-propyl-benzène (C=10 ; nC=10.1), Diethyl-benzène (C= 10; nC=10.4), Dimethyl-ethyl-benzène (C= 10; nC=10.5 à 10.9), methyl-butyl-benzène (C= 11; nC=10.9), tetraméthyl-benzène (C= 10; nC=11.1 à 11.6), n-pentyl-benzène (C=11 ; nC=11.5)
Aromatic nC>12-nC16	Methyl-naphtalène (C= 11; nC=12.9), Ethyl-naphtalène (C=12 ; nC=14 à 14.4), Dimethylnaphtalène (C=12 ; nC=13 à 15) Acenaphtylène (C=12 ; nC=15.1), Acénaphtène (C=12 ; nC=15.5) Triethyl-benzène (C= 12; nC=12.1 à 12.3), n-hexyl-benzène (C= 12; nC=12.5), Biphenyl (C= 12; nC=14.3), Methyl-biphenyl (C=13 ; nC=14.9),
Aromatic nC>16-nC21	Fluorene(C= 13; nC=16.55), Phenantrene(C=14 ; nC=19.4), Anthracene(C= 14; nC=19.4), methyl-fluorene(C= 14; nC=18), Methyl-anthracene(C= 15; nC=20.5), methyl-phenantrene (C= 15; nC=20.7), Pyrene(C=16 ; nC=20.8),
Aromatic nC>21-nC35	Fluoranthene (C=16 ; nC=21.9), BenzoFluorene (C= 17; nC=24), Benzo(a)Anthracene (C=18 ; nC=26.4), Chrysene (C= 18; nC=27.4), Benzo(b)Fluornathène (C= 20; nC=30.1), Benzo(k)Fluoranthène (C= 20; nC=30.1), Perylene (C= 20; nC=31.3), BaP (C= 20; nC=31.3), Indeno(1,2,3,cd)pyrene (C=21; nC=35), B(ghi)P (C= 21; nC=34), Dibenz-anthracene (C= 22; nC=34),

Les caractéristiques physicochimiques définies par le TPHCWG sont propres à chacune des classes prédéfinies.

► Voies d'exposition et absorption

Les voies d'exposition principales varient en fonction de la classe d'hydrocarbures considérée. En effet, pour les plus volatils, la voie principale est l'inhalation, tandis que pour les familles d'hydrocarbures à nombre de carbone supérieur à 16, la voie principale d'exposition est l'ingestion et le contact cutané.

Les taux d'absorption ne sont pas connus par classes d'hydrocarbures, nous considérerons que le taux d'absorption par voie orale est de 100% et de 10% par voie cutanée (en référence à la base de donnée de RISC 4.0). On notera cependant que le MADEP fournit des taux pour le contact cutané en fonction des classes qui varient de 10% à 100%.

2.1.2 Valeurs guides

Le décret 2007-49 (et articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique) ne présente pas de limite de qualité des eaux pour la consommation humaine pour les hydrocarbures au sens large.

La concentration limite dans les eaux brutes destinées à produire de l'eau potable issue de ce même texte réglementaire est de 1000 µg/l pour la somme des hydrocarbures.

Le décret n°2003-462 du 21 mai 2003 **relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé (articles 1332, annexe 13-5) propose une valeur guide de 300 µg/l pour les huiles minérales précisant que les eaux ne devront pas présenter de film en surface et d'odeurs.**

L'OMS (Guidelines for drinking water quality, 2011) ne propose pas de valeur guide pour les eaux potables des hydrocarbures considérant que les hydrocarbures aromatiques les plus solubles seront détectables par le goût et l'odeur (à partir de quelques µg/l pour les alkylbenzène et alkylnaphtalènes) avant de présenter un risque aigu pour les populations. Cependant, l'OMS précise également que si une évaluation des risques est nécessaire, la prise en compte des relations doses-réponse des différentes classes du TPHCWG est approprié en considérant que l'eau de boisson intervient pour 10 % de la dose journalière acceptable (TDI).

Dans le précédent décret français (décret 89-3), la concentration admissible dans les eaux de boisson en France était de 10 µg/l.

Dans les sols et l'air, on ne dispose pas de valeur guide réglementaire.

2.1.3 Profil toxicologique

► Classement

Le symbole classant les hydrocarbures de type white spirit, essences spéciales, solvants aromatiques légers, pétroles lampants (kérosène) est **SGH08**.

Les mentions de danger¹³ qui les représentent sont pour tout type d'hydrocarbures confondu : **H350, H340 et H304**.

► Effets Mutagènes ; Effets sur la reproduction ; Effets cancérigènes

Selon la réglementation européenne :

- Le White spirit est classé **C1B** et **M1B**
- Les essences spéciales sont classées **C1B** et **M1B**
- Les solvants aromatiques lourds et légers ne sont pas classés
- Le pétrole lampant n'est pas classé

¹³ Les définitions de ces symboles et mentions de danger sont données dans le chapitre général méthodologique (chapitre 1)

Pour le white spirit (FT 94), plusieurs études chez l'homme mettent en évidence des cas de cancer (tout cancers confondus) et des effets sur la reproduction, cependant, dans aucune de ces études il n'est possible de faire la relation directe entre l'exposition aux white spirit seuls et les effets observés.

Pour les essences spéciales, la génotoxicité et les effets sur la reproduction ont été peu testés, les résultats disponibles ne montrent pas ce type d'effet (FT 96).

Concernant les solvants aromatiques, des effets sur la reproduction (en particulier une foetotoxicité, et des effets sur le développement) ont été notés sur les animaux. Chez les femmes exposées dans l'industrie du caoutchouc, des troubles du cycle et une augmentation des nombres de fausses couches ont été notés. Par ailleurs, l'INRS précise que l'exposition de travailleurs à des solvants aromatiques chez les sujets exposés plus de 20 ans a montré une augmentation significative de cancer du poumon et de la prostate, mais la relation entre les substances incriminées et les cas de cancer n'a pu être réalisée.

Sur les animaux (rats et souris), des cancers de la peau ont été mis en évidence lors d'exposition à des hydrocarbures de type kérosène.

► Autres effets toxiques

Différents types d'effets sur l'homme plus ou moins réversibles sont notés pour les différents hydrocarbures. Il s'agit d'irritation oculaire, cutanée, respiratoire mais aussi des symptômes de type céphalées, nausées, perte d'appétit, etc. et des effets neurologiques.

2.1.4 Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR) dont la définition est donnée dans le chapitre 1 du présent document. Le tableau ci-après présente les VTR correspondant aux effets toxiques hors cancer.

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (TPHCWG, MADEP).

On notera que le TPHCWG est constitué de représentant de divers horizons (militaires, industries du gaz et du pétrole, des agences de régulations et des agences des différents états des USA. L'approche est proposée pour l'ensemble des états des USA. Le MADEP (département de protection de l'environnement du Massachusetts) présente quant à lui des valeurs guides pour son état.

► Valeurs toxicologiques du TPHCWG

TPHCWG's risk assessment methodology a établi des valeurs toxicologiques de équivalentes (RfD et RfC) pour le familles de produits précédemment cités. Celles-ci sont présentées dans le tableau ci-dessous qui reprend par ailleurs les liens entre les valeurs toxicologiques équivalentes et celles propres aux différentes substances choisies pour représenter la classe entière.

TPHCWG	RfD équivalente (1997)	Substance de la classe ayant cette VTR	RfC équivalente (1997)	Substance de la classe ayant cette VTR	Effets
Aliphatic nC>5- nC6	5 mg/kg/j (SF = 1000)	<i>Hexane commercial (dérivé de RfC)</i>	18.4 mg/m³ (SF : 100)	<i>Hexane commercial</i>	neurotoxique
Aliphatic nC>6- nC8					
Aliphatic nC>8- nC10	0.1 mg/kg/j (SF = 1000)	<i>C10-C13</i>	1 mg/m³ (SF = 1000)	<i>White spirit desaromatisé C7-C11, isoparaffines</i>	Hepatotoxique et neurotoxique
Aliphatic nC>10-					

TPHCWG	RfD équivalente (1997)	Substance de la classe ayant cette VTR	RfC équivalente (1997)	Substance de la classe ayant cette VTR	Effets
nC12				C10-C11 et Fuel JP-8	
Aliphatic nC>12-nC16					
Aliphatic nC>16-nC35	2 mg/kg/j (SF =100)	huiles	Non volatil	Non volatil	Tumeurs hépatiques
Aliphatic >nC35	20 mg/kg/j (SF =100)	huiles	Non volatil	Non volatil	Tumeurs hépatiques
Aromatic nC>5-nC7	Classe correspondant au benzène a prendre en tant que tel				
Aromatic nC>7-nC8	0.2 mg/kg/j (SF = 1000)	styrène	0.4 mg/m ³ (SF = 300)	Toluène	Hepa et nephrotoxiques
Aromatic nC>8-nC10	0.04 mg/kg/j (SF = 10000)	Isopropylbenzene, naphthalène, fluoranthene, fluorene	0.2 mg/m ³ (SF = 1000)	C9-aromatiques	Diminution du poids
Aromatic nC>10-nC12					
Aromatic nC>12-nC16					
Aromatic nC>16-nC21	0.03 mg/kg/j (SF = 3000)	pyrene	Non volatil	Non volatil	nephrotoxiques
Aromatic nC>21-nC35					

SF : facteur de sécurité appliqué aux NOAEL ou autre valeurs pour établissement de la VTR sélectionnée

► Valeurs toxicologiques du MADEP

Le département of environmental protection (DEP) de l'état du Massachusetts (MA) a établi des valeurs toxicologiques de références pour des classes d'hydrocarbures de la même manière que le TPHCWG, les premières valeurs établies en 1994 ont été revues en octobre 2003 et sont présentés dans le document "Updated Petroleum Hydrocarbon Fraction Toxicity Values for the VPH/EPH/APH Methodology" (October, 2003).

Le MADEP établi une distinction entre les fractions volatiles (VPH) and extractibles (EPH). Cette distinction n'est pas reprise ici.

Par ailleurs, on note que, à la différence du TPHCWG, le MADEP considère des fractions par nombre de carbone dans les molécules « C » et non les nombres de carbones équivalents « nC » du TPHCWG.

MADEP	RfD équivalente (2003)	Substance de la classe ayant cette VTR	RfC équivalente (2003)	Substance de la classe ayant cette VTR	Effets
Aliphatic C5-C6	0.04 mg/kg/j (SF=10000)	n-hexane	0.2 mg/m ³ (SF= 300)	n-hexane	neurotoxicité
Aliphatic C6-C8					

MADEP	RfD équivalente (2003)	Substance de la classe ayant cette VTR	RfC équivalente (2003)	Substance de la classe ayant cette VTR	Effets
Aliphatic C8-C10	0.1 mg/kg/j (SF = 1000)	<i>Isoparaffines, alcanes, naphthènes</i>	0.2 mg/m³ (SF = 3000)	<i>White spirit desaromatisé C7-C11, isoparaffines C10-C11</i>	Cellules sanguines, liver, kidney (ing°) neurotoxique (inh°)
Aliphatic C10-C12					
Aliphatic C12- C18					
Aliphatic C19-C36	2 mg/kg/j (SF=100)	<i>huiles</i>	Non défini	-	Tumeurs hépatiques
Aliphatic >C36	20 mg/kg/j présenté mais non considéré (SF=100)	<i>huiles</i>	Non défini	-	Tumeurs hépatiques
Aromatic C5-C8	<i>Faire référence aux BTEX</i>				
Aromatic C9-C10	0.03 mg/kg/j (SF = 3000)	<i>Pyrène (C16) ** en considérant que la valeur retenue est protectrice /rapport aux RfD des autres composés de C9 à C16</i>	0.05 mg/m3 (SF=3000)	<i>Naphta aromatiques</i>	Kidney effects (ing°) CNS effect, diminution du poids, rein, développement (inh°)
Aromatic C11-C12					
Aromatic C12-C16			Non défini	-	-
Aromatic C16- C22					
Aromatic >C22	Non défini				

SF : facteur de sécurité appliqué aux NOAEL ou autre valeurs pour établissement de la VTR sélectionnée

** US EPA-Derived Oral Toxicity Values for Compounds in the C9 - C32 Aromatic Fraction

Carbon number Compounds RfD mg/kg/d : C9 isopropylbenzene 0.1 mg/kg/d ; C10 naphthalene 0.02 mg/kg/d ; C12 acenaphthene 0.06 mg/kg/d ; C12 biphenyl 0.05 mg/kg/d ; C13 fluorene 0.04 mg/kg/d ; C14 anthracene 0.3 mg/kg/d ; C16 fluoranthene 0.04 mg/kg/d ; C16 pyrene 0.03 mg/kg/d :

► Les aliphatiques C5-C8

Le n-hexane est le plus nocif des hydrocarbures saturés en C₆. Les propriétés toxicologiques de l'hexane commercial peuvent ainsi varier de manière significative en fonction de sa teneur en n-hexane. Les données expérimentales publiées se réfèrent en général au n-hexane pur (pureté supérieure à 95 %) ou à des mélanges dont la teneur en n-hexane est connue. En revanche, les observations chez l'homme font souvent suite à des expositions à des mélanges commerciaux de composition mal définie.

L'hexane que l'on trouve habituellement dans l'industrie correspond à un mélange d'hydrocarbures en C₆. Le constituant principal est le plus souvent le n-hexane de formule CH₃-(CH₂)₄-CH₃. Sa teneur se situe alors entre 40 et 50 %, mais il existe des mélanges commerciaux à teneur en n-hexane inférieur à 5 %.

2.1.5 Valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques

Les deux approches du TPHCWG et du MADEP sont différentes et complémentaires. Une des différences repose sur la prise en compte par le MADEP des nombres de carbones (C) et par le TPHCWG de nombre de carbones équivalent (nC ou EC). Par ailleurs, l'approche du TPHCWG est plus complète, basée à la fois sur les propriétés physico-chimiques et l'ensemble des données toxicologiques disponibles à l'époque (1997).

Globalement on peut conclure que l'approche du MADEP est vraisemblablement plus adaptée pour la prise en compte d'un contact direct avec des hydrocarbures et que l'approche développée par le TPHCWG est plus appropriée quand il s'agit de rendre compte d'un transfert de ces hydrocarbures vers les différents milieux (air, eaux).

Dans une approche prudence et proportionnelle, nous retiendrons les caractéristiques physico-chimiques des classes définies par le TPHCWG et les valeurs toxicologiques présentées dans le tableau suivant. Les raisons des choix y font référence aux points suivants :

5. pour l'ensemble des classes, les facteurs de sécurité appliqués aux NOAEL ou LOAEL sont parfois élevés (SF variant de 100 à 10000), nous jugeons que la prise en compte d'un facteur de 10000 rend la confiance dans la valeur affichée très faible et la valeur douteuse n'est pas retenue ;
6. pour les composés aromatiques la principale raison est le fait que les BTEX et HAP sont considérés dans les études de risques sanitaires de manière distincte (substance par substance) compte tenu de leur potentiel cancérigène non pris en compte par les deux approches ici présentées ;
7. pour les composés aromatiques à nombre de carbone équivalent supérieur à 21, compte tenu de la présence uniquement de HAP dans l'approche du TPHCWG pour lesquels les principaux effets sont cancérigènes et compte tenu du point 2. ci-dessus, nous ne retiendrons pas de VTR ;
8. l'établissement de nouvelles valeurs toxicologiques de référence par l'Anses en 2014.

En juillet 2014, l'Anses a établi une VTR pour les effets chronique par inhalation pour le N-Hexane de **3 000 µg/m³** avec un niveau de confiance moyen/fort).

Les experts ont retenu comme effet critique les effets sur le système nerveux périphérique mis en évidence aussi bien dans des études épidémiologiques qu'expérimentales. La neurotoxicité périphérique est en effet reconnue comme étant l'effet le plus sensible associé à une exposition par inhalation au n-hexane chez l'Homme et chez l'animal. La LOAEC la plus basse liée à une exposition par inhalation est de 700 mg/m³ (200 ppm), basée sur une modification de la conduction nerveuse périphérique chez les rats mâles, dans le cadre d'une étude de 24 semaines publiée par Ono et al. (Ono et al., 1982).

Par ailleurs, dans la fiche IRIS, l'US-EPA précise que la transposition de la toxicité voie inhalation à la voie orale n'est pas adaptée en l'absence totale d'étude des effets de l'exposition par voie orale au n-hexane. Ainsi, nous n'avons pas retenu de RfD pour les aliphatiques nC5 à nC8. Cette approche a été retenue en l'absence d'information, elle est cependant sans impact sur les risques qui sont généralement tirés par la voie inhalation.

