

Reconversion de l'usine EIF  
Rue Pierre de Montreuil à MONTREUIL (93)

**PLAN DE GESTION**

Rapport

Réf : CESIIF180888 / RESIIF08117-04

MO-JV-AKR / AG - JV / ABU - DCO

21/12/2018

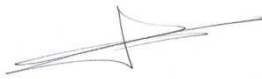

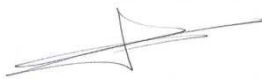



## BOUYGUES IMMOBILIER URBANERA

Reconversion de l'usine EIF – rue Pierre de Montreuil, Montreuil (93)

### PLAN DE GESTION

Pour cette étude, les chefs de projet sont Anne-Kevine ROBIN/Mathieu OUGIER

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction	Vérification	Validation/Supervision
			Nom Signature	Nom Signature	Nom Signature
Version interne de travail	27/07/2018	/	Jacques VILLEMAGNE Mathieu OUGIER Anne-Kévine ROBIN	Anne Lise GAUTHIER	Anne BARITEAU
1 <sup>ière</sup> itération du plan de gestion	03/08/2018	01	Jacques VILLEMAGNE Mathieu OUGIER Anne-Kévine ROBIN	Anne Lise GAUTHIER	Anne BARITEAU
Après coordination avec UrbanEra	24/08/2018	02	Jacques VILLEMAGNE Mathieu OUGIER Anne-Kévine ROBIN	Anne Lise GAUTHIER	Anne BARITEAU
Prise en compte rq EPFIF/SUEZ	21/11/2018	03	Mathieu OUGIER 	Jacques VILLEMAGNE	David COUTELLE Anne BARITEAU 
Après coordination avec UrbanEra	21/12/2018	04	Mathieu OUGIER 	Jacques VILLEMAGNE	David COUTELLE Anne BARITEAU 

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CESIIF180888 / RESIIF08117-04
Numéro d'affaire :	A45560
Domaine technique :	SP13
Mots clé du thésaurus	DIAGNOSTIC DE QUALITE ENVIRONNEMENTALE PLAN DE GESTION



## SOMMAIRE

<b>Synthèse technique</b> .....	<b>8</b>
<b>1. Introduction</b> .....	<b>15</b>
1.1 <b>Objet de l'étude</b> .....	<b>15</b>
1.2 <b>Projet d'aménagement/usages futurs</b> .....	<b>16</b>
1.3 <b>Méthodologie générale et réglementation en vigueur</b> .....	<b>18</b>
1.4 <b>Documents de référence</b> .....	<b>19</b>
<b>2. Synthèse des investigations</b> .....	<b>20</b>
2.1 <b>Description du site</b> .....	<b>20</b>
2.2 <b>Rappel du contexte environnemental</b> .....	<b>22</b>
2.3 <b>Synthèse historique</b> .....	<b>24</b>
2.4 <b>Synthèse des données - milieu sol</b> .....	<b>24</b>
2.4.1 <b>Zone Est</b> .....	<b>26</b>
2.4.2 <b>Ancienne usine « EIF »</b> : .....	<b>31</b>
2.5 <b>Synthèse des données - milieu eaux souterraines</b> .....	<b>38</b>
2.5.1 <b>Piézométrie</b> .....	<b>39</b>
2.5.2 <b>Analyse des résultats</b> .....	<b>40</b>
2.6 <b>Synthèse des données – gaz du sol</b> .....	<b>45</b>
2.7 <b>Synthèse des données - air ambiant/air intérieur</b> .....	<b>47</b>
2.8 <b>Synthèse des données – eau du robinet</b> .....	<b>49</b>
2.9 <b>Synthèse des données – eaux superficielles</b> .....	<b>49</b>
<b>3. Détermination des zones de pollution concentrée – Bilan de masse</b> .....	<b>50</b>
3.1 <b>Principe de définition des zones de pollution concentrée et seuils de coupures</b> .....	<b>50</b>
3.2 <b>Approche cartographique et bilan massique</b> .....	<b>50</b>
3.2.1 <b>Localisation des zones de pollution concentrée</b> .....	<b>51</b>
3.2.2 <b>Extensions verticales des zones de pollution concentrée</b> .....	<b>51</b>
3.2.3 <b>Bilan massique</b> .....	<b>53</b>
3.3 <b>Analyse statistique</b> .....	<b>55</b>
3.3.1 <b>Zone de pollution concentrée en COHV</b> .....	<b>55</b>
3.3.2 <b>Zone de pollution concentrée en BTEX</b> .....	<b>56</b>
3.4 <b>Conclusions sur les seuils de coupure et le bilan massique</b> .....	<b>58</b>
<b>4. Détermination des mesures de gestion</b> .....	<b>59</b>
4.1 <b>Objectifs du plan de gestion</b> .....	<b>59</b>
4.2 <b>Evaluation des solutions de traitement</b> .....	<b>59</b>
4.2.1 <b>Revue des techniques de traitement disponibles</b> .....	<b>59</b>
4.2.2 <b>Traitement de la zone source en zone non saturée autour de T31</b> .....	<b>62</b>
4.2.3 <b>Traitement de la zone non saturée</b> .....	<b>63</b>
4.2.4 <b>Traitement de la zone saturée</b> .....	<b>68</b>
4.3 <b>Bilan coûts-avantages pour le traitement de la zone source</b> .....	<b>73</b>
4.3.1 <b>Solutions comparées</b> .....	<b>73</b>
4.3.2 <b>Notation des solutions envisageables pour le traitement des sources</b> .....	<b>73</b>
4.3.3 <b>Justification économique du choix des seuils de coupure</b> .....	<b>74</b>
4.3.4 <b>Description détaillée du scénario de gestion retenu</b> .....	<b>75</b>
<b>5. Surveillance de la qualité des milieux</b> .....	<b>82</b>
5.1 <b>Phase travaux</b> .....	<b>82</b>
5.2 <b>Sols</b> .....	<b>82</b>
5.3 <b>Eaux souterraines</b> .....	<b>82</b>
5.4 <b>Gaz des sols et air ambiant</b> .....	<b>82</b>
<b>6. Restrictions d'usage et conservation de la mémoire</b> .....	<b>83</b>
6.1 <b>Restrictions relatives à l'usage du site</b> .....	<b>83</b>

6.2	Protection des ouvrages de surveillance .....	84
6.3	Restriction sur l'infiltration d'eau au droit du site .....	84
6.4	Restriction d'usages des eaux souterraines .....	84
6.5	Réalisation d'affouillement ou de tranchée sur le site .....	84
6.6	Mesures de protection des travailleurs lors des éventuels chantiers sur site .....	84
6.7	Réseaux enterrés d'eau potable .....	84
<b>7.</b>	<b>Schéma conceptuel .....</b>	<b>85</b>
7.1	Usage des milieux .....	85
7.1.1	Projet d'aménagement/usage pris en compte/environnement du site .....	85
7.1.2	Hypothèses d'aménagement considérées dans le cadre de cette étude, .....	85
7.1.3	Enjeux/cibles à considérer .....	85
7.2	Voies de transferts depuis les milieux impactés vers les milieux d'exposition .....	86
7.3	Voies d'expositions sur site .....	86
<b>8.</b>	<b>Analyse des enjeux sanitaires .....</b>	<b>95</b>
8.1	Contexte et méthodologie .....	95
8.2	Composés et concentrations retenues dans les différents milieux .....	96
8.3	Identification des dangers .....	96
8.4	Caractérisation des Relation dose-réponse .....	97
8.5	Estimation des expositions .....	99
8.5.1	Concentrations dans les milieux d'exposition .....	99
8.5.2	Estimation des expositions .....	100
8.6	Quantification des risques sanitaires .....	101
8.6.1	Méthodologie .....	101
8.6.2	Quantification des risques sanitaires résiduels au droit du site .....	102
8.7	Données d'entrée retenues spécifiques à chaque zone .....	102
8.7.1	Zone 1 – Construction de logements de plain-pied .....	102
8.7.2	Zone 2 – Conservation du bâtiment existant avec extension, Activité en RdC .....	103
8.7.3	Zone 3 – Conservation du bâtiment existant avec extension, Activité en RdC .....	103
8.7.4	Zone 4 – Conservation partielle du bâtiment existant avec extension, activité en RdC et logements en R+1 (partiellement) .....	103
8.7.5	Zone 5 – Construction de locaux de plain-pied, Activité en RdC .....	103
8.7.6	Zone 6 – Construction d'un hôtel de plain-pied .....	103
8.7.7	Zone 7 – Construction de locaux de plein pied, Activité en RdC .....	104
8.8	Bilan des calculs de risque sanitaires .....	104
8.9	Analyse des incertitudes .....	106
<b>9.</b>	<b>Synthèse et recommandations .....</b>	<b>109</b>
9.1	Synthèse .....	109
9.2	Recommandations .....	113
9.2.1	Surveillance de l'état environnemental des milieux .....	113
9.2.2	Conservation de la mémoire .....	113

## FIGURES

Figure 1 : Emprise de la zone à réaménager et emprise étudiée .....	15
Figure 2 : Plan de localisation des différentes zones d'aménagement sur le site (source : faisabilité envoyée le 28/06 par Bouygues Immobilier UrbanEra).....	17
Figure 3 : Occupation actuelle de l'emprise du site EIF .....	21
Figure 4 : Emprise des bâtiments et localisation de la fosse mise à jour.....	21
Figure 5 : Géométrie du toit des marnes calcaires.....	23
Figure 6 : Géométrie du toit des argiles vertes.....	23
Figure 7 : Localisation des investigations réalisées sur le milieu sol .....	25
Figure 8 : Cartographie des BTEX entre 0 et 2 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols .....	27
Figure 9 : Cartographie des BTEX entre 2 et 4 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols .....	28
Figure 10 : Cartographie des COHV entre 0 et 2 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols.....	29
Figure 11 : Cartographie des COHV entre 2 et 4 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols.....	30
Figure 12 : Cartographie des BTEX entre 0 et 2 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols.....	32
Figure 13 : Cartographie des BTEX entre 2 et 4 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols.....	33
Figure 14 : Cartographie des COHV entre 0 et 2 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols.....	34
Figure 15 : Cartographie des COHV entre 2 et 4 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols.....	35
Figure 16 : Localisation des piézomètres réalisés au droit du site (source : diagnostic SUEZ Environnement, 2018) .....	38
Figure 17 : Piézométrie de mai 2018 (source : diagnostic SUEZ Environnement, 2018).....	39
Figure 18 : Impacts en COHV et BTEX dans la nappe au droit du site étudié.....	41
Figure 19 : Localisation des ouvrages hors site .....	43
Figure 20 : Cartographie des concentrations maximales mesurées dans les gaz du sol .....	46
Figure 21 : Cartographie des concentrations supérieures aux valeurs de référence dans l'air ambiant.....	48
Figure 22 : Cartographie des zones sources en COHV et en BTEX .....	52
Figure 23 : Représentation de la masse de COHV dans les sols par tranche de concentrations .....	53
Figure 24 : Représentation de la masse de BTEX dans les sols par tranche de concentrations .....	54
Figure 25 : Répartition des concentrations en COHV totaux en nuage de points.....	55
Figure 26 : Répartition des concentrations en COHV selon les percentiles 50 à 99 .....	56
Figure 27 : Répartition des concentrations en BTEX totaux en nuage de points .....	57
Figure 28 : Répartition des concentrations en BTEX selon les percentiles 50 à 99 .....	57
Figure 29 : Schéma de principe du venting (source BRGM).....	65
Figure 30 : Exemple de traitement thermique sur site.....	67
Figure 31 : Evolution du budget de traitement en fonction de la masse de polluants traités.....	75
Figure 32 : Exemple de système de draine de gaz (source guide de la conception pour la protection des bâtiments contre les gaz souterrains, Groupe Alphard, décembre 2016) .....	78
Figure 33 : schéma conceptuel – zone 1 (futurs logements) .....	88
Figure 34 : schéma conceptuel – zone 2 (futurs bâtiments d'activités) .....	89
Figure 35 : schéma conceptuel – zone 3 (futurs bâtiments d'activités) .....	90
Figure 36 : schéma conceptuel – zone 4 (futurs bâtiments d'activités) .....	91
Figure 37 : schéma conceptuel – zone 5 (futurs bâtiments d'activités en niveau RDC et habitation en niveau R+1) .....	92
Figure 38 : schéma conceptuel – zone 6 (futur hôtel).....	93
Figure 39 : schéma conceptuel – zone 7 (futurs bâtiments d'activités) .....	94

Figure 40 : Représentation schématique des différents modèles de calcul des transferts des sols vers l'air intérieur .....	99
--	----

## TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition de la masse de COHV dans les sols par tranche de concentrations .....	53
Tableau 2 : Répartition de la masse de BTEX dans les sols par tranche de concentrations .....	54
Tableau 3 : Synthèse du bilan massique.....	58
Tableau 4 : Analyse synthétique de l'adaptation des techniques de traitement des zones de pollution concentrée identifiées sur le site d'étude.....	61
Tableau 5 : concentrations d'admission et coûts des traitements hors site pour les sols de la zone source autour de T31.....	62
Tableau 6 : Budget de traitement de la zone T31 .....	62
Tableau 7 : Volume de sol à traiter en zone non saturée, hors secteur de T31 .....	63
Tableau 8 : Budget de traitement hors site des sols non saturés des zones de pollution concentrée .....	64
Tableau 9 : Coût de venting pour la zone non saturée .....	66
Tableau 10 : Coût de désorption thermique / traitement biologique pour la zone non saturée .....	67
Tableau 11 : Volume de sol à traiter en zone saturée.....	68
Tableau 12 : Coûts de traitement hors site de la source en zone saturée.....	69
Tableau 13 : Volume de sol à traiter en zone saturée et surfaces.....	69
Tableau 14 : Budget estimatif pour le traitement in situ de la zone saturée par réduction .....	71
Tableau 15 : Budget estimatif de la solution de traitement de la zone saturée par EMP .....	72
Tableau 16 : Classement des scénarii de traitement .....	73
Tableau 17 : Seuils COHV/ BTEX étudiés .....	74
Tableau 18 : Budget de travaux en fonction de la masse de polluants récupérée .....	74
Tableau 19 : Budget de traitement pour les dispositions constructives pour les futurs logements et locaux d'activité au sud du site.....	79
Tableau 20: Budget prévisionnel global .....	80
<b>Tableau 21 : Voies d'exposition retenues</b> .....	86
Tableau 22 : Valeurs toxicologiques de référence retenues .....	98
<b>Tableau 23 : Budgets espace/temps retenus</b> .....	100
Tableau 24 : Synthèse des scénarii étudiés.....	105
Tableau 25 : Variables générant les incertitudes majeures de l'évaluation .....	107

## ANNEXES


- Annexe 1. Synthèse des résultats d'analyses – milieu sol
- Annexe 2. Synthèse des résultats d'analyses – milieu eaux souterraines
- Annexe 3. Synthèse des résultats d'analyses – milieu gaz des sols
- Annexe 4. Synthèse des résultats d'analyses – milieu air ambiant
- Annexe 5. Synthèse des résultats d'analyses – milieu eau du robinet
- Annexe 6. Synthèse des résultats d'analyses – milieu eaux superficielles (Ru Gobetue)
- Annexe 7. Détermination de la présence d'une phase organique dans les sols par utilisation du logiciel OREOS
- Annexe 8. Données toxicologiques
- Annexe 9. Relations dose-réponse
- Annexe 10. Estimations des concentrations dans les milieux d'exposition
- Annexe 11. Fiches de synthèse des calculs de risque par zone
- Annexe 12. Répartition des polluants dans les différents compartiments de sol - OREOS
- Annexe 13. Critères de notation du bilan coûts-avantages
- Annexe 14. Données d'isoconcentrations par horizon
- Annexe 15. Détail des surcoûts liés aux pieux et longrines
- Annexe 16. Glossaire
- Annexe 17. Exemple de mise en place de vide-sanitaire au droit d'un bâtiment existant (document ACI)

## Synthèse technique

Client	BOUYGUES IMMOBILIER URBANERA
<p><b>Informations sur le site</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intitulé/adresse du site : Site « EIF/Murs à Pêches », 91-97 rue Pierre de Montreuil, Montreuil (93) ;</li> <li>• Parcelles cadastrales :             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Site « EIF » : parcelles BZ245 et 463 ;</li> <li>• Parcelles situées à l'est : parcelles BZ250, 251,253, 384, 452, 535 et 536</li> <li>• Parcelles concernées par l'appel à projet porté par la ville de Montreuil pour de l'agriculture urbaine en partie ouest : parcelles BZ242, 243, 244 et 331.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Il est à noter que les parcelles concernées par l'appel à projets ne sont pas incluses dans le périmètre du présent plan de gestion, car restées propriété de la Ville de Montreuil ;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie totale :             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Site « EIF » : 9 453 m<sup>2</sup> ;</li> <li>• Parcelles à l'est : 3 691 m<sup>2</sup> ;</li> <li>• Parcelles de l'appel à projet : 6 171 m<sup>2</sup> ;</li> </ul> </li> <li>• Propriétaire actuel :             <ul style="list-style-type: none"> <li>• site « EIF » : propriété de l'EPF Ile de France ;</li> <li>• autres parcelles : propriété la Ville de Montreuil, l'état ou le département de Seine-St-Denis ;</li> </ul> </li> <li>• Usage et exploitant actuel : Selon l'étude historique et documentaire (rapport SITA Remédiation<sup>1</sup> référencée P2 13 084 0 – V3, en date du 18/12/2013), et la visite de site effectuée par BURGEAP en 2018 dans le cadre du présent plan de gestion, le site EIF est occupé par 8 bâtiments principaux :             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bâtiment 1 : bâtiment sous loué à une société pour des activités de stockage d'éléments de décors et d'aménagement, bâtiment a historiquement été utilisé par EIF pour des activités de stockage de balles de chiffons tissés ;</li> <li>• Bâtiment 2 : actuellement vide et sous contrôle d'une alarme, ce bâtiment a historiquement été utilisé par EIF pour des activités de stockage de balles de chiffons non tissés ;</li> <li>• Bâtiment 3 : actuellement vide à l'exception d'un magasin, d'un atelier de maintenance et des bureaux de la menuiserie BCUBE, ce bâtiment a historiquement été utilisé par EIF pour des activités de stockage, magasin et atelier ;</li> <li>• Bâtiment 4 : actuellement occupé par une menuiserie au RDC et partiellement occupé par des bureaux et un céramiste à l'étage, ce bâtiment a historiquement été utilisé par EIF pour des activités de bureaux, magasin, expédition, fabrication de scies à bande à l'étage ;</li> <li>• Bâtiment 5 : actuellement occupé par l'entreprise EIF Astute ;</li> <li>• Bâtiment 6 : ancien logement / cabanon de jardin aujourd'hui démoli ;</li> <li>• Bâtiment 7 : actuellement exploité par une brasserie, ce bâtiment a historiquement été utilisé par EIF pour des activités de magasin et d'atelier ;</li> <li>• Bâtiment 8 : anciens bureaux du site EIF et bureaux actuels de la brasserie.</li> </ul> </li> </ul>

<sup>1</sup> SITA REMEDIATION aujourd'hui SUEZ Environnement, en charge des études environnementales du site EIF entre 2013 et 2018, études réalisées pour le compte de l'EPFIF



	<p>La répartition des différents bâtiments est indiquée ci-après.</p>  <p><b>Légende :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="color: red;">▭</span> Emprise à réaménager</li> <li><span style="color: blue;">▭</span> Périmètre du présent plan de gestion</li> <li><span style="color: yellow;">▭</span> Emprise de l'usine EIF</li> </ul>
<p><b>Statut réglementaire</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation ICPE : non ;</li> <li>• Régime ICPE : sans objet ;</li> <li>• Situation administrative : l'étude historique et documentaire de l'emprise du site EIF a permis d'identifier plusieurs arrêtés d'autorisation (pour les activités de dégraissage de peaux, stock de benzine, puis trichloréthylène, garage automobile) relatifs aux activités passées exploitées sur site, sans que des récépissés de cessation d'activités n'aient été retrouvés.</li> </ul>
<p><b>Contexte de l'étude</b></p>	<p>Projet de réaménagement du site.</p>
<p><b>Projet d'aménagement</b></p>	<p>Un projet de réaménagement du site est porté par Bouygues Immobilier UrbanEra. Bien que la configuration définitive du projet ne soit pas encore figée, à le site est voué à un usage tertiaire et/ou commercial et de logements.</p> <p>Les parcelles situées immédiatement à l'ouest du site « EIF » (parcelles cadastrales BZ242, 243, 244 et 331) sont concernées par un appel à projets d'agriculture urbaine porté par la Ville de Montreuil et ne sont <b>pas incluses dans le périmètre du présent plan de gestion.</b></p>
<p><b>Historique du site</b></p>	<p>L'emprise objet de l'étude a un passé industriel important. A partir de 1871, les parcelles BZ245 et BZ463 ont été occupées par une usine de nettoyage à sec avec utilisation de produits pour le dégraissage des cuirs, d'abord de la benzine (l'AP de 1893 mentionne l'utilisation de benzine et un stock aérien de 4 m<sup>3</sup> de ce produit), puis du perchloroéthylène ou tétrachloroéthylène (PCE) à partir de 1941 suite à une explosion de l'usine provoquée par la benzine.</p> <p>Progressivement les capacités de stockage en produits dégraissants augmentent jusqu'au milieu des années 1950 (20 m<sup>3</sup> en 1907, 60 m<sup>3</sup> en 1927, 36 m<sup>3</sup> en 1954, 25 m<sup>3</sup> en 1962, 20 m<sup>3</sup> en 1970).</p> <p>En plus de ces produits dégraissants, l'usine stockait également des composés inflammables nécessaires au chauffage et aux activités de garage (4 m<sup>3</sup> d'essence et 40 m<sup>3</sup> de liquide inflammable en 1962, 3 m<sup>3</sup> d'essence et 8 m<sup>3</sup> de liquide inflammable en 1967, 4 m<sup>3</sup> d'essence et 50 m<sup>3</sup> de fioul en 1970).</p>

	<p>Les activités de nettoyage à sec ont cessé sur le site en 1970. A partir de 1972, le site est exploité par la société EIF pour des activités de récupération de chiffons sans utilisation de produits chimiques. Les activités de la société EIF ont cessé en 2013. Une partie des locaux de l'usine EIF a été reconvertie pour abriter des activités diverses (pépinières d'entreprise). L'autre partie des locaux est inoccupée du fait de leur état dégradé.</p>
<p><b>Géologie / hydrogéologie</b></p>	<p>D'après l'étude réalisée par le bureau d'études GALTIER (à laquelle BURGEAP n'a pas eu accès), l'étude historique et documentaire réalisée par le bureau d'études SITA Remédiation et les différents diagnostics environnementaux réalisés au droit du site, la succession lithologique au droit du site est la suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• remblais d'épaisseur et d'origine diverses selon les zones (en moyenne, 1,50 m) ;</li> <li>• calcaires de Brie, constitués à la base par des marnes blanchâtres et au sommet par des calcaires avec la présence éparsée de blocs de meulière. L'épaisseur moyenne de cette formation est d'environ 3 m ;</li> <li>• marnes vertes, dont l'épaisseur est estimée à 6-8 m environ (cet horizon n'a pas été entièrement recoupé lors des investigations réalisées au droit du site).</li> </ul> <p>La limite calcaire de Brie/ marne verte n'est pas franche et on observe au droit de certains sondages des « surépaisseurs » de marnes ou au contraire leur quasi absence.</p> <p>Le substratum de la nappe, les argiles vertes, ont un toit en « boîte d'œufs » et l'épaisseur du niveau « aquifère », niveau capable de laisser l'eau stockée s'écouler, est variable au droit du site. Ces éléments influencent sans doute les écoulements souterrains au droit du site.</p> <p>La nappe perchée contenue dans les marno-calcaire de Brie est recoupée au droit du site vers 2 m de profondeur ; sa piézométrie est précisée au paragraphe 2.5.1.</p> <p>Un dôme piézométrique est observé en partie sud de l'emprise étudiée ; la nappe s'écoule donc de façon radiale au droit du site avec un écoulement principal vers le NE.</p>
<p><b>Investigations réalisées en 2013-2018</b></p>	<p>Plusieurs études environnementales comprenant la réalisation d'investigations ont été réalisées entre 2013 et 2018 au droit du site par les bureaux d'études SITA Remédiation/SUEZ Environnement pour le compte de l'EPIFIF et par BURGEAP en 2018 pour le compte de Bouygues Immobilier UrbanEra. Ces études ont donné lieu à la réalisation de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>72 sondages de sol</b> jusqu'à 4 m de profondeur, au niveau des parcelles ouest concernées par l'appel à projets, de l'ancien site « EIF » et des parcelles est ;</li> <li>• <b>12 piézomètres</b> jusqu'à 6 m de profondeur, au niveau des parcelles ouest concernées par l'appel à projets, de l'ancien site « EIF » et des parcelles est ;</li> <li>• <b>9 point de prélèvement pour le suivi de la qualité de l'air ambiant</b> : dans le bâtiment 1 en RDC, dans le bâtiment 3 en RDC au sud et à l'est, dans le bâtiment et à l'extérieur, dans le bâtiment 4 dans le bâtiment 5 en RDC et R+1 et dans la maison des murs à pêches ;</li> <li>• <b>4 piézomètres gaz</b> à 2 m de profondeur et <b>4 piézomètres gaz</b> à 1 m de profondeur ont été réalisés, au droit de l'ancien site « EIF ». Un piézomètre gaz (PzG6) a également été réalisé en 2016 hors site, en bordure sud (rue Marcel Largillière) ;</li> <li>• <b>1 point prélèvement d'eau du robinet</b> à l'intérieur de l'actuelle brasserie pour le suivi de la qualité de l'eau distribuée sur site. D'autres points de prélèvements ont été abandonnés en raison de l'interdiction d'utilisation de l'eau à leur niveau suite à des dépassements des valeurs de référence en TCE et PCE.</li> </ul>

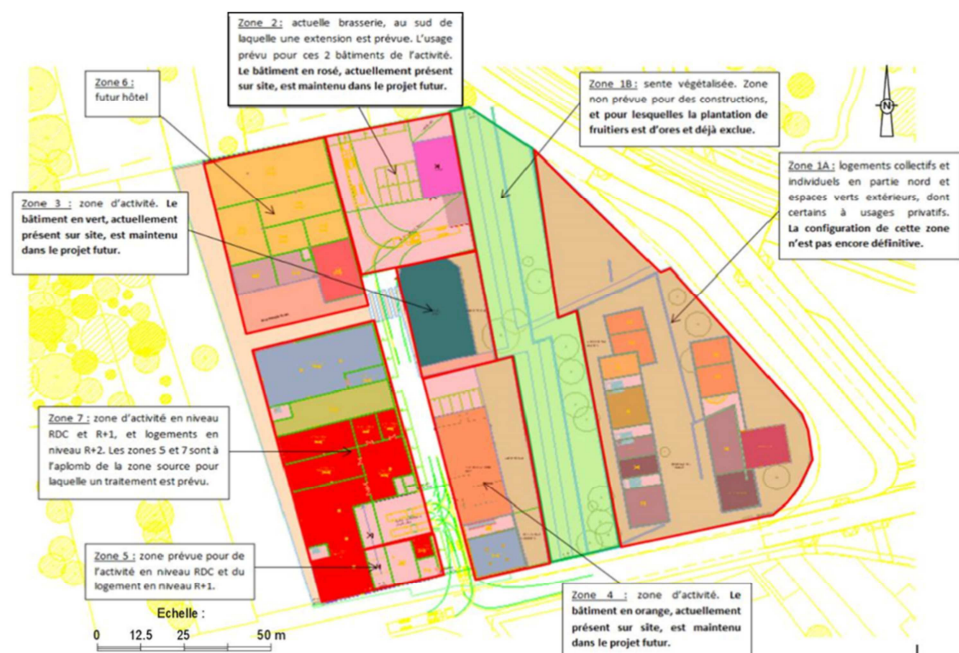


<b>Polluants recherchés</b>	<p><b>Sols</b> : selon les échantillons prélevés : 12 métaux / BTEX / HAP / COHV / HCT C<sub>5</sub>-C<sub>40</sub> ou C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> / Pack ISDI ;</p> <p><b>Eaux</b> : selon les échantillons prélevés : 8 métaux / Fer /BTEX / HAP / COHV / HCT C<sub>5</sub>-C<sub>40</sub> ou C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> / chlorures / DBO5-DCO / azote Kjeldahl / nitrites-nitrates / sulfate / méthane-éthane-éthène / COT / ammonium ;</p> <p><b>Gaz des sols et air ambiant</b> : selon les échantillons prélevés hydrocarbures C<sub>5</sub>-C<sub>16</sub> par décomposition TPH, COHV, BTEX-N, mercure.</p>
<b>Impacts identifiés au droit du site</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>sols</u> :                      Au droit du site « EIF », les analyses réalisées ont mis en évidence des éléments très différents suivants les zones :                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• en partie est, les sondages n'ont pas recoupé de niveaux de sols significativement impactés ;</li> <li>• en partie nord-ouest, un sondage a mis en évidence une anomalie ponctuelle (teneurs fortes en BTEX (environ 20 mg/kg), COHV (environ 10 000 mg/kg), PCB (12 mg/kg) et HCT (environ 50 000 mg/kg) en surface ;</li> <li>• au droit des bâtiments 1 et 2 : les sondages ont mis en évidence des anomalies en composés organiques avec des teneurs fortes en BTEX jusqu'à 1 200 mg/kg et en COHV jusqu'à 4 000 mg/kg en surface et en profondeur ;</li> </ul>                     Au droit de la zone est, prévue pour la réalisation des futurs logements (parcelles cadastrales 250, 251, 253, 384, 452, 535 et 536), les analyses réalisées ont mis en évidence des teneurs en composés organiques faibles, à l'exception d'un sondage au droit duquel les sols renferment des hydrocarbures et COHV en teneurs un peu plus marquées ;                 </li> <li>• <u>eaux souterraines</u> : deux sources de pollution (une en COHV, une en BTEX) ont été identifiées :                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• au droit des ouvrages Pz1 à Pz4 (réalisés au droit du site EIF), Les sommes des concentrations en COHV mesurées sont comprises entre 12 000 µg/l et jusqu'à presque 2 000 000 µg/l. Au droit des ouvrages PZ2 et PZ5, la dégradation dépasse 50% (ratio molaire entre le cis DCE et le PCE) tandis qu'au droit de PZ4, la dégradation en cis-DCE est quasiment totale (&gt;90% molaire) ;</li> <li>• au droit des piézomètres Pz1 à Pz4 (réalisés au droit du site « EIF »), les sommes des concentrations mesurées en BTEX sont comprises entre 3 400 µg/l et jusqu'à 760 000 µg/l ;</li> <li>• au droit de la parcelle ouest concernée par l'appel à projets d'agriculture urbaine : les piézomètres réalisés au droit de cette zone se trouvent dans le panache de pollution avec des concentrations en BTEX très atténuées (jusqu'à 30 µg/l) et un impact significatif en COHV (jusqu'à 7 200 µg/l). Le DCE est majoritaire au droit de ces deux ouvrages. Le chlorure de vinyle est également quantifié au droit de l'un des ouvrages.</li> </ul> </li> <li>• <u>air ambiant/air intérieur</u> : un suivi a été effectué entre 2014 et 2018 dans plusieurs bâtiments du site. Des dépassements des valeurs de référence sont mesurés selon les points de prélèvements pour les composés suivants :                     <ul style="list-style-type: none"> <li>• les hydrocarbures ;</li> <li>• le benzène ;</li> <li>• les COHV ;</li> </ul> </li> <li>• <u>gaz du sol</u> : 4 piézomètres gaz à 2 m de profondeur et 4 piézomètres gaz à 1 m de profondeur ont été réalisés au droit de l'ancienne usine EIF. Les prélèvements réalisés au droit de ces ouvrages entre 2013 et 2018 ont permis de mettre en évidence les éléments suivants :</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• les concentrations les plus importantes en polluants organiques volatils sont mesurées au droit du bâtiment 2, avec la présence d'hydrocarbures aromatiques et aliphatiques (environ 1 000 mg/m<sup>3</sup>, fraction C<sub>8</sub>-C<sub>10</sub> majoritaire), la présence de BTEX (1 400 mg/m<sup>3</sup>, les xylènes sont majoritaires) et la présence de COHV (environ 6 000 mg/m<sup>3</sup> dont du PCE, DCE et dans une moindre mesure du TCE) ;</li> <li>• au droit des autres ouvrages, les hydrocarbures ne sont pas retrouvés. Les BTEX ont été mesurés lors de la campagne de février 2018 au droit de l'ouvrage localisé proche de l'ancien bâtiment 6, à l'est de l'actuel bâtiment A et dans le bâtiment D. Les COHV sont quantifiés lors des campagnes de novembre 2013 et février 2018 au droit des bâtiments E et D ;</li> <li>• hors site, les BTEX sont mesurés en teneurs inférieures à 0,2 mg/m<sup>3</sup> en mars et décembre 2015 et novembre 2016 (benzène uniquement). Le PCE est également mesuré sur l'ensemble des campagnes en teneurs inférieures à 0,8 mg/m<sup>3</sup> et de manière plus sporadique concernant le DCE et TCE (teneurs de l'ordre de 0,3 mg/m<sup>3</sup>).</li> <li>• <u>eau du robinet</u> : des dépassements des seuils de potabilité en TCE et PCE ont été constatés au niveau de certains des points de suivi où l'utilisation de l'eau du robinet est interdite depuis 2016.</li> </ul>
<b>Schéma conceptuel</b>	Selon les types activités futures transmis à BURGEAP par Bouygues Immobilier UrbanEra et les zones de pollution concentrée identifiées au droit du site (impliquant localement des dispositions constructives de maîtrise des voies de transfert des impacts), 7 schémas conceptuels ont été établis.
<b>Conséquences sur le projet</b>	<p><b><u>PARTIE 1 - diagnostic de l'état des milieux</u></b></p> <p>L'ensemble des données disponibles a permis de délimiter les zones de pollution concentrée, impliquant un traitement qui a été dimensionné dans le cadre du présent plan de gestion.</p> <p><b><u>PARTIE 2 - analyse des risques résiduels prédictive</u></b></p> <p>Une ARR prédictive a été réalisée pour chacune des zones définies. Au vu de l'incompatibilité de l'état environnemental du site avec les usages envisagés au droit de certaines zones, des dispositions constructives ont été prises en compte dans les calculs de risques (vide-sanitaire ventilé, drainage des gaz sous bâtiment). <b>Une fois ces dispositions constructives prises en compte, l'état environnemental du site est considéré comme compatible avec les usages envisagés par Bouygues Immobilier UrbanEra.</b></p> <p><b><u>PARTIE 3 - définition des zones de pollution concentrée et plan de gestion à l'échelle du site</u></b></p> <p>Sur la base d'une approche statistique à partir de l'ensemble des données disponibles, deux zones <u>de pollution concentrée</u> (une aux BTEX, une aux COHV) ont été déterminées. Un bilan coût-avantages des techniques de traitement disponibles a été effectué.</p>

<b>Chiffrage des solutions de gestion</b>	Ainsi, les solutions les mieux notées par zone à l'issue du bilan coûts-avantages et les couts prévisionnels associés sont les suivantes :			
	POSTE	Budget Traitement de la pollution	Incertitude	Valeur Max
	Traitement hors site ZNS T31	65 000,00 €	30%	84 500,00 €
	Traitement par venting ZNS	220 000,00 €	15%	253 000,00 €
	Traitement par réduction in situ	485 000,00 €	20%	582 000,00 €
	Traitement EMP T34	140 000,00 €	20%	168 000,00 €
	Dépollution fosse à ciel ouvert	5 000,00 €	0%	5 000,00 €
	MOE	142 000,00 €	10%	156 200,00 €
	Surcout décapage des plateformes (ensemble du site EIF <b>Hormis bâtiments non détruits, zone logements et futur hôtel</b> )	250 000,00 €	30%	325 000,00 €
	Surcout traitement déblais pieux/longrines	100 000,00 €	30%	130 000,00 €
	Surcout décapage 50cm hôtel et zone est	165 000,00 €	40%	231 000,00 €
	Dispositions constructives sur batiments neufs	210 000,00 €	15%	241 500,00 €
Dispositions constructives sur batiments réhabilités	340000 (chiffrage fourni par UrbanEra)		340 000,00 €	
<b>TOTAL</b>	<b>2 122 000,00 €</b>	<b>16%</b>	<b>2 516 200,00 €</b>	
<b>Recommandations</b>	<p><u>Analyse des enjeux sanitaires :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone 1 : futurs logements collectifs avec espaces verts extérieurs. Avec les conditions d'études retenues (notamment le décapage des terres superficielles sur une épaisseur de 0,50 m au droit de l'ensemble de la zone), les niveaux de risque estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité ;</li> <li>• Zone 2 : activités artisanales (<u>avec conservation du bâtiment actuel</u>). Avec la mise en œuvre d'un dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants, les niveaux de risque estimés depuis les sols sont inférieurs aux critères d'acceptabilité ;</li> <li>• Zone 3 : activités artisanales (<u>avec conservation du bâtiment actuel</u>). Avec la mise en œuvre d'un dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants, les niveaux de risque estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité ;</li> <li>• Zone 4 : activités artisanales et logements (<u>avec conservation du bâtiment actuel</u>). Avec la mise en œuvre d'un dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants, les niveaux de risque estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité ;</li> </ul>			

- Zone 5 : activités artisanales en RDC et logements en R+1. Avec la mise en œuvre d'un dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants, les niveaux de risque estimés depuis les sols et la nappe sont inférieurs aux critères d'acceptabilité ;
- Zone 6 : futur hôtel. Avec le décapage des sols sur 50 cm, la prise en compte des concentrations moyennes dans les sols et la mise en œuvre d'un dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants au droit du bâtiment, les niveaux de risque sont inférieurs aux critères d'acceptabilité ;
- Zone 7 : activités artisanales en RDC et R+1 et logements en R+2, avec la mise en œuvre d'un drainage des gaz sous bâtiment, de l'enlèvement de certains spots et la prise en compte d'un abattement sécuritaire des concentrations résiduelles suite au traitement, les niveaux de risque estimés depuis sont inférieurs aux critères d'acceptabilité.



#### Conservation de la mémoire :

En lien avec les mesures de gestion ci-dessus, et notamment en regard de la pollution résiduelle qui persistera sur site et des usages pris en considération, des restrictions d'usage doivent être envisagées. Détaillées au chapitre 6, elles concernent :

- l'usage du site ;
- la protection des piézomètres de surveillance ;
- l'infiltration d'eau au droit du site ;
- l'usage des eaux souterraines ;
- la réalisation de tranchées ou d'affouillement sur site ;
- les mesures de protection des travailleurs lors des éventuels chantiers sur site ;
- les réseaux enterrés d'eau potable.



## 1. Introduction

### 1.1 Objet de l'étude

Le site de l'ancienne usine EIF et ses abords est localisé dans le quartier des « Murs à Pêches » dans le haut Montreuil (93) ; cette emprise foncière est un des sites de l'appel à projet « Inventons la Métropole du Grand Paris ».

L'emprise à réaménager, d'une superficie d'environ 2 ha, est occupée en partie est par des maisons individuelles, une zone en friche, en partie centrale un ancien site industriel, l'usine EIF, et à l'ouest la partie concernée par un appel à projet d'agriculture urbaine (dite « zone AAP »). L'emprise objet du présent plan de gestion couvre le site de l'ancienne usine EIF et les terrains situés à l'est de l'usine jusqu'à la rue de la Nouvelle France (cf. **Figure 1**).



**Figure 1 : Emprise de la zone à réaménager et emprise étudiée**

Le projet d'aménagement prévoit :

- la réalisation de constructions à destination mixte (logements, commerce, artisanat) en partie centrale et est (partie objet de la présent étude) ;
- la préservation de l'histoire du site avec une conservation de son identité associée à la culture des pêches en partie ouest de la zone à réaménager (emprise non incluse dans la présente étude qui fera l'objet d'un appel à projet « agriculture urbaine » porté par la Ville de Montreuil).

Les études de diagnostic réalisées par SUEZ REMEDIATION pour le compte de l'Etablissement Public d'Ile de France (EPFIF, propriétaire du foncier occupé par l'usine EIF) ont montré que le milieu souterrain dans l'emprise de la zone à réaménager est plus ou moins fortement impacté par les différentes activités exploitées par le passé sur le site.

Aussi, BOUYGUES IMMOBILIER UrbanEra étudie, en concertation avec l'EPFIF, les modalités de réaménagement de l'emprise EIF et des parcelles situées à l'est de ce terrain, y compris le traitement des zones « source » ou des zones de pollution concentrée situées au droit du terrain EIF.

Dans ce cadre, BOUYGUES IMMOBILIER UrbanEra a confié à BURGEAP la réalisation d'un plan de gestion, objet de ce rapport, faisant suite à notre offre référencée PSSIF10332-04 (partie § 4.2) en date du 21/03/2018.

La présente version du plan de gestion, indicée RESIIF08117-04, constitue une version mise à jour du plan de gestion sur la base des données de résultats finalisés des essais de traitabilité (rapport BURGEAP RESICE08481-01 en date du 12/12/2018).

La réalisation de mesures complémentaires (cf.§ conclusion du présent rapport) est de nature à conforter nos hypothèses en termes de réduction des teneurs en polluants atteignables à l'issue des traitements (hypothèses conservatoires prises à ce stade) et donc à limiter les mesures constructives à mettre en œuvre pour garantir la compatibilité sanitaire entre état du site et usages futurs.

## 1.2 Projet d'aménagement/usages futurs

Le projet d'aménagement comporte (**Figure 2**) :

- Zone 1 : partie est de l'emprise étudiée, des logements collectifs avec des espaces verts extérieurs dont certains à usage privés. Il est à noter que la configuration de ces bâtiments n'est pas définitivement fixée ;
- Zones 2, 3 et 4 : partie centrale de l'emprise étudiée et est du site EIF, les activités artisanales avec conservation d'une grande partie des bâtiments existants (bâtiments sur terre-plein) de la zone 2 au nord à la zone 4 au sud. Il est à noter que des logements sont également prévus au droit de la zone 4 ;
- Zone 5 : en partie sud-ouest de l'emprise étudiée et de l'ancien site EIF, des commerces en niveau de plain-pied et des logements en niveau R+1 ;
- Zone 6 : en partie nord-ouest de l'emprise étudiée et du site EIF, un hôtel sur terre-plein ;
- Zone 7 : en partie ouest de l'emprise étudiée et du site EIF, des activités et parking en niveau de plain-pied et R+1 et des logements en niveau R+2 ;

A l'ouest de l'emprise étudiée, une parcelle est dédiée à une activité d'agriculture urbaine, hors cadre du présent plan de gestion.





Figure 2 : Plan de localisation des différentes zones d'aménagement sur le site (source : faisabilité envoyée le 28/06 par Bouygues Immobilier UrbanEra)

### 1.3 Méthodologie générale et réglementation en vigueur

La méthodologie retenue par BURGEAP pour la réalisation de cette étude prend en compte la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 et les exigences de la **norme AFNOR NF X 31-620-2 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués »**, pour le domaine A : « Etudes, assistance et contrôle ».

Nous nous plaçons dans une prestation de type **PG Plan de Gestion**, dont les objectifs sont de répondre aux questions suivantes :

- Quelles solutions sont envisageables pour réhabiliter le site ?
- Quels coûts financiers sont à considérer selon les scénarios envisagés pour l'usage futur ?

Cette prestation globale inclut les prestations élémentaires suivantes :

Prestations concernées	Prestations élémentaires (A)	Objectifs
	<b>A100</b>	Visite du site
	<b>A110</b>	Etudes historiques, documentaires et mémorielles
	<b>A120</b>	Etude de vulnérabilité des milieux
	<b>A200</b>	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols
	<b>A210</b>	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines
	<b>A220</b>	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou les sédiments
	<b>A230</b>	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol
	<b>A240</b>	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques
	<b>A250</b>	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires
	<b>A260</b>	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées
	<b>A300</b>	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux
	<b>A310</b>	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales
X	<b>A320</b>	Analyse des enjeux sanitaires
X	<b>A330</b>	Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages
	<b>A400</b>	Dossiers de restriction d'usage, de servitudes

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



## 1.4 Documents de référence

La rédaction du présent document s'est appuyée sur les documents suivants :

- Audit technique de l'ensemble immobilier du 02 décembre 2013, de NR Conseil ;
- Complément à l'étude historique et reconnaissance des milieux du 18 décembre 2013, de SITA Remediation (rapport P2130840 – version 3) ;
- Suivi de la qualité des eaux souterraines, des gaz du sol et prélèvements de l'eau du robinet du 14 septembre 2016, de SUEZ (rapport U2160850 – version 1) ;
- Note technique n°7 du 14 septembre 2016, de SUEZ (note U2160850/NT7) ;
- Suivi de la qualité des eaux souterraines, des eaux superficielles et des gaz du sol du 23 juin 2017, de SUEZ (rapport U2170660/0417 – version 1) ;
- Etude historique et de vulnérabilité et reconnaissance de la qualité des sols et des eaux souterraines du 31 octobre 2017, de SUEZ (rapport U2170880 – version 2) ;
- Note technique n°10 du 13 octobre 2017, de SUEZ (note U2170660/NT10 – version 2) ;
- Rapport d'enquête de proximité – Recherche de puits privés du 13 octobre 2017, de SUEZ (note conception 1 version 2, affaire U2170930) ;
- Diagnostic au georadar du 24 janvier 2018, de SUEZ Déminage (rapport U2180030 version 1) ;
- Essais de terrain – Essais de pompage, Quantification de la productivité de la nappe du 13 mars 2018, de SUEZ (note technique U2180030.NT-1 V1) ;
- Mission de diagnostic complémentaire – Caractérisation des COV en zone source du 13 mars 2018, de BURGEAP (rapport CSSPIF180207/RSSPIF07692-01) ;
- Reconnaissance de la qualité des milieux sols, gaz du sol, eaux souterraines et air ambiant du 14 mars 2018, de SUEZ (rapport U2180030/Diag V1) ;
- Note d'interprétation des données du diagnostic complémentaire du 04 avril 2018, de BURGEAP (rapport CSSPIF173143/RSSPIF07813-01) ;
- Suivi de la qualité des eaux souterraines, des eaux superficielles et des gaz du sol du 14 juin 2018, de SUEZ (rapport U2180790/0518 – version 1).

Les données concernant le projet envisagé au droit du site ont été collectées sur la base notariale en phase concours du projet, fournie par Bouygues Immobilier UrbanEra et des documents complémentaires fournis par SUEZ Environnement et l'EPIFIF.

Le présent rapport prend en compte les données du projet en termes de localisation des emprises bâties et usages des futurs locaux disponibles en date du 28/06/2018.

## 2. Synthèse des investigations

Le site, l'usine EIF et ses abords, a fait l'objet d'études environnementales depuis 2013. Ces études ont été réalisées par le bureau d'études SUEZ Environnement (ex SITA Remédiation), pour le compte de l'EPF Ile de France lorsque l'usine EIF était encore en fonctionnement, au moment de la cessation d'activité et après cette cessation. BURGEAP, dans le cadre du projet de réaménagement et pour le compte de Bouygues Immobilier UrbanEra, a réalisé des investigations dans l'emprise du projet.

### 2.1 Description du site

Les données historiques sont issues de l'étude historique et documentaire (référéncée P2 13 084 0 – V3, en date du 18/12/2013) réalisée par le bureau d'études SITA Remédiation (aujourd'hui SUEZ Environnement, en charge des études environnementales au droit du site entre 2013 et 2018), et la visite de site effectuée par BURGEAP en 2018 dans le cadre du présent plan de gestion.

L'emprise de l'usine EIF, zones 2 à 7, est occupée par 8 bâtiments principaux (cf. **Figure 3**) :

- bâtiment 1 / bâtiment F : bâtiment sous loué à une société pour des activités de stockage d'éléments de décors et d'aménagement. Ce bâtiment a historiquement été utilisé par le site EIF pour des activités de stockage de balles de chiffons tissés ;
- bâtiment 2 / bâtiment E : actuellement vide et sous contrôle d'une alarme gérée par Nexity, ce bâtiment a historiquement été utilisé par le site EIF pour des activités de stockage de balles de chiffons non tissés ;
- bâtiment 3 / bâtiments C et D : actuellement vide à l'exception d'un magasin, d'un atelier de maintenance et des bureaux de la menuiserie BCUBE, ce bâtiment a historiquement été utilisé par le site EIF pour des activités de stockage, magasin et atelier ;
- bâtiment 4 / bâtiment B : actuellement occupé par une menuiserie au niveau RDC et partiellement occupé par des bureaux et un céramiste à l'étage, ce bâtiment a historiquement été utilisé par le site EIF pour des activités de bureaux, magasin, expédition, fabrication de scies à bande à l'étage ;
- bâtiment 5 / bâtiment A : actuellement occupé par l'entreprise EIF Astute ;
- bâtiment 6 : ancien logement / cabanon de jardin (démoli) ;
- bâtiment 7 / bâtiment G : actuellement exploité par une brasserie, ce bâtiment a historiquement été utilisé par le site EIF pour des activités de magasin et d'atelier ;
- bâtiment 8 / bâtiment H : anciens bureaux du site EIF et bureaux actuels de la brasserie.



**Figure 3 : Occupation actuelle de l'emprise du site EIF**

Au droit des parcelles situées à l'est (Zone 1) subsistent des habitations, dont une d'entre elles est encore occupée.

A l'occasion du diagnostic SUEZ Environnement de 2018, une fosse à ciel ouvert a été découverte. Cette fosse (en rouge sur la **Figure 4**.) est en eau et d'après un occupant du site, son pompage n'a pas permis d'y baisser le niveau d'eau.



**Figure 4 : Emprise des bâtiments et localisation de la fosse mise à jour**

## 2.2 Rappel du contexte environnemental

Le terrain étudié est localisé sur le plateau de la « butte témoin de Romainville » (altitude de l'ordre de 111 m NGF au droit du site) ; le terrain est globalement situé sur « l'arête » du plateau.

Les terrains constituant l'assise de ce plateau, sous les remblais de nature et d'épaisseur variables, sont les formations marno-calcaires de Brie, dont l'épaisseur ne dépasse pas 2 à 4 m et qui peuvent être plus ou moins remaniés localement.

Les formations de Brie reposent sur les argiles vertes, formation de faible perméabilité qui forment le substratum imperméable sur laquelle repose la nappe perchée contenue dans les marno-calcaires de Brie. Leur épaisseur est de l'ordre de 6-8 m au droit de la zone de l'étude. Ces formations de l'Oligocène recouvrent les formations de l'Eocène supérieur, notamment les marnes supra gypseuses et les masses et marnes du gypse du Ludien.

La nappe perchée contenue dans les marno-calcaire de Brie est recoupée au droit du site vers 2 m de profondeur ; sa piézométrie est précisée au paragraphe 2.5.1.

Enfin, le site est bordé sur sa limite nord par le ru du Gobétue, ru en partie canalisé sur le plateau ; ce ru drainerait en partie la nappe perchée.

### ► Géométrie du toit du marno-calcaire et des argiles vertes au droit du site

Au regard des investigations faites sur site, les couches lithologiques sont constituées depuis la surface :

- des remblais dont l'épaisseur varie entre 1 et 2 m (en moyenne, 1,5 m) ;
- des marnes calcaires ;
- des argiles vertes compactes.

La limite entre marnes et argiles n'est pas toujours nette et on observe au droit de certains sondages des « surépaisseurs » de marnes ou au contraire leur quasi absence comme l'illustre les **Figures 5 et 6**.

On observe, au niveau du bâtiment E/bâtiment2, une « surépaisseur » d'argiles (centrée vers la zone des sondages T25 et T26), et au contraire en direction de l'ouest et du nord, un approfondissement du toit des argiles donc une « surépaisseur » de marnes.

Au droit des sondages T17et T18, une couche plus épaisse de remblais est observée.

Le substratum de la nappe, les argiles vertes, a donc un toit en « boîte d'œufs » et l'épaisseur du niveau « aquifère », niveau capable de laisser l'eau stockée s'écouler, est variable au droit du site. Ces éléments influencent sans doute les écoulements souterrains au droit du site.



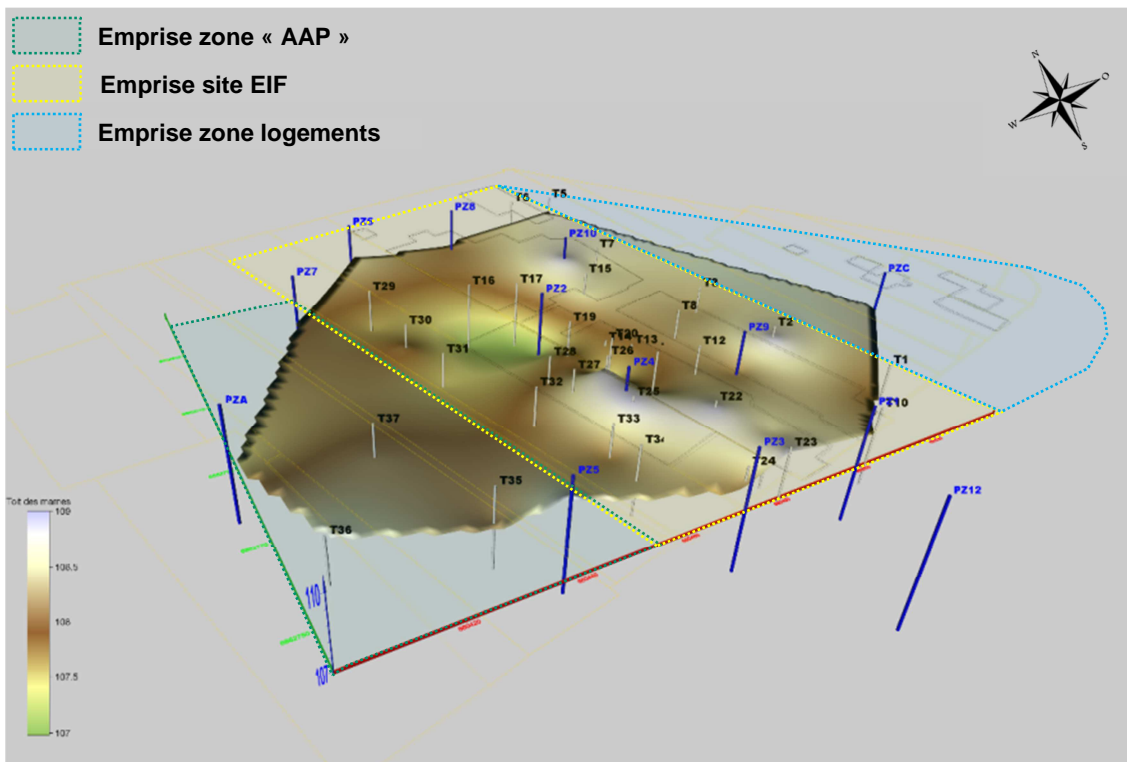


Figure 5 : Géométrie du toit des marnes calcaires

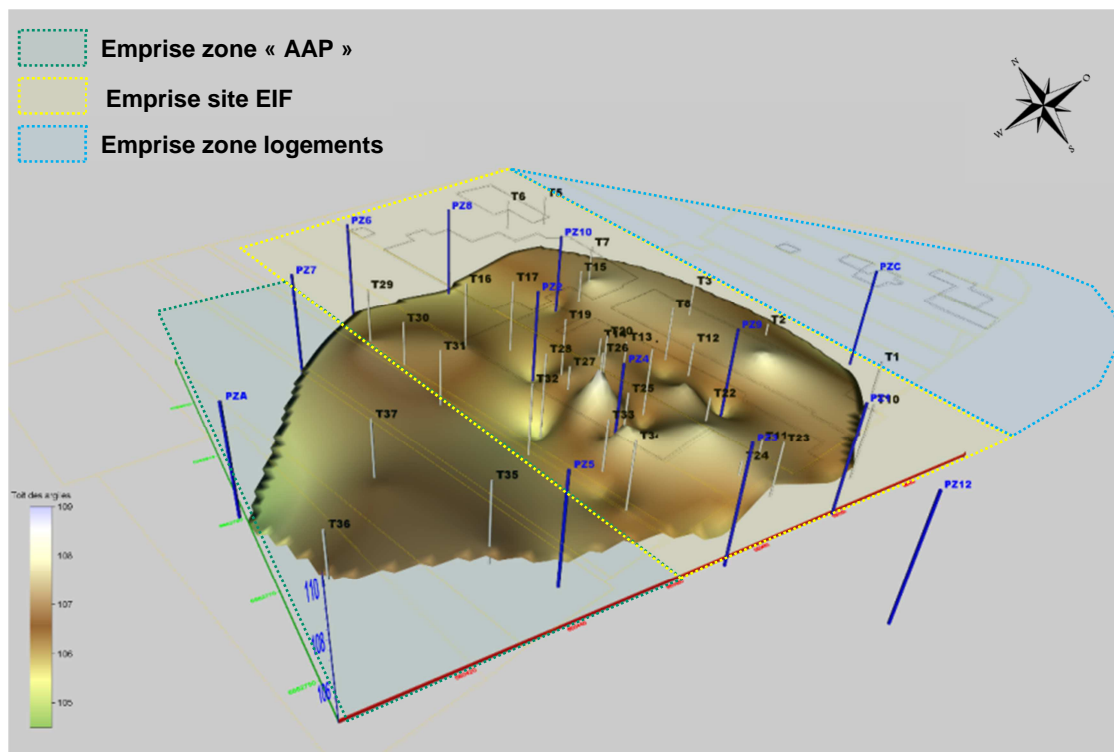


Figure 6 : Géométrie du toit des argiles vertes

### 2.3 Synthèse historique

L'emprise objet du plan de gestion a un lourd passif industriel.

En effet, depuis 1871, les parcelles BZ245 et BZ463 ont été occupées par une usine de nettoyage à sec pour le dégraissage des cuirs avec utilisation de solvants organiques d'abord de la benzine, puis à partir de 1941, suite à une explosion de l'usine provoquée par la benzine, du perchloroéthylène ou tétrachloroéthylène (PCE).

L'AP de 1893 mentionne en effet l'utilisation de benzine et un stock aérien de 4 m<sup>3</sup> de ce produit. Progressivement les capacités de stockage des solvants de dégraissage augmentent jusqu'au milieu des années 1950 (20 m<sup>3</sup> en 1907, 60 m<sup>3</sup> en 1927, 36 m<sup>3</sup> en 1954, 25 m<sup>3</sup> en 1962, 20 m<sup>3</sup> en 1970).

En plus de ces produits dégraissants, l'usine stockait également des liquides inflammables nécessaires au chauffage et aux activités de garage (4 m<sup>3</sup> d'essence et 40 m<sup>3</sup> de liquide inflammable en 1962, 3 m<sup>3</sup> d'essence et 8 m<sup>3</sup> de liquide inflammable en 1967, 4 m<sup>3</sup> d'essence et 50 m<sup>3</sup> de fioul en 1970).

Les activités de nettoyage à sec ont cessé sur le site en 1970. A partir de 1972, le site est exploité par la société EIF pour des activités de récupération de chiffons sans utilisation de produits chimiques. Les activités de la société EIF ont cessé en 2013. Une partie des locaux de l'usine EIF a été reconvertie pour abriter des activités diverses (pépinières d'entreprise). L'autre partie des locaux est inoccupée du fait de leur état dégradé.

### 2.4 Synthèse des données - milieu sol

Entre 2013 et 2018, 72 sondages de sol ont été réalisés jusqu'à 4 m de profondeur, au droit des parcelles BZ242, BZ331, BZ243, BZ244 (parcelles ouest concernées par l'appel à projet d'agriculture urbaine, hors plan de gestion), BZ245, BZ463 (ancienne usine « EIF »), BZ384, BZ250, BZ251 BZ536, BZ253, BZ535, BZ452 (parcelles est du site, au droit desquelles de futurs logements sont envisagés).

L'ensemble des investigations réalisées sur les sols et les ouvrages installés (Piézomètres et piézairs) est localisé en **Figure 7**. Les résultats d'analyse sont présentés en **Annexe 1**.

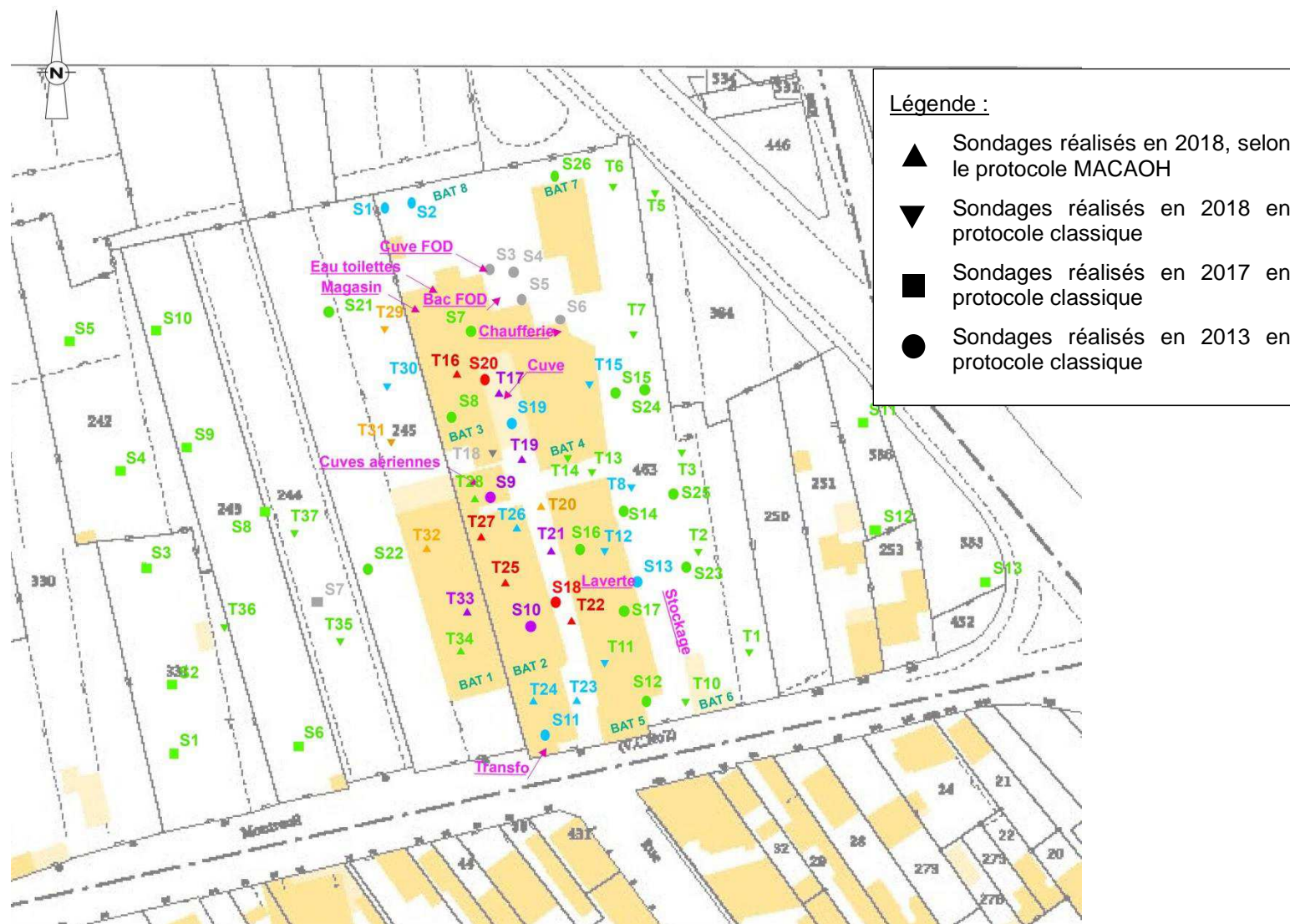


Figure 7 : Localisation des investigations réalisées sur le milieu sol

### 2.4.1 Zone Est

La zone est de l'emprise étudiée sera la zone des futurs logements. 3 sondages y ont été réalisés à la tarière mécanique, à 3 m de profondeur, par SUEZ Environnement en 2017 (**Figures 8 et 9**).



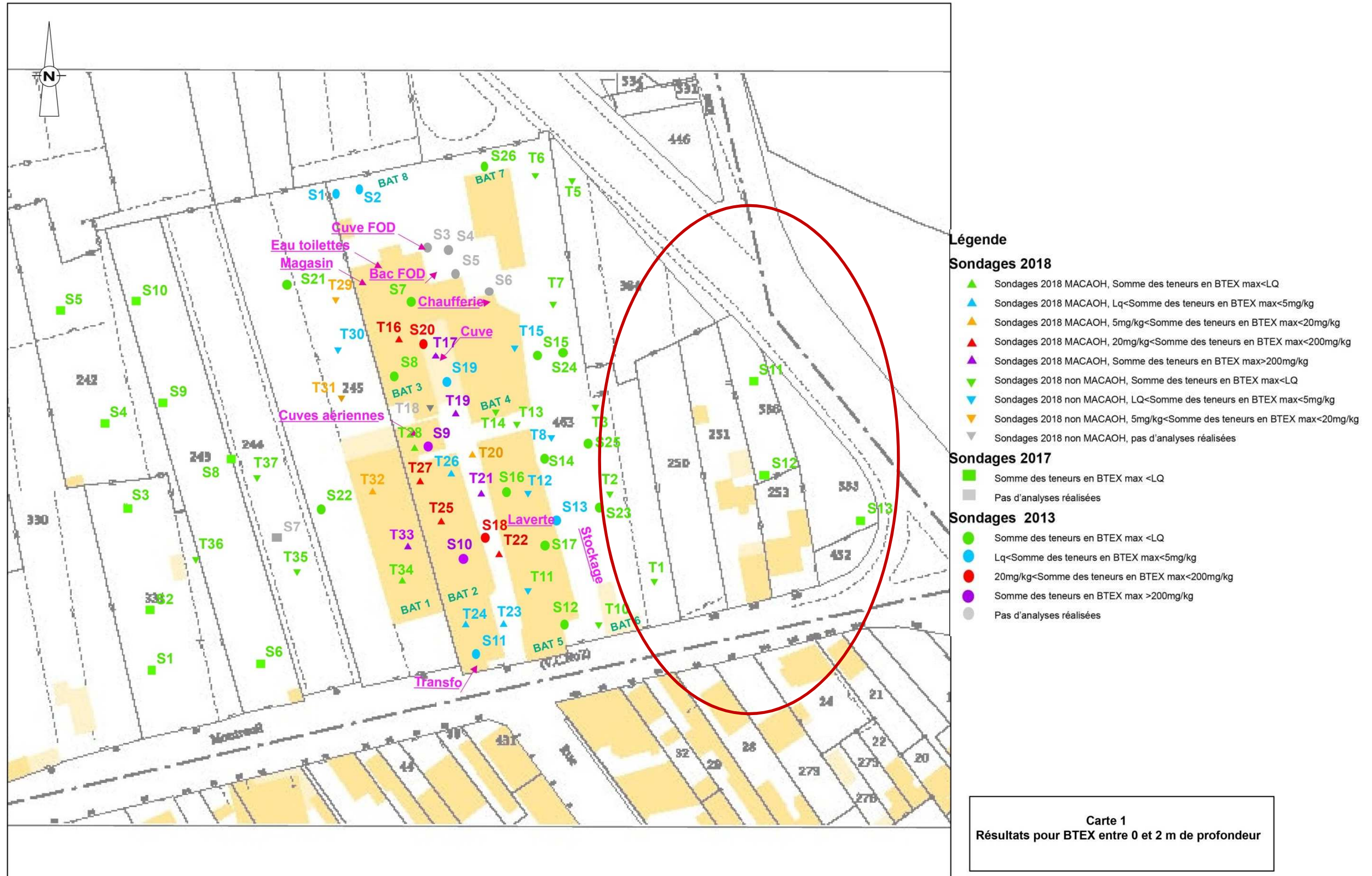


Figure 8 : Cartographie des BTEX entre 0 et 2 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols



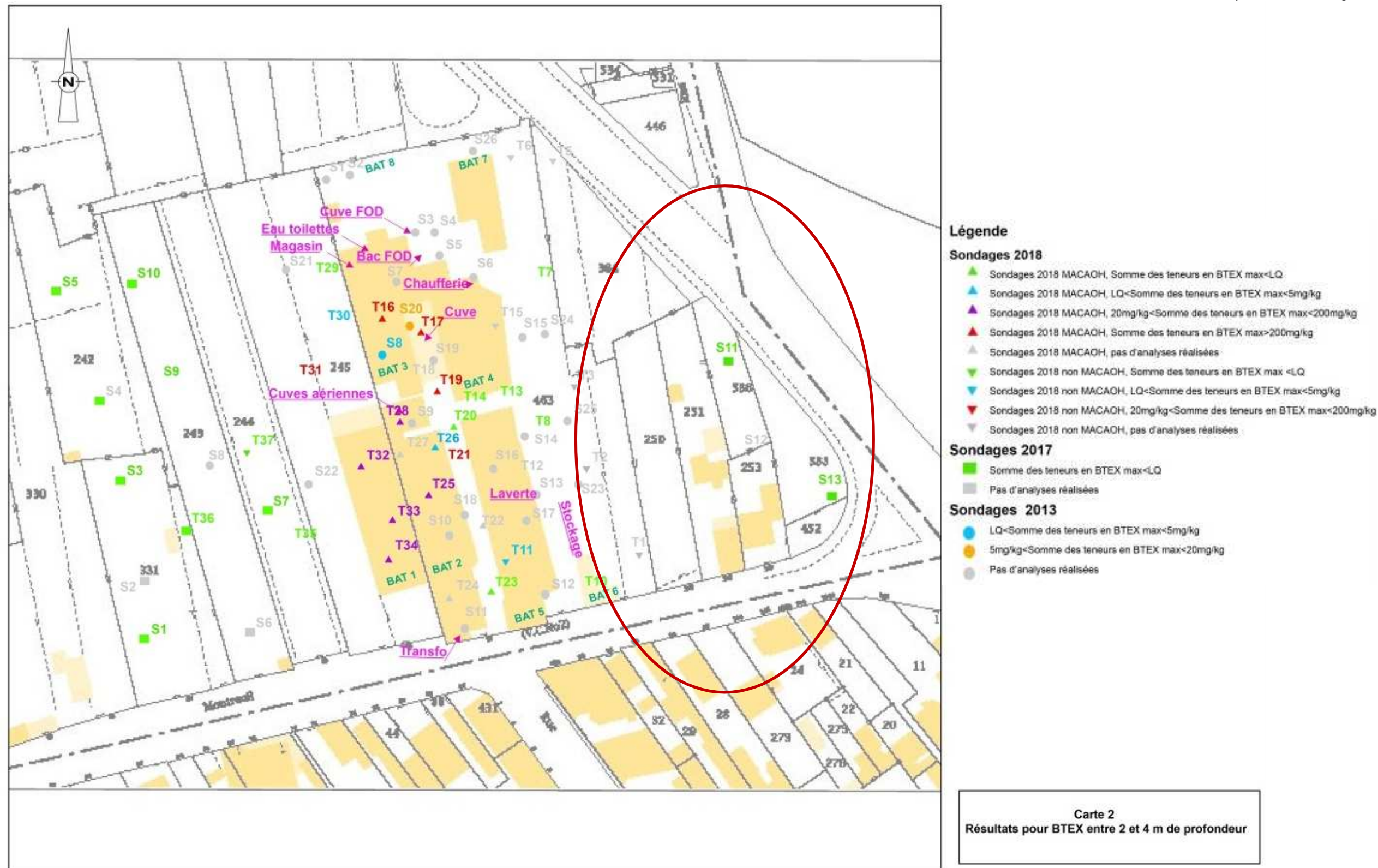


Figure 9 : Cartographie des BTEX entre 2 et 4 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols



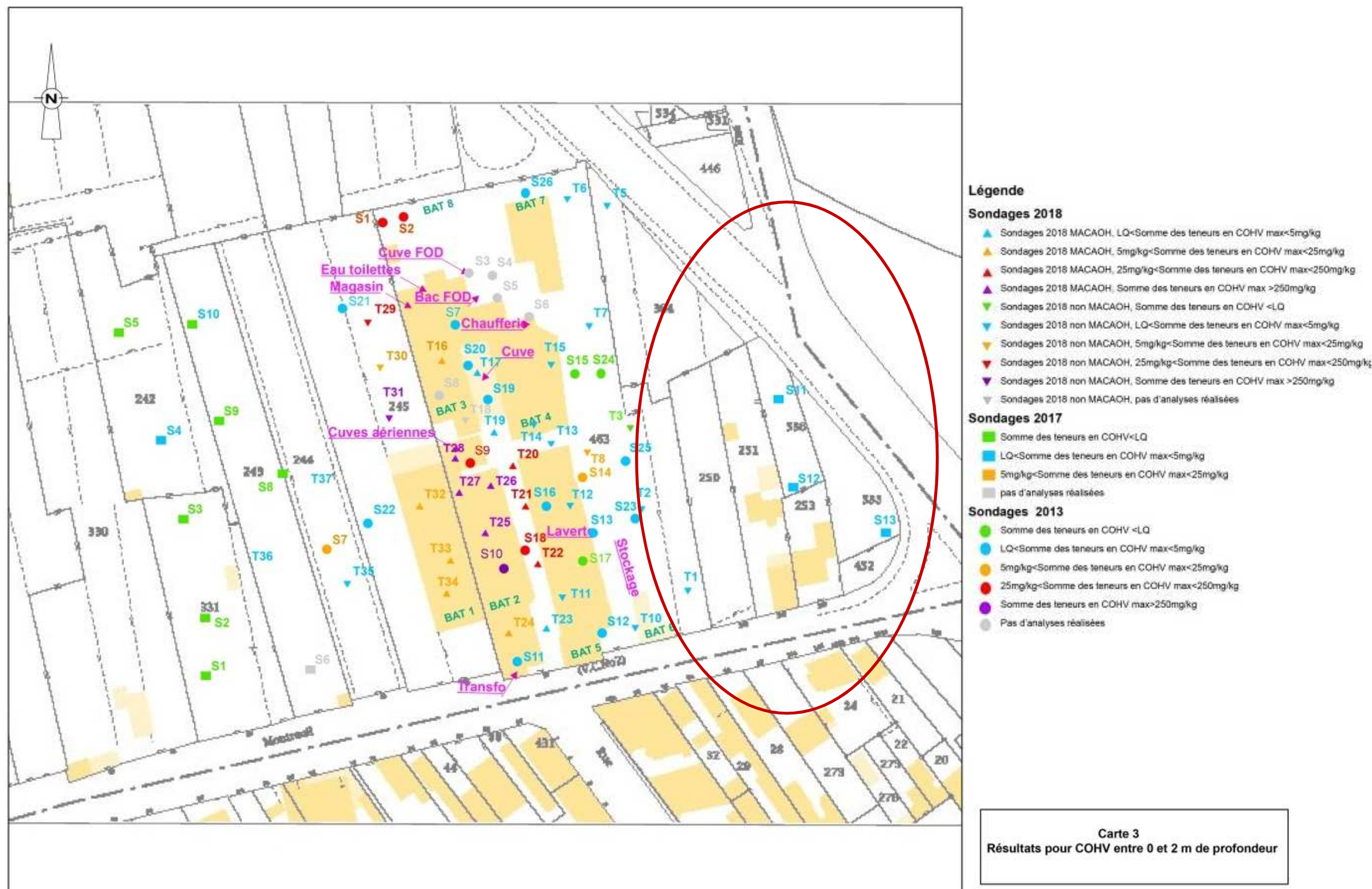


Figure 10 : Cartographie des COHV entre 0 et 2 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols



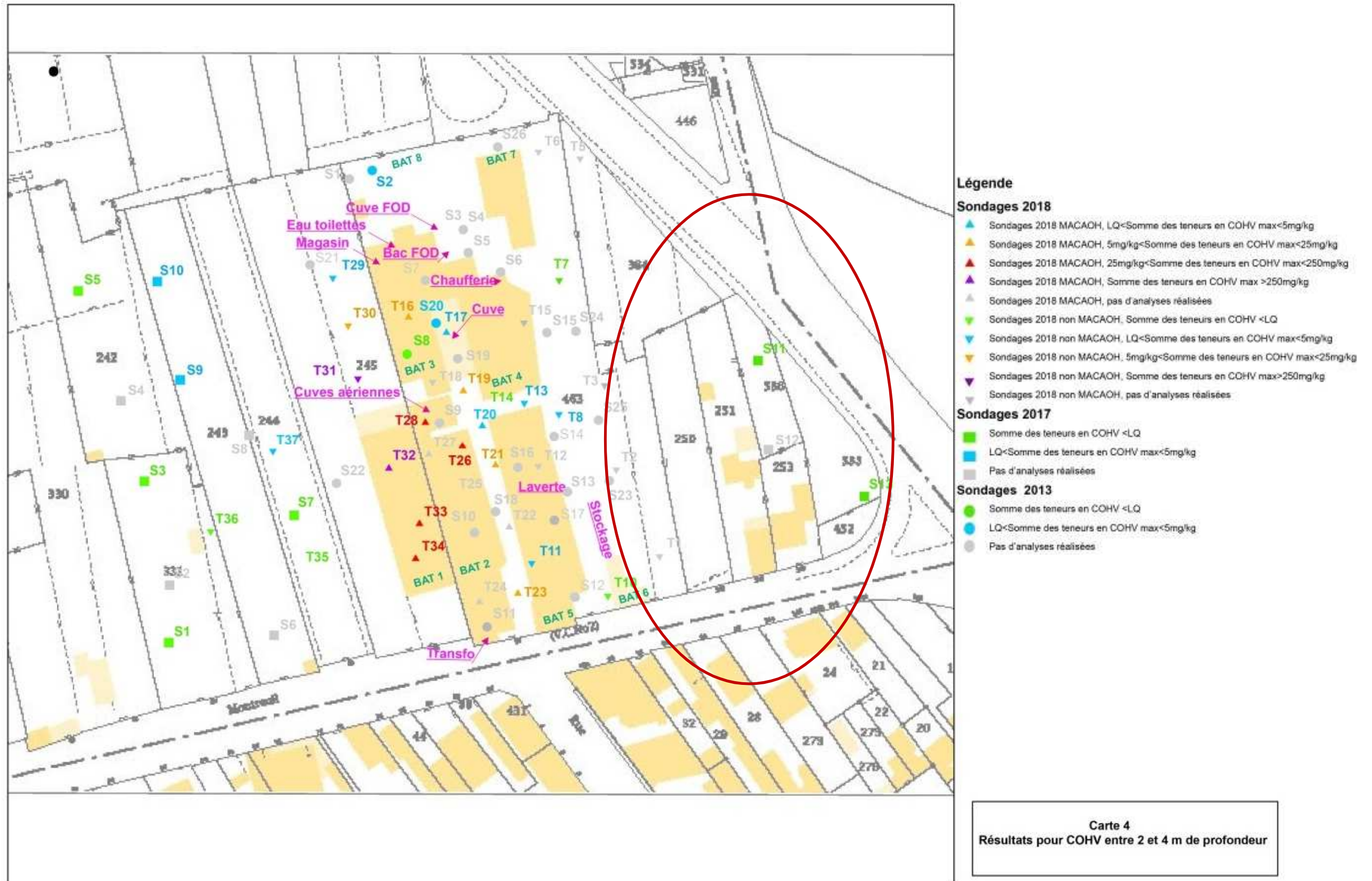


Figure 11 : Cartographie des COHV entre 2 et 4 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols

Les analyses réalisées sur les échantillons ont mis en évidence les points suivants :

- composés organiques (HCT, HAP, BTEX et COHV) : teneurs faibles, proches du seuil de quantification à l'exception des teneurs un peu plus marquées en HAP (50 mg/kg), Hydrocarbures (120 mg/kg) et COHV (0,15 mg/kg) au droit d'un sondage ;
- métaux et métalloïdes : présence de métaux en teneurs non négligeables en surface et en profondeur ;
- composés lixiviables : les remblais et le terrain naturel renferment des sulfates et de la fraction solubles lixiviables et ponctuellement de l'antimoine lixiviable en teneurs dépassant les critères d'acceptation des terres en Installation de Stockage pour Déchets Inertes (ISDI).

#### 2.4.2 Ancienne usine « EIF » :

47 sondages ont été réalisés sur les parcelles BZ245 et BZ463 (cf. **Figures 12 à 15**), majoritairement effectués à la tarière mécanique ou au carottier portatif par SUEZ Environnement entre 2013 et 2018. Il est à noter qu'une partie des sondages a été réalisée par BURGEAP en 2018 en carottage sous gaine avec mise en œuvre du protocole MACAOH pour une meilleure caractérisation des composés volatils. Les impacts mesurés dans les sols sont très variables selon la localisation géographique des sondages.

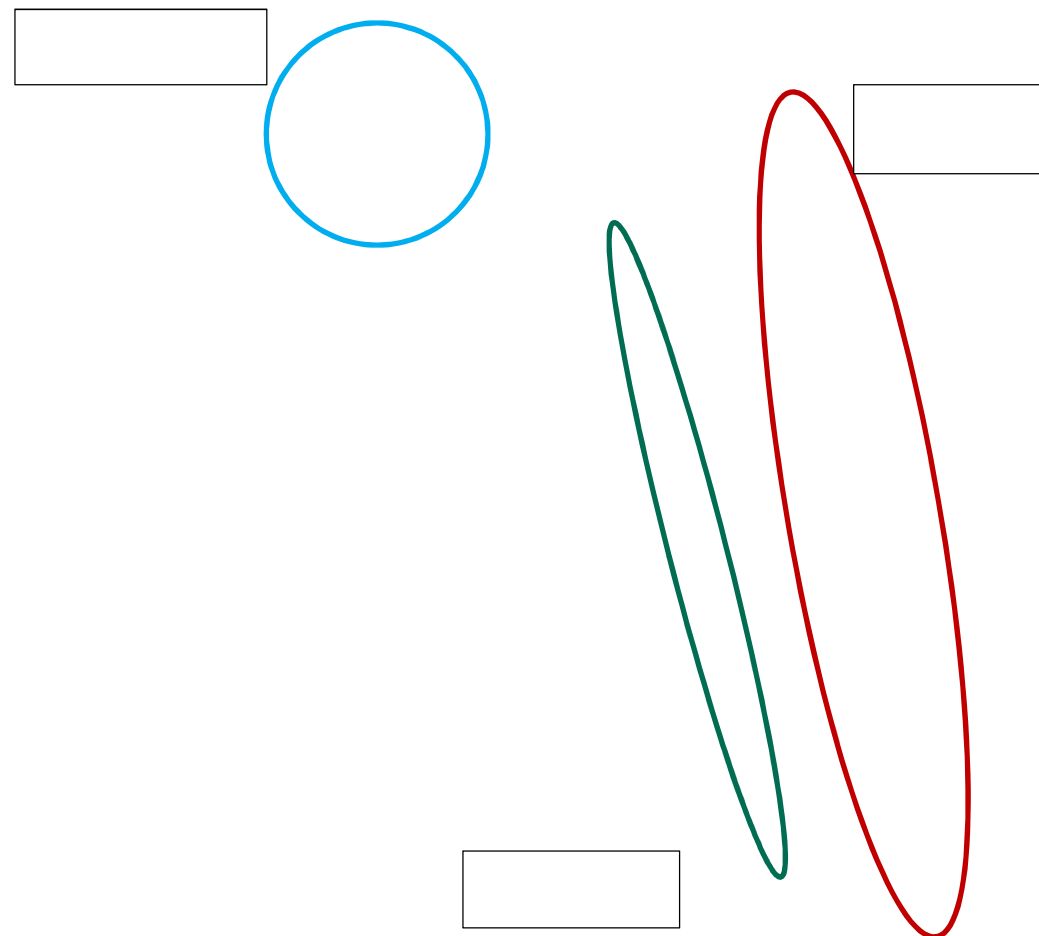


Figure 12 : Cartographie des BTEX entre 0 et 2 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols



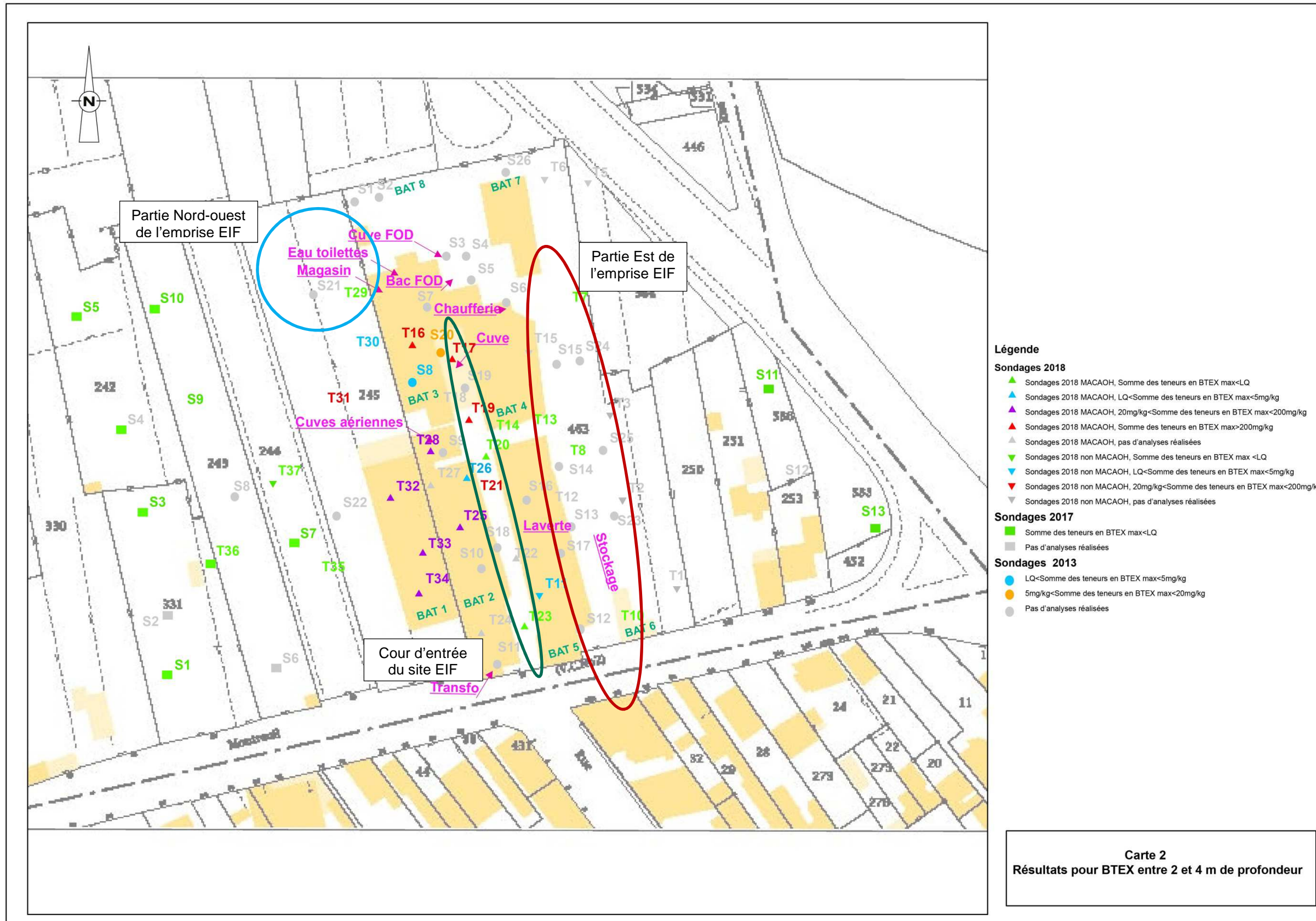


Figure 13 : Cartographie des BTEX entre 2 et 4 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols



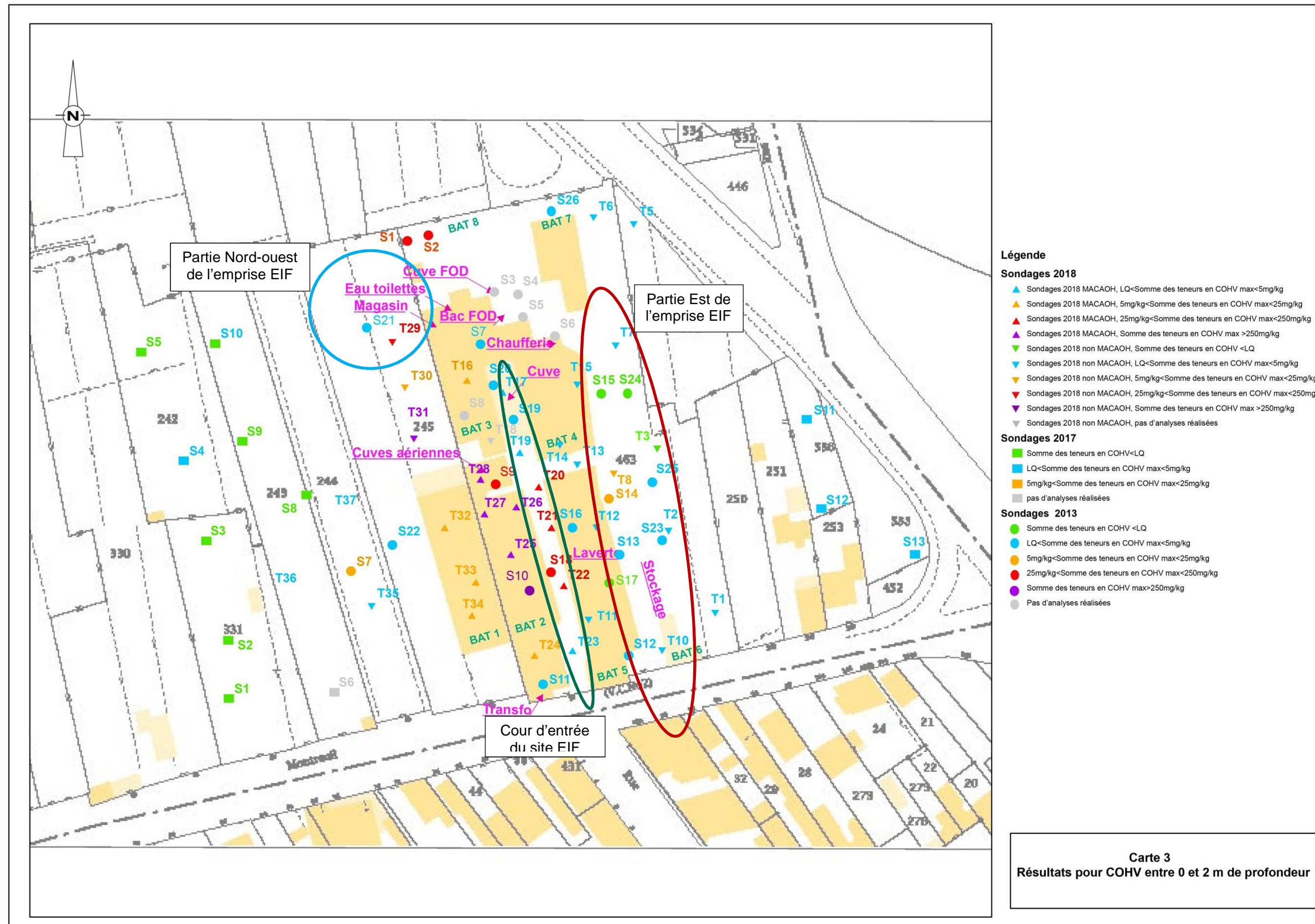


Figure 14 : Cartographie des COHV entre 0 et 2 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols



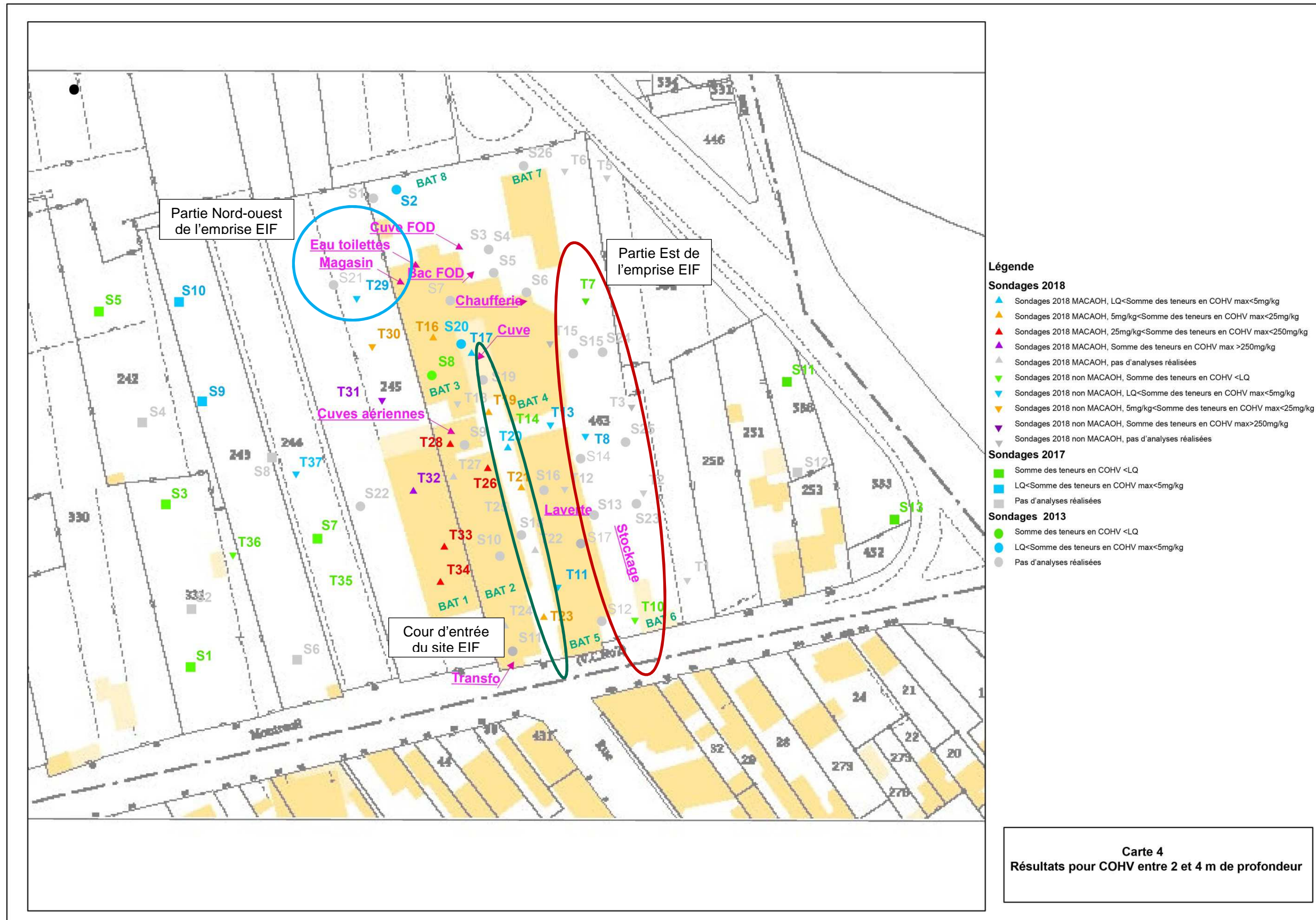


Figure 15 : Cartographie des COHV entre 2 et 4 m de profondeur basés sur l'ensemble des résultats d'analyse sols

#### 2.4.2.1 Partie est du site « EIF »

Au droit de cette zone, les terrains recoupés en sondage sont de type sablo-limoneux avec des passages calcaires. Le toit des argiles vertes se situe vers 3 m de profondeur.

Les sondages n'ont pas recoupé de niveaux de sols significativement impactés :

- mesures PID égales ou voisines de 0 ppmV hors anomalie ponctuelle dans les sols argileux saturés (14 ppmV) ;
- composés organiques (HC, HAP, COHV, PCB, BTEX) ; teneurs faibles, proches du seuil de quantification ;
- métaux et métalloïdes : présence de métaux en teneurs non négligeables en surface et en profondeur (de 1 à 40 fois les valeurs de références pour le cadmium, cuivre, mercure, plomb et zinc) ainsi qu'un taux élevé de matières organiques (dans les remblais : 62 000 mg/kg à 14 000 mg/kg) ;
- composés lixiviables : les remblais ne présentent pas de dépassement des critères d'acceptation des terres en ISDI.

#### 2.4.2.2 Partie nord-ouest du site « EIF »

Au droit de cette zone, les terrains recoupés en sondage sont type sablo-limoneux jusqu'à 2 m de profondeur puis on recoupe des marnes et des argiles.

Les sondages ont mis en évidence une anomalie ponctuelle qui semble localisée :

- composés organiques (HC, HAP, COHV, PCB, BTEX) ; teneurs fortes en BTEX (environ 20 mg/kg), COHV (environ 10 000 mg/kg), PCB (12 mg/kg) et hydrocarbures (environ 50 000 mg/kg) en surface et dans une moindre mesure en profondeur pour les COHV et hydrocarbures ;
- métaux et métalloïdes : présence de métaux en teneurs non négligeables en surface (de 1 à 20 fois les valeurs de références pour le cadmium, cuivre, mercure, plomb et zinc) ;
- Composés lixiviables : les remblais présentent des dépassements des critères d'acceptation des terres en ISDI en indice phénol, en sulfate et fraction soluble et en antimoine lixiviable.

#### 2.4.2.3 Actuel bâtiment 5 (également appelé bâtiment A et occupé par une menuiserie en niveau RDC)

Le toit de la nappe est retrouvé dans les marnes calcaires entre 2 m et 2,50 m de profondeur au droit de cette partie du site.

Les sondages n'ont pas recoupé de niveaux de sols significativement impactés :

- mesures PID égales ou voisines de 0 ppmV ;
- composés organiques (HCT, HAP, BTEX et COHV) : teneurs faibles, proches du seuil de quantification à l'exception d'un sondage (T22 à 1,8 m de profondeur) où les sols présentent des teneurs un peu plus marquées en COHV (60 mg/kg) ;
- métaux et métalloïdes : présence de métaux en teneurs non négligeables en surface (de 2 à 10 fois les valeurs de références pour le cadmium, cuivre, mercure, plomb et zinc).

#### 2.4.2.4 Cour d'entrée de l'ancien site EIF

Les remblais de la zone non saturée (épaisseur moyenne de 2 m) sont des sables, sables limoneux ou limons. Le toit de la nappe se situe vers 2 m. Le niveau marneux est recoupé entre 2 et 3,50 m de profondeur et en deçà se trouvent les argiles vertes.

Les sondages réalisés dans cette zone (T19 à T23 et S18) ont mis en évidence des anomalies :

- mesures PID très élevées, le PID a fréquemment été saturé (teneurs en COV ionisables supérieures à 5 000 ppmV) ;
- composés organiques (HC, HAP, COHV, PCB, BTEX) : teneurs fortes en BTEX (de 100 mg/kg à 1 500 mg/kg pour la somme des teneurs de ces composés) en surface (jusqu'à 1 m) et dans une moindre mesure en profondeur (jusqu'à environ 4 m). Au droit de certains sondages (S18 et T22), la zone saturée présente des teneurs en BTEX plus élevées que la zone non saturée. Enfin, certains COHV (PCE, TCE et cis-1,2-DCE) sont détectés à des teneurs significatives (supérieures à 10 mg/kg) au droit de ces sondages.

#### 2.4.2.5 Actuel bâtiment 2 (également appelé Bâtiment E), inoccupé et historiquement utilisé par EIF pour des activités de stockage

Les remblais de la zone non saturée (d'une épaisseur de 2 m) sont des sables, sables limoneux ou limons. Le toit de la nappe se situe vers 2 m de profondeur. Au droit de certains sondages (T26 et T28), le niveau marneux est important (épaisseur de plus de 3 m) et le toit des argiles vertes plus profond voir non recoupé en sondage).

Les sondages (T24 à T28 et S9 à S11) ont mis en évidence des anomalies en composés organiques avec des teneurs fortes en BTEX (jusqu'à 500 mg/kg pour la somme des teneurs de ces composés) et en COHV (jusqu'à 4 000 mg/kg pour la somme des teneurs de ces composés) en surface et en profondeur.

#### 2.4.2.6 Actuel bâtiment 1 (également appelé Bâtiment F), actuellement occupé et historiquement utilisé par EIF pour des activités de stockage

Les remblais sont de type sablo-limoneux (épaisseur environ 2 m). Le toit de la nappe se situe vers 2 m de profondeur. La couche de marne est plus épaisse que sur le reste du site (épaisseur moyenne de 2 m). Les argiles ne sont pas recoupées à 4 m de profondeur.

Les sondages (T32 à T34) ont mis en évidence des anomalies en composés organiques avec des teneurs fortes en BTEX (jusqu'à 1 200 mg/kg pour la somme des teneurs de ces composés) et en COHV (jusqu'à 200 mg/kg pour la somme des teneurs de ces composés) en profondeur.

Une phase pure de produits est observée au droit d'un sondage (T34) dans les remblais. Les teneurs observées dans ce sondage et dans la zone saturée sont comprises entre 1 300 mg/kg et 9 000 mg/kg en BTEX et entre 20 mg/kg et 140 mg/kg en COHV.

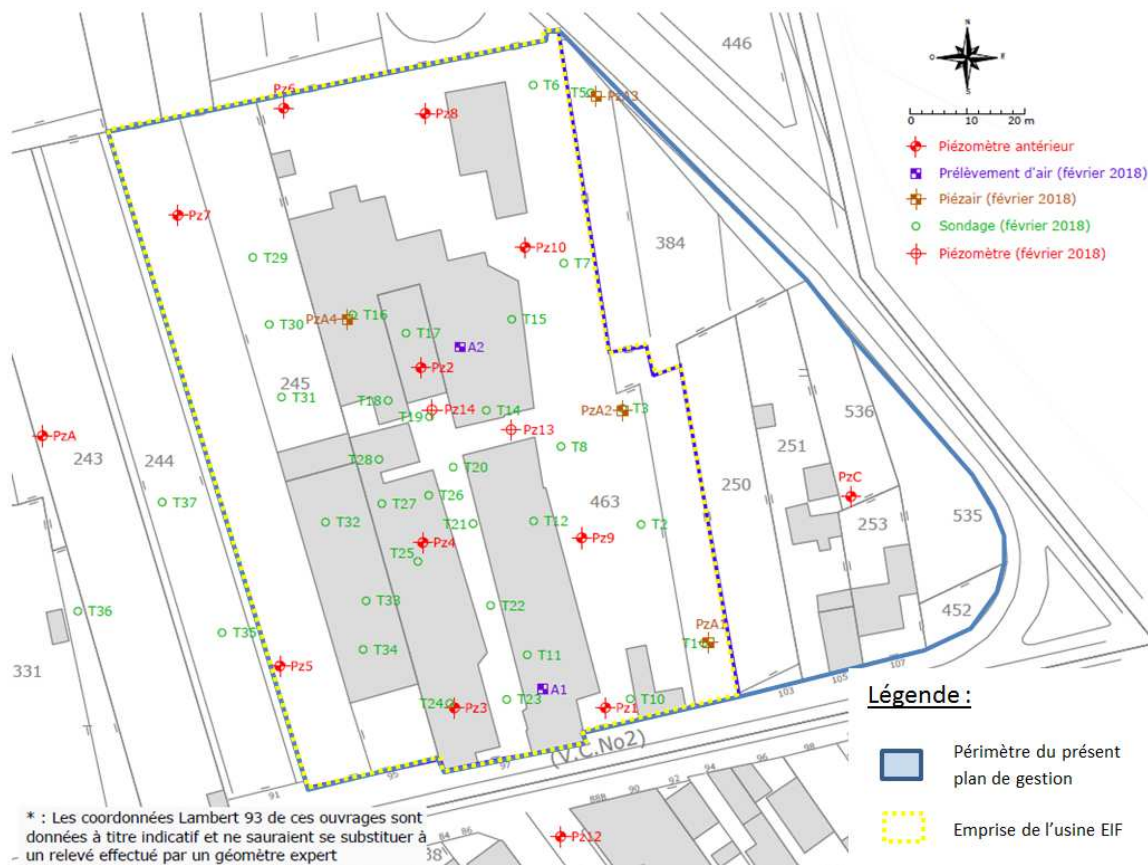


## 2.5 Synthèse des données - milieu eaux souterraines

Depuis 2013, 12 piézomètres ont été mis en place ; au droit des parcelles BZ243 (parcelle ouest hors plan de gestion), BZ245, BZ463 (ancienne usine EIF), BZ536 (parcelle est – futurs logements). Ils sont profonds d'au maximum 6 m.

Il existe également un ouvrage hors emprise du projet d'aménagement, PZ12, et plusieurs puits privés qui sont suivis par l'EPF Ile de France. Leur localisation est disponible en **Figure 18** ci-après dans le présent paragraphe.

La localisation de l'ensemble de ces ouvrages est disponible en **Figure 16** ci-après.



**Figure 16 : Localisation des piézomètres réalisés au droit du site (source : diagnostic SUEZ Environnement, 2018)**



## 2.5.2 Analyse des résultats

### 2.5.2.1 Impacts en COHV

Les piézomètres PZ2, PZ3, PZ4, PZ5 sont situés au droit d'une zone fortement impactée par les COHV. Les sommes des concentrations en COHV mesurées sont comprises entre 12 000 µg/l et jusqu'à presque 2 000 000 µg/l. Les eaux souterraines les plus impactées par les COHV ont été prélevées sur l'ouvrage PZ4 implanté en partie centrale du bâtiment 2 (**Figure 13**).

Pour rappel chaîne de dégradation des chloroéthènes est la suivante :

PCE (Tétrachloroéthylène) → TCE (trichloroéthylène) →  
 cis-DCE (Dichloroéthylène) → CV (chlorure de vinyle) →  
 Ethène / éthane.

Au droit des piézomètres PZ2, PZ3 et PZ5, le PCE et le TCE, molécules mères, sont partiellement dégradées en leurs molécules filles cis-DCE et CV. Au droit des piézomètres PZ2 et PZ5, la dégradation dépasse 50% (ratio molaire entre le cis DCE et le PCE) tandis qu'au droit de PZ4, la dégradation en cis-DCE est quasiment totale (>90% molaire).

### 2.5.2.2 Pollution concentrée en BTEX

Les piézomètres PZ2, PZ3, PZ4, PZ5 sont situés au droit d'une zone aussi fortement impactée par les BTEX. Les sommes des concentrations en BTEX mesurées sont comprises entre 3 400 µg/l et jusqu'à 760 000 µg/l.

A l'image de ce qui est observé pour les COHV, les eaux souterraines les plus impactées par les BTEX ont été prélevées sur l'ouvrage PZ4 implanté en partie centrale du bâtiment 2 (**Figure 18**).

### 2.5.2.3 Panaches dans l'emprise de la zone à réaménager (y/c zone ouest)

Comme expliqué précédemment, la nappe ayant un écoulement radial, différents panaches existent :

- Zone nord-ouest : les ouvrages PZ7 et PZA se trouvent dans le panache de pollution la nappe présente au droit de ces ouvrages un impact significatif en COHV (jusqu'à 7 200 µg/l) mais des concentrations en BTEX très atténuées (jusqu'à 30 µg/l). Le DCE est le COHV majoritaire au droit de ces deux ouvrages. Le chlorure de vinyle est également quantifié au droit de l'ouvrage PZA.

Les panaches en BTEX sont par conséquent très courts (<50m) et ceux en COHV sont plus longs mais avec une atténuation cependant rapide des concentrations.

Les ouvrages PZ1 et PZ9 et PZC sont situés à l'écart des panaches, ou au niveau de panaches très atténués.

**Il existe une zone d'incertitude tant qu'à la qualité des eaux souterraines en bordure nord-est de l'usine et de la zone des futurs logements, en raison de l'absence d'ouvrages piézométriques.**



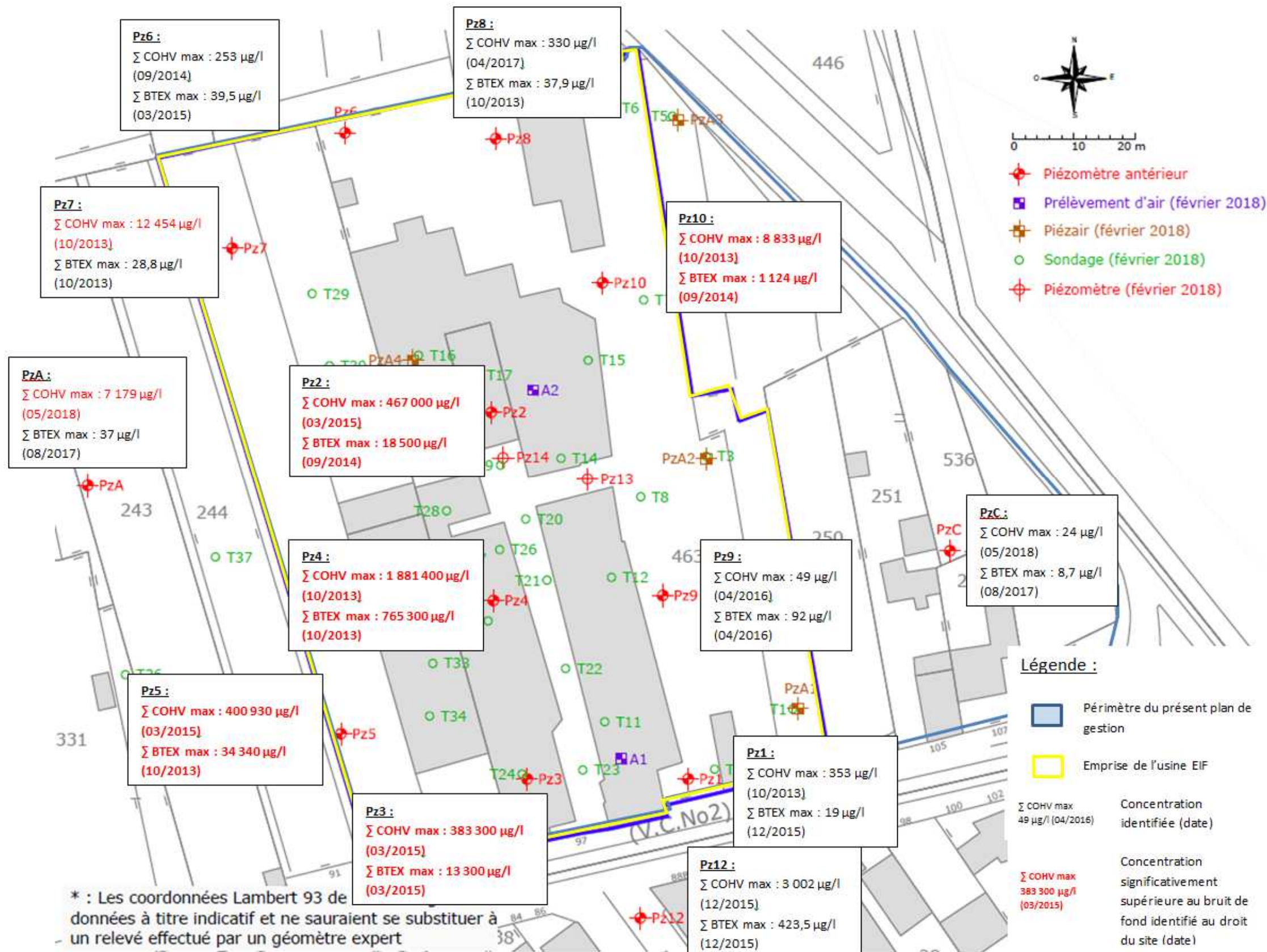


Figure 18 : Impacts en COHV et BTEX dans la nappe au droit du site étudié

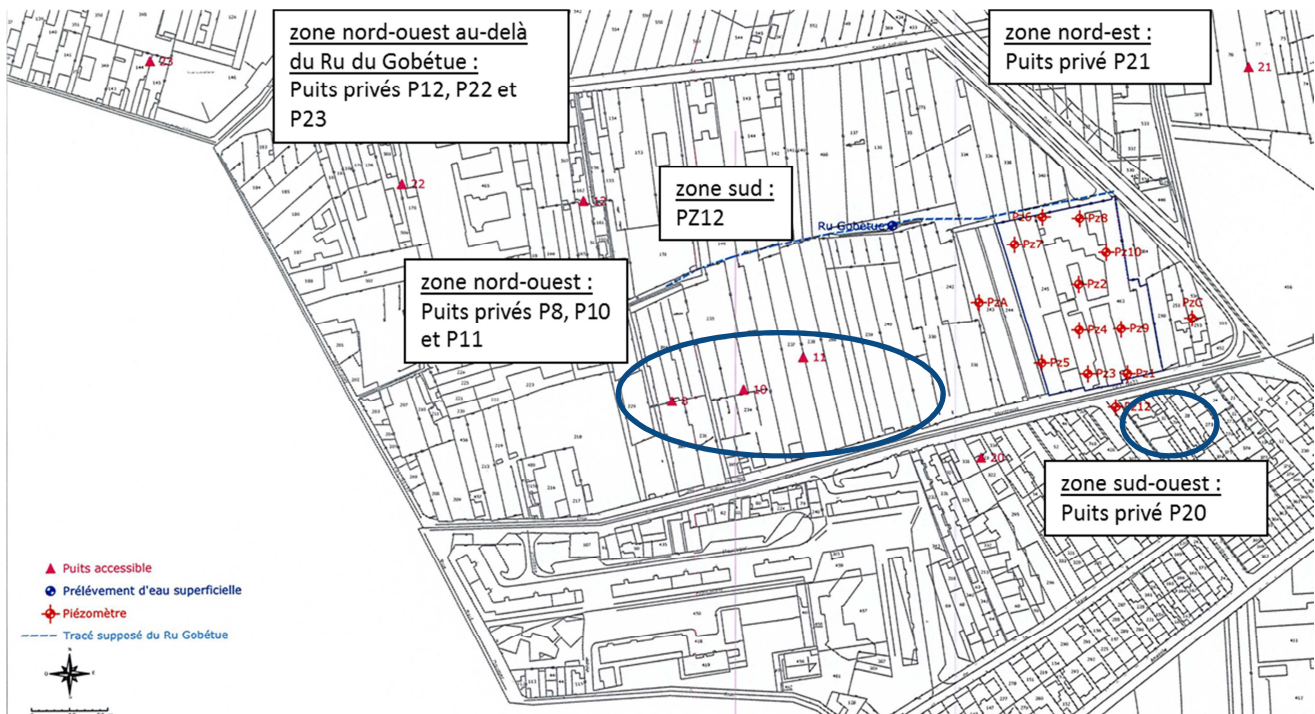
#### 2.5.2.4 Panaches de pollution hors site

Un dôme piézométrique ou niveau haut centré en partie sud de l'emprise EIF a été mis en évidence lors des différentes campagnes de suivi des eaux souterraines. Aussi la qualité des eaux est suivie hors site en différents points (**Figure 19**) par SUEZ Environnement afin d'évaluer l'étendue des potentiels panaches de pollution en nappe :

- zone nord-ouest : les puits privés P8, P10 et P11 se trouvent en aval hydraulique de PZ5, PZA et PZ7, ouvrages implantés sur le site. Les eaux souterraines au niveau de certains de ces ouvrages sont suivis depuis aout 2016 (P10). Des anomalies en PCE sont régulièrement observées conduisant à une interdiction d'utilisation de l'eau des puits à des fins d'eau potable ou d'irrigation. Les BTEX ne sont pas quantifiés ;
- zone nord-ouest au-delà du Ru du Gobétue : les puits privés P12, P22 et P23 se trouvent dans en aval hydraulique au-delà du Ru Gobétue. Les eaux souterraines ont été prélevées au niveau de ces ouvrages uniquement en juin 2017. Les BTEX et COHV ne sont pas quantifiés à l'exception du 1,2-dichloroéthane au droit de P23. Les teneurs mesurées sont faibles (0,15 µg/L) ;
- zone sud : l'ouvrage PZ12 se trouve dans le panache de pollution (aval de PZ3) avec dans les eaux des concentrations en COHV très atténuées en comparaison de PZ3 (une campagne à 3 000 µg/l sinon jusqu'à 120 µg/l) et des concentrations en BTEX allant jusqu'à 500 µg/l). Le panache en COHV au droit de cet ouvrage semble moins marqué que le panache en BTEX ;
- zone sud-ouest : le puits privé P20 est localisé en aval éloigné des ouvrages PZ5/PZ3. Une seule campagne de prélèvement d'eau souterraine a été réalisée en juin 2017. Lors de cette campagne les BTEX et COHV ne sont pas quantifiés ;
- zone nord-est : le puits privé P21 semble être en aval éloigné des ouvrages PZ8 et PZ10 (sens d'écoulement mal définit dans cette zone). Une seule campagne de prélèvement a été réalisée en juin 2017. Lors de cette campagne les BTEX et COHV ne sont pas quantifiés.

**De nombreuses zones d'incertitude demeurent néanmoins concernant les sens d'écoulement et donc la position des puits privés par rapport aux zones fortement impactées identifiées au droit de l'emprise EIF. Néanmoins, les données disponibles montrent que la nappe est impactée hors site en aval direct de l'usine au moins au niveau des puits privés P8, P10 et P11 et du piézomètre Pz12 par les COHV et par les BTEX en Pz12. Ces impacts sont attribuables au site étudié.**





**Figure 19 : Localisation des ouvrages hors site**

### 2.5.2.5 Valeurs remarquables et atténuation naturelle

Des paramètres spécifiques à l'évaluation des conditions du milieu et de l'atténuation naturelle (manganèse, fer, sulfates, azote, méthane, éthane et éthène, carbone organique dissous) ont fait l'objet de mesures lors de la campagne de suivi de la qualité de la nappe (campagne de février 2018).

La dégradation (réduction) des chloroéthènes telle que définie au 2.5.2.1 passe par différentes étapes, ces différentes étapes impliquent aussi la réduction d'autres espèces présentes dans les eaux. Dans un premier temps, la réduction des nitrates, puis celles des sulfates. La disparition de ces anions par dégradation biologique induit la diminution du potentiel redox qui favorise la dégradation réductrice des COHV (par voie biologique et/ou chimique).

Le manganèse et le fer sont également des bons indicateurs du potentiel de réduction des eaux souterraines

#### ► Manganèse et Fer

Les valeurs très élevées mesurées en manganèse dans les eaux prélevées en PZ4 et PZ7 (4 500 µg/l et 8 500 µg/l) voire en PZ2 et PZ5 (entre 100 et 1 000 µg/l) indiquent un milieu réducteur favorable à la biodégradation anaérobie des chloroéthènes (chaîne de dégradation expliquée au 2.5.2.1).

Dans les prélèvements effectués au niveau des ouvrages PZ4, PZ5, PZ7, les concentrations mesurées en fer sont aussi très élevées (entre 1 000 µg/l et 10 000 µg/l) alors que le fer n'est pas quantifié au droit des autres ouvrages.

### ► Redox, Oxygène, nitrates, sulfates, méthane

Les potentiels d'oxydo-réduction (redox) mesurés sont variables selon les ouvrages :

- milieu faiblement réducteur au droit de PZA, PZ1 et PZ9 (potentiel redox entre +100 et +200 mV ;
- milieu relativement réducteur au droit de PZ3, PZ4, PZ5, PZ2, PZ10, PZ8 et PZ6 (potentiel redox proche de 0 mV). C'est un milieu potentiellement favorable à la dégradation des chloroéthènes par voie chimique en présence de fer ou par voie biologique.

L'oxygène dissous a été mesuré hors puits ce qui est une méthode peu fiable et les résultats ne sont de ce fait pas interprétables.

Ainsi la diminution des teneurs en nitrates et la production de forme réduite de l'azote (azote organique et ammoniacal) caractérisé par l'azote Kjeldahl sont des marqueurs de réduction. Les concentrations en nitrates sont variables, les teneurs les plus faibles sont mesurées au droit de PZ4 et PZ1, et dans une moindre mesure PZA. L'azote Kjeldahl quant à lui a des teneurs élevées au droit de PZ7 et dans une moindre mesure, au droit de PZ4.

Ainsi, en se basant sur ces deux composés, le milieu au droit de PZ4 (cœur de la pollution) semble favorable à la réduction des nitrates. Dans une moindre mesure, cette réduction est favorisée dans le panache de pollution (zone nord-ouest).

Les concentrations en sulfate sont également variables selon les ouvrages. Les teneurs les plus faibles sont mesurées au droit de PZ2 et PZ7. Au niveau de la zone fortement impactée (PZ2) et dans le panache de pollution zone nord-ouest (PZ7), les conditions semblent favorables à la réduction des sulfates et donc plus favorable à la dégradation des COHV.

Dans les eaux, les concentrations en méthane sont nulles sauf au niveau des ouvrages situés dans le panache (ouvrage PZ7) ou au droit de la zone fortement impactée (ouvrages PZ2 et PZ4), soit :

- ouvrages PZ2 et PZ7 : concentrations supérieures à 1 000 µg/l. Le milieu est qualifié de méthanogène c'est-à-dire que la matière organique présente est réduite en méthane. En présence de méthanogénèse, la réduction biologique ou chimique des COHV est favorisée ;
- ouvrage PZ4 : concentration de 290 µg/l. Le milieu est légèrement méthanogène.

### ► Chlorures, éthane et éthène

Cet anion et ces molécules sont les indicateurs d'une atténuation naturelle active et performante :

- ouvrages PZ2 et PZ4, présence d'éthanes et d'éthènes en concentration non négligeables ;
- ouvrages PZ3 et PZ5, présence d'éthène en faibles concentrations.

Très souvent le paramètre chlorure est d'interprétation difficile car les eaux présentent un bruit de fond élevé en chlorure qui masque toute évolution des concentrations en cet anion imputable à la réduction des chloroéthènes. Ce n'est pas le cas ici, la teneur en chlorure est très élevée en PZ4 (1 070 000 µg/l) et aussi PZA et PZC (200 000 µg/l à 250 000 µg/l) par rapport au bruit de fond dans la nappe qui est de l'ordre de 10 µg/l.

**L'atténuation naturelle des chloroéthènes est particulièrement active au niveau des ouvrages PZ2 et PZ4, les molécules produites sont l'éthène, l'éthane et les chlorures, c'est-à-dire les produits de dégradation finaux des chloroéthènes. Dans le panache zone nord-ouest, le niveau de chlorure est élevé.**

### ► Carbone organique dissous

Les valeurs mesurées sont très variables, plutôt basses (<20 000 µg/l) à l'exception de celle relevée au niveau de l'ouvrage PZ7 où la valeur est nettement supérieure 160 000 µg/l. Les concentrations mesurées en polluants n'expliquent pas cette valeur. Il existe en PZ7 probablement une autre source de carbone, à l'instar de la source en azote (teneur en nitrate élevée). La brasserie qui dépose ces déchets de production à proximité en est peut-être l'origine.

## 2.6 Synthèse des données – gaz du sol

Depuis 2013, 4 piézomètres gaz à 2 m de profondeur et 4 piézomètres gaz à 1 m de profondeur ont été réalisés, au droit des parcelles BZ245, BZ463 (ancienne usine EIF). Un piézomètre gaz (PZG6) a également été réalisé en 2016 hors site, à proximité du piézomètre PZ12.

La **Figure 20** localise l'ensemble des investigations réalisées et synthétise les données. La totalité des résultats d'analyse est fournie en **Annexe 3**.

Les ouvrages réalisés à 2 m de profondeur en 2013 (PZG1 à PZG4) ont été prélevés lors d'une unique campagne en novembre 2013. L'ouvrage hors site PZG6 est suivi deux fois par an depuis 2015. Sur les deux ouvrages réalisés à 1 m en 2018, seuls deux ont pu être prélevés (PZA1 et PZA4), le reste étant en eau.

Les teneurs les plus importantes en polluants organiques volatils sont mesurées au droit de PZG1 avec la présence d'hydrocarbures aromatiques et aliphatiques (environ 1 000 mg/m<sup>3</sup>, fraction C<sub>8</sub>-C<sub>10</sub> majoritaire), la présence de BTEX (1 400 mg/m<sup>3</sup>, les xylènes sont majoritaires) et la présence de COHV (environ 6 000 mg/m<sup>3</sup> dont du PCE, DCE et dans une moindre mesure du TCE).

Au droit des autres ouvrages, les hydrocarbures ne sont pas retrouvés. Les BTEX ont été mesurés lors de la campagne de février 2018 au droit de l'ouvrage localisé proche de l'ancien bâtiment 6, à l'est de l'actuel bâtiment 5 et dans le bâtiment 3 (teneurs inférieures à 0,2 mg/m<sup>3</sup>). Les COHV sont quantifiés lors des campagnes de novembre 2013 et février 2018 au droit des bâtiments 2 et 3 (teneurs inférieures à 5 mg/m<sup>3</sup>).

Hors site, les BTEX sont mesurés en teneurs inférieures à 0,2 mg/m<sup>3</sup> en mars et décembre 2015 et novembre 2016 (benzène uniquement). Le PCE est également mesuré sur l'ensemble des campagnes en teneurs inférieures à 0,8 mg/m<sup>3</sup> et de manière plus sporadique concernant le DCE et TCE (teneurs de l'ordre de 0,3 mg/m<sup>3</sup>).



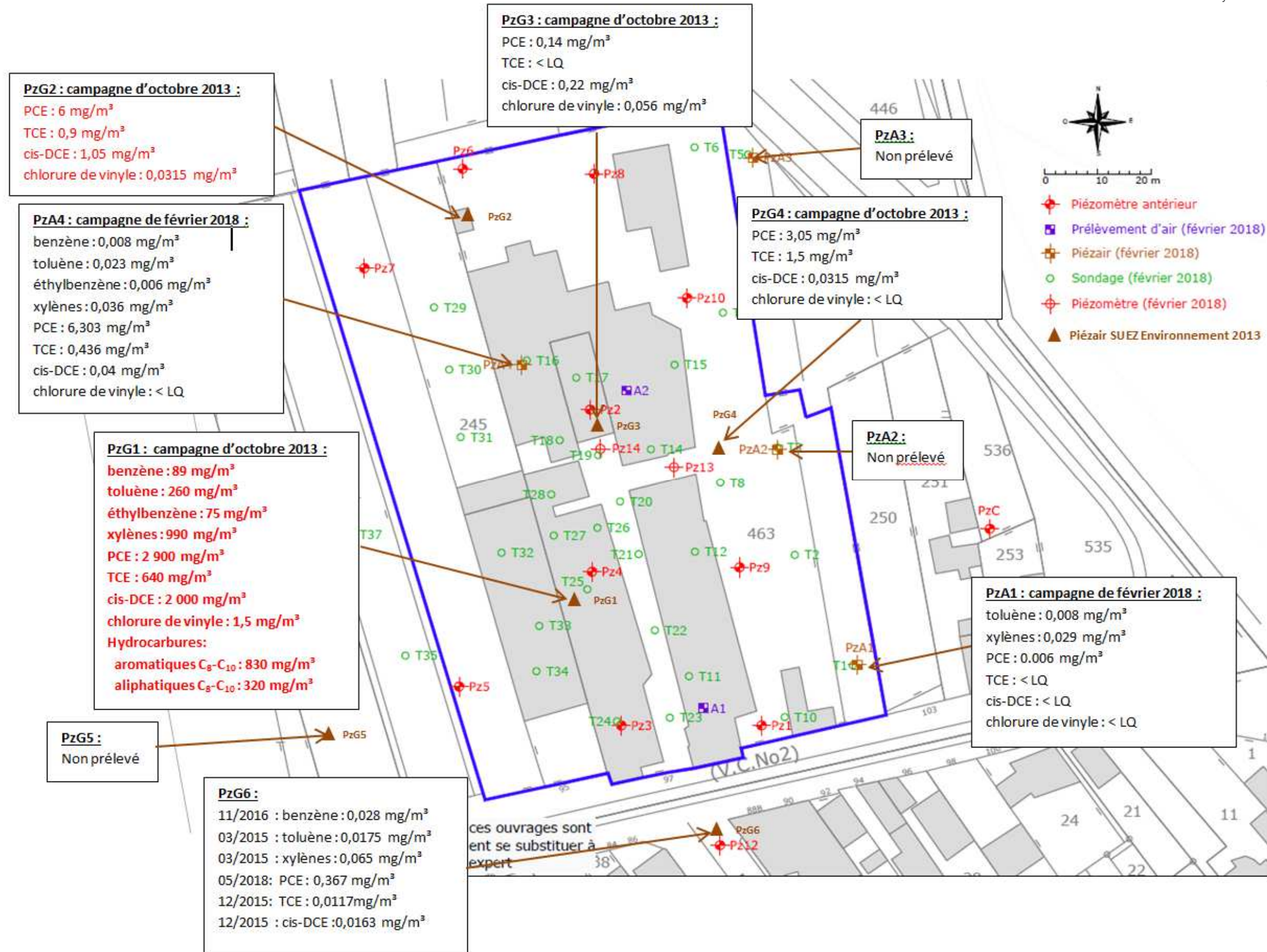


Figure 20 : Cartographie des concentrations maximales mesurées dans les gaz du sol



## 2.7 Synthèse des données - air ambiant/air intérieur

La qualité de l'air ambiant est suivie au niveau de neuf points depuis 2014 (début du suivi) dans différents bâtiments du site :

- dans l'actuel bâtiment A / bâtiment 5 en niveaux RDC et R+1 ;
- dans le bâtiment F / bâtiment 1 en niveau RDC ;
- dans l'actuel bâtiment D / bâtiment 3 en niveau RDC au sud et à l'est ;
- dans le bâtiment C / bâtiment 3 en niveau RDC ;
- à l'extérieur du bâtiment D / bâtiment 3 ;
- dans le bâtiment B / bâtiment 4 ;
- dans la maison des murs à pêches.

Les tableaux de résultats sont fournis en **Annexe 4**.

Des dépassements des valeurs de référence sont mesurés selon les points de prélèvements et les campagnes :

- actuel bâtiment A / bâtiment 5 en RDC en juin 2014 en hydrocarbures, en janvier 2018 en benzène et en mai 2018 en COHV (TCE) ;
- actuel bâtiment A / bâtiment 5 en R+1 en juin 2014 et décembre 2015 en hydrocarbures, en décembre 2015 et janvier 2018 en benzène et depuis octobre 2017 en COHV (TCE) ;
- au sud du bâtiment D / bâtiment 3 en juin 2014 en hydrocarbures ;
- en extérieur du bâtiment D / bâtiment 3 en décembre 2015 et janvier 2017 en benzène ;
- actuel bâtiment F / bâtiment 1 en RDC en décembre 2015, janvier 2017 et janvier 2018 en benzène, en juin 2014, juillet 2014 et depuis mars 2015 en COHV (TCE et ponctuellement PCE) ;
- bâtiment C / bâtiment 3 (bureau de la brasserie) en juin 2014 en hydrocarbures ;
- bâtiment B / bâtiment 4 en mars 2015 et janvier 2017 en benzène, presque de toutes les campagnes de prélèvement depuis novembre 2014 en COHV (TCE).

Des prélèvements d'air intérieur ont été réalisés par SUEZ en février 2018 au niveau de deux nouveaux points, dans l'actuel bâtiment A / bâtiment 5 en RDC, dans une pièce vide et une pièce servant de stockage de matériel inerte. Dans la pièce vide, les teneurs sont inférieures aux valeurs de référence (valeurs réglementaires et valeurs guides de l'ANSES pour l'air intérieur). Dans la pièce servant de stockage, la valeur en trichloroéthylène (TCE) ( $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) est supérieure à la valeur repère<sup>2</sup> et à la valeur guide établie par l'ANSES sur la base de critères sanitaires. Les autres résultats sont inférieurs aux valeurs repères.

Une cartographie des résultats d'analyses est disponible en **Figure 21**.

<sup>2</sup> SUEZ REMEDIATION se réfère à des valeurs définies par le HSCP : Haut Conseil pour la Santé Publique.

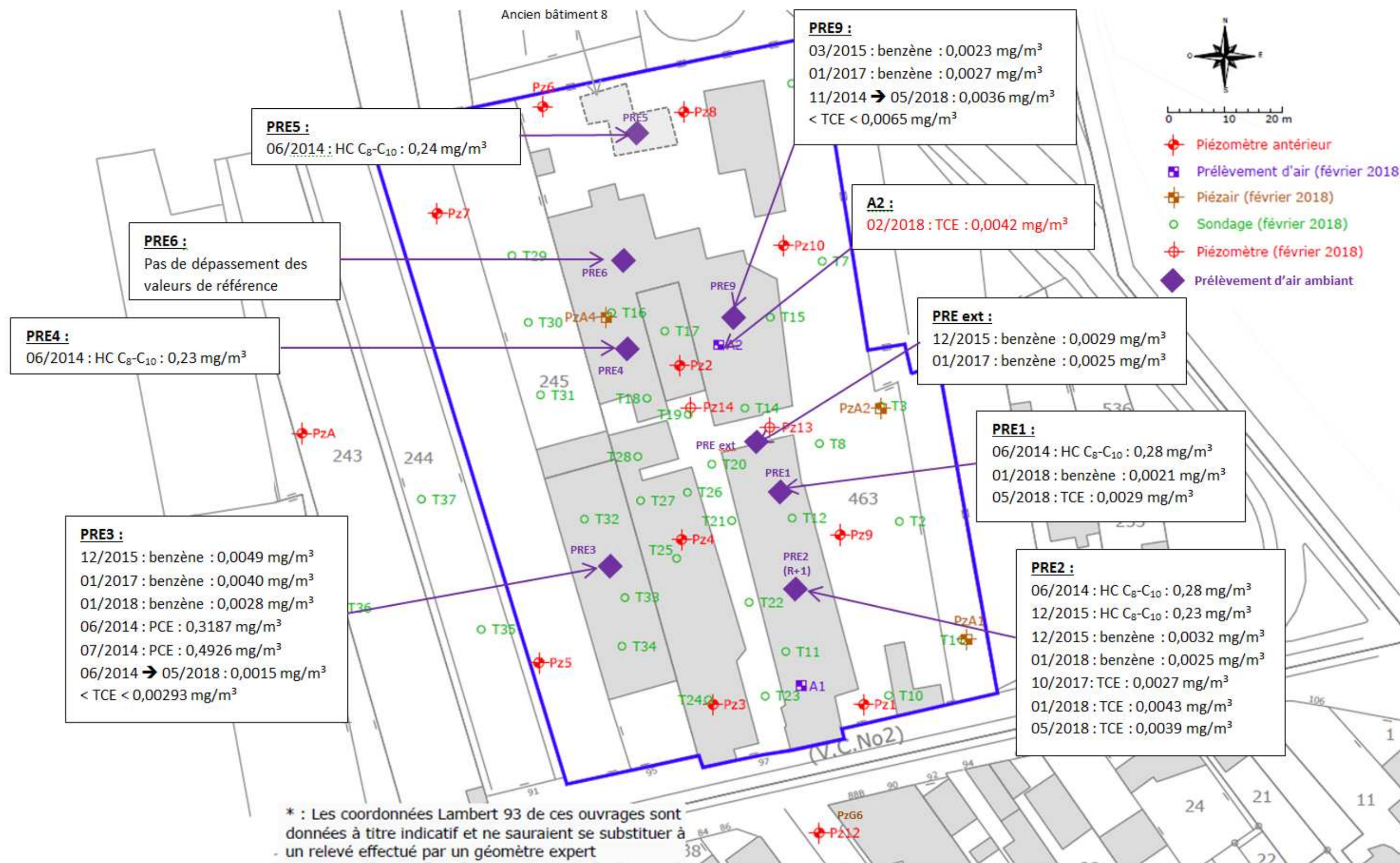


Figure 21 : Cartographie des concentrations supérieures aux valeurs de référence dans l'air ambiant

## 2.8 Synthèse des données – eau du robinet

Le prélèvement d'eau du robinet se fait à l'intérieur de la brasserie. L'eau est utilisée pour la production de bière. Le suivi est mis en place depuis 2014.

Depuis 2016, les autres points de prélèvements pour le suivi de la qualité des eaux ne sont plus prélevés en raison de l'interdiction d'utilisation de ces points d'eau suite à des dépassements des seuils de potabilité en TCE et PCE.

Les résultats d'analyse sont présentés en **Annexe 5**. Les résultats de l'eau du robinet dans la brasserie sont conformes aux valeurs réglementaires de potabilité à l'exception des résultats de janvier 2014 pour le PCE.

## 2.9 Synthèse des données – eaux superficielles

Le Ru Gobétue situé au nord de la zone d'étude est prélevé depuis 2016. Le point de prélèvement est situé en aval de notre zone d'étude, à environ 70 m (nord parcelle BZ240).

Les résultats d'analyse sont présentés en **Annexe 6**. Un impact en PCE et ponctuellement en TCE et DCE est régulièrement mis en évidence depuis le début du suivi.

### 3. Détermination des zones de pollution concentrée – Bilan de masse

#### 3.1 Principe de définition des zones de pollution concentrée et seuils de coupures

Les zones sources et zones de pollution concentrée doivent être définies conformément à la méthodologie d'avril 2017. L'interprétation des résultats de diagnostics doit être faite selon :

- les constats de terrain/indices organoleptiques ;
- une méthode interprétation cartographique ;
- la réalisation d'un bilan massique.

Une zone source doit être déterminée par des seuils selon a minima deux méthodes concordantes, parmi :

- Méthode N°1-Interprétation des constats de terrain ;
- Méthode N°2-Interprétation cartographique ;
- Méthode N°3-Analyse statistique ;
- Méthode N°4-Bilan massique ;
- Méthode N°5-Détermination de la présence d'une phase organique dans les sols ;
- Méthode N°6-Approche géostatistique.

Nous appliquerons l'approche cartographique, associée au bilan massique, méthodes 2 et 4 et l'approche statistique, méthode 3. La détermination de la présence d'une phase organique dans les sols par calculs de répartition multiphasique est traitée en **Annexe 7**.

#### 3.2 Approche cartographique et bilan massique

Afin d'évaluer les zones de pollution concentrées, zones qu'il faudrait traiter à priori (Cf. chapitre mesures de gestion), nous nous sommes basées en premier lieu sur le principe de Pareto, appelé également la loi du 80/20 (guide du BRGM « Définir la stratégie de dépollution : approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution », rapport BRGM référence « RP-64350-FR » de février 2016) et est expliqué ci-dessous :

- 1) Modéliser la répartition spatiale de la pollution, aussi bien horizontalement que verticalement afin de définir des courbes d'iso-concentrations pour chaque horizon jugé pertinent ;
- 2) Calculer les volumes de sol correspondant à chaque plage de concentration (définie par chaque couple de courbes d'iso-concentrations) ;
- 3) Calculer la masse de polluant présente dans chaque volume, à partir de la densité du sol (estimé à 1,8 dans nos calculs) et de la concentration moyenne de la plage de concentration considérée ;
- 4) Etudier la répartition des pourcentages de volume de sol et de la masse de polluant en fonction des plages de concentrations et définir le seuil de coupure théorique (correspondant au retrait d'une quantité significative de polluant tout en traitant un volume limité de sol).

Les données des différents diagnostics ayant mis en évidence des impacts principalement en COHV et BTEX, toutes les données de sondages et d'analyses ont été saisies dans une base de données pour traitement sous forme 2D et 3D à l'aide du logiciel VOXLER® (extension de SURFER®). Les données d'analyses en COHV et BTEX de tous les échantillons de sondages ont été mises en forme dans une base de données avec les coordonnées et nivellement XYZ de chaque point. Cette base a ensuite été importée dans le logiciel de modélisation 3D.

Il est à noter qu'étant donné que l'ensemble des données de sondages et d'analyses a été utilisé pour cette approche.



### 3.2.1 Localisation des zones de pollution concentrée

La cartographie des zones de pollution concentrée est fournie sur les cartes suivantes.

Pour les COHV, 2 zones de pollution concentrée principales sont identifiées : au droit du bâtiment EIF n°2 et sur l'actuel parking extérieur au droit du sondage T31.

Pour les BTEX, 2 zones de pollution concentrée principales sont identifiées : au droit du bâtiment de l'actuelle cour intérieure et sur l'actuel parking extérieur au droit du sondage T34.

### 3.2.2 Extensions verticales des zones de pollution concentrée

Pour les COHV, la zone source au droit du bâtiment EIF n°2 est plus concentrée dans la zone saturée entre 2,5 m et 4 m que dans les terrains non saturés sus-jacents. Sur la base des mesures PID lors des sondages, elle semble s'estomper à partir de 4,5 m de profondeur. Au droit du sondage T31, les concentrations s'atténuent avec la profondeur, dès 2,5 m ; il faut toutefois noter qu'un seul sondage représente cette zone source ce qui induit un manque de précision du krigeage.

Pour les BTEX, les concentrations mesurées au droit de la cour intérieure diminuent rapidement avec la profondeur, excepté au droit du sondage T34.

Au niveau du sondage T34, une anomalie ponctuelle a été mise en évidence. Il faut toutefois noter qu'un seul sondage représente cette zone source ce qui induit un manque de précision du krigeage.

Au niveau de sondage T31, une anomalie ponctuelle en COHV a été mise en évidence. Son extension n'est pas délimitée. Elle est localisée dans la zone saturée.

Ces éléments sont illustrés par la **Figure 22**.

En **Annexe 14** sont fournis les détails de courbes d'isoconcentration par horizon.

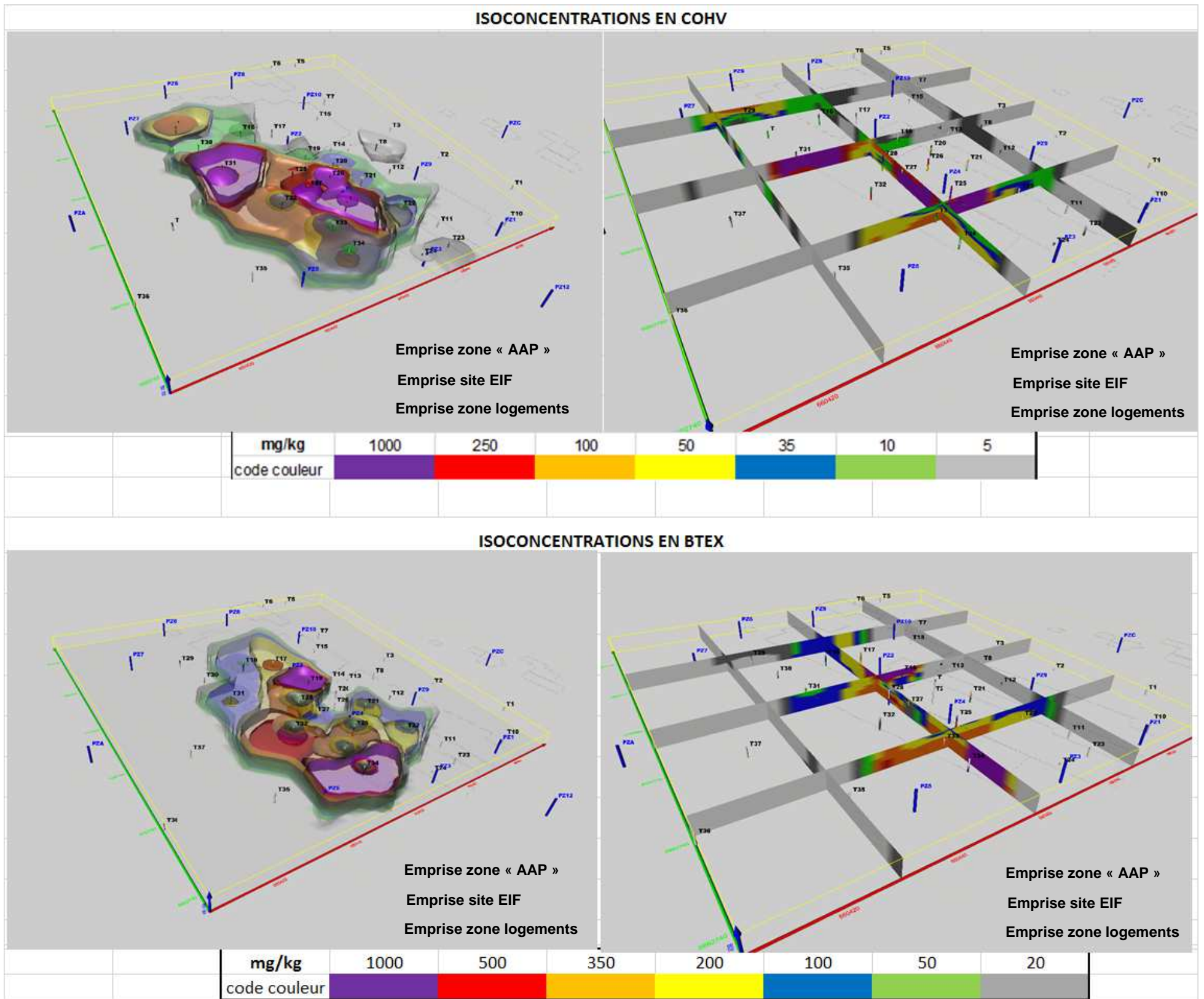


Figure 22 : Cartographie des zones sources en COHV et en BTEX

3. Détermination des zones de pollution concentrée – Bilan de masse

3.2.3 Bilan massique

Un traitement de la répartition de la pollution à l'aide des graphiques selon le principe de PARETO a été réalisé pour l'ensemble du site à partir des volumes extraits du logiciel VOXLER®. Le volume total de sol considéré est celui de la « boîte » de modélisation contenant le site, emprise rectangulaire délimitée par l'ensemble des sondages sur la profondeur maximale étudiée de 4 m à 5 m pour certaines zones.

Pour définir ce seuil de coupure « théorique », une première méthode consiste à tracer l'évolution des pourcentages du volume de sol et des pourcentages de masse de polluants en fonction des plages de concentrations choisies. Le seuil de coupure « théorique » correspond à la concentration pour laquelle les deux courbes sont les plus éloignées l'une de l'autre.

3.2.3.1 Bilan massique pour les COHV

Le bilan massique est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Répartition de la masse de COHV dans les sols par tranche de concentrations

Intervalles de concentrations	Seuil de coupure (mg/kg)	Moyenne-concentrations max (mg/kg)	Volume de l'intervalle m3	Masse de polluant dans l'intervalle en kg	Volume cumulé en m3	Volume de sol mis en traitement (%)	Volume de sol dans l'intervalle de volume / volume total	Masse de COHV dans l'intervalle / masse totale	Masse cumulée (kg)	Cumulée	Ratio
Tranche0-10	0	6,10	2 232,00	25	16 166	100%	14%	0%	15 399	100,00%	0,01
Tranche10-35	10	22,00	4 377,00	173	13 934	86%	28%	1%	15 374	99,84%	0,04
Tranche 35/50	35	48,00	1 345,00	116	9 557	59%	9%	1%	15 201	98,72%	0,09
Tranche 50/100	50	73,00	2 257,00	297	8 212	51%	15%	2%	15 085	97,96%	0,13
Tranche 100-250	100	177,00	2 191,00	688	5 955	37%	14%	5%	14 788	96,03%	0,32
Tranche 250-1000	250	486,00	1 313,00	1 149	3 764	23%	8%	7%	14 090	91,50%	0,88
Tranche >1000	1000	4 001,00	1 797,00	12 942	2 451	15%	12%	84%	12 942	84,04%	7,25
TOTAL			15 512	15 399		0%	100%	100%			

La visualisation graphique du bilan massique est présentée en Figure 23.

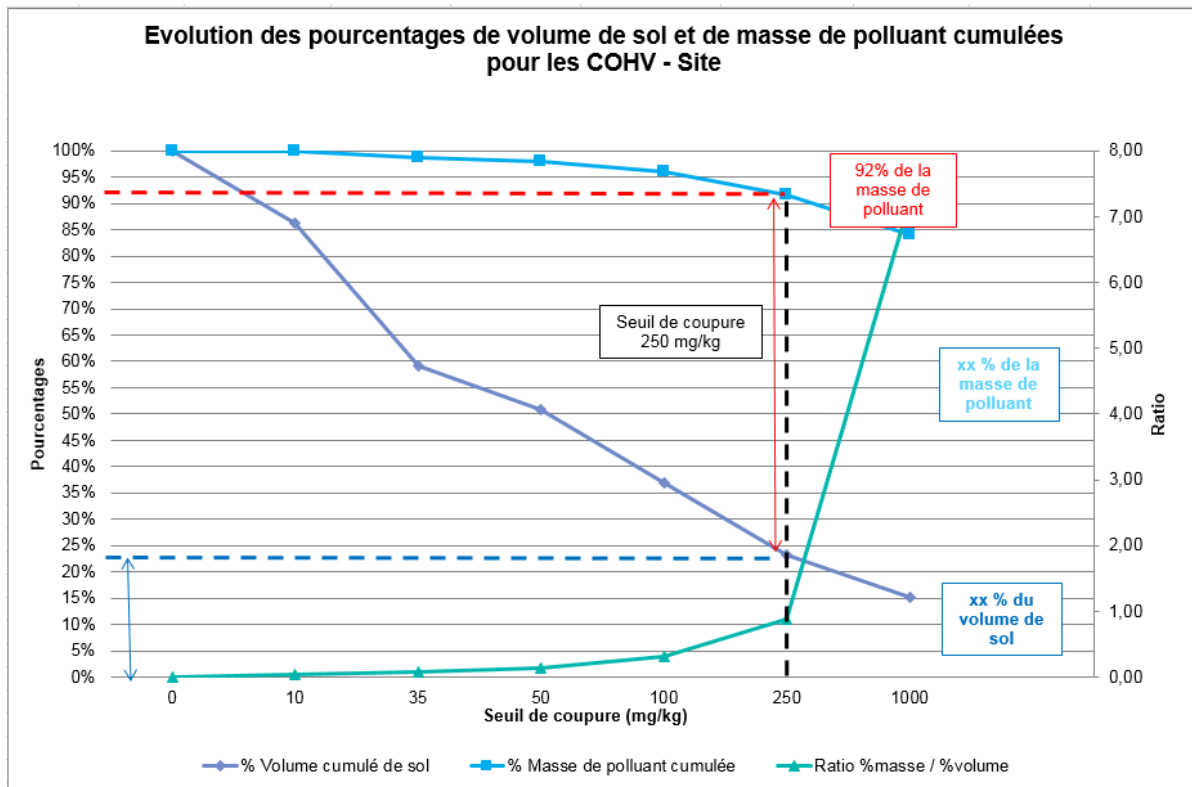


Figure 23 : Représentation de la masse de COHV dans les sols par tranche de concentrations

3. Détermination des zones de pollution concentrée – Bilan de masse

La détermination du seuil de coupure se fait graphiquement au niveau du plus grand écart entre le volume de COHV récupéré par rapport au volume de sols mis en traitement.

Pour un seuil de coupure de 250 mg/kg, 92% de polluant est récupéré, soit 14,09 tonnes pour 15,4 tonnes totalisées. Cela représente 23% de sol mis en traitement soit 3 764 m<sup>3</sup>.

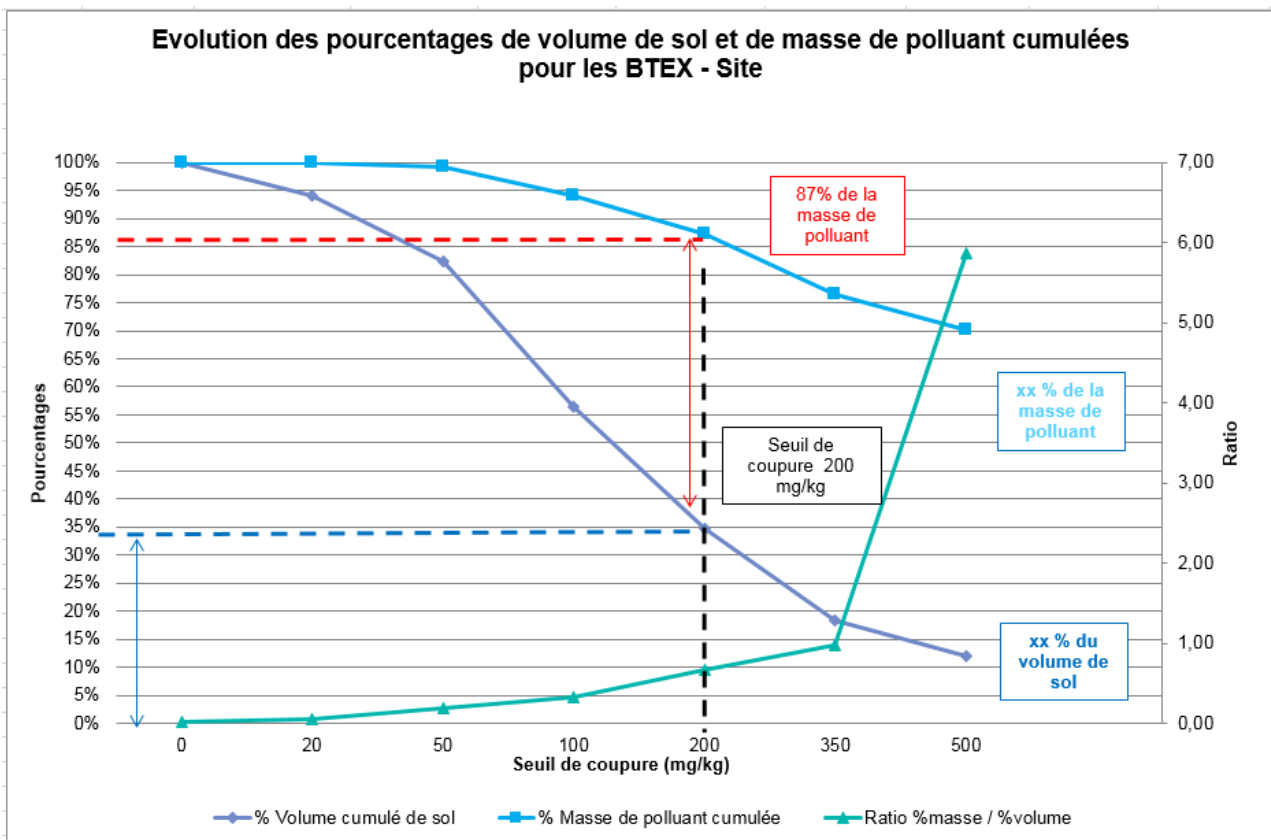
**3.2.3.2 Bilan massique pour les BTEX**

Le bilan massique est présenté dans le tableau suivant.

**Tableau 2 : Répartition de la masse de BTEX dans les sols par tranche de concentrations**

Intervalle de concentrations	Seuil de coupure (mg/kg)	Moyenne-concentrations max (mg/kg)	Volume de l'intervalle m3	Masse de polluant dans l'intervalle en kg	Volume cumulé en m3	Volume de sol mis en traitement (%)	Volume de sol dans l'intervalle de volume / volume total	Masse de BTEX dans l'intervalle / masse totale	Masse cumulée (kg)	Cumulée	Ratio
Tranche 0-20	0	6,00	891,00	10	15 054,00	100%	6%	0%	11 162	100,00%	0,01
Tranche 20-50	20	25,00	1 755,00	79	14 183,00	94%	12%	1%	11 153	99,91%	0,06
Tranche 50/100	50	80,00	3 921,00	565	12 408,00	82%	26%	5%	11 074	99,21%	0,19
Tranche 100/200	100	131,00	3 265,00	770	8 487,00	56%	22%	7%	10 509	94,15%	0,32
Tranche 200/350	200	276,00	2 443,00	1 214	5 222,00	35%	16%	11%	9 739	87,25%	0,67
Tranche 350/500	350	402,00	982,00	711	2 779,00	18%	7%	6%	8 525	76,38%	0,98
Tranche >500	500	2 416,00	1 797,00	7 815	1 797,00	12%	12%	70%	7 815	70,01%	5,87
TOTAL			15 054	11 162		0%	100%	100%			

La visualisation graphique du bilan massique est présentée en **Figure 24**.



**Figure 24 : Représentation de la masse de BTEX dans les sols par tranche de concentrations**



3. Détermination des zones de pollution concentrée – Bilan de masse

La détermination du seuil de coupure se fait graphiquement au niveau du plus grand écart entre le volume de COHV récupéré par rapport au volume de sols mis en traitement.

Pour un seuil de coupure de 200 mg/kg, 87,2% de polluant est récupéré, soit 9,74 tonnes pour 11,16 tonnes totalisées. Cela représente 35% de sol mis en traitement soit 5 222 m<sup>3</sup>.

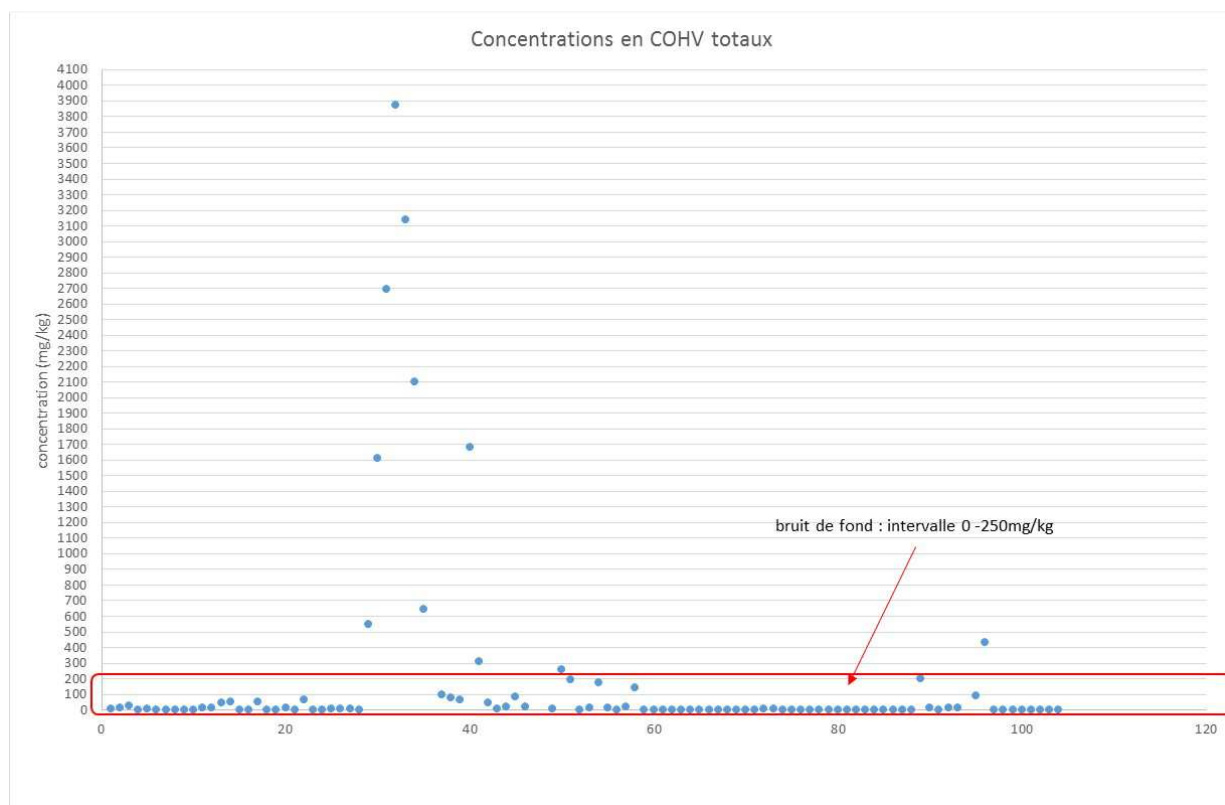
### 3.3 Analyse statistique

#### 3.3.1 Zone de pollution concentrée en COHV

La répartition du nuage de points des concentrations en COHV, présentée en **Figure 25**, montre un bruit de fond jusqu'à environ 200-250 mg/kg et ensuite des points dispersés. Pour cette approche graphique la teneur la plus élevée mesurée en T31, à plus de 12 000 mg/kg, n'a pas été représentée.

Une interprétation statistique est menée selon les percentiles 50 à 99 (cf. **Figure 26**).

**Ces 2 approches statistiques situent le seuil de coupure pour la somme des COHV à environ 250 mg/kg.**



**Figure 25 : Répartition des concentrations en COHV totaux en nuage de points**

3. Détermination des zones de pollution concentrée – Bilan de masse

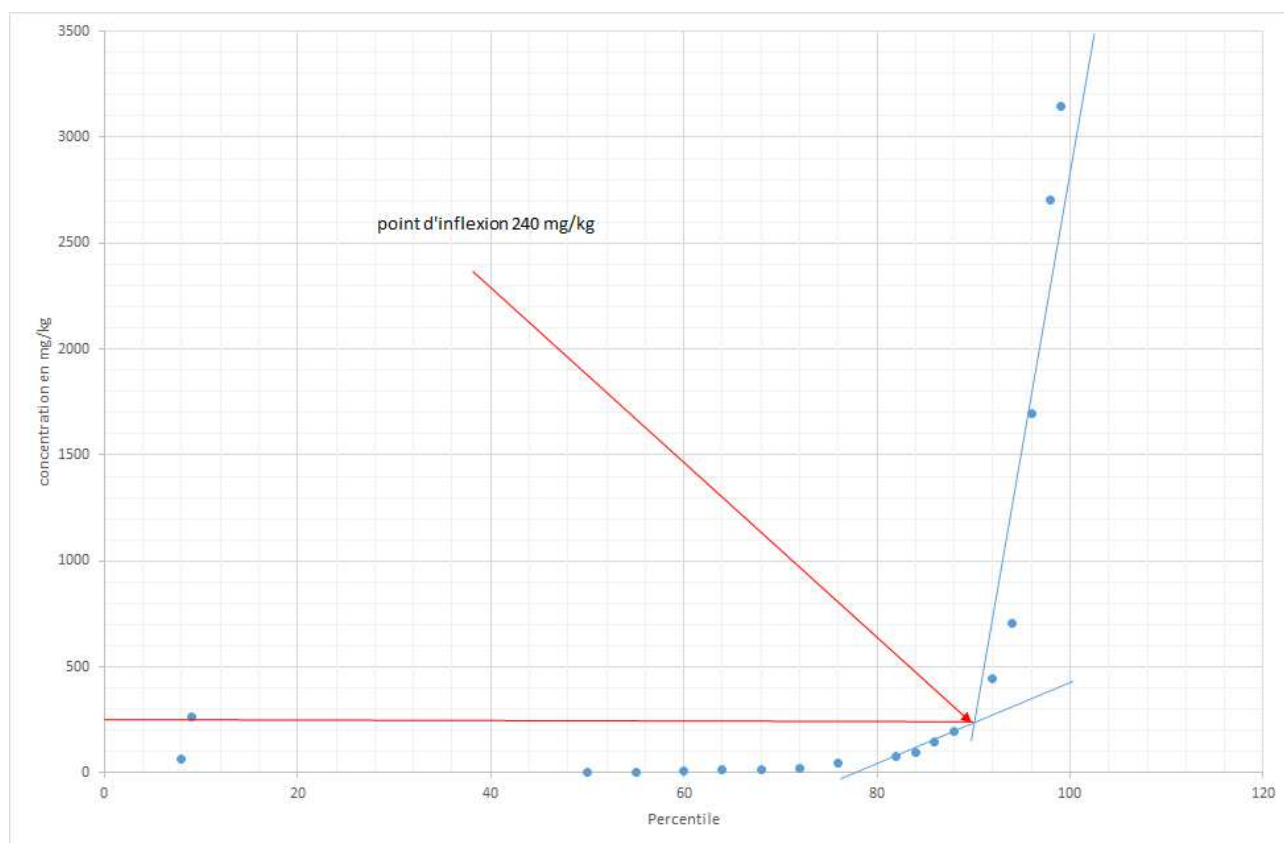


Figure 26 : Répartition des concentrations en COHV selon les percentiles 50 à 99

### 3.3.2 Zone de pollution concentrée en BTEX

La répartition du nuage de points des concentrations en BTEX, **Figure 27**, montre un bruit de fond jusqu'à environ 150 mg/kg et ensuite des points très dispersés.

L'interprétation statistique selon les percentiles 50 à 99 est présentée en **Figure 28**. Cette approche statistique situe le seuil de coupure pour la somme des BTEX aux alentours de 180 mg/kg.