CHOIX DE VTR réalisé par BURGEAP	RfD équivalente (mg/kg/j)	Raison du choix	RfC équivalente (mg/m ³)	Raison du choix	Effets
Aliphatic nC>5-nC6	-	Commentaire IRIS (4.)	3	Nouvelle estimation (4.) (SF : 75)	neurotoxique
Aliphatic nC>6-nC8					
Aliphatic nC>8-nC10	0.1	Approches TPHCWG et MADEP (SF =1000)	1	Approche TPHCWG (1.) (SF = 1000)	Hépatotoxique et neurotoxique
Aliphatic nC>10-nC12					
Aliphatic nC>12-nC16					
Aliphatic nC>16-nC35	2	Approches TPHCWG et MADEP (SF =100)	Dérivation pour poussières si nécessaire	Approches TPHCWG et MADEP Non volatils	Tumeurs hépatiques
Aliphatic >nC35	20	Approches TPHCWG et	Dérivation pour poussières si	Approches TPHCWG et	Tumeurs hépatiques

CHOIX DE VTR réalisé par BURGEAP	RfD équivalente (mg/kg/j)	Raison du choix	RfC équivalente (mg/m ³)	Raison du choix	Effets
		MADEP (SF =100)	nécessaire	MADEP Non volatils	
Aromatic nC>5-nC7	Classe correspondant au benzène à prendre en tant que tel				
Aromatic nC>7-nC8	Classe correspondant au toluène à prendre en tant que tel				
Aromatic nC>8-nC10	0.03	Approche MADEP (et 2.)	0.2	Approche TPHCWG (C9 aromatiques) (SF = 1000)	Diminution du poids
Aromatic nC>10-nC12					
Aromatic nC>12-nC16					
Aromatic nC>16-nC21	0.03	Approches TPHCWG et MADEP (SF =3000)	Dérivation pour poussières si nécessaire	Approches TPHCWG et MADEP Non volatils	nephrotoxiques
Aromatic nC>21-nC35	-	Approche MADEP (3.)	-	Approches MADEP (3.)	-

SF : facteur de sécurité appliqué aux NOAEL ou autre valeurs pour établissement de la VTR sélectionnée

2.2 BTEX

2.2.1 Benzène (CAS n° 71-43-2)



2.2.1.1 Propriétés intrinsèques de la substance

Le benzène (CAS n° 71-43-2) est un liquide plus léger que l'eau (densité=0,88 à 15°C), incolore, d'odeur aromatique, perceptible à l'odorat à partir de 4,68 ppmV (INRS, 2004). 1ppmV correspond à 3,25 mg/m³.

La présence de benzène dans l'environnement est naturelle (feux de forêts, volcans) ou d'origine anthropique. L'automobile est en grande partie responsable de la pollution atmosphérique par le benzène (gaz d'échappement, émanation lors du remplissage des réservoirs), comme sous-produit du pétrole, il entre dans la composition des essences. La fabrication du benzène et ses diverses utilisations libèrent également du benzène à l'atmosphère.

Parmi les composés des hydrocarbures, le benzène est rangé parmi les COV (composés organiques volatils) et plus précisément parmi les HAM (hydrocarbures aromatiques monocycliques). Il est soluble (1860 mg/l à 10°C), volatil : pression de vapeur de 6031 Pa (10°C) et constante de Henry de 0,56 kPa.m³/mol (25°C) et biodégradable en milieu aérobie.

2.2.1.2 Valeurs guides

► Valeurs guides pour l'eau

Le décret 2007-49 (et articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique) présente une limite de qualité des eaux pour la consommation humaine de 1µg/l pour le benzène.

Aucune valeur limite pour les eaux brutes destinées à produire de l'eau potable n'est présentée dans ce texte.

Le décret n°2003-462 du 21 mai 2003 **relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé (articles 1332, annexe 13-5) ne présente pas de valeur réglementaire pour cette substance dans les eaux de baignade.**

L'OMS (Guidelines for drinking water quality, 2011) propose une valeur guide pour les eaux potables de 10 µg/l.

► Valeurs guides pour l'air

L'objectif de qualité de l'air correspond en France à une concentration de 2 µg/m³ (décret 2010-1250 du 21 octobre 2010).

La commission européenne dans le rapport du projet INDEX (critical Appraisal of the setting and implementation of indoor exposure limits in the EU) ainsi que l'OMS (WHO Guidelines for Indoor Air Quality : Selected Pollutants, 2010) recommandent un objectif de concentration dans l'air intérieur aussi bas que possible sans fixer de valeur. L'OMS précise que l'excès de risque de Leucémie pour une exposition à 1 µg/m³ est de 6.10⁻⁶. La concentration associée à un excès de risque de 10⁻⁵ est de 1,7 µg/m³.

Les valeurs guide air intérieur VGAI définies par l'AFSSET/ANSES sont les suivantes, celle en gras doit être retenue pour la prise en compte de l'ensemble des effets chroniques :

- VGAI long terme, pour les effets hématologiques non cancérigènes : 10 µg/m³ pour une durée d'exposition supérieure à 1 an,
- VGAI long terme, pour les effets hématologiques cancérigènes : 2 µg/m³ (durée d'exposition "vie entière"), correspondant à un excès de risque de 10⁻⁵,
- VGAI long terme, pour les effets hématologiques cancérigènes : 0,2 µg/m³ pour une durée d'exposition "vie entière", correspondant à un excès de risque de 10⁻⁶,

- VGAI intermédiaire : 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 1 an pour les effets hématologiques non cancérogènes prenant en compte des effets cumulatifs du benzène,
- VGAI court terme : 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 14 jours pour les effets hématologiques non cancérogènes prenant en compte des effets cumulatifs du benzène,

La loi du 1^{er} août 2008 relative à la responsabilité environnementale oblige à définir des « valeurs-guides pour l'air intérieur » dans les ERP. Le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011, définit la valeur-guide pour le benzène pour une exposition de longue durée à **5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au 1er janvier 2013** et à **2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au 1er janvier 2016**.

En juillet 2014, l'ANSES recommande, au regard des nouvelles études disponibles sur la cohorte « Pliofilm », de revoir la valeur guide air intérieure ou VGAI « vie entière » (actuellement fixée à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour un risqué de 10^{-5}).

► Valeurs guides pour les sols

Dans les sols on ne dispose pas de valeur guide réglementaire.

2.2.1.3 Profil toxicologique

► Classement

Les symboles classant le benzène sont **SGH02**, **SGH07** et **SGH08**.

Les mentions de danger¹⁴ qui le représentent sont : **H225**, **H350**, **H340**, **H372**, **H304**, **H319** et **H315**.

► Effets cancérogènes

Il a été placé dans **le groupe 1** par le CIRC-IARC en 1987, dans la **classe A** par l'US-EPA en 1998 et **C1A** par l'UE.

► Effets Mutagènes

Le benzène est classé **M1B** par l'Union Européenne.

► Effets reprotoxiques

Le benzène n'est pas classé reprotoxique par l'UE.

► Autres effets toxiques

La cible principale du benzène après une exposition à long terme est le système sanguin, avec des conséquences sur la moelle osseuse, une diminution des globules rouges, une anémie ou plus rarement une polyglobulie (lignée des globules rouges), une leucopénie ou parfois une hyperleucocytose (globules blancs), une thrombopénies (plaquettes). Ces manifestations sont réversibles après cessation de l'exposition.

A un stade plus important cette toxicité hématologique peut se manifester par une aplasie médullaire, dépression totale de la reproduction des cellules sanguines. Ces atteintes ont été décrites dans plusieurs études épidémiologiques, notamment chez des travailleurs exposés à de fortes concentrations de benzène.

Le Syndrome psycho-organique (troubles de la mémoire, de la concentration, de la personnalité, insomnie, diminution des performances intellectuelles correspondant à des effets sur le système nerveux central) a été décrit lors d'exposition chronique au benzène. Ce syndrome est également noté pour le toluène et les styrènes.

¹⁴ Les définitions de ces symboles et mentions de danger sont données dans le chapitre général méthodologique (chapitre 1)

Par ailleurs, des effets cardio-vasculaires ont été décrits lors de l'exposition par inhalation aux vapeurs de benzène.

Enfin, la myelotoxicité et la génotoxicité pourraient résulter de l'action synergique des divers composés issus du métabolisme hépatique du benzène (INCHEM, 1996).

Peu d'informations relatives aux autres effets toxiques du benzène sont disponibles chez l'homme.

2.2.1.4 Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR) dont la définition est donnée dans le chapitre 1 du présent document. Les tableaux ci-après présentent dans un premier temps les VTR correspondant aux effets sans seuil du benzène et dans un second temps les VTR correspondant aux effets toxiques hors cancer.

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (Anses, ATSDR, OMS, US-EPA, OEHHA, RIVM, Santé Canada).

Benzène (Cas n°71-43-2) – Effets toxiques sans seuil				
Voie d'exposition	Type d'effets considérés	Observations portant sur	Valeur	Source
Inhalation	Leucémies	homme	ERU _i = 2,6 10⁻⁵ (µg/m³)⁻¹	ANSES (2014)
		homme	ERU _i = 2,2 à 7,8 10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹	US EPA (2000)
		homme	ERU _i = 6 10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹	OMS (1997)
		homme	CR = 5.10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹	RIVM (2001)
		homme	ERU _i = 2,9 10 ⁻⁵ (µg/m ³) ⁻¹	OEHHA (2002)
		homme	CT _{0.05} = 15 mg/m ³ , correspond à ERU _i = 3 10 ⁻⁶ (µg/m ³) ⁻¹	Santé Canada (1991)
Ingestion	Leucémies	homme	ERU _o = 1,5.10 ⁻² à 5,5.10⁻² (mg/kg/j)⁻¹	US EPA (2000)
		homme	ERU _o = 0,1 (mg/kg/j) ⁻¹	OEHHA (2002)

Benzène (Cas n°71-43-2) – Effets toxiques à seuil						
Exposition	Voie d'exposition	Organe Critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Chronique	Inhalation	immunitaire	homme	10	MRL (0.003 ppm)= 10 µg.m⁻³	ATSDR (2007)
		Cellules sanguines	homme	300	RfC = 30 µg.m ⁻³	US EPA (2003)
		Cellules sanguines, nerveux, développement	homme	200	REL = 3 µg.m ⁻³	OEHHA (2014)
Chronique	Ingestion	Cellules sanguines	homme	300	RfD = 4.10 ⁻³ mg/kg/j	US EPA (2003)
		immunitaire	homme	30	MRL = 5.10⁻⁴ mg/kg/j	ATSDR (2007)

2.2.1.5 Valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques

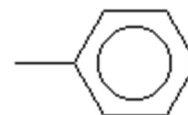
La sélection des VTR se base sur les principes évoqués au chapitre 1.

La VTR retenue pour les risques chroniques cancérogènes par ingestion est la borne haute de l'US-EPA, soit un ERUo de $5,5 \cdot 10^{-2}$ (mg/kg/j)⁻¹ qui correspond à la valeur la plus prudente disponible.

La VTR retenue pour les risques chroniques cancérogènes par inhalation est la valeur établie par l'Anses soit un ERUi de $2,6 \cdot 10^{-5}$ (µg/m³)⁻¹. On rappellera que l'ERUi de l'OMS ($6 \cdot 10^{-6}$ (µg/m³)⁻¹) a été retenu en France sur recommandation du CSHPF, pour définir l'objectif de qualité de l'air fixé par le décret 2010-1250 à 2 µg/m³ dont l'Anses recommande la révision.

La VTR retenue pour les risques chroniques non cancérogènes par inhalation est de 10 µg/m³, établie par l'ATSDR (2007), fondée sur des données sur l'homme récentes (2004). Elle concerne par ailleurs l'organe critique reconnu par l'ensemble des organismes (système sanguin). On notera enfin que l'AFSSET s'est basé sur cette VTR pour établir sa valeur guide VGAI pour les effets chroniques hors cancer.

La VTR retenue pour les risques chroniques non cancérogènes par ingestion est de 5.10⁻⁴ mg/kg/j établie par l'ATSDR (2007) à partir de la même étude et issue de la dérivation voie à voie.



2.2.2 Toluène (CAS n°108-88-3)

2.2.2.1 Propriétés intrinsèques de la substance

Le toluène (CAS n°108-88-3) est un liquide plus léger que l'eau (densité=0,87 à 15°C), incolore, d'odeur aromatique, perceptible à l'odorat à partir de 2.5 ppmV (INRS, 2005). Le facteur de conversion est 1ppmV = 3,75 mg/m³.

Le toluène est un solvant utilisé dans le nombreux produits, y compris de consommation courante : diluants, adhésifs, peintures, vernis, encres, laques ou en tant que matière première en synthèse organique. Comme sous-produit du pétrole, il entre dans la composition des essences. La fabrication du toluène et ses diverses utilisations libèrent également du toluène à l'atmosphère.

Parmi les composés des hydrocarbures, le toluène est rangé parmi les COV (composés organiques volatils) et plus précisément parmi les HAM (hydrocarbures aromatiques monocycliques). Il est soluble (590 mg/l à 10°C), volatil : pression de vapeur de 1650 Pa (10°C) et constante de Henry de 0.64 kPa.m³/mol (25°C) et biodégradable en milieu aérobie.

2.2.2.2 Valeurs guides

► Valeurs guides dans l'eau

Le décret 2007-49 (et articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique) ne présente pas de limite de qualité des eaux pour la consommation humaine pour le toluène.

Aucune valeur limite pour les eaux brutes destinées à produire de l'eau potable n'est présentée dans ce texte.

Le décret n°2003-462 du 21 mai 2003 **relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé (articles 1332, annexe 13-5) ne présente pas de valeur réglementaire pour cette substance dans les eaux de baignade.**

L'OMS (Guidelines for drinking water quality, 2011) propose une valeur guide pour les eaux potables de 700 µg/l. On notera cependant que cette valeur dépasse la concentration reportée par l'OMS à partir de laquelle des odeurs peuvent être notées (24 µg/l).

► Valeurs guides dans l'air

En France le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 sur les objectifs de qualité de l'air ne propose pas de valeur guide pour le toluène.

L'OMS (Air quality Guidelines for Europe, 2000) propose une valeur guide de **260 µg/m³** (à ne pas dépasser en moyenne pour une exposition hebdomadaire). La valeur proposée par l'OMS est recommandée par cette instance pour la qualité de l'air en Europe, vis-à-vis de l'ensemble des effets toxiques du toluène. Cette valeur a été établie à partir de la même étude cas/témoins que celle retenue par l'US-EPA en 1992 (Foo et coll., 1990) en retenant une LOAEL pour une exposition continue plus faible en raison du facteur d'ajustement adopté.

Dans l'air intérieur, le rapport final du projet INDEX : « Critical Appraisal of the setting and implementation of indoor exposure limits in the EU », 2005 élaboré par l'institut de la protection de la santé et du consommateur établit pour le toluène une concentration d'exposition limite sur le long terme de **300 µg/m³**. Les concentrations dans l'air intérieur en Europe seraient de l'ordre de 16 fois inférieures à cette limite et le centile 90 des mesures de l'ordre de 5 fois inférieur (INDEX, 2005).

► Valeurs guides dans les sols

Dans les sols on ne dispose pas de valeur guide réglementaire.

2.2.2.3 Profil toxicologique

► Classement

Les symboles classant le toluène sont **SGH02**, **SGH07** et **SGH08**.

Les mentions de danger¹⁵ qui le représentent sont : **H225**, **H361d**, **H304**, **H373**, **H315**, **H336**.

► Effets cancérogènes

Le toluène n'est pas considéré comme une substance cancérogène : il a été placé dans le **groupe 3 par le CIRC-IARC en 1999** en raison de l'absence de preuves chez l'homme et d'études chez l'animal qui montrent l'absence de ce type d'effets. Le toluène a été placé dans la **classe D par l'US-EPA en 1994**, en précisant que les recherches de génotoxicité connues sont toutes négatives.

Le toluène n'est pas classé cancérogène par l'UE.

► Effets Mutagènes

Le toluène n'est pas classé mutagène par l'UE.

► Effets reprotoxiques

Le toluène est classé **R2** (H361d) par rapport à ses effets potentiels sur le fœtus.

► Autres effets toxiques

En exposition répétée ou prolongée, le toluène provoque chez le rat et la souris une augmentation du poids de nombreux organes, une modification du taux de neurotransmetteurs, une neurotoxicité et une perte d'audition.

Lorsque l'exposition au toluène est répétée quotidiennement, les atteintes décrites sont neurologiques et hépatiques.

Le syndrome psycho-organique (sur le système nerveux central) est l'effet toxique chronique majeur du toluène : les stades les plus avancés sont irréversibles. Il associe des troubles de la mémoire, de la concentration, de la personnalité, une insomnie, une diminution des performances intellectuelles.

2.2.2.4 Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR) dont la définition est donnée dans le chapitre 1 du présent document. Le tableau ci-après présente les VTR correspondant aux effets toxiques hors cancer.

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (Anses, ATSDR, OMS, US-EPA, OEHHA, RIVM, Santé Canada).