3. Détermination des zones de pollution concentrée – Bilan de masse

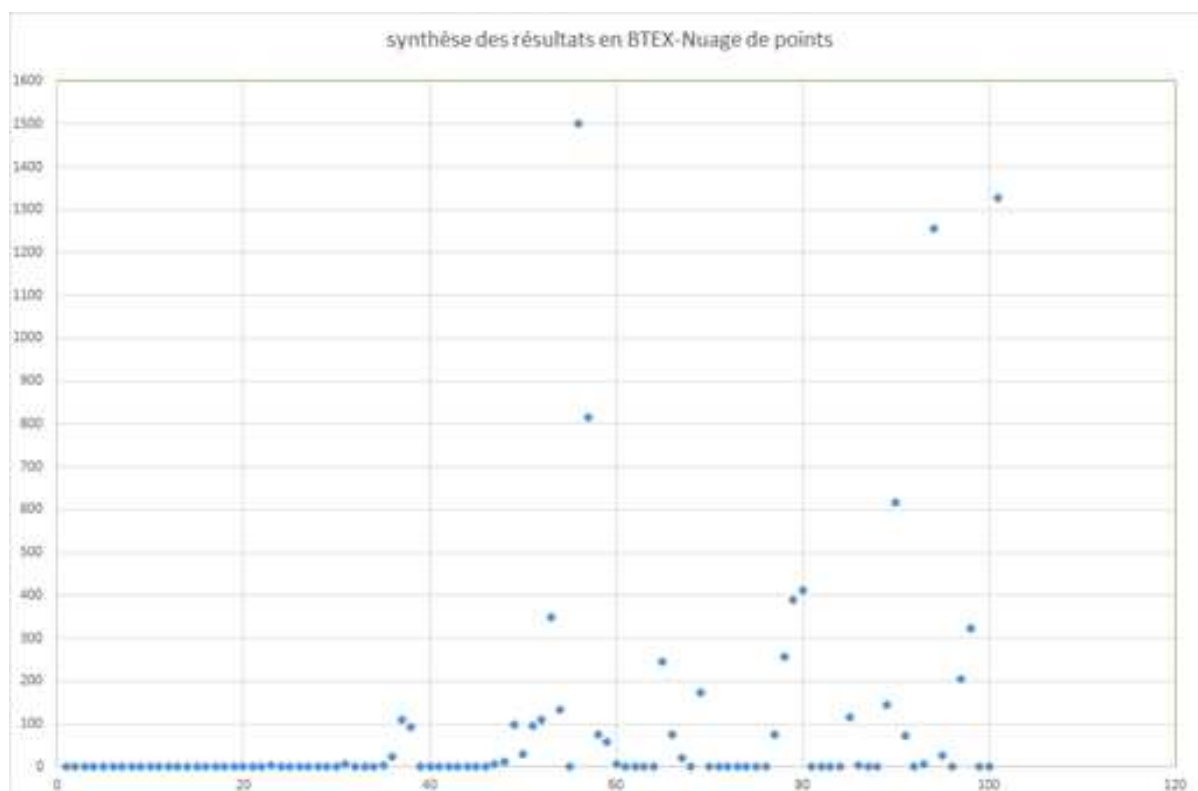


Figure 27 : Répartition des concentrations en BTEX totaux en nuage de points

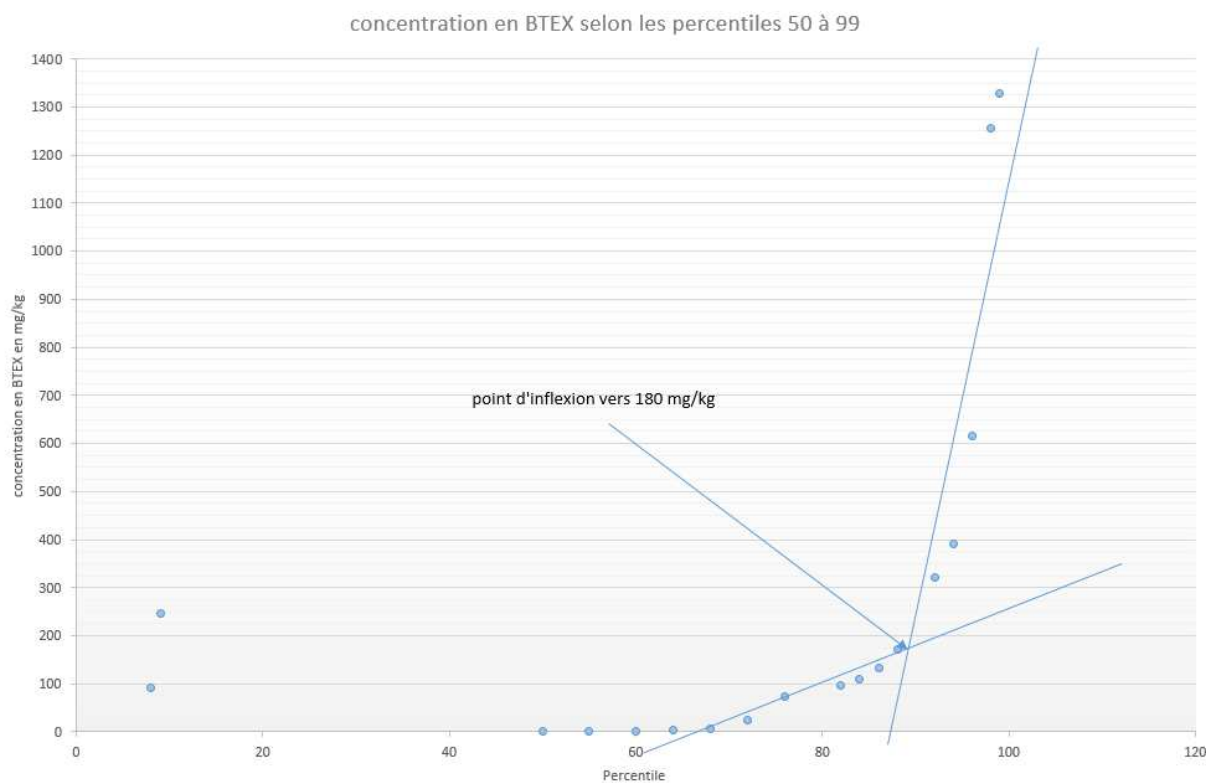


Figure 28 : Répartition des concentrations en BTEX selon les percentiles 50 à 99



## 3. Détermination des zones de pollution concentrée – Bilan de masse

### 3.4 Conclusions sur les seuils de coupure et le bilan massique

Le tableau 3 présente une synthèse des calculs de seuils de coupure et bilans massique associés. Pour ces concentrations, il n'y a pas de phase libre dans les sols. Ainsi, les seuils de coupures retenus pour définir le « seuil » de définition de pollution concentrée, en première approche, sont les suivants :

- pour les COHV : 250 mg/kg ;
- pour les BTEX : 200 mg/kg.

Ces seuils de coupure sont homogènes avec la concentration d'apparition de phase, calculée à 260 mg/kg.

**Tableau 3 : Synthèse du bilan massique**

	Profondeur	COHV 250 + BTEX 200		BTEX >200 - COHV <250		BTEX < 200 - COHV >250		Total ZNS	total ZS
		Surface commune m2	Volume commun m3	Surface m2	Volume m3	Surface m2	Volume m3	Volume m3	Volume m3
REMBLAIS	0-0,5	54	27	888	444	912	456	3 394	
	0,5-1	60	30	792	396	744	372		
	1-1,5	73	37	857	429	729	365		
	1,5-2	125	63	881	441	673	337		
MARNES	2-2,5	232	116	932	466	554	277		2 574
	2,5-3	250	125	968	484	512	256		
	3-3,5	260	130	960	480	480	240		
ARGILES +- MARNEUSE	3,5-4	266	133	948	474	456	228		1 410
	4-4,5	273	137			447	224		
	4-4,8	272	82			445	133		
	Total		878		3 613		2 887	3 394	3 984

**Les volumes de sols pollués en BTEX et en COHV à traiter sont essentiellement disjoints et répartis à 46% en ZNS et 54% en ZS.**

**Le stock de polluants estimés dans les zones de pollution concentrée ainsi déterminé représente 9,74 tonnes pour 11,16 tonnes totalisées (87,2%) pour les BTEX et 14,1 tonnes pour 15,4 tonnes totalisées (92%) pour les COHV.**

## 4. Détermination des mesures de gestion

### 4.1 Objectifs du plan de gestion

Les objectifs généraux de la réhabilitation du site ont été déterminés notamment en référence à :

- la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués rédigé par la Direction générale de la Prévention des Risques, Bureau du sol et du sous-sol, en avril 2017 ;
- le guide méthodologique du BRGM « Quelles techniques pour quels traitements – Analyse coûts-bénéfices » de juin 2010 ;
- l'expérience de BURGEAP et les retours d'expérience de la profession sur les techniques de de traitement des pollutions concentrées ;
- le guide ADEME « Taux d'utilisation et coût des différentes techniques et filières de traitement des sols et des eaux souterraines pollués en France » de janvier 2011.

Ces objectifs sont les suivants :

- traiter autant que techniquement et économiquement possible la (les) zones(s) de pollution(s) concentrée(s) mise(s) en évidence, indépendamment de toute notion de risques ;
- du fait de la pollution résiduelle qui subsistera à l'issue des traitements, il s'agira :
  - de maîtriser et surveiller sur le long terme la migration de la pollution résiduelle vers l'extérieur du site,
  - d'instituer des dispositions constructives, des précautions et/ou des restrictions d'usage garantissant que la pollution résiduelle ne génère pas de risque vis-à-vis des usages sur et hors site, donc de risques liés à la qualité de la nappe hors site.

Le Plan de Gestion présenté comprend :

- une évaluation des solutions de traitement des zones de pollution concentrée qu'il est envisageable de mettre en œuvre sur site ;
- un bilan coûts-avantages de ces solutions ;
- une évaluation des coûts des mesures de gestion retenues ;
- une évaluation des enjeux sanitaires ;
- la proposition des servitudes et restrictions d'usage à mettre en œuvre.

### 4.2 Evaluation des solutions de traitement

#### 4.2.1 Revue des techniques de traitement disponibles

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 un premier temps, une présélection des techniques de « traitement » a été réalisée afin d'identifier celles potentiellement applicables au site en tenant compte des critères sus mentionnés. Le résultat de cette présélection est présenté dans le tableau page suivante, en classant les solutions envisageables par type de procédés (physiques, biologiques, chimiques et thermiques) et selon les milieux concernés (zone saturée et zone non saturée) (cf. **Tableau 4**).

## 4. Détermination des mesures de gestion

Les techniques qui pourraient être appliquées sur le site, seules ou en association, sont donc :

- le traitement hors site ;
- la réduction chimique in situ ;
- la réduction biologique anaérobie (in situ) ;
- le Venting / bioventing pour la zone non saturée ;
- l'extraction multiphase ;
- la désorption thermique sur site (thermopile ou traitement en installation mobile) ;
- le biotraitement sur site (pour les BTEX).

Les solutions de venting et d'extraction multiphase ont été testées in situ dans le cadre des essais de traitabilité. Le bioventing n'a pas été testé mais les taux de CO<sub>2</sub> mesurés dans le cadre du diagnostic de 2018 montrent que les BTEX semblent être dégradés par des mécanismes biologiques en zone non saturée.

La solution de réduction chimique in situ et de biodégradation dynamisée (réduction biologique in situ) ont été testées en laboratoire dans le cadre des essais de traitabilité.

La solution de désorption thermique n'est pas retenue, en raison de la présence de la nappe à faible profondeur (augmentation des risques de migration des polluants dans les eaux souterraines et les gaz du sol pendant les travaux, sur site et hors site) et des consommations énergétiques fortement accrues du fait de la faible profondeur de la nappe.

Les résultats des essais de traitabilité en laboratoire et in situ seront présentés dans le détail dans le rapport BURGEAP RESICE08481-01 en date du 12/12/2018.



## 4. Détermination des mesures de gestion

**Tableau 4 : Analyse synthétique de l'adaptation des techniques de traitement des zones de pollution concentrée identifiées sur le site d'étude**

Codification AFNOR	TECHNIQUE	Adapté à la problématique		Raison pour laquelle la solution n'est pas adaptée à la problématique				
		Oui	Non	Nature du milieu	Nature des polluants	Stabilité des terrains	Ile traite pas la source	Disponibilité de la technique
<b>C311</b>								
<b>Techniques in situ</b>								
C311a	Ventilation de la zone non saturée (venting)	X						
C311b	Extraction multiphase	X						
C311c	Sparging		X	K<10-5 m/s				
C311d	Pompage et traitement		X	K<10-5 m/s				
C311e	Pompage et écrémage		X		Pas de phase libre			
C312	Confinements in situ		X				X	
<b>C313</b>								
<b>Méthodes chimiques in situ</b>								
C313 a	Lavage in situ / extraction chimique		X	K<10-5 m/s	X			
C313b	Oxydation chimique in situ		X	milieu réduit				
C313c	Réduction chimique in situ	X						
<b>C314</b>								
<b>Méthodes thermiques in situ</b>								
C314a	Désorption thermique in situ		X	Proximité de la nappe				
C314b	Vitrification in situ		X			X		X
<b>C315</b>								
<b>Méthodes biologiques in situ</b>								
C315a	Biodégradation dynamisée	X						
C315b	Bioventing		X	milieu réduit	non adapté aux COHV			
C315c	Biosparging		X	K<10-5 m/s				
C315d	Phytoremédiation		X	X (ZNS)	X (substances non adaptées)			
<b>C316</b>								
<b>Autres techniques in situ</b>								
C316a	Barrière réactive perméable		X				X	
C316b	Electroremediation in situ		X					X
<b>C320</b>								
<b>Techniques de dépollution sur site et hors site</b>								
<b>C321</b>								
<b>Méthodes physiques par évacuation de la pollution</b>								
C321a	Excavation des sols et traitement hors site	X						
C321b	Tri granulométrique		X	X (milieu naturel fin, peu d'éléments grossiers)				
C321c	Lavage à l'eau		X	K<10-5 m/s	X (inadaptée pour les polluants peu solubles)			
<b>C322</b>								
<b>Méthodes physiques par piégage de la pollution sur site</b>								
C322a	Encapsulation sur site		X				X	
C322b	Solidification / stabilisation sur site		X		X (peu adaptée car présence de volatils)		X	
<b>C323</b>								
<b>Méthodes chimiques sur site</b>								
C323a	Mise en solution et extraction chimique sur site		X					x
C323b	Oxydation ou réduction chimique sur site		X			X		
<b>C324</b>								
<b>Méthodes thermiques sur site</b>								
C324a	Incinération		X					x
C324b	Désorption thermique sur site	X						
C324c	Pyrolyse sur site		X			X		
C324d	Vitrification sur site		X					x
<b>C325</b>								
<b>Méthodes biologiques sur site</b>								
C325a	Bioréacteur		X	X (technique adaptée pour des boues)				
C325b	Biotertre	X			non adapté pour les COHV			
C325c	Compostage		X		x			
C325d	Landfarming		X		x			

#### 4.2.2 Traitement de la zone source en zone non saturée autour de T31

L'échantillon prélevé à 1 m de profondeur au droit du sondage T31 renferment des concentrations anormales en hydrocarbures et PCB au regard des données disponibles sur reste du site :

- Hydrocarbures = 52 000 mg/kg, majoritairement des fractions lourdes ;
- PCB = 12 mg/kg ;
- PCE = 8 800 mg/kg.

Aucune anomalie organoleptique (odeur et PID) n'a cependant été notée sur le terrain. A de telles teneurs de composés non volatils (hydrocarbures et PCB) et volatils (COHV), la solution de traitement hors site paraît la seule adaptée. Néanmoins, cette zone fortement impactée par les hydrocarbures et les PCB n'est pas délimitée latéralement. Nous considérerons que son extension maximale est de 100 m<sup>2</sup> sur une épaisseur de 1,50 m (dans l'horizon non saturé, à 3 m de profondeur, les teneurs en hydrocarbures et PCB sont très atténuées).

Les coûts de traitement hors site et les conditions d'acceptation par rapport aux teneurs en PCB et en hydrocarbures sont présentés dans le **Tableau 5**, hors TGAP et hors impact des travaux liés à la société du Grand Paris qui pourraient faire évoluer les prix des filières de stockage.

**Tableau 5 : concentrations d'admission et coûts des traitements hors site pour les sols de la zone source autour de T31**

Filière	seuil PCB 7 cong	seuil HCT C10-C40	cout transport-traitement (€ HT / tonne)
ISDI	1	500	
ISDND	10	2000	50-80
cimenterie	10	2000	50-80
ISDD	50	10000	150-160
désorption thermique	50	50000	120-160
filière désorption export PCB	1500**	50000	230-300
incinération PCB	>1500		700-750

\*\* seuil réglementaire maximum autorisé, seuil technique en moyenne 350 mg/kg

Du fait de la présence de composés volatils mesurée dans les gaz du sol, l'excavation devra être faite sous chapiteau avec captage des vapeurs et traitement avant rejet. Cette contrainte affaiblit la cadence de l'excavation. La taille des chapiteaux est variable, classiquement de 400 m<sup>2</sup> à 1 000 m<sup>2</sup>. Chaque chapiteau est équipé d'une soufflante associée à un filtre à charbon actif pour capter et traiter les vapeurs de COV émises à l'excavation. A ce stade des études et pour la zone T31, nous avons considéré un chapiteau de 400 m<sup>2</sup>.

La masse volumique des sols est retenue à 1,8 t/m<sup>3</sup>. Aucun coefficient de foisonnement n'a été pris en compte dans les calculs pour le remblaiement.

**Tableau 6 : Budget de traitement de la zone T31**

	Qté	unité	Prix U€HT	Prix €HT
Terrassement Evacuation Remblaiement	150*	m <sup>3</sup>	300 €/m <sup>3</sup> pour la tranche 0-1 m 100 €/m <sup>3</sup> pour la tranche 1-1,50 m	35 000
Gestion des odeurs : AR chapiteau Extraction d'air Charbon actif	1	ft	30 000	30 000
TOTAL HT et H MOE				65 000
Prix/ m3				433
Pourcentage d'incertitude				30 %
Prix maximum TOTAL HT				84 500

\* Volume estimatif, restant à affiner

Nota : Pour ce qui concerne la zone saturée en T31, elle est également à traiter. Son traitement est pris en compte dans le cadre du traitement de la zone saturée, les anomalies mesurées s'apparentant aux anomalies mesurées par ailleurs sur le site.

### 4.2.3 Traitement de la zone non saturée

#### 4.2.3.1 Volumes à traiter

Les terres de la zone non saturée sur le secteur T31 étant gérées par ailleurs, il subsiste à traiter en zone source en zone non saturée 3 200 m<sup>3</sup> environ (cf. **Tableau 7**).

**Tableau 7 : Volume de sol à traiter en zone non saturée, hors secteur de T31**

	COHV + BTEX > seuils	BTEX > 200 mg/kg	COHV > 250 mg/kg	Total
Volume de sols m3	157	1710	1330	3197

#### 4.2.3.2 Techniques étudiées

En préalable, quel que soit la technique considérée, il est à rappeler que, dans le cadre des travaux de constructions, **le décapage de la tranche 0-0,50 m devra obligatoirement se faire par excavation et évacuation hors site vers une filière adaptée.**

Pour la zone non saturée, les solutions de traitement identifiées sont :

- solution 1 : traitement hors site ;
- solution 2 : venting (COHV/BTEX) et le bioventing (BTEX), traitement in situ. Le venting pourra être amélioré par injection d'air chaud, procédé qui ne générerait qu'une augmentation à la marge de la température de nappe ;
- solution 3 : désorption thermique ex situ pour les COHV et bioterte pour les BTEX, traitement sur site après excavation des terres à traitées.

#### ► Solution 1 : Excavation des sols des zones sources et traitement hors site

L'excavation des sols est un préalable obligatoire aux techniques de traitement hors site. Cette excavation se fait sur 2 460 m<sup>2</sup> des terres des zones de pollution concentrée, surface incluse dans le périmètre des zones 5 et 7.

Les terres excavées prises en compte sont les volumes de terres polluées issus du bilan de masse et terres associées de la zone d'excavation.

La zone non saturée se situe en moyenne entre 0 et 2 m avec :

- la couche de 0 à 0,5 m à décaper dans tous les cas pour les travaux de construction (mise en place des plateformes) ;
- la couche de 0,5 à 2 m à excaver pour traitement de la pollution concentrée puis à remblayer pour permettre les aménagements.

Le volume total de terre à excaver pour un traitement hors site de la zone non saturée est ainsi évalué à 4 920 m<sup>3</sup> : 3 200 m<sup>3</sup> de terres à excaver dans le cadre des zones sources de 0 à 2m et 1 720 m<sup>3</sup> de décapage des terres entre 0 et 0,5 m en dehors des zones sources.

Les fouilles ainsi créées entre 0,5 et 2 m doivent faire l'objet d'un remblaiement avec des matériaux d'apport sains. Les matériaux d'apport seront préférentiellement sablo graveleux, pauvres en matière organiques pour limiter les éventuelles re-contaminations depuis les eaux de nappe par remontée capillaire.

## 4. Détermination des mesures de gestion

*Nota : une partie des terres excavées dans l'horizon 0-0,5 m pourra être réutilisée en remblais des fouilles de la zone source entre 0,5 et 2 m. Le volume potentiel utilisable en remblai ne peut être évalué à ce stade en l'absence de timing défini du projet. Nous nous basons dans le reste de l'étude sur 100% évacués hors site.*

**Une campagne de reconnaissance complémentaire est nécessaire à l'état initial pour réaliser le plan de terrassement et délimiter précisément les zones à traiter.**

Au vu de la présence de composés volatils dans les sols et les gaz du sol, l'excavation devra être faite sous chapiteau avec captage des vapeurs et traitement de l'air extrait avant rejet. Cette contrainte affaiblit la cadence de l'excavation. La taille des chapiteaux est variable, classiquement de 400 m<sup>2</sup> à 1 000 m<sup>2</sup>. Chaque chapiteau est équipé d'une soufflante associée à un filtre à charbon actif pour capter et traiter les vapeurs de COV émises à l'excavation. Au vu de la localisation des secteurs à traiter nous considérons 3 chapiteaux de 600 m<sup>2</sup> environ.

Au regard des indices et impacts mis en évidence dans les sols à excaver, ces déblais devront faire l'objet d'une évacuation en filières adaptées.

Pour les déblais issus de la tranche 0-0,5 m :

- en hypothèse basse (en termes de coût) :
  - 50 % des déblais à cause des indices organoleptiques à évacuer en ISDND ou biocentre ;
  - 50 % à évacuer en ISDI aménagée ;
- en hypothèse haute (en termes de coût) :
  - 50 % des déblais à évacuer en ISDND ou biocentre.
  - 50 % des déblais à évacuer en ISDD.

Pour la zone -0,50 m à -2 m :

Vu la nature et les teneurs des polluants, la filière la plus adaptée est la **filière de traitement ISDD**. Le coût de traitement est d'environ 270 € H.T. / m<sup>3</sup>.

Néanmoins, un traitement par **biocentre** peut être envisagé selon les zones (le zonage des filières de terres à envisager nécessite une campagne de caractérisation complémentaires des terres concernées). Le coût de traitement est d'environ 145 € H.T. / m<sup>3</sup>. Rappelons que les incertitudes sur les volumes qui pourraient relevés de cette filière sont encore importantes à ce stade des études .

La durée des travaux sur site (de l'excavation à l'élimination hors site) est estimée de 3 à 6 mois y compris les périodes préparatoires.

La masse volumique des sols est retenue à 1,8 t/m<sup>3</sup>. Aucun coefficient de foisonnement n'a été pris en compte dans les calculs pour le remblaiement.

**Tableau 8 : Budget de traitement hors site des sols non saturés des zones de pollution concentrée**

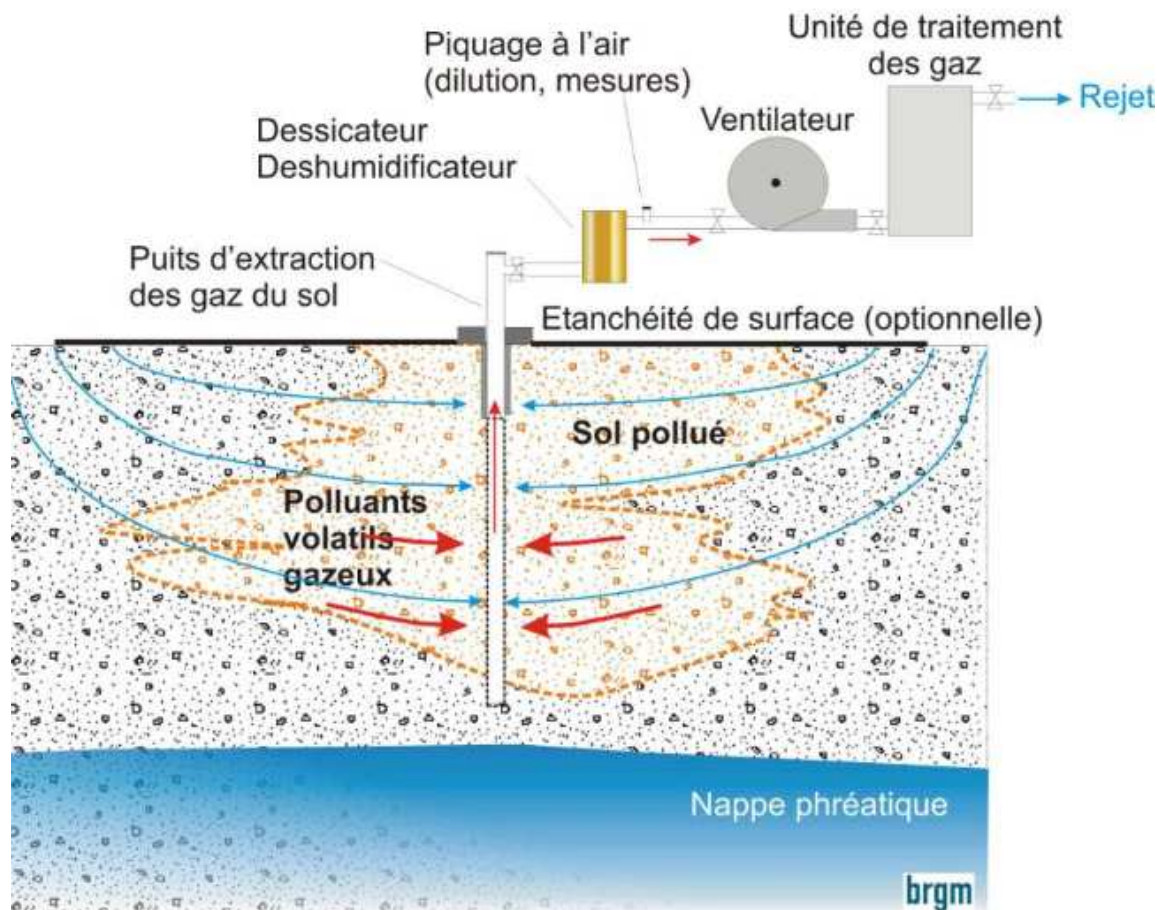
Cout évacuation hors site ZNS	HB (€ HT)	HH (€ HT)
Décapage 50 cm ensemble du site (hors mesure PG)	315 000	540 000
Evacuation hors site zone source	996 300	996 300
Remblaiement zone source	73800	73800
Chapiteau (quantité : 4 cout réparti 50% ZS et 50% ZNS)	50000	50000
Analyses d'exécution et de réception + MOE de 15%	215265	249015
<b>TOTAL</b>	<b>1 650 365</b>	<b>1 909 115</b>



► **Solution 2 : Traitement des zones non saturées par venting**

L'objectif est de traiter environ 1 725 m<sup>2</sup>, contaminés sur tout ou partie de l'horizon 0,50-2 m, soit un volume total de 3 200 m<sup>3</sup>.

Le traitement se fait par venting en appliquant une dépression dans les sols qui induit une circulation d'air avec extraction des flux polluants par ventilation. La **Figure 29** présente le fonctionnement de cette solution de traitement.



**Figure 29 : Schéma de principe du venting (source BRGM)**

Les essais de traitabilité ont permis de pré-dimensionner le débit d'extraction à 25-40 m<sup>3</sup>/h par aiguille pour un rayon d'influence moyen de l'ordre de 3 m environ.

Quoique les flux de polluants extraits aient été de l'ordre du kg / aiguille en COV pendant l'essai, pour assurer un taux de renouvellement d'air suffisant, le traitement est basé sur une durée prévisionnelle de traitement, y compris les phases de Stop and Go préalables à la réception du traitement, **de 18 mois**.

Une campagne de reconnaissance complémentaire peut être envisagée à l'état initial pour adapter le réseau de venting aux concentrations dans les sols et décider des secteurs où les aiguilles doivent être positionnées.

Pour optimiser le fonctionnement aéraulique du système il est prévu que 2 unités puissent être installées (3 éventuellement), au vu de la situation des zones de pollution concentrée à traiter.

Les coûts de traitement sont présentés dans le **Tableau 9**. Nous nous sommes basés sur une consommation de charbon actif suffisante pour adsorber l'intégralité du stock polluant calculé en ZNS (ce qui revient à prendre en compte un rendement de traitement de 100%). En première approche, nous avons considéré que les gaz extraits seraient traités par adsorption sur charbon actif ; il est probable que des techniques alternatives de traitement des gaz soient in fine retenues.

**Tableau 9 : Coût de venting pour la zone non saturée**

	Qté	unités	Prix U€HT	Prix €HT
Diagnostic coexecution et reception	1	ft	20 000	20 000
Venting (2 unités) : ouvrages et unités réseaux consommables (charbon et électricité)	18	mois	4 750	85 500
Suivi du traitement et pilotage analytique	18	mois	2 500	45 000
Venting (unité supplémentaire si nécessaire) : ouvrages et unités réseaux consommables (charbon et électricité)	18	mois	2 500	45 000
Suivi du traitement et pilotage analytique (unité supplémentaire si nécessaire)	18	mois	1 400	25 200
TOTAL HT (pour 2 unités) ARRONDI				220 000
Incertitude sur le prix				15 %
TOTAL HT maximum (pour 2 unités)				253 000

► **Solution 3 : Traitement des zones non saturées par désorption thermique pour les COHV et les pollutions mixtes COHV/BTEX et en biodégradation pour les BTEX**

L'objectif est de traiter environ 1 725 m<sup>2</sup>, contaminés sur tout ou partie de l'horizon 0-2m, soit 3 200 m<sup>3</sup> répartis comme suit :

- 150 m<sup>3</sup> de pollution mixte ;
- 1 600 m<sup>3</sup> de pollution BTEX ;
- 1 450 m<sup>3</sup> de pollution COHV.

**Désorption thermique**

Le traitement se fait par désorption thermique en chauffant les sols à une température à déterminer mais qui au vu des retours d'expérience seront de l'ordre de 60°C à 80°C pour les COHV. L'apport énergétique se fait électriquement ou par gaz. Le traitement thermique est handicapé par l'humidité des sols. Le traitement se fait en pile comme illustré par la **Figure 30**.

La pile de traitement est installée sur une aire étanche aménagée à cet effet et est isolée de l'air extérieur par exemple par du béton projeté.

**Figure 30 : Exemple de traitement thermique sur site**


### **Biodégradation des BTEX :**

Le traitement se déroule en terre, sur une aire étanche préalablement aménagée. Les terres sont empilées avec des réseaux de drains qui permettent une aération continue.

Il s'agit d'une technique biologique qui, à travers un système de ventilation dynamique d'un terte, permet d'enrichir le terte en oxygène et stimule ainsi la biodégradation aérobie des BTEX et également la volatilisation des COV.

Les coûts de traitement sont présentés dans le **Tableau 10**.

Pour le traitement des gaz extrait, nous nous sommes basés sur une consommation de charbon actif suffisante pour adsorber l'intégralité du stock polluant calculé en ZNS (ce qui revient à prendre en compte un rendement de traitement de 100%). En première approche, nous avons considéré que les gaz extraits seraient traités par adsorption sur charbon actif ; il est probable que des techniques alternatives de traitement des gaz soient in fine retenues.

En première approche le temps de traitement est évalué à 9-12 mois auquel ajouter les temps d'excavation et remblaiement, soit 15-18 mois.

**Tableau 10 : Coût de désorption thermique / traitement biologique pour la zone non saturée**

	Qté	unités	Prix U€HT	Prix €HT hypothèse basse	Prix €HT hypothèse haute
Diagnostic coexecution et reception	1	ft	20 000 - 25 000	2 000	25 000
Terrassement Remblaiement	3200	m3	20-30	64 000	96 000
Gestion des odeurs : AR chapiteau Extraction d'air Charbon actif	3	ft	25 000 - 30 000	75 000	90 000
Traitement par désorption thermique	1600	m3	160-220	256 000	352 000
Traitement par biodégradation des BTEX	1600	m3	40-80	96 000	128 000
<b>TOTAL HT</b>				<b>493 000</b>	<b>691 000</b>

## 4.2.4 Traitement de la zone saturée

### 4.2.4.1 Volumes à traiter

Le volume à traiter avoisine 4 000 m<sup>3</sup> comme récapitulé dans le tableau suivant.

**Tableau 11 : Volume de sol à traiter en zone saturée**

	COHV + BTEX > seuils	BTEX > 200 mg/kg	COHV > 250 mg/kg	Total
Volume de sols m <sup>3</sup>	723	1904	1358	3985

### 4.2.4.2 Techniques étudiées

Pour la zone saturée, les solutions de traitement envisageables identifiées sont :

- solution 1 : le traitement hors site ;
- solution 2 : la réduction chimique ou biologique in situ ;
- solution 3 : l'extraction multiphase.

#### ► Solution 1 : Excavation des sols des zones sources et traitement hors site

L'excavation des sols est un préalable obligatoire aux techniques de traitement hors site. Pour atteindre les sols en zone saturée il est nécessaire d'excaver au préalable les sols en zone non saturée, cette phase est prise en compte dans le § sur le traitement des pollutions concentrées en zones non saturées.

Cette excavation se fait sur 2 460 m<sup>2</sup> des terres des zones de pollution concentrée, surface incluse dans le périmètre des zones 5 et 7.

Les terres à excaver prises en compte sont les terres incluses dans les zones de pollution concentrée définies par le bilan de masse et les terres associées de la zone d'excavation. Ces terres se situent à des profondeurs en moyenne comprises entre 2 m et à 4,5 m de profondeur en fonction de la géométrie des couches de marnes et d'argiles.

Le volume total de terre à excaver pour un traitement hors site de la zone saturée est estimé à 6 150 m<sup>3</sup>.

Les fouilles ainsi créées doivent faire l'objet d'un remblaiement avec des matériaux sains compatible du point de vue géotechnique avec leur localisation en zone saturée.

Une campagne de reconnaissance complémentaire est nécessaire à l'état initial pour réaliser le plan de terrassement et délimiter précisément les zones à traiter.

Au vu de la présence de composés volatils dans les sols et les gaz du sol, l'excavation devra être faite sous chapiteau avec captage des vapeurs et traitement avant rejet. Cette contrainte affaiblit la cadence de l'excavation. La taille des chapiteaux est variable, classiquement de 400 m<sup>2</sup> à 1 000 m<sup>2</sup>. Chaque chapiteau est équipé d'une soufflante associée à un filtre à charbon actif pour capter et traiter les vapeurs de COV émises à l'excavation. Au vu de la localisation des secteurs à traiter nous considérons 3 chapiteaux de 600 m<sup>2</sup> environ. Chaque chapiteau est associé à un extracteur d'air avec une charge 6 m<sup>3</sup> de charbon actif.

Vu la nature et les teneurs des polluants, la filière la plus adaptée pour la prise en charge de ces terres est la filière de traitement ISDD. Le coût de traitement est d'environ 270 € H.T. / m<sup>3</sup>.

La durée de traitement est considérée à 6 mois y compris les périodes préparatoires.

La masse volumique des sols est retenue à 1,8 t/m<sup>3</sup>. Nous ne considérons pas de coefficient de foisonnement entre les terres en place et les terres d'apport.

Au vu des lithologies présentes et de la profondeur moyenne d'excavation il n'est pas prévu de blindage de fouille mais un simple talutage. Ce point serait à valider avec un géotechnicien.



## 4. Détermination des mesures de gestion

Les coûts de rabattement de la nappe, de traitement des eaux d'exhaure et les redevances de rejet doivent aussi être pris en compte. Toutefois à ce stade, il n'est cependant pas possible de les quantifier.

Enfin, nous avons fait l'approximation que les coûts de remblaiement en ZNS et en ZS seraient identiques ; néanmoins, il est probable que les qualités géotechniques des remblais à mettre en place en ZS implique la encore des coûts supplémentaires non estimés à ce stade.

**Tableau 12 : Coûts de traitement hors site de la source en zone saturée**

Coût d'évacuation hors site – Zone saturée	Montant (€ HT)
Evacuation hors site zone source	1 660 500
Remblaiement zone source	123 000
Chapiteau (quantité : 4. Coût réparti 50 % ZS et 50 % ZNS)	50 000
Traitement des eaux de rabattement	non quantifiable à ce stade
Analyse d'exécution et de réception et MOE	275 025
<b>TOTAL</b>	<b>2 108 525</b>

► **Solution 2 : Traitement des zones saturées par réduction in situ**

Le volume à traiter avoisine 4 000 m<sup>3</sup> comme récapitulé dans le tableau suivant. Ce volume prend en compte une couche à traiter située entre 2 m et 4-4,5 m de profondeur en fonction de la géométrie des marnes et des argiles vertes.

**Tableau 13 : Volume de sol à traiter en zone saturée et surfaces**

	COHV + BTEX > seuils	BTEX > 200 mg/kg	COHV > 250 mg/kg	Total
Volume de sols m3	723	1904	1358	3985
surface à traiter m2	273	968	554	1795

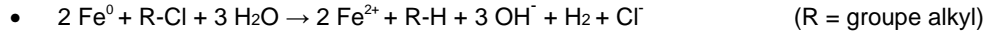
La réduction peut être soit chimique soit biologique. Les deux processus peuvent coexister, être consécutifs l'un de l'autre ou être inhibiteurs l'un par rapport à l'autre. Elle implique l'injection dans la nappe de réducteur chimique ou/et biologique.

Les réducteurs couramment utilisés sont :

- Fer zérovalent ou autre métal à degré de valence 0 ;
- Mélange de fer zérovalent et de matière organique ;
- Matière organique : réduction biologique.

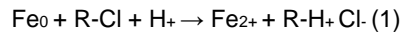
4. Détermination des mesures de gestion

Le traitement par **réduction chimique** est une réaction chimique pour laquelle un composé halogéné est réduit par un réactif chimique qui s'oxyde. Le fer zéro valent est capable de réduire les composés organochlorés en des composés moins toxiques (hydrocarbures).



Les composés organochlorés peuvent être réduits comme suit :

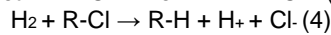
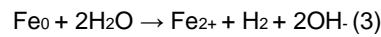
Réduction à la surface du métal en présence d'un donneur de proton.



Poursuite de la réaction avec oxydation du ferII en ferIII.



L'hydrogène gazeux produit par oxydation du fer zéro par l'eau peut aussi réagir, comme suit :

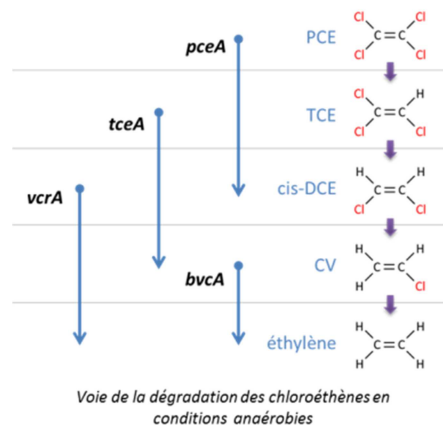


Le traitement par **réduction biologique anaérobie** suit une voie co-métabolique pour laquelle un composé organo-halogéné est réduit par une enzyme non-spécifique ou co-facteur produit durant un métabolisme microbien d'un autre composé (substrat primaire) en conditions anaérobies.

Les substrats primaires peuvent être des substrats organiques facilement fermentescibles tels que des alcools, des acides gras de faible poids moléculaires (lactates), des carbohydrates (sucres), des huiles végétales et des débris végétaux.

**Pour les chloroéthènes**, la réaction s'écrit :  $\text{PCE} \rightarrow \text{TCE} \rightarrow \text{cis-DCE} \rightarrow \text{CV} \rightarrow \text{Ethène / éthane}$ .<sup>3</sup>

La réduction biologique suit des processus d'activation de gènes responsables des étapes de dégradation.



<sup>3</sup> Dans certains cas, acétylène

## 4. Détermination des mesures de gestion

Les BTEX, plutôt récalcitrants à la réduction chimique, sont également traitables par cette voie biologique anaérobie, notamment dans les processus de sulfato-réduction ou méthanogénèse.

- d'après les essais menés, l'injection dans les marnes peut être réalisée avec un rayon d'action de l'ordre de 1 m ;
- dans le cas de trop forte proportion d'argile (secteur de T25, plus argileux qu'identifié lors du diagnostic) l'injection n'est pas efficace. Environ 400 m<sup>3</sup> de sols saturés sur les 3 985 m<sup>3</sup> à traiter ne pourront donc pas être traités par injection. Au stade du plan de gestion, on envisage une excavation (zone centrée autour de T25) ;
- les BTEX sont traitables par voie de réduction biologique (cf. rapport d'essais de traitabilité RESICE08481-01) ;
- le PCE est traitable par voie chimique (formation de sous-produits de dégradation finaux) et probablement par voie biologique jusqu'au cis-DCE. La réduction biologique par des bactéries aptes à dégrader toute la chaîne est identifiée mais est restée minoritaire d'après les essais de traitabilité.

Le détail des essais de traitabilité est fourni dans le rapport BURGEAP RESICE08481-01 en date du 12/12/2018.

Une campagne de reconnaissance complémentaire est nécessaire à l'état initial pour adapter les modes d'injection et les réactifs aux concentrations dans les sols et les eaux souterraines.

Au vu des résultats des essais pilotes et du faible rayon d'injection mesuré, il est envisagé 1 à 2 campagnes d'injection selon les secteurs et les teneurs en COV.

La durée de traitement est considérée à 18 mois sur la base des retours d'expérience sur ce type de traitement (pour le traitement biologique des BTEX notamment, le traitement par réduction chimique pouvant être plus rapide).

La réception de ce traitement sera basée sur les résultats dans les eaux souterraines.

Les coûts de traitements estimés sont présentés dans le **Tableau 14** et prennent en compte 2 campagnes d'injection.

**Tableau 14 : Budget estimatif pour le traitement in situ de la zone saturée par réduction**

	Qté	unité	Prix U€HT	Prix €HT
Diagnostic complémentaire	1	ft	25000	25 000
Injection dans la zone saturée Fer zérovalent	2200	m3	65	143 000
Injection dans la zone saturée Fer zérovalent + MO	1400	m3	120	168 000
Suivi du traitement + pilotage zone COHV	9	mois	2700	24 300
Suivi du traitement et pilotage analytique	18	mois	2500	45 000
T25 Terrassement Evacuation Remblaiement	400	m3	200	80 000
TOTAL € HT ARRondi				485 000
Incertitudes sur le prix				20%
TOTAL HT maximum				582 000

### ► Solution 3 : Traitement des zones non saturées par Extraction Multiphasique

Le traitement se fait par extraction multiphasique en appliquant une dépression dans les sols qui induit une extraction simultanée d'air, d'eau de nappe et de phase.

Dans des sols de faible perméabilité, l'extraction double phase permet d'extraire plus d'eau qu'un pompage traditionnel.

Les essais de traitabilité ont montré :

- le rayon d'influence pour l'eau est de l'ordre de 8 m d'après les mesures réalisées ;
- le flux extrait dans l'air des sols cumulé au flux extrait dans les eaux souterraines ne permet pas d'envisager un traitement avec un abattement suffisant dans un délai raisonnable. L'utilisation de pompe de dépression plus puissante que celles utilisées lors de l'essai et en réseau séparatif air/eau pourrait néanmoins permettre d'améliorer le flux de polluant extrait dans la matrice air.

Le débit d'eau extrait varie selon les zones entre 150 et 250 l/h par puits d'extraction.

Le traitement par extraction multiphasique s'avère a priori moins adapté que les autres solutions de traitement in situ testées du fait de temps de traitement plus long. Il pourrait toutefois être appliqué localement en cas de présence de phase avérée, par exemple pour le secteur de T34 ou en traitement de finition.

Cette solution est évaluée du même ordre de grandeur que la réduction in-situ :

**Tableau 15 : Budget estimatif de la solution de traitement de la zone saturée par EMP**

	Qté	unités	Prix U€HT	Prix €HT
Diagnostic coexecution et reception	2	ft	7000	14000
Venting (1 unité) : EMP :1 unité ouvrages et unités réseaux consommables (électricité)	18	mois	5000	90000
consommable charbon actif eau	3	t	3000	9 000
consommable charbon actif eau et air	inclus dans le coût dédié au traitement par venting			
Suivi du traitement et pilotage analytique (unité supplémentaire si nécessaire)	18	mois	1500	27 000
TOTAL HT (pour 2 unités)				140 000
Prix/ m3				88
Incertitudes sur les prix				20 %
TOTAL HT Maximum				168 000

Le détail des essais de traitabilité est fourni dans le rapport BURGEAP RESICE08481-01 en date du 12/12/2018.



### 4.3 Bilan coûts-avantages pour le traitement de la zone source

#### 4.3.1 Solutions comparées

L'intérêt du bilan coûts-avantages est la comparaison des grandes familles de traitement envisagées aux chapitres précédents et une solution mixte de traitement hors site par venting et in situ par réduction pour la zone saturée<sup>4</sup>.

- scénario 1 : traitements hors site ;
- scénario 2 : traitement in situ par venting pour la ZNS et par réduction<sup>5</sup> pour la ZS ;
- scénario 3 : traitement sur site par biodégradation des BTEX et désorption thermique des COHV et in situ de la ZS par réduction ;
- scénario 4 : traitement hors site de la ZNS et in situ de la ZS par réduction.

#### 4.3.2 Notation des solutions envisageables pour le traitement des sources

##### 4.3.2.1 Critères de notation

Les critères d'évaluation retenus sont :

- 1) La robustesse du traitement. Ce critère englobe la performance et la fiabilité du traitement.
- 2) La durée de traitement.
- 3) La dépense environnementale : ce critère traduit l'effort « environnemental » qui doit être fait pour mener à bien le traitement, traduit en termes d'émission de gaz à effet de serres.
- 4) L'aspect sociopolitique qui illustre l'acceptabilité de la solution de traitement que ce soit sur le plan des nuisances pour les riverains que sur l'appréciation de la solution.
- 5) Le coût de traitement. Ce critère est pondéré avec un coefficient 2.

Pour chaque solution une note est attribuée par critère, la somme des notes conduit à une note globale de la solution de traitement. Le détail des calculs et justifications est fourni en **Annexe 11**.

##### 4.3.2.2 Synthèse du classement des solutions de traitement de la source

Le tableau suivant présente les résultats du bilan coûts-avantages de la source.

**Tableau 16 : Classement des scenarii de traitement**

	Dépense environnementale	Durée	Robustesse	socio politique	Prix (pondération 2)	total
traitement hors site en biocentre	2	4	5	2	4	17
traitement hors site en biocentre pour la ZNS et in-situ par réduction pour la ZS	3	2	4	2	6	17
traitement sur site pour la ZNS et in-situ par réduction pour la ZNS	3	2	4	3	6	18
Traitement in situ	4	2	3	5	8	22

<sup>4</sup> La solution de traitement hors site de la zone saturée et in situ par venting est compliquée à mettre en œuvre du fait de l'empiètement des équipements de venting.

<sup>5</sup> Nous nous sommes basés sur la solution de réduction in situ pour laquelle les résultats des essais ont été probants que l'EMP. La solution par EMP pouvant toutefois être envisagée.

Les scénarii in situ sont mieux notés en raison :

- de leur bien meilleure acceptabilité socio politique ;
- de leur prix plus attractif ;
- de leur meilleur bilan carbone.

Les inconvénients des traitements in situ sont le temps de traitement plus long et une efficacité moindre en termes de teneurs résiduelles « garanties » par rapport au traitement hors site.

Le scénario mixte n'apporte pas réellement d'avantages par rapport au scénario tout hors site. Le scénario avec traitement sur site de la ZS est légèrement mieux noté.

### 4.3.3 Justification économique du choix des seuils de coupure

Conformément à la méthodologie de 2017 de gestion des sites et sols pollués, une évaluation du budget de traitement doit être faite en fonction des différents seuils de coupure qui pourraient être choisis pour vérifier la pertinence des seuils retenus.

Cette évaluation est menée sur la base de 5 paires de seuils COHV / BTEX comme suit :

**Tableau 17 : Seuils COHV/ BTEX étudiés**

	COHV	BTEX
	mg/kg	
Seuil 1	10	20
Seuil 2	50	50
Seuil 3	100	100
<b>Seuil 4(retenu)</b>	250	200
Seuil 5	1000	500

Pour chaque seuil les volumes calculés comme explicité au § 3 ont été appliqués. Un ratio identique zone non saturée / zone saturée a été appliqué pour tous les seuils (environ 40% en ZNS).

Les prix unitaires de traitement in situ<sup>6</sup> ont été pris en considération sauf pour les seuils 1 et 2 pour lesquels seul le traitement hors site permet d'atteindre ces niveaux de concentration, que soit en ZNS ou en ZS. Le prix de traitement hors site pris en considération est compris à 295 €/m<sup>3</sup>.

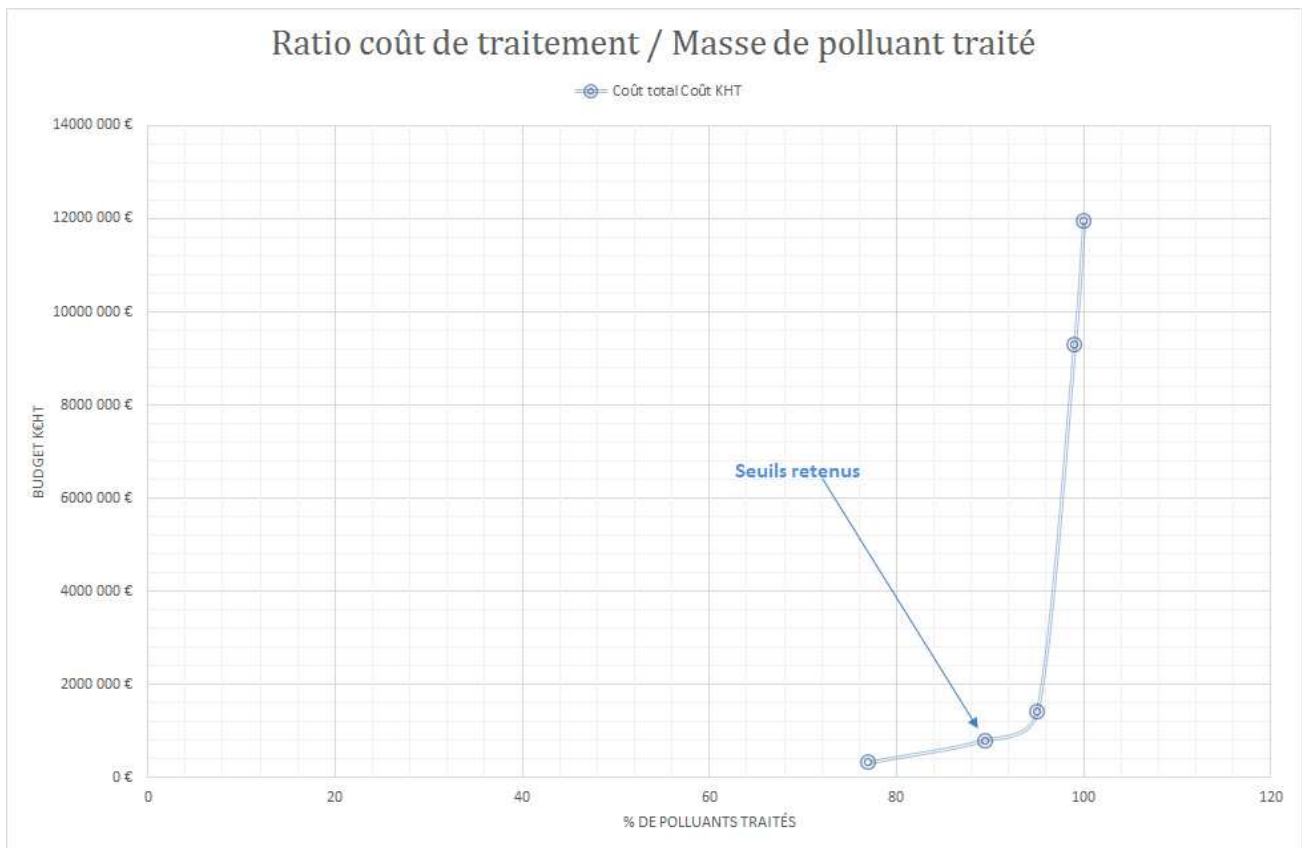
Les budgets de traitement sont présentés en **Tableau 18** et le « rendement » économique du traitement en **Figure 31**.

**Tableau 18 : Budget de travaux en fonction de la masse de polluants récupérée**

	ZNS	ZS	Polluants traités	Coût total
	Coût KHT		%	Coût KHT
Seuil 1	4 779 000 €	7 168 500 €	100	11 947 500 €
Seuil 2	3 717 000 €	5 575 500 €	99	9 292 500 €
Seuil 3	468 529 €	956 250 €	95	1 424 779 €
<b>Seuil 4(retenu)</b>	300 000 €	500 000 €	89,4	800 000 €
Seuil 5	98 824 €	220 000 €	77	318 824 €

Il est à préciser que ces coûts sont des ordres de grandeurs qui ne tiennent pas compte de tous les coûts de mises en place ou liés aux contraintes hygiène et sécurité prise en compte dans les chiffrage des précédents paragraphes.

<sup>6</sup> 125€/m<sup>3</sup> pour la réduction in situ et 88€/m<sup>3</sup> pour le venting



**Figure 31 : Evolution du budget de traitement en fonction de la masse de polluants traités**

#### 4.3.4 Description détaillée du scénario de gestion retenu

Outre le traitement des zones de pollution concentrée, aux seuils de coupure retenus, les coûts de traitement liés à la pollution doivent intégrer :

- les coûts de traitement des sols ou boues issues des travaux de fondations : longrines et pieux<sup>7</sup> ;
- les coûts de mise en œuvre d'un drainage gaz sous bâtiment. En effet, les calculs de risque sanitaires ont montré un excès de risque par rapport aux seuils de risques recommandés par le Ministère, en particulier pour les futurs commerces et logements au Sud du site. Un drainage gaz doit être prévu sous bâtiment, ou un système équivalent, pour supprimer ou limiter la voie de transfert vers l'air intérieur.

##### 4.3.4.1 Traitement de la source de pollution au droit du sondage T31

Le principe de traitement est présenté au chapitre 4.2.2.

Ce secteur, pour ce qui concerne la zone non saturée sera traité hors site. Le traitement pourra avoir lieu dès le démarrage des travaux, en l'absence de superstructures à démolir sur ce secteur. Le délai de traitement est évalué à 2 mois pour un budget estimatif compris entre **65 et 85 k€ H.T** (incertitude liée à l'extension de la zone à traiter). Il est recommandé de réaliser au préalable de la consultation pour les travaux un diagnostic complémentaire sur ce secteur, afin de confirmer cette anomalie et vérifier son extension.

<sup>7</sup> Concerne les fondations sur les secteurs de zone source

#### 4.3.4.2 Traitement des zones de pollution concentrée hors secteur T31

##### ► Préliminaire aux travaux : démolition des superstructures et des infrastructures enterrées

La destruction des superstructures et de la dalle n'est pas un préalable aux travaux de traitement in situ, Toutefois, une fois le venting installé, la mise en œuvre de ces travaux de démolition seront difficiles à envisager.

La démolition de la dalle doit être préférentiellement faite après le venting car elle apporte sans surcoût une imperméabilité de surface favorable au venting. De plus, après le traitement par venting, les risques liés aux émanations de vapeurs pendant la démolition de la dalle seront fortement atténués.

##### ► Séquençage des travaux

Les travaux suivront l'organisation suivante :

1. Reconnaitances supplémentaires : cette phase est ponctuée par une note comprenant les résultats, les coupes et le redimensionnement des secteurs à traiter.
2. Traitement par réduction in situ. Les ouvrages de pilotage sont d'abord mis en place (12 piézomètres) et une campagne initiale de mesures in situ (pH, conductivité, redox et O<sub>2</sub> dissous) et en laboratoire (COHV, BTEX-N, HC). Une première campagne d'injection sera réalisée avant que ne soient mises en place les installations de venting. Pour les secteurs pour lesquels une deuxième campagne d'injection sera nécessaire, une accessibilité aux points de sondages devra être faite au moment de l'installation des équipements de venting. La réception du traitement sera faite sur l'atténuation durable des concentrations dans les eaux prélevées dans les piézomètres de contrôle
3. Traitement par venting : Au moins 2 unités de venting seront mises en place, l'une en partie Sud et l'autre en partie Nord du site pour limiter les pertes de charge. Un branchement électrique avec une armoire électrique sera effectué par l'entreprise avec un abonnement auprès du gestionnaire de réseau. L'évolution des concentrations extraites sera suivie avec un PID et le traitement sera réceptionné dès lors que les concentrations atteignent une asymptote en concentration et en flux, après une phase de « Stop and Go » pour vérifier l'absence d'effets rebonds.
4. Cas particulier du secteur T25 : La solution de traitement envisagée au droit de cette zone est une excavation des sols vers une filière appropriée. Les sols de la zone non saturée qui seront excavés pour accéder aux terres sous-jacentes ne seront de fait pas traités par venting, mais par ventilation mécanique sur site, et sous chapiteau.
5. Cas particulier du secteur T34 : La solution de traitement envisagée au droit de cette zone est une excavation des sols vers une filière appropriée<sup>8</sup>. Toutefois une solution d'extraction multiphase pourrait être mise en œuvre.

##### ► Effets co-latéraux- effets indésirables

Hors zone de pollution concentrée, concernant les **effets co-latéraux** aux niveaux des panaches dans les eaux souterraines, l'atténuation des concentrations n'est pas quantifiable a priori. Malgré l'atténuation des concentrations au droit des zones de pollution concentrée, il peut subsister le même niveau de concentration dans le panache en raison des impacts dans les sols non mis en traitement et des concentrations résiduelles dans les sols traités. Il faut rappeler à ce stade que les panaches en BTEX sont très courts et que seul les panaches en PCE, voire en cis-DCE s'éloignent du site. Il en sera de la même manière pour les panaches dans les gaz des sols, essentiellement liés aux panaches dans les eaux souterraines.

Rappelons que le panache de pollution en nappe au sud du site n'est pas caractérisé à ce stade. Seul un piézomètre (ouvrage Pz12) permet d'évaluer la qualité des eaux souterraines et un seul point de mesure dans l'air ambiant est suivi. Lors du traitement, aucun nouvel ouvrage ou point de suivi ne sera mis en œuvre qui n'ait été suivi antérieurement afin d'éviter toute discussion sur des résultats pour lesquels aucun

<sup>8</sup> Une alternative pourra être proposée de soil mixing



## 4. Détermination des mesures de gestion

point « 0 » n'aurait pas été fait. L'impact du traitement sera évalué sur la base des résultats dans les eaux souterraines ou dans l'air des sols en limite sud du site mais pas hors site.

L'accumulation de chlorure de vinyle (CV) est un effet indésirable potentiel du traitement par réduction in situ. A l'occasion des essais de traitabilité en laboratoire, ce phénomène n'a pas été observé (cf. rapport BURGEAP RESICE08481-01 en date du 12/12/2018). Toutefois, le processus de pilotage dans les eaux souterraines permettra de détecter une éventuelle production et accumulation de CV qui devra alors être géré par l'entreprise.

### ▶ Surveillance des milieux

La surveillance des milieux devra être poursuivie, indépendamment du traitement, pendant et après le traitement, au vu des remarques précédentes sur la persistance des panaches. La surveillance sera semestrielle sur 4 ans.

#### 4.3.4.3 Traitement des terres excavées pour la mise en place des pieux et longrines

Le tableau suivant présente les solutions de traitement hors site adaptées au traitement des terres qui seront extraites pour la réalisation des pieux et des longrines bétons. Cette estimation (Calcul de cubature pieux et longrines) est établie sur la base du plan 17-M10, le principe d'implantation des pieux longrines PC et selon les volumes donnés par le cabinet SCOPING, à la date du 15/06/18.

Le surcoût d'élimination des terres par rapport à une ISDI est calculé à 130 k€ H.T. (hypothèse haute). Le détail des secteurs d'extraction, volumes et filières est fourni en Annexe 15. Conformité sanitaire sur la zone de futurs logements collectifs et d'activités

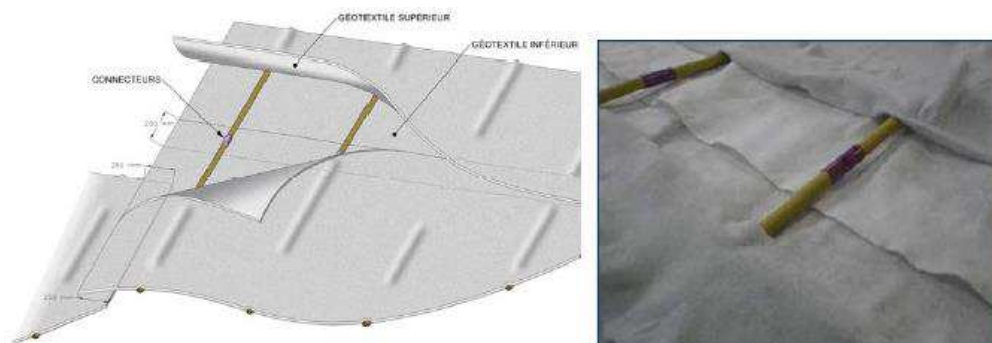
Pour les futures zones d'activités et de logements au moins (zones 2, 3, 4, 5 et 7), des mesures constructives sont à ce stade prises en compte.

Parmi les solutions correctives envisageables, il est proposé ici la solution de **drainage de gaz sous bâtiment**.

### ▶ Principe de la solution

Le système se compose d'un réseau de mini drain enchâssé dans une nappe filtrante elle-même recouverte d'une géo-membrane étanche en matériaux inerte chimiquement (polypropylène ou équivalent) protégé par un géotextile anti-poinçonnement (type SOMETUBE gaz® ou équivalent) (Figure 27). Le complexe se présente sous forme de lés qui se posent sur la couche de forme en sous-face du dallage, les lés sont soudés entre eux.

Les mini-drains sont ensuite reliés à un collecteur, les polluants gazeux collectés sont évacués en toiture. En fonction des pertes de charges et de la perméabilité des terrains, il est ou non nécessaire de mettre en place une ventilation mécanique pour assurer l'extraction. De même en fonction des concentrations en polluants dans les gaz collectés, une filtration sur charbon actif peut être nécessaire avant rejet.



**Figure 32 : Exemple de système de draine de gaz (source guide de la conception pour la protection des bâtiments contre les gaz souterrains, Groupe Alphard, décembre 2016)**

Ce système de drainage des gaz sous membrane étanche a comme avantages de :

- ne pas remettre en question la construction du bâtiment sur dallage ;
- de ne pas nécessiter d'excavations autres que celles prévues dans le projet pour la mise en place des plateformes et pour le traitement des zones de pollution concentrée.

► **Coûts estimatifs des dispositions constructives complémentaires à mettre en œuvre**

A ce stade, les estimations des coûts fournis ci-après sont donc des fourchettes de prix issues de notre retour d'expérience (cf. **Tableau 19**).

Ces prix sont en effet particulièrement variables en fonction des contraintes de mise en œuvre spécifiques à chaque site et à chaque projet de construction et des impacts sur les délais de réalisation des structures de Gros Œuvre qu'il est difficile d'appréhender dans le cadre du plan de gestion.

Le **drainage des gaz sous bâtiment couplé à un dispositif d'étanchéité sous dallage**, ne nécessitant pas de modifier les modes de fondations prévus pour le bâtiment, aucun surcoût pour la mise en place du dallage n'a été pris en compte. Il reste encore difficile de déterminer le nombre et la nature des points singuliers à traiter dans le cadre de la mise en place du système d'étanchéité. Des prix unitaires relevés sur des devis récents d'entreprise de travaux pour le traitement de points singuliers lors de la mise en place de membrane d'étanchéité sont fournis à titre informatif :

- traitement de poteau/pieux : 100 à 185 € H.T. / unité ;
- traitement des canalisations traversantes : 85 à 100 € H.T. / unité ;
- traitement singularité linéaire (mur, longrine) : 40 à 60 € H.T. / ml.

Le budget associé à cette mesure constructive pour les zones 5 et 7 est présenté dans le **Tableau 19**.

**Tableau 19 : Budget de traitement pour les dispositions constructives pour les futurs logements et locaux d'activité au sud du site**

	PU	Qt	Prix (€ H.T.)
Dispositif drainant	35 €/m2	2 450	85 750
Traitement des points singuliers	130 €/u	88	11 440
Traitement de réseaux traversant	90€/u	50	4 500
Traitement des singularités linéaires	45 €/ml	650	29 250
coûts de mise en place du système de ventilation en toiture	ft	1	65 000
Surveillance semestrielle pendant 4 ans à raison de 2 campagnes par an	an	4	15 000
		<b>Total € H.T.</b>	210 940
		<b>Total arrondi à</b>	<b>210 000</b>
		<b>Incertitudes</b>	15%
		<b>Total € H.T. Maximum</b>	<b>241 500</b>

**4.3.4.4 Récapitulatif du budget prévisionnel**

Le budget prévisionnel est récapitulé ci-après.

**Tableau 20: Budget prévisionnel global**

POSTE	Budget Traitement de la pollution	Incertitude	Valeur Max	Hypothèse /remarque
Traitement hors site ZNS T31	65 000,00 €	30%	84 500,00 €	Hypothèse de profondeur impactée : 1,50 m, surface prise en compte : 100 m <sup>2</sup> Tranche 0-1 évacuée en ISDD (300 €/m <sup>3</sup> ), et tranche 1-1,50 évacuée en ISDND (100€/m <sup>3</sup> ) ==> 35 000 € pour l'évacuation (surcoût)+ 30 000 de travail sous chapiteau = 65 000 €
Traitement par venting ZNS	220 000,00 €	15%	253 000,00 €	Pourcentage d'incertitudes généralement pris en compte pour ce type de traitement. Hypothèse d'un traitement sur 18 mois, avec 2 à 3 unités de traitement
Traitement par réduction in situ	485 000,00 €	20%	582 000,00 €	Pourcentage d'incertitude généralement pris en compte pour ce type de traitement, incertitudes plus grande que sur le venting Hypothèse d'un volume de 2 400 m <sup>3</sup> à traiter, avec mise en œuvre de 1 à 2 campagnes d'injection
Traitement EMP T34	140 000,00 €	20%	168 000,00 €	Traitement sur 18 mois, 1 unité de traitement, utilisation de 3 tonnes de charbon actif pour le traitement des fluides pompés
Dépollution fosse à ciel ouvert	5 000,00 €	0%	5 000,00 €	Traitement de l'eau sur place sur charbon actif, sur une base d'un volume de 30 m <sup>3</sup> à gérer (dimensions supposées de la fosse)
MOE	142 000,00 €	10%	156 200,00 €	Montant évalué au vu de la complexité du projet Hypothèse 10 % montant dépollution (hors mesures constructives) + un aléa fixe
Surcout décapage des plateformes (ensemble du site EIF <b>Hormis bâtiments non détruits, zone logements et futur hôtel</b> )	250 000,00 €	30%	325 000,00 €	Surface à décapage de 4990 m <sup>2</sup> , donc volume à évacuer de 2 485 m <sup>3</sup> <u>Hypothèse basse</u> : Indices organoleptique + résultats d'analyse compatible avec une ISDI aménagée : 50% de la surface décapée. Pour la zone source (zones 5/7) : 100% d'évacuation en ISDND <u>Hypothèse haute</u> : Indices organoleptiques + résultats d'analyse compatible avec une ISDND: 50% surface décapée. Pour la zone source (zones 5/7) : 50% surface décapée réfractaire au traitement --> évacuation en ISDD pour 75% des terres et 25 % en ISDND RECONNAISSANCES COMPLEMENTAIRES NECESSAIRES
Surcout traitement déblais pieux/longrines	100 000,00 €	30%	130 000,00 €	Estimation faite selon plan 17-M10 Principe implantation pieux longrines PC et selon les volumes données par Scoping, à la date du 15/06/18. Détail du volume pris en compte présenté dans le PDF joint à l'envoi
Surcout décapage 50cm hôtel et zone est	165 000,00 €	40%	231 000,00 €	Zone logements (zone 1) : 3 sondages réalisés, pas d'indices de pollution au droit de ces sondages. ==>Hypothèses : 1/3 ISDI, 1/3 comblement de carrière, 1/3 ISDND Zone hôtel (zone 6) : 2 sondages réalisés (1 pzair et 1 pz). Pas d'indices de couleur ou d'aspect suspect au droit du piézair et du piézomètre, sol noir entre 0,2 et 0,5 m au droit des deux sondages 2 analyses de sol - forte teneur en COHV dans 2 échantillons, 1 dépassement en HCT, valeur proche du seuil dans l'autre - pas de données de lixiviation > Hypothèse filières évacuation Hypothèse basse 1/4 ISDI, 3/4 ISDND RECONNAISSANCES COMPLEMENTAIRES NECESSAIRES
Dispositions constructives sur batiments neufs	210 000,00 €	15%	241 500,00 €	Estimation réalisée sur la base du plan des pieux transmis. Incertitudes résiduelles liées pour l'essentiel au prix unitaire du traitement des points singuliers et des réseaux traversant + coût de mise en place du système de ventilation / extraction en toiture.
Dispositions constructives sur batiments réhabilités	340 000,00 €		340 000,00 €	Chiffrage UrbanEra via un BET Hypothèses : création d'une dalle au dessus de la dalle existante avec des couches de sables et gravillons entre sans système drainant supplémentaire. Scénario validé par Burgeap
<b>TOTAL</b>	<b>2 122 000,00 €</b>	<b>16%</b>	<b>2 516 200,00 €</b>	



En comparaison, une approche en traitement hors site conduit en synthèse au bilan ci-dessous.

*Pour le traitement de la zone non saturée :*

Coût évacuation hors site ZNS	HB (€ HT)	HH (€ HT)
Décapage 50 cm ensemble du site (hors mesure PG)	315 000	540 000
Evacuation hors site zone source	996 300	996 300
Remblaiement zone source	73800	73800
Chapiteau (quantité : 4 cout réparti 50% ZS et 50% ZNS)	50000	50000
Analyses d'exécution et de réception + MOE de 15%	215265	249015
<b>TOTAL</b>	<b>1 650 365</b>	<b>1 909 115</b>

*Pour le traitement de la zone saturée*

Coût d'évacuation hors site – Zone saturée	Montant (€ HT)
Evacuation hors site zone source	1 660 500
Remblaiement zone source	123 000
Chapiteau (quantité : 4. Coût réparti 50 % ZS et 50 % ZNS)	50 000
Traitement des eaux de rabattement	non quantifiable à ce stade
Analyse d'exécution et de réception et MOE	275 025
<b>TOTAL</b>	<b>2 108 525</b>

*Le montant global du traitement hors site a été réévalué sur la base des résultats analytiques collectés lors des études réalisées en 2018, qui montrent que les niveaux de pollution généreront des coûts de traitement externes supérieurs aux estimations initiales.*

Il est à noter que pour inclure l'ensemble des coûts à prévoir, les coûts annexes suivants sont à ajouter :

- le décapage des terres de 50 cm au droit de la majorité du site (selon 2 hypothèses, basse et haute), présentés dans le **Tableau 20** ci-avant ;
- les surcoûts liés aux pieux et longrines (**Annexe 15**).

**La solution du traitement in situ reste la plus adaptée à la typologie du site et du projet mais nécessite des approfondissements pour optimiser au mieux sa mise en œuvre et sécuriser le projet.**

## 5. Surveillance de la qualité des milieux

### 5.1 Phase travaux

Lors de la réalisation des travaux, un suivi de la qualité des milieux sols, eaux souterraines et gaz du sol devra être réalisé afin de mesurer l'évolution de la qualité de ces milieux, et notamment la mobilisation des polluants due à la mise en œuvre des travaux.

### 5.2 Sols

Au droit des zones concernées par des traitements par excavation et évacuation hors site en filière spécifique, un suivi de la qualité des sols en bords et fond de fouille devra être réalisé, et portera sur les paramètres suivants :

- hydrocarbures (HCT C<sub>5</sub>-C<sub>40</sub> et HAP) ;
- composés volatils (BTEX et COHV) ;
- métaux lourds et métalloïdes.

Par ailleurs, une attention particulière devra être portée lors des travaux sur la qualité de l'air ambiant afin de limiter au maximum les risques de nuisances envers le voisinage.

### 5.3 Eaux souterraines

Un suivi régulier devra être réalisé lors des travaux de traitement des zones de pollution concentrée afin de s'assurer de l'absence de relargage depuis les sols impactés lors des travaux. La fréquence et la durée du monitoring seront adaptées à la technique de traitement qui sera retenue et à la phase du traitement.

Un suivi devra également être mis en place à l'issue du traitement afin de contrôler l'évolution des concentrations et de vérifier l'amélioration de la qualité des eaux souterraines suite à la purge / traitement des pollutions concentrées et l'absence d'effets rebond.

Un accent sera porté sur le suivi des processus de traitement des impacts réduction biologique et chimique mis en œuvre au droit des ouvrages présents au droit du site, et si besoin, à l'extérieur de l'emprise du site.

**La fréquence (à minima semestrielle) et la durée (à minima sur 4 ans) devront également être adaptées au type de traitement qui sera retenu. Le programme de surveillance sera proposé lorsque le choix des mesures de gestion du site sera fait.**

### 5.4 Gaz des sols et air ambiant

En fonction des mesures de gestion retenues, et du programme d'aménagement, un suivi de la qualité des gaz des sols devra également être mis en place au cours et à l'issue du traitement afin de contrôler l'évolution des concentrations et de vérifier l'amélioration de la qualité des gaz des sols suite à la purge/traitement des pollutions concentrées

Par ailleurs, afin de s'assurer de l'absence d'effet rebond, 2 campagnes complémentaires de suivi de la qualité des gaz du sol devront être effectuées à l'issue du traitement (respectivement 6 et 12 mois après l'arrêt des travaux).

Enfin, une campagne de suivi de la qualité de l'air ambiant dans les bâtiments réhabilités après travaux de réhabilitation pourra être mise en place.

## 6. Restrictions d'usage et conservation de la mémoire

En lien avec les mesures de gestion ci-dessus proposées, et notamment en regard de la pollution résiduelle qui persistera sur site et des usages prévus, des restrictions d'usage doivent être envisagées.

Ces restrictions concernent :

- le maintien de la couverture du site par des revêtements pérennes ou de la terre saine séparée des sols du site par un grillage avertisseur ou un géotextile ;
- la définition précise des usages des sols autorisés (type d'activité et de construction, modalités d'intervention...);
- l'utilisation du sous-sol en définissant les procédures à respecter en cas de travaux, d'affouillements, de plantations, de pose de canalisations ;
- la protection et la garantie d'accès aux piézomètres du suivi des eaux souterraines ;
- l'usage des eaux souterraines.

**Les principes des restrictions sont présentés dans les paragraphes suivants.**

### 6.1 Restrictions relatives à l'usage du site

La réhabilitation du site est menée de manière à ce que l'état résiduel des milieux soit compatible avec l'usage futur à savoir un usage de type industriel, tertiaire ou un usage commercial.

Les usages suivants ont été exclus au droit des emprises objet de ce plan de gestion :

- tout usage sensible, en dehors des logements prévus, comprenant notamment : crèches, écoles maternelles et élémentaires, établissement accueillant des enfants handicapés relevant du domaine médico-social, ainsi que des aires de jeux et espaces verts, collèges et lycées ainsi que les établissements accueillant en formation professionnelle des élèves de la même tranche d'âge, etc. ; ceci selon les recommandations de la circulaire de février 2007 relative aux établissements accueillant des populations sensibles ;
- les espaces verts en pleine terre non recouverts de terres saines ;
- la culture et la plantation d'arbres ou arbustes fruitiers, de plantes potagères ou d'herbes aromatiques en pleine terre.

**Par ailleurs, toute intervention par une quelconque personne physique ou morale, publique ou privée, visant à un changement d'usage ou de projet d'aménagement par rapport à l'usage considéré nécessite la réalisation au préalable, aux frais et sous la responsabilité de la personne à l'initiative du projet concerné, d'études techniques (conformes aux prescriptions ministérielles en vigueur) garantissant l'absence de risque pour la santé et l'environnement en fonction des travaux projetés.**

## 6.2 Protection des ouvrages de surveillance

Des restrictions devront être mises en place de manière à ce que les ouvrages de surveillance (piézomètres et piézair) présents sur le site ou implantés ultérieurement pour assurer la surveillance des milieux, soient conservés en bon état d'usage par le propriétaire et les usagers du site, et protégés lors des éventuels travaux sur site. Ce réseau de surveillance doit rester accessible aux représentants de l'Etat, aux représentants du maître d'ouvrage ou à toute autre personne ou sociétés mandatées par ceux-ci sur la période de suivi périodique de la qualité des eaux. Ils doivent être remis en état en cas de dommages.

## 6.3 Restriction sur l'infiltration d'eau au droit du site

Etant donné la présence de polluants non inertes dans les sols au droit du site, l'infiltration d'eau est interdite au droit des zones reconnues impactées et tout projet d'infiltration d'eau pluviale au droit du site est soumis au préalable à la réalisation d'études permettant de démontrer la compatibilité des sols avec l'infiltration. Ces études devront être validées par l'administration.

## 6.4 Restriction d'usages des eaux souterraines

L'usage des eaux souterraines au droit du site est a priori exclu. Tout usage sera soumis au préalable à la réalisation d'études permettant de démontrer la compatibilité entre l'usage et la qualité des eaux. Ces études devront être validées par l'administration.

## 6.5 Réalisation d'affouillement ou de tranchée sur le site

**Après travaux de réhabilitation, les matériaux qui pourraient être excavés pour la réalisation d'affouillement, de tranchées ou de pieux par exemple, et non réutilisables sur le site suivant un protocole adapté à leur qualité, devront être éliminés vers des filières adaptées. Le porteur de projet devra procéder aux analyses utiles pour la gestion des matériaux excavés. Les coûts inhérents à la gestion des terres excavées restent à la charge du porteur de projet. La traçabilité de ces terres doit être assurée.**

## 6.6 Mesures de protection des travailleurs lors des éventuels chantiers sur site

Compte tenu de la pollution résiduelle sur le site, un plan d'hygiène/sécurité pour la protection de la santé des travailleurs et des employés du site ainsi que le respect des consignes habituelles d'hygiène et de sécurité du domaine du BTP au cours de travaux portant sur les sols et les eaux souterraines devront être mis en œuvre, afin de réduire, autant que possible le contact avec les sols, les poussières et les eaux souterraines.

## 6.7 Réseaux enterrés d'eau potable

Les réseaux enterrés d'eau potable devront être mis en place dans des tranchées remplies de sables propres. Les déblais extraits pour la réalisation des tranchées devront être caractérisés et évacués vers une filière adaptée si besoin en fonction de leur qualité. Les matériaux utilisés devront s'opposer à la perméation des COV.



## 7. Schéma conceptuel

### 7.1 Usage des milieux

#### 7.1.1 Projet d'aménagement/usage pris en compte/environnement du site

Le projet d'aménagement comporte (cf. **Figure 2** présenté en paragraphe 1.2) :

- des logements collectifs à l'est avec espaces verts extérieurs dont certains à usage privés (zone 1). Il est à noter que la configuration de ces bâtiments n'est pas fixée ;
- les activités artisanales en partie centrale (zones 2, 3, 4 et 7). A noter qu'un usage de logements est prévu en niveau R+1 dans un des bâtiments de la zone 4 ;
- des commerces en niveau de plain-pied et des logements en niveau R+1 en partie sud de l'ancien site EIF (zone 5) ;
- un hôtel en partie nord-ouest de l'emprise du site EIF (zone 6) ;
- une parcelle dédiée à une activité d'agriculture urbaine à l'Ouest du site (**hors cadre du présent plan de gestion**).

#### 7.1.2 Hypothèses d'aménagement considérées dans le cadre de cette étude,

En première approche, nous avons considéré les dispositions suivantes :

- les bâtiments des zones 2, 3 et 4 sont conservés (partiellement pour la zone 4) et seront rénovés (clos et couvert) ;
- au niveau des bâtiments qui seront construits (Zone 1, 5, 6 et 7) :
  - les sols de surface seront décapés sur 50 cm pour la réalisation des plateformes ;
  - les bâtiments seront de plain-pied ; aucun sous-sol n'est prévu ;
- les surfaces extérieures sont recouvertes après décapage des sols de surface par 50 cm de terre végétale saine rapportée (et séparées des terrains laissés en place par un grillage avertisseur), des dalles bétons ou de l'enrobé ;
- les ventilations des bâtiments sont celles classiquement trouvées dans les constructions :
  - $7,2 \text{ j}^{-1}$  pour les habitations (en l'absence d'information sur le taux de renouvellement d'air envisagé dans les futures constructions) ;
  - $24 \text{ j}^{-1}$  pour les bureaux ou zones d'activités (commerce).

#### 7.1.3 Enjeux/cibles à considérer

Les enjeux à considérer **sur site** sont les futurs usagers du site (adultes et enfants résidents pour les zones logements, adultes travailleurs pour les zones d'activités).

Dans le cadre de cette étude, **aucun enjeu hors site n'est pris en compte**. Cependant, un impact en BTEX et solvants chlorés dans les eaux souterraines étant mis en évidence au droit de l'emprise étudié, ces polluants migrent hors site via les eaux souterraines.

## 7.2 Voies de transferts depuis les milieux impactés vers les milieux d'exposition

L'ensemble du terrain, à l'issue des aménagements, sera recouvert par des bâtiments, des voiries ou des espaces verts recouverts de 50 cm de terres végétales saines ; la seule voie de transfert à considérer est donc la volatilisation des composés volatils.