¹⁵ Les définitions de ces symboles et mentions de danger sont données dans le chapitre général méthodologique (chapitre 1)

Toluène (Cas n°108-88-3) – Effets toxiques à seuil						
Exposition	Voie d'exposition	Organe Critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Chronique	Inhalation	Système nerveux	homme	10	RfC = 5 mg/m ³	US-EPA (2005)
		Système nerveux	homme	100	MRL = 0.3 mg/m ³	ATSDR (2000)
		Système nerveux	Rat/homme	100	REL = 0.3 mg/m ³	OEHHA (2003)
		Système nerveux	homme	300	TCA = 0.4 mg/m ³	RIVM (2001)
		Système nerveux	homme	10	VTR = 3 mg/m ³	ANSES (2011)
	orale	Systèmes hépatique et rénal	Rat/souris	3000	RfD = 0.08 mg/kg/j	US-EPA (2005)
		Système hépatique	souris	1000	DJT = 0.223 mg/kg	OMS (1996)
		foie et reins	rat	1000	DJA = 0.22 mg/kg/j	Santé Canada (1991)
		Système hépatique	souris	1000	TDI = 0.223 mg/kg/j	RIVM (2001)

2.2.2.5 Valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques

La sélection des VTR repose sur les principes évoqués au chapitre 1.

La VTR retenue pour les risques chroniques par inhalation du toluène est de 3000 µg/m³ (Anses, 2011) ; elle repose sur les effets neurologiques du toluène. Cette valeur est par ailleurs proche de celle recommandée par l'US-EPA.

Cette valeur étant 10 fois moins pénalisante que celle préconisée par l'ATSDR, l'OEHHA et le RIVM, son choix sera discuté en incertitude (particulièrement pour les dossiers pour lesquels la substance est traceur de l'activité).

La VTR retenue pour les risques chroniques par ingestion du toluène est de 0,08 mg/kg/j (US-EPA, 2005) la valeur retenue est associée à des effets toxiques observés sur le système hépatique et sur le foie et les reins. Bien que le degré de confiance est jugé moyen par l'US-EPA, cette valeur est retenue par principe de prudence, on note en effet que cette valeur est 3 fois plus contraignante que celle des autres organismes internationaux (OMS, RIVM, Santé Canada).

2.2.3 Ethylbenzène (CAS n°100-41-4)

2.2.3.1 Propriétés intrinsèques de la substance

L'éthylbenzène (CAS n°100-41-4) est un liquide plus léger que l'eau (densité=0,87 à 15°C), incolore, d'odeur aromatique, perceptible à l'odorat à partir de 2.3 ppmV (INRS, 2004). Le facteur de conversion est 1ppmV = 4.42 mg/m³. Dans les eaux, le seuil olfactif est de 2,4 µg/l (INERIS, 2003).

L'éthylbenzène est un solvant utilisé dans le nombreux produits, y compris de consommation courante : diluants, adhésifs, peintures, vernis, encres, laques ou en tant que matière première en synthèse organique. Il est ajouté à l'essence automobile (environ 2 % en poids) pour son rôle antidétonant.

La fabrication de l'éthylbenzène et ses diverses utilisations le libèrent à l'atmosphère (trafic automobile, raffinage du pétrole, préparation et au transport d'asphalte chaud, rejets des incinérateurs, etc.).

Parmi les composés des hydrocarbures, l'éthylbenzène est rangé parmi les COV (composés organiques volatils) et plus précisément parmi les HAM (hydrocarbures aromatique monocyclique). Il est soluble (180 mg/l à 10°C), volatil : pression de vapeur de 510 Pa (10°C) et constante de Henry de 0.82 kPa.m³/mol (25°C) et biodégradable.

2.2.3.2 Valeurs guides

► Valeurs guides dans l'eau

Le décret 2007-49 (et articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique) ne présente pas de limite de qualité des eaux pour la consommation humaine pour l'éthylbenzène

Aucune valeur limite pour les eaux brutes destinées à produire de l'eau potable n'est présentée dans ce texte.

Le décret n°2003-462 du 21 mai 2003 **relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé (articles 1332, annexe 13-5) ne présente pas de valeur réglementaire pour cette substance dans les eaux de baignade.**

L'OMS (Guidelines for drinking water quality, 2011) propose une valeur guide pour les eaux potables de 300 µg/l. On notera que l'OMS précise que la plus petite concentration à laquelle des odeurs peuvent être notée est de 2 µg/l, soit nettement en deçà de la valeur guide proposée.

► Valeurs guides dans l'air

En France le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 sur les objectifs de qualité de l'air ne propose pas de valeur guide pour l'éthylbenzène. L'OMS (Air quality Guidelines for Europe, 2000) ne propose pas non plus de valeur guide.

► Valeurs guides dans les sols

Dans les sols on ne dispose pas de valeur guide réglementaire.

2.2.3.3 Profil toxicologique

► Classement

Le symbole classant l'éthylbenzène est **SGH02** et **SGH07**.

Les mentions de danger¹⁶ qui le représentent sont : **H225** et **H332**.

► Effets cancérogènes

Le CIRC-IARC a placé l'éthylbenzène dans le groupe **2B** en considérant qu'il n'y a pas de preuves d'effets cancérogènes chez l'homme mais que les preuves sont suffisantes chez l'animal (aout 2000). Par inhalation, il induit des tumeurs broncho-alvéolaires chez la souris et rénales chez le rat ; ces dernières sont peu probables chez l'homme.

La seule position connue de l'US-EPA (**classement en D**) est obsolète puisqu'elle date de 1991, et l'éthylbenzène n'est pas classé actuellement au sein de l'Union Européenne pour ses éventuels effets cancérogènes chez l'homme.

► Effets Mutagènes

L'éthylbenzène n'est pas considéré en l'état actuel des connaissances comme présentant des effets mutagènes (absence de classement par l'UE et avis formulé par l'IARC en 2000).

► Effets reprotoxiques

L'éthylbenzène n'est pas considéré en l'état actuel des connaissances comme présentant des effets sur la reproduction (absence de classement par l'UE).

► Autres effets toxiques

L'exposition par voie respiratoire à l'éthylbenzène peut entraîner une somnolence, des céphalées, une fatigue, une irritation des voies respiratoires, des yeux, du nez.

Chez l'animal, les organes cible après une exposition chronique par voie respiratoire sont le foie, le rein et le système auditif. Chez l'homme, l'éthylbenzène est considéré comme un irritant cutané et muqueux. Il peut entraîner une dépression du système nerveux central. Une atteinte hématologique et hépatique a plus rarement été rapportée.

Deux études réalisées chez des salariés ont montré des résultats contradictoires concernant les effets toxiques induits par une exposition chronique par voie pulmonaire à l'éthylbenzène (Angerer et Wulf., 1985, Cometto-Muniz et Cain., 1995, Thienes et Haley., 1972, Yant et al., 1930).

L'étude de Angerer et al., 1985 a mis en évidence chez des salariés exposés à des alkylbenzènes dont l'éthylbenzène une augmentation du nombre de lymphocytes ainsi qu'une diminution du taux d'hémoglobine, le système sanguin semble être l'organe cible des expositions chroniques aux alkylbenzènes. Compte tenu du manque d'information sur la concentration à laquelle ont été exposés les individus et compte tenu du mélange de substances (xylènes, n-butanol, hydrocarbures aromatiques) auquel les salariés ont été exposés, l'US EPA indique que les résultats de Angerer et Wulf., 1985 ne sont pas adéquats.

¹⁶ Les définitions de ces symboles et mentions de danger sont données dans le chapitre général méthodologique (chapitre 1)

2.2.3.4 Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR) dont la définition est donnée dans le chapitre 1 du présent document. Le tableau ci-après présente les VTR correspondant aux effets toxiques hors cancer.

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (Anses, ATSDR, OMS, US-EPA, OEHHA, RIVM, Santé Canada).

Ethylbenzène (Cas n°100-41-4) – Effets toxiques sans seuil				
Voie d'exposition	Type d'effets considérés	Observations portant sur	Valeur	Source
Inhalation	Cancer du rein	rat	ERU _i = 2,5 10⁻⁶ (µg/m³)⁻¹	OEHHA (2007)
Ingestion	Cancer du rein	rat	ERU _o = 0,011 (mg/kg/j)⁻¹	OEHHA (2007)

Ethylbenzène (Cas n°100-41-4) – Effets toxiques à seuil						
Exposition	Voie d'exposition	Organe ou effet critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
chronique	Inhalation	Effets sur le développement	Rat et lapin	300	RfC = 1000 µg/m ³	US EPA (1991)
		Syst. rénal	rat	300	MRL = 0,06 ppm soit 260 µg/m³	ATSDR (2010)
		Systèmes rénal et hépatique	animale	30	REL = 2 000 µg/m ³	OEHHA (2002)
			animale	100	TCA = 770 µg/m ³	RIVM (2001)
chronique	Ingestion	Systèmes rénal et hépatique	rat	1000	RfD = 0,1 mg/kg/j	US EPA (1991)
			rat	1000	TDI = 0,1 mg/kg/j	RIVM (2001)

2.2.3.5 Valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques

La sélection des VTR repose sur les principes évoqués au chapitre 1.

La VTR retenue pour l'exposition chronique par inhalation à l'éthylbenzène est celle de l'ATSDR établie en 2010 à **260 µg/m³** (effets sur le système rénal). Cette valeur est établie pour des effets sur le rein, organe cible retenu pour l'éthylbenzène. La valeur moins protectrice de l'US-EPA n'est pas retenue, l'US-EPA considère en effet que sa valeur présente une fiabilité faible, par ailleurs elle porte sur un organe cible différent.

La VTR retenue pour l'exposition chronique par ingestion à l'éthylbenzène est celle de l'US EPA soit une **RfD de 0.1 mg/kg/j**. On notera que l'US-EPA considère que cette valeur présente une fiabilité faible.

Pour les effets CMR, compte tenu du classement de l'éthylbenzène par le CIRC-IARC dans le groupe **2B**, et de l'existence de VTR pour les effets cancérigènes, nous retiendrons ces VTR de l'OEHHA :

- pour les risques chroniques cancérigènes par ingestion, un ERUo de $0,011 \text{ (mg/kg/j)}^{-1}$ qui correspond à la seule valeur actuellement disponible.
- pour les risques chroniques cancérigènes par inhalation, un ERUi de $2,5 \cdot 10^{-6} \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}^{-1}$ qui correspond à la seule valeur actuellement disponible.

2.2.4 Xylènes (CAS n°1330-20-7)

2.2.4.1 Propriétés intrinsèques de la substance

Les xylènes (isomères m, p, et o,) (CAS n°1330-20-7) sont des liquides plus légers que l'eau (densité=de 0.86 à 0,88 à 15°C), incolores, d'odeur aromatique, perceptible à l'odorat à partir de 0.07 ppmV (INRS, 2005). Le facteur de conversion est $1 \text{ ppmV} = 4,4 \text{ mg/m}^3$.

Les xylènes sont des solvants utilisés dans de nombreux produits, y compris de consommation courante : diluants, adhésifs, peintures, vernis, encres, laques ou en tant que matière première en synthèse organique. Par ailleurs, comme sous-produit du pétrole, ils entrent dans la composition des carburants et solvants pétroliers.

Parmi les composés des hydrocarbures, les xylènes sont rangés parmi les COV (composés organiques volatils) et plus précisément parmi les HAM (hydrocarbures aromatique monocyclique). Ils sont solubles (190 à 240 mg/l à 10°C), volatils : pression de vapeur de 340 à 460 Pa (10°C) et constante de Henry de 0.42 à 0.69 kPa.m³/mol (25°C).

2.2.4.2 Valeurs guides

► Valeurs guides dans l'eau

Le décret 2007-49 (et articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique) ne présente pas de limite de qualité des eaux pour la consommation humaine pour les xylènes.

Aucune valeur limite pour les eaux brutes destinées à produire de l'eau potable n'est présentée dans ce texte.

Le décret n°2003-462 du 21 mai 2003 **relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé (articles 1332, annexe 13-5) ne présente pas de valeur réglementaire pour cette substance dans les eaux de baignade.**

L'OMS (Guidelines for drinking water quality, 2011) propose une valeur guide pour les eaux potables de 500 µg/l, notant par ailleurs que cette valeur est supérieure à la limite olfactive de la substance dans l'eau.

► Valeurs guides dans l'air

En France le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 sur les objectifs de qualité de l'air ne propose pas de valeur guide pour les xylènes. L'OMS (Air quality Guidelines for Europe, 2000) ne propose pas non plus de valeur guide.

Dans l'air intérieur, Le rapport final du projet INDEX : « Critical Appraisal of the setting and implementation of indoor exposure limits in the EU », 2005 élaboré par l'institut de la protection de la santé et du consommateur établit pour les xylènes une concentration d'exposition limite sur le long terme de 200 µg/m³. Les concentrations dans l'air intérieur en Europe seraient de l'ordre de 20 fois inférieures à cette limite et le centile 90 des mesures de l'ordre de 6 fois inférieure (INDEX, 2005).

► Valeurs guides dans les sols

Dans les sols on ne dispose pas de valeur guide réglementaire.

2.2.4.3 Profil toxicologique

► Classement

Les symboles classant les xylènes sont **SGH02** et **SGH07**.

Les mentions de danger¹⁷ qui le représentent sont : **H226**, **H332**, **H312** et **H315**.

► Effets cancérogènes

Le CIRC- IARC a placé les xylènes dans le **groupe 3** (1999).

► Effets Mutagènes

Les xylènes ne sont pas considérés en l'état actuel des connaissances comme présentant des effets mutagènes (absence de classement par l'UE).

► Effets reprotoxiques

Les xylènes ne sont cependant pas classés quant à leurs effets reprotoxiques par l'UE.

► Autres effets toxiques

De nombreuses études épidémiologiques ont été menées chez des salariés exposés à long terme et de façon répétée aux vapeurs de xylènes. Ces études ont montré pour certains sujets une respiration difficile et à une altération de certaines fonctions pulmonaires. Une augmentation significative des irritations du nez et de la gorge a été notée chez des salariés exposés à une concentration moyenne de 14 ppm (61 mg/m³) de vapeurs de xylènes. Les xylènes induisent également par voie pulmonaire des atteintes neurologiques.

Des troubles hématologiques ont été notés, mais compte tenu de la coexistence du benzène avec les xylènes étudiés, le lien de causalité ne peut être établi.

Enfin, concernant les effets immunologiques, une diminution du nombre des lymphocytes a été observée chez les travailleurs exposés.

2.2.4.4 Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR) dont la définition est donnée dans le chapitre 1 du présent document. Le tableau ci-après présente les VTR correspondant aux effets toxiques des xylènes.

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (Anses, ATSDR, OMS, US-EPA, OEHHA, RIVM, Santé Canada).

Xylènes (Cas n°1330-20-7)						
Exposition	Voie d'exposition	Organe ou effet critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Chronique	Inhalation	Système neurologique	homme	300	MRL (0.05 ppm)= 220 µg/m³	ATSDR (2007)
		Système neurologique	rat	300	RfC = 100 µg/m ³	US EPA (2003)

¹⁷ Les définitions de ces symboles et mentions de danger sont données dans le chapitre général méthodologique (chapitre 1)

Xylènes (Cas n°1330-20-7)						
Exposition	Voie d'exposition	Organe ou effet critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
		Systèmes neurologique et respiratoire	homme	30	REL = 700 µg/m ³	OEHHA (2002)
		Système neurologique	rat	1000	TCA = 870 µg/m ³	RIVM (2001)
		foetotoxicité	rat	1000	TC provisoire = 180 µg/m ³	Santé Canada (1991)
	Ingestion	Diminution poids corporel	rat	1000	MRL = 0.2 mg/kg/j	ATSDR (2007)
		Diminution poids corporel	rat	1000	RfD = 0,2 mg/kg/j	US EPA (2003)
		Syst. rénal	rat	1000	TDI = 0,15 mg/kg/j	RIVM (2001)
		Diminution poids corporel	rat	1000	DJT = 0.179 mg/kg/j	OMS (1996)
		Syst. hépatique	rat	100	TDI = 1.5 mg/kg/j	Santé Canada (1991)

2.2.4.5 Valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques

La sélection des VTR repose sur les critères évoqués au chapitre 1.

La VTR retenue pour l'exposition chronique par inhalation aux xylènes est la MRL établie par l'ATSDR (2007), soit 220 µg/m³ qui correspond aux effets psycho-moteurs attribués généralement aux xylènes. Le choix de cette VTR est conforme à la note DGS/DGPR et on note par ailleurs, que la valeur plus récente que celle de l'US-EPA est basée sur des données sur l'homme.

La VTR retenue pour l'exposition chronique par ingestion aux xylènes est la RfD établie par l'ATSDR (2007) et l'US EPA (2003), soit 0.2 mg/kg/j. On notera que cette valeur est du même ordre de grandeur que celles de l'OMS et du RIVM. Compte tenu de l'étude expérimentale menée, la prise en compte d'un facteur de sécurité de 1000 semble majorant. Enfin, la confiance accordée par l'US-EPA sur la RfD obtenue est moyenne.

Nous ne retiendrons pas de VTR spécifiques pour chaque isomère (bien que certaines bases de données en proposent) car les études pivots ayant servies à l'établissement des VTR des différents isomères sont basées sur des mélanges de xylènes.

2.3 COHV – Composés organo-halogénés volatils

2.3.1 Tétrachloroéthylène/Perchloroéthylène (CAS n°127-18-4)

2.3.1.1 Propriétés intrinsèques de la substance

Le tétrachloroéthylène (CAS n°127-18-4) ou perchloroéthylène (PCE) est un liquide incolore plus dense que l'eau (densité=1.613 à 20°C), d'odeur rappelant celle du chloroforme, perceptible à l'odorat à des concentrations de l'ordre de 27 ppm, soit de l'ordre de 200 mg/m³ (INRS, 2005), avec 1 ppmV = 6.9 mg/m³).

La principale utilisation du tétrachloroéthylène est le dégraissage des pièces métalliques et le nettoyage à sec qui représentent en Europe de l'ouest 95 % de la production. Le tétrachloroéthylène entre également dans la fabrication de produits pharmaceutiques, de retardateurs chimiques d'inflammation, d'insecticides et est utilisé comme réfrigérant. Il entre également dans la composition de colles, de décapants, de correcteurs liquides ou de détachants.

Le tétrachloroéthylène dans l'environnement est uniquement d'origine anthropique. La majeure partie de la production annuelle mondiale (85 %) est rejetée principalement dans l'atmosphère.

Parmi les composés des hydrocarbures, le tétrachloroéthylène est rangé parmi les COV (composés organiques volatils) et plus précisément parmi les COHV (composés organiques halogénés volatils). Il présente une solubilité de 150 mg/l à 25°C, une pression de vapeur de 1050 Pa (10°C) à 2470 Pa (25°C) et constante de Henry de 2.76 kPa.m³/mol (25°C) et biodégradable en milieu anaérobie. Le tétrachloroéthylène (PCE) peut se dégrader en trichloroéthylène, puis dichloroéthylène puis en chlorure de vinyle, ces substances sont des métabolites du PCE qu'il convient de prendre en compte.

2.3.1.2 Valeurs guides

► Valeurs guides dans l'eau

Le décret 2007-49 (et articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique) présente une limite de qualité des eaux pour la consommation humaine de 10 µg/l pour la somme du tétrachloroéthylène et du trichloroéthylène.

Aucune valeur limite pour les eaux brutes destinées à produire de l'eau potable n'est présentée dans ce texte.

Le décret n°2003-462 du 21 mai 2003 **relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé (articles 1332, annexe 13-5) ne présente pas de valeur réglementaire pour cette substance dans les eaux de baignade.**

L'OMS (Guidelines for drinking water quality, 2011) propose une valeur guide pour les eaux potables de 40 µg/l pour le tétrachloroéthylène.

► Valeurs guides dans l'air

En France le décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 sur les objectifs de qualité de l'air ne propose pas de valeur guide pour le tétrachloroéthylène.

L'OMS (Air quality Guidelines for Europe, 2000) propose une valeur guide de 250 µg/m³ (basés sur des effets critiques non cancérogènes), elle est reprise spécifiquement pour l'air intérieur (OMS, 2010).

En 2010, l'ANSES a établi des Valeurs Guides pour la qualité de l'Air Intérieur (VGAI) pour le PCE :

- VGAI court terme : 1380 µg/m³
- VGAI long terme : 250 µg/m³ (identique à l'OMS)

► Valeurs guides dans les sols

Dans les sols on ne dispose pas de valeur guide réglementaire.

2.3.1.3 Profil toxicologique

► Classement

Les symboles classant le tétrachloroéthylène sont **SGH08** et **SGH09**.

Les mentions de danger qui le représentent sont : **H351** et **H411**.

► Effets cancérogènes

Le CIRC-IARC place le tétrachloroéthylène dans le **groupe 2A** : cancérogène probable pour l'homme, l'UE place cette substance en **C2** (substance suspectée d'être cancérogène pour l'homme).

L'OMS a considéré que bien que le tétrachloroéthylène soit placé en **2A** par l'IARC, les connaissances disponibles ne permettaient pas de se prononcer sur son caractère cancérogène pour l'homme ; l'OMS a donc préféré baser sa valeur guide sur les effets toxiques hors cancer du tétrachloroéthylène (cf paragraphe B).

► Effets Mutagènes

L'UE ne considère pas le tétrachloroéthylène comme présentant des effets mutagènes, par ailleurs, l'IARC dans son évaluation de 1997 montre que dans différentes études expérimentales, le tétrachloroéthylène n'a pas d'incidence sur les mutations génétiques. Enfin, l'OMS (2000) considère que le tétrachloroéthylène n'est pas génotoxique.

► Effets reprotoxiques

L'UE ne considère pas le tétrachloroéthylène comme un agent reprotoxique.

► Autres effets toxiques

Les premiers symptômes d'une exposition chronique à une concentration modérée de tétrachloroéthylène sont fatigue, vertiges, ébriété, troubles de la mémoire, intolérance à l'éthanol. Parmi des travailleurs d'entreprise de nettoyage à sec, dont la concentration d'exposition moyenne au tétrachloroéthylène se situe aux alentours de 20 ppm, il n'a pas été décelé d'altération de la fonction hépatique ou de la fonction rénale. On trouve cependant chez ces travailleurs un plus grands nombre d'anomalies des cellules hépatiques.

Par voie orale, la seule information disponible est le cas d'un bébé de 6 semaines qui a développé une jaunisse et une hépatomégalie suite à une exposition au tétrachloroéthylène via le lait maternel (1 mg/dl). Après arrêt de l'allaitement, une amélioration rapide a été constatée et aucune séquelle n'a été notée dans les 2 ans qui ont suivi (Bagnell et Ennenberger, 1977).

Suite à la contamination de l'eau d'un puits par divers solvants chlorés (principalement le trichloroéthylène : 267 ppb et le tétrachloroéthylène : 21 ppb), des lésions cutanées et des effets immunologiques ont été observés chez les populations exposées par l'eau de boisson (Byers et al. 1988), cependant la présence conjointe des deux solvants rend l'interprétation délicate.

2.3.1.4 Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR) dont la définition est donnée dans le chapitre 1 du présent document.

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (Anses, ATSDR, OMS, US-EPA, OEHHA, RIVM, Santé Canada).

Tétrachloroéthylène (Cas n°127-18-4) – effets toxiques sans seuil				
Voie d'exposition	Type d'effet critique	Observations portant sur	Valeur	Source
Inhalation	Cancer et adénome hépatocellulaires	souris	$ERU_i = 5.9.10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	OEHHA (2002)
	Cancer et adénome hépatocellulaires	rats	$ERU_i = 3.10^{-7} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	US EPA (2012)
Ingestion	Cancer hépatocellulaire	souris	$ERU_o = 0,051 (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	OEHHA (1991)
	Cancer hépatocellulaire	souris	$ERU_o = 0,002 (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	US EPA (2012)

Tétrachloroéthylène (Cas n°127-18-4) – effets toxiques à seuil						
Exposition	Voie d'exposition	Effet ou Organe critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Chronique	Inhalation	rein	homme	100	$TCA = 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$	RIVM (1999)
		Effets neurologiques	homme	100	$MRL \text{ (non arrondi)} = 250 \mu\text{g}/\text{m}^3$	ATSDR (1997)
		Syst. Respiratoire, hépatique et rénal	souris	1000	$CA = 360 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Santé canada (1992)
		Effets neurologiques		100	$TC = 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	OMS (2006)
		Effets neurologiques	homme	1000	$RfC = 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	US EPA (2012)
		Foie et rein	souris	-	$REL = 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$	OEHHA (1991)
	Orale	Effets neurologiques	homme	1000	$RfD = 0.006 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$	US-EPA (2012)
		foie	Rat/souris	1000	$DJT = 0.014 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$	OMS (2011)
		hépatotoxicité, reins	rat	1000	$DJA = 0.014 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$	Santé Canada (1992)
		hépatotoxicité	Rat/souris	1000	$TDI = 0.016 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$	RIVM (2001)

2.3.1.5 Valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques

La sélection des VTR repose sur les critères énoncés au chapitre 1.

L'INERIS (2014) propose de retenir pour une exposition chronique au tétrachloroéthylène par voie orale l'ERUo de l'OEHHA pour les effets cancérogènes. Selon l'Anses, la valeur proposée par l'OEHHA ne répond pas aux critères de qualité scientifique fixés par la commission spécialisée. En effet, l'étude source et la construction de la valeur présentent des limites qui ne permettent pas leur exploitation. Ainsi, compte tenu des réserves émises par l'Anses sur la valeur pour la voie inhalation, nous retiendrons la VTR de l'US-EPA (2012) : un ERUi de $3.10^{-7} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ et un ERUo de $0,002 (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$.

L'Anses (2013) ne retient pas la RfC proposée par l'US EPA (2012) comme VTR chronique à seuil pour le tétrachloroéthylène. Par conséquent, la VTR retenue pour les risques chroniques non cancérogènes par inhalation du tétrachloroéthylène est la VTR proposée par l'OMS CICAD (2006) de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ établie à partir d'études épidémiologiques. C'est également la valeur retenue par l'Ineris (2014).

Pour une exposition chronique au tétrachloroéthylène par voie orale, l'INERIS propose de retenir le TDI de **$0,014 \text{ mg}/\text{kg}/\text{j}$** de l'OMS. C'est également la VTR que nous retiendrons. Dans la mesure où la démarche par extrapolation voie a voie n'est pas retenue, c'est donc la valeur de l'OMS basée sur une altération hépatique chez le rat pour une exposition de 13 semaines (qui est préférée). De plus, le rat est plus sensible aux effets hépatotoxiques que l'homme ce qui rend ce choix protecteur.

2.3.2 Trichloroéthylène (CAS n°79-01-6)

2.3.2.1 Propriétés intrinsèques de la substance

Le trichloroéthylène (TCE, CAS n°79-01-6) est un liquide incolore plus dense que l'eau (densité=1.458 à 20°C), d'odeur rappelant celle du chloroforme, perceptible à l'odorat à des concentrations de l'ordre de 28 ppm, soit de l'ordre de 150 mg/m³ (INRS, 2005), (1 ppmV = 5.46 mg/m³).

La principale utilisation du trichloroéthylène est le dégraissage des pièces métalliques et le nettoyage à sec qui représente en Europe de l'ouest 95 % de la production. Le trichloroéthylène entre également dans la fabrication de produits pharmaceutiques, de retardateurs chimiques d'inflammation, d'insecticides et est utilisé comme réfrigérant. Il entre également dans la composition de colles, de décapants, de correcteurs liquides ou de détachants.

Le trichloroéthylène dans l'environnement est uniquement d'origine anthropique. La majeure partie de la production annuelle mondiale (60 à 90 %) est rejetée principalement dans l'atmosphère (relargage de vapeurs utilisées dans les opérations de dégraissage, dégazage de décharges).

Parmi les composés des hydrocarbures, le trichloroéthylène est rangé parmi les COV (composés organiques volatils) et plus précisément parmi les COHV (composés organiques halogénés volatils). Il est soluble (1100 mg/l à 25°C), volatil : pression de vapeur de 4660 Pa (10°C) à 9830 Pa (25°C) et constante de Henry de 1.17 kPa.m³/mol (25°C) et biodégradable en milieu anaérobie (constante de demi-vie de 6 mois à 1 an dans les sols). Le trichloroéthylène (TCE) peut se dégrader en dichloroéthylène puis en chlorure de vinyle et provenir de la dégradation du tétrachloroéthylène (PCE), ces substances sont des métabolites du TCE qu'il convient de prendre en compte.

2.3.2.2 Valeurs guides

► Valeurs guides dans l'eau

Le décret 2007-49 (et articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique) présente une limite de qualité des eaux pour la consommation humaine de 10 µg/l pour la somme du tétrachloroéthylène et du trichloroéthylène.

Aucune valeur limite pour les eaux brutes destinées à produire de l'eau potable n'est présentée dans ce texte.

Le décret n°2003-462 du 21 mai 2003 **relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé (articles 1332, annexe 13-5) ne présente pas de valeur réglementaire pour cette substance dans les eaux de baignade.**

L'OMS (Guidelines for drinking water quality, 2011) propose une valeur guide provisoire pour les eaux potables de 20 µg/l pour le trichloroéthylène.

► Valeurs guides dans l'air

En France le décret 2010-1250 du 21 octobre 2010 sur les objectifs de qualité de l'air ne propose pas de valeur guide pour le trichloroéthylène.

L'OMS (Air quality Guidelines for Europe, 2000 et plus spécifiquement pour l'air intérieur, 2010) ne propose pas de valeur guide pour le trichloroéthylène, considérant qu'aucune valeur ne serait sûre, par contre elle retient un ERUi de 4,3.10⁻⁷ [µg/m³]⁻¹ qui appliqué à l'ERI de 10⁻⁵ correspondrait à une concentration (vie entière) de 23 µg/m³.

Les valeurs guide air intérieur VGAI définies par l'ANSES (2009) sont les suivantes :

- VGAI long terme, pour les effets cancérogènes : 20 µg/m³ (durée d'exposition "vie entière"), correspondant à un excès de risque de 10⁻⁵,
- VGAI long terme, pour les effets cancérogènes : 2 µg/m³ (durée d'exposition "vie entière"), correspondant à un excès de risque de 10⁻⁶,

- VGAI intermédiaire (14 jours à 1 an) : $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Après prise en compte des valeurs toxicologiques de référence (VTR) proposées en 2011 par l'Agence américaine de protection de l'environnement (US-EPA), des niveaux moyens d'exposition de la population dans les différents espaces clos, des situations à risque de forte exposition et des dispositions réglementaires qui encadrent certaines sources potentielles de trichloroéthylène, le HCSP recommande pour le long terme de retenir deux valeurs pour le trichloroéthylène : une valeur repère de qualité d'air intérieur et une valeur d'action rapide :

- Valeur repère de qualité d'air intérieur (VR) : $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette valeur repère doit être immédiatement applicable et respectée dans tous les bâtiments, avec un délai des actions correctives fixé à 5 ans. Elle est fondée sur les dernières valeurs éditées par l'US-EPA en 2011 et protège tant des effets cancérigènes que des effets chroniques non cancérogènes du trichloroéthylène : effets hépatiques, rénaux, neurologiques, immunologiques, effets sur la reproduction et le développement.
- Valeur d'action rapide (VAR) : $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les actions correctives mises en œuvre viseront à abaisser le niveau de concentration de trichloroéthylène dans les bâtiments concernés jusqu'à une concentration inférieure à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le délai de mise en œuvre de ces actions correctives ne devrait pas excéder 6 mois.

► Valeurs guides dans les sols

Dans les sols on ne dispose pas de valeur guide/réglementaire.

2.3.2.3 Profil toxicologique

► Classement

Les symboles classant le trichloroéthylène sont **SGH07** et **SGH08**.

Les phrases de risque qui le représentent sont : **H350**, **H341**, **H319**, **H315**, **H336** et **H412**.

► Effets cancérigènes

L'Union Européenne classe le trichloroéthylène dans la catégorie **C1B**.

Le CIRC-IARC place le trichloroéthylène dans le **groupe 1** : cancérogène pour l'homme (2014).

L'US-EPA, dans sa révision de 2011, considère le trichloroéthylène comme « cancérogène pour l'homme » (groupe A). L'US-EPA considère qu'il y a suffisamment de preuve pour conclure que les tumeurs du rein sont induites par un processus mutagène et que ce mode d'action est clairement mis en évidence chez l'homme.

► Effets Mutagènes

L'Union Européenne classe le trichloroéthylène dans la catégorie **M2**.

► Effets reprotoxiques

Le trichloroéthylène n'est pas classé actuellement par l'Union Européenne comme agent reprotoxique. Par ailleurs, l'IARC (1997) considère que les études disponibles présentent des preuves limitées chez les souris et les rats concernant la génotoxicité. Ainsi, l'OMS considère que le trichloroéthylène ne présente pas d'effets sur le système reproductif (absence de preuves chez l'homme et preuves insuffisantes chez l'animal).

Autres effets toxiques

L'inhalation prolongée de trichloroéthylène à des concentrations modérées induit des symptômes similaires à ceux lors d'une exposition aiguë : céphalées, léthargies, somnolence, engourdissement des sens, vertiges, nausées et vomissements.

Une forte exposition, sur une longue durée aux vapeurs de trichloroéthylène, peut entraîner des dommages au niveau de SNC, des poumons, du foie et des reins. Une hépatite aiguë s'est développée chez une femme exposée à des concentrations de 40 à 800 ppm durant plusieurs années (Scattner et Malnick, 1990).

L'étude de populations par l'eau de boisson a permis de mettre en évidence des troubles variés : neurologiques (troubles de l'humeur, diminution du réflexe oculo-palpébral), gastro-intestinaux (nausées, diarrhées, constipation), cardiaques (tachycardie de repos, palpitations), immunologiques (augmentation du nombre de lymphocytes T, augmentation des infections, des dermatites auto-immunes) et respiratoires (asthme, bronchites, pneumonie chez les enfants). Ces études sont toutefois limitées par le manque de données relatives à l'exposition des individus.