La perméation des composés vers les canalisations d'eau potable n'est pas retenue. **En effet, le cadre de l'aménagement, les futures canalisations seront mises en place dans des matériaux sains et seront en matériaux anti-perméation. Pour les canalisations actuellement présentes sur site et sur lesquelles il y a une restriction d'usage des eaux, des vérifications de la qualité des eaux seront effectuées et le cas échéant, ces canalisations seront remplacées par de nouvelles anti-perméation.**

## 7.3 Voies d'expositions sur site

Au regard des aménagements prévus, la seule voie d'exposition à considérer est l'inhalation de composés volatils issus du milieu souterrain (ZNS<sup>9</sup> et ZS<sup>10</sup>). La sélection des voies d'exposition ainsi que l'argumentaire de cette sélection sont présentés dans le tableau ci-après :

**Tableau 21 : Voies d'exposition retenues**

VOIES D'EXPOSITION	Habitations	Bureaux	RAISON DE LA SELECTION
	Adultes et enfants résidents	Adultes travailleurs	
Inhalation de polluant sous forme gazeuse	Oui	Oui	Du fait de la présence de composés volatils dans les sols, les gaz du sol et la nappe
Inhalation de polluant adsorbé sur les poussières du sol	Non	Non	En raison de la couverture des sols (dallage, bâtiments, terre végétale), l'inhalation de poussières ne peut plus se produire
Inhalation de vapeur d'eau polluée*	Non	Non	Les conduites AEP seront mises en place dans des sablons propres et seront en matériaux anti-perméation
Ingestion directe de sol et/ou de poussières	Non	Non	Les sols de surface seront recouverts par de la terre végétale saine ou par un dallage, des bâtiments ou de l'enrobé
Ingestion d'aliments d'origine végétale cultivés sur ou à proximité du site	Non	Non	Non considéré dans cette étude mais sera pris en compte dans la zone Ouest de l'appel à projet et extrapolé sur la zone Est (zone 1 = logements individuels)
Ingestion d'aliments d'origine animale à partir d'animaux élevés ou pêchés à proximité du site	Non	Non	Absence d'élevages actuellement et dans le futur sur site ou dans le voisinage
Ingestion d'eau contaminée	Non	Non	Les conduites AEP seront mises en place dans des sablons propres et seront en matériaux anti-perméation
Absorption cutanée de sols et/ou de poussières	Non	Non	Absence de relations dose-réponse dans la littérature scientifique**
Absorption cutanée d'eau contaminée (bain, douche, baignade en gravière)	Non	Non	Les conduites AEP seront mises en place dans des sablons propres et seront en matériaux anti-perméation
Absorption cutanée de polluant sous forme gazeuse	Non	Non	Voie d'exposition négligeable devant la voie inhalation de vapeur. Absence de relations dose-réponse dans la littérature scientifique

\* voie d'exposition considérée par la comparaison entre les concentrations dans les eaux utilisées et les concentrations maximales admissibles dans les eaux potables (voir paragraphe des investigations sur les eaux souterraines).

<sup>9</sup> ZNS : Zone Non Saturée

<sup>10</sup> ZS : Zone Saturée

Les schémas conceptuels par zones sont présentés dans les figures suivantes. Ils sont présentés hors dispositions constructives particulières en vue de limiter les transferts de polluants volatils vers l'air intérieur.

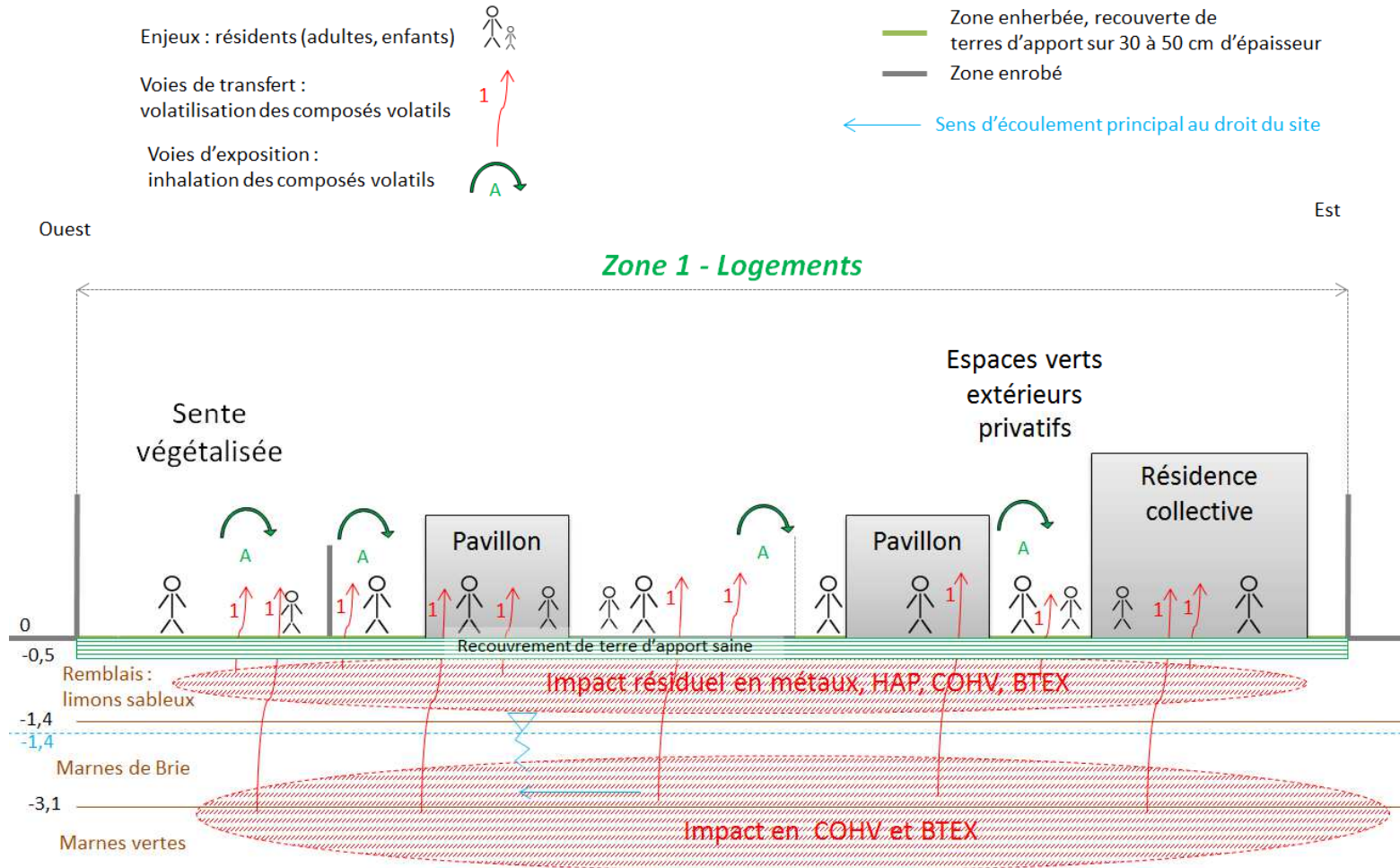


Figure 33 : schéma conceptuel – zone 1 (futurs logements)



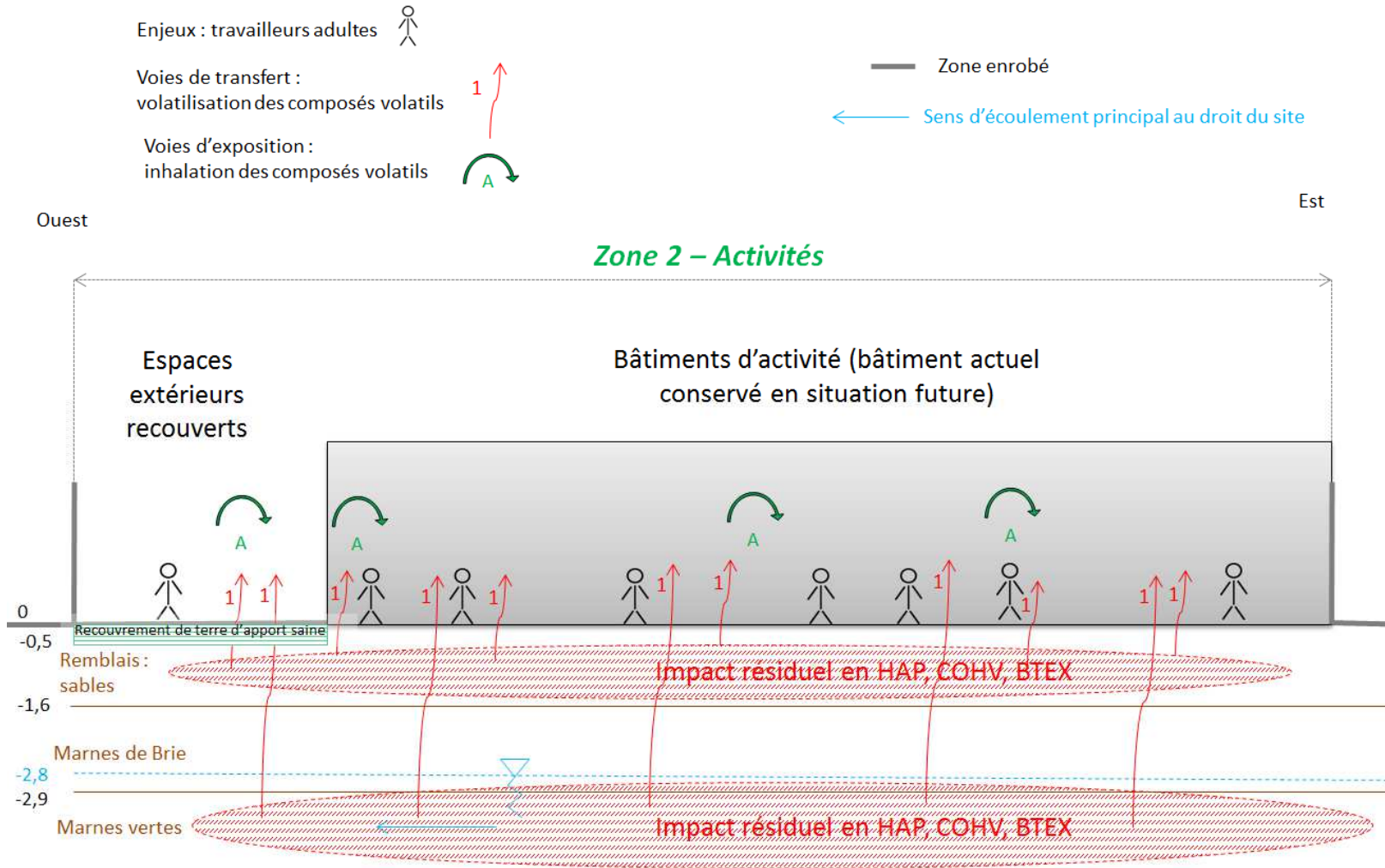


Figure 34 : schéma conceptuel – zone 2 (futurs bâtiments d'activités)

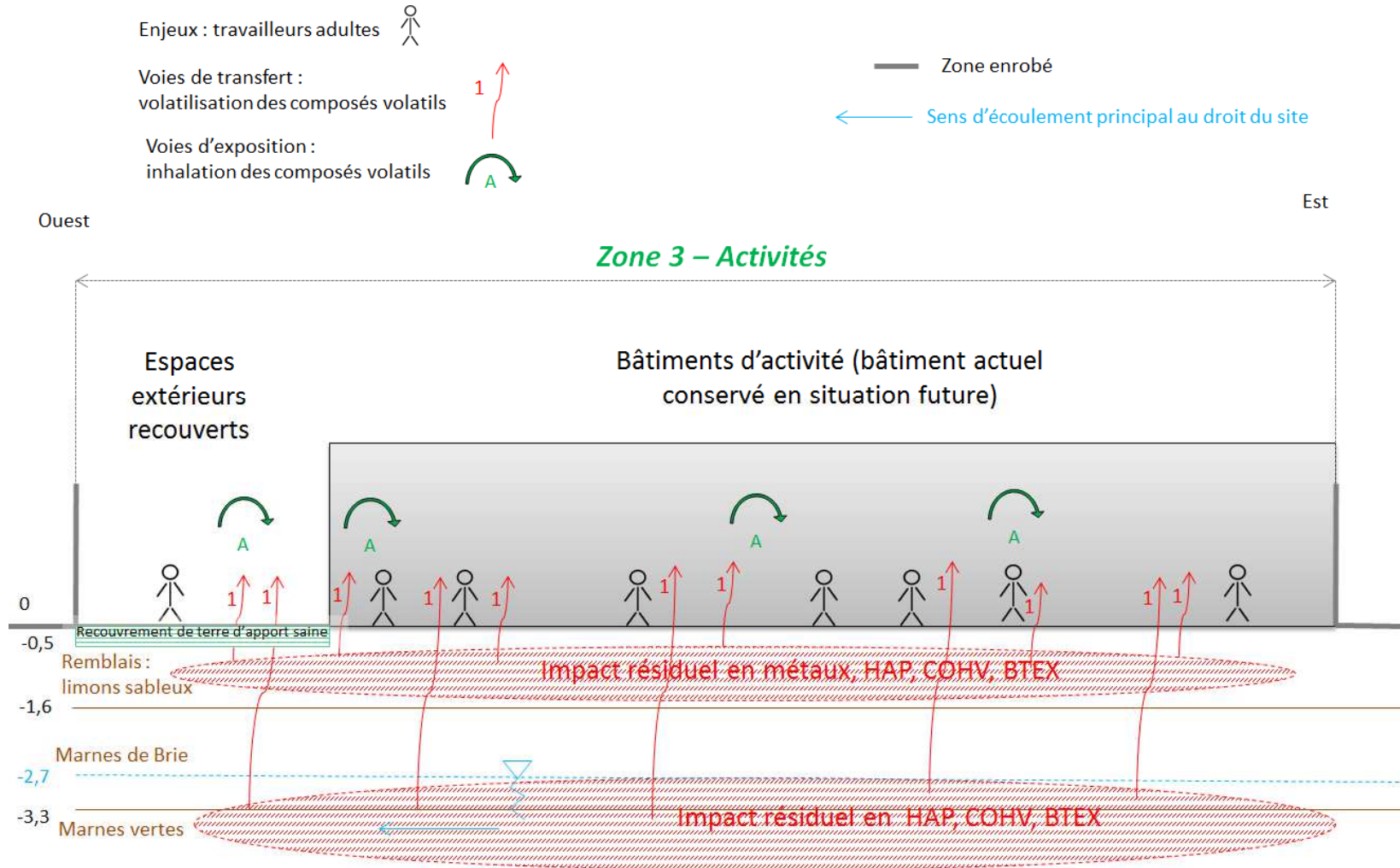


Figure 35 : schéma conceptuel – zone 3 (futurs bâtiments d'activités)

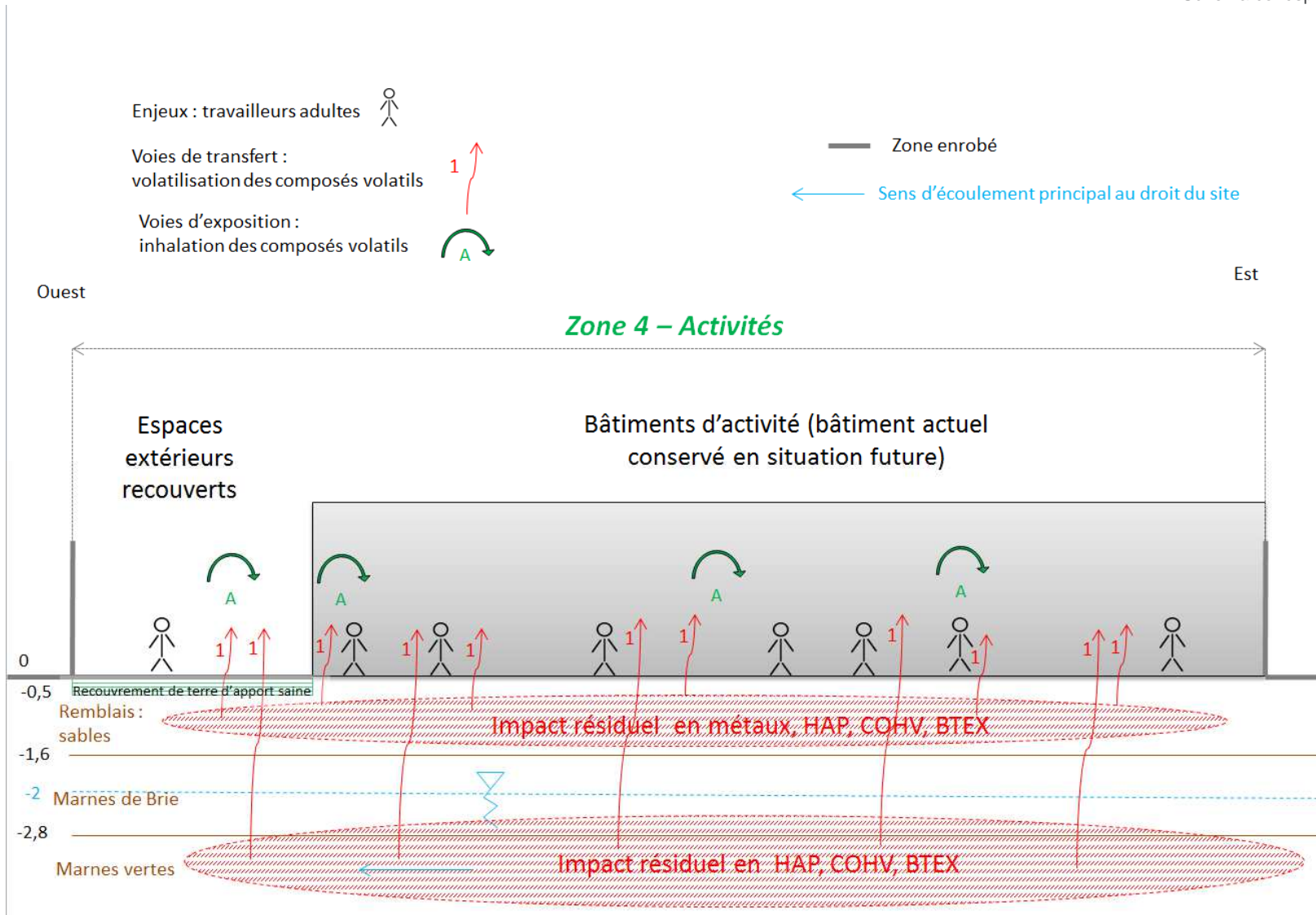


Figure 36 : schéma conceptuel – zone 4 (futurs bâtiments d'activités)

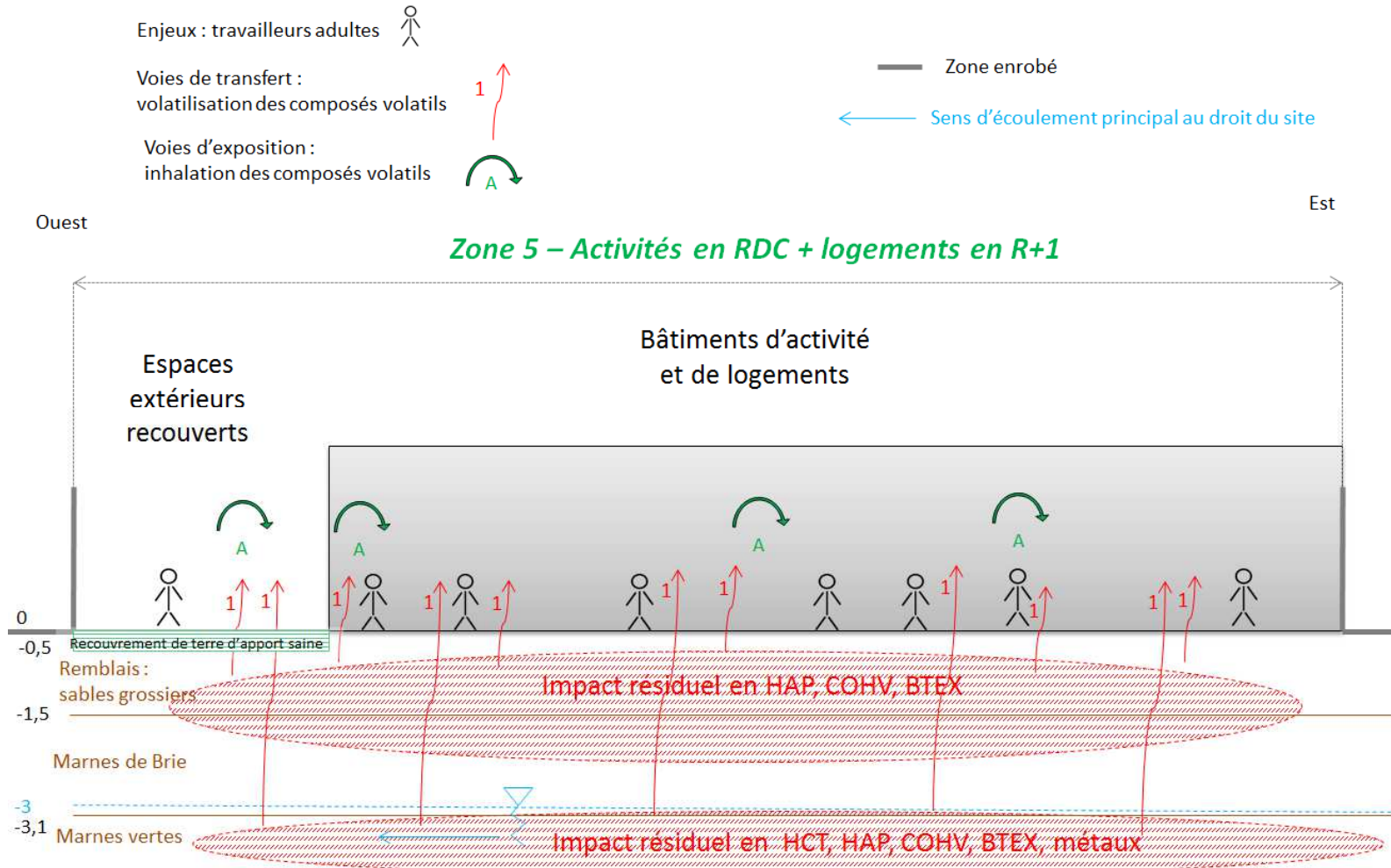


Figure 37 : schéma conceptuel – zone 5 (futurs bâtiments d'activités en niveau RDC et habitation en niveau R+1)



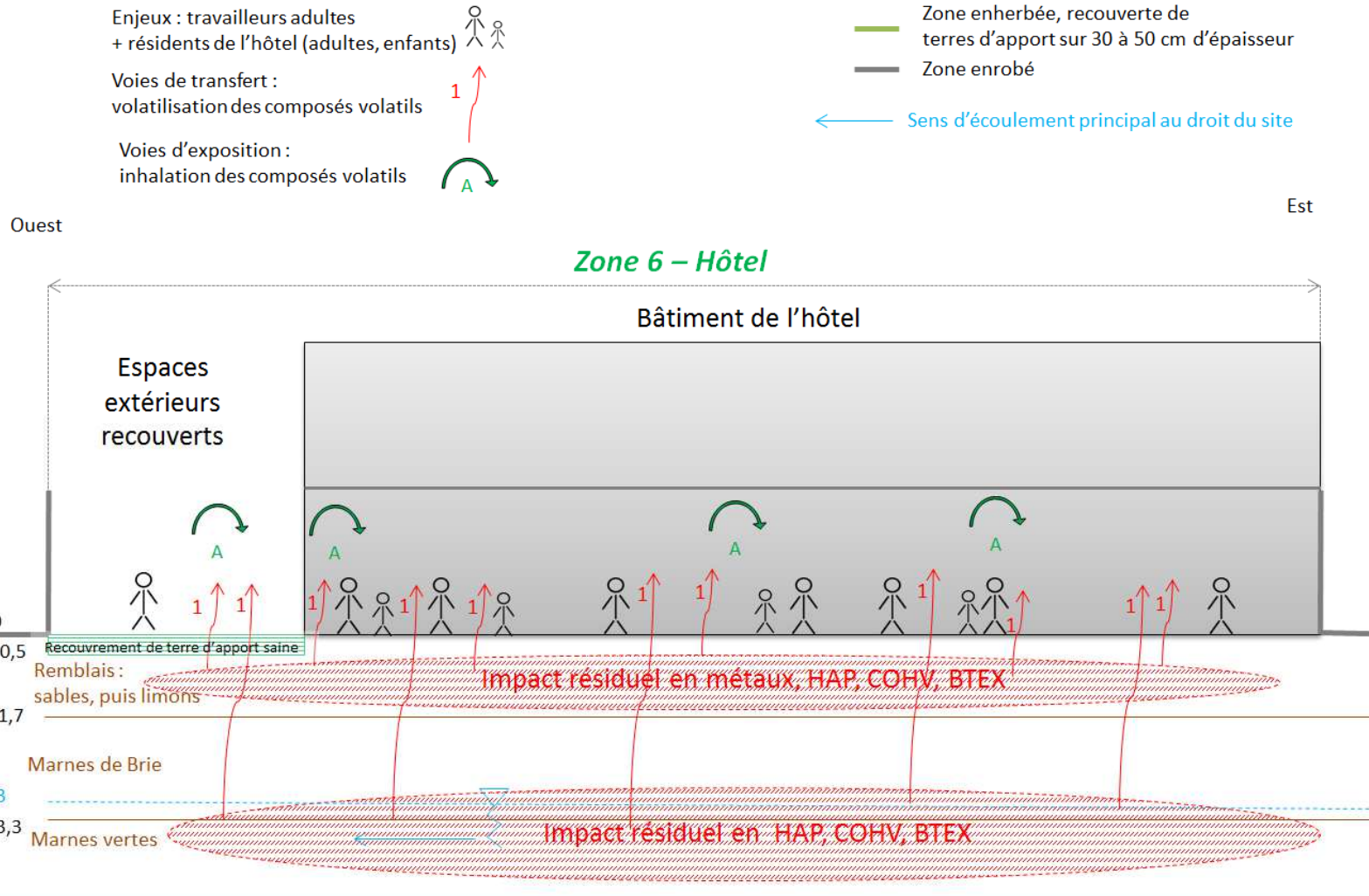


Figure 38 : schéma conceptuel – zone 6 (futur hôtel)

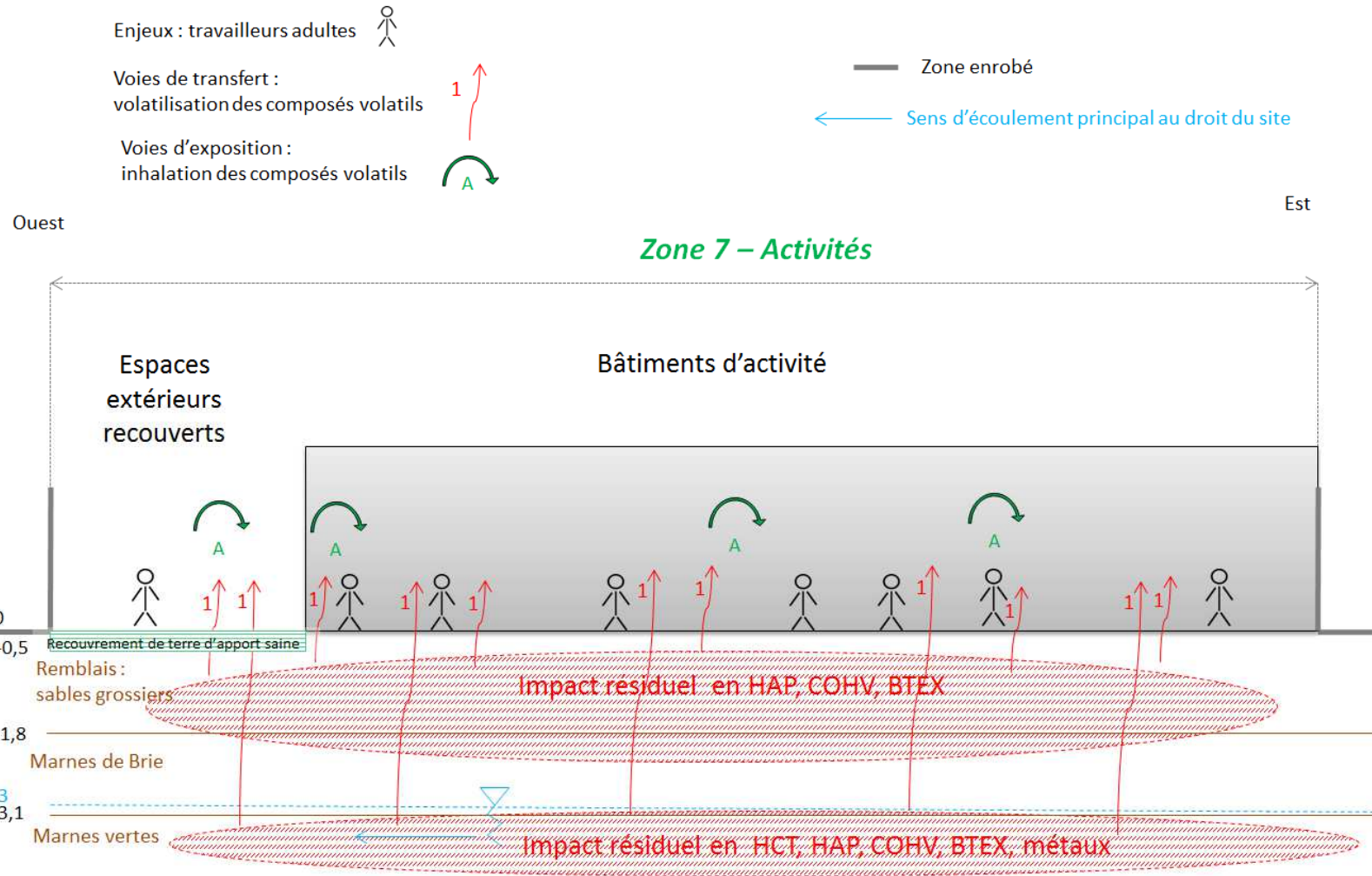


Figure 39 : schéma conceptuel – zone 7 (futurs bâtiments d'activités)

## 8. Analyse des enjeux sanitaires

### 8.1 Contexte et méthodologie

Conformément aux textes ministériels relatifs à la gestion des sites et sols pollués de 2007 puis 2017, la compatibilité entre l'état attendu des terrains après mise en œuvre des mesures de gestion proposées 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 sols) 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 ou « ARR prédictive »). Les calculs de risque sont menés sur des concentrations résiduelles estimées en tenant compte des performances connues des techniques de dépollution. 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. Une ARR prédictive apporte une certaine garantie sur l'acceptabilité sanitaire mais ne remplace pas celle réalisée à l'issue des travaux de réhabilitation ;
- *a posteriori* (à réception des travaux de réhabilitation ou « ARR fin de travaux »). Dans ce cas, à l'issue des travaux, les concentrations résiduelles mesurées lors du récolement et les caractéristiques des aménagements prévus sont intégrées à l'ARR afin de statuer sur la compatibilité entre les pollutions résiduelles et les usages.

L'analyse des enjeux sanitaires qui est ici réalisée est effectuée a priori, avant les travaux de réhabilitation, en considérant les teneurs mesurées dans les terrains qui resteront en place au droit du site.

Par ailleurs, en première approche, cette analyse des enjeux sanitaires est également réalisée sur les données actuelles dans les différents milieux, sans tenir compte d'opérations de dépollution sur les zones situées en dehors des zones sources concentrées. Au droit des zones 5 et 7 (zones sources concentrées) un abattement des concentrations lié aux traitements à venir est intégré (zone 7 notamment).

Les concentrations sols et nappe ont été considérées systématiquement dans tous les calculs.

Les résultats issus des gaz du sol ont également été pris en compte en étude de sensibilité

La méthodologie appliquée est conduite en 4 étapes :

- Etape 1 : Identification des dangers ;
- Etape 2 : Caractérisation des Relation dose-réponse ;
- Etape 3 : Estimation des expositions ;
- Etape 4 : Caractérisation des risques.

Cette méthodologie nécessite l'étape préalable de choix justifié et raisonné des composés et concentrations à prendre en compte.

## 8.2 Composés et concentrations retenues dans les différents milieux

La synthèse des investigations sur le site, combinée aux scénarios d'expositions retenus, permet de réaliser la sélection des composés à prendre en compte pour les milieux d'exposition considérés.

La seule voie d'exposition retenue est l'inhalation de composés volatils. Du fait qu'on ne dispose pas de plusieurs campagnes de caractérisation des gaz des sols à ce stade et que la densité de données sur les gaz des sols est faible, nous retiendrons :

- au droit des zones de pollution concentrées qui seront traitées (zones 5 et 7), les teneurs résiduelles attendues en ZNS et ZS à l'issue du traitement. Il est à noter que les abattements retenus à ce stade sont volontairement sécuritaires ;
- au droit des autres zones, les concentrations mesurées dans les sols et les eaux souterraines sont prises en compte ;
- à noter, qu'un décapage des sols de surface sur 0,5 m est pris en compte au droit des zones 1 et 6.

Les concentrations retenues sont présentées en **Annexe 10** pour chaque zone d'étude ainsi que les éventuelles mesures constructives complémentaires retenues.

## 8.3 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. Différents effets toxiques peuvent être considérés.

Pour les substances prises en compte dans le cadre de cette évaluation, les effets toxiques ont été collectés et notamment les effets cancérogènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (altération du patrimoine génétique) ainsi que les effets sur la reproduction (reprotoxicité).

En ce qui concerne le potentiel cancérogène, différents organismes internationaux (l'OMS, l'Union Européenne et l'US-EPA) distinguent différentes catégories ou classes. 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.

L'ensemble des voies d'exposition a été traité 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).

L'ensemble des informations concernant le potentiel toxique des substances retenues est reporté en Annexe 9.



## 8.4 Caractérisation des Relation dose-réponse

L'évaluation quantitative de la relation entre la dose (ou la concentration) et l'incidence de l'effet néfaste permet d'élaborer la **Valeur Toxicologique de Référence** (VTR). Des VTR sont établies par diverses instances internationales ou nationales<sup>11</sup> à partir de l'analyse des données toxicologiques expérimentales chez l'animal et/ou des données 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, deux grands types d'effets toxiques peuvent être distingués :

- les effets à seuil pour lesquels il existe un seuil d'exposition en dessous duquel l'effet néfaste n'est pas susceptible de se manifester ;
- les effets sans seuil pour lesquels la probabilité de survenue de l'effet néfaste croît avec l'augmentation de la dose.

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.

Les valeurs toxicologiques de référence sont synthétisées dans le tableau suivant. Les relations dose-réponse des composés retenus sont détaillées en **Annexe 9**.

Nous rappelons qu'aucune VTR relative aux effets à seuil du TCE par inhalation n'est actuellement reconnue comme valide par le groupe d'expert de l'Anses (2013).

Ce même groupe d'expert a néanmoins défini une VGAI. Cette valeur ne peut en aucun cas (conformément à la note DGS/DGPR d'octobre 2014) être utilisée pour réaliser un calcul de risque mais elle peut permettre 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.

<sup>11</sup> IRIS US-EPA (Integrated Risk Information System ; US Environmental Protection Agency)

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

OMS (Organisation Mondiale de la Santé)

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)

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

Tableau 22 : Valeurs toxicologiques de référence retenues

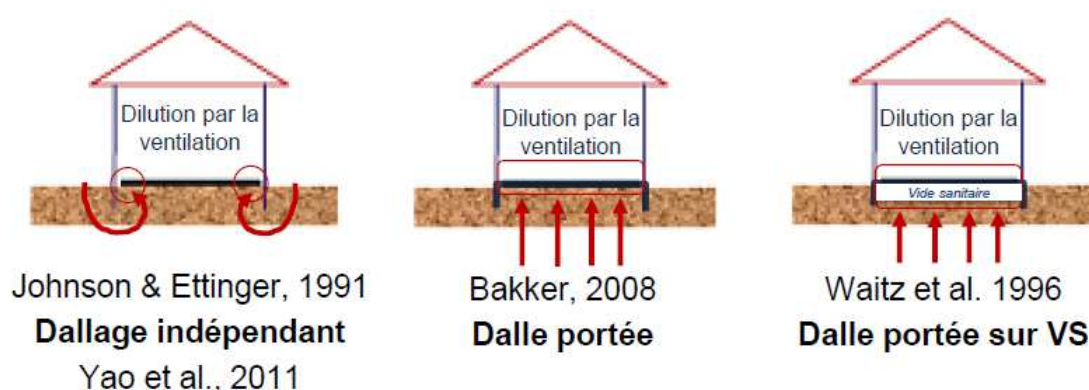
Substance	CAS N°R	Effets sans seuil			Effets à seuil			
		ERUf (mg/m3)-1	TYPE CANCER	SOURCE	Rfc (mg/m3)	ORGANE	SOURCE	SF
<b>METAUX ET METALLOIDES</b>								
Mercuré (Hg)	non adéquat		-	-	0,0002	SNC	ATSDR, 1999	30
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</b>								
Naphtalène	91-20-3	5,60E-03	neuroblastome de l'épilt, olfactif	Anses, 2013	0,037	sys. Resp.	Anses, 2013	250
Acenaphthylène	208-96-8	6,00E-04	"	-	-	-	-	-
Acenaphthène	83-29-9	6,00E-04	"	-	-	-	-	-
Fluorène	86-73-7	6,00E-04	"	-	-	-	-	-
Phénanthrène	85-01-8	6,00E-04	"	-	-	-	-	-
Anthracène	120-12-7	6,00E-03	"	-	-	-	-	-
Fluoranthène	206-44-0	6,00E-04	"	-	-	-	-	-
Pyrène	129-00-0	6,00E-04	"	-	-	-	-	-
Benzo(a)anthracène	56-55-3	6,00E-02	"	-	-	-	-	-
Chrysène	218-01-9	6,00E-03	"	-	-	-	-	-
benzo(b)fluoranthène	205-99-2	6,00E-02	"	-	-	-	-	-
benzo(k)fluoranthène	207-08-9	6,00E-02	"	-	-	-	-	-
<b>Benzo(a)pyrène</b>	<b>50-32-8</b>	<b>6,00E-01</b>	<b>tractus respiratoire</b>	<b>US-EPA 2017</b>	0,000002	developpement	US-EPA 2017	3000
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	6,00E-01	"	-	-	-	-	-
benzo(g,h,i) pérylène	191-24-2	6,00E-03	"	-	-	-	-	-
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	193-39-5	6,00E-02	"	-	-	-	-	-
<b>COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS</b>								
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	-	-	-	-
cis 1,2DCE (dichloroéthylène)	156-59-2	-	-	-	0,06	hépatique	RIVM, 2009	3000
trans 1,2DCE (dichloroéthylène)	156-60-5	-	-	-	0,06	hépatique	RIVM, 2009	3000
1,1 DCE (1,1 dichloroéthylène)	75-35-4	-	-	-	0,2	hépatique	US-EPA, 2002	30
VC (chlorure de vinyle)	75-01-4	3,80E-03	Tumeurs hépatiques	Anses, 2012	0,1	hépatique	US-EPA, 2000	30
1,1,2 trichloroéthane	79-00-5	1,60E-02	hépatique	US-EPA, 1987	-	-	-	-
1,1,1 trichloroéthane	71-55-6	-	-	-	1	sys. nerveux	OEHA, 2004	300
1,2 dichloroéthane	107-06-2	3,40E-03	glandes mammaires	ANSES 2008	3	hépatique	ATSDR, 2001	90
1,1 dichloroéthane	75-34-3	1,60E-03	glandes mammaires	OEHA 2011	-	-	-	-
tétrachlorure de carbone (tétrachlorométhane) effet non cancérigène	56-23-5	-	-	-	0,1	hépatique	US-EPA, 2010	100
tétrachlorure de carbone (tétrachlorométhane) effet cancérigène	-	-	-	-	0,038	cancer hépatique	ANSES, 2008	300
TCmA (trichlorométhane ou chloroforme) effet non cancérigène	67-66-3	-	-	-	0,098	hépatique	ATSDR, 1998	100
TCmA (trichlorométhane ou chloroforme) effetcancérigène	-	-	-	-	0,063	cancer rénal	ANSES, 2008	100
<b>COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES</b>								
benzène	71-43-2	2,60E-02	leucémie	Anses, 2014	0,01	sang	ATSDR, 2007	10
toluène	108-88-3	-	-	-	3	sys. Nerveux	Anses, 2012	10
ethylbenzène	100-41-4	-	-	-	1,5	effet ototoxique	ANSES 2016	30
xylènes	1320-20-7	-	-	-	0,22	sys. Nerveux	ATSDR, 2007	300
styrène	100-42-5	-	-	-	0,86	sys. Nerveux	2010	30
Isopropylbenzène (cumène)	98-82-8	-	-	-	0,4	rein	US-EPA, 1997	1000
1,3,5-triméthylbenzène (mesitylène)	108-67-8	-	-	-	0,06	sys. nerveux	US EPA 2016	300
1,2,4 triméthylbenzène (pseudocumène) et 1,2,3 triméthylbenzène	95-63-6	-	-	-	0,06	sys. nerveux	US EPA 2017	301
<b>HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH</b>								
Aliphatic nC>5-nC6	non adéquat	-	-	-	3	sys. nerveux	US-EPA, 2005	300
Aliphatic nC>6-nC8	"	-	-	-	3	sys. nerveux	US-EPA, 2005	300
Aliphatic nC>8-nC10	"	-	-	-	1	sys. Hépatique	TPHCWG, 1997	1000
Aliphatic nC>10-nC12	"	-	-	-	1	sys. Hépatique	TPHCWG, 1997	1000
Aliphatic nC>12-nC16	"	-	-	-	1	sys. Hépatique	TPHCWG, 1997	1000
Aliphatic nC>16-nC35	"	-	-	-	-	-	-	-
Aromatic nC>8-nC10	"	-	-	-	0,2	poids	TPHCWG, 1997	1000
Aromatic nC>10-nC12	"	-	-	-	0,2	poids	TPHCWG, 1997	1000
Aromatic nC>12-nC16	"	-	-	-	0,2	poids	TPHCWG, 1997	1000
Aromatic nC>16-nC21	"	-	-	-	-	-	-	-
Aromatic nC>21-nC35	"	-	-	-	-	-	-	-

## 8.5 Estimation des expositions

### 8.5.1 Concentrations dans les milieux d'exposition

#### 8.5.1.1 Estimation des concentrations dans l'air intérieur et extérieur

La modélisation des transferts des gaz des sols vers l'air intérieur est associée au développement d'outils datant du début des années 1990. Ces outils sont peu nombreux, les principaux utilisés en France qui intègrent le transport diffusif et le transport convectif sont VOLASOIL<sup>[3]</sup> (Waitz et al, 1996) adapté aux situations avec vide sanitaire, le modèle dit de « Johnson and Ettinger »<sup>[4]</sup> (Johnson and Ettinger, 1991) adapté aux constructions en dallage indépendant (avec fissuration périphérique de la dalle liée au séchage) et le modèle développé par Bakker et al (2008)<sup>[5]</sup> pour les constructions en dalle portée ou radier (fondation et dalle d'un seul tenant, sans fissuration périphérique).



**Figure 40 : Représentation schématique des différents modèles de calcul des transferts des sols vers l'air intérieur**

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. Dans tous les cas, on considère que le stock de polluants dans les différents milieux pris en compte diminue pas dans le temps. Cette hypothèse est sécuritaire mais classiquement retenue dans les calculs de risque.

Les équations sont détaillées en **Annexe 11**.

<sup>[3]</sup> 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.

<sup>[4]</sup> 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

<sup>[5]</sup> Bakker et al. 2008 RIVM Report 711701049/2008 : Site-specific human risk assessment of soil contamination with volatile compounds

### ► Hypothèses retenues – paramètres liés au sol et aux aménagements

Les concentrations dans l'air intérieur sont estimées à partir des concentrations mentionnées en **Annexe 10** pour chaque zone. Les hypothèses retenues pour la réalisation des calculs de transferts des sols/gaz des sols/nappe vers l'air intérieur et l'air extérieur, concernant les aménagements et les sols considérés dans les calculs sont rappelées en Annexe 11 et synthétisées pour chaque zone.

### ► Concentrations dans l'air intérieur et extérieur

L'**annexe 10** présente également les concentrations estimées en air intérieur et extérieur pour chaque zone.

## 8.5.2 Estimation des expositions

### 8.5.2.1 Exposition par inhalation

Le calcul de la concentration moyenne inhalée est réalisé avec l'équation générique suivante (guide EDR du Ministère en charge de l'environnement/BRGM/INERIS, version 2000) :

$$CI_j = [C_j \times t_j \times T \times F / T_m]$$

avec :

- $CI_j$  : concentration moyenne inhalée du composé j (en  $mg/m^3$ ).
- $C_j$  : concentration du composé j dans l'air inhalé ( $mg/m^3$ ).
- T : durée d'exposition (années).
- F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an).
- $t_j$  : fraction du temps d'exposition à la concentration  $C_j$  pendant une journée (-)
- $T_m$  : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours).

Les concentrations moyennes inhalées sont calculées à partir des concentrations de gaz dans l'air présentées en **Annexe 10**.

Le détail des calculs est donné en Annexe 11.

### 8.5.2.2 Budget espace-temps (BET)

Le budget espace-temps des cibles considérées est présenté dans les fiches de synthèses pour chaque zone et dont les principes sont rappelés ci-après.

**Tableau 23 : Budgets espace/temps retenus**

Scénario	Cibles		Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée
	Adultes	Enfants	
Habitation de plain-pied	T = 40 ans 330 jours par an 23,6 h/jour en intérieur 0,4h/jour en extérieur*	T = 6 ans 330 jours par an 23,6 h/jour en intérieur 0,4h/jour en extérieur*	- 70 ans (correspondant à la durée de vie considérée par l'ensemble des organismes nationaux et internationaux pour l'établissement de valeurs toxicologiques et l'évaluation des risques) pour les effets cancérigènes quelle que soit la cible considérée
Bureaux/activité de plain-pied	T = 42 ans 220 jours par an 8h/jour en intérieur 0,4h/jour en extérieur*	-	- T (correspondant à durée d'exposition) pour les effets toxiques non cancérigènes quelle que soit la cible considérée
Hôtel de plain-pied	T = 40 ans 330 jours par an 23,6 h/jour en intérieur 0,4h/jour en extérieur*	T = 6 ans 330 jours par an 23,6 h/jour en intérieur 0,4h/jour en extérieur*	- T (correspondant à durée d'exposition) pour les effets toxiques non cancérigènes quelle que soit la cible considérée



Dans une approche sécuritaire, les résidents de l'hôtel ont été assimilés à des habitants de logement, avec des durées d'exposition cohérentes avec des résidents adultes et enfants.

Les données utilisées sont issues de la synthèse des travaux du département santé environnement de l'institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition<sup>12</sup> 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 8 h/jour correspondent aux durées « classiques » du travail en France.

Pour les durées d'exposition dans le contexte de l'habitat, nous avons considéré une durée de 40 années. Elle correspond au centile 98 des valeurs présentées par l'US-EPA (EFH, 1997).

Pour les fréquences d'exposition, nous retiendrons le percentile 95 des données présentées dans la synthèse de l'INVS sur les variables humaines d'exposition. Sur la base des données collectées dans le cadre de la Campagne nationale de logements (CNL) menée entre 2003 et 2005 sur 567 résidences principales, ce document indique que le percentile 95 du temps passé à l'intérieur du logement toutes tranches d'âge confondues est de 23,6 h/jour. Pour le temps passé dans le garage attenant, le percentile 95 est de 0,2 h/jour.

## 8.6 Quantification des risques sanitaires

### 8.6.1 Méthodologie

#### 8.6.1.1 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) pour une exposition par inhalation 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. Les documents du ministère en charge de l'environnement de février 2007, confirmés par ceux de 2017, relatifs aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, considèrent 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.

<sup>12</sup> Demeureaux C, Zeghnoun A. Synthèse des travaux du département santé environnement de l'institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition. Saint Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2012. 28p.

### 8.6.1.2 Estimation du risque pour les effets toxiques à seuil

Pour les effets toxiques à seuil et une exposition par inhalation, 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.

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 en premier **niveau d'approche**.

### 8.6.2 Quantification des risques sanitaires résiduels au droit du site

**Les quotients de danger et excès de risques individuels liés aux différentes expositions ont été calculés à partir des valeurs toxicologiques (Tableau 20) et des niveaux d'exposition estimés au paragraphe précédent. Le détail du calcul est donné en Annexe 11.**

La méthodologie adoptée est celle préconisée par les circulaires ministérielles de février reprise dans les textes d'avril 2017. L'évaluation du risque nécessite la prise en compte simultanée d'expositions par différentes voies et concerne l'ensemble des substances pour lesquelles on considérera ici l'additivité des risques.

L'ensemble des résultats pour chaque zone est reporté en chapitre 8.7.

## 8.7 Données d'entrée retenues spécifiques à chaque zone

En plus des mesures générales d'aménagement rappelées au § 7.3.2 et les critères sur les polluants et concentrations retenues rappelées au § 8.2 ; sont précisés ci-dessous les spécificités liées à chaque zone en termes de principes de mesures constructives retenues et de teneurs résiduelles en polluants prises en compte.

Rappelons qu'un travail complémentaire en concertation avec les équipes en charge du projet de construction/réhabilitation doit être mené afin d'optimiser les mesures constructives à mettre en œuvre.

### 8.7.1 Zone 1 – Construction de logements de plain-pied

Hypothèse constructive et concentrations retenues :

- en zone non saturée, concentration maximale dans les sols mesurées au-delà de 0,5 m de profondeur au droit de l'emprise de la zone 1 ; les sols pollués sont considérés être localisés à 10 cm sous la dalle ;
- en zone saturée, concentration maximale mesurée dans la nappe au droit de Pz1 et PzC ;
- aucune mesure constructive particulière.

### 8.7.2 Zone 2 – Conservation du bâtiment existant avec extension, Activité en RdC

Hypothèse constructive et concentrations retenues :

- en zone non saturée, concentration maximale mesurée dans les sols au droit de l'emprise de la zone 2 ; les sols pollués sont considérés être localisés à 10 cm sous la dalle ;
- en zone saturée, concentration maximale mesurée dans la nappe au droit de Pz8 et Pz10 ;
- mise en place d'un dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants vers l'air intérieur équivalent à un vide sanitaire ventilé classique. Un exemple de dispositif est disponible en **Annexe 17**.

### 8.7.3 Zone 3 – Conservation du bâtiment existant avec extension, Activité en RdC

- en zone non saturée, concentration maximale mesurée dans les sols dans les sols au droit de l'emprise de la zone 3 ; les sols pollués sont considérés être localisés à 10 cm sous la dalle ;
- en zone saturée, concentration maximale mesurée dans la nappe au droit de Pz2 ;
- mise en place d'un dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants vers l'air intérieur équivalent à un vide sanitaire ventilé classique. Un exemple de dispositif est disponible en **Annexe 17**.

### 8.7.4 Zone 4 – Conservation partielle du bâtiment existant avec extension, activité en RdC et logements en R+1 (partiellement)

- en zone non saturée, concentration maximale mesurée dans les sols dans les sols au droit de l'emprise de la zone 4 ; les sols pollués sont considérés localisés à 10 cm sous la dalle ;
- en zone saturée, concentration maximale mesurée dans la nappe au droit de Pz1 et Pz9 ;
- mise en place d'un dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants vers l'air intérieur équivalent à un vide sanitaire ventilé à étanchéité renforcée.

### 8.7.5 Zone 5 – Construction de locaux de plain-pied, Activité en RdC

- en zone non saturée, l'abattement attendu d'au moins 50 % des teneurs dans les sols n'est à ce stade pas directement pris en compte : nous avons considéré dans le calcul les concentrations maximales en polluants mesurées, mais celles-ci ont été positionnées à 1 m de profondeur par rapport au dallage en se basant sur les données d'analyses et de sondages ;
- en zone saturée, concentration maximale mesurée dans la nappe au droit de Pz3 et PZ5 ;
- mise en place d'un dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants vers l'air intérieur équivalent à un système de drainage des gaz sous bâtiment avec géomembrane d'étanchéité en sous face du dallage ; les mesures constructives à mettre en œuvre pourraient être allégées après prise en compte du facteur d'abattement.

### 8.7.6 Zone 6 – Construction d'un hôtel de plain-pied

- en zone non saturée, après décapage de 0,5m des sols superficiels concentrations moyennes mesurées dans les sols au droit de l'emprise de la zone 6 car les impacts les plus forts sont ponctuels ;
- en zone saturée, concentration maximale mesurée dans la nappe au droit de Pz2, Pz6 et Pz7 ;
- mise en place d'un dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants vers l'air intérieur équivalent à un vide sanitaire ventilé à étanchéité renforcée.

### 8.7.7 Zone 7 – Construction de locaux de plein pied, Activité en RdC

- en zone non saturée, concentration résiduelle en polluants correspondant à un abattement des teneurs dans les sols de 50% après traitement (les concentrations correspondantes aux sondages T31 et T25=Pz4 ont été écartées car considérées comme excavées ou traitées par ailleurs) ; rappelons que ce facteur d'abattement est volontairement conservatoire ;
- en zone saturée, concentration maximale mesurée dans la nappe au droit de Pz5 ;
- mise en place d'un dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants vers l'air intérieur équivalent à un système de drainage des gaz sous bâtiment avec géomembrane d'étanchéité en sous face du dallage.

## 8.8 Bilan des calculs de risque sanitaires

Les calculs réalisés pour chaque zone permettant d'obtenir une compatibilité sanitaire état des milieux / usages sont présentés dans le tableau suivant en tenant compte des dispositions constructives ou d'un abattement lié au traitement. Les détails des hypothèses et calculs et les autres scénarios étudiés sont présentés en **Annexe 11**.



Tableau 24 : Synthèse des scénarii étudiés

Zone	Milieu considéré pour les calculs	Hypothèses constructives	Disposition constructive considérée	Prise en compte des travaux de réhabilitation	Résultats des calculs	Somme des QD / ERI	Commentaires	Compatibilité avec l'usage	Robustesse des résultats	Recommandations	Zone
Zone 1	Sol	Logement de plain-pied	décapage des sols sur 50 cm	non	QD sol adulte = 0,36	QD adulte	Nouveau bâtiment : après décapage de 50 cm des sols existants, la compatibilité sanitaire est assurée en prenant les données sol + nappe. L'étude de sensibilité réalisée sur les gaz du sol confirme ce résultat	OUI	1 seule campagne GDS	Investigations complémentaires GDS pour confirmer les résultats	Zone 1
					QD sol enfant = 0,36	QD adulte					
	Nappe				ERI sol adulte = $4,7 \cdot 10^{-06}$	QD enfant	0,39				
					ERI sol enfant = $7,1 \cdot 10^{-07}$	QD adulte	5,7E-06				
Zone 2	Sol	Bâtiment sur vide sanitaire	oui : vide sanitaire	non	QD sol adulte = 0,02	QD adulte	Bâtiment existant conservé : La compatibilité sanitaire est assurée par la présence du vide sanitaire.	Oui avec disposition constructive	absence de données GDS	Investigations complémentaires GDS ou air sous dalle pour confirmer les résultats voire pour s'affranchir de dispositions constructives	Zone 2
					ERI sol adulte = $4,1 \cdot 10^{-07}$	QD adulte					
	Nappe				QD nappe adulte = 0,01	ERI adulte	2,1E-06				
					ERI nappe adulte = $1,7 \cdot 10^{-06}$	ERI adulte	2,1E-06				
Zone 3	Sol	Bâtiment sur vide sanitaire	oui : vide sanitaire	non	QD sol adulte = 0,23	QD adulte	Bâtiment existant conservé : La compatibilité sanitaire est assurée par la présence du vide sanitaire.	Oui avec disposition constructive	1 seule campagne GDS	Investigations complémentaires GDS pour confirmer les résultats voire pour s'affranchir de dispositions constructives	Zone 3
					ERI sol adulte = $8,6 \cdot 10^{-06}$	QD adulte					
	Nappe				QD nappe adulte = 0,02	ERI adulte	9,8E-06				
					ERI nappe adulte = $1,2 \cdot 10^{-06}$	ERI adulte	9,8E-06				
Zone 4	Sol	Bâtiment sur vide sanitaire	oui : vide sanitaire	non	QD sol adulte = 0,15	QD adulte	Bâtiment existant conservé : La compatibilité sanitaire est assurée par la présence du vide sanitaire.	Oui avec disposition constructive	absence de données GDS	Investigations complémentaires GDS ou air sous dalle pour confirmer la compatibilité sanitaire, éventuellement s'affranchir de dispositions constructives et/ou jouer sur les modalités de ces dispositions	Zone 4
					ERI sol adulte = $2,4 \cdot 10^{-06}$	QD adulte					
	Nappe				QD nappe adulte = $9,99 \cdot 10^{-06}$	ERI adulte	2,4E-06				
					ERI nappe adulte = $9,1 \cdot 10^{-10}$	ERI adulte	2,4E-06				
Zone 5	Sol	Bâtiment de plain-pied + drainage sous bâtiment	oui : drainage sous bâtiment avec géomembrane sous la dalle	non	QD sol adulte résident = 0,25	QD adulte	Nouveau bâtiment Installation au droit d'une zone source : disposition constructive obligatoire.	Oui avec disposition constructive	Oui	Travail sur les dispositions constructives pour les adapter au mieux en prenant en compte les résultats des tests de traitabilité sur l'effet du traitement	Zone 5
					QD sol adulte travailleur = 0,09	QD adulte					
	Nappe				QD sol enfant = 0,28	QD travailleur	0,11				
					ERI sol adulte résident = $2,2 \cdot 10^{-07}$	QD enfant	0,35				
Zone 6	Sol	Hôtel sur vide sanitaire	décapage des sols sur 50 cm	concentrations moyennes considérées sur la zone	QD sol adulte résident = 0,24	QD adulte	Nouveau bâtiment : La compatibilité sanitaire est assurée après décapage des sols sur 50 cm, prise en compte des concentrations sol moyennes ou centile 90 et mise en place d'un vide sanitaire.	Oui avec disposition constructive	1 seule campagne GDS	Investigations complémentaires GDS pour confirmer les résultats du scénario 1 et adapter au mieux les modalités des mesures constructives	Zone 6
					QD sol adulte travailleur = 0,12	QD adulte					
	Nappe				QD sol enfant = 0,31	QD travailleur	0,13				
					ERI sol adulte résident = $4,4 \cdot 10^{-06}$	QD enfant	0,33				
Zone 7	Sol	Bâtiment de plain-pied + drainage sous bâtiment + 50 % CC max	oui : drainage sous bâtiment avec géomembrane sous la dalle	Oui : abattement des concentrations sols de 50% suite au traitement	QD sol adulte = 0,12	QD adulte	Nouveau bâtiment Installation au droit d'une zone source : disposition constructive obligatoire. L'effet du traitement permet d'obtenir la compatibilité sanitaire	Oui avec disposition constructive	Oui avec disposition constructive	Travail sur les dispositions constructives pour les adapter au mieux en prenant en compte les résultats des tests de traitabilité sur l'effet du traitement	Zone 7
					ERI sol adulte = $8,3 \cdot 10^{-06}$	QD adulte					
	Nappe				QD nappe adulte = 0,02	ERI adulte	9,4E-06				
					ERI nappe adulte = $1,1 \cdot 10^{-06}$	ERI adulte	9,4E-06				

## 8.9 Analyse des incertitudes

L'analyse des incertitudes d'une évaluation des risques et la sensibilité des paramètres retenus pour cette évaluation est une partie intégrante d'un calcul de risque sanitaire. Afin de ne pas alourdir cette analyse les paramètres clés de l'évaluation réalisée sont ici discutés ainsi que leurs incidences sur les résultats de l'évaluation. Ces paramètres clés sont dépendants des scénarios d'exposition et des substances retenues.

**Tableau 25 : Variables générant les incertitudes majeures de l'évaluation**

Variable	Voie d'exposition touchée	Poids dans l'évaluation	Approche retenue			
<b>Non prise en compte de l'exposition au bruit de fond</b>						
Bruit de fond	Inhalation et Ingestion de sols et/ou poussières	Faible	<p>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 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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 ;</li> <li>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.</li> </ul>			
<b>Choix et caractéristiques des composés</b>						
Nature des composés et concentrations retenues	Inhalation intérieur et extérieur	Fort	<b>Sécuritaire</b> : prise en compte des teneurs dans les sols et la nappe ; les calculs menés avec les données gaz des sols dans les zones en disposant montrent toujours des niveaux de risques moindre / calculs depuis les sols et la nappe,			
Cas des hydrocarbures	Inhalation intérieur et extérieur	Fort	<b>Sécuritaire</b> : en l'absence de données sur la répartition entre les composés aromatiques et aliphatiques (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ), les calculs ont été réalisés en prenant 100% de composés aliphatiques puis 100% de composés aromatiques. Les composés engendrant des risques plus importants ont été considérés par la suite. Dans la plupart des cas, les composés aromatiques se sont révélés être les plus pénalisants en termes de risques sanitaires.			
Valeurs Toxicologiques de référence	Inhalation et Ingestion	Faible ou fort	Les VTR ont été retenues conformément à la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués			
Cumul des QD et des ERI	Toutes	Fort	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			
				Somme	Justification	Consensus
			ERI	Oui quels que soient les organes cibles, les types de cancer et les voies d'exposition	On parle de cancer en général quelle que soit la cause ou le mécanisme	Oui, internationaux
			QD	discutable	Approche par organe cible	Proche des consensus nationaux e
	Si SQD>1	Faire la somme par organe cible				
a pas de consensus sur une méthode pour prendre en compte les effets de mélanges.						
<b>Caractéristiques des sources de pollution et concentrations dans les différents milieux</b>						
Source gaz du sol	Inhalation intérieur et extérieur	Fort	<p><b>Sécuritaire</b> pour la campagne de mesure réalisée : prise en compte des résultats les plus pénalisants des gaz du sol, des sols ou de la nappe. La profondeur des polluants sous dalle est supposée être à 0,1 m (sauf zone 5)</p> <p>Compte tenu des dispositions constructives envisagées dans ce scénario, la prise en compte de la source sol à 0,1 m ou 1 m par rapport à la base de la géomembrane n'est pas de nature à modifier les résultats.</p> <p><b>Au vu de la variabilité saisonnière des concentrations dans l'air des sols, et de l'absence de données gaz du sol dans certains, et de la non garantie de la compatibilité sanitaire sur certaines zones et pour certains scénarios, nous recommandons de réaliser des campagnes de mesure complémentaires sur les gaz du sol pour conforter ces calculs.</b></p>			
Source « sol »	Inhalation intérieur et extérieur	Fort	<p><b>Sécuritaire</b> : teneurs maximales retenues (sauf zone 6) en supposant que ces teneurs sont identiques sur l'ensemble d'une zone</p> <p>La réalisation des calculs avec les centiles 90 pour la zone 6 ne modifie pas les conclusions de l'étude, mais les niveaux de risques pour les ERI sont proches de la limite de compatibilité</p>			
Source « nappe »	Inhalation intérieur et extérieur	Fort	<b>Sécuritaire</b> : teneurs maximales retenues en supposant que ces teneurs sont identiques sur l'ensemble d'une zone			
<b>Caractéristiques des sols</b>						
Lithologie	Toutes	Fort	<b>Sécuritaire</b> : Les lithologies ont été adaptées à celles trouvées lors des investigations sur le site et au droit de chaque zone.			
Perméabilité, porosité, teneur en gaz des sols	Toutes	Fort	<b>Sécuritaire</b> : En l'absence de mesures sur site pour chaque lithologies, dans certains cas, les données de la littérature ont été utilisées.			
Fraction de carbone organique	Toutes	Moyen	<b>Sécuritaire</b> : retenir la plus faible valeur du taux de matière organique car la matière organique permet au polluant de se fixer et de se dégrader.			
<b>Paramètres d'aménagement</b>						
Mode constructif	Inhalation dans l'air intérieur	Fort	<p>Les calculs de transfert des pollutions du sol vers l'air intérieur (et les risques induits) ont été calculés en considérant le modèle de Johnson et Ettinger (1991) qui prend en compte un transfert des pollutions à travers les fissures périphériques associées à la rétraction <b>du dallage indépendant</b> lors de son séchage.</p> <p>Si un autre mode constructif était retenu, les calculs de transfert seraient différents et intégreraient dans les calculs la perméabilité de la dalle. Par conséquent, les concentrations dans l'air intérieur seraient modifiées. En l'absence de caractéristiques particulières de la dalle, la valeur de la perméabilité</p>			

Variable	Voie d'exposition touchée	Poids dans l'évaluation	Approche retenue												
			<p>retenue par défaut est de <math>2.10^{-11}</math> m<sup>2</sup> pour les modèles de Bakker et al. (2008) ou Waitz et al. (1996). Dans le cas où le mode constructif serait modifié, la présente ARR serait à mettre à jour.</p> <p>Un vide sanitaire a été considéré sur les zones 2, 3, 4 et 6 avec l'utilisation du modèle de calcul Volasoil. Ainsi, en fonction du mode constructif de la future construction, il pourra être nécessaire de mettre à jour l'ARR et éventuellement le plan de gestion.</p>												
Taille et caractéristique du bâtiment et du dallage	Inhalation dans l'air intérieur	Faible	<p><b>Moyen</b> : pour la plupart des bâtiments des zones d'activité, la surface du bâti a été considérée à 100 m<sup>2</sup>. <b>Sécuritaire</b> : sur la zone 1 et sur la zone 6, il a été supposé la construction de bâtiments de plain-pied sans sous-sol ni vide sanitaire, et la pièce de vie a été considérée égale à 10 m<sup>2</sup> (taille d'une chambre)</p>												
Taux de ventilation des bâtiments	Inhalation dans les bâtiments	Fort	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lieu</th> <th>Renouvellement d'air (h<sup>-1</sup>)</th> <th>Source de la valeur retenue</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Logements (en l'absence de connaissance des systèmes installés)</td> <td>0,3 h<sup>-1</sup></td> <td>Associé au débit minimal de la réglementation pour la ventilation VMC simple flux Hygro A ou B Référence : Arrêté modifié du 28 octobre 1983</td> </tr> <tr> <td>Logements (VMC double flux ou VMC simple flux autoréglable)</td> <td>0,5 h<sup>-1</sup></td> <td>Associé au débit minimal de la réglementation pour ces systèmes Référence : Arrêté du 24 mars 1982</td> </tr> <tr> <td>Bureaux</td> <td>1 h<sup>-1</sup></td> <td>Pour les bureaux et locaux sans travail physique, débit minimum de 25 m<sup>3</sup>/h/personne Référence : R232-5-3 du décret n°84-1093 (code du travail)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ces taux influencent de manière inversement linéaire les concentrations dans les bâtiments et donc les risques induits. Une diminution de ces taux de ventilation est susceptible de remettre en cause les conclusions de l'étude pour chaque zone.</p>	Lieu	Renouvellement d'air (h <sup>-1</sup> )	Source de la valeur retenue	Logements (en l'absence de connaissance des systèmes installés)	0,3 h <sup>-1</sup>	Associé au débit minimal de la réglementation pour la ventilation VMC simple flux Hygro A ou B Référence : Arrêté modifié du 28 octobre 1983	Logements (VMC double flux ou VMC simple flux autoréglable)	0,5 h <sup>-1</sup>	Associé au débit minimal de la réglementation pour ces systèmes Référence : Arrêté du 24 mars 1982	Bureaux	1 h <sup>-1</sup>	Pour les bureaux et locaux sans travail physique, débit minimum de 25 m <sup>3</sup> /h/personne Référence : R232-5-3 du décret n°84-1093 (code du travail)
Lieu	Renouvellement d'air (h <sup>-1</sup> )	Source de la valeur retenue													
Logements (en l'absence de connaissance des systèmes installés)	0,3 h <sup>-1</sup>	Associé au débit minimal de la réglementation pour la ventilation VMC simple flux Hygro A ou B Référence : Arrêté modifié du 28 octobre 1983													
Logements (VMC double flux ou VMC simple flux autoréglable)	0,5 h <sup>-1</sup>	Associé au débit minimal de la réglementation pour ces systèmes Référence : Arrêté du 24 mars 1982													
Bureaux	1 h <sup>-1</sup>	Pour les bureaux et locaux sans travail physique, débit minimum de 25 m <sup>3</sup> /h/personne Référence : R232-5-3 du décret n°84-1093 (code du travail)													
Vieillessement du bâtiment, des systèmes et équipements	Inhalation dans les bâtiments	Fort	<p>Parmi les polluants présents dans les gaz du sol en concentrations supérieures à la valeur guide pour l'air intérieur (VGAI), certains présentent des effets pour lesquels les risques ont été calculés sur le long terme (durées d'exposition de 40 ans).</p> <p>Le vieillissement du bâtiment ne peut être anticipé dans la présente ARR. La défaillance de la ventilation (réduction des débits) en lien avec des défauts d'entretien et de maintenance pourrait conduire à augmenter les concentrations dans l'air intérieur. Ainsi il est recommandé d'inscrire dans les documents supports de l'exploitation (carnet de vie, carnet d'entretien) cet enjeu afin que les futurs exploitants mettent en œuvre l'entretien et la maintenance nécessaire.</p> <p><b>Le vieillissement de la dalle interface entre le sol et l'air intérieur devra être limité (fissuration) et les points singuliers de passage de la dalle (réseaux par exemple) devront être étanchés. Ainsi, lors de la conception et lors de la construction, cet enjeu devra avoir été considéré.</b></p>												



## 9. Synthèse et recommandations

### 9.1 Synthèse

Le site de l'ancienne usine EIF et ses abords est localisé dans le quartier des « Murs à Pêches » dans le haut Montreuil (93) ; cette emprise foncière est un des sites de l'appel à projet « Réinventons la Métropole du Grand Paris ».

L'emprise à réaménager, d'une superficie d'environ 2 ha, est occupée en partie est par des maisons individuelles, une zone en friche, en partie centrale un ancien site industriel, l'usine EIF et à l'ouest la partie « site classé ». L'emprise objet du présent plan de gestion couvre le site de l'ancienne usine EIF et les terrains situés à l'est de l'usine jusqu'à la rue de la Nouvelle France

BOUYGUES IMMOBILIER UrbanEra étudie, en concertation avec l'EPFIF, les modalités de réaménagement de l'emprise EIF et des parcelles situées à l'est de ce terrain, y compris le traitement des zones « source » ou des zones de pollution concentrée situées au droit du terrain EIF.

Dans ce cadre, BOUYGUES IMMOBILIER UrbanEra a confié à BURGEAP la réalisation d'un plan de gestion, objet du présent rapport.

Le site a un passé industriel important, a partiellement cessé son activité et un projet de réaménagement du site est porté par BOUYGUES IMMOBILIER UrbanEra. Bien que la configuration définitive du site ne soit pas encore figée, le site reste voué à un usage, tertiaire et/ou commercial et de logements.

Il est à noter que les parcelles situées immédiatement à l'ouest du site « EIF » (parcelles cadastrales BZ242, 243, 244 et 331) sont concernées par un appel à projets d'agriculture urbaine porté par la Ville de Montreuil. **Il a été établi que cette parcelle n'est pas concernée par le présent plan de gestion.**

Plusieurs études environnementales comprenant la réalisation d'investigations ont été réalisées entre 2013 et 2018 au droit du site par les bureaux d'études SITA Remédiation/SUEZ Environnement pour le compte de l'EPF Ile de France et par BURGEAP pour le compte de Bouygues Immobilier UrbanEra. Ces études ont donné lieu à la réalisation des investigations suivantes :

- **72 sondages de sol** ont été réalisés jusqu'à 4 m de profondeur, au droit de l'ensemble des parcelles (parcelle ouest concernée par l'appel à projets, ancien site « EIF », parcelles est) ;
- **12 piézomètres** en vue de prélèvement d'eaux souterraines ont été réalisés jusqu'à 6 m de profondeur, au droit de l'ensemble des parcelles (parcelle ouest concernée par l'appel à projets, ancien site « EIF », parcelles est) ;
- **9 point de mesures de la qualité de l'air ambiant** ont été prélevés depuis le début du suivi, dans le bâtiment 1 en RDC (aussi appelé bâtiment F dans certaines études), dans l'actuel bâtiment 3 (aussi appelé bâtiments C et D dans certaines études) en RDC au sud et à l'est, dans le bâtiment et à l'extérieur, dans le bâtiment 4 (aussi appelé bâtiment B dans certaines études) et dans la maison des murs à pêches et dans l'actuel bâtiment 5 (aussi appelé bâtiment A dans certaines études) en RDC et R+1 ;
- **4 piézomètres gaz** à 2 m de profondeur et **4 piézomètres gaz** à 1 m de profondeur ont été réalisés, au droit de l'ancien site « EIF ». Un piézomètre gaz (PZG6) a également été réalisé en 2016 hors site, en bordure sud (rue Marcel Largillière) ;
- **1 prélèvement d'eau du robinet** renouvelé 8 fois entre 2014 et 2018 à l'intérieur de l'actuelle brasserie. D'autres prélèvements avaient été mis en place et ont été interrompus en raison de l'interdiction d'utilisation de cette eau suite à des dépassements des valeurs de référence en TCE et PCE.

Ces investigations ont permis d'établir les éléments suivants :

- pour les sols :

Au droit du site « EIF », les analyses réalisées ont mis en évidence des éléments très différents suivants les zones :

- en partie est du site, les sondages n'ont pas recoupé de niveaux de sols significativement impactés ;
- en partie nord-ouest du site, un sondage a mis en évidence une anomalie ponctuelle (teneurs fortes en BTEX (environ 20 mg/kg), COHV (environ 10 000 mg/kg), PCB (12 mg/kg) et hydrocarbures (environ 50 000 mg/kg) en surface ;
- au droit des bâtiments 1 et 2 (respectivement F et E dans certaines études) : les sondages ont mis en évidence des anomalies en composés organiques avec des teneurs fortes en BTEX jusqu'à 1 200 mg/kg et en COHV jusqu'à 4 000 mg/kg en surface et en profondeur ;

Au droit de la zone est (prévue pour la réalisation des futurs logements), les analyses réalisées ont mis en évidence des teneurs en composés organiques faibles, à l'exception d'un sondage ayant des teneurs un peu plus marquées en hydrocarbures et COHV ;

- pour les eaux souterraines : deux sources de pollution (une en COHV, une en BTEX) ont été identifiées au droit du site :

- au droit des piézomètres Pz1 à Pz4 (réalisés au droit du site « EIF »), les concentrations mesurées en COHV sont comprises entre 12 000 µg/l et jusqu'à presque 2 000 000 µg/l. Au droit des piézomètres PZ2 et PZ5 la dégradation dépasse 50% (ratio molaire pour le cis DCE) tandis qu'au droit de PZ4, la dégradation en cis-DCE est quasiment totale (>90% molaire) ;
- au droit des piézomètres Pz1 à Pz4 (réalisés au droit du site « EIF »), les concentrations mesurées sont comprises entre 3 400 µg/l et jusqu'à 760 000 µg/l ;
- au droit de la parcelle ouest concernée par l'appel à projets d'agriculture urbaine : les piézomètres réalisés au droit de cette zone se trouvent dans le panache de pollution avec des concentrations en BTEX très atténuées (jusqu'à 30 µg/l) et cependant avec un impact significatif en COHV (jusqu'à 7 200 µg/l). Le DCE est majoritaire pour ces deux ouvrages. Le chlorure de vinyle est également détecté au droit de l'un des ouvrages.

- pour l'air ambiant/air intérieur : un suivi a été effectué entre 2014 et 2018 dans plusieurs bâtiments du site. Des dépassements des valeurs de référence sont mesurés selon les points de prélèvements pour les composés suivants :

- les hydrocarbures ;
- le benzène ;
- les COHV ;

- pour l'eau du robinet : un suivi d'eau du robinet à l'intérieur de la brasserie a été effectué entre 2014 et 2018. Depuis 2016, les autres points de prélèvements pour le suivi de la qualité des eaux ne sont plus prélevés en raison de l'interdiction d'utilisation de ces points d'eau suite à des dépassements des seuils de potabilité en TCE et PCE.

Selon les types activités futurs transmis à BURGEAP par BOUYGUES IMMOBILIER UrbanEra et les zones de pollution concentrée identifiées au droit du site (impliquant localement des dispositions constructives de maîtrise des voies de transfert des impacts), 7 schémas conceptuels ont été établis.

Une ARR prédictive a été réalisée pour chacune des zones définies prenant en compte si nécessaire des dispositions constructives particulières pour limiter les transferts des polluants volatils depuis le milieu souterrain vers l'air des bâtiments. **Ces calculs de risques ont été effectués et ont permis d'établir les éléments suivants :**

- Zone 1 : futurs logements collectif à l'est avec espaces verts extérieurs. Avec les conditions d'études retenues (notamment le décapage des terres superficielles sur une épaisseur de 0,50 m au droit de l'ensemble du site), les niveaux de risque estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité ;
- Zone 2 : activités artisanales (avec conservation du bâtiment actuel). Avec la mise en œuvre d'un dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants, les niveaux de risque estimés depuis les sols sont inférieurs aux critères d'acceptabilité ;
- Zone 3 : activités artisanales (avec conservation du bâtiment actuel). Avec la mise en œuvre d'un dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants, les niveaux de risque estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité ;
- Zone 4 : activités artisanales (avec conservation partielle du bâtiment actuel) + logements en R+1 au droit d'un des bâtiments. Avec la mise en œuvre d'un dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants, les niveaux de risque estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité ;
- Zone 5 : activités artisanales en RDC et logements en R+1. Avec la mise en œuvre d'un dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants, les niveaux de risque estimés depuis les sols et la nappe sont inférieurs aux critères d'acceptabilité ;
- Zone 6 : futur hôtel. Avec le décapage des sols sur 50 cm, la prise en compte des concentrations moyennes dans les sols et dispositif constructif s'opposant au transfert des polluants au droit du bâtiment, les niveaux de risque sont inférieurs aux critères d'acceptabilité ;
- Zone 7 : activités artisanales en RDC. avec la mise en œuvre d'un drainage des gaz sous bâtiment, de l'enlèvement de certains spots et la prise en compte d'un abattement sécuritaire des concentrations résiduelles suite au traitement, les niveaux de risque estimés depuis sont inférieurs aux critères d'acceptabilité.

Sur la base d'une approche statistique de l'ensemble des données disponibles, deux zones de pollution concentrée (une principalement par les BTEX, l'autre principalement par les COHV) ont été identifiées. Un bilan coût-avantages des techniques de traitement disponibles a été effectué.

A l'issue du bilan coûts-avantages, la **solution du traitement in situ reste la plus adaptée à la typologie du site et du projet mais nécessite des approfondissements pour optimiser au mieux sa mise en œuvre et sécuriser le projet.**

Le montant estimé des travaux est rappelé dans le tableau ci-dessous.

POSTE	Budget Traitement de la pollution	Incertitude	Valeur Max
Traitement hors site ZNS T31	65 000,00 €	30%	84 500,00 €
Traitement par venting ZNS	220 000,00 €	15%	253 000,00 €
Traitement par réduction in situ	485 000,00 €	20%	582 000,00 €
Traitement EMP T34	140 000,00 €	20%	168 000,00 €
Dépollution fosse à ciel ouvert	5 000,00 €	0%	5 000,00 €
MOE	142 000,00 €	10%	156 200,00 €
Surcout décapage des plateformes (ensemble du site EIF <b>Hormis bâtiments non détruits, zone logements et futur hôtel</b> )	250 000,00 €	30%	325 000,00 €
Surcout traitement déblais pieux/longrines	100 000,00 €	30%	130 000,00 €
Surcout décapage 50cm hôtel et zone est	165 000,00 €	40%	231 000,00 €
Dispositions constructives sur batiments neufs	210 000,00 €	15%	241 500,00 €
Dispositions constructives sur batiments réhabilités	340000 (chiffrage fourni par UrbanEra)		340 000,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>2 122 000,00 €</b>	<b>16%</b>	<b>2 516 200,00 €</b>

Pour réduire les incertitudes et sécuriser le projet, notamment dimensionner plus précisément les dispositifs constructifs nécessaires à l'atteinte de la compatibilité sanitaire, des données complémentaires sont nécessaires.



## 9.2 Recommandations

### 9.2.1 Surveillance de l'état environnemental des milieux

#### Phase travaux

Lors de la réalisation des travaux, un suivi de la qualité des milieux sols, eaux souterraines et gaz du sol devra être réalisé afin de mesurer l'évolution de la qualité de ces milieux, et notamment la mobilisation des polluants due à la mise en œuvre des travaux.

#### Sols

Au droit des zones concernées par des traitements par excavation et évacuation hors site en filière spécifique, un suivi de la qualité des sols en bords et fond de fouille devra être réalisé.

Par ailleurs, une attention particulière devra être portée lors des travaux sur la qualité de l'air ambiant afin de limiter au maximum les risques de nuisances envers le voisinage.

#### Eaux souterraines

Un suivi régulier devra être réalisé lors des travaux de traitement des zones de pollution concentrée afin de s'assurer de l'absence de relargage depuis les sols impactés lors des travaux. La fréquence et la durée du monitoring seront adaptées à la technique de traitement qui sera retenue et à la phase du traitement.

Un suivi devra également être mis en place à l'issue du traitement afin de contrôler l'évolution des concentrations et de vérifier l'amélioration de la qualité des eaux souterraines suite à la purge / traitement des pollutions concentrées et l'absence d'effets rebond.

Un accent sera porté sur le suivi des processus de traitement des impacts réduction biologique et chimique mis en œuvre au droit des ouvrages présents au droit du site, et si besoin, à l'extérieur de l'emprise du site.

**La fréquence (à minima semestrielle) et la durée (à minima sur 4 ans) devront également être adaptées au type de traitement qui sera retenu. Le programme de surveillance sera proposé lorsque le choix des mesures de gestion du site sera fait.**

#### Gaz des sols et air ambiant

En fonction des mesures de gestion retenues, et du programme d'aménagement, un suivi de la qualité des gaz des sols devra également être mis en place au cours et à l'issue du traitement afin de contrôler l'évolution des concentrations et de vérifier l'amélioration de la qualité des gaz des sols suite à la purge/traitement des pollutions concentrées

Par ailleurs, afin de s'assurer de l'absence d'effet rebond, 2 campagnes complémentaires de suivi de la qualité des gaz du sol devront être effectuées à l'issue du traitement (respectivement 6 et 12 mois après l'arrêt des travaux).

Enfin, une campagne de suivi de la qualité de l'air ambiant dans les bâtiments réhabilités après travaux de réhabilitation pourra être mise en place.

### 9.2.2 Conservation de la mémoire

En lien avec les mesures de gestion ci-dessus retenues, et notamment en regard de la pollution résiduelle qui persistera sur site et des usages pris en considération, des restrictions doivent être envisagées.

**Détaillées au chapitre 6**, elles concernent :

- l'usage du site :
- la protection des piézomètres de surveillance :
- l'infiltration d'eau au droit du site :
- l'usage des eaux souterraines :
- la réalisation de tranchées ou d'affouillement sur site :
- les mesures de protection des travailleurs lors des éventuels chantiers sur site ;
- les réseaux enterrés d'eau potable.

### 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. Synthèse des résultats d'analyses – milieu sol**

Cette annexe contient 11 pages.





ARRETE DU 28/10/2010 - ANNEXE 2 - ANALYSES SUR BRUT

Tableau 8 : Résultats d'analyses de sol en mg/kg MS

Analyse	Unité	Valeurs CIRE IDF / ASPITET*	Seuils ISDI	S1 1 m	S2 1 m	S2 3 m	S3 1 m	S4 1 m	S4 2 m	S5 1 m	S5 3 m	S6 1 m	S7 1 m	S8 2 m	S8 3 m	S9 2 m	S10 2 m	S11 0,5 m	S11 2 m	S12 1 m
matière sèche	% massique			82,1	84,4	80,2	85,9	85,5	87,1	85,5	80,3	82,8	83	82,7	65,9	79,6	86	86,6	79	84,7
COT	mg/kg MS		30000																	
<b>METAUX</b>																				
antimoine	mg/kg MS																			
arsenic	mg/kg MS	1 à 25*		223	20,8	8,44							9,54		3,94	9,75	5,71		4,3	12,3
baryum	mg/kg MS																			
cadmium	mg/kg MS	0,51		1,14	0,79	<0,42							<0,40		<0,41	<0,40	<0,40		<0,40	<0,40
chrome	mg/kg MS	65,2		10,3	43,7	22,7							15,2		18,1	28,2	10,8		8,01	16,9
cuivre	mg/kg MS	28		121	338	20,4							56,5		14,6	20,4	14,2		22,8	90,1
molybdène	mg/kg MS																			
nickel	mg/kg MS	31,2		14,9	19,9	36,3							15,2		15,8	21	9,77		9,85	13,9
plomb	mg/kg MS	53,7		117	1370	33,4							103		6,68	32,6	37,6		15,8	164
sélénium	mg/kg MS																			
zinc	mg/kg MS	88		343	415	113							64,7		32	34,5	35,5		20,8	105
mercure	mg/kg MS	0,32		0,69	5,22	0,63							0,58		0,8	0,33	1,64		0,44	2,02
<b>BTEX</b>																				
benzène	mg/kg MS			<0,05	<0,05	<0,05							<0,05	<0,05	<0,05	0,19	113		<0,05	<0,05
toluène	mg/kg MS			0,08	0,05	<0,05							<0,05	<0,05	<0,05	8,88	982		0,08	<0,05
éthylbenzène	mg/kg MS			<0,05	<0,05	<0,05							<0,05	<0,05	0,06	22,3	307		<0,05	<0,05
orthoxyène	mg/kg MS			<0,05	<0,05	<0,05							<0,05	<0,05	<0,05	50,8	952		0,13	<0,05
para- et métaxyène	mg/kg MS			0,1	0,08	<0,05							<0,05	<0,05	0,09	282	3750		0,39	<0,05
BTEX total	mg/kg MS		6	0,18	0,13	<0,25							<0,25	<0,25	0,15	364	6100		0,6	<0,25
<b>HAP</b>																				
naphthalène	mg/kg MS			0,39	0,138	<0,05							<0,05	<0,05	<0,05	5,41	40,4		<0,05	<0,05
acénaphthène	mg/kg MS			0,138	0,057	<0,05							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
acénaphthène	mg/kg MS			0,127	0,058	<0,05							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
fluorène	mg/kg MS			0,157	0,069	<0,05							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
phénanthrène	mg/kg MS			4,06	1,15	<0,05							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	0,056
anthracène	mg/kg MS			0,521	0,257	<0,05							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
fluoranthène	mg/kg MS			4,31	1,71	0,052							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	0,113
pyrène	mg/kg MS			3,24	1,34	<0,05							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	0,07
benzo(a)anthracène	mg/kg MS			2,99	0,959	<0,05							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	0,081
chrysène	mg/kg MS			3,07	0,903	<0,05							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	0,064
benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS			4,05	1,53	<0,05							0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	0,075
benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS			1,04	0,517	<0,05							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
benzo(a)pyrène	mg/kg MS			1,97	0,973	<0,05							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
dibenz(a,h)anthracène	mg/kg MS			0,581	0,254	<0,05							0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
benzo(ghi)perylene	mg/kg MS			1,39	0,986	<0,05							0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg MS			1,31	0,849	<0,05							<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05
HAP totaux (16)	mg/kg MS		50	29,3	11,8	0,05							0,13	<0,8	<0,8	5,41	40,4		<0,8	0,46
<b>COHV</b>																				
Dichlorométhane	mg/kg MS			<0,06	<0,06	<0,06							<0,05		<0,08	<0,06	<0,05		<0,06	<0,06
Trichlorométhane (Chloroforme)	mg/kg MS			0,19	<0,10	<0,10							<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10
Tétrachlorométhane (Tétrachlorure de carbone)	mg/kg MS			<0,05	<0,05	<0,05							<0,05		<0,05	<0,31	<0,25		<0,05	<0,05
Tribromométhane (Bromoforme)	mg/kg MS			<0,20	<0,20	<0,20							<0,20		<0,21	<0,20	<0,20		<0,20	<0,20
Tétrachloroéthylène	mg/kg MS			172	24,6	0,31							0,5		<0,05	15,3	18,3		0,19	0,1
Trichloroéthylène	mg/kg MS			59,4	5,51	0,08							<0,05		<0,05	1,45	22,5		<0,05	<0,05
cis 1,2-Dichloroéthylène	mg/kg MS			2,05	1,22	<0,10							<0,10		<0,10	148	282		<0,10	<0,10
trans 1,2-Dichloroéthylène	mg/kg MS			<0,10	<0,10	<0,10							<0,10		<0,10	0,32	0,74		<0,10	<0,10
Chlorure de Vinyle	mg/kg MS			<0,02	<0,02	<0,02							<0,02		<0,02	0,02	0,11		<0,02	<0,02
1,1-dichloroéthane	mg/kg MS			<0,10	<0,10	<0,10							<0,10		<0,10	<0,10	<0,10		<0,10	<0,10
1,2-dichloroéthane	mg/kg MS			<0,05	<0,05	<0,05							<0,05		<0,05	<0,05	<0,05		<0,05	<0,06
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg MS			<0,10	<0,10	<0,10							<0,10		<0,10	<0,63	<0,49		<0,10	<0,10
1,1,2-trichloroéthane	mg/kg MS			0,6	<0,20	<0,20							<0,20		<0,21	<1,57	<1,24		<0,20	<0,20
1,1-Dichloroéthylène	mg/kg MS			<0,10	<0,10	<0,10							<0,10		<0,10	<0,10	0,11		<0,10	<0,10
Bromochlorométhane	mg/kg MS			<0,20	<0,20	<0,20							<0,20		<0,21	<0,20	<0,20		<0,20	<0,20
Dibromométhane	mg/kg MS			<0,20	<0,20	<0,20							<0,20		<0,21	<1,57	<1,24		<0,20	<0,20
Bromodichlorométhane	mg/kg MS			<0,20	<0,20	<0,20							<0,20		<0,21	<1,57	<1,24		<0,20	<0,20
Dibromochlorométhane	mg/kg MS			<0,20	<0,20	<0,20							<0,20		<0,20	<0,63	<0,49		<0,20	<0,20
1,2-Dibromoéthane	mg/kg MS			<0,05	<0,05	<0,05							<0,05		<0,05	<0,63	<0,49		<0,05	<0,05
<b>POLYCHLOROBIPHENYLS (PCB)</b>																				
PCB 28	mg/kg MS													<0,01					<0,01	
PCB 52	mg/kg MS													<0,01					<0,01	
PCB 101	mg/kg MS													<0,01					<0,01	
PCB 118	mg/kg MS													<0,01					<0,01	
PCB 138	mg/kg MS													<0,01					<0,01	
PCB 153	mg/kg MS													<0,01					<0,01	
PCB 180	mg/kg MS													<0,01					<0,01	
PCB totaux (7)	mg/kg MS		1											<0,07					<0,07	
<b>HYDROCARBURES TOTAUX</b>																				
fraction C5-C8	mg/kg MS			<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2		<2	89,4	272		<2	<2
fraction C8-C10	mg/kg MS			<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2		<2	485	<86,6		16,4	<2
hydrocarbures totaux C5-C10	mg/kg MS			<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2		<2	574	272		16,4	<2
fraction C10-C12	mg/kg MS			58,2	24,9	6,04	2,56													



Tableau 16 : Résultats d'analyse de sols en mg/kg

Zone investiguée	Parcelle BZ331: Ancienne déchèterie : mélange de gravats/déchets recouvert par de l'argile / Mécanique sur sol nu / Stockage divers au nord						Parcelles BZ243 et 244: Présence potentielle d'un ancien dépôt de ferraille et d'épaves automobiles										Valeurs de référence	
	S1		S2		S3		S7		S8		S9		S10					
Ouvrage	0,5 3		0,5 2		1 2,5		1 3		0,5 2		1 3		1 3		Critères acceptation ISDI*	Valeurs de bruit de fond**		
Prof. échantillon (m)	3		3		2,5		3		3		3		3					
Prof. de l'ouvrage (m)	3		3		2,5		3		3		3		3					
Lithologie	R	TN	R	TN	R	TN	R	TN	R	TN	R	TN	R	TN				
indices organoleptiques	Couleur noire Ø		Couleur noire Ø		Ø		Couleur noire Ø		Ø		Ø		Ø					
Mesure gaz (ppmV)	<sd		<sd		<sd		2 30		<sd 3		<sd		10 30					
<b>ANALYSES SUR BRUT</b>																		
matière sèche	74,3	77,7	71,2	78,4	84,4	81,5	87	75,5	81,9	79,3	82,9	86,9	84,9	84,4	/	/		
COT	12 000	5 100	23 000	-	8 500	10 000	21 000	<2000	19 000	22 000	14 000	<2000	4 300	<2000	30 000	/		
<b>METALLS (mg/kg MS)</b>																		
antimoine	2,5	<1	1,6	-	2,3	<1	2,9	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	/	/		
arsenic	6,2	15	5,2	4,4	6,9	12	13	9,8	6,9	5,9	7,4	5,9	5	12	/	1 à 25		
baryum	150	82	100	-	110	95	240	67	110	61	120	54	40	47	/	/		
cadmium	0,27	0,43	0,37	<0,2	0,21	<0,2	0,25	<0,2	0,36	<0,2	0,34	<0,2	<0,2	<0,2	/	0,05 à 0,45		
chrome	18	31	13	24	12	34	20	39	28	21	27	17	15	25	/	10 à 90		
cuivre	490	17	64	16	120	13	140	28	20	12	28	9,9	14	8,9	/	2 à 20		
mercure	0,25	<0,05	0,49	<0,05	1,5	<0,05	3,1	<0,05	0,08	<0,05	0,24	0,06	0,13	<0,05	/	0,02 à 0,1		
plomb	73	16	140	<10	140	<10	310	10	26	<10	42	14	30	14	/	9 à 50		
molybdène	1,3	<0,5	0,55	-	0,67	<0,5	0,61	<0,5	<0,5	<0,5	0,6	<0,5	<0,5	<0,5	/	/		
nickel	12	23	9,2	16	10	27	15	30	19	17	18	12	9,6	18	/	2 à 60		
sélénium	<1	<1	<1	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	/	/		
zinc	180	51	130	36	140	36	280	56	72	27	100	29	51	31	/	10 à 100		
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (mg/kg MS)</b>																		
benzène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/		
toluène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/		
éthylbenzène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/		
orthoxyène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/		
para- et métaoxyène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/		
xylènes	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	/	/		
BTEX totaux	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	6	/		
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (mg/kg MS)</b>																		
naphtalène	0,05	<0,02	0,04	<0,02	0,15	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
acénaphthylène	0,11	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
acénaphthène	0,05	<0,02	0,04	<0,02	0,11	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
fluorène	0,1	<0,02	0,04	<0,02	0,08	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
phénanthrène	0,67	<0,02	0,34	<0,02	0,73	<0,02	0,15	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
anthracène	0,24	<0,02	0,07	<0,02	0,11	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
fluoranthène	1,7	<0,02	0,5	<0,02	0,84	<0,02	0,34	<0,02	0,05	<0,02	0,12	<0,02	0,03	<0,02	/	/		
pyrène	1,5	<0,02	0,4	<0,02	0,63	<0,02	0,3	<0,02	0,04	<0,02	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
benzo(a)anthracène	0,85	<0,02	0,25	<0,02	0,35	<0,02	0,24	<0,02	0,03	<0,02	0,07	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
chrysène	0,73	<0,02	0,26	<0,02	0,36	<0,02	0,25	<0,02	0,03	<0,02	0,07	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
benzo(b)fluoranthène	0,62	<0,02	0,33	<0,02	0,44	<0,02	0,37	<0,02	0,07	<0,02	0,12	<0,02	0,03	<0,02	/	/		
benzo(k)fluoranthène	0,27	<0,02	0,15	<0,02	0,19	<0,02	0,16	<0,02	0,03	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
benzo(a)pyrène	0,49	<0,02	0,2	<0,02	0,26	<0,02	0,21	<0,02	0,03	<0,02	0,08	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
dibenzo(ah)anthracène	0,12	<0,02	0,04	<0,02	0,05	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
benzo(ghi)peryène	0,33	<0,02	0,16	<0,02	0,2	<0,02	0,18	<0,02	0,04	<0,02	0,07	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,36	<0,02	0,15	<0,02	0,2	<0,02	0,18	<0,02	0,04	<0,02	0,07	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
Somme des HAP	8,2	<sd	3	<sd	4,7	<sd	2,5	<sd	0,36	<sd	0,83	<sd	<sd	<sd	50	/		
<b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (mg/kg MS)</b>																		
1,2-dichloroéthane	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	/	/		
1,1-dichloroéthane	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/		
cis-1,2-dichloroéthane	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	1,9	<0,03	<0,03	<0,03	0,17	0,07	0,06	0,06	/	/		
trans-1,2-dichloroéthane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
dichlorométhane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
1,2-dichloropropane	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,08	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	/	/		
1,3-dichloropropane	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	/	/		
tétrachloroéthylène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	4,2	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	0,32	0,05	0,05	/	/		
tétrachlorométhane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
1,1,1-trichloroéthane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
trichloroéthylène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	1,9	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	/	/		
chloroforme	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
chlorure de vinyle	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/		
hexachlorobutadiène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	/	/		
bromoforme	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/		
Somme des COHV	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	8,18	<sd	<sd	<sd	0,21	0,43	0,11	0,11	/	/		
<b>POLYCHLOROBIPHENYLS (PCB) (mg/kg MS)</b>																		
PCB 28	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	/	/		
PCB 52	0,0024	<0,001	0,0028	-	0,0015	<0,001	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	0,0017	<0,001	<0,001	<0,001	/	/		
PCB 101	0,0035	<0,001	0,005	-	0,0025	<0,001	0,0053	<0,001	<0,001	<0,001	0,0051	<0,001	<0,001	<0,001	/	/		
PCB 118	0,0027	<0,001	0,0049	-	0,0029	<0,001	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,0023	<0,001	<0,001	<0,001	/	/		
PCB 138	0,0055	<0,001	0,0059	-	0,0019	<0,001	0,0066	<0,001	0,0031	<0,001	0,012	<0,001	<0,001	<0,001	/	/		
PCB 153	0,0044	<0,001	0,0045	-	0,0016	<0,001	0,0086	<0,001	0,0033	<0,001	0,016	<0,001	<0,001	<0,001	/	/		
PCB 180	0,0019	<0,001	0,002															

Tableau 17 : Résultats d'analyse de sols en mg/kg

Zone investiguée	Parcelles BZ242, BZ452, BZ535 et BZ536: Caractérisation du reste de l'emprise et notamment de la qualité des remblais									Valeurs de référence	
	S4		S5		S11		S12	S13		Critères acceptation ISDI*	Valeurs de bruit de fond**
Ouvrage	0,5	2	1	3	1	3	0,5	0,5	3		
Prof. échantillon (m)	3			3			3	3			
Prof. de l'ouvrage (m)	TN	TN	TN	TN	R	TN	R	R	TN		
Indices organoleptiques	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø		
Mesure gaz (ppmV)	<sd	<sd	<sd	10	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd		
<b>ANALYSES SUR BRUT</b>											
matière sèche	88,6	85,6	89	81,4	89,7	84	94,1	88,7	85,3	/	/
COT	19 000	<2000	<2000	-	40 000	<2000	8 300	26 000	<2000	30 000	/
<b>METAUX (mg/kg MS)</b>											
antimoine	2	<1	<1	-	8,4	<1	2,2	6,9	<1	/	/
arsenic	10	4	4,8	5,1	22	14	9,3	17	4,6	/	1 à 25
baryum	180	56	53	-	420	62	92	100	74	/	/
cadmium	0,24	<0,2	<0,2	<0,2	0,88	<0,2	0,24	0,75	<0,2	/	0,05 à 0,45
chrome	18	22	18	33	34	41	16	43	27	/	10 à 90
cuivre	110	7,1	5,9	12	990	21	62	240	19	/	2 à 20
mercure	1,3	<0,05	<0,05	<0,05	2,9	0,12	1,3	3	0,12	/	0,02 à 0,1
plomb	170	<10	<10	10	570	27	110	500	21	/	9 à 50
molybdène	0,62	<0,5	<0,5	-	2,2	0,59	<0,5	1,4	<0,5	/	/
nickel	16	10	12	22	74	36	13	29	16	/	2 à 80
sélénium	<1	<1	<1	-	<1	1,1	<1	<1	<1	/	/
zinc	140	25	23	37	640	56	140	410	38	/	10 à 100
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (mg/kg MS)</b>											
benzène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
toluène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
éthylbenzène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
orthoxyène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
para- et métaoxyène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
xylénes	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
BTEX totaux	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	6	/
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (mg/kg MS)</b>											
naphthalène	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	0,13	<0,02	/	/
acénaphthylène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,07	<0,02	0,03	0,59	<0,02	/	/
acénaphthène	0,06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,21	<0,02	/	/
fluorène	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,4	<0,02	/	/
phénanthrène	0,54	<0,02	<0,02	<0,02	0,33	<0,02	0,3	3,4	0,03	/	/
anthracène	0,09	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	<0,02	0,05	0,8	<0,02	/	/
fluoranthène	0,79	<0,02	<0,02	<0,02	0,92	0,02	0,58	6,3	0,07	/	/
pyrène	0,62	<0,02	<0,02	<0,02	0,71	<0,02	0,45	5	0,06	/	/
benzo(a)anthracène	0,33	<0,02	<0,02	<0,02	0,44	<0,02	0,26	3,8	0,04	/	/
chrysène	0,35	<0,02	<0,02	<0,02	0,45	<0,02	0,24	3,7	0,04	/	/
benzo(b)fluoranthène	0,51	<0,02	<0,02	<0,02	0,7	0,03	0,37	6,5	0,06	/	/
benzo(k)fluoranthène	0,22	<0,02	<0,02	<0,02	0,3	<0,02	0,16	2,8	0,02	/	/
benzo(a)pyrène	0,33	<0,02	<0,02	<0,02	0,45	<0,02	0,27	5,1	0,04	/	/
dibenzo(a,h)anthracène	0,07	<0,02	<0,02	<0,02	0,08	<0,02	0,04	0,95	<0,02	/	/
benzo(ghi)perylene	0,26	<0,02	<0,02	<0,02	0,33	<0,02	0,21	3,9	0,03	/	/
indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,25	<0,02	<0,02	<0,02	0,33	<0,02	0,2	4	0,03	/	/
Somme des HAP	4,5	<sd	<sd	<sd	5,2	<sd	3,2	48	0,42	50	/
<b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (mg/kg MS)</b>											
1,2-dichloroéthane	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	/	/
1,1-dichloroéthène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
cis-1,2-dichloroéthène	0,07	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	/	/
trans-1,2-dichloroéthylène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
dichlorométhane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
1,2-dichloropropane	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	/	/
1,3-dichloropropane	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
tétrachloroéthylène	0,09	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	<0,02	0,02	0,15	<0,02	/	/
tétrachlorométhane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
1,1,1-trichloroéthane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
trichloroéthylène	0,08	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
chloroforme	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
chlorure de vinyle	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
hexachlorobutadiène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	/	/
bromoforme	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
Somme des COHV	0,24	<sd	<sd	<sd	0,06	<sd	0,02	0,15	<sd	/	/
<b>POLYCHLOROBIPHENYLS (PCB) (mg/kg MS)</b>											
PCB 28	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	/	/
PCB 52	<0,001	<0,001	<0,001	-	<0,001	<0,001	<0,001	0,0012	<0,001	/	/
PCB 101	<0,001	<0,001	<0,001	-	0,0015	<0,001	<0,001	0,0026	<0,001	/	/
PCB 118	<0,001	<0,001	<0,001	-	0,001	<0,001	<0,001	0,0026	<0,001	/	/
PCB 138	0,002	<0,001	<0,001	-	0,0031	<0,001	0,0013	0,0038	<0,001	/	/
PCB 153	0,0018	<0,001	<0,001	-	0,0024	<0,001	0,001	0,0036	<0,001	/	/
PCB 180	<0,001	<0,001	<0,001	-	0,0014	<0,001	<0,001	0,0025	<0,001	/	/
PCB totaux (7)	0,0038	<sd	<sd	-	0,0094	<sd	0,0023	0,016	<sd	1	/
<b>HYDROCARBURES TOTAUX (mg/kg MS)</b>											
fraction C5-C6	-	-	-	<10	-	-	-	-	-	/	/
fraction C6-C8	-	-	-	<10	-	-	-	-	-	/	/
fraction C8-C10	-	-	-	<10	-	-	-	-	-	/	/
fraction C10-C12	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	/	/
fraction C12-C16	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	/	/
fraction C16-C21	<5	<5	<5	<5	5,1	<5	<5	28	<5	/	/
fraction C21-C40	11	<5	<5	15	22	<5	8,8	91	<5	/	/
Hydrocarbures Volatils C5-C10	-	-	-	<sd	-	-	-	-	-	/	/
Hydrocarbures totaux C10-C40	11	<sd	<sd	15	25	<sd	8,8	120	<sd	500	/
<b>LIXIVIATION</b>											
pH final ap. lix.	7,56	8,38	8,17	-	7,95	7,85	7,98	7,46	7,93	/	/
température pour mes. pH	21,1	19,5	19,4	-	19,1	19,5	19,4	21	21,1	/	/
conductivité (25°C) ap. lix.	129,5	149,9	73,9	-	1 346	450	156,2	2 310	396	/	/
<b>ELUAT COT (mg/kg MS)</b>											
COT	51	11	21	-	18	6,1	38	19	6,4	500	/
<b>ELUAT METAUX (mg/kg MS)</b>											
antimoine	<0,039	<0,039	<0,039	-	0,04	<0,039	0,047	0,067	<0,039	0,06	/
arsenic	0,08	<0,05	<0,05	-	<0,05	<0,05	0,11	<0,05	<0,05	0,5	/
baryum	0,16	0,07	<0,05	-	0,45	0,17	0,11	0,77	0,24	20	/
cadmium	<0,004	<0,004	<0,004	-	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	0,04	/
chrome	0,011	<0,01	<0,01	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,5	/
cuivre	0,19	<0,05	<0,05	-	0,071	<0,05	0,13	0,11	<0,05	2	/
mercure	0,0009	<0,0005	<0,0005	-	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,01	/
plomb	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	/
molybdène	<0,05	<0,05	0,071	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,5	/
nickel	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	/
sélénium	<0,039	<0,039	<0,039	-	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	0,1	/
zinc	<0,2	<0,2	<0,2	-	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	4	/
<b>ELUAT COMPOSES INORGANIQUE (mg/kg MS)</b>											
fraction soluble	1 100	619	<500	-	10 800	2 580	660	23 800	2 480	4000	/
<b>ELUAT PHENOLS (mg/kg MS)</b>											
Indice phénol	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1	/
<b>ELUAT DIVERSES ANALYSES CHIMIQUES (mg/kg MS)</b>											
fluorures	<2	5,7									



Tableau 15 : Résultats d'analyse de sols en mg/kg – sondages réalisés par SUEZ REMEDIATION

Ouvrage	T1		T2		T3		T5		T6		Valeurs de référence	
	0,5	2	0,5	1 m	0,5	2	0,5	2	0,5	2	Critères acceptation ISDI*	Valeurs de bruit de fond**
Prof. échantillon (m)	4		4		4		4		4			
Prof. de l'ouvrage (m)	4		4		4		4		4			
Lithologie	TN	TN	TN	TN	TN	TN	TN	TN	TN	TN		
indices organoleptiques	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Couleur noir	Ø	
Mesure gaz (ppmV)	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq		
<b>ANALYSES SUR BRUT</b>												
matière sèche	78,3	79,6	78,4	82,9	77,7	80	82,6	85,9	76	86,3	/	/
COT					62 000				140 000		30 000	/
<b>METAUX (mg/kg MS)</b>												
antimoine	-	-	-	-	3,8	-	-	-	2,5	-	/	/
arsenic	14	16	18	7,2	18	8,4	11	18	12	20	/	1 à 25
baryum	-	-	-	-	280	-	-	-	230	-	/	/
cadmium	0,47	<0,2	0,6	<0,2	0,83	<0,2	0,59	0,22	0,71	0,25	/	0,05 à 0,45
chrome	21	22	19	20	19	25	22	120	17	39	/	10 à 90
cuivre	200	14	210	14	190	15	140	15	200	11	/	2 à 20
mercure	4	0,05	3,9	0,13	3,6	<0,05	2,6	0,12	2,6	<0,05	/	0,02 à 0,1
plomb	370	10	420	16	350	10	280	16	300	16	/	9 à 50
molybdène	-	-	-	-	1	-	-	-	0,71	-	/	/
nickel	18	22	18	14	17	26	15	36	15	29	/	2 à 60
sélénium	-	-	-	-	<1	-	-	-	-	-	/	/
zinc	320	20	330	36	510	29	220	30	540	30	/	10 à 100
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (mg/kg MS)</b>												
benzène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
toluène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
éthylbenzène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
orthoxyène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
para- et métaoxyène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
xyènes	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
BTEX totaux	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	6	/
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (mg/kg MS)</b>												
naphtalène	0,02	<0,02	0,04	<0,02	0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
acénaphthylène	0,05	<0,02	0,02	<0,02	0,05	<0,02	0,04	<0,02	0,03	<0,02	/	/
acénaphthène	<0,02	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
fluorène	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
phénanthrène	0,27	<0,02	0,52	<0,02	0,25	<0,02	0,16	0,03	0,14	<0,02	/	/
anthracène	0,05	<0,02	0,05	<0,02	0,04	<0,02	0,04	<0,02	0,03	<0,02	/	/
fluoranthène	0,76	<0,02	0,78	<0,02	0,69	<0,02	0,44	0,05	0,35	<0,02	/	/
pyrène	0,61	<0,02	0,58	<0,02	0,55	<0,02	0,33	0,03	0,27	<0,02	/	/
benzo(a)anthracène	0,39	<0,02	0,31	<0,02	0,33	<0,02	0,23	0,02	0,19	<0,02	/	/
chrysène	0,42	<0,02	0,36	<0,02	0,33	<0,02	0,22	<0,02	0,23	<0,02	/	/
benzo(b)fluoranthène	0,68	<0,02	0,46	0,02	0,6	<0,02	0,37	0,03	0,38	<0,02	/	/
benzo(k)fluoranthène	0,29	<0,02	0,2	<0,02	0,26	<0,02	0,16	<0,02	0,16	<0,02	/	/
benzo(a)pyrène	0,44	<0,02	0,31	<0,02	0,38	<0,02	0,24	<0,02	0,21	<0,02	/	/
dibenzo(ah)anthracène	0,09	<0,02	0,06	<0,02	0,07	<0,02	0,05	<0,02	0,06	<0,02	/	/
benzo(ghi)peryène	0,38	<0,02	0,24	<0,02	0,34	<0,02	0,21	<0,02	0,2	<0,02	/	/
indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,36	<0,02	0,23	<0,02	0,32	<0,02	0,2	<0,02	0,19	<0,02	/	/
Somme des HAP	4,8	<sq	4,3	0,02	4,2	<sq	2,7	0,16	2,4	<sq	50	/
<b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (mg/kg MS)</b>												
1,2-dichloroéthane	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	/	/
1,1-dichloroéthane	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,02	/	/
cis-1,2-dichloroéthane	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	/	/
trans-1,2-dichloroéthane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
dichlorométhane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
1,2-dichloropropane	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	/	/
1,3-dichloropropane	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
tétrachloroéthylène	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	0,16	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	/	/
tétrachlorométhane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
1,1,1-trichloroéthane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
trichloroéthylène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	0,03	<0,02	0,04	<0,02	/	/
chloroforme	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
chlorure de vinyle	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	/	/
hexachlorobutadiène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	/	/
bromoforme	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
Somme des COHV	0,03	<sq	<sq	<sq	0,19	<sq	0,03	<sq	0,06	<sq	/	/
<b>POLYCHLOROBIPHENYLS (PCB) (mg/kg MS)</b>												
PCB 28	-	-	-	-	<0,001	-	-	-	<0,001	-	/	/
PCB 52	-	-	-	-	<0,001	-	-	-	<0,001	-	/	/
PCB 101	-	-	-	-	0,0025	-	-	-	0,0019	-	/	/
PCB 118	-	-	-	-	0,003	-	-	-	0,0022	-	/	/
PCB 138	-	-	-	-	0,006	-	-	-	0,0057	-	/	/
PCB 153	-	-	-	-	0,0051	-	-	-	0,006	-	/	/
PCB 180	-	-	-	-	0,0027	-	-	-	0,0031	-	/	/
PCB totaux (7)	-	-	-	-	0,019	-	-	-	0,019	-	1	/
<b>HYDROCARBURES TOTAUX (mg/kg MS)</b>												
fraction C5-C6	<10	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10	-	<10	/	/
fraction C6-C8	<10	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10	-	<10	/	/
fraction C8-C10	<10	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10	-	<10	/	/
fraction C10-C12	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	/	/
fraction C12-C16	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	/	/
fraction C16-C21	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	/	/
fraction C21-C40	19	<5	12	<5	18	<5	14	8,2	14	<5	/	/
Hydrocarbures Volatils C5-C10	<sq	<sq	<sq	<sq	-	<sq	<sq	<sq	-	<sq	/	/
hydrocarbures totaux C10-C40	19	<sq	12	<sq	18	<sq	14	8,2	14	<sq	500	/
<b>LIXIVIATION</b>												
pH final ap. lix.	-	-	-	-	8,2	-	-	-	8,16	-	/	/
température pour mes. pH	-	-	-	-	19	-	-	-	18,5	-	/	/
conductivité (25°C) ap. lix.	-	-	-	-	178	-	-	-	159,2	-	/	/
<b>ELUAT COT (mg/kg MS)</b>												
COT	-	-	-	-	59	-	-	-	67	-	500	/
<b>ELUAT METAUX (mg/kg MS)</b>												
antimoine	-	-	-	-	<0,039	-	-	-	<0,039	-	0,06	/
arsenic	-	-	-	-	0,17	-	-	-	0,12	-	0,5	/
baryum	-	-	-	-	0,21	-	-	-	0,26	-	20	/
cadmium	-	-	-	-	<0,004	-	-	-	<0,004	-	0,04	/
chrome	-	-	-	-	<0,01	-	-	-	0,019	-	0,5	/
cuivre	-	-	-	-	0,28	-	-	-	0,31	-	2	/
mercure	-	-	-	-	0,001	-	-	-	0,001	-	0,01	/
plomb	-	-	-	-	<0,1	-	-	-	<0,1	-	0,5	/
molybdène	-	-	-	-	<0,05	-	-	-	<0,05	-	0,5	/
nickel	-	-	-	-	<0,1	-	-	-	<0,1			



Tableau 16 : Résultats d'analyse de sols en mg/kg – sondages réalisés par SUEZ REMEDIATION (suite)

Ouvrage	T7			T8			T10			T11			Valeurs de référence	
	0,5	2	3	0,5	2	3	0,5	2	4	2	3	4	Critères acceptation ISDI*	Valeurs de bruit de fond**
Prof. échantillon (m)	4			4			4			4				
Prof. de l'ouvrage (m)	4			4			4			4				
Lithologie	TN	TN	TN	R	TN	TN	TN	TN	TN	TN	TN	TN		
indices organoleptiques	Ø	Ø	Ø	Ø	Solvant (++)	Solvant (++)	Ø	Ø	Ø	Ø	Solvant (++)	Solvant (++)		
Mesure gaz (ppmV)	<sq	<sq	14	<sq	220	380	<sq	<sq	4,6	<sq	383	1 078		
<b>ANALYSES SUR BRUT</b>														
matière sèche	77,9	82,3	72	90,6	81	79,1	76,8	73,9	74,5	82,4	79,4	67,3	/	/
COT				18 000			59 000						30 000	/
<b>METAUX (mg/kg MS)</b>														
antimoine	-	-	-	1,7	-	-	6,8	-	-	-	-	-	/	/
arsenic	12	2,2	5,3	8	4	4,3	25	12	8,4	2,6	2,6	19	/	1 à 25
baryum	-	-	-	190	-	-	390	-	-	-	-	-	/	/
cadmium	0,49	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	1,6	<0,2	0,27	<0,2	<0,2	<0,2	/	0,05 à 0,45
chrome	20	17	31	16	25	14	50	37	32	17	12	41	/	10 à 90
cuivre	160	8,7	23	100	14	7,9	140	13	44	10	11	27	/	2 à 20
mercure	3,2	<0,05	<0,05	1,6	0,13	<0,05	2	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	0,02 à 0,1
plomb	280	<10	<10	150	15	<10	690	26	29	<10	10	13	/	9 à 50
molybdène	-	-	-	0,79	-	-	8,4	-	-	-	-	-	/	/
nickel	17	12	24	11	17	8,1	34	27	24	12	10	31	/	2 à 60
sélénium	-	-	-	<1	-	-	<1	-	-	-	-	-	/	/
zinc	250	22	44	130	29	19	680	41	68	26	26	68	/	10 à 100
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (mg/kg MS)</b>														
benzène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
toluène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
éthylbenzène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,14	0,23	/	/
orthoxyène	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,26	0,37	/	/
para- et métaoxyène	<0,05	<0,05	<0,05	0,24	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,81	1,2	/	/
xyènes	<0,10	<0,10	<0,10	0,31	0,12	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	1,1	1,6	/	/
BTEX totaux	<sq	<sq	<sq	0,31	0,12	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	1,2	1,8	6	/
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (mg/kg MS)</b>														
naphthalène	<0,02	<0,02	<0,02	0,12	<0,02	<0,02	0,06	<0,02	<0,02	<0,02	0,3	0,94	/	/
acénaphthylène	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,09	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
acénaphthène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
fluorène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
phénanthrène	0,17	<0,02	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	0,55	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
anthracène	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,12	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
fluoranthène	0,52	<0,02	<0,02	0,08	<0,02	<0,02	1,5	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
pyrène	0,42	<0,02	<0,02	0,07	<0,02	<0,02	1,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
benzo(a)anthracène	0,27	<0,02	<0,02	0,05	<0,02	<0,02	0,94	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
chrysène	0,3	<0,02	<0,02	0,06	<0,02	<0,02	0,92	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
benzo(b)fluoranthène	0,47	<0,02	<0,02	0,09	<0,02	<0,02	1,3	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
benzo(k)fluoranthène	0,21	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	<0,02	0,58	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
benzo(a)pyrène	0,29	<0,02	<0,02	0,06	<0,02	<0,02	0,78	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
dibenzo(a,h)anthracène	0,07	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,22	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
benzo(ghi)perylene	0,27	<0,02	<0,02	0,06	<0,02	<0,02	0,62	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,26	<0,02	<0,02	0,06	<0,02	<0,02	0,6	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
Somme des HAP	3,3	<sq	<sq	0,74	<sq	<sq	9,5	<sq	<sq	<sq	<sq	0,94	50	/
<b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (mg/kg MS)</b>														
1,2-dichloroéthane	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	/	/
1,1-dichloroéthane	<0,03	<0,02	<0,03	<0,02	<0,03	<0,02	<0,03	<0,03	<0,03	<0,02	<0,03	<0,03	/	/
cis-1,2-dichloroéthane	<0,03	<0,03	<0,03	0,13	0,04	0,2	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,24	1,9	/	/
trans-1,2-dichloroéthylène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
dichlorométhane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
1,2-dichloropropane	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	/	/
1,3-dichloropropène	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
tétrachloroéthylène	0,03	<0,02	<0,02	8,4	6,8	2,1	0,25	<0,02	<0,02	0,06	<0,02	<0,02	/	/
tétrachlorométhane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
1,1,1-trichloroéthane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
trichloroéthylène	<0,02	<0,02	<0,02	0,93	0,17	0,35	0,14	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
chloroforme	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
chlorure de vinyle	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	/	/
hexachlorobutadiène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	/	/
bromoforme	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
Somme des COHV	0,03	<sq	<sq	9,5	7	2,7	0,39	<sq	<sq	0,06	0,24	1,9	/	/
<b>POLYCHLOROBIPHENYLS (PCB) (mg/kg MS)</b>														
PCB 28	-	-	-	<0,001	-	-	<0,0015	-	-	-	-	-	/	/
PCB 52	-	-	-	<0,001	-	-	0,0059	-	-	-	-	-	/	/
PCB 101	-	-	-	<0,001	-	-	0,027	-	-	-	-	-	/	/
PCB 118	-	-	-	<0,001	-	-	0,017	-	-	-	-	-	/	/
PCB 138	-	-	-	<0,001	-	-	0,039	-	-	-	-	-	/	/
PCB 153	-	-	-	<0,001	-	-	0,044	-	-	-	-	-	/	/
PCB 180	-	-	-	<0,001	-	-	0,034	-	-	-	-	-	/	/
PCB totaux (7)	-	-	-	<0,007	-	-	0,17	-	-	-	-	-	1	/
<b>HYDROCARBURES TOTAUX (mg/kg MS)</b>														
fraction C5-C6	<10	<10	<10	-	<10	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	/	/
fraction C6-C8	<10	<10	<10	-	<10	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	/	/
fraction C8-C10	<10	<10	<10	-	<10	<10	-	<10	<10	<10	12	21	/	/
fraction C10-C12	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5,2	<5	<5	<5	18	/	/
fraction C12-C16	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5,2	<5	<5	<5	<5,6	/	/
fraction C16-C21	<5	<5	<5	<5	<5	<5	7,4	<5,2	<5	<5	<5	<5,6	/	/
fraction C21-C40	23	<5	<5	17	<5	<5	100	<5,2	<5	<5	7,9	6,8	/	/
Hydrocarbures Volatils C5-C10	<sq	<sq	<sq	-	<sq	<sq	-	<sq	<sq	<30	12	21	/	/
hydrocarbures totaux C10-C40	23	<sq	<sq	17	<sq	<sq	107	<sq	<sq	<20	7,9	25	500	/
<b>LIXIVIATION</b>														
pH final ap. lix.	-	-	-	11,36	-	-	8,08	-	-	-	-	-	/	/
température pour mes. pH	-	-	-	18	-	-	18	-	-	-	-	-	/	/
conductivité (25°C) ap. lix.	-	-	-	665	-	-	274	-	-	-	-	-	/	/
<b>ELUAT COT (mg/kg MS)</b>														
COT	-	-	-	52	-	-	23	-	-	-	-	-	500	/

Tableau 17 : Résultats d'analyse de sols en mg/kg – sondages réalisés par SUEZ REMEDIATION (suite)

Ouvrage	T12		T13		T14		T15		T29			Valeurs de référence	
	0,5	2	2	3	2	4	0,5	2	0,5	2	3	Critères acceptation ISDI*	Valeurs de bruit de fond**
Prof. échantillon (m)	4		4		4		4		4				
Prof. de l'ouvrage (m)	4		4		4		4		4				
Lithologie	R	TN	TN	TN	TN	TN	R	TN	R	TN	TN		
indices organoleptiques	Ø	Ø	Solvant (++)	Solvant (++)	Ø	Odeur (++)	Ø	Ø	Couleur noir	Ø	Solvant (++)		
Mesure gaz (ppmV)	<sq	<sq	310	206	<sq	380	<sq	<sq	<sq	<sq	150		
<b>ANALYSES SUR BRUT</b>													
matière sèche	83,2	83,8	81,6	80	84,3	77,6	81,7	82	84,1	74,9	76,4	/	/
COT	-	-	-	-	-	-	51 000	-	180 000	-	-	30 000	/
<b>METAUX (mg/kg MS)</b>													
antimoine	-	-	-	-	-	-	1,2	-	4	-	-	/	/
arsenic	20	16	2,7	4,4	9,9	4	8,1	10	11	6,2	3,2	/	1 à 25
baryum	-	-	-	-	-	-	120	-	260	-	-	/	/
cadmium	0,63	0,22	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,28	<0,2	0,37	0,24	<0,2	/	0,05 à 0,45
chrome	52	36	14	28	25	21	12	20	23	38	14	/	10 à 90
cuivre	73	20	9,9	19	9,4	13	57	100	71	44	13	/	2 à 20
mercure	0,72	0,16	0,05	<0,05	0,06	<0,05	0,87	1,4	0,16	0,4	0,06	/	0,02 à 0,1
plomb	370	23	<10	<10	15	10	99	130	42	41	<10	/	9 à 50
molybdène	-	-	-	-	-	-	1,3	-	15	-	-	/	/
nickel	22	28	11	20	19	15	19	20	43	27	10	/	2 à 60
sélénium	-	-	-	-	-	-	<1	-	1,2	-	-	/	/
zinc	210	59	24	38	35	32	120	110	130	78	23	/	10 à 100
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (mg/kg MS)</b>													
benzène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	<0,05	<0,05	/	/
toluène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,18	<0,05	<0,05	/	/
éthylbenzène	0,29	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	1,1	0,07	<0,05	/	/
orthoxyène	0,51	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	1,5	0,11	<0,05	/	/
para- et métaxyène	1,9	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,14	<0,05	4,3	0,29	0,08	/	/
xyènes	2,4	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,14	<0,10	5,8	0,4	<0,10	/	/
BTEX totaux	2,7	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	0,14	<sq	7,2	0,47	<sq	6	/
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (mg/kg MS)</b>													
naphtalène	0,76	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,07	0,06	1,2	0,09	0,02	/	/
acénaphthylène	0,49	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,04	<0,02	/	/
acénaphthène	0,28	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	0,12	<0,02	/	/
fluorène	0,39	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	0,18	<0,02	/	/
phénanthrène	5,6	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,09	0,06	0,33	0,31	<0,02	/	/
anthracène	0,93	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,1	<0,02	/	/
fluoranthène	14	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,12	0,11	0,12	0,71	0,03	/	/
pyrène	11	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,09	<0,02	0,09	0,64	<0,02	/	/
benzo(a)anthracène	5,8	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,07	0,07	0,03	0,17	<0,02	/	/
chrysène	4,8	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,07	0,07	0,05	0,2	<0,02	/	/
benzo(b)fluoranthène	7,3	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,12	0,12	0,04	0,17	<0,02	/	/
benzo(k)fluoranthène	3,2	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,05	0,05	<0,02	0,07	<0,02	/	/
benzo(a)pyrène	6,3	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	0,07	<0,02	0,11	<0,02	/	/
dibenzo(ah)anthracène	1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	0,02	<0,02	0,02	<0,02	/	/
benzo(ghi)peryène	4,2	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	0,11	<0,02	0,13	<0,02	/	/
indéno(1,2,3-cd)pyrène	4,3	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	0,09	<0,02	0,11	<0,02	/	/
Somme des HAP	70	0,09	<sq	<sq	<sq	<sq	0,88	0,92	1,9	3,2	0,05	50	/
<b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (mg/kg MS)</b>													
1,2-dichloroéthane	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	/	/
1,1-dichloroéthène	<0,02	<0,02	<0,03	<0,03	<0,02	<0,03	<0,02	<0,02	0,12	<0,03	<0,03	/	/
cis-1,2-dichloroéthène	0,32	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,11	0,11	20	1,7	1,3	/	/
trans-1,2-dichloroéthylène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,33	<0,02	0,02	/	/
dichlorométhane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
1,2-dichloropropane	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	/	/
1,3-dichloropropane	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
tétrachloroéthylène	1,5	0,08	0,26	0,03	0,03	<0,02	0,9	0,29	170	14	2,2	/	/
tétrachlorométhane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
1,1,1-trichloroéthane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	/	/
trichloroéthylène	0,29	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,33	0,12	10	0,83	0,1	/	/
chloroforme	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	/	/
chlorure de vinyle	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	0,21	/	/
hexachlorobutadiène	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,17	<0,1	<0,1	/	/
bromoforme	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
Somme des COHV	2,1	0,08	0,26	0,03	0,03	<sq	1,34	0,52	201	17	3,8	/	/
<b>POLYCHLOROBIPHENYLS (PCB) (mg/kg MS)</b>													
PCB 28	-	-	-	-	-	-	<0,001	-	<0,001	-	-	/	/
PCB 52	-	-	-	-	-	-	<0,001	-	0,01	-	-	/	/
PCB 101	-	-	-	-	-	-	<0,001	-	0,023	-	-	/	/
PCB 118	-	-	-	-	-	-	<0,001	-	0,012	-	-	/	/
PCB 138	-	-	-	-	-	-	0,0011	-	0,026	-	-	/	/
PCB 153	-	-	-	-	-	-	0,0014	-	0,025	-	-	/	/
PCB 180	-	-	-	-	-	-	0,001	-	0,014	-	-	/	/
PCB totaux (7)	-	-	-	-	-	-	0,0035	-	0,11	-	-	1	/
<b>HYDROCARBURES TOTAUX (mg/kg MS)</b>													
fraction C5-C6	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	-	-	<10	<10	/	/
fraction C6-C8	<10	<10	<10	<10	<10	<10	-	<10	-	<10	<10	/	/
fraction C8-C10	12	<10	33	<10	<10	<10	-	<10	-	<10	100	/	/
fraction C10-C12	<5	<5	9,3	<5	<5	<5,1	<5	<5	<5	<5	56	/	/
fraction C12-C16	<5	<5	<5	<5	<5	<5,1	<5	<5	<5	<5	5	/	/
fraction C16-C21	24	<5	<5	<5	<5	<5,1	<5	<5	<5	<5	8,4	/	/
fraction C21-C40	55	5,7	6,5	<5	10	<5,1	20	22	30	35	41	/	/
Hydrocarbures Volatils C5-C10	12	<sq	33	<sq	<sq	<sq	-	<sq	-	<sq	100	/	/
hydrocarbures totaux C10-C40	80	5,7	15,8	<sq	10	<sq	20	22	30	35	110	500	/
<b>LIXIVIATION</b>													
pH final ap. lix.	-	-	-	-	-	-	9,51	-	8,18	-	-	/	/
température pour mes. pH	-	-	-	-	-	-	19	-	19	-	-	/	/
conductivité (25°C) ap. lix.	-	-	-	-	-	-	2390	-	296	-	-	/	/
<b>ELUAT COT (mg/kg MS)</b>													
COT	-	-	-	-	-	-	10	-	10	-	-	500	/
<b>ELUAT METAUX (mg/kg MS)</b>													
antimoine	-	-	-	-	-	-	<0,039	-	<0,039	-	-	0,06	/
arsenic	-	-	-	-	-	-	0,07	-	<0,05	-	-	0,5	/
baryum	-	-	-	-	-	-	0,18	-	0,42	-	-	20	/
cadmium	-	-	-	-	-	-	<0,004	-	<0,004	-	-	0,04	/
chrome	-	-	-	-	-	-	0,041	-	<0,01	-	-	0,5	/
cuivre	-	-	-	-	-	-	0,09	-	<0,05	-	-	2	/
mercure	-	-	-	-	-	-	<0,0005	-	<0,0005	-	-	0,01	/
plomb	-	-	-	-	-	-	<0,1	-	<0,1	-	-	0,5	/

Tableau 18 : Résultats d'analyse de sols en mg/kg – sondages réalisés par SUEZ REMEDIATION (suite)

Ouvrage	T30		T31			T35			T36		T37			Valeurs de référence	
	1	3	1	3	4	0,5	2	4	1	3	0,5	2	3	Critères acceptation ISDI*	Valeurs de bruit de fond**
Prof. de l'échantillon (m)	4		4			4			4		4				
Prof. de l'ouvrage (m)	4		4			4			4		4				
Lithologie	R	TN	R	TN	TN	R	TN	TN	TN	TN	R	TN	TN		
indices organoleptiques	Ø	Solvant (++)	Ø	Solvant (++)	Solvant (++)	Ø	Ø	Odeur (+)	Couleur noir	Ø	Ø	Ø	Odeur (+)		
Mesure gaz (ppmV)	<sq	610	<sq	420	310	<sq	2,8	9,4	<sq	<sq	<sq	<sq	111		
<b>ANALYSES SUR BRUT</b>															
matière sèche	81,9	78,1	70,3	72,7	67	87,8	81,8	69	82,6	76,2	82,1	82,1	74,2	/	/
COT	-	-	240 000	-	-	32 000	-	-	47 000	-	16 000	-	-	30 000	/
<b>METEAUX (mg/kg MS)</b>															
antimoine	-	-	44	-	-	6,8	-	-	3,7	-	1,3	-	-	/	/
arsenic	9,1	2,8	21	4,1	18	5,8	9,9	18	18	6,5	6,7	8,7	4,4	/	1 à 25
baryum	-	-	830	-	-	88	-	-	300	-	120	-	-	/	/
cadmium	1,4	<0,2	9,5	0,26	0,29	0,6	<0,2	0,25	0,84	<0,2	0,64	<0,2	<0,2	/	0,05 à 0,45
chrome	39	19	190	23	51	19	31	51	39	15	24	54	29	/	10 à 90
cuivre	130	20	440	19	33	40	26	27	170	12	36	30	21	/	2 à 20
mercure	2,4	0,1	6,1	0,14	0,07	0,55	0,17	<0,05	2,4	<0,05	0,26	0,17	<0,05	/	0,02 à 0,1
plomb	190	<10	660	12	16	100	22	14	450	<10	77	41	<10	/	9 à 50
molybdène	-	-	2,1	-	-	0,64	-	-	1,2	-	1,1	-	-	/	/
nickel	17	13	32	15	39	13	28	38	21	11	20	19	22	/	2 à 60
sélénium	-	-	1,4	-	-	<1	-	-	<1	-	<1	-	-	/	/
zinc	210	30	1 400	48	84	350	340	75	360	20	250	47	43	/	10 à 100
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (mg/kg MS)</b>															
benzène	<0,05	<0,05	0,63	<0,05	1,8	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
toluène	0,06	<0,05	5,1	1,2	5,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
éthylbenzène	0,17	0,95	1,8	15	12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
orthoxytolène	0,33	1,5	8,4	20	19	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
para- et métaoxytolène	1	2,2	7,6	73	54	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
xyloles	1,4	3,7	16	94	73	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
BTEX totaux	1,6	4,6	24	109	92	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	6	/
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (mg/kg MS)</b>															
naphtalène	0,12	2,3	9,3	8,1	13	<0,08	0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
acénaphthylène	<0,02	<0,02	0,16	<0,02	<0,02	0,27	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	/	/
acénaphthène	<0,02	0,12	0,5	0,23	0,23	<0,07	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	/	/
fluorène	<0,02	0,05	1	0,09	0,09	0,07	<0,02	<0,02	0,02	<0,02	0,02	<0,02	<0,02	/	/
phénanthrène	0,04	0,07	12	0,13	0,11	0,43	<0,02	<0,02	0,22	<0,02	0,29	0,04	<0,02	/	/
anthracène	<0,02	<0,02	0,4	<0,02	<0,02	0,18	<0,02	<0,02	0,05	<0,02	0,08	<0,02	<0,02	/	/
fluoranthène	0,12	0,08	18	0,1	0,09	1,3	0,03	<0,02	0,64	<0,02	0,7	0,07	<0,02	/	/
pyrène	0,1	0,05	11	0,07	0,06	1,3	0,03	<0,02	0,52	<0,02	0,65	0,05	<0,02	/	/
benzo(a)anthracène	0,04	0,03	3,9	0,02	0,02	1,1	<0,02	<0,02	0,41	<0,02	0,46	0,03	<0,02	/	/
chrysène	0,05	0,03	6	0,04	0,03	0,88	<0,02	<0,02	0,39	<0,02	0,4	0,03	<0,02	/	/
benzo(b)fluoranthène	0,12	0,04	6,2	0,04	0,03	2,4	0,06	<0,02	0,65	<0,02	0,68	0,05	<0,02	/	/
benzo(k)fluoranthène	0,05	<0,02	2,7	<0,02	<0,02	1	0,02	<0,02	0,28	<0,02	0,3	0,02	<0,02	/	/
benzo(a)pyrène	0,03	<0,02	0,9	<0,02	<0,02	2,1	0,05	<0,02	0,39	<0,02	0,51	0,03	<0,02	/	/
dibenzo(ah)anthracène	0,03	<0,02	0,69	<0,02	<0,02	0,47	<0,02	<0,02	0,11	<0,02	0,11	<0,02	<0,02	/	/
benzo(ghi)perylène	0,18	0,02	2,3	0,02	<0,02	2,1	0,06	<0,02	0,38	<0,02	0,41	0,03	<0,02	/	/
indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,12	<0,02	2,3	0,02	<0,02	2	0,05	<0,02	0,35	<0,02	0,37	0,02	<0,02	/	/
Somme des HAP	1	2,8	77	8,9	14	16	0,32	<sq	4,5	<sq	5	0,37	<sq	50	/
<b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (mg/kg MS)</b>															
1,2-dichloroéthane	<0,03	<0,03	0,04	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	/	/
1,1-dichloroéthane	<0,02	0,04	1,3	<0,03	<0,03	<0,02	<0,02	<0,03	<0,02	<0,03	<0,02	<0,02	<0,03	/	/
cis-1,2-dichloroéthane	0,8	13	1 400	10	46	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,06	0,1	<0,03	/	/
trans-1,2-dichloroéthane	<0,02	0,06	5,2	0,05	0,12	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
dichlorométhane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
1,2-dichloropropane	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	/	/
1,3-dichloropropane	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
tétrachloroéthylène	13	1	8 800	68	380	0,1	0,06	<0,02	0,05	<0,02	2,2	0,66	0,28	/	/
tétrachlorométhane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
1,1,1-trichloroéthane	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
trichloroéthylène	0,63	0,11	2 700	15	8,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,14	0,06	<0,02	/	/
chloroforme	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/
chlorure de vinyle	<0,01	0,14	3,3	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	/	/
hexachlorobutadiène	<0,1	<0,1	0,55	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	/	/
bromoforme	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
Somme des COHV	14	14	12 910	93	434	0,1	0,06	<sq	0,05	<sq	2,4	0,82	0,28	/	/
<b>POLYCHLOROBIPHENYLS (PCB) (mg/kg MS)</b>															
PCB 28	-	-	0,4	-	-	<0,0048	-	-	0,0094	-	0,004	-	-	/	/
PCB 52	-	-	1,6	-	-	<0,0054	-	-	0,0046	-	0,012	-	-	/	/
PCB 101	-	-	2,6	-	-	0,027	-	-	0,028	-	0,15	-	-	/	/
PCB 118	-	-	2,5	-	-	0,012	-	-	0,012	-	0,032	-	-	/	/
PCB 138	-	-	2	-	-	0,1	-	-	0,062	-	0,38	-	-	/	/
PCB 153	-	-	2,1	-	-	0,13	-	-	0,095	-	0,57	-	-	/	/
PCB 180	-	-	0,84	-	-	0,17	-	-	0,091	-	0,55	-	-	/	/
PCB totaux (7)	-	-	12	-	-	0,44	-	-	0,3	-	1,7	-	-	1	/
<b>HYDROCARBURES TOTAUX (mg/kg MS)</b>															
fraction C5-C6	<10	<10	-	<10	<10	-	<10	<10	-	<10	-	<10	<10	/	/
fraction C6-C8	<10	24	-	22	11	-	<10	<10	-	<10	-	<10	<10	/	/
fraction C8-C10	<10	180	-	310	170	-	<10	<10	-	<10	-	<10	<10	/	/
fraction C10-C12	<5	67	2300	46	47	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5,1	/	/
fraction C12-C16	<5	10	2800	11	13	7,3	24	2800	<5	<5	<5	<5	<5,1	/	/
fraction C16-C21	44	17	8400	30	22	28	460	<5	5,6	<5	15	<5	<5,1	/	/
fraction C21-C40	260	100	38000	150	120	1100	260	<5	130	<5	280	15	5,8	/	/
Hydrocarbures Volatils C5-C10	<sq	200	-	330	180	-	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	/	/
hydrocarbures totaux C10-C40	300	190	52 000	240	200	1 100	740	<sq	140	<sq	300	15	5,8	500	/
<b>LIXIVIATION</b>															

Tableau 19 : Résultats d'analyse de sols en mg/kg – sondages réalisés par BURGEAP en protocole MACAOH

Ouvrage	T16				T17				T19				T20				T21				Valeurs de référence		
	0,4	1,8	2,3	3,3	0,5	1,8	2,3	3,35	0,5	1,4	2,3	3,5	0,5	1,2	2,8	3,4	0,2	1,8	2,2	3,2	Critères acceptation ISDI*	Valeurs de bruit de fond**	
Prof. échantillon (m)	4				4				4				3,5				4						
Prof. de l'ouvrage (m)	4				4				4				3,5				4						
Lithologie	R	TN	TN	TN	TN	TN	TN	TN	TN	TN	TN	TN	R	TN	TN	TN	R	TN	TN	TN			
Indices organoleptiques	Ø	HC (+)	HC (+)	HC (++)	HC + Solvant (+)	HC + Solvant (+)	Noir	Ø	HC (++)	HC (++)	HC (++)	HC (++)	Ø	Ø	Ø	Ø	Traces noires	Traces gris-noir	Ø	Ø			
Mesure gaz (ppmV)	32,5	710	475	318	696	809	627	71,2	>5 000	>5 000	>5 000	2 205	395	47	1 470	25,5	36,1	350,1	296	200,3			
Date de prélèvement	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	15/02/2018	15/02/2018	15/02/2018	15/02/2018	15/02/2018	15/02/2018	15/02/2018	15/02/2018			
ANALYSES SUR BRUT																							
matière sèche (%)	74,3	85,8	80,6	80,5	82,9	77,3	74,6	69,6	83,2	84,9	76,7	66,6	60,4	82,9	72,2	76,4	84,2	80,2	80,3	79,6	/	/	
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (mg/kg MS)																							
benzène	2,8	<5,0	<0,08	0,26	0,34	<5,0	<5,0	0,5	0,55	<5,0	<0,06	<0,50	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<1,0	<5,0	<0,10	<0,10	/	/	
toluène	2,7	<0,05	<0,05	<0,05	<0,50	<5,0	<5,0	<0,05	<100	7,1	1,3	1	0,31	<0,10	<0,10	<0,10	<1,0	<5,0	<0,10	<0,10	/	/	
éthylbenzène	0,59	28	12	10	31	88	32	0,72	170	72	6,5	5	0,26	<0,10	<0,10	<0,10	<1,0	34	12	3,8	/	/	
orthoxyène	0,82	<5,0	0,74	0,91	4,2	<5,0	<5,0	<0,050	130	86	10	7,5	1,2	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	12	3	0,89	/	/	
para- et métaxyène	4,2	70	16	86	75	260	100	0,69	1 200	650	57	44	5	<0,20	<0,20	<0,20	<2,0	200	60	16	/	/	
xyènes	5	70	17	87	79	260	100	0,69	1 330	740	67	52	6,2	<sq	<sq	<sq	<sq	210	63	17	/	/	
BTEX totaux	11	98	29	97	111	348	132	1,91	1 501	815	75	58	6,8	<sq	<sq	<sq	<sq	246	75	21	6	/	
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (mg/kg MS)																							
naphthalène	2	45	12	20	22	100	62	1,9	<200	-	-	-	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	19	3,1	1,4	/	/	
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (mg/kg MS)																							
1,1,1,2-Tétrachloroéthane	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<10	<0,20	<0,20	<0,20	/	/
1,1,1-Trichloroéthane	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<5,0	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<5,0	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
1,1,2,2-Tétrachloroéthane	<0,10	14	24	<3,0	4,2	<10	<10	<0,10	<200	<10	<0,30	<1,0	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<10	0,96	1,3	/	/	
1,1,2-Trichloroéthane	<0,05	<5,0	<0,05	<0,05	<0,20	<5,0	<5,0	<0,05	<0,30	<5,0	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<5,0	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
1,1-Dichloroéthane	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<10	<0,20	<0,20	<0,20	/	/
1,1-Dichloroéthylène	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<10	<0,20	<0,20	<0,20	/	/
1,2-Dichloroéthane	<0,20	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<5,0	<5,0	<0,05	<0,05	<5,0	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<5,0	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
Chloroéthane	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<50	<0,50	<0,50	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<50	<1,0	<1,0	<1,0	/	/
Chlorométhane	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<50	<0,50	<0,50	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<50	<1,0	<1,0	<1,0	/	/
Chlorure de Vinyle	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,03	<0,02	<0,02	0,2	0,42	<2,0	0,66	2,1	<0,04	0,12	0,89	0,64	<0,04	<2,0	<0,04	0,59	/	/	
cis-1,2-Dichloroéthène	0,19	<0,025	<0,025	<0,025	0,41	<0,025	<2,5	<0,040	<50	<5,0	13	14	3	2,7	2,1	1,6	<0,50	<2,5	<0,050	10	/	/	
Dichlorométhane	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,08	<5,0	<5,0	<0,05	<0,05	<5,0	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<5,0	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
Hexachloroéthane	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<10	<0,20	<0,20	<0,20	/	/
Pentachloroéthane	<0,10	<10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<10	<0,20	<0,20	<0,20	/	/
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	0,19	<sq	<sq	<sq	0,41	<sq	<sq	<sq	<sq	<sq	13	14	3,1	2,7	2,1	1,6	<sq	<sq	<sq	10	/	/	
Tétrachloroéthylène	5,2	<0,05	<0,05	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,48	<5,0	1,2	<0,60	36	48	0,93	<0,10	50	<5,0	<0,10	0,5	/	/	
Tétrachlorométhane	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<5,0	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<5,0	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
Trans-1,2-Dichloroéthylène	<0,04	<0,025	<0,025	<0,025	<0,03	<0,025	<2,5	<0,025	<0,050	<2,5	<0,030	<0,25	0,14	<0,050	<0,050	<0,050	<0,50	<2,5	<0,050	<0,050	/	/	
Trichloroéthylène	0,55	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,06	<5,0	0,16	<0,50	7,3	1,7	<0,10	<0,10	2,3	<5,0	<0,10	<0,10	/	/	
Trichlorométhane	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<5	<5,0	<0,05	<0,50	<5,0	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<5,0	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
Somme des COHV	5,94	14	24	0,11	4,61	<sq	<sq	0,2	0,9	<sq	15	16	46	53	3,92	2,24	52	<sq	0,96	12	/	/	

-	pas d'analyse	21,1	substance détectée
<0,10	concentration< au seuil de quantifaction	50,6	concentration significative et/ou > valeurs de référence
<sq	somme de concentrations inférieures au seuil de quantifaction	/	absence de valeur de référence
<5	concentration< au seuil de quantifaction élevée (Cf. explication bordereaux d'analyses)		

\* : Critères d'acceptation en ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes) pour les composés organiques définis dans l'arrêté du 12 décembre 2014

\*\* : Source : programme ASPITET - INRA Orléans (<http://etm.orleans.inra.fr/webetm2.htm>). Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France)



Tableau 20 : Résultats d'analyse de sols en mg/kg – sondages réalisés par BURGEAP en protocole MACAOH (suite)

Ouvrage	T22		T23				T24		T25					T26				Valeurs de référence	
	0,8	1,8	0,8	1,2	2,5	3,2	0,8	1,4	0,8	1,8	2,8	3,5	4,5	0,5	1,8	2,8	3,8	Critères acceptation ISDI*	Valeurs de bruit de fond**
Prof. échantillon (m)	2		4				1,7		5					4					
Prof. de l'ouvrage (m)	2		4				1,7		5					4					
Lithologie	TN	TN	R	TN	TN	TN	R	R	TN	TN	TN	TN	TN	R	TN	TN	TN		
Indices organoleptiques	Ø	Ø	Traces noires	Ø	Bleu	Ø	Ø	Ø	Solvant (+)	Solvant (++)	Solvant (++)	Solvant (++)	Solvant (++)	Solvant (+)	Solvant (+)	Solvant (++)	Solvant (+)		
Mesure gaz (ppmV)	17,6	202,7	97,5	104,4	179,9	28,2	<sd	1,5	1 106	4 509	3 507	>5 000	>5 000	4 950	2 208	>5 000	1 999		
Date de prélèvement	15/02/2018	15/02/2018	15/02/2018	15/02/2018	15/02/2018	15/02/2018	07/02/2018	07/02/2018	07/02/2018	07/02/2018	07/02/2018	07/02/2018	07/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018		
<b>ANALYSES SUR BRUT</b>																			
matière sèche (%)	76,4	76,7	83,8	78,7	63,7	63,3	88,5	90,1	78,1	81	70,7	69,8	73	84,4	84,6	79,1	78,2	/	/
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (mg/kg MS)</b>																			
benzène	<0,10	1,4	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	0,07	<5,0	7,2	6,9	<50	0,11	<0,05	<0,05	0,15	/	/
toluène	<0,10	4,4	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,16	<0,05	0,13	<5,0	<50	<50	71	0,09	<0,10	<0,20	0,12	/	/
éthylbenzène	<0,10	16	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	0,1	<5,0	<50	<50	<50	<0,06	0,2	0,75	0,42	/	/
orthoxyène	<0,10	11	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,28	<0,050	<0,30	33	<51	83	73	<0,20	<0,20	0,21	0,096	/	/
para- et métaoxyène	<0,20	140	<0,20	0,55	<0,20	<0,20	0,94	<0,10	0,73	42	250	300	270	0,69	<0,10	0,61	0,43	/	/
xylènes	<sq	150	<sq	0,55	<sq	<sq	1,2	<sq	0,73	75	250	380	340	0,69	<sq	0,82	0,53	/	/
BTEX totaux	<sq	173	<sq	0,55	<sq	<sq	1,38	<sq	1,03	75	257	390	414	0,89	0,2	1,57	1,22	6	/
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (mg/kg MS)</b>																			
naphtalène	<0,20	13	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<100	<100	<100	0,26	0,28	<0,10	<0,10	/	/
<b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (mg/kg MS)</b>																			
1,1,1,2-Tétrachloroéthane	<0,20	<2,0	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,10	<0,10	<100	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
1,1,1-Trichloroéthane	<0,10	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<5,0	<0,05	<0,05	<50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
1,1,2,2-Tétrachloroéthane	<0,20	<2,0	<0,20	<0,20	4,2	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,20	<0,10	<100	<0,20	<0,30	<0,10	<0,10	/	/
1,1,2-Trichloroéthane	<0,10	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,50	<5,0	<0,05	<0,08	<50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
1,1-Dichloroéthane	<0,20	<2,0	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,10	<0,10	<100	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
1,1-Dichloroéthylène	<0,20	<2,0	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<10	0,27	0,24	<100	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
1,2-Dichloroéthane	<0,10	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<5,0	<0,30	<0,30	<50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
Chloroéthane	<1,0	<10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<0,50	<0,50	<0,50	<50	<0,50	<0,50	<500	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	/	/
Chlorométhane	<1,0	<10	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<0,50	<0,50	<0,50	<50	<0,50	<0,50	<500	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	/	/
Chlorure de Vinyle	<0,04	<0,40	<0,04	<0,04	<0,04	0,32	<0,02	<0,02	<0,02	<2,0	0,92	0,54	<20	<0,02	0,1	0,23	1,8	/	/
cis-1,2-Dichloroéthène	<0,050	65	<0,050	<0,050	<0,050	2,7	0,18	0,26	24	64	350	270	180	<25	19	52	60	/	/
Dichlorométhane	<0,10	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<5,0	<0,05	<0,05	<50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
Hexachloroéthane	<0,20	<2,0	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,10	<0,10	<100	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
Pentachloroéthane	<0,20	<2,0	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,10	<0,10	<0,10	<10	<0,10	<0,10	<100	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	/	/
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	<sq	65	<sq	<sq	<sq	2,7	0,18	0,26	24	64	350	270	180	0,25	19	52	60	/	/
Tétrachloroéthylène	<0,10	<1,0	0,32	<0,10	<0,10	4,6	6,8	0,65	500	1 400	2 100	3 200	2 700	2 100	610	44	7,2	/	/
Tétrachlorométhane	<0,10	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<5,0	<0,05	<0,05	<50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
Trans-1,2-Dichloroéthylène	<0,050	<0,50	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,025	<0,025	0,1	<2,5	1,2	1	<25	0,25	0,097	0,15	0,23	/	/
Trichloroéthylène	<0,10	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	1,6	0,42	0,09	26	150	240	400	260	<50	18	0,62	8,6	/	/
Trichlorométhane	<0,10	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<5,0	<0,05	<0,05	<50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/
Somme des COHV	<sq	65	0,32	<sq	4,2	9,22	7,4	1	550	1 614	2 692	3 872	3 140	2 100	647	97	78	/	/

-	pas d'analyse	21,1	substance détectée
<0,10	concentration< au seuil de quantification	50,6	concentration significative et/ou > valeurs de référence
<sq	somme de concentrations inférieures au seuil de quantification	/	absence de valeur de référence
<5	concentration< au seuil de quantification élevée (Cf. explication bordereaux d'analyses)		

\* : Critères d'acceptation en ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes) pour les composés organiques définis dans l'arrêté du 12 décembre 2014

\*\* : Source : programme ASPITET - INRA Orléans (<http://etm.orleans.inra.fr/webetm2.htm>). Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France)



Tableau 21 : Résultats d'analyse de sols en mg/kg – sondages réalisés par BURGEAP en protocole MACAOH (suite)

Ouvrage	T27		T28				T32				T33			T34				Valeurs de référence		
	0,5	1,5	0,8	1,2	2,8	3,2	4,8	0,3	1,3	2,8	3,5	0,5	1,8	2,8	0,2	1,8	2,5	3,2	Critères acceptation ISDI*	Valeurs de bruit de fond**
Prof. échantillon (m)	2,3		5				4				4			4						
Prof. de l'ouvrage (m)	2,3		5				4				4			4						
Lithologie	R	TN	R	TN	TN	TN	TN	R	R	TN	TN	R	R	TN	R	TN	TN	TN		
Indices organoleptiques	Solvant (+)	Solvant (+)	Gris - Noir	Ø	HC (+)	HC + Solvant (+)	Ø	Traces noires	Ø	Solvant (+)	Ø	Noir	HC (+)	HC (+)	Ø	Ø	Ø	Huile		
Mesure gaz (ppmV)	330	1 606	>5 000	1 930	979	3 554	1 060	91,5	140,6	3 980	4 730	14,3	261	1 875	13	72,8	3 997	>5 000		
Date de prélèvement	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	08/02/2018	15/02/2018	15/02/2018	15/02/2018	15/02/2018		
<b>ANALYSES SUR BRUT</b>																				
matière sèche (%)	89,5	79,6	83,5	82,3	82,3	79,9	59,2	85	85,9	75,8	68,1	93,1	76	68,8	84,6	80,7	73,9	69,1	/	/
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (mg/kg MS)</b>																				
benzène	<0,50	0,84	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,19	<0,06	0,09	<6,0	3,7	<0,05	1,4	10	<0,10	<0,10	<10	<100	/	/
toluène	4,1	<50	<0,05	<0,05	6,6	26	3	<0,05	<0,05	58	5	<0,05	6,7	48	<0,10	<0,10	34	170	/	/
éthylbenzène	6,8	4	<0,05	<0,05	15	60	7,8	<0,05	2,1	99	2,1	<0,05	13	20	<0,10	<0,10	64	610	/	/
orthoxyène	29	<50	<0,050	<0,050	24	100	11	<0,050	0,17	200	3,8	<0,050	45	54	<0,10	<0,10	230	1 400	/	/
para- et métaoxyène	75	<100	<0,10	<1,0	100	430	51	<0,20	4,2	900	11	<0,10	140	190	<0,20	<0,20	1 000	6 800	/	/
xylènes	100	<sq	<sq	<sq	124	530	62	<sq	4,4	1 100	15	<sq	190	240	<sq	<sq	1 200	8 200	/	/
BTEX totaux	115	4,84	<sq	<sq	146	616	73	<sq	6,6	1 257	26	<sq	206	322	<sq	<sq	1 328	8 980	6	/
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (mg/kg MS)</b>																				
naphtalène	4,9	<100	<0,10	<0,10	3	14	1,9	<0,1	2,4	22	<1	<0,10	16	3,5	<0,20	<0,20	<20	<200	/	/
<b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (mg/kg MS)</b>																				
1,1,1,2-Tétrachloroéthane	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,20	<20	<200	/	/
1,1,1-Trichloroéthane	<0,50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<10	<100	/	/
1,1,2,2-Tétrachloroéthane	5,3	<2,0	<0,10	<0,10	1,5	3,6	<0,80	<0,20	6,4	13	0,16	<0,10	11	2,6	<0,20	<0,20	<20	<200	/	/
1,1,2-Trichloroéthane	<0,50	<0,20	<0,05	<0,05	<0,05	<0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,40	<0,05	<0,05	<0,05	<0,20	<0,10	<0,10	<10	<100	/	/
1,1-Dichloroéthane	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,20	<20	<200	/	/
1,1-Dichloroéthylène	<1,0	0,46	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,4	0,19	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,20	<20	<200	/	/
1,2-Dichloroéthane	<0,50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,50	<0,05	<0,05	<0,07	<0,05	<0,10	<0,10	<10	<100	/	/
Chloroéthane	<5,0	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<1,0	<1,0	<100	<1000	/	/
Chlorométhane	<5,0	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<1,0	<1,0	<100	<1000	/	/
Chlorure de Vinyle	<0,20	<20	<0,02	<0,02	0,34	0,2	0,24	<0,02	<0,02	1,3	1,3	<0,02	0,51	0,65	<0,04	<0,04	<4,0	<40	/	/
cis-1,2-Dichloroéthène	4,2	100	1,2	1,2	2,8	5,9	79	2,2	<0,040	240	190	0,12	3,7	170	<0,050	<0,050	20	140	/	/
Dichlorométhane	<0,50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,07	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<10	<100	/	/
Hexachloroéthane	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,20	<20	<200	/	/
Pentachloroéthane	<1,0	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,20	<0,20	<20	<200	/	/
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	4,2	100	1,2	1,2	2,8	5,9	79	2,2	<sq	240	190	0,12	3,7	170	<sq	<sq	20	140	/	/
Tétrachloroéthylène	51	1 400	310	47	0,19	8,5	2,7	18	0,15	0,69	<0,05	2,8	0,08	1,9	12	<0,10	<10	<100	/	/
Tétrachlorométhane	<0,50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<10	<100	/	/
Trans-1,2-Dichloroéthylène	<0,25	0,69	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,25	<0,20	<0,025	1,1	0,65	<0,030	<0,025	0,61	<0,050	<0,050	<5,0	<50	/	/
Trichloroéthylène	3,2	180	1,6	0,49	<0,05	0,51	<0,05	2,5	0,08	0,22	<0,05	<0,05	<0,05	0,73	1,1	<0,10	<10	<100	/	/
Trichlorométhane	<0,50	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,10	<0,10	<10	<100	/	/
Somme des COHV	64	1 681	313	49	4,83	19	82	23	6,63	257	192	3,18	15	176	13	<sq	20	140	/	/

-	pas d'analyse	21,1	substance détectée
<0,10	concentration< au seuil de quantification	50,6	concentration significative et/ou > valeurs de référence
<sq	somme de concentrations inférieures au seuil de quantification	/	absence de valeur de référence
<5	concentration< au seuil de quantification élevée (Cf. explication bordereaux d'analyses)		

\* : Critères d'acceptation en ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes) pour les composés organiques définis dans l'arrêté du 12 décembre 2014

\*\* : Source : programme ASPITET - INRA Orléans (<http://etm.orleans.inra.fr/webetm2.htm>). Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France)

## **Annexe 2. Synthèse des résultats d'analyses – milieu eaux souterraines**

Cette annexe contient 7 pages.

Tableau 11 : Résultats d'analyse d'eau souterraine en µg/l

	Unité	Valeurs réglementaires française		Valeur guide OMS	PZ3						PZ2						PZ4									
		Eau brute	Eau potable	Eau potable	Bât. 2						Bât. 3/4						Bât. 2									
Localisation des ouvrages					Amont						Centrale						Centrale									
Position hydraulique des ouvrages					Amont						Centrale						Centrale									
Campagne					oct.-13	mars-14	sept.-14	mars-15	déc.-15	avr.-16	mai-18	oct.-13	mars-14	sept.-14	mars-15	déc.-15	avr.-16	avr.-17	mai-18	oct.-13	mars-14	sept.-14	mars-15	déc.-15	avr.-16	mai-18
Naphtalène	µg/l				250	69	150	510	250	<800	<800	15	1100	500	830	320	<800	1,5	<800	47000	15000	1600	2500	2300	840	940
<b>COHV</b>																										
dichlorométhane	µg/l			20	5,3	<5	<5	<5	<5	<500	<500	<5	<5	<5	<5	<5	<500	<0,5	<500	<5	<5	<8	<5	<5	<500	<500
Trichlorométhane (Chloroforme)	µg/l			300	19,8	21,5	3,7	19	<2	<100	<100	5,1	4,9	7,4	5,5	7,2	<100	2,8	<100	<2	16,5	<4	<2	<2	<100	<100
tétrachlorométhane	µg/l			4	<1	<1	<1	<1	<1	<100	<100	<1	<1	<1	<1	<1	<100	<0,1	<100	<100	<1	<1	<1	<1	<100	<100
trichloroéthylène	µg/l			20	14400	14700	6810	15300	767	14000	66000	30800	62700	79600	108000	49800	26000	50000	54000	121000	53500	9010	38600	22300	4300	13000
tétrachloroéthylène	µg/l			40	235000	166000	23500	335000	1410	43000	160000	33300	91300	129000	320000	67400	32000	36000	140000	1240000	177000	23200	232000	101000	18000	31000
Somme trichoro +tétrachloro	µg/l		10		249400	180700	30310	350300	2177	57000	226000	64100	154000	208600	428000	117200	58000	86000	194000	1361000	230500	32210	270600	123300	22300	44000
1,1-dichloroéthane	µg/l				<2	<2	<2	<2	<2	na	na	<2	<2	<2	<2	<2	na	na	na	<2	<2	<2	<2	<2	na	na
1,2-dichloroéthane	µg/l		3	30	2,5	<1	<1	2,9	<2	140	<100	3,8	4,5	<8	<1	<2	<100	<0,1	<100	<1	<2	<7	<1	<2	<100	<100
1,1,1-trichloroéthane	µg/l				<2	<2	<2	<2	<2	<100	<100	<2	<2	<2	<2	<2	<100	<0,1	<100	<200	<2	<2	<2	<2	<100	<100
1,1,2-trichloroéthane	µg/l				202	163	25	176	<5	na	na	26,1	27,9	44,8	<5	33,2	na	na	na	<500	<5	<5	<5	<5	na	na
cis 1,2-Dichloroéthylène	µg/l				30300	21100	18400	30300	8730	30000	24000	14900	25800	23500	37400	21800	13000	35000	24000	512000	538000	404000	528000	672000	210000	740000
trans 1,2-Dichloroéthylène	µg/l				76,7	85,2	46,3	70,2	31,8	<100	110	48,4	71,1	84,9	124	89	<100	87	<100	2210	1410	1370	1960	1640	610	1700
Somme cis + trans 1,2 Dichloroéthylène	µg/l		50		30377	21185	18446	30370	8762	30000	24110	14948	25871	23585	37524	21889	13000	35087	24000	514210	539410	405370	529960	673640	210610	741700
Chlorure de Vinyle	µg/l		0,5	0,3	2170	1180	822	2230	653	1800	820	948	1560	1550	1890	976	1100	2500	2500	5720	4950	7020	7590	2010	1400	3100
1,1-Dichloroéthylène	µg/l				84,3	176	42,7	206	7,6	<100	150	42,2	80,8	127	126	103	<100	49	<100	475	258	288	280	239	<100	<100
Bromochlorométhane	µg/l				<5	<5	<5	<5	<5	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na
Dibromométhane	µg/l				<5	<5	<5	<5	<5	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	<500	<5	<5	<5	<5	na	na
Bromodichlorométhane	µg/l		60		<5	<5	<5	<5	<5	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	<500	<5	<5	<5	<5	na	na
Dibromochlorométhane	µg/l		100		<2	<2	<2	<2	<2	na	na	<2	<2	<2	<2	<2	na	na	na	<200	<2	<2	<2	<2	na	na
1,2-Dibromoéthane	µg/l		0,4		5,1	3,8	<1	<1	<1	na	na	12,8	<1	<1	<1	<1	na	na	na	<100	<1	<1	<1	<1	na	na
Tribromométhane (Bromoforme)	µg/l		100		<5	<5	<5	<5	<5	<200	<200	<5	<5	<5	<5	<5	<200	<0,2	<200	<5	<5	<5	<5	<5	<200	<200
Somme des COHV	µg/l				282266	203430	42840	383304	11599	88940	251080	80086	181549	233914	467546	140208	72100	123639	220500	1881405	775135	444888	808430	799189	234310	788800
<b>BTEX</b>																										
Benzène	µg/l		1	10	2440	2260	791	2780	120	870	1500	4830	6760	10000	8280	6020	2700	3800	3800	19200	9500	5590	8780	8090	2400	5800
Toluène	µg/l		700		2980	2540	637	3680	146	740	1200	995	2250	3950	3990	2140	450	460	1900	49300	12000	9070	12600	10600	3100	8400
Ethylbenzène	µg/l		300		579	321	728	544	541	350	300	932	646	689	686	491	<100	30	500	73800	6710	5280	7660	9350	2200	4700
o-Xylène	µg/l				1390	960	504	1460	625	490	880	596	484	805	1120	569	200	240	790	138000	13800	9620	14100	18900	5400	9700
m+p-Xylène	µg/l				5050	3430	4300	4900	3890	1800	1900	2790	1700	3070	3940	1860	<200	100	2400	485000	43500	28600	39100	48200	12000	25000
Somme des xylènes	µg/l		500		6440	4390	4804	6360	4515	2300	2800	3386	2184	3875	5060	2429	200	340	3200	623000	57300	38220	53200	67100	17000	35000
Sommes des BTEX	µg/l				12439	9511	6960	13364	5322	4300	5800	10143	11840	18514	18016	11080	3400	4600	9400	765300	85510	58160	82240	95140	25000	54000

550 concentration significative  
 <1,00 concentration inférieure au seuil de détection  
 -/- les concentrations de chaque composés de la somme sont < au seuil de détection analytique

\* : Arrêté du 11 janvier 2007 "relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R.1321-2, R.1321-3, R.1321-7 et R.1321-38 du code de la santé publique "

\*\* : Directive OMS de qualité pour l'eau de boisson, édition 4 de 2011 - tableau A3.3.