2.3.2.4 Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR) dont la définition est donnée dans le chapitre 1 du présent document. Les tableaux ci-après présentent les VTR correspondant aux effets cancérogènes dans un premier temps et les VTR correspondant aux effets toxiques hors cancers dans un second temps.

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (Anses, ATSDR, OMS, US-EPA, OEHHA, RIVM, Santé Canada).

Trichloroéthylène (Cas n°79-01-6) – effets toxiques sans seuil				
Voie d'exposition	Effet critique	Observations portant sur	Valeur	Source
Inhalation	Sur le foie, les reins et Cancer des testicules	rat	ERU _i = $4.3 \cdot 10^{-7} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	OMS (2000)
	Tumeur hépatocellulaire	souris	ERU _i = $2 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	OEHHA (2002)
	Cancer des testicules	rat	CT _{0.05} = 82 mg/m ³ , correspondant à ERU _i = $6 \cdot 10^{-7} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Santé Canada (1992)
	Cancer des reins	Homme	ERU _i = $4.1 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	US-EPA (2011)
Orale	Tumeurs interstitielles du testicule	rat	DT _{0.05} = 200 mg/kg/j correspondant à ERU _o = $2,5 \cdot 10^{-4} (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	Santé Canada (1992)
	Tumeur hépatocellulaire	souris	ERU _o = $1,3 \cdot 10^{-2} (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	OEHHA (2003)
	Cancer des reins	Homme	ERU _o = $5 \cdot 10^{-2} (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	US-EPA (2011)

Trichloroéthylène (Cas n°79-01-6) – effets toxiques à seuil						
Exposition	Voie d'exposition	Organe critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Chronique	Inhalation	Foie, SNC	souris	1000	pTCA (provisoire)= 200 µg/m ³	RIVM (2001)
		SNC	homme	100	REL = 600 µg/m ³	OEHHA (2003)
		Multiples	Rat et souris	Multiples	RfC = 2 µg/m ³	US-EPA (2011)
		Développement Syst. immunitaire	Rat et souris	Multiples	MRL = 2 µg/m ³	ATSDR (prov- 2014)
Chronique	Orale	Poids du foie (effet mineur)	souris	3000	DJT = 0,0238 mg/kg/j	OMS (2000)
		Reins	rat	1000	pTDI (provisoire)= 0,05 mg/kg/j	RIVM (2001)
		Multiples	Rat et souris	Multiples	RfD = 0,0005 mg/kg/j	US-EPA (2011)
		Développement Syst. immunitaire	Rat et souris	Multiples	MRL = 0,0005 mg/kg/j	ATSDR (prov - 2014)

2.3.2.5 Valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques

La sélection des VTR repose sur les critères énoncés au chapitre 1.

► Pour la voie inhalation

Plusieurs limites relatives à la construction de l'ERU de l'US EPA ont été identifiées par le GT VTR de l'Anses. Par conséquent, **le groupe d'experts de l'Anses recommande de ne pas retenir l'ERUi et la RfC proposés par l'US EPA en 2011** (Anses, 2013). C'est à partir de cette expertise que les choix de VTR sont réalisés par BURGEAP.

Ainsi, concernant les effets cancérogènes et mutagènes du trichloroéthylène par inhalation, nous retiendrons l'ERUi établi en 2000 par l'OMS vis-à-vis des effets sur le foie, les reins et du cancer des testicules de **4.3 10⁻⁷ (µg/m³)⁻¹**.

Au vue des limites identifiées, la RfC de l'US EPA n'est pas retenue par le GT VTR de l'Anses. Par ailleurs, l'analyse détaillée par ce même groupe de la VTR de l'OEHHA fixée à 600 µg/m³ ainsi que de l'étude source et des facteurs d'incertitude appliqués a conduit à ne pas retenir cette valeur car :

- le nombre d'individus est insuffisant,
- les effets sur la santé ne sont pas objectivés,
- aucun facteur de sécurité lié au manque de données n'a été appliqué.

Ainsi, concernant les effets toxiques non cancérogènes du trichloroéthylène par inhalation, aucune VTR aujourd'hui disponible ne permet d'évaluer le risque de manière satisfaisante.

Les concentrations mesurées ou évaluées dans l'air seront ainsi interprétées en lien avec les concentrations dans des environnements non impactés et les valeurs de référence existant dans l'air.

► Pour la voie orale

Pour la prise en compte des effets cancérigènes par la voie orale, nous retiendrons la valeur de l'US-EPA, établie en 2011, soit $5.10^{-2} \text{ (mg/kg/j)}^{-1}$. Cet ERUo ne doit pas être utilisé pour des doses d'exposition supérieures à 10 mg/kg/j puisque dans ce cas, la relation d'extrapolation n'est plus linéaire.

La VTR retenue pour les risques chroniques non cancérogènes par ingestion du trichloroéthylène est celle établie en 2011 par l'US-EPA pour de multiples organes, soit 0,0005 mg/kg/j.

2.4 HAP – hydrocarbures aromatiques polycycliques

2.4.1 Généralités

2.4.1.1 Propriétés intrinsèques des HAP

Les HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) sont formés lors de combustions incomplètes (bois, charbon, fioul, essence, goudrons de houille, cigarettes...) puis rejetés dans l'atmosphère où ils sont présents majoritairement dans la phase particulaire du fait de leur faible volatilité.

Il s'agit de molécules ayant deux (naphtalène) à plus de cinq (benzo-a-pyrène) noyaux benzéniques. Les propriétés toxiques et physicochimiques des molécules sont variables et dépendent en partie du nombre de noyaux benzénique. On compte 16 molécules les plus communément étudiées (liste de l'EPA reprise dans les paragraphes suivants).

Les émissions des cheminées et des fours à bois domestiques, des incinérateurs d'ordures ménagères, des unités de production de goudron et d'asphalte, des unités de craquage du pétrole, constituent les principales sources anthropiques. Ces sources stationnaires représentent environ 80 % des émissions. Les sources mobiles sont constituées par les échappements des véhicules essence et diesel.

La présence de HAP dans les eaux de surface provient du dépôt de particules en suspension dans l'atmosphère, des rejets de lixiviation des aires de stockage de charbon, des effluents des usines de traitement du bois et autres industries, on note par ailleurs que les HAP sont également contenus dans certains insecticides ou fongicides.

Les 16 HAP possèdent des propriétés physico-chimiques très variables :

les solubilités (à 25 °C) sont comprises entre $2,6 \cdot 10^{-4}$ mg/l pour le B[g,h,i]P et 32 mg/l pour le naphtalène,

les pressions de vapeur (à 25 °C) sont comprises entre $1,3 \cdot 10^{-8}$ Pa pour le B[g,h,i]P et 11.3 Pa pour le naphtalène (qui est le seul HAP que l'on peut classer dans les COV : $P_v > 10$ Pa),

les constantes de Henry (à 25 °C) sont comprises entre $2,69 \cdot 10^{-5}$ kPa.m³/mol pour B[g,h,i]P et 0.045 kPa.m³/mol pour le naphtalène.

On note que les propriétés physico-chimiques du B[a]P sont proches de celles du B[g,h,i]P : solubilité de 0.0016 mg/l (25 °C), une pression de vapeur de $7,32 \cdot 10^{-7}$ Pa (25 °C) et une constante de Henry de $4,63 \cdot 10^{-5}$ kPa.m³/mol.

L'ensemble des HAP sont facilement sorbés sur les sols, en effet, leurs constantes de partage octanol-eau (logKOW) sont élevées et comprises entre 3,3 (naphtalène) et 6,84 (B[k]F).

2.4.1.2 Valeurs guides

► Valeur guide dans l'alimentation

Le RÈGLEMENT (CE) No 1831/2003 DE LA COMMISSION du 22 septembre 2003 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires définit des valeurs limite à ne pas dépasser pour le B(a)P dans certaines catégories d'aliments.

Dans les aliments ou préparations pour nourrissons, le B(a)P ne doit pas dépasser 1 µg/kg de poids à l'état frais.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:364:0005:0024:FR:PDF>

► Valeurs guides dans l'eau

Le décret 2007-49 (et articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique) ne présente pas de limite de qualité des eaux pour la consommation humaine pour la somme des HAP mais

présente une valeur pour le benzo-a-pyrène : 0.01 µg/l et pour la somme des benzo-b-fluoranthène, benzo-k-fluoranthène, indéno (1.2.3) c,d pyrène, et benzo-g,h,i)pérylène de 0.1 µg/l.

La concentration limite dans les eaux brutes destinées à produire de l'eau potable issue de ce même texte réglementaire est de 1 µg/l pour la somme des benzo-b-fluoranthène, benzo-k-fluoranthène, indéno (1.2.3) c,d pyrène, et benzo-g,h,i)pérylène.

Le décret n°2003-462 du 21 mai 2003 **relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé (articles 1332, annexe 13-5) ne présente pas de valeur réglementaire pour cette substance dans les eaux de baignade.**

L'OMS (Guidelines for drinking water quality, 2011) propose une valeur guide pour les eaux potables pour les HAP à travers le B[a]P de 0.7 µg/l.

► Valeurs guides dans l'air

En France, le Décret 2010-1250 du 21 octobre 2010 définit une valeur cible de 1 ng/m³ pour le B(a)P.

Dans l'air intérieur, l'OMS (2010) propose une valeur guide de 10 µg/m³ en moyenne annuelle pour le naphthalène.

Dans l'air intérieur, Le rapport final du projet INDEX : « Critical Appraisal of the setting and implementation of indoor exposure limits in the EU », 2005 élaboré par l'institut de la protection de la santé et du consommateur établit pour le naphthalène une concentration d'exposition limite sur le long terme de 10 µg/m³. Les concentrations dans l'air intérieur en Europe seraient de l'ordre de 10 fois inférieures à cette limite (INDEX, 2005).

De manière analogue, compte tenu des connaissances actuelles, l'ANSES (2009) ne propose qu'une valeur guide pour des expositions chroniques au naphthalène pour des effets non cancérogènes : VGI long terme de 10 µg/m³.

L'OMS considère que la présence de HAP dans l'air (2000) et en particulier l'air intérieur (2010) est préoccupante pour la santé, proposant un Excès de risque unitaire, la concentration correspondant à un risque de 10⁻⁵ pour l'OMS est de 0,12 µg/m³ en B(a)P.

La transposition de la directive européenne 2004/107/CE en droit français, dans le Décret 2010-1250 du 21 octobre 2010 fixe, pour le BaP sous forme particulière, une valeur cible dans l'air de 0,001 µg/m³, applicable au 31/12/2012.

► Valeurs guides dans les sols

Dans les sols on ne dispose pas de valeur guide réglementaire.

2.4.1.3 Profil toxicologique

► Classement

Parmi les HAP, seuls 7 d'entre eux présentent un symbole de danger, il s'agit grossièrement des substances les moins mobiles.

Les phrases de risques associées sont au minimum **H350** (peut provoquer le cancer).

Par ailleurs, tous ceux qui sont associés à un symbole danger polluent l'environnement.

Enfin, le naphthalène présente la mention de danger **H302** (nocif en cas d'ingestion).

	Classement symboles	Mention de danger	classement cancérrogénicité		
			UE	CIRC (IARC)	EPA
Naphtalène	SGH07, SGH08, SGH09	H351, H302, H400, H410	C2	2B	C
Acénaphthylène	-	-	-	-	D
Acénaphthène	-	-	-	-	-
Fluorène	-	-	-	3	D
Phénanthrène	-	-	-	3	D
Anthracène	-	-	-	3	D
Fluoranthène	-	-	-	3	D
Pyrène	-	-	-	3	D
Benzo(a)anthracène	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2B	B2
Chrysène	SGH08, SGH09	H350, H341, H400, H410	C1B M2	3	B2
benzo(b)fluoranthène	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2B	B2
benzo(k)fluoranthène	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2B	B2
Benzo(a)pyrène	SGH07, SGH08, SGH09	H340, H350, H360FD, H317, H400, H410	C1B M1B R1B	1	B2
Dibenzo(a,h)anthracène	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2A	B2
benzo(g,h,i) pérylène	-	-	-	3	D
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	-	-	-	2B	B2

► Effets cancérigènes

Le benzo(a)pyrène est classé comme cancérigène chez l'homme par le CIRC-IARC (**groupe 2A**), l'US-EPA (**classe B2**) et l'UE (**C1B**).

La position de l'OMS dans différents ouvrages ou publications et aussi celle de l'US-EPA est de considérer que le B(a)P a valeur d'indicateur pour les HAP potentiellement cancérigènes, qui ont plus de 3 noyaux aromatiques.

Le tableau de synthèse des classifications des HAP par rapport à leur cancérrogénicité montre que l'anthracène, le benzo(g,h,i)pérylène, l'acénaphthylène, le fluoranthène, le fluorène, le phénanthrène et le pyrène sont classés 3 par le CIRC et/ou D par l'US-EPA. L'acénaphthène n'est pas classé.

Pour ces composés, les phrases de risque ne mentionnent pas non plus le caractère cancérigène, et l'article de Nisbet et Lagoy (1992) proposant des facteurs d'équivalent toxique (TEF cité ci-après) mentionne l'absence de données précises leur ayant permis d'aboutir à ces valeurs.

Pour le naphtalène, le potentiel cancérigène n'a pas été prouvé et à la différence des HAP à plus de 3 noyaux aromatiques, il n'est pas mutagène directement. Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé le naphtalène dans le groupe 2B, et non 2A, en dépit des résultats chez l'animal ; ce point de vue, c'est-à-dire l'impossibilité actuelle de conclure que le naphtalène est un cancérigène probable pour l'homme, est partagé par un grand nombre d'experts réunis par l'US-EPA (cf. résultats de la réunion sur le site US-EPA, en date de septembre 2004). Le mécanisme retenu par l'IARC (2002) est la formation de métabolites entraînant un turn-over important au niveau des épithéliums respiratoires et secondairement la formation de tumeurs. Le naphtalène pourrait avoir des effets clastogènes in vitro mais pas d'effets mutagènes.

Le naphthalène est classé cancérigène de catégorie 3 (Carc. 3, phrase de risque R40) par l'Union Européenne.

► Effets reprotoxiques

Parmi les HAP, seul le benzo[a]pyrène est classé par l'union Européenne par rapport à ses effets potentiels sur la reproduction : **R1B** (H360 FD : Peut nuire à la fertilité. Peut nuire au fœtus).

► Effets Mutagènes

Le benzo(a)pyrène et le chrysène sont classés par l'Union Européenne pour leurs effets mutagènes dans les catégories M1B et M2 respectivement. Ces substances ont des effets mutagènes ou présentent des risques de mutagénicité sur les cellules germinales humaines. Ces mutations pourraient être transmises à la descendance.

Le naphthalène n'est pas génotoxique en l'état des connaissances ce qui le différencie du benzo(a)pyrène et des autres HAP à plusieurs cycles qui ont des effets similaires à ceux du BaP chez l'homme et chez l'animal et pour lesquels l'approche par équivalents (TEF) est justifiée.

► Autres effets toxiques

Les études actuelles sur les effets toxiques non cancérigènes du benzo(a)pyrène sur l'homme montrent que les effets principaux sont cutanés. Il a été observé des altérations cutanées (érythèmes, desquamation, hyper-kératose verruqueuse...) lors d'applications de benzo(a)pyrène à des fins thérapeutiques. De telles observations n'ont pas été décrites chez des personnes présentant des peaux saines.

Chez l'homme, aucune étude épidémiologique concernant l'effet de l'acénaphthène n'est disponible. L'exposition subchronique ou chronique à l'acénaphthène induit des troubles hépatiques, rénaux et hématologiques.

A notre connaissance, il n'existe pas de donnée disponible sur les effets toxiques non cancérigènes de l'anthracène, pour une exposition chronique, chez l'homme. Les études réalisées sur les souris montrent une augmentation de la mortalité et des signes cliniques sur le poids corporel et différents organes, l'ophtalmologie, l'hématologie et l'histopathologie.

L'organe cible pour les expositions au benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène et Dibenzo(a,h)Anthracène est le système immunologique.

Chez l'homme une seule étude traite de l'effet induit par une exposition par voie pulmonaire au fluoranthène. Dans cette étude les salariés ont été exposés par voie pulmonaire à un mélange de HAPs contenant du fluoranthène, du perylène, du pyrène, du benz(a)pyrène, du chrysène, du benzo(a)anthracène, du dibenz(a,h)anthracène et du benzo(g,h,i)perylène. L'exposition à de fortes concentrations de ce mélange (concentration non précisée) induit une diminution du taux d'immunoglobulines sériques (IgA, IgG et IgM) (Szczeklik *et al.*, 1994). Cette étude n'a toutefois pas permis d'identifier l'effet spécifique du fluoranthène. Les organes cibles identifiés sont le système sanguin et les reins.