Nota : en avril 2017, les ouvrages PZ3 et PZ4 n'ont pas pu être prélevés (non accessibles).

Tableau 12 : Résultats d'analyse d'eau souterraine en µg/l (suite)

	Unité	Valeurs réglementaires française		Valeur guide OMS	PZ5								PZ10							
		Eau brute	Eau potable	Eau potable	Ouest Bât. 1								Bât 7/4							
Localisation des ouvrages					Amont latérale								Latérale							
Position hydraulique des ouvrages					Amont latérale								Latérale							
Campagne					oct.-13	mars-14	sept.-14	mars-15	déc.-15	avr.-16	avr.-17	mai-18	oct.-13	mars-14	sept.-14	mars-15	déc.-15	avr.-16	avr.-17	mai-18
Naphtalène	µg/l				460	82	590	1700	430	<400	42	<800	0,14	0,29	4,5	1	2	<8	<8	<8
<b>COHV</b>																				
dichlorométhane	µg/l			20	<5	<5	<5	<5	<5	<250	0,9	<500	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<0,5	<5
Trichlorométhane (Chloroforme)	µg/l			300	17,8	13,1	10,1	8,1	7,2	<50	3,4	<100	<2	<2	<2	<2	<2	<1	<0,1	<1
tétrachlorométhane	µg/l			4	<1	<1	<1	<1	<1	<50	<0,1	<100	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
trichloroéthylène	µg/l			20	36300	40100	38400	43700	18100	22000	32000	62000	145	107	26,6	10,5	12,1	3	4,8	<1
tétrachloroéthylène	µg/l			40	155000	208000	80100	243000	26300	5200	11000	53000	1,6	<1	<1	<1	8,3	1,4	4,2	<1
Somme trichoro + tétrachloro	µg/l		10		191300	248100	118500	286700	44400	27200	43000	115000	146,6	107	26,6	10,5	20,4	4,4	9	<sd
1,1-dichloroéthane	µg/l				<2	<2	<2	<2	<2	na	na	na	<2	<2	<2	<2	<2	na	na	na
1,2-dichloroéthane	µg/l		3	30	<1	<2	<2	<1	<2	<50	<0,1	<100	3,2	<2	<5	<1	2,7	<1	1,7	<1
1,1,1-trichloroéthane	µg/l				<2	<2	<2	<2	<2	<50	<0,1	<100	<2	<2	<2	<2	<2	<1	<1	<1
1,1,2-trichloroéthane	µg/l				134	119	68,1	58,6	47,5	na	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na
cis 1,2-Dichloroéthylène	µg/l				31700	20100	36900	112000	86500	58000	100000	68000	1640	1170	1080	992	766	330	410	230
trans 1,2-Dichloroéthylène	µg/l				90,5	79,5	132	258	192	130	280	260	16,8	18,9	34,8	36,5	34,8	14	5,7	3,6
Somme cis + trans 1,2 Dichloroéthylène	µg/l			50	31791	20180	37032	112258	86692	58130	100280	68260	1657	1189	1115	1029	801	344	416	234
Chlorure de Vinyle	µg/l		0,5	0,3	1570	1100	1630	1770	1140	980	1800	2000	7020	4450	7420	5860	1840	5000	2000	1200
1,1-Dichloroéthylène	µg/l				118	125	144	135	124	<50	54	<100	2,1	2,4	2,8	<2	<2	1	<1	<1
Bromochlorométhane	µg/l				<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na
Dibromométhane	µg/l				<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na
Bromodichlorométhane	µg/l			60	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na
Dibromochlorométhane	µg/l			100	<2	<2	<2	<2	<2	na	na	na	<2	<2	<2	<2	<2	na	na	na
1,2-Dibromoéthane	µg/l			0,4	<1	<1	<1	<1	<1	na	na	na	4,3	18,2	<3	<1	<1	na	na	na
Tribromométhane (Bromoforme)	µg/l			100	<5	<5	<5	<5	<5	<100	<0,2	<200	<5	<5	<5	<5	<5	<2,0	<2	<2
Somme des COHV	µg/l				224930	269637	157384	400930	132411	85330	145138	185260	8833	5767	8564	6899	2664	5349	2426	1434
<b>BTEX</b>																				
Benzène	µg/l		1	10	17000	12800	10900	10200	6720	4600	8100	6800	409	199	312	220	228	180	82	210
Toluène	µg/l			700	3990	3540	3080	3770	1320	470	320	790	47,2	63,1	135	86,9	85,4	41	2,7	7,1
Ethylbenzène	µg/l			300	1730	891	2180	1270	1220	240	490	1400	45	78,3	525	254	288	<1	<1	<1
o-Xylène	µg/l				1420	1380	1000	1590	702	330	310	1000	38	21,1	40,1	29,5	24,3	29	9,4	17
m+p-Xylène	µg/l				10200	7950	9120	7280	3440	990	100	3700	54,4	38,1	112	37,8	44,3	6,7	<2	<2
Somme des xylènes	µg/l			500	11620	9330	10120	8870	4142	1300	1300	4700	92,4	59,2	152,1	67,3	68,6	36	9,4	17
Somme des BTEX	µg/l				34340	26561	26280	24110	13402	6600	10000	14000	594	400	1124	628	670	260	94	230

550 concentration significative  
 <1,00 concentration inférieure au seuil de détection  
 -/- les concentrations de chaque composés de la somme sont < au seuil de détection analytique

\* : Arrêté du 11 janvier 2007 "relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R.1321-2, R.1321-3, R.1321-7 et R.1321-38 du code de la santé publique "

\*\* : Directive OMS de qualité pour l'eau de boisson, édition 4 de 2011 - tableau A3.3.



Tableau 13 : Résultats d'analyse d'eau souterraine en µg/l (suite)

	Unité	Valeurs réglementaires française		Valeur guide OMS	PZ1								PZ9								
		Eau brute	Eau potable	Eau potable	Est Bât. 5								Est Bât. 5								
Localisation des ouvrages					Latérale aval								Latérale								
Position hydraulique des ouvrages					Latérale aval								Latérale								
Campagne					oct.-13	mars-14	sept.-14	mars-15	avr.-16	nov.-16	avr.-17	oct.-17	mai-18	oct.-13	mars-14	sept.-14	mars-15	déc.-15	avr.-16	avr.-17	mai-18
Naphtalène	µg/l				0,08	0,06	0,04	<0,01	1,3	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	0,1	0,06	0,3	0,07	0,27	1,2	<0,8	<0,8
<b>COHV</b>																					
dichlorométhane	µg/l			<b>20</b>	<5	<5	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	<5	<5	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5
Trichlorométhane (Chloroforme)	µg/l			<b>300</b>	<2	<2	<2	<2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<2	<2	<2	<2	<2	1,4	0,78	2,4
tétrachlorométhane	µg/l			<b>4</b>	<1	<1	<1	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<0,1	<0,1
trichloroéthylène	µg/l			<b>20</b>	12,3	<1	<1	<1	1,4	20	0,69	5,1	0,72	2,4	2,8	2,2	2,5	4,1	4,2	2	3,2
tétrachloroéthylène	µg/l			<b>40</b>	15,7	2	<1	<1	7	100	0,37	7,3	5,2	5,2	20	11	13,5	8,9	27	4,9	19
Somme trichoro +tétrachloro	µg/l		<b>10</b>		28	2	<2	<2	8,4	120	1,06	12,4	5,9	7,6	22,8	13,2	16	13	31,2	6,9	22,2
1,1-dichloroéthane	µg/l				<2	<2	<2	<2	na	na	na	na	na	<2	<2	<2	<2	<2	na	na	na
1,2-dichloroéthane	µg/l		<b>3</b>	<b>30</b>	<1	<2	<1	<1	<0,1	<0,1	<0,1	0,11	<0,1	<2	<2	<5	<1	<2	<0,1	<0,1	<0,1
1,1,1-trichloroéthane	µg/l				<2	<2	<2	<2	8,9	<0,1	<0,1	0,63	<0,1	<2	<2	<2	<2	<2	9,1	<0,1	<0,1
1,1,2-trichloroéthane	µg/l				<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na
cis 1,2-Dichloroéthylène	µg/l				192	5,4	6,1	3	7,6	53	19	7,3	6,1	12	<2	<2	<2	<2	3,9	6,1	1,6
trans 1,2-Dichloroéthylène	µg/l				33,9	2,4	<2	<2	1,4	9,2	3,5	1,4	2	<2	<2	<2	<2	<2	0,22	0,28	0,15
Somme cis + trans 1,2 Dichloroéthylène	µg/l			<b>50</b>	225,9	7,8	6,1	3	9	62	23	9	8	12	<4	<4	<4	<4	3,9	6,32	1,88
Chlorure de Vinyle	µg/l		<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	98,7	<0,5	15,5	<0,5	<0,2	0,34	<0,2	0,41	0,84	1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,50	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dichloroéthylène	µg/l				<2	<2	<2	<2	1	0,16	<0,1	0,53	<0,1	<2	<2	<2	<2	<2	1,1	<0,1	<0,1
Bromochlorométhane	µg/l				<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na
Dibromométhane	µg/l				<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na
Bromodichlorométhane	µg/l			<b>60</b>	<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na
Dibromochlorométhane	µg/l			<b>100</b>	<2	<2	<2	<2	na	na	na	na	na	<2	<2	<2	<2	<2	na	na	na
1,2-Dibromoéthane	µg/l			<b>0,4</b>	<1	<1	<1	<1	na	na	na	na	na	<1	<1	<2	<1	<1	na	na	na
Tribromométhane (Bromoforme)	µg/l			<b>100</b>	<5	<5	<5	<5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<5	<5	<5	<5	<5	<0,2	<0,2	<0,2
Somme des COHV	µg/l				353	10	-/-	-/-	27	183	24	23	15	21	-/-	-/-	16	17	49	10	26
<b>BTEX</b>																					
Benzène	µg/l		<b>1</b>	<b>10</b>	4,74	0,98	1,82	<0,5	0,27	<0,2	<0,2	9	<0,2	1,23	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,24	0,63	<0,2
Toluène	µg/l			<b>700</b>	2	<1	<1	<1	0,99	<0,2	0,3	20	<0,2	2,7	<1	2	<1	<1	<1	11	<0,2
Ethylbenzène	µg/l			<b>300</b>	<1	<1	1,5	<1	12	<0,2	<0,2	10	<0,2	1,1	<1	<1	<1	<1	<1	21	<0,2
o-Xylène	µg/l				2,5	1,5	<1	<1	4,8	<0,1	0,26	12	<0,1	2,3	<1	1,6	<1	<1	<1	6,2	0,11
m+p-Xylène	µg/l				3,2	<1	<1	<1	0,65	<0,2	<0,2	7,4	<0,2	4,5	<1	1,8	<1	<1	2,4	53	<0,2
Somme des xylènes	µg/l			<b>500</b>	5,7	1,5	<2	<2	5,5	<0,3	0,26	19	<0,3	6,8	<2	3,4	<2	<2	2,4	59	0,11
Sommes des BTEX	µg/l				12,44	2,48	3,32	0	19	<sd	0,56	58	<sd	11,83	0	5,4	0	3,64	92	0,11	<sd

550 concentration significative  
 <1,00 concentration inférieure au seuil de détection  
 -/- les concentrations de chaque composés de la somme sont < au seuil de détection analytique

\* : Arrêté du 11 janvier 2007 "relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R.1321-2, R.1321-3, R.1321-7 et R.1321-38 du code de la santé publique "  
 \*\* : Directive OMS de qualité pour l'eau de boisson, édition 4 de 2011 - tableau A3.3.

Tableau 14 : Résultats d'analyse d'eau souterraine en µg/l (suite)

	Unité	Valeurs réglementaires française		Valeur guide OMS	PZ6										PZ7									
		Eau brute	Eau potable	Eau potable	Ouest Bât. 8										Nord-ouest du site									
Localisation des ouvrages					Aval										Aval									
Position hydraulique des ouvrages					Aval										Aval									
Campagne					oct.-13	mars-14	sept.-14	mars-15	déc.-15	avr.-16	nov.-16	avr.-17	oct.-17	mai-18	oct.-13	mars-14	sept.-14	mars-15	déc.-15	avr.-16	nov.-16	avr.-17	oct.-17	mai-18
Naphtalène	µg/l				0,05	0,12	0,28	0,02	0,11	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	0,16	0,07	0,06	0,05	0,3	<0,8	<40	<40	<400	<8
<b>COHV</b>																								
dichlorométhane	µg/l			<b>20</b>	<5	<5	<5	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<25	<25	<250	<5
Trichlorométhane (Chloroforme)	µg/l			<b>300</b>	<2	<2	<2	<2	<2	0,47	<0,1	0,14	<0,1	<0,1	<2	<2	<2	<2	<2	<1	<5	<5	<50	<1
tétrachlorométhane	µg/l			<b>4</b>	<1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<5	<5	<50	<1
trichloroéthylène	µg/l			<b>20</b>	<1	2,3	<1	1,8	1,8	3,2	0,81	6,5	1	0,84	<b>874</b>	<b>567</b>	<b>764</b>	<b>210</b>	<b>471</b>	12	110	36	<b>2900</b>	4,6
tétrachloroéthylène	µg/l			<b>40</b>	1,9	6,3	2,7	3,6	2,8	5,5	19	4,9	2,7	0,64	<b>419</b>	169	147	80,3	87,6	47	73	16	<b>1500</b>	<1
Somme trichoro +tétrachloro	µg/l			<b>10</b>	1,9	8,6	2,7	5,4	4,6	8,7	19,81	11,4	3,7	1,48	<b>1293</b>	<b>736</b>	<b>911</b>	290,3	558,6	59	183	52	<b>4400</b>	4,6
1,1-dichloroéthane	µg/l				<2	<2	<2	<2	<2	na	na	na	na	na	<2	<2	<2	<2	<2	na	na	na	na	na
1,2-dichloroéthane	µg/l			<b>3</b>	<1	<2	<1	<1	<2	<0,1	<0,1	0,13	<0,1	<0,1	<2	<2	<5	<1	<2	<1	<5	<5	75	<1
1,1,1-trichloroéthane	µg/l				<2	<2	<2	<2	<2	1,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<2	<2	<2	<2	<2	7,1	<5	<5	<50	<1
1,1,2-trichloroéthane	µg/l				<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na
cis 1,2-Dichloroéthylène	µg/l				25	20,6	18,1	18,5	22,5	11	7,6	83	4,5	44	<b>10200</b>	<b>5510</b>	<b>10300</b>	<b>3430</b>	<b>8230</b>	290	<b>1300</b>	<b>1600</b>	<b>52000</b>	400
trans 1,2-Dichloroéthylène	µg/l				<2	<2	<2	<2	<2	0,26	<0,1	0,71	0,1	0,47	36	17	22,3	8,2	29,6	2,5	<5	5,9	150	8,1
Somme cis + trans 1,2 Dichloroéthylène	µg/l			<b>50</b>	25	20,6	18,1	18,5	22,5	11,26	7,6	83,71	4,6	44,5	<b>10236</b>	<b>5527</b>	<b>10322</b>	<b>3438</b>	<b>8260</b>	293	<b>1300</b>	<b>1606</b>	<b>52150</b>	408
Chlorure de Vinyle	µg/l			<b>0,5</b>	<b>117</b>	<b>129</b>	<b>232</b>	<b>128</b>	<b>84,5</b>	4,4	12	15	31	7,5	<b>903</b>	15,6	<b>308</b>	21,2	<b>391</b>	6,4	<10	87	<b>1900</b>	<b>310</b>
1,1-Dichloroéthylène	µg/l				<2	<2	<2	<2	<2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	21,5	8,9	14,8	3,3	15,7	<1	<5	<5	<50	<1
Bromochlorométhane	µg/l				<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na
Dibromométhane	µg/l				<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na
Bromodichlorométhane	µg/l			<b>60</b>	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na
Dibromochlorométhane	µg/l			<b>100</b>	<2	<2	<2	<2	<2	na	na	na	na	na	<2	<2	<2	<2	<2	na	na	na	na	na
1,2-Dibromoéthane	µg/l			<b>0,4</b>	<1	<1	<1	<1	<1	na	na	na	na	na	<1	<1	<2	<1	<1	na	na	na	na	na
Tribromométhane (Bromoforme)	µg/l			<b>100</b>	<5	<5	<5	<5	<5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<5	<5	<5	<5	<5	<2	<10	<10	<100	<2
Somme des COHV	µg/l				144	158	253	152	112	26	39	110	39	53	<b>12454</b>	<b>6288</b>	<b>11556</b>	<b>3753</b>	<b>9225</b>	365	<b>1483</b>	<b>1745</b>	<b>58525</b>	723
<b>BTEX</b>																								
Benzène	µg/l			<b>1</b>	<b>16,8</b>	<b>29,4</b>	<b>20,2</b>	<b>37,4</b>	<b>23,2</b>	<0,2	<0,2	<0,2	6,2	<0,2	<b>16,2</b>	2,94	<b>10,5</b>	1,8	<b>16,7</b>	3,1	<10	<10	<b>110</b>	3,3
Toluène	µg/l			<b>700</b>	<1	<1	2	<1	<1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	3,3	<1	3	1,1	2,1	<1	<5	<5	72	<1
Ethylbenzène	µg/l			<b>300</b>	<1	<1	<1	2,1	1,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	1,5	<1	4,1	4,3	1,8	<1	<5	<5	<50	<1
o-Xylène	µg/l				<1	<1	1,9	<1	<1	0,16	<0,1	0,21	2,5	<0,1	3,6	<1	2,4	<1	2,4	<1	<5	<5	<50	<1
m+p-Xylène	µg/l				<1	<1	2,1	<1	<1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	4,2	<1	2,4	<1	3,3	<2	<10	<10	<100	<2
Somme des xylènes	µg/l			<b>500</b>	<2	<2	4	<2	<2	<0,3	<0,3	0,21	2,5	<0,3	7,8	<2	4,8	<2	<2	<3	<15	<15	<150	<3
Sommes des BTEX	µg/l				16,8	29,4	26,2	39,5	24,7	<1	<sd	0,21	8,7	<sd	28,8	2,94	22,4	7,2	26,3	3,1	<sd	<sd	182	<sd

**550** concentration significative  
 <1,00 concentration inférieure au seuil de détection  
 -/- les concentrations de chaque composés de la somme sont < au seuil de détection analytique

\* : Arrêté du 11 janvier 2007 "relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R.1321-2, R.1321-3, R.1321-7 et R.1321-38 du code de la santé publique "

\*\* : Directive OMS de qualité pour l'eau de boisson, édition 4 de 2011 - tableau A3.3

Tableau 15 : Résultats d'analyse d'eau souterraine en µg/l (suite)

	Unité	Valeurs réglementaires française		Valeur guide OMS	PZ8										PZ11
		Eau brute	Eau potable	Eau potable	Bât. 7/8										Hors site
Localisation des ouvrages					Aval										Latérale
Position hydraulique des ouvrages					Aval										Latérale
Campagne					oct.-13	mars-14	sept.-14	mars-15	déc.-15	avr.-16	nov.-16	avr.-17	oct.-17	mai-18	avr.-15
Naphtalène	µg/l				0,05	0,05	0,2	<0,01	0,22	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	0,04
<b>COHV</b>															
dichlorométhane	µg/l			20	<5	<5	<5	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<5
Trichlorométhane (Chloroforme)	µg/l			300	<2	<2	<2	<2	<2	0,28	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<2
tétrachlorométhane	µg/l			4	<1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<1
trichloroéthylène	µg/l			20	5,8	2,9	2,8	1,8	2,5	3,7	10	9,7	2,7	1,1	31,1
tétrachloroéthylène	µg/l			40	2,3	3,8	1,7	2,4	4,3	7,2	17	4,5	1,9	1,2	13,4
Somme trichoro +tétrachloro	µg/l		10		8,1	6,7	4,5	4,2	6,8	10,9	27	14,2	4,6	2,3	44,5
1,1-dichloroéthane	µg/l				<2	<2	<2	<2	<2	na	na	na	na	na	8,1
1,2-dichloroéthane	µg/l		3	30	<2	<2	<5	<1	<2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<1
1,1,1-trichloroéthane	µg/l				<2	<2	<2	<2	<2	2	<0,1	<0,1	0,11	<0,1	20,9
1,1,2-trichloroéthane	µg/l				<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na	<5
cis 1,2-Dichloroéthylène	µg/l				33,2	28,2	13,2	10	27,4	4,8	62	310	15	4,5	20
trans 1,2-Dichloroéthylène	µg/l				<2	<2	<2	<2	<2	0,19	0,85	1,2	<0,1	0,2	<2
Somme cis + trans 1,2 Dichloroéthylène	µg/l			50	33,2	28,2	13,2	10	27,4	4,99	63	311	15	4,7	20
Chlorure de Vinyle	µg/l		0,5	0,3	48,1	16,7	10,3	17,3	15,7	0,8	<0,2	4,5	1,2	1,6	<0,5
1,1-Dichloroéthylène	µg/l				<2	<2	<2	<2	<2	0,27	<0,1	0,28	<0,1	<0,1	34,3
Bromochlorométhane	µg/l				<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na	<5
Dibromométhane	µg/l				<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na	<5
Bromodichlorométhane	µg/l			60	<5	<5	<5	<5	<5	na	na	na	na	na	<5
Dibromochlorométhane	µg/l			100	<2	<2	<2	<2	<2	na	na	na	na	na	<2
1,2-Dibromoéthane	µg/l			0,4	<1	2,5	<2	<1	<1	na	na	na	na	na	<1
Tribromométhane (Bromoforme)	µg/l			100	<5	<5	<5	<5	<5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<5
Somme des COHV	µg/l				89	54	28	32	50	19	90	330	21	9	128
<b>BTEX</b>															
Benzène	µg/l		1	10	37,9	10	3,25	6,87	5,09	0,42	<0,2	0,4	0,29	0,28	<0,5
Toluène	µg/l			700	<1	1,1	1,3	<1	1,5	1,3	<0,2	0,21	<0,2	<0,2	<1
Ethylbenzène	µg/l			300	<1	<1	<1	<1	2,4	4,6	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	25,2
o-Xylène	µg/l				<1	<1	1,3	<1	<1	1,5	<0,1	0,13	2,4	<0,1	3,5
m+p-Xylène	µg/l				<1	1,3	1,4	<1	1,6	13	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	108
Somme des xylènes	µg/l			500	<2	<2	2,7	<2	<2	15	<0,3	0,13	2,4	<0,3	111,5
Sommes des BTEX	µg/l				37,9	12,4	7,25	6,87	10,59	21	<sd	0,74	2,7	<sd	136,7

550 concentration significative  
 <1,00 concentration inférieure au seuil de détection  
 -/- les concentrations de chaque composés de la somme sont < au seuil de détection analytique

\* : Arrêté du 11 janvier 2007 "relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R.1321-2, R.1321-3, R.1321-7 et R.1321-38 du code de la santé publique "  
 \*\* : Directive OMS de qualité pour l'eau de boisson, édition 4 de 2011 - tableau A3.3.

Tableau 16 : Résultats d'analyse d'eau souterraine en µg/l (suite)

	Unité	Valeurs réglementaires française		Valeur guide OMS	PZ12						PZA		PZC		
		Eau brute	Eau potable	Eau potable	Hors site						Hors site		Hors site		
Localisation des ouvrages					Hors site						Hors site		Hors site		
Position hydraulique des ouvrages					Aval latérale						Aval		Latérale		
Campagne					avr.-15	déc.-15	avr.-16	nov.-16	avr.-17	oct.-17	mai-18	oct.-17	mai-18	oct.-17	mai-18
Naphtalène	µg/l				<0,01	6,7	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<0,8	<40	<40	<0,8	<0,8
<b>COHV</b>															
dichlorométhane	µg/l			20	<5	<5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<25	<25	<0,5	0,5
Trichlorométhane (Chloroforme)	µg/l			300	3,7	<2	0,42	0,29	0,37	0,28	0,29	<5	<5	0,16	<0,1
tétrachlorométhane	µg/l			4	<1	<1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<5	<5	<0,1	<0,1
trichloroéthylène	µg/l			20	4,8	473	2,1	2,7	0,65	3,6	19	190	440	2,6	1,2
tétrachloroéthylène	µg/l			40	2,8	333	9,6	100	0,76	3,3	87	570	1600	16	20
Somme trichoro +tétrachloro	µg/l		10		7,6	806	11,7	102,7	1,41	6,9	106	760	2040	18,6	21
1,1-dichloroéthane	µg/l				<2	<2	na	na	na	na	na	na	na	na	na
1,2-dichloroéthane	µg/l		3	30	4	<2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<5	<5	<0,1	<0,1
1,1,1-trichloroéthane	µg/l				<2	<2	17	<0,1	<0,1	0,15	<0,1	<5	<5	<0,1	<0,1
1,1,2-trichloroéthane	µg/l				<5	<5	na	na	na	na	na	na	na	na	na
cis 1,2-Dichloroéthylène	µg/l				17,2	2170	11	4,7	0,15	35	12	4800	5100	8,2	1,7
trans 1,2-Dichloroéthylène	µg/l				<2	6	<0,1	<0,1	<0,1	0,13	<0,1	15	<5	0,27	0,3
Somme cis + trans 1,2 Dichloroéthylène	µg/l			50	17,2	2176	11	4,7	0,15	35,13	12	4815	5100	8,5	2
Chlorure de Vnyle	µg/l		0,5	0,3	<0,5	19,9	<0,2	<0,2	<0,2	0,65	<0,2	320	39	0,28	<0,2
1,1-Dichloroéthylène	µg/l				<2	<2	1,9	<0,1	<0,1	0,16	<0,1	<5	<5	<0,1	<0,1
Bromochlorométhane	µg/l				<5	<5	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Dibromométhane	µg/l				<5	<5	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Bromodichlorométhane	µg/l			60	<5	<5	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Dibromochlorométhane	µg/l			100	<2	<2	na	na	na	na	na	na	na	na	na
1,2-Dibromoéthane	µg/l			0,4	<1	<1	na	na	na	na	na	na	na	na	na
Tribromométhane (Bromoforme)	µg/l			100	<5	<5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<10	<10	<0,2	<0,2
Somme des COHV	µg/l				33	3002	42	107	2	43	118	5895	7179	28	23
<b>BTEX</b>															
Benzène	µg/l		1	10	22,3	269	1,3	<0,2	<0,2	1,9	0,63	20	14	0,45	<0,2
Toluène	µg/l			700	103	39,9	7,7	<0,2	<0,2	3,9	0,33	<5	<5	1,8	<0,2
Ethylbenzène	µg/l			300	3,4	26,6	11	<0,2	<0,2	1,6	<0,2	<5	<5	1,4	<0,2
o-Xylène	µg/l				2,4	15,5	5,7	<0,1	1	4,6	0,22	<5	<5	1	<0,1
m+p-Xylène	µg/l				5,1	72,5	0,52	<0,2	<0,2	<0,2	0,32	<10	<10	0,68	<0,2
Somme des xylènes	µg/l			500	7,5	88	6,2	<0,3	1	4,6	0,54	<15	<15	1,7	<0,3
Sommes des BTEX	µg/l				136,2	423,5	26	<sd	1	12	1,5	20	14	5,3	<sd

550 concentration significative  
 <1,00 concentration inférieure au seuil de détection  
 -/- les concentrations de chaque composés de la somme sont < au seuil de détection analytique

\* : Arrêté du 11 janvier 2007 "relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R.1321-2, R.1321-3, R.1321-7 et R.1321-38 du code de la santé publique "

\*\* : Directive OMS de qualité pour l'eau de boisson, édition 4 de 2011 - tableau A3.3.



Tableau 22 : Résultats d'analyse d'eau souterraine en µg/l

Ouvrage	PZ1	PZ2	PZ3	PZ4	PZ5	PZ7	PZ9	PZA	PZC	Valeurs de référence		
										Décret français*		OMS**
Date	févr.-18	févr.-18	févr.-18	févr.-18	févr.-18	févr.-18	févr.-18	févr.-18	févr.-18	Eaux brutes	Eaux potable	
<b>METAUX (µg/l)</b>												
arsenic	5,9	5,5	<5	27	31	120	7,4	5,5	<5	100	10	10
cadmium	0,34	<0,2	0,21	0,48	0,32	0,39	0,44	0,5	0,4	5	5	3
chrome	<1	<1	<1	<1	<1	1,4	3	<1	<1	50	50	50
cuivre	3	<2	<2	<2	<2	<2	4,4	18	2,6	/	2000	2000
mercure	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	1	1	6
plomb	3	4,1	2,2	4,9	4,6	7,1	6,7	5,1	4,9	50	10	10
manganèse	79	440	150	4 500	640	8 500	15	89	23	/	50	/
nickel	<3	<3	<3	<3	<3	7,2	<3	6,2	4,1	/	20	70
fer	<50	<50	<50	4 600	1 900	9 200	<50	<50	<50	/	200	/
zinc	11	<10	<10	<10	<10	<10	<10	18	<10	5000	/	/
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (µg/l)</b>												
benzène	0,5	1 900	320	2 800	2 500	3,2	<0,2	<5	<0,2	/	1	10
toluène	<0,2	380	420	6 300	220	<1,5	<0,2	<7,5	<0,2	/	/	700
éthylbenzène	3	690	390	3 900	790	1,6	2	<5	1,3	/	/	300
orthoxyène	0,76	180	570	7 600	280	<1,5	0,54	<7,5	0,23	/	/	/
para- et métaoxyène	8,2	460	2 600	22 000	2 000	3,9	5,4	<10	3,4	/	/	/
xylènes	9	640	3 200	30 000	2 300	3,9	5,9	<18	3,6	/	/	500
BTEX totaux	12	3 600	4 300	43 000	5 800	8,7	7,9	<sq	4,9	/	/	/
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (µg/l)</b>												
naphtalène	<0,1	1 300	84	1 100	390	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	/	/	/
acénaphthylène	<0,1	0,34	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	/	/	/
acénaphthène	<0,1	12	<0,1	0,19	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	/	/	/
fluorène	<0,05	2,4	<0,05	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	/	/	/
phénanthrène	<0,02	0,62	0,03	0,24	0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/	/
anthracène	<0,02	0,09	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/	/
fluoranthène	<0,02	0,04	0,02	0,21	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/	/
pyrène	<0,02	0,03	<0,02	0,15	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/	/
benzo(a)anthracène	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/	/
chrysène	<0,02	<0,02	<0,02	0,06	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/	/
benzo(b)fluoranthène	<0,02	<0,02	<0,02	0,07	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/	/
benzo(k)fluoranthène	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	/	/	/
benzo(a)pyrène	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	/	0,01	0,7
dibenzo(ah)anthracène	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/	/
benzo(ghi)perylene	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/	/
indéno(1,2,3-cd)pyrène	<0,02	<0,02	<0,02	0,03	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	/	/	/
Somme des HAP	<sq	1 316	84	1 101	390	<sq	<sq	<sq	<sq	/	/	/
<b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (µg/l)</b>												
1,2-dichloroéthane	<0,1	<20	<50	<100	<20	<1	<0,1	<5	<0,1	/	3	30
1,1-dichloroéthane	<0,5	<40	<100	<200	<40	3,5	<0,5	<10	<0,5	/	/	/
cis-1,2-dichloroéthène	4,4	18 000	15 000	370 000	24 000	1 400	2,7	1 900	1,4	/	/	/
trans-1,2-dichloroéthylène	0,64	63	66	1 000	80	7,9	0,3	7,4	0,13	/	/	/
cis-1,2-dichloroéthène + trans-1,2-dichloroéthylène	5,04	18 063	15 066	371 000	24 080	1 408	3	1 907	1,53	/	/	50
dichlorométhane	<1	<60	<150	<300	<60	<3	<1	<15	<1	/	/	20
trichloroéthylène	1,7	14 000	18 000	3 900	18 000	3,1	3,5	120	1,2	/	/	20
tétrachloroéthylène	3,3	11 000	69 000	9 600	8 300	6,4	15	350	8,1	/	/	40
trichloroéthylène + tétrachloroéthylène	5	25 000	87 000	13 500	26 300	9,5	18,5	470	9,3	/	10	/
tétrachlorométhane	<0,1	<20	<50	<100	<20	<1	<0,1	<5	<0,1	/	/	4
1,1,1-trichloroéthane	14	<20	<50	<100	<20	3,6	8,3	<5	4,4	/	/	/
chloroforme	<0,1	<20	<50	<100	<20	<1	1,5	<5	0,13	/	100	300
chlorure de vinyle	<0,2	3 200	1 000	2 500	970	110	<0,2	<10	<0,2	/	0,5	0,3
hexachloroéthane	<0,1	<20	<50	<100	<20	<1	<0,1	<5	<0,1	/	/	/
pentachloroéthane	<0,1	<20	<50	<100	<20	<1	<0,1	<5	<0,1	/	/	/
1,1,1,2-tétrachloroéthane	<0,1	<20	<50	<100	<20	<1	<0,1	<5	<0,1	/	/	/
1,1,2,2-tétrachloroéthane	<0,1	<20	<50	<100	25	<1	0,1	<5	<0,1	/	/	/
1,1,2-trichloroéthane	<0,1	39	<50	<100	25	<1	<0,1	<5	<0,1	/	/	/
1,1-dichloroéthane	<0,1	<20	<50	<100	<20	<1	<0,1	<5	<0,1	/	/	/
chloroéthane	<0,5	<100	<250	<500	<100	<5	<0,5	<25	<0,5	/	/	/
chlorométhane	<0,5	<100	<250	<500	<100	<5	<0,5	<25	<0,5	/	/	/
Somme des COHV	24	46 263	103 066	387 000	51 350	1 535	31	2 377	15	/	/	/
<b>HYDROCARBURES TOTAUX (µg/l)</b>												
fraction aromat. >C5-C7	0,5	1 700	310	2 800	2 500	<10	0,29	<10	<0,2	/	/	/
fraction aromat. >C7-C8	<0,2	310	410	6 200	210	<5	<0,2	<5	<0,2	/	/	/
fraction aromat. >C8-C10	13	4 500	4 700	45 000	5 500	<110	9,1	<110	4,1	/	/	/
fraction aromat. >C10-C12	<6	2 800	560	4 200	1 200	<6	<6	<6	<6	/	/	/
fraction aromat. >C12-C16	<12	130	<12	77	<12	66	<12	<12	<12	/	/	/
fraction aromat. >C16-C21	<15	<15	<15	48	<15	90	<15	<15	<15	/	/	/
fraction aromat. >C21-C35	<45	<45	<45	240	<45	100	<45	<45	<45	/	/	/
fraction aliph. >C5-C6	<2	<100	<1000	<2000	<400	<100	<2	<100	<2	/	/	/
fraction aliph. >C6-C8	<3	<150	<1500	<3000	<600	<150	<3	<150	<3	/	/	/
fraction aliph. >C8-C10	<3	<75	<750	<1500	<300	<75	<3	<75	<3	/	/	/
fraction aliph. >C10-C12	<3	5,9	3,1	510	<3	<3	<3	<3	<3	/	/	/
fraction aliph. >C12-C16	<4	<4	<4	33	<4	<4	<4	<4	<4	/	/	/
fraction aliph. >C16-C21	<4	<4	<4	31	<4	430	<4	<4	<4	/	/	/
fraction aliph. >C21-C35	<15	<15	<15	190	72	<15	<15	<15	<15	/	/	/
Hydrocarbures Volatils C5-C10	13,5	6 510	5 420	54 000	8 210	<sq	9,4	<sq	4,1	/	/	/
hydrocarbures totaux C10-C40	<sq	2 936	563	5 329	1 272	686	<sq	<sq	<sq	1000	/	/
<b>AUTRES ANALYSES CHIMIQUES</b>												
chlorures (mg/l)	11	63	33	1 070	90	21	9,5	100	235	200	250	/
DBO (5 jours) (mg/l)	<3	10	6	50	8,5	340	<3	<3	<3	/	/	/
DCO (mg/l)	<5	26	22	260	30	540	<5	19	<5	/	/	/
azote Kjeldahl (mgN/l)	<0,5	0,9	0,6	3,4	0,7	20	<0,5	1	<0,5	/	/	/
nitrite (mgN/l)	<0,003	<0,003	0,2	<0,030	<0,003	0,47	<0,003	<0,003	<0,003	/	/	/
nitrite (mg/l)	<0,01	<0,01	0,67	<0,1	<0,01	1,5	<0,01	<0,01	<0,01	/	0,5	3
nitrate (mg/l)	3,8	<0,2	16	0,72	<0,2	11	21	2,8	26	100	50	50
(Concentration Nitrates/50) + (concentration Nitrites/3) (mg/l)	3,8	<sq	16,7	0,72	<sq	12,5	21	2,8	26	/	1	/
nitrate (mgN/l)	0,87	<0,05	3,6	0,16	<0,05	2,5	4,7	0,64	5,8	/	/	/
dioxyde de carbone libre (mg/l)	64	85	51	640	140	280	62	390	440	/	/	/
sulfate (mg/l)	810	10	68	220	570	13	920	1 300	1 100	250	250	/
calcul de l'azote total (mgN/l)	<1	<1	4,4	3,6	<1	23	4,7	1,6	5,8	/	/	/
<b>AUTRES COMPOSÉS ORGANIQUES (µg/l)</b>												
méthane	<10	1 800	68	290	<10	2400	<10	<10	<10	/	/	/
éthane	<1	17	1,1	53	<1	<1	<1	<1	<1	/	/	/
éthène	<1	400	15	150	59	2,6	<1	<1	<1	/	/	/
<b>CARBONE ORGANIQUE DISSOUS (mg/l)</b>												
Carbone organique dissous (mg/l)	1,7	5,5	2,7	18	4,7	160	2,6	7,8	3,2	/	/	/
<b>COMPOSES INORGANIQUES</b>												
ammonium (mg/l)	<0,2	0,5	<0,2	1,1	<0,2	20	<0,2	<0,2	<0,2	4	0,1	/



## **Annexe 3. Synthèse des résultats d'analyses – milieu gaz des sols**

Cette annexe contient 4 pages.



**SITA REMEDIATION**  
la terre au sens propre

## IV-6. ANALYSES EN LABORATOIRE DES GAZ DU SOL

Les résultats des analyses des gaz du sol réalisées sont présentés dans le tableau suivant. Les bulletins d'analyses sont présentés en **annexe 5 figure 3**.

**Tableau 11 : Résultats d'analyses des gaz du sol**

Echantillons	PzG1		PzG2		PzG3		PzG4	
	µg/éch.	µg/m3	µg/éch.	µg/m3	µg/éch.	µg/m3	µg/éch.	µg/m3
<b>METAUX</b>								
<b>Volume pompé (l)</b>	60		60		60		60	
mercure	<0,1	<1,7	<0,1	<1,7	<0,1	<1,7	<0,1	<1,7
<b>Volume pompé (l)</b>	10		20		10		20	
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS</b>								
benzène	890	89000	<0,28	<14	<0,28	<28	<0,28	<14
toluène	2600	260000	<0,35	<18	<0,35	<35	<0,35	<18
éthylbenzène	750	75000	<0,35	<18	<0,35	<35	<0,35	<18
orthoxyène	1900	190000	<0,35	<18	<0,35	<35	<0,35	<18
para- et métaxyène	8000	800000	<0,70	<35	<0,70	<70	<0,70	<35
xylènes	9900	990000	<1,1	<55	<1,1	<110	<1,1	<55
BTEX total	14000	1400000	<2,0	<100	<2,0	<200	<2,0	<100
naphtalène	<1,3	<130	<1,3	<65	<1,3	<130	<1,3	<65
<b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS</b>								
1,2-dichloroéthane	<0,21	<21	<0,21	<11	<0,21	<21	<0,21	<11
1,1-dichloroéthène	8,3	830	<0,63	<32	<0,63	<63	<0,63	<32
cis-1,2-dichloroéthène	20000	2000000	21	1050	2,2	220	0,63	31,5
trans 1,2-dichloroéthylène	100	10000	8	400	<0,49	<49	<0,49	<25
dichlorométhane	<1,8	<180	<1,8	<90	<1,8	<180	<1,8	<90
1,2-dichloropropane	<0,28	<28	<0,28	<14	<0,28	<28	<0,28	<14
tétrachloroéthylène	29000	2900000	120	6000	1,4	140	61	3050
tétrachlorométhane	<0,35	<35	<0,35	<18	<0,35	<35	<0,35	<18
1,1,1-trichloroéthane	<0,28	<28	<0,28	<14	<0,28	<28	<0,28	<14
trichloroéthylène	6400	640000	18	900	<0,28	<28	30	1500
chloroforme	1,8	180	<0,35	<18	<0,35	<35	<0,35	<18
chlorure de vinyle	15	1500	0,63	31,5	0,56	56	<0,42	<21
hexachlorobutadiène	<1,6	<160	<1,6	<80	<1,6	<160	<1,6	<80
trans-1,3-dichloropropène	<0,42	<42	<0,42	<21	<0,42	<42	<0,42	<21
cis-1,3-dichloropropène	<0,21	<21	<0,21	<11	<0,21	<21	<0,21	<11
bromoforme	<0,35	<35	<0,35	<18	<0,35	<35	<0,35	<18
<b>HYDROCARBURES TOTAUX</b>								
fraction aromat. >C6-C7	890	89000	<35	<1750	<35	<3500	<35	<1750
fraction aromat. >C7-C8	2200	220000	<35	<1750	<35	<3500	<35	<1750
fraction aromat. >C8-C10	8300	830000	<18	<900	<18	<1800	<18	<900
fraction aromat. >C10-C12	<18	<1800	<18	<900	<18	<1800	<18	<900
fraction aromat. >C12-C16	<18	<1800	<18	<900	<18	<1800	<18	<900
fraction aliphat. C5-C6	50	5000	<35	<1750	<35	<3500	<35	<1750
fraction aliphat. >C6-C8	1100	110000	<35	<1750	<35	<3500	<35	<1750
fraction aliphat. >C8-C10	3200	320000	<35	<1750	<35	<3500	<35	<1750
fraction aliphat. >C10-C12	120	12000	<35	<1750	<35	<3500	<35	<1750
fraction aliphat. >C12-C16	<35	<35	<35	<1750	<35	<3500	<35	<1750

Les résultats des analyses des gaz des sols mettent en évidence :

- l'absence de mercure volatil et ce malgré les teneurs importantes mesurées en mercure dans les sols.
- des teneurs très importantes en COHV et BTEXN au droit de PZG1 en cohérence avec les teneurs retrouvées dans les sols et les eaux souterraines sur la même zone. Les teneurs mesurées au droit des autres piézaires bien que nettement inférieures restent néanmoins très significatives.

### VI.3.2 Résultats d'analyse des gaz du sol

Les résultats d'analyses de gaz du sol sont présentés dans le tableau ci-dessous. Aucune valeur de référence n'existe pour ce milieu. Le bordereau d'analyse est présenté en **annexe 3-4**.

Note : Les concentrations des composés dans les gaz du sol (présentées en mg/m<sup>3</sup>) sont calculées à partir des résultats du laboratoire (quantité de composé par tube d'adsorption en µg/tube ou µg/échantillon) et du volume d'air pompé dans chaque tube d'adsorption (litre pompé).

**Tableau 18 : Résultats d'analyse des gaz du sol en mg/m<sup>3</sup>**

Date de campagne	PzG6						
	mars-15	déc.-15	avr.-16	nov.-16	avr.-17	oct.-17	mai-18
Volume pompé (l)	20	30	30	30	30	30	30
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (en mg/m<sup>3</sup>)</b>							
benzène	<0,011	<0,007	<0,007	0,028	<0,012	<0,0067	<0,0067
toluène	0,0175	<0,005	<0,005	<0,007	<0,001	<0,004	<0,004
éthylbenzène	<0,011	<0,007	<0,007	<0,01	<0,0093	<0,0067	<0,0067
orthoxyène	0,021	<0,007	<0,007	<0,01	<0,0093	<0,0053	<0,0053
para- et métaxyène	0,0455	0,0257	<0,012	<0,019	<0,019	<0,0107	<0,0107
xyènes	0,065	0,0257	<0,019	<0,028	<0,028	<0,016	<0,016
BTEX total	0,085	0,0257	<0,037	<0,047	<0,057	<0,0333	<0,0333
naphtalène	<0,065	<0,044	<0,044	<0,009	<0,0083	<0,0083	<0,0083
<b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (en mg/m<sup>3</sup>)</b>							
1,2-dichloroéthane	<0,011	<0,007	<0,007	<0,005	<0,0047	<0,0033	<0,0033
1,1-dichloroéthène	<0,014	<0,01	<0,01	<0,01	<0,0093	<0,0053	<0,0053
cis-1,2-dichloroéthène	<0,011	0,0163	<0,007	<0,007	<0,001	<0,004	<0,004
trans 1,2-dichloroéthylène	<0,011	<0,007	<0,007	<0,007	<0,001	<0,004	<0,004
dichlorométhane	<0,039	<0,026	<0,026	<0,017	<0,0167	<0,0167	<0,0167
1,2-dichloropropane	<0,011	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007	<0,004	<0,004
tétrachloroéthylène	0,1	0,833	0,0163	0,2	0,3	0,107	0,367
tétrachlorométhane	<0,011	<0,007	<0,007	<0,005	<0,0047	<0,0033	<0,0033
1,1,1-trichloroéthane	<0,011	<0,007	<0,007	<0,005	<0,0047	<0,0033	<0,0033
trichloroéthylène	<0,011	0,0117	<0,007	<0,007	<0,001	<0,004	<0,004
chloroforme	<0,011	<0,007	<0,007	<0,005	<0,0047	<0,0033	<0,0033
chlorure de vinyle	<0,011	<0,007	<0,007	<0,01	<0,0093	<0,0053	<0,0053
hexachlorobutadiène	<0,05	<0,034	<0,034	<0,034	<0,0333	<0,0333	<0,0333
trans-1,3-dichloropropène	<0,011	<0,007	<0,007	<0,005	<0,0047	<0,0033	<0,0033
cis-1,3-dichloropropène	<0,005	<0,004	<0,004	<0,01	<0,0093	<0,0053	<0,0053
bromoforme	<0,011	<0,007	<0,007	<0,005	<0,0047	<0,0033	<0,0033
<b>HYDROCARBURES TOTAUX (en mg/m<sup>3</sup>)</b>							
fraction C5-C6	<1,75	<1,167	<1,167	<1,167	<1,167	<0,3333	<0,667
fraction >C6-C8	<5,5	<3,667	<3,667	<3,667	<3,667	<1	<2
fraction >C8-C10	<2,65	<1,767	<1,767	<1,767	<1,767	<0,5	<1
fraction >C10-C12	<2,65	<1,767	<1,767	<1,767	<1,767	<0,5	<1
fraction >C12-C16	<2,65	<1,767	<1,767	<1,767	<1,767	<0,5	<1

Les analyses réalisées mettent en évidence la présence de PCE et plus ponctuellement des BTEX, en cohérence avec les données mesurées dans les eaux souterraines au droit du PZ12. La campagne de décembre 2015 reste celle présentant les teneurs les plus élevées.

En mai 2018, du tétrachloroéthylène est présent comme lors des précédentes campagnes et la teneur en benzène en novembre 2016 mesurée pour la première fois depuis le début du suivi n'est pas confirmé lors des trois derniers suivis.

Les analyses réalisées sur le support « blanc de transport » mettent en évidence des résultats inférieurs aux seuils de détection. Aucune contamination due au transport n'est à relever.

Tableau 23 : Résultats d'analyse des gaz du sol en mg/m<sup>3</sup>

Ouvrage	Pza1	Pza4
Volume pompé (l)	62	62
<b>HYDROCARBURES TOTAUX (mg/m<sup>3</sup>)</b>		
fraction aromat. >C6-C7	<0,565	<0,566
fraction aromat. >C7-C8	<0,565	<0,566
fraction aromat. >C8-C10	<0,291	<0,291
fraction aromat. >C10-C12	<0,291	<0,291
fraction aromat. >C12-C16	<0,291	<0,291
fraction aliphat. C5-C6	<0,565	<0,566
fraction aliphat. >C6-C8	<0,565	<0,566
fraction aliphat. >C8-C10	<0,565	<0,566
fraction aliphat. >C10-C12	<0,565	<0,566
fraction aliphat. >C12-C16	<0,565	<0,566
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (mg/m<sup>3</sup>)</b>		
benzène	<0,006	0,008
toluène	0,008	0,023
éthylbenzène	<0,005	0,006
orthoxyène	0,008	0,009
para- et métaxyène	0,021	0,026
xylènes	0,029	0,036
BTEX total	0,037	0,071
naphtalène	<0,005	<0,005
<b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (mg/m<sup>3</sup>)</b>		
1,2-dichloroéthane	<0,003	<0,003
1,1-dichloroéthène	<0,005	<0,005
cis-1,2-dichloroéthène	<0,004	0,040
trans 1,2-dichloroéthylène	<0,004	0,006
dichlorométhane	<0,009	<0,009
1,2-dichloropropane	<0,004	<0,004
tétrachloroéthylène	0,006	6,303
tétrachlorométhane	<0,003	<0,003
1,1,1-trichloroéthane	<0,003	<0,003
trichloroéthylène	<0,004	0,436
chloroforme	<0,003	0,003
chlorure de vinyle	<0,005	<0,005
hexachlorobutadiène	<0,017	<0,017
trans-1,3-dichloropropène	<0,003	<0,003
cis-1,3-dichloropropène	<0,005	<0,005
bromoforme	<0,003	<0,003

<0,10	concentration < au seuil de détection
21,1	substance détectée

Les analyses réalisées mettent en évidence une teneur en tétrachloroéthylène de 6,3 mg/m<sup>3</sup> au droit de Pza4 (bâtiment 3) et des teneurs faibles en BTEX et plus ponctuellement en COHV au droit des deux piézaires. Les hydrocarbures C6-C16 ne sont pas détectés dans les gaz du sol sur ces 2 ouvrages.

Les analyses réalisées sur le support « blanc de transport » mettent en évidence des résultats inférieurs aux seuils de détection. Aucune contamination due au transport n'est à relever.

## **Annexe 4. Synthèse des résultats d'analyses – milieu air ambiant**

Cette annexe contient 4 pages.





**Tableau 3 : Résultats d'analyse d'air ambiant (mg/m<sup>3</sup>)**

Nom d'échantillon	Valeurs réglementaires (1)		Valeurs repères aide à la gestion (2)	Valeurs Guides établies sur des critères sanitaires (3)	Valeurs d'analyse de la situation dans le cadre des IEM (4)			PR4			PR6			PR3								PR5									
	air ext.	air int.			air int.	air int.	air int.	air int.	air int.	S Bât 3 - RDC			E Bât 3 - RDC			Bât 1 - RDC								Bât 8 - RDC							
Localisation	Code de l'environnement		HCSP	ANSES	R1	R2	R3	Construire Solidaire			Construire Solidaire			Aire Infographique								Brasseur									
date								janv-14	mars-14	juin-14	janv-14	mars-14	juin-14	janv.-14	mars-14	juin-14	juil.-14	nov.-14	mars-15	déc.-15	avr.-16	juil.-16	janv.-17	avr.-17	janv.-18	mai-18	janv-14	mars-14	juin-14	janv.-17	
Volume pompé (l)	air ext.	air int.	air int.	air int.	air int.	air int.	937	427	388	414	427	397	727	372	377	305	284	341	288	356	330	276	290	278	284	1071	686	405	287		
<b>HYDROCARBURES TOTAUX</b>																															
fraction C5 - C6	/	/	/	/	18 (aliph)	180 (aliph)	/	<0,038	<0,082	<0,0902	<0,085	<0,083	<0,0883	<0,049	<0,095	<0,093	<0,115	<0,1233	<0,1027	<0,1216	<0,0983	<0,106	<0,001	<0,121	<0,018	<0,018	<0,033	<0,052	<0,0865	<0,001	
fraction C6 - C8	/	/	/	/	18 (aliph)	180 (aliph)	/	<0,118	<0,258	<0,2833	<0,266	<0,258	<0,2773	<0,152	<0,296	<0,2922	<0,3613	<0,3874	<0,3226	<0,382	<0,309	<0,333	<0,4	<0,38	<0,054	<0,053	<0,103	<0,161	<0,2717	<0,384	
fraction C8 - C10	/	/	/	/	1 (aliph) / 0,2 (arom)	10 (aliph) / 2 (arom)	/	<0,057	<0,125	0,2291	<0,129	<0,125	<0,1336	<0,073	<0,143	<0,1408	<0,1741	<0,1867	<0,1555	<0,1841	<0,149	<0,161	<0,193	<0,183	<0,036	<0,036	<0,05	<0,078	0,2444	<0,185	
fraction C10-C12	/	/	/	/	1 (aliph) / 0,2 (arom)	10 (aliph) / 2 (arom)	/	<0,057	<0,125	<0,1365	<0,129	<0,125	<0,1336	<0,073	<0,143	<0,1408	<0,1741	<0,1867	<0,1555	<0,1841	<0,149	<0,161	<0,193	<0,183	<0,054	<0,053	<0,05	<0,078	<0,1309	<0,185	
fraction C12-C16	/	/	/	/	1 (aliph) / 0,2 (arom)	10 (aliph) / 2 (arom)	/	<0,057	<0,125	<0,1365	<0,129	<0,125	<0,1336	<0,073	<0,143	<0,1408	<0,1741	<0,1867	<0,1555	<0,1841	<0,149	<0,161	<0,193	<0,183	<0,054	<0,053	<0,05	<0,078	<0,1309	<0,185	
HC (C5-C16)	/	/	/	/	/	/	/	<0,342	<0,749	<0,8239	<0,774	<0,75	<0,8065	<0,441	<0,861	<0,85	<1,051	<1,1268	<0,9385	<1,1112	<0,899	<0,970	<1,161	<1,104	<0,216	<0,212	<0,299	<0,467	<0,7902	<1,117	
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS</b>																															
benzène	Valeur limite 0,005 Obj. qualité 0,002	0,002	0,002 (valeur cible) 0,010 (valeur d'action rapide)	0,002	0,002	0,01	0,03	0,0007	0,0008	<0,0008	0,0012	<0,001	<0,0008	0,0010	0,0009	<0,0008	<0,001	<0,00099	0,0010	0,0049	<0,00059	0,0017	0,0040	<0,0012	0,0028	0,0010	0,0007	0,0006	<0,0007	<0,002	
toluène	/	/	/	/	3	3,8	3,8	0,0019	0,0026	0,0011	0,0031	0,0026	<0,0009	0,0036	0,0040	0,0020	0,0018	0,0020	0,0029	0,0153	0,0014	0,0025	0,0156	0,0014	0,0119	0,0060	0,0023	0,0019	0,0014	<0,001	
éthylbenzène	/	/	/	1,5	1,5	15	22	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0009	0,0006	<0,001	<0,001	<0,0012	<0,0013	<0,0011	0,0027	<0,00059	<0,00084	0,0023	<0,00097	0,0020	0,0012	0,0006	<0,001	<0,0009	<0,001	
orthoxyène	/	/	/	/	/	/	/	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0009	0,0006	<0,001	<0,001	<0,0012	<0,0013	<0,0011	0,0027	<0,00059	<0,00084	0,0020	<0,00097	0,0023	0,0013	0,0005	<0,001	0,0019	<0,001	
para- et métaxyène	/	/	/	/	/	/	/	0,0008	<0,002	<0,0019	<0,002	<0,002	<0,0018	0,0017	<0,002	<0,0019	<0,0023	<0,0025	<0,0021	0,0069	<0,00098	<0,0017	0,0073	<0,0019	0,0068	0,0039	0,0012	0,0012	0,0022	<0,002	
xyliènes	/	/	/	/	0,18	1,8	8,8	<0,002	<0,003	<0,0029	<0,003	<0,003	<0,0028	0,0022	<0,003	<0,003	<0,0037	<0,0039	<0,0033	0,0097	<0,00157	<0,0025	0,0094	<0,0029	0,0090	0,0053	0,0018	0,0018	0,0042	<0,003	
BTEX total	/	/	/	/	/	/	/	0,0034	<0,005	<0,0052	<0,005	<0,005	<0,0051	0,0073	0,0050	0,0020	0,0018	0,0020	<0,0047	0,0319	<0,00309	0,0042	0,0312	<0,0055	0,0259	0,0134	0,0071	0,0055	0,0097	<0,006	
naphtalène	/	/	0,01 (valeur repère de qualité), 0,05 (valeur d'action rapide), <0,010 (bâtiment neuf ou en rénovation)	0,01	0,01	0,05	/	<0,002	<0,004	<0,0034	<0,004	<0,004	<0,0033	<0,002	<0,004	<0,0035	<0,0043	<0,0046	<0,0039	<0,0046	<0,00356	<0,00076	<0,001	<0,00086	<0,001	<0,001	<0,002	<0,002	<0,0033	<0,001	
<b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS</b>																															
1,2-dichloroéthane	/	/	/	/	/	/	/	<0,001	<0,001	<0,0006	<0,001	<0,001	<0,0006	0,0004	<0,001	<0,0006	<0,0007	<0,0008	<0,0007	0,0012	<0,00059	<0,00042	<0,001	<0,00048	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0006	<0,001	
1,1-dichloroéthane	/	/	/	/	/	/	/	<0,001	<0,002	<0,0017	<0,002	<0,002	<0,0016	<0,001	<0,002	<0,0017	<0,0021	<0,0023	<0,0019	<0,001	<0,00079	<0,00085	<0,002	<0,00099	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0016	<0,001	
cis-1,2-dichloroéthane	/	/	/	/	0,06	0,6	/	<0,001	0,0026	<0,0011	<0,002	0,0020	<0,0011	<0,001	0,0017	0,0098	0,0131	<0,0015	0,0135	0,0017	0,0020	0,0048	0,0040	0,0066	0,0211	0,0056	<0,001	<0,001	<0,0011	<0,001	
trans 1,2-dichloroéthane	/	/	/	/	/	/	/	<0,001	<0,002	<0,0013	<0,002	<0,002	<0,0013	<0,001	<0,002	<0,0014	<0,0017	<0,0018	<0,0015	<0,0008	<0,00059	<0,00064	<0,001	<0,00072	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0013	<0,001		
dichlorométhane	/	/	/	/	0,01	0,1	2,1	<0,002	<0,005	<0,0047	<0,005	<0,005	<0,0046	<0,003	<0,005	<0,0048	<0,006	<0,0064	<0,0053	<0,0027	<0,002	<0,0015	<0,002	<0,0017	<0,002	<0,002	<0,002	<0,003	<0,0045	<0,002	
1,2-dichloropropane	/	/	/	/	/	/	/	<0,001	<0,001	<0,0008	<0,001	<0,001	<0,0008	<0,001	<0,001	<0,0008	<0,001	<0,001	<0,0009	<0,0008	<0,00059	<0,00064	<0,001	<0,00072	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0007	<0,001	
tétrachloroéthylène	/	/	0,250 (valeur repère)-2015 1,250 (valeur d'action rapide)	0,25	0,25	1,25	1,38	0,0027	0,0152	0,0062	0,0029	0,0173	<0,0009	0,0107	0,0350	0,3187	0,4926	0,0335	0,2082	0,0833	0,0758	0,1030	0,0907	0,2241	0,1366	0,0704	0,0019	0,0011	<0,0009	<0,001	
tétrachlorométhane	/	/	/	/	0,038	0,19	0,19	0,0004	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0009	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0012	<0,0013	<0,0011	0,0032	<0,00059	<0,00042	<0,001	<0,00048	0,0004	0,0004	0,0005	<0,001	<0,0009	<0,001	
1,1,1-trichloroéthane	/	/	/	/	1	5,5	5,5	<0,001	<0,001	<0,0008	<0,001	<0,001	<0,0008	<0,001	<0,001	<0,0008	<0,001	<0,001	<0,0009	<0,0008	<0,00059	<0,00042	<0,001	<0,00048	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0007	<0,001	
trichloroéthylène	/	/	0,002 (valeur repère) 0,010 (valeur d'action rapide)	0,02	0,002	0,01	0,8	<0,001	0,0013	<0,0008	<0,001	0,0015	<0,0008	0,0005	0,0019	0,0162	0,0299	0,0015	0,0188	0,0042	0,0059	0,0066	0,0149	0,0293	0,0155	0,0077	<0,001	<0,001	<0,0007	<0,001	
chloroforme	/	/	/	/	0,063	0,15	0,15	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0009	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0012	<0,0013	<0,0011	<0,0008	<0,00059	<0,00042	<0,001	<0,00048	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0009	<0,001	
chlorure de vinyle	/	/	/	/	0,0026	0,026	1,3	<0,001	<0,001	<0,0011	<0,002	<0,001	<0,0011	<0,001	<0,002	<0,0012	<0,0014	<0,0015	<0,0013	<0,0008	<0,00059	<0,00085	<0,002	<0,00099	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0011	<0,001		
hexachlorobutadiène	/	/	/	/	/	/	/	<0,002	<0,004	<0,0042	<0,004	<0,004	<0,0041	<0,003	<0,005	<0,0043	<0,0053	<0,0057	<0,0047	<0,0035	<0,00281	<0,0030	<0,004	<0,0034	<0,004	<0,004	<0,002	<0,003	<0,004		
trans-1,3-dichloropropène	/	/	/	/	/	/	/	<0,001	<0,001	<0,0011	<0,002	<0,001	<0,0011	<0,001	<0,002	<0,0012	<0,0014	<0,0015	<0,0013	<0,0008	<0,00059	<0,00042	<0,001	<0,00048	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0011	<0,001		
cis-1,3-dichloropropène	/	/	/	/	/	/	/	<0,001	<0,001	<0,0006	<0,001	<0,001	<0,0006	<0,001	<0,001	<0,0006	<0,0007	<0,0008	<0,0007	<0,0004	<0,00028	<0,00085	<0,002	<0,00099	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0006	<0,001	
bromoforme	/	/	/	/	0,01	0,1	/	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0009	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0012	<0,0013	<0,0011	<0,0008	<0,00059										

Tableau 4 : Résultats d'analyse d'air ambiant (mg/m<sup>3</sup>)

Nom d'échantillon	Valeurs réglementaires (1)		Valeurs repères aide à la gestion (2)	Valeurs Guides établies sur des critères sanitaires (3)	Valeurs d'analyse de la situation dans le cadre des IEM (4)			PR9										PR10	PREXT															
								Bât. 4										Maison des murs à pêches	Bât 3 -Toit															
								Code de l'environnement		H CSP	ANSES	R1	R2	R3	EIF										Construire Solidaire									
date	air ext.	air int.	air int.	air int.	air int.	air int.	nov.-14	mars-15	déc.-15	avr.-16	juil.-16	janv.-17	avr.-17	juil.-17	oct.-17	janv.-18	mai-18	janv.-18	janv.-14	mars-14	juin-14	juil.-14	nov.-14	mars-15	déc.-15	avr.-16	juil.-16	janv.-17	avr.-17	juil.-17	oct.-17	janv.-18	mai-18	
HYDROCARBURES TOTAUX																																		
fraction C5 - C6	/	/	/	/	18 (aliph)	180 (aliph)	/	<0,1223	<0,1048	<0,1216	<0,109	<0,105	<0,001	<0,121	<0,12	<0,016	<0,019	<0,018	<0,022	<0,162	<0,052	<0,0879	<0,2223	<0,1207	<0,1945	<0,1216	<0,139	<0,042	<0,001	<0,122	<0,12	<0,019	<0,018	<0,018
fraction C6 - C8	/	/	/	/	18 (aliph)	180 (aliph)	/	<0,3844	<0,3294	<0,382	<0,343	<0,329	<0,392	<0,381	<0,377	<0,046	<0,055	<0,054	<0,065	<0,508	<0,164	<0,276	<0,6985	<0,3794	<0,6112	<0,382	<0,438	<0,131	<0,389	<0,385	<0,377	<0,055	<0,054	<0,054
fraction C8 - C10	/	/	/	/	1 (aliph) / 0,2 (arom)	10 (aliph) / 2 (arom)	/	<0,1852	<0,1587	<0,1841	<0,165	<0,159	<0,189	<0,183	<0,182	<0,031	<0,037	<0,036	<0,043	<0,245	<0,079	<0,133	<0,3366	<0,1828	<0,2945	<0,1841	<0,211	<0,063	<0,188	<0,185	<0,182	<0,037	<0,036	<0,036
fraction C10-C12	/	/	/	/	1 (aliph) / 0,2 (arom)	10 (aliph) / 2 (arom)	/	<0,1852	<0,1587	<0,1841	<0,165	<0,159	<0,189	<0,183	<0,182	<0,046	<0,055	<0,054	<0,065	<0,245	<0,079	<0,133	<0,3366	<0,1828	<0,2945	<0,1841	<0,211	<0,063	<0,188	<0,185	<0,182	<0,055	<0,054	<0,054
fraction C12-C16	/	/	/	/	1 (aliph) / 0,2 (arom)	10 (aliph) / 2 (arom)	/	<0,1852	<0,1587	<0,1841	<0,165	<0,159	<0,189	<0,183	<0,182	<0,046	<0,055	<0,054	<0,065	<0,245	<0,079	<0,133	<0,3366	<0,1828	<0,2945	<0,1841	<0,211	<0,063	<0,188	<0,185	<0,182	<0,055	<0,054	<0,054
HC (C5-C16)	/	/	/	/	/	/	<1,1181	<0,9581	<1,1112	<0,997	<0,958	<1,139	<1,107	<1,096	<0,182	<0,217	<0,213	<0,258	<1,476	<0,476	<0,8029	<2,0318	<1,1035	<1,7778	<1,1112	<1,275	<0,381	<1,132	<1,119	<1,096	<0,219	<0,213	<0,213	
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS																																		
benzène	Valeur limite 0,005 Obj. qualité 0,002	0,002	0,002 (valeur cible) 0,010 (valeur d'action rapide)	0,002	0,002	0,01	0,03	<0,00098	0,0023	0,0019	<0,00065	<0,0001	0,0027	<0,0012	<0,002	0,0008	0,0010	<0,001	0,0010	<0,002	<0,001	<0,0008	<0,0018	<0,00097	<0,0016	0,0029	<0,00084	<0,00042	0,0025	<0,0012	<0,002	0,0007	0,0010	<0,001
toluène	/	/	/	/	3	3,8	3,8	0,0022	0,0023	0,0045	0,0011	0,0029	0,0022	0,0019	0,0017	0,0033	0,0021	0,0014	0,0026	0,0029	0,0019	<0,0009	<0,0023	<0,0013	<0,002	0,0063	<0,00056	0,0010	0,0022	<0,00073	0,0017	0,0030	0,0018	0,0010
éthylbenzène	/	/	/	1,5	1,5	15	22	<0,0013	<0,0011	<0,0008	<0,00065	<0,00084	<0,001	<0,00097	<0,001	<0,001	<0,001	0,0014	0,0022	<0,002	<0,001	<0,0009	<0,0023	<0,0013	<0,002	0,0010	<0,00084	<0,00033	<0,001	<0,00098	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
orthoxylyène	/	/	/	/	/	/	/	<0,0013	<0,0011	<0,0008	<0,00065	<0,00084	<0,001	<0,00097	<0,001	0,0006	0,0005	0,0005	0,0020	<0,002	<0,001	<0,0009	<0,0023	<0,0013	<0,002	0,0010	<0,00084	<0,00033	<0,001	<0,00098	<0,001	0,0007	0,0004	<0,001
para- et métaoxylyène	/	/	/	/	/	/	/	<0,0025	<0,0021	0,0015	<0,0011	0,0025	<0,002	<0,0019	0,0022	0,0016	0,0015	0,0015	0,0052	<0,004	<0,002	<0,0018	<0,0045	<0,0025	<0,0039	0,0029	<0,00139	<0,00067	<0,002	<0,002	<0,002	0,0022	0,0011	0,0010
xylyènes	/	/	/	/	0,18	1,8	8,8	<0,0039	<0,0033	0,0015	<0,00174	0,0025	<0,003	<0,0029	0,0022	0,0022	0,0020	0,0020	0,0073	<0,006	<0,002	<0,0028	<0,007	<0,0038	<0,0062	0,0038	<0,00223	<0,001	<0,003	<0,0029	<0,003	0,0029	0,0015	<0,002
BTEX total	/	/	/	/	/	/	/	<0,007	<0,0048	0,0080	<0,00343	0,0054	0,0050	<0,0055	<0,005	0,0064	0,0051	0,0034	0,0120	0,0029	0,0019	<0,0051	<0,0127	<0,0069	<0,0112	0,0139	<0,00438	<0,0019	0,0046	<0,0059	<0,006	0,0066	0,0042	<0,003
naphtalène	/	/	0,01 (valeur repère de qualité), 0,05 (valeur d'action rapide), <0,010 (bâtiment neuf ou en rénovation)	0,01	0,01	0,05	/	<0,0046	<0,0039	<0,0046	<0,00405	<0,00075	<0,001	<0,00087	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	<0,006	<0,002	<0,0033	<0,0083	<0,0045	<0,0073	<0,0046	<0,00518	<0,0003	<0,001	<0,00087	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS																																		
1,2-dichloroéthane	/	/	/	/	/	/	/	<0,0008	<0,0007	<0,0008	<0,00065	<0,00042	<0,001	<0,00048	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0006	<0,0014	<0,0008	<0,0012	<0,0008	<0,00084	<0,00017	<0,001	<0,00049	<0,001	<0,001	<0,001	
1,1-dichloroéthane	/	/	/	/	/	/	/	<0,0023	<0,0019	<0,001	<0,00087	<0,00084	<0,001	<0,00097	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,0016	<0,004	<0,0022	<0,0035	<0,001	<0,00112	<0,00033	<0,001	<0,00098	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
cis-1,2-dichloroéthane	/	/	/	/	0,06	0,6	/	<0,0015	<0,0013	<0,0008	0,0011	<0,00063	<0,001	<0,00073	<0,001	<0,001	0,0004	0,0013	<0,001	<0,002	<0,001	<0,0011	<0,0027	<0,0015	<0,0024	0,0029	<0,00084	<0,00025	<0,001	<0,00073	<0,001	<0,001	<0,001	0,0009
trans 1,2-dichloroéthylène	/	/	/	/	/	/	/	<0,0018	<0,0015	<0,0008	<0,00065	<0,00063	<0,001	<0,00073	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,003	<0,001	<0,0013	<0,0032	<0,0017	<0,0028	<0,0008	<0,00084	<0,00025	<0,001	<0,00073	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
dichlorométhane	/	/	/	/	0,1	0,1	2,1	<0,0063	<0,0054	<0,0027	<0,0024	<0,0015	<0,002	<0,0017	<0,002	<0,002	<0,002	<0,003	<0,009	<0,009	<0,003	<0,0046	<0,0115	<0,0063	<0,01	<0,0027	<0,00307	<0,0006	<0,002	<0,0017	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002
1,2-dichloropropane	/	/	/	/	/	/	/	<0,001	<0,0009	<0,0008	<0,00065	<0,00063	<0,001	<0,00073	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001	<0,001	<0,0008	<0,0018	<0,001	<0,0016	<0,0008	<0,00084	<0,00025	<0,001	<0,00073	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
tétrachloroéthylène	/	/	0,250 (valeur repère)-2015 1,250 (valeur d'action rapide)	0,25	0,25	1,25	1,38	0,0332	0,0207	0,0015	0,0210	0,0192	0,0157	0,0218	0,0233	0,0017	0,0170	0,0155	<0,001	<0,002	0,0019	<0,0009	<0,0023	<0,0013	<0,002	0,0729	0,0008	0,0011	<0,001	<0,00073	0,0017	0,0189	<0,001	0,0042
tétrachlorométhane	/	/	/	/	0,038	0,19	0,19	<0,0013	<0,0011	0,0017	<0,00065	<0,00042	<0,001	<0,00048	<0,001	0,0005	0,0005	0,0004	0,0005	<0,002	<0,001	<0,0009	<0,0023	<0,0013	<0,002	0,0017	<0,00084	0,0003	<0,001	<0,00049	<0,001	0,0005	0,0005	<0,001
1,1,1-trichloroéthane	/	/	/	/	1	5,5	5,5	<0,001	<0,0009	<0,0008	<0,00065	<0,00042	<0,001	<0,00048	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001	<0,0008	<0,0018	<0,001	<0,0016	<0,0008	<0,00084	<0,00017	<0,001	<0,00049	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
trichloroéthylène	/	/	0,002 (valeur repère) 0,010 (valeur d'action rapide)	0,02	0,002	0,01	0,8	0,0052	0,0036	<0,0008	0,0041	0,0036	0,0057	0,0055	0,0065	<0,001	0,0051	0,0042	<0,001	<0,002	<0,001	<0,0008	<0,0018	<0,001	<0,0016	0,0135	<0,00084	<0,00025	<0,001	<0,00073	<0,001	0,0051	<0,001	0,0007
chloroforme	/	/	/	/	0,063	0,15	0,15	<0,0013	<0,0011	<0,0008	<0,00065	<0,00042	<0,001	<0,00048	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001	<0,0009	<0,0023	<0,0013	<0,002	<0,0008	<0,00084	<0,00017	<0,001	<0,00049	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
chlorure de vinyle	/	/	/	/	0,0026	0,026	1,3	<0,0015	<0,0013	<0,0008	<0,00065	<0,00084	<0,001	<0,00097	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,002	<0,001	<0,0011	<0,0027	<0,0015	<0,0024	<0,0008	<0,00084	<0,00033	<0,001	<0,00098	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
hexachlorobutadiène	/	/	/	/	/	/	/	<0,0056	<0,0048	<0,0035	<0,00312	<0,0030	<0,004	<0,0035	<0,004	<0,004	<0,004	<0,005	<0,008	<0,003	<0,004													

## VI.4.4 Air ambiant

Les méthodes d'appréhension du degré de pollution dans l'air ambiant ainsi que les valeurs de référence sont détaillées en **annexe 3**.

**Nota** : Les concentrations des composés dans l'air ambiant (présentées en mg/m<sup>3</sup>) sont calculés à partir des résultats du laboratoire (quantité de composé par tube d'adsorption en µg/échantillon) et du volume d'air pompé dans chaque tube d'adsorption (litre pompé).

**Tableau 15 : Résultats d'analyse d'air ambiant sur site**

Echantillon	A1	A2	Valeurs réglementaires (1)		Valeurs Guides établies sur des critères sanitaires (2)	Valeurs repères aide à la gestion (3)
			air ext.	air int.	air int.	air int.
Volume pompé CA (l)	286,8	287,4	Code de l'environnement		ANSES	HCSP
<b>HYDROCARBURES TOTAUX (mg/m<sup>3</sup>)</b>						
fraction aliphat. C5-C6	<0,018	<0,018	/	/	/	/
fraction aliphat. >C6-C8	<0,018	<0,018	/	/	/	/
fraction aliphat. >C8-C10	<0,018	<0,018	/	/	/	/
fraction aliphat. >C10-C12	<0,018	<0,018	/	/	/	/
fraction aliphat. >C12-C16	<0,018	<0,018	/	/	/	/
fraction aromat. >C6-C7	<0,018	<0,018	/	/	/	/
fraction aromat. >C7-C8	<0,018	<0,018	/	/	/	/
fraction aromat. >C8-C10	<0,018	<0,018	/	/	/	/
fraction aromat. >C10-C12	<0,035	<0,035	/	/	/	/
fraction aromat. >C12-C16	<0,035	<0,035	/	/	/	/
<b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (mg/m<sup>3</sup>)</b>						
benzène	0,001	0,001	Valeur limite 0,005 Obj. qualité 0,002	0,003 0,002 à compter du 01/01/2016	0,002	0,002 (valeur cible)-2015 0,005 (valeur repère)-2012 décroissance de 1µg/m <sup>3</sup> par an 0,010 (valeur d'action rapide) Recommandation bâtiment neuf ou en rénovation <0,002
toluène	0,002	0,002	/	/	/	/
éthylbenzène	<0,001	0,001	/	/	1,5	/
orthoxyène	0,000	0,001	/	/	/	/
para- et métaoxyène	0,001	0,003	/	/	/	/
xylènes	0,002	0,005	/	/	/	/
BTEX total	0,005	0,009	/	/	/	/
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (mg/m<sup>3</sup>)</b>						
naphtalène	<0,001	<0,001	/	/	0,01	0,01 (valeur repère de qualité) 0,05 (valeur d'action rapide) Recommandation bâtiment neuf ou en rénovation <0,010
<b>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (mg/m<sup>3</sup>)</b>						
1,1,1-trichloroéthane	<0,001	<0,001				
1,1-dichloroéthène	<0,001	<0,001				
1,2-dichloroéthane	<0,001	<0,001				
1,2-dichloropropane	<0,001	<0,001				
bromoforme	<0,001	<0,001				
chloroforme	<0,001	<0,001				
chlorure de vinyle	<0,001	<0,001				
cis-1,2-dichloroéthène	0,0038	0,0018				
cis-1,3-dichloropropène	<0,001	<0,001				
dichlorométhane	<0,002	<0,002				
hexachlorobutadiène	<0,004	<0,004				
tétrachloroéthylène	0,0008	0,0230			0,25	0,250 (valeur repère) 1,250 (valeur d'action rapide)
tétrachlorométhane	0,0005	0,0004				
trans 1,2-dichloroéthylène	<0,001	<0,001				
trans-1,3-dichloropropène	<0,001	<0,001				
trichloroéthylène	<0,001	<b>0,0042</b>			0,02	0,002 (valeur repère) 0,010 (valeur d'action rapide) <0,002 (bâtiment neuf ou en rénovation)

<0,10	concentration< au seuil de détection
21,1	substance détectée
50,6	concentration significative et/ou > valeurs de référence

(1) Code de L'environnement article R221-1 : Normes de qualité de l'air ambiant et R221-29 : Valeurs guides pour l'air intérieur

(2) Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) : <http://www.anses.fr/ET/PPN8F48.htm?pageid=829&parentid=424>

(3) Haut Conseil en Santé Publique (HCSP) : <http://www.hcsp.fr/explore.cgi/avisrapports?ae=avisrapports&menu=09>

Les analyses sur l'air ambiant de février 2018 mettent en évidence un dépassement de la valeur repère pour le trichloroéthylène au droit du prélèvement A2 dans le bâtiment 4 sans dépassement de la valeur d'action rapide. Les autres paramètres ne présentent pas de dépassement des valeurs de référence si existantes.

Les analyses réalisées sur le support « blanc de transport » mettent en évidence des résultats inférieurs aux seuils de détection. Aucune contamination due au transport n'est à relever.

## **Annexe 5. Synthèse des résultats d'analyses – milieu eau du robinet**

Cette annexe contient 2 pages.





## IV-7. ANALYSES EN LABORATOIRE DE L'EAU DU ROBINET

Les résultats des analyses de l'eau du robinet réalisées sont présentés dans le tableau suivant. Les bulletins d'analyses sont présentés en **annexe 5 figure 2**. Toute teneur dépassant les valeurs de référence est présentée en gras sur fond gris.

**Tableau 12 : Résultats d'analyses de l'eau du robinet**

Analyses	Unité	Valeurs réglementaires française		Toilettes
		Eau potable	Valeur guide OMS Eau potable	
<b>METAUX</b>				
Arsenic	mg/l	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<0,005
Cadmium	mg/l	<b>0,005</b>	<b>0,003</b>	<0,005
Chrome	mg/l	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<0,005
Cuivre	mg/l	<b>2</b>	<b>2</b>	<0,01
Nickel	mg/l	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<0,005
Plomb	mg/l	<b>0,025</b>	<b>0,01</b>	<0,005
Zinc	mg/l			<b>0,13</b>
Mercurure	µg/l	<b>1</b>	<b>6</b>	<0,20
<b>HYDROCARBURES TOTAUX</b>				
somme HC C5-C40	mg/l			<0,09
<b>HAP</b>				
naphtalène	µg/l			<b>0,02</b>
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	<b>0,01</b>	<b>0,7</b>	<0,01
dibenzo(ah)anthracène	µg/l			<0,01
indéno(1,2,3-cd)pyrène + *	µg/l			<0,01
phénanthrène	µg/l			<b>0,02</b>
benzo(ghi)pérylène + *	µg/l			<0,01
Somme des 4 HAP noté +	µg/l	<b>0,1</b>		<0,04
<b>COHV</b>				
dichlorométhane	µg/l		<b>20</b>	<5
Trichlorométhane (Chloroforme) *	µg/l		<b>300</b>	<b>4,2</b>
tétrachlorométhane	µg/l		<b>4</b>	<1
trichloroéthylène	µg/l		<b>20</b>	<1
tétrachloroéthylène	µg/l		<b>40</b>	<b>22,9</b>
Somme trichoro +tétrachloro	µg/l	<b>10</b>		<b>22,9</b>
1,1-dichloroéthane	µg/l			<2
1,2-dichloroéthane	µg/l	<b>3</b>	<b>30</b>	<2
1,1,1-trichloroéthane	µg/l			<2
1,1,2-trichloroéthane	µg/l			<5
cis 1,2-Dichloroéthylène	µg/l			<2
trans 1,2-Dichloroéthylène	µg/l			<2
Somme cis + trans 1,2 Dichloroéthylène	µg/l		<b>50</b>	<4
Chlorure de Vinyle	µg/l	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<0,5
1,1-Dichloroéthylène	µg/l			<2
Bromochlorométhane	µg/l			<5
Dibromométhane	µg/l			<5
Bromodichlorométhane *	µg/l		<b>60</b>	5,8
Dibromochlorométhane *	µg/l		<b>100</b>	3,9
1,2-Dibromoéthane	µg/l		<b>0,4</b>	<1
Tribromométhane (Bromoforme) *	µg/l		<b>100</b>	<5
Somme des 4 COHV *	µg/l	<b>100</b>		13,9
<b>BTEX</b>				
Benzène	µg/l	<b>1</b>	<b>10</b>	<0,5
Toluène	µg/l		<b>700</b>	<1
Ethylbenzène	µg/l		<b>300</b>	<1
Somme des xylènes	µg/l		<b>500</b>	<2

Les résultats des analyses de l'eau du robinet mettent en évidence :

- la présence de composés en traces non significatives (nickel, phénanthrène, naphtalène),
- la présence des trihalométhanes (chloroforme, bromoforme, bromodichlorométhane, dibromochlorométhane) caractéristiques des traitements de désinfection dans le cycle de potabilisation de l'eau (sous produit de réaction du chlore avec la matière organique),
- la présence de perchloroéthylène en **teneur supérieure** à la valeur réglementaire française pour l'eau potable.