L'étude principale mettant en évidence l'effet du fluoranthène administré par voie orale est l'étude de l'US EPA de 1988 (a,b,c) dans laquelle les souris mâles et femelles ont été exposées par voie orale (gavage) à 125, 250 ou à 500 mg/kg/j de fluoranthène pendant 13 semaines. Cette étude a montré qu'à ces doses, le fluoranthène n'induisait pas d'effets sur le système respiratoire, cardiaque ou musculo-squelettique. Par contre, il a été montré une influence du fluoranthène sur l'augmentation du poids relatif du foie et l'augmentation du taux d'enzymes hépatiques.

Aucune étude épidémiologique ne traite des effets du fluorène chez l'homme lors d'une exposition chronique. Chez l'animal, l'exposition chronique au fluorène induit principalement des troubles hépatiques et hématologiques. L'étude principale de l'US EPA de 1988 (a,b,c) dans laquelle les souris mâles et femelles ont été exposées par voie orale (gavage) à 125, 250 ou à 500 mg/kg/j de fluorène pendant 13 semaines. Cette étude a montré qu'à la dose de 500 mg/kg/jour, les effets observés étaient une difficulté pour respirer, un ptosis (abaissement de la paupière supérieure, d'origine congénitale), une diminution du poids absolu du foie, une diminution du poids relatif du foie et de la rate, accompagnée par d'effets sur le système sanguin.

Pour le naphtalène, les données sont peu nombreuses. L'exposition par inhalation, par inhalation et passage cutané, par inhalation et absorption digestive sont responsables d'anémie hémolytique.

Plusieurs cas d'anémie hémolytique ont été décrits après inhalation et pénétration cutanée chez des nouveau-nés dont les vêtements et la literie ont été conservés avec des boules d'antimite (Cock, 1957 ; Dawson *et al.*, 1958 ; Schafer, 1951 ; Valaes, 1963). Ces anémies ont aussi été décrites après inhalation par des nouveau-nés de médicaments contenant du naphtalène (Hanssler, 1964 ; Irle, 1964). Les cas survenus chez des nouveau-nés sont parfois associés à des troubles neurologiques comme une somnolence et une diminution des cris. Mais on peut dissocier ces troubles de ceux liés à la diminution des capacités de transport de l'oxygène.

Huit cas de cataracte ont été décelés chez un groupe de 21 employés d'une teinturerie industrielle où du naphtalène était utilisé. Sept cas sont survenus avant l'âge de 50 ans. Si l'hypothèse d'une causalité est possible, les niveaux d'exposition ne sont pas disponibles (Ghetti et Mariani, 1956).

Aucune étude concernant l'effet chronique du naphtalène après une exposition par voie orale n'est disponible. De plus, aucune relation directe entre l'exposition à long terme au naphtalène par voie cutanée et le développement de symptômes respiratoires, cardiovasculaires, gastro-intestinaux, rénaux et oculaires n'a été montrée (Ghetti et Mariani, 1956).

2.4.1.4 Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR) dont la définition est donnée dans le chapitre 1 du présent document. Les tableaux ci-après présentent dans un premier temps les VTR correspondant aux effets cancérogènes des HAP et dans un second temps les VTR correspondant aux effets toxiques hors cancer.

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (Anses, ATSDR, OMS, US-EPA, OEHHHA, RIVM, Santé Canada).

► Effets toxiques sans seuil

2.4.2 Benzo-a-pyrene (Cas n°50-32-8)

On notera que les valeurs toxicologiques du B(a)P peuvent servir à établir des VTR pour les effets cancérogènes des autres HAP -Voir le chapitre sur les TEF (facteurs d'équivalent toxique).

Benzo(a)Pyrene (50-32-8)				
Voie d'exposition	Organe critique / type d'effet	Observations portant sur	Valeur	Source
Inhalation	Tractus respiratoire	hamster	ERUi = $1,1 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	OEHHHA (2002)
		homme	ERUi (mélange HAP) = $8,7 \cdot 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	OMS (2000)
		hamsters	CT05 = $1.57 \text{ mg}/\text{m}^3$ soit un ERUi = $3.2 \cdot 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Santé Canada 1994
Orale	Cancer multi-site	Rats/souris	ERUo = $7,3 (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	US EPA (1994)
		Rats/souris	ERUo = $0,2 (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	RIVM (2001)
		hamster	ERUo = $12 (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	OEHHHA (2002)

L'ERUi de $1,1 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ a été établi à partir de l'étude expérimentale de Thyssen *et al.*, 1981. Dans cette étude, des hamsters mâles 'Syrian golden' ont été exposés à 2,2, 9,5 et à 46,5 mg/m^3 de benzo[a]pyrène condensé dans des particules de chlorure de sodium. Aucune tumeur n'a été observée au niveau du tractus respiratoire chez le groupe témoin et chez les hamsters exposés à 2,2 mg/m^3 de benzo[a]pyrène. Par contre, pour les concentrations plus élevées, l'incidence des tumeurs du tractus respiratoire augmente avec la concentration de benzo[a]pyrène. Ainsi, le nombre de tumeurs est de 9/26 pour une concentration de 9,5 mg/m^3 et de 13/25 pour une concentration de 46,5 mg/m^3 . Un modèle linéaire multi-étapes sans seuil a été appliqué aux résultats obtenus. Un facteur de correction inter espèce de $(70/0,1)^{1/3}$ a été appliqué et un ERUi de $1,1 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ a été proposé par l'OEHHA pour le benzo[a]pyrène.

L'ERUo de $0,2 (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$, proposé par le RIVM a été établi à partir de 2 études : Kroese *et al.*, 2001 et Culp *et al.*, 1998. L'avis de l'AFSSA (2003) est que l'étude critique choisie par le RIVM est de bonne qualité et le modèle mathématique utilisé est bien adapté.

2.4.3 Naphtalène (Cas n°91-20-3)

Les VTR sans seuil disponibles dans la littérature sont résumées dans le tableau suivant.

Naphtalène (Cas n°91-20-3) – effets toxiques sans seuil				
Voie d'exposition	Type d'effet critique	Observations portant sur	Valeur	Source
Inhalation	Epithélium nasal	Rat et souris	ERUi = $3,4 \cdot 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	OEHHA (2005)
	Neuroblastomes de l'épithélium olfactif	Rat	ERUi = $5,6 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	ANSES (2013)
Orale	Epithélium nasal	Rat et souris	ERUo = $0,12 (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	OEHHA (2005)

Facteur d'équivalent toxique des HAP (TEF)

La position de l'OMS dans différents ouvrages ou publications et aussi celle de l'US-EPA est de considérer que le B(a)P a valeur d'indicateur pour les HAP potentiellement cancérigènes, qui ont plus de 3 noyaux aromatiques. Différentes possibilités sont laissées à l'initiative de l'évaluateur de risque, en particulier celle de recourir à la méthode des équivalents toxiques (méthode proposée par l'OMS) que nous utiliserons dans la présente étude.

L'excès de risque unitaire (ERU) pour un composé *n* est donné par la relation suivante :

ERU (composé *n*) = TEF (composé *n*) x ERU (du BaP).

Les principaux TEF existants, considérés aussi bien pour la voie orale que la voie inhalation sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Composé	US-EPA (1993)	Baars (2000)	Hempling <i>et al.</i> (1997)	WHO (1998)	Nisbet <i>et Lagoy</i> (1992)
Acénaphène	nr	0.01	0	nr	0.001
Acénaphthylène	nr	0.001	0.01	nr	0.001
Anthracène	nr	nc	0.01	0.28-0.32	0.01
Benzo(a)anthracène	0.1	0.1	0.1	0.014-0.0145	0.1
Benzo(a)pyrène	1	1	1	1	1
benzo(b)fluoranthène	0.1	0.1	1	0.1-0.141	0.1
benzo(k)fluoranthène	0.01	0.1	0.1	0.01-0.1	0.1

Composé	US-EPA (1993)	Baars (2000)	Hempling et al. (1997)	WHO (1998)	Nisbet et Lagoy (1992)
benzo(g,h,i) pérylène	nr	nc	0.01	nr	0.01
Chrysène	0.001	0.01	0.01	0.001-0.1	0.01
Dibenzo(a,h)anthracène	1	1	1	0.89-5	5
Fluoranthène	nr	0.01	0.01	0.001-0.01	0.001
Fluorène	nr	nc	0	nr	0.001
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	0.1	0.1	0.01	0.067-0.232	0.1
Naphtalène	nr	nc	0	nr	0.001
Phénanthrène	nr	0.001	0	nr	0.001
Pyrène	nr	0.001	nr	nr	0.001

La comparaison entre le tableau ci-dessus et le tableau de synthèse des classifications des HAP par rapport à leur cancérogénicité montre que pour l'anthracène, le benzo(g,h,i)pérylène, l'acénaphthylène, le fluoranthène, le fluorène, le phénanthrène, le pyrène et l'acénaphène, bien que classés 3 par le CIRC et/ou D par l'US-EPA, ou non classé, des TEF sont proposés par certains auteurs. Il en est de même pour le naphtalène dont les effets cancérigènes sont considérés comme non associés à ceux des autres HAP.

► Effets toxiques à seuil

Acénaphène (83-29-9)						
Exposition	Voie d'exposition	Organe critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Chronique	Orale	Syst. hépatique	souris	3000	RfD = 0.06 mg/kg/j	US EPA (1994)

Anthracène (120-12-7)						
Exposition	Voie d'exposition	Organe critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Subchronique	Orale	Syst. hépatique	souris	100	MRL = 10 mg/kg/j	ATSDR (1995)
Chronique	Orale	aucun	souris	3000	RfD = 0.3 mg/kg/j	US EPA (1993)

Benzo(g,h,i)perylene (191-24-2)						
Absence de valeur cohérente						

Fluoranthène (CAS n°206-44-0) et Fluorène (CAS n°86-73-7)						
Exposition	Voie d'exposition	Organe critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Chronique	Orale	Nephrotoxicité	souris	3000	RfD = 0.04 mg/kg/j	US EPA (1993)

Naphtalène (Cas n°91-20-3)						
Exposition	Voie d'exposition	Organe critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Chronique	Inhalation	Syst. respiratoire	souris	300	MRL (0.7 ppb)= 4 µg/m³	ATSDR (2005)
			souris	3000	RfC = 3 µg/m³	US EPA (1998)

Naphtalène (Cas n°91-20-3)						
Exposition	Voie d'exposition	Organe critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
			souris	1000	REL = 9 µg/m ³	OEHHA (2003)
		Syst. respiratoire et olfactif	rat	250	VTR = 37 µg/m³	ANSES (2013)
	Orale	Diminution poids corporel	rat	3000	RfD = 0,02 mg/kg/j	US EPA (1998)

Phénanthrène (Cas n°85-01-8)						
Exposition	Voie d'exposition	Organe critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Chronique	Orale	Cf. les travaux du TPHCWG ¹⁸			TDI = 0.04 mg/kg/j	RIVM (1999-2000)

Pyrène (Cas n° 129-00-0)						
Exposition	Voie d'exposition	Organe critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Chronique	Orale	rein	souris	3000	RfD = 0.03 mg/kg/j	US-EPA (1989)

2.4.3.2 Valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques

► Effets toxiques sans seuil

Le choix des valeurs toxicologiques de référence a été réalisé conformément à la position de l'INERIS¹⁹ qui est reprise ci-après. Il est à noter que pour le naphtalène cependant, compte tenu de l'établissement par l'ANSES d'une VTR spécifique (par inhalation sans seuil), c'est cette dernière qui sera retenue.

Pour une exposition par voie orale à un mélange de HAPs, l'INERIS propose d'utiliser l'approche substance par substance (TEF), car malgré les inconvénients que présente cette approche, elle est standardisée et permet d'évaluer le risque induit par tous les types de mélanges. De plus, l'approche par mélanges (approche par comparaison des potentiels toxiques des mélanges analogues et utilisation du benzo[a]pyrène comme indicateur d'un mélange) a été essentiellement élaborée dans le cas d'une exposition par inhalation.

L'INERIS appuie l'avis de l'AFSSA (2003) et propose de retenir l'ERUo établi par le RIVM de 0,2 (mg/kg/j)⁻¹. L'étude critique choisie par le RIVM est de bonne qualité et le modèle mathématique utilisé est bien adapté. La valeur plus prudente de l'US-EPA (7.2 (mg/kg/j)⁻¹) n'est donc pas retenue.

¹⁸ Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working group.

¹⁹ INERIS. « Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) Evaluation de la relation dose réponse pour des effets cancérogènes : Approche substance par substance : FET) et approche par mélange. » Rapport final, 18 décembre 2003.

Pour une exposition par inhalation à un mélange de HAPs, l'INERIS conseille de prendre en compte le seul Excès de Risque Unitaire (ERUi) spécifique du benzo[a]pyrène, soit l'ERUi de $1,1 \cdot 10^{-3} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ proposé par l'OEHHA et de lui appliquer les FET. On notera cependant que cet ERUi a été établi à partir d'étude sur les animaux et est relatif au seul cancer du poumon (à la différence de l'ERUi de l'OMS établi à partir de données humaines pour plusieurs types de cancer). Par ailleurs, la valeur de l'OMS, non retenue, correspond à la valeur guide pour l'air en Europe (Air quality guidelines for Europe, OMS, 2000).

Dans le cas où le mélange de HAPs est similaire au profil à celui de l'étude critique retenue par l'OMS, il est plus approprié de retenir, sans application des FET, la valeur de $8,7 \cdot 10^{-2} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ proposée par l'OMS (Le benzo[a]pyrène est alors considéré comme un indicateur d'un mélange de HAPs issu de cokeries). Cependant, ce cas est rarement rencontré en raison de la forte variabilité de la composition des mélanges en HAPs, même issus d'émissions de cokeries.

Pour certains mélanges particuliers tels les gaz d'échappement d'essence et de Diesel, les goudrons des toitures, les fumées de charbon et les fumées de bois, des potentiels cancérigènes exprimés en fonction du potentiel établi pour les émissions de fours à coke (OMS, 2000) sont à prendre en compte. Ces potentiels sont présentés dans le rapport INERIS.

TEF choisis et VTR associées

L'INERIS propose d'utiliser les TEF établis par Nisbet et LaGoy en 1992 en attribuant au dibenzo[a,h]anthracène un facteur de 1 au lieu de 5. Ces TEF sont considérés comme valables aussi bien pour la voie orale que la voie inhalation.

Les valeurs toxicologiques ainsi retenues sont présentées dans le tableau suivant. Les HAP pour lesquels les valeurs sont grisées sont discutés ci-après.

Composé	TEF retenus	ERUo (mg/kg/j)-1	ERUi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)-1
Naphtalène	0.001 (voir orale uniquement)	0.0002	$5,6 \cdot 10^{-6}$ (ANSES, 2013)
Acénaphthylène	0.001	0.0002	1.10E-06
Acénaphthène	0.001	0.0002	1.10E-06
Fluorène	0.001	0.0002	1.10E-06
Phénanthrène	0.001	0.0002	1.10E-06
Anthracène	0.01	0.002	1.10E-05
Fluoranthène	0.001	0.0002	1.10E-06
Pyrène	0.001	0.0002	1.10E-06
Benzo(a)anthracène	0.1	0.02	1.10E-04
Chrysène	0.01	0.002	1.10E-05
benzo(b)fluoranthène	0.1	0.02	1.10E-04
benzo(k)fluoranthène	0.1	0.02	1.10E-04
Benzo(a)pyrène	1	0.2	1.10E-03
Dibenzo(a,h)anthracène	1	0.2	1.10E-03
benzo(g,h,i) pérylène	0.01	0.002	1.10E-05
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	0.1	0.02	1.10E-04
Naphtalène	0.001 (voir orale uniquement)	0.0002	$5,6 \cdot 10^{-6}$ (ANSES, 2013)

Pour un certain nombre de HAP (acénaphthène, acénaphthylène, fluorène, fluoranthène, phénanthrène, anthracène, pyrène et benzo(g,h,i)pérylène), malgré l'absence de preuve sur leurs effets éventuellement cancérigènes (et les classements sur leur cancérogénicité associés), la position de l'INERIS suivie par

BURGEAP de prendre en compte des TEF et des valeurs toxicologiques par voie orale ou inhalation est fortement discutable et présente des incertitudes qu'il conviendra de souligner si nécessaire dans l'évaluation du risque sanitaire.

Pour le cas particulier du naphtalène, l'application des recommandations de l'INERIS n'est pas conforme à ce que l'on sait de la cancérogénicité du naphtalène (différente de celle des autres HAP) et de son caractère non génotoxique. En 2013, le groupe d'experts de l'ANSES a défini une VTR pour les effets cancérogènes sans seuil du naphtalène par inhalation de $5,6 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$. On notera en particulier pour le naphtalène, que l'ERUi calculé à partir du TEF retenu par l'INERIS, de $1,1 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ est moins pénalisant que la valeur proposée par l'Anses. De façon à ne pas sous-estimer le risque lié au naphtalène et pour tenir compte de sa particularité, nous retiendrons la valeur d'ERUi définie par l'Anses.

► Effets toxiques à seuil

Acénaphène (83-29-9)

La VTR retenue pour les effets toxiques non cancérogènes pour des expositions chroniques par ingestion est celle proposée par l'US-EPA : RfD de 0.06 mg/kg/j, seule valeur disponible pour des durées d'exposition chroniques.

Aucune VTR pour les effets à seuil par voie inhalation n'est disponible dans la littérature.

Anthracène (120-12-7)

La VTR retenue pour les effets toxiques non cancérogènes pour des expositions chroniques par ingestion est celle proposée par l'US-EPA : RfD de 0.3 mg/kg/j, seule valeur disponible pour des durées d'exposition chroniques.

Aucune VTR pour les effets à seuil par voie inhalation n'est disponible dans la littérature.

Fluoranthène (CAS n°206-44-0) et Fluorène (CAS n°86-73-7)

La VTR chronique retenue pour les effets toxiques non cancérogènes du fluoranthène et du fluorène par ingestion est celle proposée par l'US-EPA : RfD de 0.04 mg/kg/j, seule valeur disponible pour des durées d'exposition chroniques.

Aucune VTR pour les effets à seuil par voie inhalation n'est disponible dans la littérature.

Naphtalène (Cas n°91-20-3)

La VTR chronique retenue pour les effets toxiques non cancérogènes du naphtalène par ingestion est celle proposée par l'US-EPA de 0.02 mg/kg/j.

La VTR chronique retenue pour les effets toxiques non cancérogènes du naphtalène par inhalation est celle proposée par l'Anses de 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Phénanthrène (CAS n°85-01-8)

En l'absence d'autres valeurs spécifiques, compte tenu que l'absorption par voie cutanée du phénanthrène est importante au regard des autres HAP le TDI de 0.04 mg/kg/j est retenu, malgré les incertitudes importantes sur l'extrapolation réalisée par le RIVM.

Aucune VTR pour les effets à seuil par voie inhalation n'est disponible dans la littérature.

Pyrène (CAS n°129-00-0)

En l'absence d'autres valeurs spécifiques, nous retiendrons pour les effets chroniques non cancérogènes par ingestion du phénanthrène une VTR de 0.03 mg/kg/j, seule valeur disponible pour des durées d'exposition chroniques.

Aucune VTR pour les effets à seuil par voie inhalation n'est disponible dans la littérature.

2.5 Métaux et métalloïdes

2.5.1 Mercure (Hg)

2.5.1.1 Propriétés intrinsèques

Le mercure est le seul métal à se présenter sous forme liquide dans les conditions normales de température et de pression, conditions pour lesquelles il émet spontanément des vapeurs. La masse molaire du mercure métallique est de 200,59 g/mol, sa densité est de 13,55 et son point de fusion est de -38,9°C. Sa densité de vapeur est de 6,93.

Le mercure peut se présenter sous différentes formes :

- Le **mercure sous forme métallique (Hg⁰) ou mercure élémentaire** (CAS n°7439-97-6) qui est toxique uniquement par inhalation. Le mercure est le seul métal pour lequel il peut y avoir une exposition environnementale significative à la forme élémentaire. Dans l'air, on va trouver le mercure essentiellement sous forme métallique. Il est à noter que ce métal a un fort potentiel de bioaccumulation, c'est-à-dire qu'il se fixera facilement dans les tissus lipidiques des êtres vivants.
- Le **mercure inorganique Hg** : essentiellement chlorure de mercure (CAS n°7487-94-7), sulfure de mercure (CAS n°1344-48-5), oxyde de mercure (CAS n°21908-53-2). Il se forme dans les sols par réduction du Hg⁰ et est toxique par voie orale et inhalation. Les composés inorganiques du mercure sont très peu volatils.
- Le **mercure organique** : essentiellement MeHg (méthylmercure, CAS n° 22967-92-6) mais aussi EtHg ou (Me)₂Hg. Il peut être formé par processus microbien à partir du mercure métallique. Sous cette forme, le mercure est toxique par voie orale et inhalation. L'acidification du milieu augmente le taux de méthylation, en particulier chez les organismes aquatiques (poissons, mollusques..).

La méthylation du mercure inorganique peut se faire de façon abiotique (en particulier dans les sédiments) ou biotique, grâce à l'action de bactéries ou d'organismes aquatiques. On trouve ainsi de 0,01 à 10% de mercure sous forme méthylée dans l'eau et les sédiments, environ 15% dans les algues, de 20 à 50% dans les invertébrés et de 80 à 99% dans les poissons.

2.5.1.2 Valeurs guides

► Valeurs guides dans l'eau

Le décret 2007-49 (et articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique) présente une limite de qualité des eaux pour la consommation humaine de 1 µg/l pour le mercure.

La concentration limite dans les eaux brutes destinées à produire de l'eau potable issue de ce même texte réglementaire est de 1 µg/l.

Le décret n°2003-462 du 21 mai 2003 **relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé (articles 1332, annexe 13-5) ne présente pas de valeur réglementaire pour cette substance dans les eaux de baignade.**

L'OMS (Guidelines for drinking water quality, 2011) propose une valeur guide pour les eaux potables de 6 µg/l pour les formes inorganiques de mercure.

► Valeurs guides dans l'air

L'OMS (Air quality Guidelines for Europe, 2000) propose une valeur guide de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les vapeurs de mercure inorganique pour une exposition moyenne annuelle. L'OMS précise cependant que des effets sur le système immunitaire ne peuvent être exclus à de plus faibles concentrations.

2.5.1.3 Profil toxicologique

► Classement

Les symboles classant le mercure métal et ses composés inorganiques (sulfure et chlorure de mercure) sont **SGH06**, **SGH08** et **SGH09**. Les composés inorganiques sont aussi classés **SGH05** (substances corrosives pour les métaux, et pouvant induire des lésions cutanées et oculaires).

Les mentions de danger qui représentent le mercure métallique sont : **H360D**, **H330**, **H372**, **H400**, **H410**.

Les mentions de danger qui représentent les composés inorganiques du mercure sont : **H341**, **H361f**, **H300**, **H372**, **H314**, **H400** et **H410**.

Les symboles classant le méthylmercure (composé organique du mercure) sont : **SGH06**, **SGH08** et **SGH09**. Il est représenté par les mentions de danger suivantes : **H330**, **H310**, **H300**, **H373**, **H400** et **H410**.

► Effets cancérogènes

L'IARC (1997) a placé le **mercure métal et les composés inorganiques du mercure** dans le **groupe 3**, et le **méthylmercure** dans le **groupe 2B**.

Le **mercure élémentaire** (inorganique) est **classé D**, « preuves non adéquates chez l'homme et preuves insuffisantes chez l'animal » par l'US EPA. Le **chlorure mercurique** et le **méthylmercure** sont **classés C** « Preuves inadéquates chez l'homme et preuves limitées chez l'animal » par l'US EPA en 1995.

► Effets Mutagènes

Seul le chlorure mercurique est classé mutagène par l'Union Européenne. Il est classé **M2**.

► Effets reprotoxiques

Le mercure métal est reprotoxique de classe **R1B (H360D)** d'après l'Union Européenne. Le chlorure mercurique est classé **R2 (H361f)**.

► Autres effets toxiques

- **Mercure élémentaire** : L'organe cible majeur est le système nerveux central. Des expositions à long terme et à faibles concentrations ($25-80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) provoquent des tremblements, de l'irritabilité, une faible concentration intellectuelle et des troubles de la mémoire. On observe également une diminution de la capacité psychomotrice et de la neurotransmission. L'exposition à long terme au mercure élémentaire montre que le rein est également un organe cible. En cas de contact avec des plaies ouvertes, le mercure, à des concentrations très élevées, peut provoquer des inflammations locales.
- **Mercure inorganique** : Le rein est l'organe cible après exposition par voie orale au mercure inorganique. En milieu industriel, l'exposition au mercure inorganique est associée à une protéinurie, et parfois à une néphropathie qui pourrait être d'origine immunitaire. Pour les voies d'absorption par contact cutané et par inhalation, les informations ne sont pas disponibles.
- **Mercure organique** : La voie orale est la voie d'absorption principale du mercure organique et le cerveau est le principal organe cible. Les fonctions sensorielles telles que la vue et l'ouïe aussi bien que les zones du cerveau impliquées dans la coordination motrice sont généralement affectées.

2.5.1.4 Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR) dont la définition est donnée dans le chapitre 1 du présent document.

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (Anses, ATSDR, OMS, USEPA, OEHHA, RIVM, Santé Canada).

Mercure – effets toxiques à seuil						
Exposition	Voie d'exposition	cible	espèce	Facteur de sécurité	valeur	source
Mercure élémentaire						
chronique	Inhalation	Système nerveux	homme	300	REL = 0,03 µg/m³	OEHHA (2008)
				30	RfC = 0,3 µg/m³	US EPA (1995)
				30	MRL = 0,2 µg/m³	ATSDR (1999)
				30	TCA = 0,2 µg/m³	RIVM (2001)
Mercure inorganique (* : chlorure mercurique)						
chronique	Ingestion	rein	rat	1000	REL = 1,6.10 ⁻⁴ mg/kg/j	OEHHA (2014)
	Ingestion	rein	rat	1000	RfD = 3.10⁻⁴ mg/kg/j *	US EPA (1995)
	Ingestion	rein	rat	100	TDI = 2.10 ⁻³ mg/kg/j *	RIVM (2001)
Mercure Organique (méthyl mercure : *, acétate de phényl mercure : **)						
chronique	Orale	Effet sur le développement	enfant	10	TDI = 1.10 ⁻⁴ mg/kg/j *	RIVM (2000)
		Effet sur le développement	enfant	4,5	MRL = 3 10⁻⁴ mg/kg/j *	ATSDR (1999)
		Syst. nerveux	homme	10	RfD = 10 ⁻⁴ mg/kg/j *	US EPA (2001)
		Syst. rénal	rat	100	RfD = 8 10 ⁻⁵ mg/kg/j **	US EPA (1996)
		-	homme	-	DJT= 4,7 10 ⁻⁴ mg/kg/j *	AFSSA (2002)
Mercure Total						
chronique	Orale	-	-	-	DHT= 5.10 ⁻³ mg/kg/sem.	OMS (2004)
		-	-	-	DJT = 7,1 10 ⁻⁴ mg/kg	AFSSA (2002)

2.5.1.5 Valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques

La VTR chronique retenue pour les effets toxiques **non cancérogènes** du mercure par **inhalation (élémentaire sous forme de vapeurs et inorganique sous forme de poussières)** est celle établie par

l'ATSDR à **0,2 µg/m³**. Cette valeur est jugée suffisante pour protéger le sous groupe le plus sensible (fœtus et enfants), elle est légèrement plus faible que celle établie par l'US-EPA avec un degré de confiance moyen.

La VTR chronique retenue pour les effets toxiques **non cancérigènes** du mercure par **ingestion** est celle établie par l'US EPA, soit **3.10⁻⁴ mg/kg/j**. Cette valeur a été établie à partir d'études chez le rat, après ingestion de **chlorure mercurique**, elle correspond donc à la toxicité par ingestion des formes **inorganiques du mercure**, qui sont absorbées par la voie digestive, en tenant compte de plus d'effets très sensibles (effets immunitaires : glomérulonéphrite auto-immune), elle est donc très protectrice. Elle ne concerne pas le mercure métal, qui n'étant pas absorbé par la voie digestive n'a pas, sur le principe à être pris en compte selon cette voie d'absorption.

Annexe 4. Paramètres de calculs

Cette annexe contient 2 pages.

1 Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur - bâtiment de plain pied ou cave sur dallage

Choix de l'outil de modélisation

La modélisation des transferts de l'air des sols vers l'air intérieur est associée au développement d'outils relativement récents (début des années 90). Ces outils sont très peu nombreux, les principaux utilisés en France qui intègrent et le transport diffusif et le transport convectif sont VOLASOIL²⁰ (Waitz et al, 1996) et le modèle dit de « Johnson and Ettinger »²¹ (Johnson and Ettinger, 1991). D'autres outils plus simplifiés comme HESP® ne sont plus utilisés car ils ne considèrent que le flux diffusif à travers le dallage et peuvent donc dans certaines configurations sous-estimer le transfert.

VOLASOIL qui prend en compte un écoulement à travers les fissures des bétons de type POISSEUILLE, est utilisable pour des bâtiments avec vide sanitaire, il n'est pas en l'état adapté à la modélisation des transferts vers un bâtiment de plain-pied. Johnson and Ettinger qui prend en compte une fissuration périphérique du dallage et un écoulement de type DARCY à travers ces fissures, est utilisable pour des bâtiments de plain-pied.

Compte tenu du projet étudié (bâtiment de plain-pied), le modèle de Johnson et Ettinger a été retenu.

Description du modèle utilisé

La modélisation des expositions aux vapeurs est conduite sur la base des équations de Johnson & Ettinger (1991), dont la description est donnée ci-dessous. Les équations présentées dans la norme ASTM E 1739-95 et dans le logiciel intégré RISC v 4.0 (octobre 2001, Distribué par Waterloo hydrogeologic, développé par Lynn R.Spence et BP oil International) ont été réécrites par nos soins sous excel, les phénomènes considérés sont synthétisés ci-après.

La diffusion (équations de Millington and Quirck et équation de Fick) entraîne les polluants à travers le sol jusqu'à la zone d'influence du bâtiment où le phénomène convectif intervient. Le mouvement convectif, dû à une différence de pression entre l'air du sol et l'air intérieur des bâtiments (occasionnée par la combinaison du vent, du chauffage et des mécanismes de ventilation), transporte les vapeurs par les fissures des fondations et de la dalle béton.

La concentration dans l'air intérieur en régime permanent (source infinie) est calculée à partir de la concentration dans l'air des sols à la source comme suit:

$$C_{int} = \alpha \cdot C_{vs} \quad (1)$$

avec

$$\alpha = \frac{\left[\frac{D_{eff} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right] \times \left[\exp\left(\frac{Q_{sol} \times L_{crack}}{D_{crack} \times A_{crack}}\right) \right]}{\left[\exp\left(\frac{Q_{sol} \times L_{crack}}{D_{crack} \times A_{crack}}\right) + \left[\frac{D_{eff} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right] + \left[\frac{D_{eff} \times A_B}{Q_{sol} \times L_T} \right] \times \left[\exp\left(\frac{Q_{sol} \times L_{ceack}}{D_{crack} \times A_{crack}}\right) - 1 \right] \right]} \quad (2)$$

D_{eff} : coefficient de diffusion effectif (cm²/s) calculé à partir de la porosité et de la teneur en eau des différents horizons de sols entre la source de pollution et le dallage par application des équations de Millington et Quirck détaillées ci-après

²⁰ Waitz *et al.*, 1996. The VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds. M.F.W. Waitz; J.I. Freijer; F.A. Swartjes. May 1996. RIVM. Report n° 7581001.

²¹ Johnson PC and Ettinger RA, 1991. Heuristic model for predicting the intrusion rate of contaminant vapors into buildings. Env. Sci. Technol. 25, p 1445-1452

C_{vs} : concentration de vapeur dans la source (g/cm^3)

Q_{sol} : débit de gaz en provenance du sol dans le bâtiment (cm^3/s), calculé à partir de la différence de pression et de la perméabilité des sols sous dallage

D_{crack} : coefficient de diffusion effectif dans les fondations (cm^2/s), calculé à partir de la porosité et de la teneur en eau des sols sous dallage par application des équations de Millington et Quirk détaillées ci-après

A_{crack} : surface de fissures à travers lesquelles les vapeurs rentrent dans le bâtiment (cm^2), correspondant au produit entre le taux de fissuration et la surface du dallage

L_{crack} : épaisseur de la dalle (cm)

A_B : surface des bâtiments (cm^2)

L_T : distance de la source au dallage (cm)

Q_b : Débit de renouvellement d'air du bâtiment (m^3/s), calculé à partir du nombre d'échanges d'air par jour et du volume du bâtiment

Le débit Q_{sol} est calculé à partir de l'équation suivante :

$$Q_{sol} = \frac{2 \times \pi \times (\Delta P) \times k_v \times X_{crack}}{\mu \ln[2 \times Z_{crack} / r_{crack}]} \quad (3)$$

avec ΔP : gradient de pression entre le bâtiment et l'extérieur ($g/cm^2 \cdot s^2$)

k_v : perméabilité intrinsèque des sols (cm^2)

μ : viscosité des vapeurs ($g/cm \cdot s$)

X_{crack} : longueur du cylindre représentant la fissure, correspondant au périmètre du bâtiment considéré

r_{crack} : rayon équivalent de la fissure, calculé par le rapport entre (fraction des fissures dans le dallage x surface du dallage) et le périmètre du bâtiment considéré

Z_{crack} : profondeur des fissures sous le sol

π : 3.14159

Le terme en exponentiel dans l'équation (2) suivant :

$$\left(\frac{Q_{sol} \times L_{crack}}{D_{crack} \times A_{crack}} \right)$$

représente le nombre de Péclet Equivalent pour le transport à travers les fondations du dallage, quand ce terme tend vers l'infini, la résolution de l'équation (2) approche :

$$\alpha = \frac{\left[\frac{D_{eff} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right]}{\left[\left[\frac{D_{eff} \times A_B}{Q_{sol} \times L_T} \right] + 1 \right]}$$

Calcul des coefficients de diffusion

Le coefficient de diffusion réel (appelé diffusion effective, D_{sa} dans l'air et D_w dans l'eau) est calculé par la solution analytique développée par Millington and Quirk (1981) à partir de la porosité des sols, de la teneur en air et en eau et des coefficients de diffusion de la substance dans l'air et dans l'eau.

$$D_{sa} = D_{air} \times \theta_{air} \times \tau_{air}^{-1} \quad (1)$$

$$D_w = (D_{eau} / H) \times \theta_{eau} \times \tau_{eau}^{-1} \quad (2)$$

Le coefficient de diffusion dans le milieu poreux est ensuite défini comme la somme des deux termes précédents.

le coefficient de tortuosité (τ^{-1}) est défini de la manière suivante : dans l'air du sol : $\tau_{air}^{-1} = \theta_{air}^{7/3} / \theta^2$ et dans la phase aqueuse du sol : $\tau_{eau}^{-1} = \theta_{eau}^{7/3} / \theta^2$, avec :

H : constante de Henry adimensionnelle,

θ : porosité totale,

θ_{eau} : teneur en eau du sol,

θ_{eau} teneur en gaz du sol.