### VI.3.3 Résultat d'analyse d'eau du robinet

Les résultats d'analyses d'eau du robinet sont présentés dans le tableau ci-dessous en comparaison avec les valeurs réglementaires pour l'eau potable présentées en **annexe 3-1**. Le bordereau d'analyse est présenté en **annexe 3-3**.

**Tableau 19 : Résultats d'analyse d'eau du robinet dans la canalisation rénovée en µg/l (point C)**

Analyses	Unité	Valeurs réglementaires françaises - eau potable	Valeur guide OMS - eau potable	Bât. 7 int. BRASSERIE								
				POINT C (utilisé pour la production de bière)								
Campagne				10/01/2014	19/06/2014	08/07/2014	04/03/2015	04/12/2015	25/04/2016	25/04/2017	02/05/2018	
<b>COHV</b>			<b>0</b>									
dichlorométhane	µg/l		<b>20</b>	<b>20</b>	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<0,5	<0,5
Trichlorométhane (Chloroforme) *	µg/l		<b>300</b>	<b>300</b>	2,9	6,5	3,8	3,3	3,7	7,6	2,7	4,3
tétrachlorométhane	µg/l		<b>4</b>	<b>4</b>	<1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<0,1	<0,1
trichloroéthylène	µg/l		<b>20</b>	<b>20</b>	<1	<1	<1	<1	<1	<0,1	<0,1	<0,1
tétrachloroéthylène	µg/l		<b>40</b>	<b>40</b>	16,9	<1	<1	<1	<1	<0,1	<0,1	<0,1
Somme trichoro +tétrachloro	µg/l	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>16,9</b>	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd
1,2-dichloroéthane	µg/l	<b>3</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<1	<1	<1	<2	<2	<0,1	<0,1	<b>2,8</b>
1,1,1-trichloroéthane	µg/l			/	<2	<2	<2	<2	<2	<0,1	<0,1	<0,1
cis 1,2-Dichloroéthylène	µg/l			/	<2	<2	<2	<2	<2	<0,1	<0,1	<0,1
trans 1,2-Dichloroéthylène	µg/l			/	<2	<2	<2	<2	<2	<0,1	<0,1	<0,1
Somme cis + trans 1,2 Dichloroéthylène	µg/l		<b>50</b>	<b>50</b>	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd
Chlorure de Vinyle	µg/l	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dichloroéthylène	µg/l			/	<2	<2	<2	<2	<2	<0,1	<0,1	<0,1
Tribromométhane (Bromoforme) *	µg/l		<b>100</b>	<b>100</b>	<5	<5	5,6	<5	<5	0,52	0,95	1,9
Somme des COHV	µg/l			/	23,1	-/-	32,7	6	6,1	8,12	3,65	9

**Lors de cette campagne de mai 2018, une teneur en 1,2-dichloroéthane inférieure à la valeur de référence pour l'eau potable a été mise en évidence au droit du point C qui est utilisé par le brasseur. L'absence de dépassement de ce composé est à surveiller lors des prochaines campagnes.**

**Le point C ne présente plus de dépassement de la valeur réglementaire pour le tétrachloroéthylène depuis la mise en place en juin 2014 d'une nouvelle canalisation entre le point de livraison et le local du brasseur afin de s'affranchir de la perméation des polluants.**

Pour rappel sur le reste du site, la consommation des eaux distribuées par le réseau est interdite suite à des dépassements pour la somme du tri et tétrachloroéthylène sur plusieurs points de prélèvement (perméation des polluants dans les canalisations du réseau d'eau potable). Dans la mesure où cette interdiction est en place, la surveillance de la qualité des eaux du robinet au droit des autres points de prélèvement (A, B, D à H) a été arrêtée (Réf. rapport P2150310 – Version 2 du 04/07/2016).

## **Annexe 6. Synthèse des résultats d'analyses – milieu eaux superficielles (Ru Gobetue)**

Cette annexe contient 1 page.

### VI.3.1 Résultat d'analyse des eaux superficielles

Les résultats d'analyses des eaux du ru Gobétue sont présentés dans le tableau ci-dessous. Les valeurs de référence retenues sont détaillées en **annexe 3-1** et le bordereau d'analyse est présenté en **annexe 3-2**.

**Tableau 20 : Résultats d'analyse des eaux superficielles en µg/l**

Date	Unité	Valeur de référence					Ru Gobétue					
		Eaux superficielles		Eaux souterraines			août-16	nov.-16	avr.-17	oct.-17	mai-18	
		NQE Française*	Décret français**		Valeurs guide OMS***							
		MA	CMA	eaux brutes	eau potable							
<b>COHV</b>												
1,2-Dichloroéthane	µg/l	/	/	/	3	30	<1	<1	<1	1,6	<1	
1,1-Dichloroéthylène		/	/	/	0,01	0,7	<1	<1	<1	<1	<1	
Cis-1,2-Dichloroéthylène		1100	/	/	/	50	13	21	<b>72</b>	<b>530</b>	<b>55</b>	
Trans-1,2-Dichloroéthylène		/	/	/	/		<1	<1	<1	3,8	<1	
Dichlorométhane		20	/	/	/	20	<5	<5	<5	<5	<5	
Trichloroéthylène		10	/	/	/	20	4,1	6,2	8	<b>59</b>	8,8	
Tétrachloroéthylène		10	/	/	/	40	<b>300</b>	<b>240</b>	<b>260</b>	<b>170</b>	<b>110</b>	
Tri+ tétrachloroéthylène		/	/	/	/	10	/	<b>304</b>	<b>246</b>	<b>268</b>	<b>229</b>	<b>119</b>
Tétrachlorure de carbone		12	/	/	/	/	4	<1	<1	<1	<1	<1
1,1,1-Trichloroéthane		26	/	/	/	/	/	<1	<1	<1	<1	<1
chloroforme		25	/	/	/	100	300	3,8	1,4	1,1	1,3	<1
Chlorure de vinyle		0,5	/	/	/	0,5	0,3	<2	<2	<2	5,2	<2
Hexachlorobutadiène		/	/	/	/	/	/	<2	<2	<2	<2	<2
Bromoforme		/	/	/	/	/	100	<2	<2	<2	<2	<2
Somme des COHV		/	/	/	/	/	/	<b>321</b>	<b>269</b>	<b>341</b>	<b>771</b>	<b>174</b>
<b>Naphtalène</b>		µg/l	2,4	/	/	/	/	<8	<8	<8	<8	<8
<b>BTEX</b>												
Benzène	µg/l	10	50	/	1	10	<2	<2	<2	<2	<2	
Toluène		74	/	/	/	700	<1	<1	<1	<1	<1	
Ethylbenzène		20	/	/	/	300	<1	<1	<1	<1	<1	
Xylènes totaux		10	/	/	/	500	<3	<3	<3	<3	<3	

<0,10	concentration < au seuil de détection
21,1	substance détectée
50,6	concentration significative et/ou > valeurs de référence

\* : Norme de qualité environnementale – concentrations moyennes annuelles (MA) et concentrations maximales admissibles (CMA) définies dans la circulaire DCE n°2007/23 et les arrêtés des 25 janvier et 8 juillet 2010

\*\* : Arrêté du 11 janvier 2007 "relatif aux limites et référence de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R.1321-2, R.1321-3, R.1321-7 et R.1321-38 du code de la santé publique" - présentées à titre indicatif

\*\*\* : Directives OMS de qualité pour l'eau de boisson, édition 4 de 2011 - tableau A3.3. – présentées à titre indicatif.

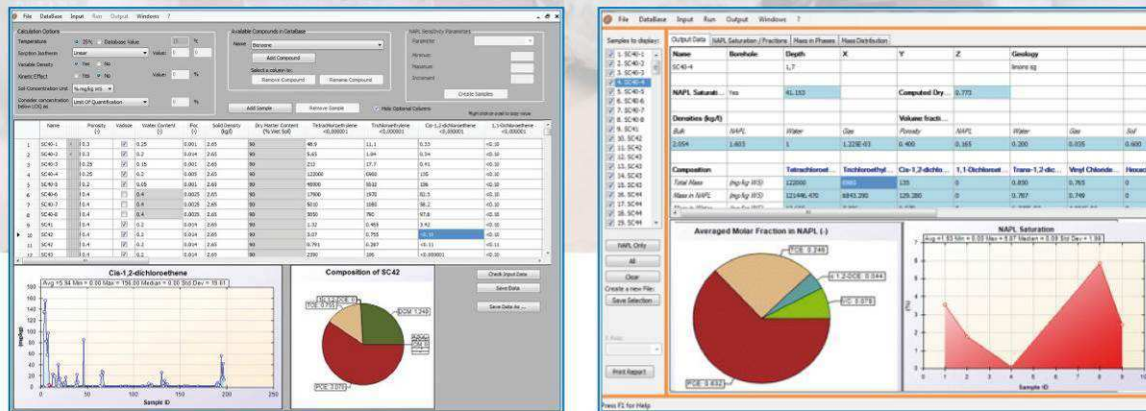
## **Annexe 7. Détermination de la présence d'une phase organique dans les sols par utilisation du logiciel OREOS**

Cette annexe contient 1 page





## UNE NOUVELLE APPLICATION POUR CARACTERISER LA POLLUTION ORGANIQUE DANS LES ECHANTILLONS DE SOL



En l'absence de valeurs de référence, les concentrations en polluants organiques dans les sols sont difficiles à interpréter. Elles le sont d'autant plus que le comportement des polluants organiques est complexe (présence des polluants dans les différentes phases du sol : eau, air, solide, phase organique non miscible à l'eau (NAPL)).

**OREOS** aide à évaluer la répartition des polluants dans les différents compartiments du sol et leurs impacts potentiels dans le milieu souterrain.

### UN OUTIL D'AIDE À LA DÉCISION

- Calcule la distribution des polluants dans chaque compartiment du sol.
- Détermine si l'échantillon est situé dans une zone source (présence de phase organique) ou non.
- Si la phase organique est présente, calcule son volume, sa masse et sa composition.

Un support pour :

- Délimiter et quantifier les zones sources.
- Evaluer l'impact potentiel dans les nappes et l'air des sols.
- Faire un bilan coût-avantages des techniques de dépollution à envisager.

### DES FONCTIONNALITÉS AVANCÉES

- Plus de 100 échantillons et de nombreux polluants peuvent être traités simultanément.
- Une base de données des propriétés physico-chimiques pour plus de 130 composés chimiques.
- Conforme à la méthodologie MACAOH (protocole recommandé par l'ADEME et le Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie).
- Prise en compte de processus physiques avancés tels que l'effet de la température et les transferts en non équilibre local.
- Un module dédié à l'analyse de sensibilité des paramètres d'entrée.

### UNE MEILLEURE CONNAISSANCE POUR UN MEILLEUR SERVICE

Depuis plus de vingt ans, BURGEAP est reconnu pour son expertise en matière de diagnostics et de dépollution de sites et sols pollués. Nous avons conçu **OREOS** afin d'améliorer les services que nous offrons à nos clients industriels, aménageurs et autorités publiques.



oreos@burgeap.fr

www.oreos-software.com



## **Annexe 8. Données toxicologiques**

Cette annexe contient 7 pages

## 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 sont 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).

## 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 classé 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 cancérogène 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 cancérogène 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 cancérogène 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 cancérogène 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.

## 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").



## 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
- 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
- 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
- H370 : Risque avéré d'effets graves pour les organes <ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont 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 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 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

### 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).

SGH01	SGH02	SGH03
		
SGH04	SGH05	SGH06
		
SGH07	SGH08	SGH09
		

Le tableau ci-après reprend l'ensemble des informations propres à chaque substance considérée dans la présente étude.

	CAS n°R	Volatilité	solubilité	Classement	Mention de danger	classement cancérogénéicité			EFFETS TOXIQUES A SEUIL		
		Pv	S	symboles		UE	CIRC (IARC)	EPA	Organe cible (oral)	Organe cible (inh°)	
<b>METAUX ET METALLOIDES</b>											
Mercuré (Hg)	7439-97-6	non adequat	non adequat	SGH06, SGH08, SGH09	H360D, H330, H372, H400, H410	R1B	3	C à D		rein	SNC
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</b>											
Naphtalène	91-20-3	+	+	SGH07, SGH08, SGH09	H351, H302, H400, H410	C2	2B	C		poids	sys. Resp.
Acenaphtylène	208-96-8	-	+	-	-	-	-	D		-	-
Acenaphtène	83-29-9	-	+	-	-	-	-	-		sys.hepatique	-
Fluorène	86-73-7	-	+	-	-	-	3	D		sys.hepatique	-
Phénanthrène	85-01-8	-	+	-	-	-	3	D		sys.hepatique	-
Anthracène	120-12-7	--	-	-	-	-	3	D		-	-
Fluoranthène	206-44-0	--	-	-	-	-	3	D		sys.hepatique	-
Pyrène	129-00-0	--	-	-	-	-	3	D		rein	-
Benzo(a)anthracène	56-55-3	--	--	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2B	B2		-	-
Chrysene	218-01-9	--	-	SGH08, SGH09	H350, H341, H400, H410	C1B M2	3	B2		-	-
benzo(b)fluoranthène	205-99-2	--	--	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2B	B2		-	-
benzo(k)fluoranthène	207-08-9	--	--	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2B	B2		-	-
Benzo(a)pyrène	50-32-8	--	--	SGH07, SGH08, SGH09	H340, H350, H360FD, H317, H400, H410	C1B M1B R1B	1	A		developpement	developpement
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	--	--	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2A	B2		-	-
benzo(g,h,i) pérylène	191-24-2	--	--	-	-	-	3	D		-	-
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	193-39-5	--	-	-	-	-	2B	B2		-	-
<b>COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES</b>											
benzène	71-43-2	++	++	SGH02, SGH07, SGH08	H225, H350, H340, H372, H304, H319, H315	C1A M1B	1	A		sang	sang
toluène	108-88-3	++	++	SGH02, SGH07, SGH08	H225, H361d, H304, H373, H315, H336	R2	3	D		hepatique, rein	sys. Nerveux
ethylbenzène	100-41-4	+	++	SGH02, SGH07	H225, H332	-	2B	-		hepatique, rein	effet ototoxique
xylènes	1330-20-7	+	++	SGH02, SGH07	H226, H332, H312, H315	-	3	-		poids corporel	sys. Nerveux
<b>COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS</b>											
PCE (tétrachloroéthylène)	127-18-4	++	++	SGH08, SGH09	H351, H411	C2	2A	B1		hépatique	neurotoxicité
TCE (trichloroéthylène)	79-01-6	++	++	SGH07, SGH08	H350, H341, H319, H315, H336, H412	C1B M2	1	A		multiples	-
cis 1,2DCE (dichloroéthylène)	156-59-2	++	++	SGH02, SGH07	H225, H335, H412	-	-	D		rein	hépatique
trans 1,2DCE (dichloroéthylène)	156-60-5		++	SGH02, SGH07	H225, H335, H412	-	-	D		immunitaire	hépatique
1,1 DCE (1,1 dichloroéthylène)	75-35-4	++	++	SGH02, SGH07, SGH08	H224, H351, H332	C2	3	C		hépatique	hépatique
VC (chlorure de vinyle)	75-01-4	++	++	SGH02, SGH08	H220, H350	C1A	1	A		hépatique	hépatique
1,1,2 trichloroéthane	79-00-5	++	++	SGH07, SGH08	H351, H332, H312, EUH066	C2	3	C		foie	-

	CAS n°R	Volatilité	solubilité	Classement symboles	Mention de danger	classement cancérogénéicité			EFFETS TOXIQUES A SEUIL	
		Pv	S			UE	CIRC (IARC)	EPA	Organe cible (oral)	Organe cible (inh°)
1,1,1 trichloroéthane	71-55-6	++	++	SGH07	H332, EUH059	-	3	D	<i>poids corporel</i>	<i>syst. nerveux</i>
1,2 dichloroéthane	107-06-2	++	++	SGH02, SGH07, SGH08.	H225, H350, H302, H319, H335, H315	C1B	2B	B2	-	<i>hépatique</i>
1,1 dichloroéthane	75-34-3	++	++	SGH02, SGH07	H225, H302, H319, H335, H412	-	-	C	-	-
Tétrachlorométhane	56-23-5	++	++	SGH06, SGH08	H351, H331, H311, H301, H372, H412, EUH059	C2	2B	B2	<i>hépatique</i>	<i>hépatique</i>
TCmA (trichlorométhane ou chloroforme)	67-66-3	++	++	SGH07, SGH08	H351, H302, H373, H315	C2	2B	B2	<i>hépatique</i>	<i>hépatique</i>
dichlorométhane	75-09-2	++	++	SGH08, SGH09	H351	C2	2B	B2	<i>foie</i>	<i>foie</i>

### HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH

Aliphatic nC>5-nC6	non adéquat	++	+	white spirit, essences spéciales, solvants aromatiques légers, pétroles lampants (kérosène) : <b>SGH08</b>	tout type d'hydrocarbures : <b>H350, H340, H304</b>	classement fonction des hydrocarbures			<i>non adapté</i>	<i>syst. nerveux</i>
Aliphatic nC>6-nC8	"	++	+				<i>non adapté</i>	<i>syst. nerveux</i>		
Aliphatic nC>8-nC10	"	+	-				<i>syst. nerveux</i> <i>syst. hépatique</i>	<i>syst. Hépatique</i>		
Aliphatic nC>10-nC12	"	+	-				<i>syst. nerveux</i> <i>syst. hépatique</i>	<i>syst. Hépatique</i>		
Aliphatic nC>12-nC16	"	-	--				<i>syst. nerveux</i> <i>syst. hépatique</i>	<i>syst. Hépatique</i>		
Aliphatic nC>16-nC35	"	-	--				<i>tumeurs hépatiques</i>	-		
Aliphatic nC>35	"	--	--				<i>tumeurs hépatiques</i>	-		
Aromatic nC>5-nC7 benzène	"	++	++				-	-		
Aromatic nC>7-nC8 toluène	"	++	++				-	-		
Aromatic nC>8-nC10	"	+	+				<i>poids</i>	<i>poids</i>		
Aromatic nC>10-nC12	"	+	+				<i>poids</i>	<i>poids</i>		
Aromatic nC>12-nC16	"	-	+				<i>poids</i>	<i>poids</i>		
Aromatic nC>16-nC21	"	-	-				<i>nephrotoxique</i>	-		
Aromatic nC>21-nC35	"	--	--				<i>non adapté</i>	-		

LEGENDE Volatilité :	LEGENDE Solubilité :
++ : Pv > 1000 Pa (COV)	++ : S > 100 mg/l
+ : 1000 > Pv > 10 Pa (COV)	+ : 100 > S > 1 mg/l
- : 10 > Pv > 10-2 Pa (non COV)	- : 1 > S > 0.01 mg/l
-- : 10-2 > Pv > 10-5 Pa (non COV)	-- : S < 0.01 mg/l

## **Annexe 9. Relations dose-réponse**

Cette annexe contient 7 pages.



## 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). Établies par diverses instances internationales ou nationales<sup>1</sup> (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 cancérogènes à seuil<sup>2</sup>) 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. À 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)

---

<sup>1</sup> 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

<sup>2</sup> Cancérogènes épigénétiques ou non génotoxiques

- CAA (Concentration dans l'Air Admissible – OMS);

En France, la dénomination retenue par l'ANSES<sup>3</sup> 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  $(\text{mg/kg/j})^{-1}$ ,
- l'excès de risque unitaire par inhalation : ERUi en  $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ .

#### 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**.

#### 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,

<sup>3</sup>ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

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 ».

#### 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.

### 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 1er 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/m<sup>3</sup> au 1er janvier 2015 et à 10 µg/m<sup>3</sup> au 1er janvier 2023. La valeur-guide pour le benzène est fixée pour une exposition de longue durée à 5 µg/m<sup>3</sup> au 1<sup>er</sup> janvier 2013 et à 2 µg/m<sup>3</sup> au 1<sup>er</sup> 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.

### 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<sup>ème</sup> 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]<sup>4</sup> 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)<sup>5</sup>. Cette révision s'appuie sur l'ensemble des connaissances acquises ces dernières années (études épidémiologiques notamment).

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>

<sup>4</sup> WHO. Air Quality Guidelines. Second edition WHO Regional Publications, European Series, No. 91.2000, 273 pages.

<sup>5</sup> WHO. Air Quality Guidelines. Global update 2005. Report on a working group meeting. Bonn, Germany. 18-20 october 2005.



## ► 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>

### 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.

## **Annexe 10. Estimations des concentrations dans les milieux d'exposition**

Cette annexe contient 11 pages.

### 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-après. 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.



Johnson & Ettinger, 1991  
**Dallage indépendant**  
 Yao et al., 2011

**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:

$$C_{\text{int}} = \alpha \cdot C_{\text{vs}} \quad (1)$$

Avec :

$$\alpha = \frac{\left[ \frac{D_{\text{eff}} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right] \times \left[ \exp\left(\frac{Q_{\text{sol}} \times L_{\text{crack}}}{D_{\text{crack}} \times A_{\text{crack}}}\right) \right]}{\left[ \exp\left(\frac{Q_{\text{sol}} \times L_{\text{crack}}}{D_{\text{crack}} \times A_{\text{crack}}}\right) + \frac{D_{\text{eff}} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right] + \left[ \frac{D_{\text{eff}} \times A_B}{Q_{\text{sol}} \times L_T} \right] \times \left[ \exp\left(\frac{Q_{\text{sol}} \times L_{\text{crack}}}{D_{\text{crack}} \times A_{\text{crack}}}\right) - 1 \right]} \quad (2)$$

$D_{\text{eff}}$  : coefficient de diffusion effectif ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ) 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

$C_{\text{vs}}$  : concentration de vapeur dans la source ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$Q_{\text{sol}}$  : débit de gaz en provenance du sol dans le bâtiment ( $\text{cm}^3/\text{s}$ ), calculé à partir de la différence de pression et de la perméabilité des sols sous dallage

$D_{\text{crack}}$  : coefficient de diffusion effectif dans les fondations ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ), calculé à partir de la porosité et de la teneur en eau des sols sous dallage par application des équations de Millington et Quirck détaillées ci-après

$A_{\text{crack}}$  : surface de fissures à travers lesquelles les vapeurs rentrent dans le bâtiment ( $\text{cm}^2$ ), correspondant au produit entre le taux de fissuration et la surface du dallage

$L_{\text{crack}}$  : épaisseur de la dalle (cm)

$A_B$  : surface des bâtiments ( $\text{cm}^2$ )

$L_T$  : distance de la source au dallage (cm)

$Q_b$  : Débit de renouvellement d'air du bâtiment ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), 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**  $\Delta P$  : gradient de pression entre le bâtiment et l'extérieur ( $g/cm^2 \cdot s^2$ )  
 $k_v$  : perméabilité intrinsèque des sols ( $cm^2$ )  
 $\mu$  : 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  
 $\pi$  : 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 :

$$\alpha = \frac{\left[ \frac{D_{eff} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right]}{\left[ \left[ \frac{D_{eff} \times A_B}{Q_{sol} \times L_T} \right] + 1 \right]}$$

La différence de pression entre l'air des bâtiments et l'air du sol  $\Delta P$  :  $40 \text{ g/cm} \cdot \text{s}^2$  (valeur conservatoire définie par Johnson et Ettinger). Cette différence de pression varie dans la littérature de 0 à 20 Pa (1 Pa =  $10 \text{ g/cm} \cdot \text{s}^2$ ). L'effet du vent et de la température (chauffage) 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  $\Delta P$  de 4 Pa est conservatoire.

La perméabilité intrinsèque est obtenue à partir de la formule suivante :  $k_i = \frac{K \times \mu}{\rho \times g}$

### **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 ( $\tau^{-1}$ )** est défini de la manière suivante :

- dans l'air du sol :  $\tau_{air}^{-1} = \theta_{air}^{7/3} / \theta^2$
- dans la phase aqueuse du sol :  $\tau_{eau}^{-1} = \theta_{eau}^{7/3} / \theta^2$ ,

**Avec :**

H constante de Henry adimensionnelle,



$\theta$  porosité totale,  
 $\theta_{\text{eau}}$  teneur en eau du sol,  
 $\theta_{\text{gaz}}$  teneur en gaz du sol.

**La concentration dans l'air du sol** 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)  
 $\rho_b$  : densité du sol ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )  
 $F_{oc}$  : fraction de carbone organique dans le sol (g co/g sol)  
 $K_{oc}$  : coefficient de partition du carbone organique (mg/g)  
 $K_H$  : constante de Henry ((mg/l)/(mg/l))  
 $\theta_a$  : teneur en air dans les sols ( $\text{cm}^3$  d'air/  $\text{cm}^3$  de sol)  
 $\theta_w$  : teneur en eau dans les sols ( $\text{cm}^3$  d'eau/  $\text{cm}^3$  de sol)

$$C_{wi} = X \cdot S \quad \text{et} \quad C_{\text{eaudusol}} = \frac{C_{\text{airdusol}}}{H}$$

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)

Les équations du modèle en source finie ou infinie de Johnson et Ettinger utilisées sont consultables dans le document suivant : **USER'S GUIDE FOR EVALUATING SUBSURFACE VAPOR INTRUSION INTO BUILDINGS**, U.S. EPA OFFICE OF EMERGENCY AND REMEDIAL RESPONSE ; EPA Contract Number: 68-W-01-058 ; June 19, 2003

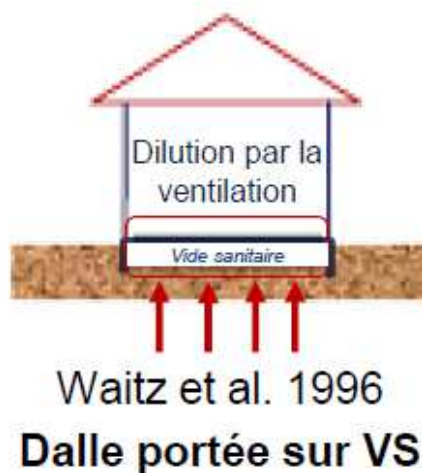
### Modèle en source infinie utilisé

Les équations du logiciel **VOLASOIL** développées par le National Institute of Public Health and the Environment Bilthoven, Pays Bas, sont utilisées pour évaluer le transfert de polluants des gaz du sol vers l'air intérieur d'un bâtiment avec vide sanitaire. VOLASOIL correspond à une amélioration du logiciel CSOIL, conçu pour déterminer les « valeurs d'intervention » dans les sols et dans les eaux, mais jugé peu adapté au calcul de risques sur des sites variés.

Ces équations, détaillées dans le rapport du RIVM n° 715810014 *The VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatils compounds*, M.F.W Waitz, J.J Freijer, P Kreule, F.A. Swarjes, mai 1996 ont été réécrites sous excel par nos soins.

Le transport des polluants sous forme vapeur à travers le sol s'effectue grâce aux phénomènes de diffusion (équations de Millington and Quirck et équation de Fick) et de convection. Le mouvement convectif est dû à une différence de pression entre l'air du sol et l'air intérieur, occasionnée par la combinaison du vent, du chauffage et des mécanismes de ventilation. C'est également un phénomène de convection qui dirige le transport des vapeurs du vide sanitaire vers l'air intérieur.

Le modèle utilisé considère une source de pollution infinie (pas de diminution au cours du temps).



### Concentration dans l'air du sol à la source

La concentration dans l'air du sol à la source, lorsqu'elle n'est pas mesurée directement, correspond à la valeur minimale issue des équations suivantes :

- Equation utilisée quand  $C_w < \text{Solubilité effective}$  :

$$C_{vs} = (C_t \times \rho_b \times K_H) / (\theta_a \times K_H + \theta_w + \rho_b \times F_{oc} \times K_{oc}) \quad (1)$$

Avec  $C_t$  : concentration en polluant dans le sol (mg/kg)  
 $\rho_b$  : densité du sol ( $\text{g/cm}^3$ )  
 $F_{oc}$  : fraction de carbone organique dans le sol (g co/g sol)  
 $K_{oc}$  : coefficient de partition du carbone organique (mg/g)  
 $K_H$  : constante de Henry ((mg/l)/(mg/l))  
 $\theta_a$  : teneur en air dans les sols ( $\text{cm}^3$  d'air/  $\text{cm}^3$  de sol)  
 $\theta_w$  : teneur en eau dans les sols ( $\text{cm}^3$  d'eau/  $\text{cm}^3$  de sol)

- Equation utilisée en présence de phase résiduelle dans les sols ( $C_w > \text{Solubilité}$ ) :

$$C_{wi} = X \cdot S \quad \text{et} \quad C_{eaudusol} = \frac{C_{airdusol}}{H} \quad (2)$$

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)

### Flux convectif d'air, du sol vers le vide sanitaire

Le flux de substances volatiles le long de la colonne de sol située sous le vide sanitaire est induit par la combinaison d'un **flux par diffusion moléculaire** et un **flux par convection**.

Le flux par convection,  $Q_{sc}$  ( $m^3/j$ ), dans le sol vers le vide sanitaire est obtenu en appliquant la loi de Darcy :

$$Q_{sc} = K_s \cdot A_c \cdot dP_{cs} / L_s \quad \text{avec} \quad K_s = (k \times 10^{-4}) / \eta \quad (3)$$

Avec  $K_s$  : perméabilité à l'air des sols sous le vide sanitaire ( $m^2/Pa/j$ )  
 $k$  : perméabilité intrinsèque des sols sous le vide sanitaire ( $cm^2$ )       $\eta$  : viscosité dynamique de l'air ( $Pa/j$ )  
 $A_c$  : surface du vide sanitaire ( $m^2$ )  
 $dP_{cs}$  : différence de pression entre l'air du sol et l'air du vide sanitaire (Pa)  
 $L_s$  : distance entre le toit de la pollution dans les sols et le vide sanitaire (m)

La différence de pression entre l'air du vide sanitaire et l'air du sol  $dP_{cs}$  :  $20 \text{ g/cm-s}^2 = 2 \text{ Pa}$  (valeur par défaut de VOLASOIL). Dans le cadre de l'analyse des incertitudes, 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).

Notons cependant qu'en cas de vide sanitaire faiblement ventilé (ou non ventilé), le flux d'air du sol vers le vide sanitaire doit être à l'équilibre (et ne peut être supérieur) avec le renouvellement d'air du vide sanitaire, ainsi la formule (3) est associée à la condition suivante :

$$Q_{sc} \leq A_c \cdot \tau_i \cdot h_i$$

Avec :  $h_i$  : hauteur du vide sanitaire (m)  
 $\tau_i$  : taux de ventilation du vide sanitaire ( $j^{-1}$ )  
 $A_c$  : surface du vide sanitaire ( $m^2$ )

### Flux convectif d'air, du vide sanitaire vers l'air intérieur

Le transport de substances volatiles entre le vide sanitaire et l'air intérieur du rez-de-chaussée est dû à un **phénomène de convection**.

Le flux d'air du vide sanitaire vers l'air intérieur  $Q_{ci}$  est obtenu en appliquant la loi de Darcy :

$$Q_{ci} = K_f \cdot A_c \cdot dP_{ic} / L_f \quad (4)$$

Avec  $K_f$  : perméabilité à l'air de la dalle qui sépare le vide sanitaire du rez-de-chaussée ( $m^2.Pa^{-1}.j^{-1}$ )  
 $A_c$  : surface de contact du vide sanitaire avec le rez-de-chaussée ( $m^2$ )  
 $dP_{ic}$  : différence de pression entre l'air intérieur et l'air du vide sanitaire (Pa)  
 $L_f$  : épaisseur de la dalle qui sépare le vide sanitaire du rez-de-chaussée (m)

La différence de pression entre l'air intérieur et l'air du vide sanitaire  $dP_{ic}$  :  $20 \text{ g/cm-s}^2 = 2 \text{ Pa}$  (valeur par défaut de VOLASOIL).

La perméabilité à l'air de la dalle qui sépare le vide sanitaire du rez-de-chaussée ( $m^2/Pa/j$ ) s'exprime sous la forme suivante :

$$K_f = \frac{f_{of}^2}{8.n.\pi.\eta} \quad (5)$$

Avec  $f_{of}$  : taux de fissures dans la dalle (-) = surface des fissures / surface de la dalle  
 $n$  : nombre de fissures dans la dalle par unité de surface ( $m^{-2}$ )  
 $\eta$  : viscosité dynamique de l'air ( $Pa.j$ ), calculée à partir de la température du sol

Notons cependant qu'en cas de vide sanitaire faiblement ventilé (ou non ventilé), le flux d'air du vide sanitaire vers le rez de chaussée doit être à l'équilibre (et ne peut être supérieur) avec le renouvellement d'air du rez de chaussée, ainsi la formule (4) est associée à la condition suivante :

$$Q_{ci} \leq A_c \cdot \tau_i \cdot h_i$$

**Avec** :  $h_r$  : hauteur du rez-de-chaussée (m)  
 $\tau_r$  : taux de ventilation d'air du rez de chaussée ( $j^{-1}$ )  
 $A_c$  : surface du rez de chaussée ( $m^2$ )

Le nombre de fissures dans la dalle par unité de surface  $n$  a été pris égal à 0,2  $m^{-2}$  (valeurs par défaut de Volasoil : 10 fissures pour 50  $m^2$ ).

Pour le taux de fissures dans la dalle  $f_{of}$ , dans *The VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatils compounds*, le RIVM donne les informations suivantes.

Qualité de la dalle	Taux de fissure dans la dalle $f_{of}$ (-)	Kdalle associée ( $cm^2$ )
Mauvaise	$10^{-4}$	$2.10^{-5}$
Normale	$10^{-5}$	$2.10^{-7}$
Bonne	$10^{-6}$	$2.10^{-9}$

A titre d'information, nous avons reporté dans ce tableau les perméabilités de dalle calculées pour les différentes qualités de dalle, en supposant un nombre de fissures dans la dalle par unité de surface de 0,2  $m^{-2}$ .

Nous retiendrons la valeur correspondant à une dalle de bonne qualité :  $f_{of} = 10^{-6}$ , correspondant à une perméabilité de la dalle de  $2.10^{-9} cm^2$ .

### **Flux massique de substances volatiles du sol vers le vide sanitaire**

L'équation utilisée afin de calculer le flux massique  $J_{sc}$  ( $mg/m^2/j$ ) est donné par :

$$J_{sc} = \frac{-\frac{Q_{sc}}{A_c} \times C_{as}}{\exp\left(\frac{-Q_{sc} L_s}{D_{sa} A_c}\right) - 1} \quad (6)$$

**Avec** :  $J_{sc}$  : flux massique de polluant du sol vers le vide sanitaire ( $mg/m^2/j$ )  
 $C_{as}$  : concentration en polluant dans l'air du sol à la source ( $mg/m^3$ )  
 $Q_{sc}$  : flux d'air induit par la convection du sol vers le vide sanitaire ( $m^3/j$ ) (voir a)  
 $A_c$  : surface du vide sanitaire ( $m^2$ )  
 $D_{sa}$  : coefficient de diffusion effective de la substance dans les sols ( $m^2/j$ )  
 $L_s$  : distance entre le toit de la pollution dans les sols et le vide sanitaire (m)

Cette équation suppose que la concentration dans l'air du vide sanitaire est négligeable devant la concentration dans l'air du sol à la source.

### **Concentration dans le vide sanitaire**

La concentration en substances volatiles dans le vide sanitaire est obtenue en réalisant un bilan de masse dans le vide sanitaire, en prenant en considération les dimensions du vide sanitaire et le taux de renouvellement de l'air dans le vide sanitaire (même principe que le modèle boîte). Ce taux de renouvellement est calculé d'une part à partir du taux de ventilation du vide sanitaire (ventilation naturelle ou forcée), et d'autre part à partir du flux de vapeurs du vide sanitaire vers l'intérieur du bâtiment :

$$C_{ca} = \frac{J_{sc}}{h_c \times vv_c} \quad \text{avec} \quad vv_c = \tau_c + \frac{Q_{ci}}{A_c \times h_c} \quad (7)$$

**Avec** :  $C_{ca}$  : concentration en polluant dans le vide sanitaire ( $mg/m^3$ )  
 $J_{sc}$  : flux massique de polluant du sol vers le vide sanitaire ( $mg/m^2/j$ )  
 $h_c$  : hauteur du vide sanitaire (m)  
 $vv_c$  : taux de renouvellement d'air du vide sanitaire ( $j^{-1}$ )  
 $\tau_c$  : taux de ventilation du vide sanitaire ( $j^{-1}$ )  
 $Q_{ci}$  : flux d'air du vide sanitaire vers l'air intérieur ( $m^3/j$ )



$A_c$  : surface du vide sanitaire ( $m^2$ )

Notons cependant qu'en cas de vide sanitaire faiblement ventilé (ou non ventilé), la concentration dans le vide sanitaire ne peut être supérieure à la concentration au niveau du terme source, ainsi la condition suivante doit être vérifiée :

$$C_{ca} \leq C_{as}$$

Avec :  $C_{ca}$  : concentration en polluant dans le vide sanitaire ( $mg/m^3$ )  
 $C_{as}$  : concentration en polluant dans l'air du sol à la source ( $mg/m^3$ )

### Flux massique de substances volatiles du vide sanitaire vers l'air intérieur

L'équation utilisée pour calculer le flux massique  $J_{ci}$  ( $mg/m^2/j$ ) est donné par :

$$J_{ci} = \frac{Q_{ci}}{A_c} \times C_{ca} \quad (8)$$

Avec :  $J_{ci}$  : flux massique de polluant du vide sanitaire vers l'air intérieur ( $mg/m^2/j$ ) (voir b)  
 $C_{ca}$  : concentration en polluant dans le vide sanitaire ( $mg/m^3$ )  
 $Q_{ci}$  : flux d'air du vide sanitaire vers l'air intérieur ( $m^3/j$ )  
 $A_c$  : surface du vide sanitaire ( $m^2$ )

### Concentration dans l'air intérieur

De même que pour le vide sanitaire, la concentration en substances volatiles dans l'air intérieur est obtenue en réalisant un bilan de masse pour le rez-de-chaussée, avec un taux de renouvellement d'air dans le bâtiment calculé d'une part à partir du taux de ventilation de la pièce considérée, et d'autre part à partir du flux de vapeurs du vide sanitaire vers l'intérieur du bâtiment :

$$C_{ia} = \frac{J_{ci}}{h_i \times \nu v_i} \quad \text{avec} \quad \nu v_i = \tau_i + \frac{Q_{ci}}{A_c \times h_i} \quad (9)$$

Avec :  $C_{ia}$  : concentration en polluant dans l'air intérieur ( $mg/m^3$ )  
 $h_i$  : hauteur du rez-de-chaussée (m)  
 $\nu v_i$  : taux de renouvellement de l'air intérieur ( $j^{-1}$ )  
 $\tau_i$  : taux de ventilation d'air de la pièce considérée ( $j^{-1}$ )  
 $Q_{ci}$  : flux d'air du vide sanitaire vers l'air intérieur ( $m^3/j$ )  
 $A_c$  : surface du vide sanitaire ( $m^2$ )

### Calcul des coefficients de diffusion effectifs

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 ( $\tau^{-1}$ ) est défini de la manière suivante :

- dans l'air du sol :  $\tau_{air}^{-1} = \theta_{air}^{7/3} / \theta^2$
- dans la phase aqueuse du sol :  $\tau_{eau}^{-1} = \theta_{eau}^{7/3} / \theta^2$ ,

Avec :

H : constante de Henry adimensionnelle,

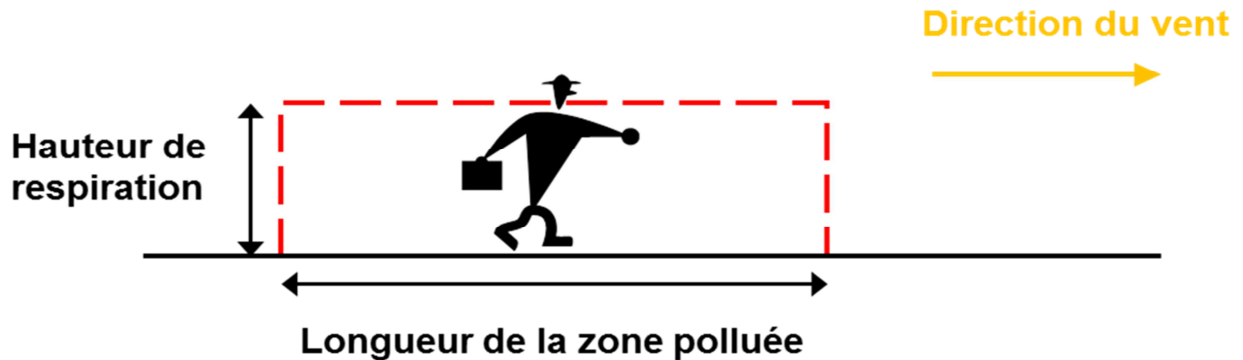
$\theta$  porosité totale,  
 $\theta_{\text{eau}}$  teneur en eau du sol,  
 $\theta_{\text{eau}}$  teneur en gaz du sol.

**Cette approche est plus complète que celle proposée par VOLASOIL, qui fait l'hypothèse, dans la zone non saturée, que le coefficient de diffusion dans l'eau est négligeable par rapport au coefficient de diffusion dans l'air, et seul celui-ci est pris en compte.**

## Concentration de vapeur 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).



La concentration moyenne dans l'air extérieur est calculée de la façon suivante :

$$C_{i,air-ext} = \frac{F}{v} \cdot \frac{L}{H}$$

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 ( $\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{m}$ ) 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  $\text{m}^2/\text{j}$ ) dans le sol prend en considération à la fois la diffusion dans la phase aqueuse et dans la phase gazeuse<sup>1</sup> 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.

$$D_{sa} = D_{air} \times \alpha_{air} \times \alpha_{air}^{-1} \quad (1)$$

$$D_w = (D_{eau} / H) \times \alpha_{eau} \times \alpha_{eau}^{-1} \quad (2)$$

Le coefficient de diffusion dans le milieu poreux est ensuite défini comme la somme des deux termes précédents.

<sup>1</sup> Dans la notice d'utilisation de VOLASOII, il est souligné qu'en 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 (Glottely & Schomburg, 1991).

**Le coefficient de tortuosité ( $\tau^{-1}$ ) est défini de la manière suivante :**

- dans l'air du sol :  $\tau_{air}^{-1} = \theta_{air}^{7/3} / \theta^2$
- dans la phase aqueuse du sol :  $\tau_{eau}^{-1} = \theta_{eau}^{7/3} / \theta^2$ ,

**Avec :**

H	constante de Henry adimensionnelle,
$\theta$	porosité totale,
$\theta_{eau}$	teneur en eau du sol,
$\theta_{gaz}$	teneur en gaz du sol.

**La concentration dans l'air du sol** 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)
$\rho_b$	: densité du sol ( $\text{g/cm}^3$ )
$F_{oc}$	: 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))
$\theta_a$	: teneur en air dans les sols ( $\text{cm}^3$ d'air/ $\text{cm}^3$ de sol)
$\theta_w$	: teneur en eau dans les sols ( $\text{cm}^3$ d'eau/ $\text{cm}^3$ de sol)

$$C_{wi} = X \cdot S \quad \text{et} \quad C_{eaudusol} = \frac{C_{airdu\text{sol}}}{H}$$

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)

## **Annexe 11. Fiches de synthèse des calculs de risque par zone**

Cette annexe contient 8 pages

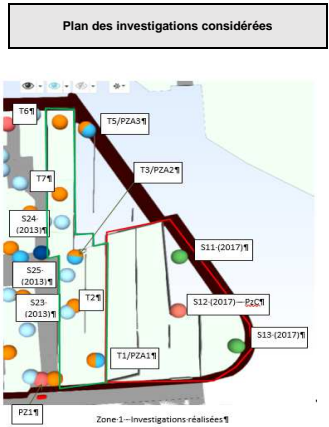


**Zone 1 Logements individuels avec jardins privés**

Hypothèses du scénario d'exposition	
Cibles	Adultes / Enfants résidents
Aménagement	Habitation de plain pieds avec jardin
Voies d'exposition	Inhalation de composés gazeux en intérieur et extérieur
Durée d'exposition en intérieur	23,6 h/j, 330/an, T = 40 ans ou T = 6 ans
Durée d'exposition en extérieur	0,4 h/j, 330/an, T = 40 ans ou T = 6 ans

Lithologie considérée d'après les sondages sur la zone		
		Remblais sur 0-1,44 m : limons sableux
		Marnes sur 1,44-3,13m
		Argiles à partir de 3,13 m
		Nappe présente à partir de 1,44 m

Conceptualisation de la source	Positionnement	Origine des concentrations retenues	Prise en compte dans l'ARR
<b>En intérieur</b>			
Gaz du sol	0,1 m sous la dalle du bâtiment	PZA1	incertitudes
Source sol	0,1 m sous la dalle du bâtiment	décapage 0,5 m puis max toutes profondeurs	oui
Source nappe	1,44 m de profondeur	max toutes campagnes	oui
<b>En extérieur</b>			
Gaz du sol	0,1 m sous le terrain naturel	PZA1	incertitudes
Source sol	0,1 m sous le terrain naturel	décapage 0,5 m puis max toutes profondeurs	oui
Source nappe	1,44 m de profondeur	max toutes campagnes	oui



Données disponibles		
Sols sous espaces verts	9 sondages, 16 analyses	
	données sols 0-1 m	10 analyses
	données sols 1-3m	6 analyses
Sols sous bâtiments	3 sondages, 5 analyses	
	données sols 0-1 m	3 analyses
	données sols 1-3m	2 analyses
Eaux	2 pz	PZ1 : 11 campagnes
		PZC : 3 campagnes
GDS	1 pzair, 1 campagne	
Air ambiant		0

Hypothèses des aménagements		
<b>Bâtiment intérieur</b>	Valeur	Unité
Épaisseur de la dalle	0,15	m
Surface du bâtiment (chambre)	10	m²
Périmètre du bâtiment	14	m
Hauteur sous plafond	2,5	m
Facteur de transfert entre deux niveaux	0%	%
Taux de ventilation	7,2	h⁻¹
<b>Extérieur</b>		
Type de couverture	terre végétale	
Épaisseur de la couverture	0,3	m
Porosité efficace	30%	
Teneur en eau	15%	
Teneur en air	15%	

Compte tenu du faible nombre de données concernant la quantification du mercure volatil, 10% de la valeur maximale retrouvée sur la zone dans les sols a été considérée comme pouvant potentiellement se volatiliser

Les concentrations dans les eaux souterraines ont été considérées à une profondeur équivalente au niveau de la nappe  
Les concentrations dans les sols ont été considérées à 10 cm sous la surface du bâtiment, après décapage de 50 cm sur la totalité du terrain

Dans le cas où des composés étaient présents dans les sols et la nappe, les contributions de ces 2 milieux ont été prises en compte

Substances	Concentrations retenues (mesurées) pour l'estimation des transferts de gaz vers l'air intérieur et l'air extérieur			Investigations correspondantes	Valeurs de référence					Concentrations calculées		
	Sols (mg/kg)	Gaz du sol à la source (mg/m³)	Eaux souterraines (mg/L)		AIR EXTERIEUR		AIR EXTERIEUR ET INTERIEUR	AIR INTERIEUR		Concentrations en extérieur - avec dallage		Concentrations en intérieur niveau Rez de chaussée (dallage indépendant) (J & E, 1991)
					(µg/m³)	Valeurs réglementaires - décret n° 2010-1250 (valeur limite) ou directive 2004/107/CE	Valeurs guide OMS	Bruit de fond logement (source OQAI)	Valeurs guide ANSES ou INDEX, valeurs repère HCSP (*)	Adulte 1	Enfant 1	Adultes/Enfants
<b>METALLURGIQUES</b>												
Mercuré (Hg)	0,29			S11	4,3E-03	-	1,00	-	-	3,1E-07	4,7E-04	5,1E-02
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES</b>												
Naphtalène	0,03			S11	9,0E-03	-	-	-	10	3,0E-04	4,5E-04	3,4E-02
Acenaphthylène	0,07			S11	2,0E-04	-	-	-	-	4,6E-05	6,9E-05	6,1E-03
Acenaphthène	0,00			S11	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluorène	0,00			S11	1,3E-03	-	-	-	-	-	-	-
Phénanthrène	0,33			S11	8,2E-03	-	-	-	-	2,0E-05	3,0E-05	2,3E-03
Anthracène	0,06			S11	7,0E-04	-	-	-	-	4,0E-06	6,0E-06	6,1E-04
Fluoranthène	0,92			S11	3,0E-03	-	-	-	-	1,6E-05	2,4E-05	2,1E-03
Pyrrène	0,71			S11	2,5E-03	-	-	-	-	4,6E-06	6,9E-06	6,3E-04
Benzo(a)anthracène	0,44			S11	3,2E-03	-	-	-	-	1,4E-06	2,1E-06	1,3E-04
Chrysène	0,45			S11	4,0E-03	-	-	-	-	5,2E-07	7,8E-07	5,9E-05
benzo(b)fluoranthène	0,70			S11	4,3E-03	-	-	-	-	1,4E-07	2,1E-07	4,1E-06
benzo(k)fluoranthène	0,30			S11	1,9E-03	-	-	-	-	6,0E-08	9,0E-08	1,6E-06
Benzo(g)pyrrène	0,45			S11	1,5E-03	1,0E-03	1,2E-04	-	-	1,4E-07	2,2E-07	1,9E-06
Dibenzo(a,h)anthracène	0,08			S11	6,2E-04	-	-	-	-	4,1E-09	6,2E-09	2,7E-08
benzo(g,h,i)pyrrène	0,33			S11	-	-	-	-	-	1,8E-08	2,8E-08	2,4E-07
indeno(1,2,3-c,d)pyrrène	0,33			S11	2,7E-03	-	-	-	-	1,9E-08	2,8E-08	3,1E-07
<b>COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS</b>												
PCE (tétrachloroéthylène)	0,06		2,00E-02	SR11 / PZ1 avr16	3,9	-	250 (*)	7,3	250 (*)	3,0E-01	4,5E-01	3,0E+01
TCE (trichloroéthylène)			1,00E-01	PZ1 avr16	3,9	-	23	7,3	2	4,3E-03	6,4E-03	6,2E-01
cis 1,2DCE (dichloroéthylène)			1,92E-01	PZ1 oct13	-	-	-	-	-	9,1E-03	1,4E-02	1,3E+00
trans 1,2DCE (dichloroéthylène)			3,39E-02	PZ1 oct13	-	-	-	-	-	1,6E-03	2,5E-03	2,3E-01
1,1 DCE (1,1 dichloroéthylène)			1,00E-03	PZ1 déc15	-	-	-	-	-	5,5E-05	8,3E-05	7,9E-03
VC (chlorure de vinyle)			9,87E-02	PZ1 oct13	-	-	10	-	-	1,7E-03	2,5E-03	2,4E-01
1,1,1 trichloroéthane			1,40E-02	PZ1 fev18	-	-	-	-	-	6,5E-04	9,8E-04	9,3E-02
TCMA (trichlorométhane ou chloroforme)			1,30E-04	PZC fev18	-	-	-	-	-	5,4E-06	8,0E-06	7,6E-04
dichlorométhane			5,00E-04	PZC mai18	-	-	450	-	-	2,1E-05	3,1E-05	2,9E-03
<b>COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES</b>												
benzène			4,74E-03	PZ1 oct13	2,9	5,0E+00	1,7E+00	7	2	2,0E-04	3,0E-04	2,8E-02
toluène			2,00E-03	PZ1 oct13	12,9	-	2,6E+02	83	-	7,6E-05	1,1E-04	1,1E-02
ethylbenzène			1,20E-02	PZ1 déc15	2,6	-	-	15	1500	4,3E-04	6,4E-04	6,1E-02
m+p-xylènes			8,20E-03	PZ1 fev18	7,1	-	-	40	200	2,8E-04	4,2E-04	6,7E-02
o-xylènes			4,80E-03	PZ1 déc15	2,7	-	-	15	-	1,9E-04	2,9E-04	0,0E+00
<b>HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH</b>												
Aliphatic nC>10-nC12					6,4E+00	-	-	5,3E+01	-			
Aliphatic nC>12-nC16					7,0E+00	-	-	7,2E+01	-			
Aromatic nC>8-nC10			1,30E-02	PZ1 fev18	-	-	-	-	-	6,3E-04	9,4E-04	9,0E-02

**Commentaires**

Les concentrations calculées en mercure sont proches des valeurs de référence en air intérieur et extérieur pour les enfants.

Pour les aménagements prévus, les concentrations calculées pour la qualité des composés à partir des sols ou des eaux souterraines sont inférieures aux valeurs repères fournies par le HCSP et aux valeurs guides de l'OMS dans l'air intérieur des locaux en RdC, ainsi qu'à celles mesurées dans les logements par l'OQAI, lorsqu'elles existent.

Au regard de ce résultat, la présence de BTEX, HAP et d'hydrocarbures aux concentrations mesurées dans les sols et la nappe n'est pas susceptible d'induire une concentration dans les milieux d'exposition supérieure aux valeurs de référence retenues pour les composés disposant de telles valeurs et n'apparaît pas de ce fait incompatible avec les usages prévus sur site compte tenu des aménagements pris en compte.

Néanmoins, compte tenu de la présence de certains composés qui ne présentent pas de valeurs de référence, des calculs de risques sanitaires ont été menés.

Cas du TCE : aucune VTR relative aux effets à seuil du TCE par inhalation n'est actuellement reconnue comme valide par le groupe d'experts de l'Anses (2013). La concentration en TCE évaluée dans l'air intérieur à partir de la valeur maximale en trichloroéthylène mesurée dans les gaz du sol est inférieure à la valeur de bruit de fond dans les logements français (OQAI centile 95) et à la valeur repère pour l'air intérieur proposée par le HCSP. Au regard de ce résultat, le QD calculé pour l'ensemble des autres composés, de l'incertitude sur les VTR, la présence de TCE aux concentrations mesurées lors des différents diagnostics dans les sols et la nappe n'apparaît pas incompatible avec les usages prévus sur site.

**Calcul des QD et des ERI**

Contribution depuis les sols

Scénario :	Effets toxiques à seuil non cancérogènes			Effets toxiques sans seuil		
	Quotient de danger (QD)			Excès de risques individuels (ERI)		
Voies d'exposition	Adulte 1	Enfant 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Enfant 1	Composés tirant le risque
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, rez de chaussée	3,6E-01	3,6E-01	Mercuré, PCE	4,7E-06	7,1E-07	PCE
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR avec dallage	4,8E-05	7,1E-05	Mercuré, PCE	7,9E-10	1,8E-10	PCE
<b>TOTAL</b>	<b>0,36</b>	<b>0,36</b>	Mercuré, PCE	<b>4,7E-06</b>	<b>7,1E-07</b>	PCE
Risques acceptables						
Risques non acceptables						

Contribution depuis la nappe

Scénario :	Effets toxiques à seuil non cancérogènes			Effets toxiques à seuil cancérogènes			Effets toxiques sans seuil		
	Quotient de danger (QD)			Quotient de danger (QD)			Excès de risques individuels (ERI)		
Voies d'exposition	Adulte 1	Enfant 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Enfant 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Enfant 1	Composés tirant le risque
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, rez de chaussée	2,9E-02	2,9E-02	Cis 1,2 DCE	1,1E-05	1,1E-05	Chloroforme	9,8E-07	1,5E-07	CV
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR avec dallage	3,4E-06	5,1E-06	Cis 1,2 DCE	1,3E-09	1,9E-09	Chloroforme	1,2E-10	2,6E-11	CV
<b>TOTAL</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	Cis 1,2 DCE	<b>1,07E-05</b>	<b>1,07E-05</b>	Chloroforme	<b>9,8E-07</b>	<b>1,5E-07</b>	CV
Risques acceptables									
Risques non acceptables									

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 et des données disponibles, les niveaux de risques estimés depuis les sols sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués.  
La source sol a été considérée à 10 cm sous la surface des bâtiment, après décapage des sols de 50 cm.

La contribution aux risques sanitaires de la nappe est faible au regard de la contribution depuis les sols

**Zone 2** Activité commerciale / industrielle (ancienne brasserie)

**Hypothèses du scénario d'exposition**

Cibles	Adultes travailleurs
Aménagement	Bâtiment avec vide sanitaire avec extérieur en enrobé, extension au Sud
Voies d'exposition	Inhalation de composés gazeux en intérieur et extérieur
Durée d'exposition en intérieur	8 h/j, 220/an, T = 42 ans
Durée d'exposition en extérieur	0,4 h/j, 220/an, T = 42 ans

**Données disponibles**

Sols	6 sondages, 8 analyses	
	données sols 0-1 m	6 analyses
	données sols 1-4m	2 analyses
Eaux	2 pz	Pz8 : 10 campagnes Pz10 : 10 campagnes
GDS		0
Air ambiant		0

Hypothèses des aménagements	Valeur	Unité
Hauteur du vide sanitaire	0,4	m
Surface de contact entre le VS et le RDC	100	m <sup>2</sup>
Taux de ventilation du VS	40	j-1
Épaisseur de la dalle entre le VS et l'intérieur	0,15	m
Perméabilité apparente de la dalle	2,00E-13	m <sup>2</sup>

**Lithologie considérée d'après les sondages sur la zone**

Remblais sur 0-1,63 m : sables
Marnes sur 1,63-2,90m
Argiles à partir de 2,90 m
Nappe présente à partir de 2,83 m

**Hypothèses des aménagements**

Bâtiment intérieur	Valeur	Unité
Épaisseur de la dalle	0,15	m
Surface du bâtiment	100	m <sup>2</sup>
Périmètre du bâtiment	40	m
Hauteur sous plafond	2,5	m
Facteur de transfert entre deux niveaux	0%	%
Taux de ventilation	24	j-1
<b>Extérieur</b>		
Type de couverture	enrobé	
Épaisseur de la couverture	0,1	m
Porosité efficace	2%	
Teneur en eau	1%	
Teneur en air	1%	

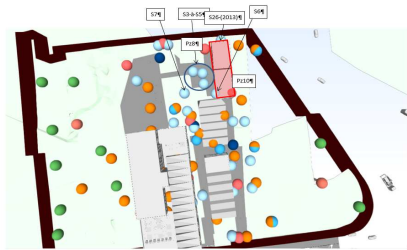
**Conceptualisation de la source**

Positionnement	Origine des concentrations retenues	Prise en compte dans l'ARR
<b>En intérieur</b>		
Gaz du sol		
Source sol	0,1 m sous la dalle du bâtiment	max toutes profondeurs
Source nappe	2,83 m de profondeur	max toutes
<b>En extérieur</b>		
Gaz du sol		
Source sol	0,1 m sous le terrain naturel	inhalation gaz : max toutes profondeurs
Source nappe	2,83 m de profondeur	max toutes campagnes

Compte tenu du faible nombre de données concernant la quantification du mercure volatil, 10% de la valeur maximale retrouvée sur la zone dans les sols a été considérée comme pouvant potentiellement se volatiliser

Les concentrations dans les eaux souterraines ont été considérées à une profondeur équivalente au niveau de la nappe. Les concentrations dans les sols ont été considérées à 10 cm sous la surface du bâtiment. Dans le cas où des composés étaient présents dans les sols et la nappe, les contributions de ces 2 milieux ont été prises en compte.

**Plan des investigations considérées**



Duote sur le fait d'implanter les bombes de 33 à 35 (soit 37) sur le poste de démarrage de la pompe souterraine 74

**Commentaires**

Les concentrations calculées en mercure sont inférieures aux valeurs de référence en air intérieur et extérieur.

Pour les aménagements prévus, les concentrations calculées pour la quasi-totalité des composés à partir des sols ou des eaux souterraines sont inférieures aux valeurs repères fournies par le HCSP et aux valeurs guides de l'OMS dans l'air intérieur des locaux en Rdc, ainsi qu'à celles mesurées dans les logements par l'OQAI, lorsqu'elles existent.

Au regard de ce résultat, la présence de BTEX, HAP, COHV et HC aux concentrations mesurées dans les sols et la nappe n'est pas susceptible d'induire une concentration dans les milieux d'exposition supérieure aux valeurs de référence retenues pour les composés disposant de telles valeurs et n'apparaît pas de ce fait incompatible avec les usages prévus sur site compte tenu des aménagements pris en compte.

Compte tenu de la présence de certains composés qui présentent des concentrations sans valeurs de référence, des calculs de risques sanitaires ont été menés.

Cas du TCE : aucune VTR relative aux effets à seuil du TCE par inhalation n'est actuellement reconnue comme valide par le groupe d'expert de l'Anses (2013).

La concentration en TCE évaluée dans l'air intérieur à partir de la valeur maximale en trichloroéthylène mesurée dans la nappe est inférieure à la valeur de bruit de fond dans les logements français (OQAI centile 95) et à la valeur repère pour l'air intérieur proposée par le HCSP. Au regard de ce résultat, la présence de TCE aux concentrations mesurées dans les gaz du sol n'est pas susceptible d'induire une concentration dans les milieux d'exposition supérieure à la valeur de bruit de fond mesurée dans les logements et n'apparaît pas incompatible avec les usages prévus sur site compte tenu des aménagements pris en compte.

Substances	Concentrations retenues (mesurées) pour l'estimation des transferts de gaz vers l'air intérieur et l'air extérieur			Investigations correspondantes	Valeurs de référence				Concentrations calculées		
	Sols (mg/kg)	Gaz du sol à la source (mg/m <sup>3</sup> )	Eaux souterraines (mg/L)		AIR EXTERIEUR (µg/m <sup>3</sup> )	AIR EXTERIEUR et INTERIEUR (µg/m <sup>3</sup> )	AIR INTERIEUR (µg/m <sup>3</sup> )		Concentrations en extérieur - avec dalage (µg/m <sup>3</sup> )	Concentrations en intérieur sur vide sanitaire (dalle portée) (µg/m <sup>3</sup> )	
							Valeurs réglementaires - décret n° 2010-1250 (valeur limite) ou directive 2002/71/CE	Valeurs guide OMS			Bruit de fond logement (source OQAI)
<b>METALLURES ET METALLOIDES</b>											
Mercur (Hg)	0,19			SR26	4,3E-03	-	1,00	-	-	3,1E-08	7,73E-04
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</b>											
Naphthalène		4,50E-03		PZ10 sept 14	9,0E-03	-	-	-	10		3,9E-05
Acenaphthylène					2,0E-04	-	-	-	-		
Acenaphthène					1,3E-03	-	-	-	-		
Fluorène					8,2E-03	-	-	-	-	1,4E-05	1,78E-04
Phénanthrène	4,68E-01			SR26	7,0E-04	-	-	-	-	2,7E-06	5,76E-05
Anthracène	8,70E-02			SR26	3,0E-03	-	-	-	-	5,4E-06	8,92E-05
Fluoranthène	7,62E-01			SR26	2,5E-03	-	-	-	-	1,7E-06	3,1E-05
Pyrène	6,46E-01			SR26	3,2E-03	-	-	-	-	5,1E-07	5,6E-06
Benzo(a)anthracène	3,86E-01			SR26	4,0E-03	-	-	-	-	1,8E-07	2,6E-06
Chrysène	4,20E-01			SR26	4,3E-03	-	-	-	-	3,9E-08	1,4E-07
benzo(b)fluoranthène	5,83E-01			SR26	1,9E-03	-	-	-	-	1,3E-08	4,0E-08
benzo(k)fluoranthène	1,89E-01			SR26	1,5E-03	1,0E-03	1,2E-04	-	-	3,7E-08	6,5E-08
Benzo(a)pyrène	3,38E-01			SR26	6,2E-04	-	-	-	-	1,2E-09	1,3E-09
Dibenz(a,h)anthracène	6,90E-02			SR26	2,7E-01	-	-	-	-	5,1E-09	8,6E-09
benzo(a,h) perylène	2,74E-01			SR26	2,7E-03	-	-	-	-	5,5E-09	1,1E-08
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	2,94E-01			SR26							
<b>COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS</b>											
PCE (tétrachloroéthylène)	0,50	1,70E-02	S7 / PZ8 nov 16	3,9	-	250 (*)	7,3	250 (*)	1,06E+00	1,13E+00	
TCE (trichloroéthylène)		1,45E-01	PZ10 oct 13	3,9	-	23	7,3	2	5,2E-03	3,3E-03	
cis 1,2DCE (dichloroéthylène)		1,64E+00	PZ10 oct 13	-	-	-	-	-	4,1E-02	2,4E-02	
trans 1,2DCE (dichloroéthylène)		3,65E-02	PZ10 mars 15	-	-	-	-	-	8,4E-04	4,8E-04	
1,1 DCE (1,1 dichloroéthylène)		2,80E-03	PZ10 sept 14	-	-	-	-	-	2,1E-04	1,2E-04	
VC (chlorure de vinyle)		7,42E+00	PZ10 sept 14	-	-	10	-	-	5,9E-01	3,3E-01	
1,1,1 trichloroéthane		2,00E-03	PZ8 avr 16	-	-	-	-	-	1,2E-04	8,5E-05	
1,2 dichloroéthane		3,20E-03	PZ10 oct 13	-	-	700	-	-	3,1E-05	7,5E-06	
tétrachlorure de carbone (tétrachlorométhane)											
TCmA (trichlorométhane ou chloroforme)		2,80E-04	PZ8 avr 16	-	-	-	-	-	5,6E-06	2,3E-06	
dichlorométhane						450					
<b>COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES</b>											
benzène		4,09E-01	PZ10 oct 13	2,9	5,0E+00	1,7E+00	7	2	9,1E-03	4,5E-03	
toluène		1,35E-01	PZ10 sept 14	12,9	-	2,6E+02	83	-	3,2E-03	1,7E-03	
éthylbenzène		5,25E-01	PZ10 sept 14	2,6	-	-	15	1500	1,3E-02	8,4E-03	
m+p-xylènes		1,12E-01	PZ10 sept 14	7,1	-	-	40	200	2,3E-03	1,8E-03	
o-xylènes		4,01E-02	PZ10 sept 14	2,7	-	-	15	-	7,3E-04		
<b>HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH</b>											
Aliphatic nC>5-nC6					-	-	-	-			
Aliphatic nC>6-nC8					-	-	-	-			
Aliphatic nC>8-nC10					-	-	-	-			
Aliphatic nC>10-nC12	19,50		S7	6,4E+00	-	-	5,3E+01	-	7,22E+00	5,7E+00	
Aliphatic nC>12-nC16	111,00		S7	7,0E+00	-	-	7,2E+01	-	6,99E-01	5,6E-01	
Aromatic nC>8-nC10					-	-	-	-			

**Calcul des QD et des ERI**

Contribution depuis les sols

**AVEC LE MODELE VOLASOIL :**

Scénario : Logements sur vide sanitaire	Effets toxiques à seuil		Effets toxiques sans seuil	
	Quotient de danger (QD)		Excès de risques individuels (ERI)	
Voies d'exposition	Adulte 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Composés tirant le risque
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, nez de chaussée	2,5E-02	Aliphatiques C10-C12 + PCE	4,1E-07	PCE
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR avec dalage	1,3E-04	Aliphatiques C10-C12	1,9E-09	PCE
<b>TOTAL</b>	<b>0,02</b>	Aliphatiques C10-C12 + PCE	<b>4,1E-07</b>	PCE

Risques acceptables  
Risques non acceptables

Contribution depuis la nappe

**AVEC LE MODELE VOLASOIL :**

Scénario : Logements sur vide sanitaire	Effets toxiques à seuil		Effets toxiques sans seuil	
	Quotient de danger (QD)		Excès de risques individuels (ERI)	
Voies d'exposition	Adulte 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Composés tirant le risque
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, niveau principal cho	8,3E-03	CV	7,2E-08	Chloroforme
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR avec dalage	7,6E-05	Benzène	9,0E-10	Chloroforme
<b>TOTAL</b>	<b>0,01</b>	CV	<b>7,27E-08</b>	Chloroforme

Risques acceptables  
Risques non acceptables

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée, avec les conditions d'études retenues (avec la prise en compte d'un vide sanitaire), et en l'état actuel des connaissances scientifiques et des données disponibles, les niveaux de risques estimés depuis les sols sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués. La source sol a été considérée à 10 cm sous la surface des bâtiment.

La contribution de la nappe aux QD est faible au regard de la contribution des sols. En ce qui concerne les ERI, ils deviennent supérieurs à ceux en provenance des sols.

**Zone 3**      **Activité commerciale / industrielle**

**Hypothèses du scénario d'exposition**

Cibles	Adultes travailleurs
Aménagement	Bâtiment de plain pied avec vide sanitaire, extérieur en enrobé
Voies d'exposition	Inhalation de composés gazeux en intérieur et extérieur
Durée d'exposition en intérieur	8 h/j, 220j/an, T = 42 ans
Durée d'exposition en extérieur	0,4 h/j, 220j/an, T = 42 ans

**Données disponibles**

Soils	4 sondages, 7 analyses	
	données sols 0-1 m	1 analyses
	données sols 1-4m	6 analyses
Eaux	1 pz	PZ2 : 11 campagnes
GDS	2 pzairs	1 campagne
Air ambiant	2 pts	PR9 = 11 campagnes A2 = 1 campagne

Hypothèses des aménagements	Valeur	Unité
Hauteur du vide sanitaire	0,4	m
Surface de contact entre le VS et le RDC	100	m²
Taux de ventilation du VS	40	j-1
Épaisseur de la dalle entre le VS et l'extérieur	0,15	m
Perméabilité apparente de la dalle	2.00E-13	m²

**Lithologie considérée d'après les sondages sur la zone**

Remblais sur 0-1,62 m : limons sableux avec cailloux  
Marnes sur 1,62-3,27m  
Argiles à partir de 3,27 m  
  
Nappe présente à partir de 2,73 m

**Hypothèses des aménagements**

Bâtiment intérieur	Valeur	Unité
Épaisseur de la dalle	0,15	m
Surface du bâtiment	100	m²
Périmètre du bâtiment	40	m
Hauteur sous plafond	2,5	m
Facteur de transfert entre deux niveaux	0%	%
Taux de ventilation	24	j-1
Extérieur		
Type de couverture	enrobé	
Épaisseur de la couverture	0,1	m
Porosité efficace	2%	
Teneur en eau	1%	
Teneur en air	1%	

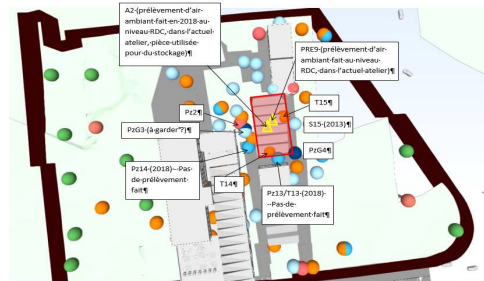
**Conceptualisation de la source**

Positionnement	Origine des concentrations retenues	Prise en compte dans l'ARR
<b>En intérieur</b>		
Gaz du sol	0,1 m sous la dalle du bâtiment	max toutes campagnes incertitudes
Source sol	0,1 m sous la dalle du bâtiment	max toutes profondeurs oui
Source nappe	2,73 m de profondeur	max toutes campagnes oui
Air ambiant	RDC de l'atelier	max toutes campagnes incertitudes
<b>En extérieur</b>		
Gaz du sol	0,1 m sous le terrain naturel	max toutes campagnes incertitudes
Source sol	0,1 m sous le terrain naturel	inhalation gaz : max toutes profondeurs oui
Source nappe	2,73 m de profondeur	max toutes campagnes oui

Compte tenu de la faible nombre de données concernant la quantification du mercure volatil, 10% de la valeur maximale retrouvée sur la zone dans les sols a été considérée comme pouvant potentiellement se volatiliser

Les concentrations dans les eaux souterraines ont été considérées à une profondeur équivalente au niveau de la nappe  
Les concentrations dans les sols ont été considérées à 10 cm sous la surface du bâtiment  
Dans le cas où des composés étaient présents dans les sols et la nappe, les contributions de ces 2 milieux ont été prises en compte

**Plan des investigations considérées et schéma conceptuel**



**Commentaires**

Les concentrations mesurées dans l'air intérieur du bâtiment actuel, au rez de chaussée sur vide sanitaire, pour l'ensemble des composés sont inférieures aux valeurs repères fournies par le HCSP et aux valeurs guides de l'OMS dans l'air intérieur des locaux en R/C, ainsi qu'à celles mesurées dans les logements par l'OQAI, lorsqu'elles existent. ON note des dépassements des valeurs dans l'air extérieur

Compte tenu de la présence de certains composés qui ne présentent pas de valeurs de référence, des calculs de risques sanitaires ont été menés.

Cas du TCE : aucune VTR relative aux effets à seuil du TCE par inhalation n'est actuellement reconnue comme valide par le groupe d'experts de l'Anses (2013). La concentration en TCE mesurée dans l'air intérieur est inférieure à la valeur de bruit de fond dans les logements français (OQAI centile 95) et à la valeur repère pour l'air intérieur proposée par le HCSP.  
Au regard de ce résultat, du QD calculé pour l'ensemble des autres composés, de l'incertitude sur les VTR, la présence de TCE aux concentrations mesurées lors des différents diagnostics dans les sols ou gaz du sol (à adapter) apparaît compatible avec les usages prévus sur site

Substances	Concentrations retenues (mesurées) dans l'air intérieur		Investigations correspondantes	Valeurs de référence				Concentrations calculées	
	Soils (mg/kg)	Eaux souterraines (mg/L)		AIR EXTERIEUR	AIR EXTERIEUR ET INTERIEUR	AIR INTERIEUR	Concentrations en extérieur - avec dallage	Concentrations en intérieur niveau Rez de chaussée (dallage indépendant) (J & E, 1991)	
				(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)
<b>METEAUX ET METALLOIDES</b>									
Mercur (Hg)	0,14		T15	4,3E-03	-	1,00	-	2,2E-08	8,16E-05
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES</b>									
Naphtalène	0,07	1,30E+00	T15 / PZ2 fev 18	9,0E-03	-	-	-	4,6E-03	1,8E-03
Acénaphthylène		3,40E-04		2,0E-04	-	-	-	5,1E-07	1,6E-05
Acénaphthène		1,20E-02		-	-	-	-	1,9E-05	2,3E-05
Fluorène		2,40E-03		1,3E-03	-	-	-	2,8E-06	7,5E-06
Phénanthrène	0,09	6,20E-04	T15 / PZ2 fev 18	8,2E-04	-	-	-	1,1E-06	1,2E-06
Anthracène		9,00E-05		7,0E-04	-	-	-	5,8E-08	1,9E-08
Fluoranthrène	0,12	4,00E-05	T15 / PZ2 fev 18	3,0E-03	-	-	-	2,5E-07	3,9E-07
Pyrène	0,09	3,00E-05	T15 / PZ2 fev 18	2,5E-03	-	-	-	7,3E-08	1,5E-07
Benzo(a)anthracène	0,07		T15	3,2E-03	-	-	-	2,6E-08	5,4E-08
Chrysène	0,07		T15	4,0E-03	-	-	-	8,6E-09	2,4E-08
benzo(b)fluoranthène	0,12		T15	4,3E-03	-	-	-	2,3E-09	3,6E-09
benzo(k)fluoranthène	0,05		T15	1,9E-03	-	-	-	9,9E-10	3,6E-09
Benzo(a)pyrène	0,07		T19	1,5E-03	1,0E-03	1,2E-04	-	2,2E-09	5,6E-09
Dibenzo(a,h)anthracène	0,02		T19	6,2E-04	-	-	-	1,0E-10	9,1E-10
benzo(g,h,i) perylene	0,11		T19		-	-	-	6,0E-10	1,0E-09
indeno(1,2,3-cd)pyrène	0,09		T19	2,7E-03	-	-	-	5,0E-10	1,0E-09
<b>COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS</b>									
PCE (tétrachloroéthylène)	1,20	3,20E+02	T19 / PZ2 mars 15	3,9	-	250 (*)	7,3	9,74E+00	1,2E+00
TCE (trichloroéthylène)	0,33	1,08E+02	T15 / PZ2 mars 15	3,9	-	23	7,3	3,5E+00	3,8E-01
CS 1,1DCE (dichloroéthylène)	14,00	3,74E+01	T19 / PZ2 mars 15	-	-	-	-	1,4E+01	2,2E+00
trans 1,2DCE (dichloroéthylène)		1,24E-01	PZ2 mars 15	-	-	-	-	2,4E-03	2,3E-04
1,1 DCE (1,1 dichloroéthylène)		1,27E-01	PZ2 sept 14	-	-	-	-	8,0E-03	7,8E-04
VC (chlorure de vinyle)	2,10	3,20E+00	T19 / PZ2 fev 18	-	-	10	-	1,2E+01	1,5E+00
1,1,2 trichloroéthane		4,48E-02	PZ2 sept 14	-	-	-	-	2,6E-04	1,1E-05
1,1,1 trichloroéthane				-	-	-	-	-	-
1,2 dichloroéthane		4,50E-03	PZ2 mars 14	-	-	700	-	3,6E-05	1,5E-06
tétrachlorure de carbone (tétrachlorométhane)				-	-	-	-	-	-
TCMA (trichlorométhane ou chloroforme)				-	-	-	-	-	-
dichlorométhane				-	-	450	-	-	-
<b>COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES</b>									
benzène	0,55	1,00E+01	T19 / PZ2 sept 14	2,9	5,0E+00	1,7E+00	7	4,6E-01	5,5E-02
toluène	7,10	3,99E+00	T19 / PZ2 mars 15	12,9	-	2,6E+02	83	1,3E+00	1,9E-01
éthylbenzène	170,00	9,32E+01	T19 / PZ2 oct 13	2,6	-	-	15	1,9E+01	3,2E+00
m+p-xylènes	1200,00	3,94E+00	T19 / PZ2 mars 15	7,1	-	-	40	5,7E+01	1,1E+01
o-xylènes	130,00	1,12E+00	T19 / PZ2 mars 15	2,7	-	-	15	8,7E+00	0,0E+00
<b>HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH</b>									
Aliphatic nC>5-nC6				-	-	-	-	-	-
Aliphatic nC>6-nC9				-	-	-	-	-	-
Aliphatic nC>8-nC10				-	-	-	-	-	-
Aliphatic nC>10-nC12				6,4E+00	-	-	5,3E+01	-	-
Aliphatic nC>12-nC16				7,0E+00	-	-	7,2E+01	-	-
Aromatic nC>8-nC10	33,00	4,50E+00	T13 / PZ2 fev 18	-	-	-	-	2,5E+00	3,4E-01
Aromatic nC>10-nC12	9,30	2,80E+00	T13 / PZ2 fev 18	-	-	-	-	1,6E-01	1,9E-02
Aromatic nC>12-nC16		1,30E-01	PZ2 fev 18	-	-	-	-	1,1E-03	4,9E-05

**Calcul des QD et des ERI**

Contribution depuis les sols

**AVEC LE MODELE VOLASOIL :**

Scénario : Logements sur vide sanitaire	Effets toxiques à seuil		Effets toxiques sans seuil	
	Quotient de danger (QD)		Excès de risques individuels (ERI)	
Voies d'exposition	Adulte 1	Composés étant le risque	Adulte 1	Composés étant le risque
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, rez de chaussée	2,2E-01	Xylènes, CV	8,3E-06	CV, Benzène
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR, avec dallage	6,9E-03	Xylènes, CV	3,1E-07	CV, Benzène
<b>TOTAL</b>	<b>0,23</b>	Xylènes, CV	<b>8,6E-06</b>	CV, Benzène

Risques acceptables  
Risques non acceptables

Contribution depuis la nappe

**AVEC LE MODELE VOLASOIL :**

Scénario : Logements sur vide sanitaire	Effets toxiques à seuil		Effets toxiques sans seuil	
	Quotient de danger (QD)		Excès de risques individuels (ERI)	
Voies d'exposition	Adulte 1	Composés étant le risque	Adulte 1	Composés étant le risque
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, rez de chaussée	1,7E-02	PCE, Benzène	1,1E-06	Benzène, PCE
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR, avec dallage	4,0E-04	PCE, Benzène	5,9E-08	Benzène, PCE
<b>TOTAL</b>	<b>0,02</b>	PCE, Benzène	<b>1,2E-06</b>	Benzène, PCE

Risques acceptables  
Risques non acceptables

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée, avec les conditions d'études retenues (vide sanitaire), et en l'état actuel des connaissances scientifiques et des données disponibles, les niveaux de risques estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués.