La concentration dans l'air du sol est calculée correspond à la valeur minimale issue des équations suivantes :

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

Equation utilisée quand $C_w < \text{Solubilité effective}$

Avec C_t : concentration en polluant dans le sol (mg/kg)
 ρ_b : densité du sol (g/cm³)
 F_{oc} : fraction de carbone organique dans le sol (g co/g sol)
 K_{oc} : coefficient de partition du carbone organique (mg/l/g)
 K_H : constante de Henry ((mg/l)/(mg/l))
 θ_a : teneur en air dans les sols (cm³ d'air/ cm³ de sol)
 θ_w : teneur en eau dans les sols (cm³ d'eau/ cm³ de sol)

$$C_{wi} = X \cdot S \text{ et } C_{\text{eaudusol}} = \frac{C_{\text{airdusol}}}{H}$$

Equation utilisée en présence de phase résiduelle dans les sols ($C_w > \text{Solubilité}$)

Avec C_{wi} : concentration de la substance i dans l'eau du sol (mg/l),
 H : constante de Henry (-)
 X : fraction molaire de la substance i dans le mélange (-)
 S : solubilité de la substance i (mg/l)

Choix des paramètres

Pour l'exposition dans l'air intérieur les paramètres suivants ont été retenus.

Les paramètres des sols et bâtiments

- densité du sol ρ_b : 1,7 g/cm³ ;
- le coefficient de diffusion D_{eff} dans les sols est calculé à partir de :
 - coefficients de diffusion dans l'eau et l'air,
 - la constante de Henry,
 - les porosités et teneurs en gaz et eau ci-dessus ;
- le coefficient de diffusion D_{crack} dans les structures (béton et fondations) est calculé à partir d'une porosité totale de 12 %²², constituée de 5 % d'air et de 7% d'eau ;
- profondeur de la structure sous le niveau du sol : 0,15 m
- épaisseur de la dalle : 0,15 m
- la distance de la source-sol au dallage L_t a été prise égale à : 10 cm. Le modèle considéré ne tient pas compte de l'évolution de la source de pollution et des flux en fonction du temps (source infinie). Ainsi, compte tenu de la volatilité élevée des substances considérées et des paramètres de sols favorables au transfert de vapeur, afin de ne pas majorer de manière irréaliste le risque sanitaire, nous retiendrons la profondeur de 10 cm par défaut. Ce choix et ses incidences seront discutés dans les incertitudes.
- surface des fissures du béton A_{crack} : 2.10^{-4} (valeur par défaut proposée par l'US-EPA) ;
- la différence de pression entre l'air des bâtiments et l'air du sol ΔP : 40 g/cm-s² (valeur conservatoire définie par Johnson et Ettinger). Cette différence de pression varie dans la littérature de 0 à 20 Pa (1 Pa = 10 g/cm-s²). L'effet du vent et de la température (chauffage)

²² Cette valeur est déterminée pour un béton ordinaire de rapport E/C = 0,48, d'après « Caractérisation des pâtes de ciments et des bétons – Méthodes, analyse, interprétation ». Véronique BAROGHEL-BOUNY. LCPC, 1994.

induit des variations de pression comprises typiquement entre 4 et 5 Pa (Loureiro et al. 1990 ; Grimsrud et al. 1983). Johnson et Ettinger considère qu'un ΔP de 4 Pa est conservatoire. On notera qu'en présence d'un vide sanitaire, le RIVM préconise de prendre une différence de pression entre le vide sanitaire et le sol de 1 Pa (report n°711701021 de mars 2001, Evaluation and revision of the CSOIL parameter set) ;

- la perméabilité des limons sableux sous dallage a été estimée, 1.10^{-8} cm^2 .
- la taille des espaces clos retenues sont les suivantes (hypothèse en l'absence de projet d'aménagement) : superficie de 20 m² (5 m sur 4 m) et un volume de 50 m³ (hauteur sous plafond de 2,5 m) ; le périmètre associé a été pris égal à 18 m ;
- le taux de ventilation conservatoire retenu pour les bureaux (usage tertiaire) est de 1 h⁻¹ ou encore 24 j⁻¹. Cette valeur est retenue compte tenu des usages de ces lieux de travail en référence à l'article R232-5-3 du décret n°84-1093 qui donne pour les bureaux ou locaux sans travail physique une aération de 25 m³/h/occupant (soit pour un espace de 25 m³ par travailleur, le taux de ventilation serait de 1 h⁻¹ ou encore 24 j⁻¹) ; par défaut, cette valeur est également retenue pour les commerces et restaurants, pour lesquels l'article R232-5-3 du décret n°84-1093 donne une aération de 30 m³/h/occupant pour des locaux de ventes et de restauration.

Inhalation de vapeurs dans l'air extérieur

Dans l'air extérieur, la modélisation des expositions est conduite sur la base des équations de Millington and Quirck et de l'équation de Fick. La dilution par le vent est ensuite calculée dans une boîte de taille fixée. Comme pour l'air intérieur, la source de pollution est considérée comme infinie.

Le calcul des concentrations diluées par le vent est effectué à l'aide de l'équation générique utilisée dans le logiciel RISC (modèle boîte) :

$$C_{i,air-ext} = \frac{F}{v} \cdot \frac{L}{H}$$

avec $C_{i, air-ext}$: concentration moyenne dans l'air extérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à la hauteur de l'organe respiratoire (H)

F : flux de polluant à l'interface sol/air extérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)

L : longueur de la zone de mélange (correspondant à la longueur de la zone polluée) (en m)

v : vitesse moyenne du vent (m/s).

H : hauteur de la zone de mélange (m) correspondant à la hauteur de l'organe respiratoire de la cible

Le flux vers l'air extérieur est calculé à partir de l'équation de FICK (flux diffusif seul) suivante :

$$\phi(g / m^2 - j) = D_{eff} * \frac{\partial C}{\partial z}$$

où :

- dC/dz : gradient de concentration ($\text{g}/\text{m}^3\text{-m}$) entre la concentration à la source (la concentration dans les gaz à l'équilibre avec les sols pollués ou les eaux de la nappe polluée).

- le coefficient de diffusion effectif (D_{eff} en m^2/j) dans le sol prend en considération à la fois la diffusion dans la phase aqueuse et dans la phase gazeuse²³ est donné ci-après.

Le coefficient de diffusion réel (appelé diffusion effective, D_{sa} dans l'air et D_w dans l'eau) est calculé par la solution analytique développée par Millington and Quirck (1981) à partir de la porosité des sols, de la teneur en air et en eau et des coefficients de diffusion de la substance dans l'air et dans l'eau.

$$D_{sa} = D_{air} \times \theta_{air} \times \tau_{air}^{-1} \quad (1)$$

$$D_w = (D_{eau} / H) \times \theta_{eau} \times \tau_{eau}^{-1} \quad (2)$$

Le coefficient de diffusion dans le milieu poreux est ensuite défini comme la somme des deux termes précédents. Le coefficient de tortuosité (τ^{-1}) est défini de la manière suivante :

dans l'air du sol : $\tau_{air}^{-1} = \theta_{air}^{7/3} / \theta^2$ et dans la phase aqueuse du sol : $\tau_{eau}^{-1} = \theta_{eau}^{7/3} / \theta^2$, avec :

H : constante de Henry adimensionnelle,

θ : porosité totale,

θ_{eau} : teneur en eau du sol,

θ_{air} : teneur en gaz du sol.

Les paramètres suivants ont été utilisés :

- les paramètres de sols sont identiques à ceux considérés pour les calculs vers l'air intérieur ;

²³ Dans la notice d'utilisation de VOLASOII, il est souligné qu' zone non saturée, le coefficient de diffusion dans la phase gazeuse est approximativement 10^4 fois plus grand que le coefficient de diffusion dans la phase aqueuse (Glotfely & Schomburg, 1991).

- la longueur de la zone polluée considérée est de 100 mètres (hypothèse retenue en l'absence de projet) ;
- la vitesse du vent de 4 m/s à 10 mètres de haut (valeur moyenne du vent sur la station de Lille Lesquin), nous prendrons une vitesse de vent de 2 m/s (voir ci-après).

Les vitesses moyennes du vent à différentes hauteurs sont calculées à partir de la formule suivante :

$$\frac{u_z}{u_g} = \left(\frac{h_z}{h_g} \right)^n$$

u_z (m/s): vitesse du vent à une altitude z

u_g (m/s): vitesse du vent à une altitude g

h_z (m) : altitude z

h_g (m) : altitude g

n : fonction des classes de stabilité de Pasquill et du type de terrain.

Le site étudié est situé en zone urbaine, par conséquent l'exposant n est compris entre 0.15 et 0.3 (US-EPA, 92) et la vitesse corrigée à 1 mètre est de 2 m/s ;

- H : hauteur de respiration des cibles :
 - H = 1,5 mètre, taille considérée pour les adultes sur site;
 - H = 1 mètre, taille considérée pour les enfants.
- les terrains naturels pollués sont considérés comme recouverts soit par une couche de terre végétale propre ou un revêtement imperméable (espaces minéralisés) ;

Pour les espaces verts, nous avons donc pris en compte au-dessus des sols « pollués » une couche de terrain de 30 cm d'épaisseur de porosité 30% rempli à 50% d'eau.

Pour les espaces minéralisés, nous avons pris en compte au-dessus des sols « pollués » une couche de terrain de 10 cm d'épaisseur de porosité 2 % (correspondant à la porosité efficace d'un béton) rempli à 50% d'eau (source : HESP).

Annexe 5. QD et ERi calculés

Cette annexe contient 4 pages.

Annexe 6. Glossaire

Cette annexe contient 2 pages.

AEA (Alimentation en Eau Agricole) : Eau utilisée pour l'irrigation des cultures

AEI (Alimentation en Eau Industrielle) : Eau utilisée dans les processus industriels

AEP (Alimentation en Eau Potable) : Eau utilisée pour la production d'eau potable

ARR (Analyse des risques résiduels) : Il s'agit d'une estimation par le calcul (et donc théorique) du risque résiduel auquel sont exposées des cibles humaines à l'issue de la mise en œuvre de mesures de gestion d'un site. Cette évaluation correspond à une EQRS.

ARS (Agence régionale de santé) : Les ARS ont été créées en 2009 afin d'assurer un pilotage unifié de la santé en région, de mieux répondre aux besoins de la population et d'accroître l'efficacité du système.

BASIAS (Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Service) : Cette base de données gérée par le BRGM recense de manière systématique les sites industriels susceptibles d'engendrer une pollution de l'environnement.

BASOL : Base de données gérée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie recensant les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif.

Biocentre : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Elles prennent en charge les déchets en vue de leur traitement basé sur la biodégradation aérobie de polluants chimiques.

BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes) : Les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes) sont des composés organiques mono-aromatiques volatils qui ont des propriétés toxiques.

COHV (Composés organo-halogénés volatils) : Solvants organiques chlorés aliphatiques volatils qui ont des propriétés toxiques et sont ou ont été couramment utilisés dans l'industrie.

DREAL (Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement) : Cette structure régionale du ministère du Développement durable pilote les politiques de développement durable résultant notamment des engagements du Grenelle Environnement ainsi que celles du logement et de la ville.

DRIEE (Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie) : Service déconcentré du Ministère en charge de l'environnement pour la région parisienne, la DRIEE met en œuvre sous l'autorité du Préfet de la Région les priorités d'actions de l'État en matière d'Environnement et d'Énergie et plus particulièrement celles issues du Grenelle de l'Environnement. Elle intervient dans l'ensemble des départements de la région grâce à ses unités territoriales (UT).

Eluat : voir lixiviation

EQRS (Evaluation quantitative des risques sanitaires) : Il s'agit d'une estimation par le calcul (et donc théorique) des risques sanitaires auxquels sont exposées des cibles humaines.

ERI (Excès de risque individuel) : correspond à la probabilité que la cible a de développer l'effet associé à une substance cancérogène pendant sa vie du fait de l'exposition considérée. Il s'exprime sous la forme mathématique suivante 10^{-n} . Par exemple, un excès de risque individuel de 10^{-5} représente la probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer pour 100 000 personnes exposées pendant une vie entière.

ERU (Excès de risque unitaire) : correspond à la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance cancérogène.

HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) : Ces composés constitués d'hydrocarbures cycliques sont générés par la combustion de matières fossiles. Ils sont peu mobiles dans les sols.

HAM (Hydrocarbures aromatiques monocycliques) : Ces hydrocarbures constitués d'un seul cycle aromatiques sont très volatils, les BTEX* sont intégrés à cette famille de polluants..

HCT (Hydrocarbures Totaux) : Il s'agit généralement de carburants pétroliers dont la volatilité et la mobilité dans le milieu souterrain dépendent de leur masse moléculaire (plus ils sont lourds, c'est-à-dire plus la chaîne carbonée est longue, moins ils sont volatils et mobiles).

IEM (Interprétation de l'état des milieux) : au sens des textes ministériels du 8 février 2007, l'IEM est une étude réalisée pour évaluer la compatibilité entre l'état des milieux (susceptibles d'être pollués) et les usages

effectivement constatés, programmés ou potentiels à préserver. L'ITEM peut faire appel dans certains cas à une grille de calcul d'EQRS spécifique.

ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes) : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement sous le régime de l'enregistrement. Ce type d'installation permet l'élimination de déchets industriels inertes par dépôt ou enfouissement sur ou dans la terre. Sont considérés comme déchets inertes ceux répondant aux critères de l'arrêté ministériel du 12 décembre 2014.

ISDND (Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux) : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Cette autorisation précise, entre autres, les capacités de stockage maximales et annuelles de l'installation, la durée de l'exploitation et les superficies de l'installation de la zone à exploiter et les prescriptions techniques requises.

ISDD (Installation de Stockage de Déchets Dangereux) : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Ce type d'installation permet l'élimination de déchets dangereux, qu'ils soient d'origine industrielle ou domestique, et les déchets issus des activités de soins.

Lixiviation : Opération consistant à soumettre une matrice (sol par exemple) à l'action d'un solvant (en général de l'eau). On appelle lixiviat la solution obtenue par lixiviation dans le milieu réel (ex : une décharge). La solution obtenue après lixiviation d'un matériau au laboratoire est appelée un éluat.

PCB (Polychlorobiphényles) : L'utilisation des PCB est interdite en France depuis 1975 (mais leur usage en système clos est toléré). On les rencontre essentiellement dans les isolants diélectriques, dans les transformateurs et condensateurs individuels. Ces composés sont peu volatils, peu solubles et peu mobiles.

Plan de Gestion : démarche définie par les textes ministériels du 8 février 2007 visant à définir les modalités de réhabilitation et d'aménagement d'un site pollué.

QD (Quotient de danger) : Rapport entre l'estimation d'une exposition (exprimée par une dose ou une concentration pour une période de temps spécifiée) et la VTR* de l'agent dangereux pour la voie et la durée d'exposition correspondantes. Le QD (sans unité) n'est pas une probabilité et concerne uniquement les effets à seuil.

VTR (Valeur toxicologique de référence) : Appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques qui permettent d'établir une relation entre une dose et un effet (toxique à seuil d'effet) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxique sans seuil d'effet). Les VTR sont établies par des instances internationales (l'OMS ou le CIPR, par exemple) ou des structures nationales (US-EPA et ATSDR aux Etats-Unis, RIVM aux Pays-Bas, Health Canada, ANSES en France, etc.).

VLEP (Valeur Limite d'Exposition Professionnelle) : Valeur limite d'exposition correspondant à la valeur réglementaire de concentration dans l'air de l'atmosphère de travail à ne pas dépasser durant plus de 8 heures (VLEP 8H) ou 15 minutes (VLEP CT) ; la VLEP 8H peut être dépassée sur de courtes périodes à condition de ne pas dépasser la VLEP CT.