**Zone 4**      **Activité**

**Hypothèses du scénario d'exposition**

Cibles	Adultes travailleurs
Aménagement	Bâtiment actuel avec vide sanitaire avec extérieur en enrobé
Voies d'exposition	Inhalation de composés gazeux en intérieur et extérieur
Durée d'exposition en intérieur	8 h/j, 220/an, T = 42 ans
Durée d'exposition en extérieur	0,4 h/j, 220/an, T = 42 ans

**Données disponibles**

Sols	10 sondages, 30 analyses	
	données sols 0-1 m	11 analyses
	données sols 1-4m	19 analyses
Eaux	2 pz	PZ1 : 11 campagnes PZ9 : 11 campagnes
	GDS	0
Air ambiant	3 pts	PR1 = 11 campagnes RDC PR2 = 12 campagnes R+1 PREXT = 15 campagnes
		non pris en compte car incohérence

Hypothèses des aménagements	Valeur	Unité
Hauteur du vide sanitaire	0,4	m
Surface des ponts entre le VS et le RDC	100	m²
Taux de ventilation du VS	40	j-1
Épaisseur de la dalle entre le VS et l'intérieur	0,15	m
Perméabilité apparente de la dalle	2,00E-15	m²

**Lithologie considérée d'après les sondages sur la zone**

Remblais sur 0-0,6 m : sables
Remblais sur 0,6-1,62 m : limons sableux
Marnes sur 1,62-2,78m
Argiles à partir de 2,78 m
Nappe présente à partir de 2,06 m

**Hypothèses des aménagements**

Bâtiment intérieur	Valeur	Unité
Épaisseur de la dalle	0,15	m
Surface du bâtiment	100	m²
Périmètre du bâtiment	40	m
Hauteur sous plafond	2,5	m
Facteur de transfert entre deux niveaux	0%	%
Taux de ventilation	24	j-1
<b>Extérieur</b>		
Type de couverture	enrobé	
Épaisseur de la couverture	0,1	m
Porosité efficace	2%	
Teneur en eau	1%	
Teneur en air	1%	

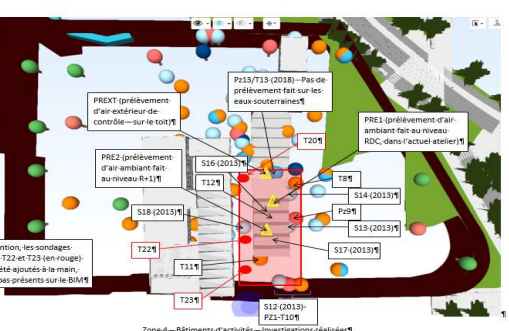
**Conceptualisation de la source**

Positionnement	Origine des concentrations retenues	Prise en compte dans l'ARR
<b>En intérieur</b>		
Gaz du sol		
Source sol	0,1 m sous la dalle du bâtiment	max toutes profondeurs
Source nappe	2,06 m de profondeur	max toutes campagnes
Air ambiant	RDC	max toutes campagnes
<b>En extérieur</b>		
Gaz du sol		
Source sol	0,1 m sous le terrain naturel	inhalation gaz : max toutes profondeurs
Source nappe	2,06 m de profondeur	max toutes campagnes
Air ambiant		oui non

Compte tenu du faible nombre de données concernant la quantification du mercure volatil, 10% de la valeur maximale retrouvée sur la zone dans les sols a été considérée comme pouvant potentiellement se volatiliser.

Les concentrations dans les eaux souterraines ont été considérées à une profondeur équivalente au niveau de la nappe. Les concentrations dans les sols ont été considérées à 10 cm sous la surface du bâtiment. Dans le cas où des composés étaient présents dans les sols et la nappe, les contributions de ces 2 milieux ont été prises en compte.

**Plan des investigations considérées et schéma conceptuel**





**Zone 5** Activité et logements en R+1

Hypothèses du scénario d'exposition	
Cibles	Adultes travailleurs + résidents en R+1. Par approche sécuritaire : logements en RDC.
Aménagement	Bâtiment de plain pied avec extérieur en enrobé et logement en RDC + géomembrane sous bâtiment
Voies d'exposition	Inhalation de composés gazeux en intérieur et extérieur
Durée d'exposition en intérieur, niveau le plus bas	8 h/j, 220/an, T = 42 ans
Durée d'exposition en intérieur, niveau R+1	23,4 h/j, 330/an, T = 40 ans + enfant T = 6 ans
Durée d'exposition en extérieur	0,4 h/j, 220/an, T = 42 ans

Lithologie considérée d'après les sondages sur la zone	
Argiles : 0,05 m	
Remblais sur 0-1,48 m : sables grossiers + cailloux	
Marnes sur 1,48-3,08m	
Argiles à partir de 3,08 m	
Nappe présente à partir de 3 m	

Conceptualisation de la source	Positionnement	Origine des concentrations retenues	Prise en compte dans l'ARR
<b>En intérieur</b>			
Gaz du sol			
Source sol	1 m sous la dalle du bâtiment	max toutes profondeurs	oui
Source nappe	3 m de profondeur	max toutes campagnes ou 75% solubilité pour PCE	oui
Air ambiant			
<b>En extérieur</b>			
Gaz du sol			
Source sol	1 m sous le terrain naturel	inhalation gaz : max toutes profondeurs	oui
Source nappe	3 m de profondeur	max toutes campagnes ou 75% solubilité pour PCE	oui



Données disponibles		
Sols	3 sondages, 8 analyses	
	données sols 0-1 m	3 analyses
	données sols 1-4m	5 analyses
Eaux	2 pz	PZ3 = 11 campagnes
		PZ5 = 11 campagnes
GDS		0
Air ambiant		0

Hypothèses des aménagements		
<b>Bâtiment intérieur</b>	Valeur	Unité
Epaisseur de la dalle	0,15	m
Surface du bâtiment	100	m <sup>2</sup>
Périmètre du bâtiment	40	m
Hauteur sous plafond	2,5	m
Facteur de transfert entre deux niveaux	0%	%
Taux de ventilation	24	j-1
<b>Extérieur</b>		
Type de couverture	enrobé	
Epaisseur de la couverture	0,1	m
Porosité efficace	2%	
Teneur en eau	1%	
Teneur en air	1%	

Compte tenu du faible nombre de données concernant la quantification du mercure volatil, 10% de la valeur maximale retrouvée sur la zone dans les sols a été considérée comme pouvant potentiellement se volatiliser

Les concentrations dans les eaux souterraines ont été considérées à une profondeur équivalente au niveau de la nappe. Pour les composés présentant des dépassements de la solubilité, la concentration considérée est de 75% de cette solubilité

Les concentrations dans les sols ont été considérées à 1m sous la surface du bâtiment. Dans le cas où des composés étaient présents dans les sols et la nappe, les contributions de ces 2 milieux ont été prises en compte

Dans le cadre de l'aménagement, un drainage sous bâtiment a été considéré sous la forme d'une couche d'argile de 5 cm d'épaisseur de perméabilité intrinsèque 10-13 cm<sup>2</sup>. Cette couche a été appliquée au droit du bâtiment et en extérieur pour la contribution en provenance du sol mais aussi de la nappe. Le taux de ventilation du bâtiment en rez de chaussée a également été modifié et porté à 24 j-1

Substances	Concentrations retenues (mesurées) pour l'estimation des transferts de gaz vers l'air intérieur et l'air extérieur			Investigations correspondantes	Valeurs de référence				Concentrations calculées			
	Sols (mg/kg)	Gaz du sol à la source (mg/m <sup>3</sup> )	Eaux souterraines (mg/L)		AIR EXTERIEUR		AIR INTERIEUR		Concentrations en extérieur - avec dallage		Concentrations en intérieur (niveau Rez de chaussée (dallage indépendant) (J & E, 1991))	
					(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )	(µg/m <sup>3</sup> )	Adulte	Enfant
<b>MÉTAUX ET MÉTALLOÏDES</b>												
Mercuré (Hg)	0,04			S11	4,3E-03	-	1,00	-	-	6,4E-08	9,6E-05	2,6E-06
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</b>												
Naphtalène			1,70E+00	PZ5 mars 15	9,0E-03	-	-	-	10	6,2E-03	9,3E-03	1,2E-03
<b>COMPOSÉS ORGANO-HALOGENÉS VOLATILS</b>												
PCE (tétrachloroéthylène)	12,00		1,13E+02	T34 / PZ3 mars 15	3,9	-	250 (*)	7,3	250 (*)	2,87E+01	4,31E+01	6,39E+00
TCE (trichloroéthylène)	1,10		6,60E+01	T34 / PZ3 mai 2018	3,9	-	23	7,3	2	3,84E+00	5,77E+00	1,6E+00
cis 1,2DCE (dichloroéthylène)	140,00		1,12E+02	T34 / PZ5 mars 15	-	-	-	-	-	2,7E+02	4,0E+02	1,2E+01
trans 1,2DCE (dichloroéthylène)			2,80E-01	PZ5 avr 17	-	-	-	-	-	5,1E-03	7,7E-03	3,4E-03
1,1 DCE (1,1 dichloroéthylène)			2,06E-01	PZ3 mars 15	-	-	-	-	-	1,2E-02	1,9E-02	1,1E-02
VC (chlorure de vinyle)			2,23E+00	PZ3 mars 15	-	-	10	-	-	1,4E-01	2,1E-01	1,3E-01
1,1,1 trichloroéthane			2,02E-01	PZ3 oct 13	-	-	-	-	-	1,2E-03	1,8E-03	3,7E-04
1,2 dichloroéthane			1,40E-01	PZ3 avr 16	-	-	700	-	-	1,1E-03	1,6E-03	4,4E-04
1,1 dichloroéthane			1,50E-01	PZ3 mai 18	-	-	-	-	-	2,5E-03	3,7E-03	1,6E-03
TCmA (trichlorométhane ou chloroforme)			2,15E-02	PZ3 mars 14	-	-	-	-	-	3,5E-04	5,2E-04	2,3E-04
dichlorométhane			5,30E-03	PZ3 oct 13	-	-	450	-	-	6,4E-05	9,6E-05	3,3E-05
<b>COMPOSÉS AROMATIQUES MONOCYCLIQUES</b>												
benzène			1,70E+01	PZ5 oct 13	2,9	5,0E+00	1,7E+00	7	2	3,0E-01	4,5E-01	2,1E-01
toluène	170,00		3,99E+00	T34 / PZ5 oct 13	12,9	-	2,8E+02	83	-	1,5E+00	2,25E+00	3,5E+00
éthylbenzène	610,00		2,18E+00	T34 / PZ5 sept 14	2,6	-	-	15	1500	9,0E-01	1,4E+00	2,6E+00
m+p-xylènes	6800,00		1,02E+01	T34 / PZ5 oct 13	7,1	-	-	40	200	3,3E+00	4,9E+00	4,3E+00
o-xylènes	1400,00		1,59E+00	T34 / PZ5 mars 15	2,7	-	-	15	-	4,0E-01	6,0E-01	0,0E+00
<b>HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH</b>												
Aliphatique nC>10-nC12			3,10E-03	PZ3 fev 18	6,4E+00	-	-	5,3E+01	-	2,4E-02	3,6E-02	2,3E-02
Aromatique nC>8-nC10	16,40		5,50E+00	S11 / PZ5 fev 18	-	-	-	-	-	4,0E+00	5,9E+00	3,1E-01
Aromatique nC>10-nC12	8,45		1,20E+00	S11 / PZ5 fev 18	-	-	-	-	-	3,8E-01	5,7E-01	2,5E-02
Aromatique nC>12-nC16	5,97			S11	-	-	-	-	-	4,9E-02	7,4E-02	2,0E-03

**Commentaires**

Les concentrations calculées en mercure sont inférieures aux valeurs de référence en air intérieur et extérieur.

Pour les aménagements prévus : bâtiment de plain pied avec drainage des gaz sous bâtiment (=géomembrane), taux de ventilation de 24 j-1, les concentrations calculées à partir des sols ou des eaux souterraines sont supérieures aux valeurs repères fournies par l'OQAI dans l'air extérieur des locaux, pour les composés PCE, TCE lorsqu'elles existent.

Compte tenu des dépassements des valeurs de référence, des calculs de risques sanitaires ont été menés.

Cas du TCE : aucune VTR relative aux effets à seuil du TCE par inhalation n'est actuellement reconnue comme valide par le groupe d'expert de l'Anses (2013). La concentration en TCE évaluée dans l'air intérieur à partir de la valeur maximale en trichloroéthylène mesurée dans les sols et la nappe est inférieure à la valeur de bruit de fond dans les logements français (OQAI centile 95) et à la valeur repère pour l'air intérieur proposée par le HCSP. Au regard de ce résultat, du QD calculé pour l'ensemble des autres composés, de l'incertitude sur les VTR, la présence de TCE aux concentrations mesurées lors des différents diagnostics dans les sols et la nappe apparaît compatible avec les usages prévus sur site.

**Calcul des QD et des ERI**

Contribution depuis les sols

Selon Modèle Johnson et Ettinger (1991)										
Scénario :	Effets toxiques à seuil non cancérogènes				Effets toxiques sans seuil				Risques acceptables	Risques non acceptables
	Quotient de danger (QD)				Excès de risques individuels (ERI)					
Voies d'exposition	Résident	Travailleur	Enfant 1	Composés tirant le risque	Résident	Travailleur	Enfant 1	Composés tirant le risque		
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, rez de chaussée	1,8E-01	4,1E-02	1,8E-01	Cis 1,2 DCE	1,5E-07	3,6E-08	2,3E-08	PCE		
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR avec dallage	6,9E-02	4,6E-02	1,0E-01	Cis 1,2 DCE	6,5E-08	4,6E-08	1,5E-08	PCE		
<b>TOTAL</b>	<b>0,25</b>	<b>0,09</b>	<b>0,28</b>	Cis 1,2 DCE	<b>2,2E-07</b>	<b>8,2E-08</b>	<b>3,8E-08</b>	PCE		

Contribution depuis la nappe

Selon Modèle Johnson et Ettinger (1991)														
Scénario :	Effets toxiques à seuil non cancérogènes				Effets toxiques à seuil cancérogènes				Effets toxiques sans seuil				Risques acceptables	Risques non acceptables
	Quotient de danger (QD)				Quotient de danger (QD)				Excès de risques individuels (ERI)					
Voies d'exposition	Résident	Travailleur	Enfant 1	Composés tirant le risque	Résident	Travailleur	Enfant 1	Composés tirant le risque	Résident	Travailleur	Enfant 1	Composés tirant le risque		
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, niveau principal chos	6,9E-02	1,5E-02	6,9E-02	PCE	3,3E-06	7,4E-07	3,3E-06	Chloroforme	4,2E-06	1,0E-06	6,3E-07	Benzène, PCE, TCE		
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR avec dallage	1,5E-03	1,0E-03	2,3E-03	Benzène, PCE, Cis 1,2 DCE	8,3E-08	5,5E-08	1,2E-07	Chloroforme	9,6E-08	6,7E-08	2,2E-08	Benzène, PCE		
<b>TOTAL</b>	<b>0,07</b>	<b>0,02</b>	<b>0,07</b>	Benzène; PCE, Cis 1,2 DCE	<b>3,35E-06</b>	<b>7,93E-07</b>	<b>3,39E-06</b>	Chloroforme	<b>4,3E-06</b>	<b>1,1E-06</b>	<b>6,5E-07</b>	Benzène, PCE, TCE		

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée, avec les conditions d'études retenues (drainage sous bâtiment = géomembrane, taux de ventilation de 24 j-1), et en l'état actuel des connaissances scientifiques et des données disponibles, les niveaux de risques estimés depuis les sols et la nappe sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués. La source sol a été considérée à 1 m sous la surface des bâtiment pour tenir compte du positionnement des résultats des analyses.



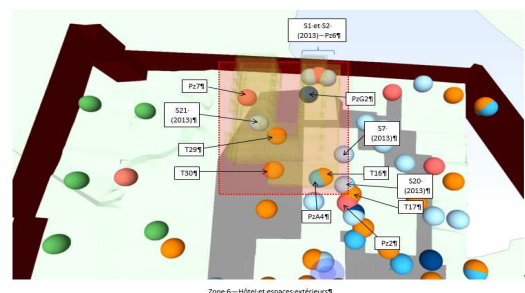
**Zone 6 Hôtel avec espaces extérieurs**

Hypothèses du scénario d'exposition	
Cibles	Adultes travailleurs + résidents hotels considérés comme logement
Aménagement	Bâtiment sur vide sanitaire avec extérieur en TV
Voies d'exposition	Inhalation de composés gazeux en intérieur et extérieur
Durée d'exposition en intérieur	23.4 h/j, 330/an, T = 40 ans approche logement = sécuritaire
Durée d'exposition en extérieur	0,6 h/j, 330/an, T = 40 ans
Travailleurs	
Durée d'exposition en intérieur	8 h/j, 220/an, T = 42 ans
Durée d'exposition en extérieur	0,4 h/j, 220/an, T = 42 ans

Lithologie considérée d'après les sondages sur la zone	
Remblais sur 0-1 m : sables + cailloux	
Remblais sur 1-1,7 m : limons sableux	
Marnes sur 1,7-3,36m	
Argiles à partir de 3,36 m	
Nappe présente à partir de 3 m	

Conceptualisation de la source	Positionnement	Origine des concentrations retenues	Prise en compte dans l'ARR
<b>En intérieur</b>			
Air ambiant			
Gaz du sol	0,1 m sous la dalle du bâtiment	max toutes campagnes	incertitudes
Source sol	0,5 m sous la dalle du bâtiment	décapage sur 0,5 m puis concentrations moyennes ttes profondeurs	oui
Source nappe	3 m de profondeur	max toutes campagnes	oui
<b>En extérieur</b>			
Air ambiant			
Gaz du sol	0,1 m sous le terrain naturel	max toutes campagnes	incertitudes
Source sol	0,5 m sous la dalle du bâtiment	décapage sur 0,5 m puis concentrations moyennes ttes profondeurs	oui
Source nappe	3 m de profondeur	max toutes campagnes	oui

**Plan des investigations considérées et schéma conceptuel**



Données disponibles	
Soils	9 sondages, 21 analyses
	données sols 0-1 m
	données sols 1-4m
Eaux	3 pz
	PZ2 = 11 campagnes
	PZ6 = 10 campagnes
	PZ7 = 11 campagnes
GDS	2 pzairs
Air ambiant	1 campagne

Hypothèses des aménagements		
Bâtiment intérieur	Valeur	Unité
Épaisseur de la dalle	0,15	m
Surface du bâtiment (chambre)	10	m²
Périmètre du bâtiment	14	m
Hauteur sous plafond	2,5	m
Facteur de transfert entre deux niveaux	0%	%
Taux de ventilation	7,2	j-1
<b>Extérieur</b>		
Type de couverture	terre végétale	
Épaisseur de la couverture	0,3	m
Porosité efficace	30%	
Teneur en eau	15%	
Teneur en air	15%	

Hypothèses des aménagements	Valeur	Unité
Hauteur du vide sanitaire	0,4	m
Surface de contact entre le VS et le pvc	100	m²
Taux de ventilation du VS	40	j-1
Épaisseur de la dalle entre le VS et l'intérieur	0,15	m
Perméabilité apparente de la dalle	2,00E-15	m²

Substances	Concentrations retenues (mesurées) pour l'estimation des transferts de gaz vers l'air intérieur et l'air extérieur			Investigations correspondantes	Valeurs de référence				Concentrations calculées			
	Soils (mg/kg)	Gaz du sol à la source (mg/m3)	Eaux souterraines (mg/L)		AIR EXTERIEUR		AIR EXTERIEUR ET INTERIEUR	AIR INTERIEUR		Concentrations en extérieur - avec dallage		Concentrations en intérieur air intérieur sur vide sanitaire (dallage porté)
					(µg/m3)	(µg/m3)	(µg/m3)	(µg/m3)	(µg/m3)	Adulte	Enfant	Adulte / enfant
<b>METALLIQUES</b>												
Mercurure (Hg)	0,12			S20	4,3E-03	-	1,00	-	-	1,3E-07	1,9E-04	4,3E-06
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</b>												
Naphthalène	18,32		1,30E+00	cc moy / PZ2 fev 18	9,0E-03	-	-	-	10	6,27E-01	9,41E-01	1,1E-02
Acenaphthylène	0,07		3,40E-04	cc moy / PZ2 fev 18	2,0E-04	-	-	-	-	1,5E-04	2,3E-04	3,5E-06
Acenaphthène	0,26		1,20E-02	cc moy / PZ2 fev 18	1,3E-03	-	-	-	-	6,7E-04	1,0E-03	1,7E-05
Fluoranthène	0,18		2,40E-03	cc moy / PZ2 fev 18	1,3E-03	-	-	-	-	1,5E-04	2,2E-04	4,1E-06
Phénanthrène	0,98		6,20E-04	cc moy / PZ2 fev 18	8,2E-03	-	-	-	-	1,8E-04	2,8E-04	3,3E-06
Anthracène	0,25		9,00E-05	cc moy / PZ2 fev 18	7,0E-04	-	-	-	-	5,1E-05	7,6E-05	1,5E-06
Fluoranthène	0,86		4,00E-05	cc moy / PZ2 fev 18	3,0E-03	-	-	-	-	3,4E-05	5,2E-05	8,9E-07
Pyrrène	0,84		3,00E-05	cc moy / PZ2 fev 18	2,5E-03	-	-	-	-	1,2E-05	1,9E-05	3,5E-07
Benzo(a)anthracène	0,63			cc moy	3,2E-03	-	-	-	-	4,9E-06	7,3E-06	8,1E-08
Chrysène	0,63			cc moy	4,0E-03	-	-	-	-	1,4E-06	2,1E-06	3,5E-08
benzo(b)fluoranthène	0,77			cc moy	4,3E-03	-	-	-	-	1,8E-07	2,6E-07	1,6E-09
benzo(k)fluoranthène	0,42			cc moy	1,9E-03	-	-	-	-	9,6E-08	1,4E-07	8,0E-10
Benzo(a)pyrène	0,54			cc moy	1,5E-03	1,0E-03	1,2E-04	-	-	2,0E-07	2,9E-07	9,2E-10
Dibenzo(a,h)anthracène	0,22			cc moy	6,2E-04	-	-	-	-	1,1E-08	1,7E-08	3,8E-11
benzo(g,h,i)perylene	0,46			cc moy		-	-	-	-	2,7E-08	4,0E-08	1,3E-10
indène(1,2,3-cd)pyrène	0,60			cc moy	2,7E-03	-	-	-	-	3,6E-08	5,3E-08	2,1E-10
<b>COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS</b>												
PCE (tétrachloroéthylène)	22,80		3,20E+02	cc moy / PZ2 mars 15	3,9	-	250 (*)	7,3	250 (*)	3,3E+02	4,9E+02	7,9E-01
TCE (trichloroéthylène)	9,52		1,08E+02	cc moy / PZ2 mars 15	3,9	-	23	7,3	2	1,3E+02	1,9E+02	2,7E-01
cis 1,2DCE (dichloroéthylène)	3,35		3,74E+01	cc moy / PZ2 mars 15	-	-	-	-	-	4,8E+01	7,2E+01	9,0E-02
trans 1,2DCE (dichloroéthylène)	0,04		1,24E-01	cc moy / PZ2 mars 15	-	-	-	-	-	5,0E-01	7,5E-01	8,1E-04
1,1 DCE (1,1 dichloroéthylène)	0,04		1,27E-01	cc moy / PZ2 sept 14	-	-	-	-	-	1,7E+00	2,9E+00	2,3E-03
VC (chlorure de vinyle)	0,14		3,20E+00	cc moy / PZ2 fev 18	-	-	10	-	-	7,9E+00	1,2E+01	1,4E-02
1,1,2 trichloroéthane	0,60		4,48E-02	cc moy / PZ2 sept 14	-	-	-	-	-	1,0E+00	1,5E+00	1,4E-03
1,1,1 trichloroéthane			7,10E-03	cc moy / PZ2 avr 16	-	-	-	-	-	3,6E-04	5,5E-04	1,3E-05
1,1,2 dichloroéthane			4,50E-03	PZ2 mars 14	-	-	700	-	-	3,8E-05	5,7E-05	4,4E-07
tétrachlorure de carbone (tétrachlorométhane)					-	-	-	-	-	-	-	-
TCm (trichlorométhane ou chloroforme)			7,40E-03	PZ2 sept 14	-	-	-	-	-	1,3E-04	1,9E-04	2,5E-06
dichlorométhane					-	-	450	-	-	-	-	-
<b>COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES</b>												
benzène	0,38		1,00E+01	cc moy / PZ2 sept 14	2,9	6,0E+00	1,7E+00	7	2	3,7E+00	5,9E+00	8,8E-03
toluène	0,06		3,99E+00	cc moy / PZ2 mars 15	12,9	-	2,6E+02	83	-	3,2E-01	4,8E-01	2,4E-03
éthylbenzène	16,15		9,32E-01	cc moy / PZ2 oct 13	2,8	-	-	15	1500	4,2E+01	6,3E+01	5,9E-02
m+p-xylènes	39,47		3,94E+00	cc moy / PZ2 mars 15	7,1	-	-	40	-	7,8E+01	1,2E+02	1,2E-01
o-xylènes	0,61		1,12E+00	cc moy / PZ2 mars 15	2,7	-	-	15	-	9,6E-01	1,4E+00	0,0E+00
<b>HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH</b>												
Aliphatic nC>5-nC6	318,00			S20	-	-	-	-	-	1,4E+04	2,1E+04	3,3E+08
Aliphatic nC>6-nC8	171,00			S20	-	-	-	-	-	3,1E+03	4,7E+03	7,4E+06
Aliphatic nC>8-nC10	129,75			S20	-	-	-	-	-	4,0E+02	6,0E+02	9,4E+04
Aliphatic nC>10-nC12			5,90E-03	PZ2 fev 18	6,4E+00	-	-	5,3E+01	-	4,7E-02	7,1E-02	1,4E-03
Aliphatic nC>12-nC16					7,0E+00	-	-	7,2E+01	-	-	-	-
Aliphatic nC>14-nC18			4,50E+00	PZ2 fev 18	-	-	-	-	-	1,7E-01	2,5E-01	4,3E-03
Aromatic nC>8-nC10			2,80E+00	cc moy / PZ2 fev 18	-	-	-	-	-	1,3E+01	2,0E+01	1,5E-02
Aromatic nC>10-nC12	40,94		1,30E-01	cc moy / PZ2 fev 18	-	-	-	-	-	2,2E+00	3,3E+00	2,4E-03

**Calcul des QD et des ERI**

Contribution depuis les sols											
AVEC LE MODELE VOLASOIL :											
Scénario : Logements sur vide sanitaire											
Voies d'exposition											
Résident	Travailleur	Enfant 1	Composés tirant le risque			Composés tirant le risque			Composés tirant le risque		
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, rez de chaussée	0,3E-02	1,2E-02	9,8E-02	PCE aliphatiques C5-C8	1,9E-06	4,5E-07	2,9E-07	PCE benzène			
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR avec dallage	1,4E-01	9,4E-02	2,1E-01	PCE aliphatiques C5-C8	2,5E-06	1,7E-06	5,6E-07	PCE benzène			
<b>TOTAL</b>	<b>0,24</b>	<b>0,12</b>	<b>0,31</b>	PCE aliphatiques C5-C8	<b>4,4E-06</b>	<b>2,2E-06</b>	<b>8,4E-07</b>	PCE benzène			
Risques acceptables											
Risques non acceptables											

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée, avec les conditions d'études retenues (décapage des sols sur 50 cm, vide sanitaire), et en l'état actuel des connaissances scientifiques et des données disponibles, les niveaux de risques estimés depuis les sols et la nappe sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués. La source sol a été considérée à 50 cm sous la surface des bâtiment.

**Contribution depuis la nappe**

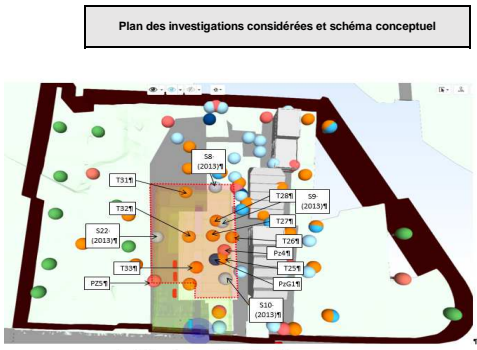
AVEC LE MODELE VOLASOIL :											
Scénario : Logements sur vide sanitaire											
Voies d'exposition											
Résident	Travailleur	Enfant 1	Composés tirant le risque			Composés tirant le risque			Composés tirant le risque		
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, rez de chaussée	2,3E-02	5,2E-03	2,3E-02	PCE	3,5E-07	8,0E-08	3,5E-07	Chloroforme	1,5E-06	3,4E-07	2,2E-07
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR avec dallage	1,2E-03	7,8E-04	1,8E-03	Benzène, PCE	3,0E-08	2,0E-08	4,8E-08	Chloroforme	8,3E-08	5,9E-08	1,8E-08
<b>TOTAL</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>	Benzène, PCE	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	Chloroforme	<b>1,5E-06</b>	<b>4,0E-07</b>	<b>2,4E-07</b>
Risques acceptables											
Risques non acceptables											

**Zone 7**      **Activité**

Hypothèses du scénario d'exposition	
Cibles	Adultes travailleurs
Aménagement	Bâtiment de plan pied avec extérieur en enrobé, drainage sous bâtiment = géomembrane
Voies d'exposition	Inhalation de composés gazeux en intérieur et extérieur
Durée d'exposition en intérieur	8 hJ, 220J/an, T = 42 ans
Durée d'exposition en extérieur	0,4 hJ, 220J/an, T = 42 ans

Lithologie considérée d'après les sondages sur la zone	
Argile : 0,05 m	
Remblais sur 0-1,79m : sables limoneux + cailloux	
Marnes sur 1,79-3,29m	
Argiles à partir de 3,29 m	
Nappe présente à partir de 2,83 m	

Conceptualisation de la source	Positionnement	Origine des concentrations retenues	Prise en compte dans l'ARR
<b>En intérieur</b>			
Gaz du sol	0,1 m sous la dalle du bâtiment	max toutes campagnes	incertitudes
Source sol	0,3 m sous la dalle du bâtiment	50 % max toutes profondes	oui
Source nappe	2,83 m de profondeur	max toutes campagnes	oui
Air ambiant			
<b>En extérieur</b>			
Gaz du sol	0,1 m sous le terrain naturel	max toutes campagnes	incertitudes
Source sol	0,3 m sous le terrain naturel	inhalation gaz : max toutes profondes	oui
Source nappe	2,83 m de profondeur	max toutes campagnes	oui



Données disponibles		
Sols	11 sondages, 31 analyses	8 analyses données sols 0-1 m 23 analyses données sols 1-4m
Eaux	2 pz	PZ4 = 11 campagnes PZ5 = 11 campagnes
GDS	1 pzairs	PZG1 : 1 campagne
Air ambiant		

Hypothèses des aménagements		
<b>Bâtiment intérieur</b>	Valeur	Unité
Épaisseur de la dalle	0,15	m
Surface du bâtiment	100	m²
Périmètre du bâtiment	40	m
Hauteur sous plafond	2,5	m
Facteur de transfert entre deux niveaux	0%	%
Taux de ventilation	24	h⁻¹
<b>Extérieur</b>		
Type de couverture	enrobé	
Épaisseur de la couverture	0,1	m
Porosité efficace	2%	
Teneur en eau	1%	
Teneur en air	1%	

Les concentrations dans les eaux souterraines ont été considérées à une profondeur équivalente au niveau de la nappe

Les concentrations dans les sols ont été considérées à 30 cm sous la surface du bâtiment et les concentrations maximales ont été divisées par 2 pour prise en compte du traitement

Dans le cas où des composés étaient présents dans les sols et la nappe, les contributions de ces 2 milieux ont été prises en compte

Dans le cadre de l'aménagement, un drainage sous bâtiment a été considéré sous la forme d'une couche d'argile de 5 cm d'épaisseur de perméabilité intrinsèque 10-13 cm². Cette couche a été appliquée au droit du bâtiment et en extérieur pour la contribution en provenance des sols et de la nappe

Substances	Concentrations retenues (mesurées) pour l'estimation des transferts de gaz vers l'air intérieur et l'air extérieur			Investigations correspondantes	Valeurs de référence				Concentrations calculées		
	Sols (mg/kg)	Gaz du sol à la source (mg/m³)	Eaux souterraines (mg/L)		AIR EXTERIEUR		AIR INTERIEUR		Concentrations en extérieur - avec dalage (µg/m³)	Concentrations en intérieur niveau Rez de chaussée (dalage indépendant) (µg/m³)	
					Bruit de fond (source OQAI ou INERIS, 2009) (µg/m³)	Valeurs guide OMS (µg/m³)	Bruit de fond logement (source OQAI) (µg/m³)	Valeurs guide ANSES ou INEX, valeurs repère HCSP (*) (µg/m³)			
<b>METALLURES ET METALLOIDES</b>											
Mercurure (Hg)	0,13			50% S22	4,3E-03	-	1,00	-	-	1,8E-08	7,7E-07
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</b>											
Naphtalène	20,20		1,70E+00	50% S10 / PZ5 oct 13	9,0E-03	-	-	-	10	3,27E-02	2,25E-03
Acénaphthylène	0,00			50% S22	2,0E-04	-	-	-	-	0,00E+00	0,00E+00
Acénaphthène	0,00			50% S22	-	-	-	-	-	0,00E+00	0,00E+00
Fluorène	0,00			50% S22	1,3E-03	-	-	-	-	0,00E+00	0,00E+00
Phénanthrène	0,15		2,00E-05	50% S22 / PZ5 fev 18	8,2E-03	-	-	-	-	1,08E-06	5,12E-08
Anthracène	0,02			50% S22	7,0E-04	-	-	-	-	1,20E-07	5,86E-09
Fluoranthène	0,25			50% S22	3,0E-03	-	-	-	-	4,92E-07	3,23E-08
Pyrene	0,18			50% S22	2,5E-03	-	-	-	-	1,21E-07	7,99E-09
Benzo(a)anthracène	0,17			50% S22	3,2E-03	-	-	-	-	5,84E-08	3,46E-09
Chrysène	0,12			50% S22	4,0E-03	-	-	-	-	1,34E-08	1,06E-09
benzo(b)fluoranthène	0,22			50% S22	4,3E-03	-	-	-	-	4,13E-09	4,30E-10
benzo(k)fluoranthène	0,06			50% S22	1,9E-03	-	-	-	-	1,05E-09	1,10E-10
Benzo(a)pyrène	0,12			50% S22	1,5E-03	1,0E-03	1,2E-04	-	-	3,67E-09	3,86E-10
Dibenz(a,h)anthracène	0,03			50% S22	6,2E-04	-	-	-	-	1,46E-10	1,60E-11
benzo(a,h,i)perylene	0,10			50% S22	-	-	-	-	-	5,02E-10	5,45E-11
indeno(1,2,3-c,d)pyrene	0,13			50% S22	2,7E-03	-	-	-	-	6,68E-10	7,19E-11
<b>COMPOSES ORGANOHALOGENES VOLATILS</b>											
PCE (tétrachloroéthylène)	1050,00		1,13E+02	50% T26 / 0,75% solubilité	3,9	-	250 (*)	7,3	250 (*)	1,90E+02	1,30E+01
TCE (trichloroéthylène)	90,00		6,20E+01	50% T27 / PZ5 mai 18	3,9	-	23	7,3	2	6,10E+01	3,84E+00
cis 1,2DCE (dichloroéthylène)	141,00		1,12E+02	50% S10 / PZ5 mars 15	-	-	-	-	-	1,21E+02	6,39E+00
trans 1,2DCE (dichloroéthylène)	16,00		2,80E-01	50% S9 / PZ5 avr 17	-	-	-	-	-	1,17E+01	4,87E-01
1,1 DCE (1,1 dichloroéthylène)	0,23		1,44E-01	50% T27 PZ5 sept 14	-	-	-	-	-	7,88E-01	3,94E-02
VC (chlorure de vinyle)	0,90		2,00E+00	50% T26 / PZ5 mai 18	-	-	10	-	-	4,64E+00	3,03E-01
1,1,2 trichloroéthane			1,34E-01	PZ5 oct 13	-	-	-	-	-	9,64E-04	2,48E-04
1,1,1 trichloroéthane					-	-	-	-	-	-	-
1,1,2 dichloroéthane					-	-	700	-	-	-	-
1,1 dichloroéthane					-	-	-	-	-	-	-
tétrachlorure de carbone (tétrachlorométhane)					-	-	-	-	-	-	-
TCMa (trichlorométhane ou chloroforme)			1,78E-02	PZ5 oct 13	-	-	-	-	-	4,0E-04	1,9E-04
dichlorométhane			9,00E-05	PZ5 avr 17	-	-	450	-	-	1,5E-06	5,7E-07
<b>COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES</b>											
benzène	56,50		1,70E+01	50% S10 / PZ5 oct 13	2,9	5,0E+00	1,7E+00	7	2	2,88E+01	1,25E+00
toluène	491,00		3,99E+00	50% S10 / PZ5 oct 13	12,9	-	2,6E+02	83	-	7,66E+01	3,20E+00
ethylbenzène	153,50		2,18E+00	50% S10 / PZ5 sept 14	2,6	-	-	15	1500	1,59E+01	6,86E-01
m+p-xylènes	1875,00		1,02E+01	50% S10 / PZ5 oct 13	7,1	-	-	40	200	5,17E+01	3,44E+00
o-xylènes	476,00		1,59E+00	50% S10 / PZ5 sept 14	2,7	-	-	15	-	2,88E+01	0,00E+00
<b>HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH</b>											
Aliphatic nC>5-nC6	136,00			50% S10	-	-	-	-	-	9,1E+02	3,7E+01
Aliphatic nC>6-nC8	136,00			50% S10	-	-	-	-	-	3,3E+02	1,4E+01
Aliphatic nC>8-nC10	242,50			50% S9	-	-	-	-	-	5,2E+01	2,1E+00
Aliphatic nC>10-nC12	109,50			50% S10	6,4E+00	-	-	5,3E+01	-	6,17E+00	2,53E-01
Aliphatic nC>12-nC16	8,15			50% S10	7,0E+00	-	-	7,2E+01	-	1,82E-01	7,49E-03
Aromatic nC>8-nC10			5,50E+00	PZ5 fev 18	-	-	-	-	-	2,8E-01	1,6E-01
Aromatic nC>10-nC12			1,20E+00	PZ5 fev 18	-	-	-	-	-	2,3E-02	1,0E-02
Aromatic nC>12-nC16					-	-	-	-	-	-	-

**Calcul des QD et des ERI**

Contribution depuis les sols

Selon Modèle Johnson et Ettinger (1991)				
Voies d'exposition	Effets toxiques à seuil non cancérogènes		Effets toxiques sans seuil (Excès de risques individuels (ERI))	
	Travailleur	Composés tirant le risque	Travailleur	Composés tirant le risque
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, rez de chaussée	6,4E-02	Cls 1,2 DCE, benzène	3,8E-06	Benzène
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR avec dalage	6,6E-02	Cls 1,2 DCE, benzène	4,6E-06	Benzène, TCE
<b>TOTAL</b>	<b>1,19E-01</b>	Cls 1,2 DCE, benzène	<b>8,3E-06</b>	Benzène, TCE

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 et des données disponibles, les niveaux de risques estimés depuis les sols et la nappe sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués.

La source sol a été considérée à 30 cm sous la surface des bâtiment et un taux d'abattement des concentrations de 50% dans les sols a été pris en compte suite au traitement.

Le TCE n'a pas été pris en compte dans les calculs des QD, ce qui pourrait avoir tendance à augmenter les risques associés.

Contribution depuis la nappe

Selon Modèle Johnson et Ettinger (1991)				
Voies d'exposition	Effets toxiques à seuil non cancérogènes		Effets toxiques sans seuil (Excès de risques individuels (ERI))	
	Travailleur	Composés tirant le risque	Travailleur	Composés tirant le risque
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR, rez de chaussée	1,6E-02	PCE	6,1E-07	Chloroforme
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR avec dalage	1,4E-03	PCE, Cls 1,2 DCE, benzène	6,3E-08	Chloroforme
<b>TOTAL</b>	<b>1,70E-02</b>	PCE	<b>6,77E-07</b>	Chloroforme

La contribution aux risques sanitaires de la nappe est faible au regard de la contribution des concentrations mesurées dans les sols, et les niveaux de risque obtenus sont inférieurs aux critères d'acceptabilité. Cependant, ils viennent s'ajouter aux risques émis depuis les sols, ce qui rapproche l'ERI de la valeur limite

**Commentaires**

Les concentrations calculées en mercure sont inférieures aux valeurs de référence en air intérieur et extérieur.

Pour les aménagements prévus (drainage sous bâtiment = géomembrane), les concentrations calculées pour beaucoup de composés, à partir des sols et de la nappe sont supérieures aux valeurs repères fournies par le HCSP et aux valeurs guides de l'OMS dans l'air intérieur des locaux en RDC, ainsi qu'à celles mesurées dans les logements par l'OQAI, et dans l'air extérieur lorsqu'elles existent.

Au regard de ce résultat, la présence de COHV, de BTEX et d'hydrocarbures aux concentrations mesurées dans les gaz du sol est susceptible d'induire une concentration dans les milieux d'exposition supérieure aux valeurs de référence retenues pour les composés disposant de telles valeurs et apparaît de ce fait incompatible avec les usages prévus sur site compte tenu des aménagements pris en compte.

Des calculs de risque ont été menés

Cas du TCE : aucune VTR relative aux effets à seuil du TCE par inhalation n'est actuellement reconnue comme valide par le groupe d'expert de l'Anses (2013). La concentration en TCE évaluée dans l'air intérieur à partir de la valeur maximale en trichloroéthylène mesurée dans les sols et la nappe est supérieure à la valeur de bruit de fond dans les logements français (OQAI centile 95) et à la valeur repère pour l'air intérieur proposée par le HCSP. Au regard de ce résultat, du QD calculé pour l'ensemble des autres composés, de l'incertitude sur les VTR, la présence de TCE aux concentrations mesurées lors des différents diagnostics dans les sols et la nappe n'apparaît pas compatible avec les usages prévus sur site.

## **Annexe 12. Répartition des polluants dans les différents compartiments de sol - OREOS**

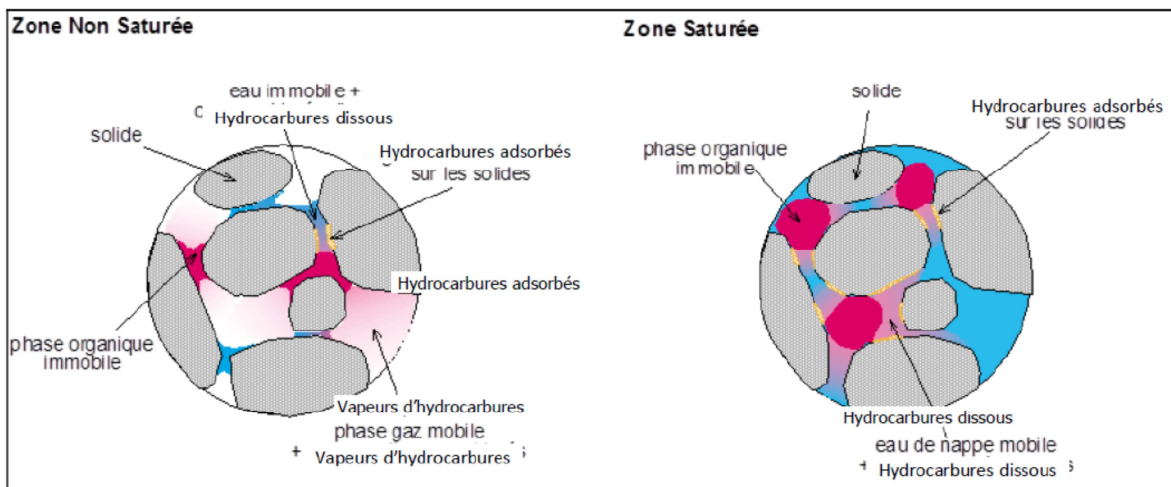
Cette annexe contient 8 pages.

## Interprétations des données de concentrations en polluants dans les sols à l'aide du logiciel OREOS®

### 1. Répartition des polluants sous différents états : approche conceptuelle

Les composés organiques contenus dans un échantillon de sol tel qu'il est analysé en laboratoire sont répartis potentiellement selon 4 états physiques :

- les polluants sous forme de phase organique individualisée ou non miscible appelée NAPL (Non Aqueous Phase Liquid). Une partie de cette phase organique est « flottante » pour les hydrocarbures (les composés organiques moins dense que l'eau) ou « coulant » (pour les composés organiques plus dense que l'eau, notamment les solvants chlorés) ;
- les polluants dissous dans l'eau de nappe (en ZS) ou l'eau capillaire des sols de la ZNS ;
- les polluants sorbés sur la matrice solide (les sites de sorption sont souvent des grains d'argile ou de la matière organique naturelle) ;
- les polluants gazeux dans l'air des sols en ZNS.



**Figure 1 : Répartition des hydrocarbures contenus dans la matrice sol sous 4 états physiques en ZNS (à gauche) et en ZS (à droite)**

Cette répartition est similaire pour chacun des produits identifiés lors de la phase de caractérisation. Seuls les ratios entre les différents états varient en fonction des propriétés physico-chimiques des composés.

Le logiciel OREOS®, développé par BURGEAP ([www.oreos-software.com](http://www.oreos-software.com)), permet de calculer, à partir des concentrations en COHV et BTEX dans des échantillons de sol, la répartition des polluants dans les 4 états physiques potentiels (ou matrice) pour chaque échantillon de sol. Outre les données de concentration fournies par le laboratoire d'analyse, les calculs s'appuient sur la mesure de trois propriétés pétrophysiques des sols (teneur en eau, teneur en carbone organique, porosité) et sur une base de données de propriétés physico-chimiques des polluants fournie avec le logiciel.

## 2. Objectifs

L'utilisation de cet outil de calcul a pour objectif dans la présente étude de :

- Déterminer les secteurs avec présence de phase NAPL possible et les secteurs où il n'y pas de phase ; en corollaire évaluer les concentrations d'apparition de phase ;
- Déterminer, en cas de présence avérée, la mobilité de la phase ;
- Déterminer la proportion de chaque matrice sol / eau / air / phase en ZS et en ZNS ;
- Déterminer la répartition des polluants au sein de chaque matrice dans la zone source.

## 3. Données d'entrée

Les données de concentrations en polluants utilisées pour ces calculs sont uniquement celles issues du diagnostic de février 2018 suivant le protocole MACAOH. et les concentrations en hydrocarbures mesurées lors de diagnostics antérieurs (les hydrocarbures n'ont pas été recherchés lors du diagnostic de février 2018). Un ratio moyen hydrocarbures / BTEX mesurés à cette époque a) été utilisé pour les calculs d'équilibre multiphasique.

La base de données pour les caractéristiques pétrophysiques des sols est présentée dans le tableau suivant. Mentionnons que les 2 échantillons représentent les lithologies majeures de la zone saturée. Les résultats des analyses pétrophysiques sont présentés dans le rapport de diagnostic de SUEZ réalisé en 2018 (rapport référencé U2108030/Diag V1).

**Tableau 1 : Synthèse des données pétrophysiques**

Echantillon	Lithologie	Teneur en eau	FOC%	Porosité totale	granulométrie<2mm		
					Argile	Silt	Sable
T13 4-6m	argile verte	21,40%	0,16	39%	60%	34,40%	5,40%
T132-3m	marne blanche	21,80%	0,23	35,10%	48,70%	24,10%	27,20%

Pour l'horizon des remblais, il a été considéré soit un limon, soit un sable, en fonction des coupes de sondages ; les propriétés de chaque horizon sont choisies dans la base de données du logiciel.

## 4. Présence et mobilité de la phase

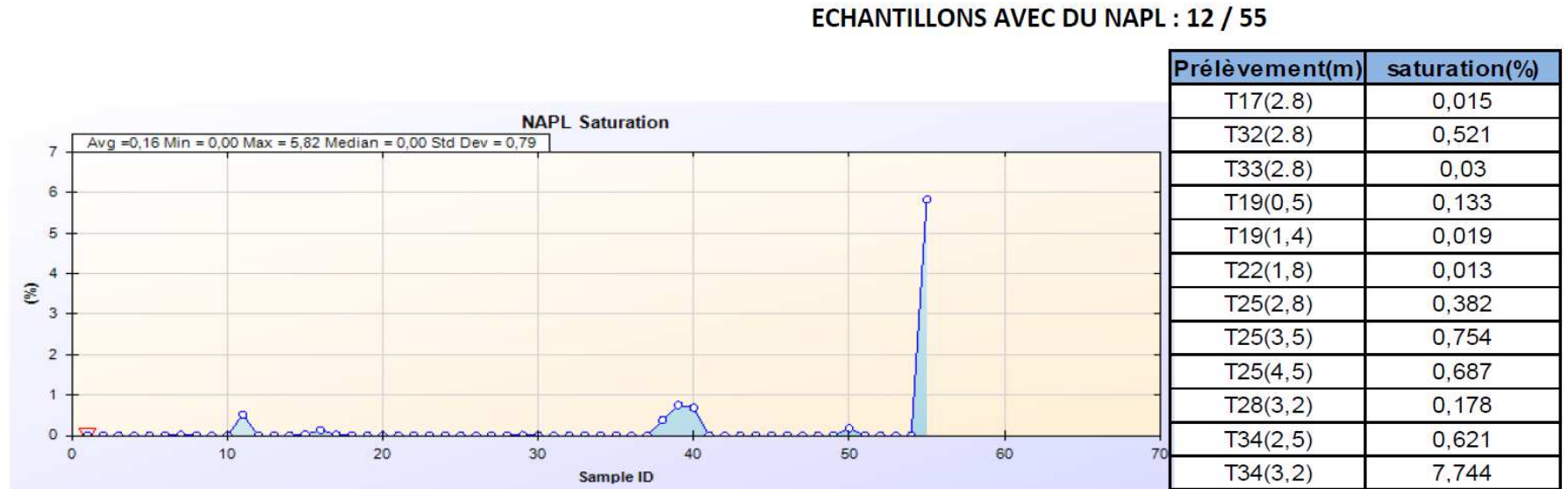
Le logiciel permet d'évaluer la présence ou non de NAPL dans les échantillons analysés. Le NAPL contenu dans les sols peut devenir mobile dès lors que sa saturation dépasse une valeur limite appelée saturation résiduelle (ou Sor en ingénierie pétrolière pour saturation oil residual). La saturation résiduelle dépend de nombreux paramètres (lithologie, teneur en eau (ZNS/ZS), composition et densité du polluant, surface interfaciale, conditions physico-chimiques et est évaluée d'après des bases de données.

Sur les 55<sup>1</sup> échantillons analysés selon le protocole MACAOH, 12 présentent potentiellement de la phase. La concentration d'apparition de la phase varie entre 265 et 2 000 mg/kg en composés organiques totaux. Un seul échantillon (prélevé à 3,2 m de profondeur au droit du sondage T34) présente de la phase potentiellement mobile. Toutefois, il faut rappeler qu'aucune phase n'est observée en surface et détectée au droit de l'ouvrage PZ5 situé en aval hydraulique.

<sup>1</sup> Le premier graphique présente de façon synthétique les saturations en NAPL de chaque échantillon analysé par le logiciel, avec quelques indicateurs statistiques. En abscisse, les valeurs représentent un numéro d'échantillon et en ordonnées la valeur de saturation calculée sur la base des concentrations mesurées en laboratoire.



Figure 2 : Présence de phase dans les échantillons et mobilité de la phase

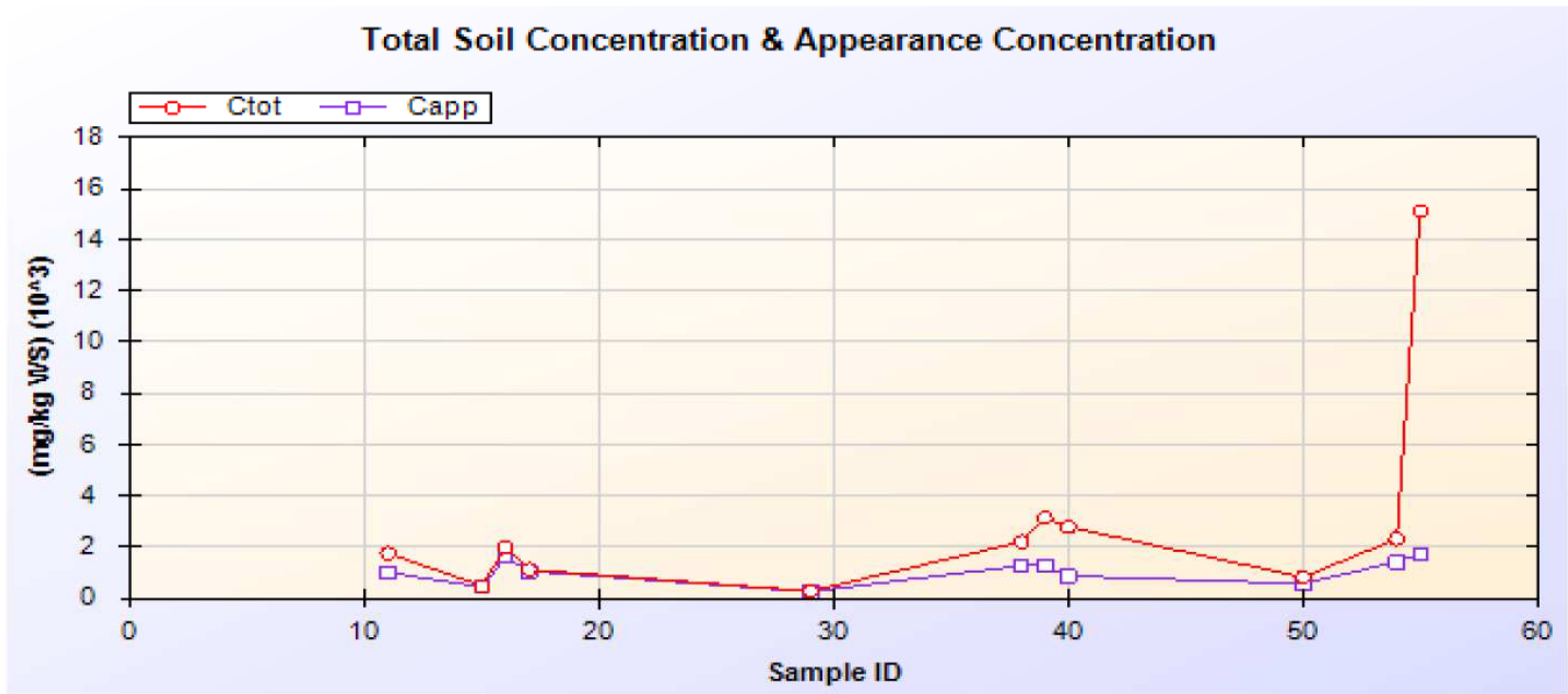


**Echantillons avec phase potentiellement mobile**

Gamme de saturation dans la littérature pour des hydrocarbures	
Sable et grave	4% à 8%
Limon et argile	7 % à 12%

<b>T34(3,2m)</b>	<b>7,70%</b>
------------------	--------------

**Concentration d'apparition de phase**



concentration d'apparition entre 260 et 2000 mg/kg

## 5. Proportion de chaque matrice en zone saturée et non saturée

Les schémas suivants illustrent la répartition des polluants en volume dans les différentes matrices du sol en zone non saturée et en zone saturée.

La phase, NAPL, représente une faible proportion, inférieure à 1 %, du volume total.

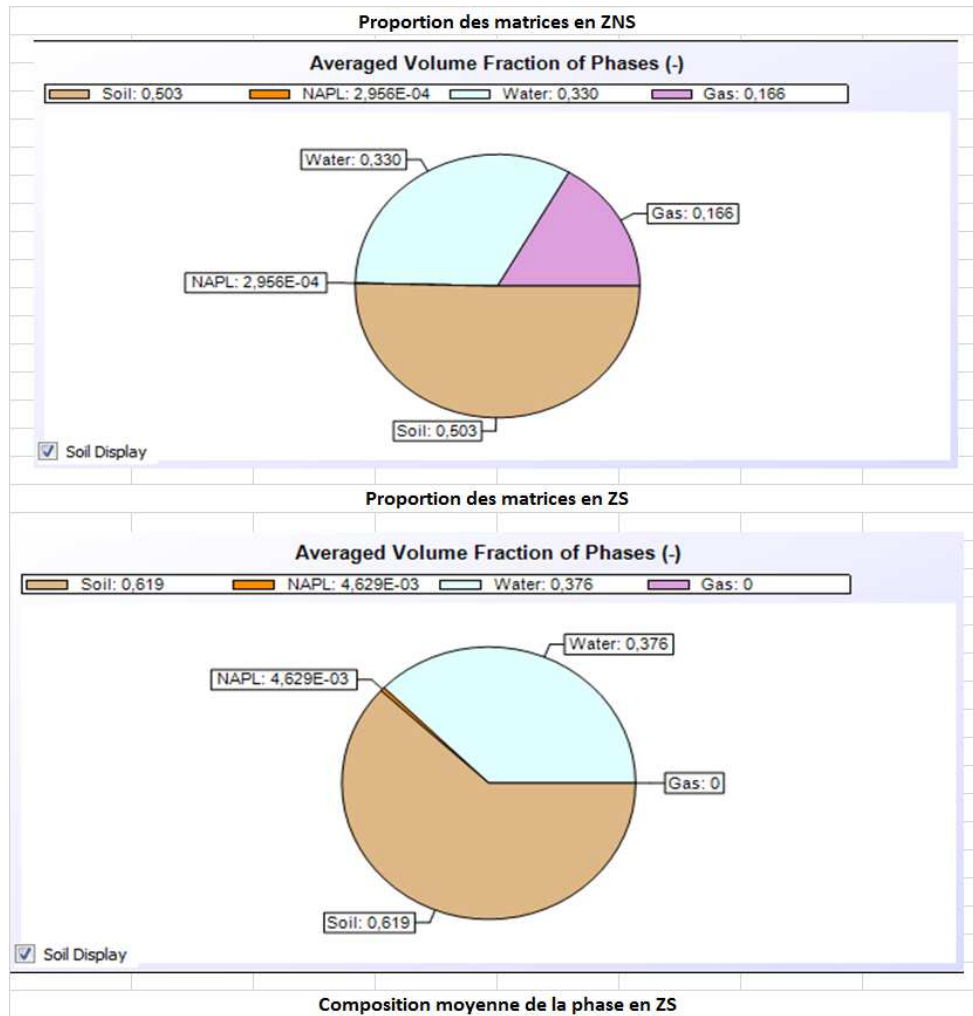


Figure 3 : Répartition multiphasique des polluants

## 6. Répartition des polluants dans les différentes matrices

Les schémas suivants illustrent la répartition des polluants dans les différentes matrices sur plusieurs secteurs du site, en zone non saturée et en zone saturée :

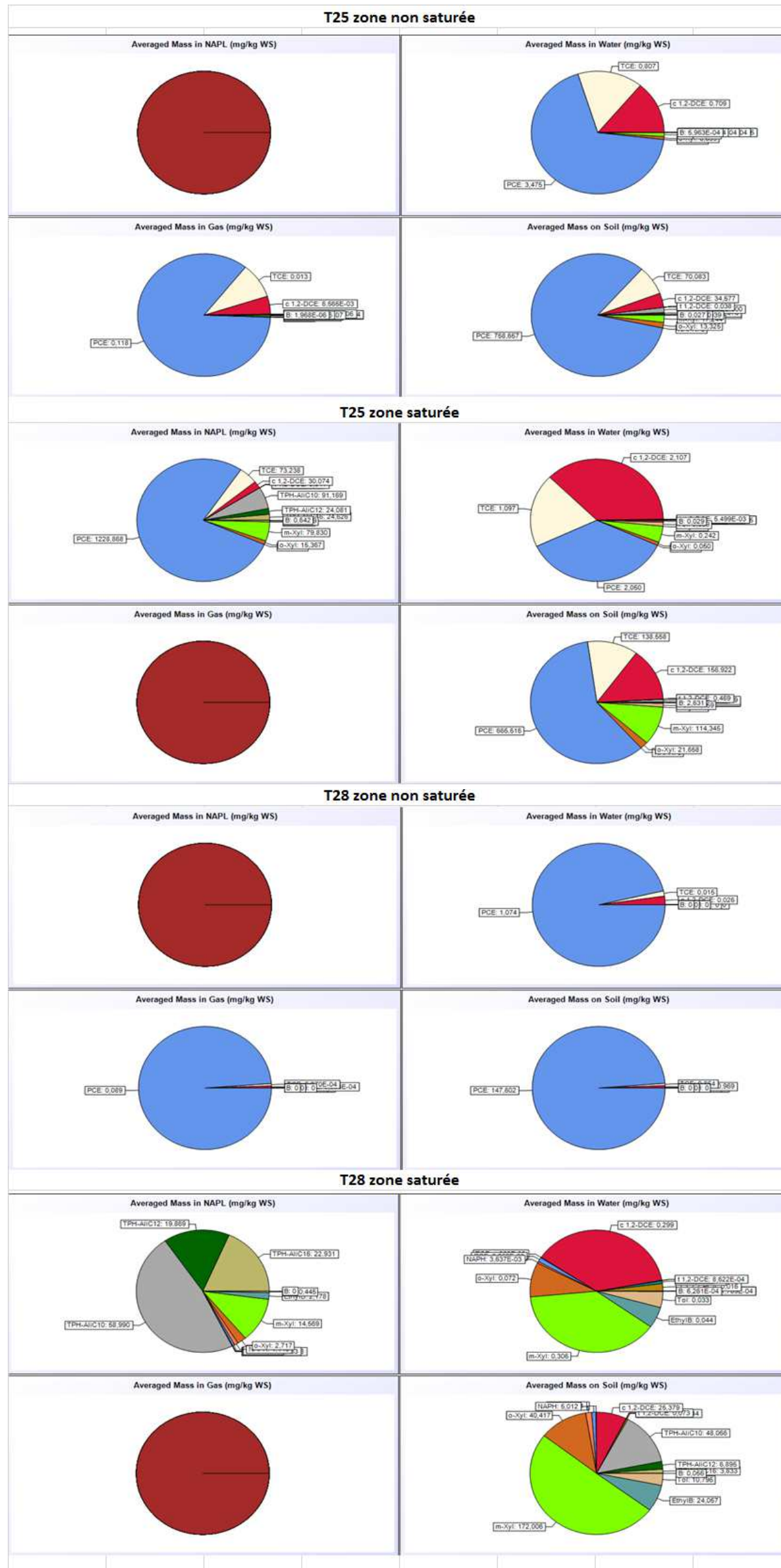
- Bâtiment n°2 : sondage T25 : mélange de BTEX et COHV ;
- Bâtiment n°2 : sondage T28 : COHV uniquement ;
- Source BTEX : sondages T16, T17 et T19.

Au droit du sondage T25, en zone non saturée, le PCE est le composé majoritaire dans chacune des matrices, tandis qu'en zone saturée, il est majoritairement sorbé sur la matrice sol (avec pour le reste essentiellement du cis-DCE, du TCE et des xylènes) mais dans les eaux souterraines la proportion de cis-DCE et de TCE est plus élevée.

Au droit du sondage T28, en zone non saturée, le polluant est quasiment uniquement le PCE quelle que soit la matrice, tandis qu'en zone saturée, les xylènes sont majoritaires devant l'éthylbenzène et le cis-DCE.

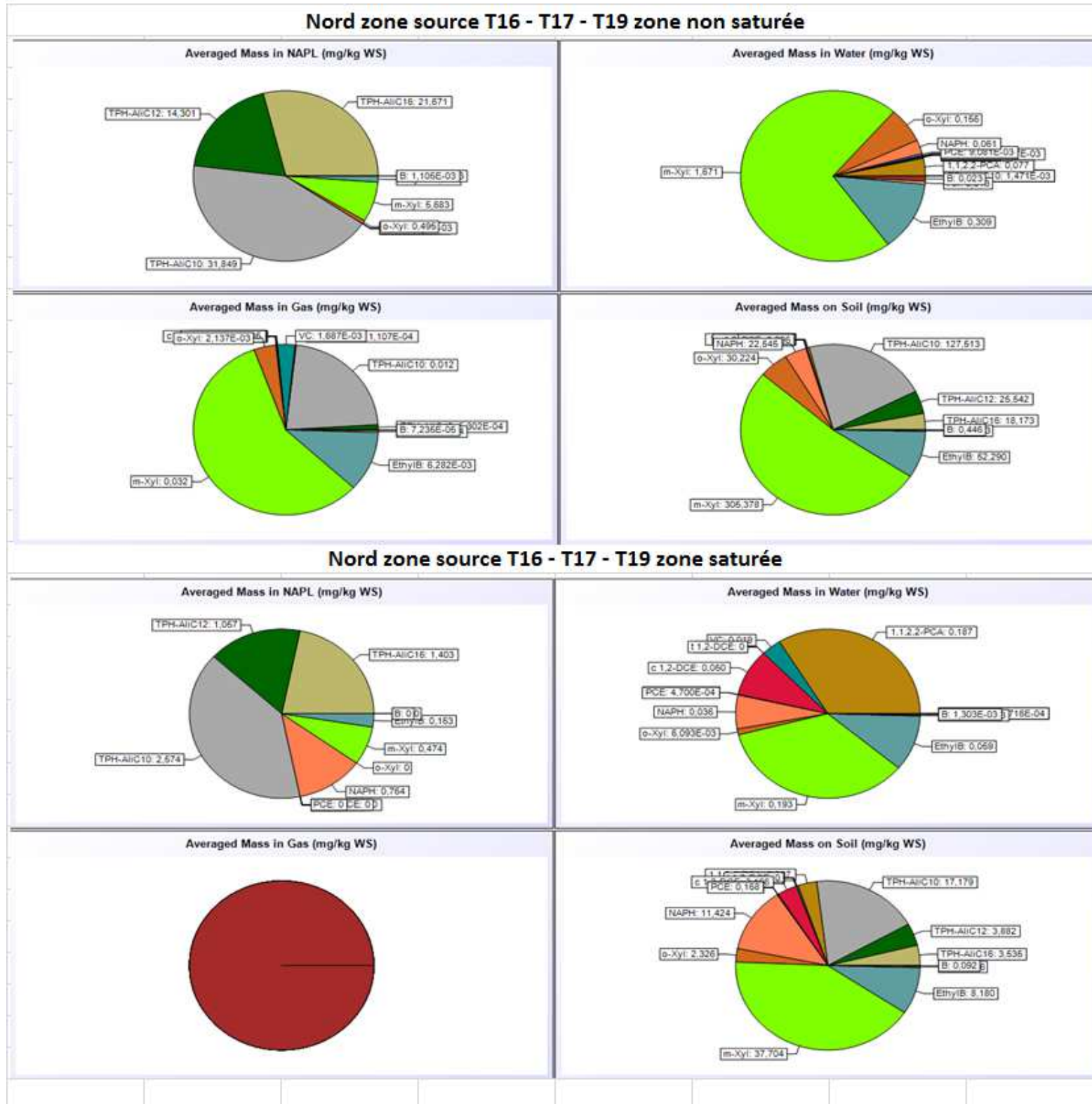
Sur le secteur Nord du site EIF, au droit des sondages T16, T17 et T19, les polluants majoritaires zone non saturée et en zone saturée sont les xylènes et l'éthylbenzène, avec également des hydrocarbures et du naphthalène.

Pour les COHV, le polluant présentant les plus fortes concentrations est le 1,1,2,2 PCA (anomalie locale).



Nota bene : les cercles rouges indiquent l'absence de phase NAPL ou de matrice gaz (zone saturée)

Figure 4 : répartition des polluants dans les différentes matrices au droit des sondages T25 et T28



Nota bene : le cercle rouge indique l'absence de matrice gaz (zone saturée)

Figure 5 : répartition des polluants dans le milieu au droit des sondages T16 / T17 / T19



## **Annexe 13.**

# **Critères de notation du bilan coûts-avantages**

Cette annexe contient 1 page.

Dépense environnementale		
1	>100 kg CO2e /tonne traitée	
2	50-100kg/CO2e tonne traitée	Traitement hors site en biocentre
3	25-50kg/CO2e tonne traitée	Traitement hors site en biocentre et in situ par réduction
4	10-25kg/CO2e tonne traitée	Réduction in situ + venting
5	0 - 10 kg/CO2e tonne traitée	

Durée		
1	> 18mois	
2	18 mois	Réduction in situ + venting et réduction in situ +hors site
3	12 - 18 mois	
4	6 - 12 mois	Traitement hors site en biocentre
5	< 6 mois	

Robustesse		
1	technique incertaine	
2	Technique moyennement expérimentée - efficacité à déterminer	
3	Technique expérimentée - efficacité à déterminer	Réduction in situ +venting
4	Technique éprouvée - efficacité élevée, à déterminer	Réduction in situ + traitement hors site
5	Technique éprouvée - efficacité élevée garantie	Traitement hors site en biocentre

critère socio politique		
1	faible	
2	médiocre	Traitement hors site en biocentre (solutions difficiles à accepter dans ce contexte urbain et politique)
3	moyenne	
4	positive	
5	élevée	Réduction in situ + venting (solutions présentées au public)

Coûts		
2	>300 €/m3	
4	200-300 €/m3	Traitement hors site en biocentre
6	150-200 €/m3	Réduction in situ + traitement hors site
8	100 - 150€/m3	Réduction in situ + venting (solutions présentées au public)
10	<100€/m3	

critères Non utilisés :

Part de pollution gérée		
1	0% masse de polluants HCT PCB	ISDD (seuils HCT 10000 / PCB7 50 mg/kg) ( 1% des PCB, encapsulation (pas de seuils pour HCT et PCB)
2	70-90% masse de polluants HCT/PCB	Traitement sur site ou in situ // tri granulométrique, lavage chimique, réduction, désorption : rendement à définir selon tetsts de traitabilité
3	90-99 % masse polluants HCT PCB	désorption export (seuils HCT 50 000 / PCB7 1500 mg/kg) (83% des PCB, 86% des HCT)
4	100% masse polluants HCT PCB	incinération,

Acceptabilité sociétale		
1	pollution non traitée	encapsulation
2	stock diminué de 10%	ISDD
3	stock diminué à 10-80%	Traitement sur site ou in situ // tri granulométrique, lavage chimique, réduction, désorption : rendement à définir selon tetsts de traitabilité
4	stock diminué >80%	Désorption export
5	suppression totale	Traitement hors site par incinération

Nuisances riveraines (trafic, bruit, poussières)		
1	au moins 1	stabilisation (zone de pic)
2	au moins 2	excavation, tri et stabilisation // extraction double-phase
3	au moins 3	excavation, élimination

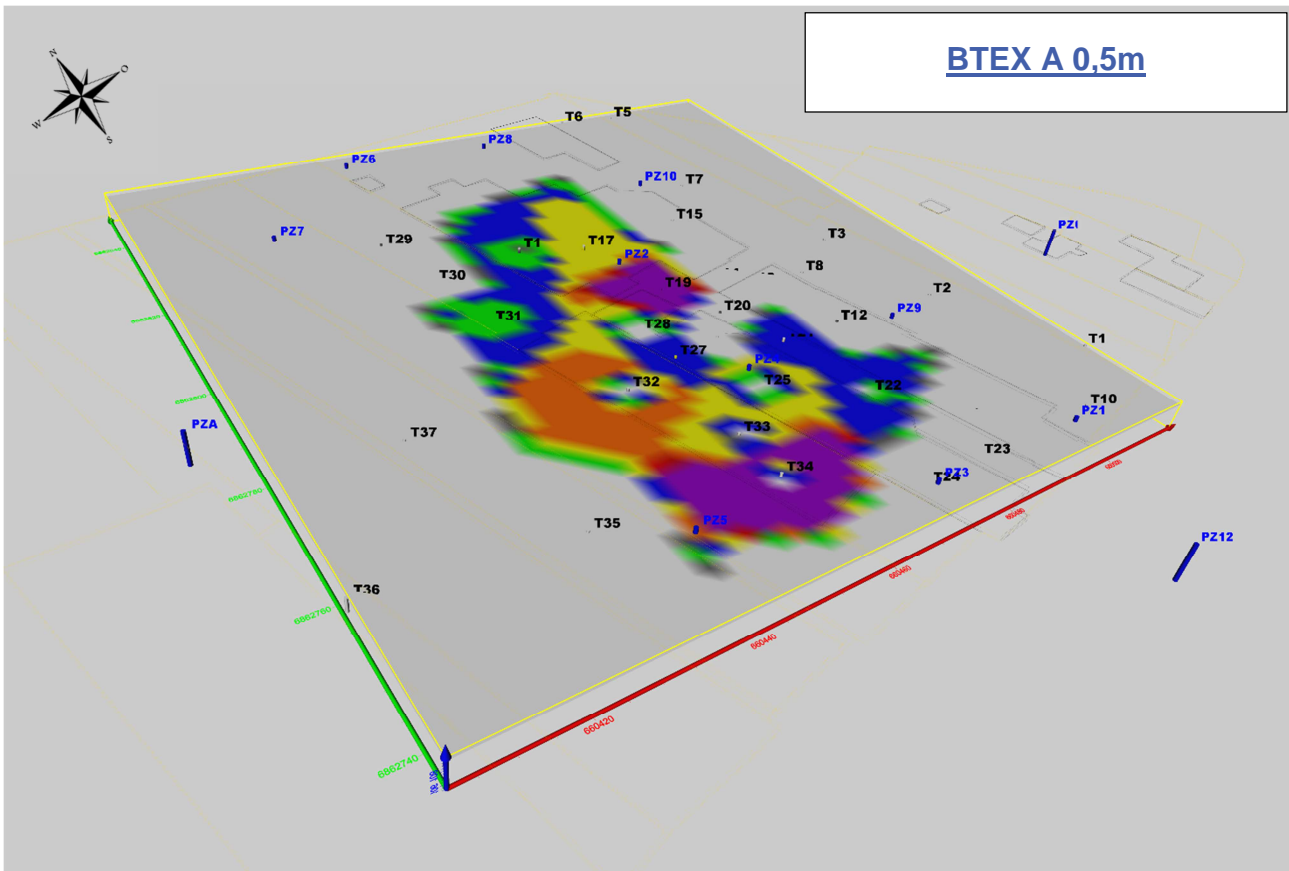
Impact hydrologique /hydrogéologique		
1	favorise l'infiltration des eaux de pluie	excavation, élimination
2	sans effet	extraction double-phase
3	imperméabilisation des sols	stabilisation des déblais
4	coupure des écoulement souterrains, perméabilisation en surface	stabilisation en nappe (zone de pic)

Fiabilité / faisabilité		
1	très incertaine	extraction double-phase (en particulier dans les limons très peu perméables, et en raison de l'ancienneté de la pollution)
2	partielle	stabilisation en nappe (en lien avec les retours d'expérience sur ce type de technique)
3	probable	-
4	quasiment certaine	Traitement sur site (techniques éprouvées mais qui ne présentent toutefois pas les garanties d'un traitement hors site)
5	garantie	Traitement hors site (l'installation de stockage prend la responsabilité des déchets)

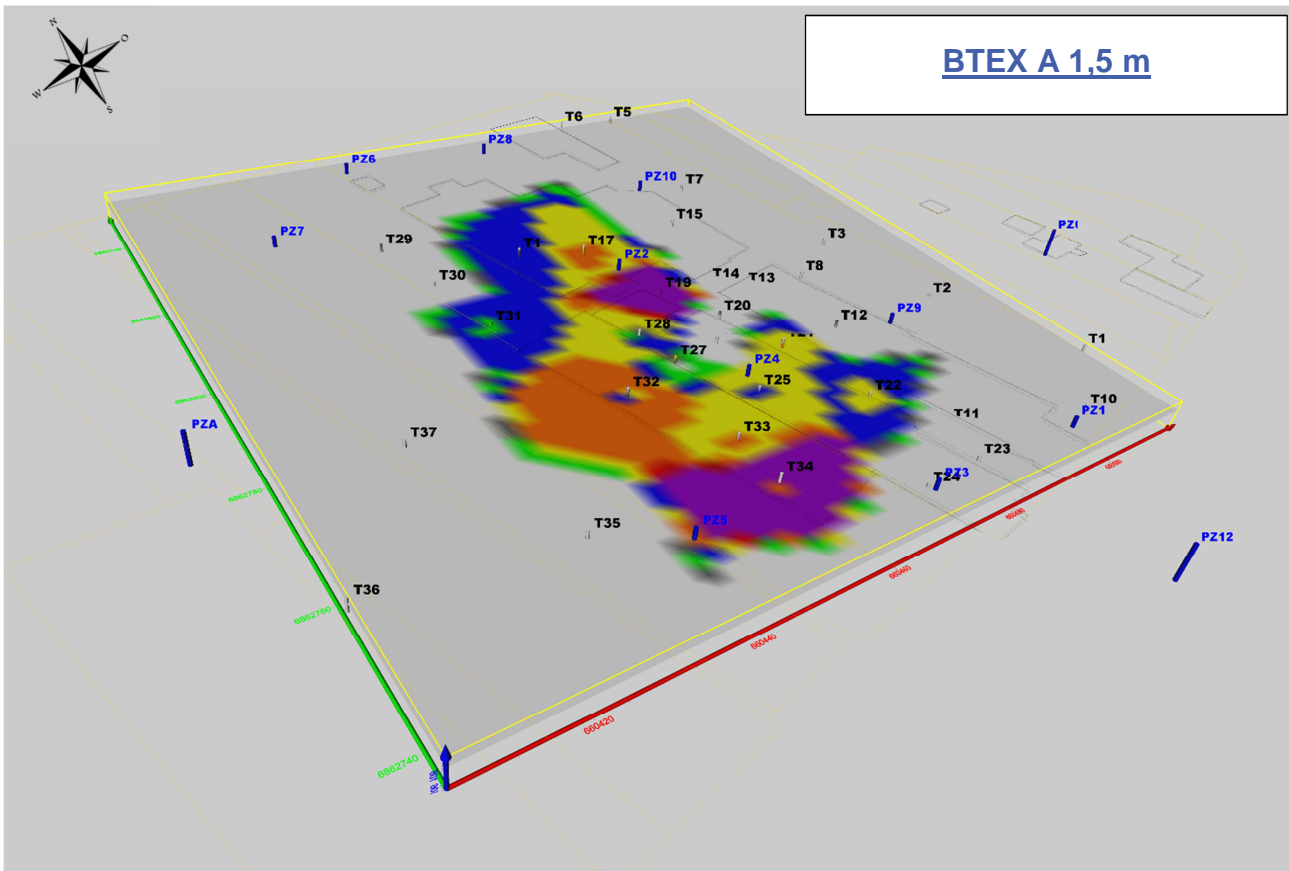
## **Annexe 14.**

# **Données d'isoconcentrations par horizon**

Cette annexe contient 8 pages.

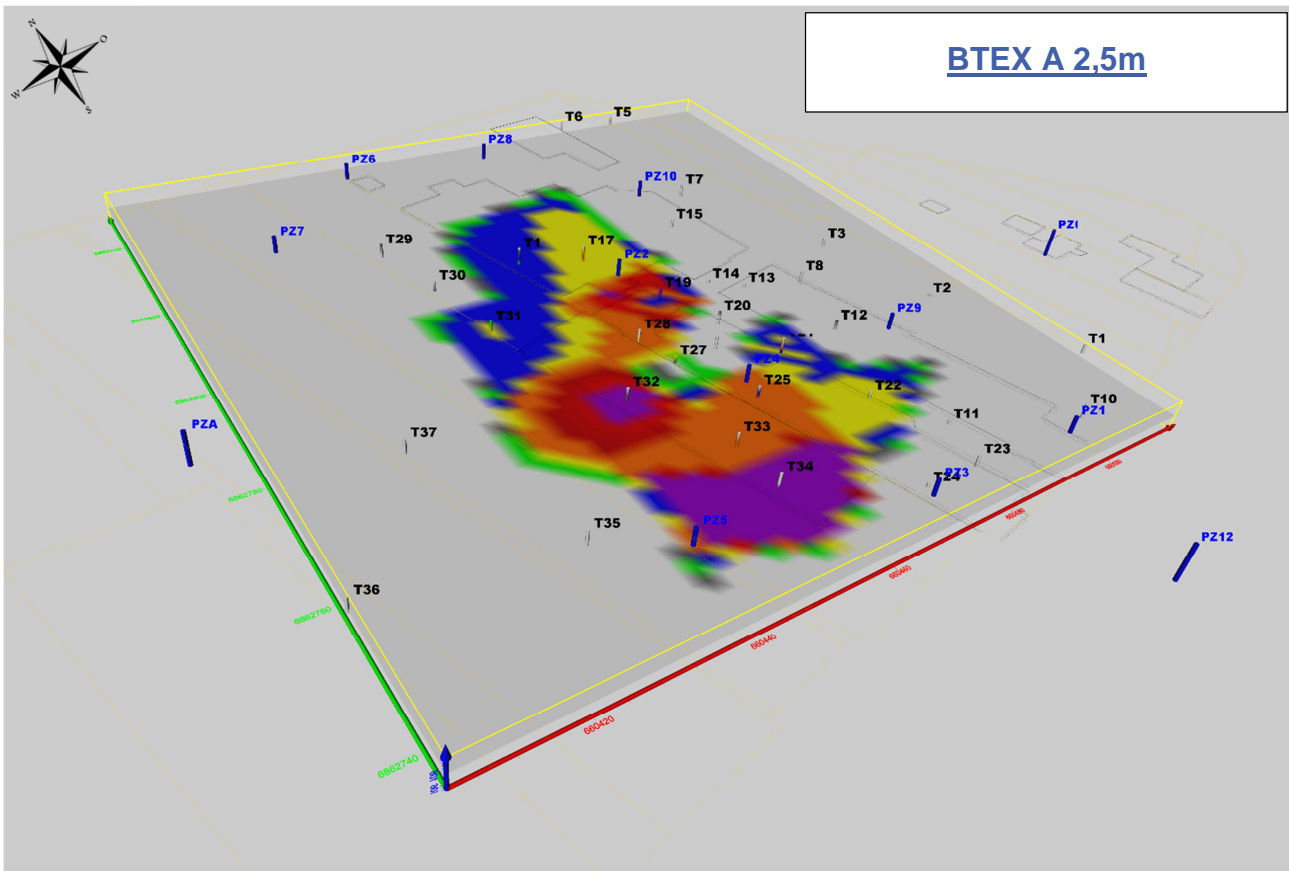


mg/kg	1000	500	350	200	100	50	20
code couleur							

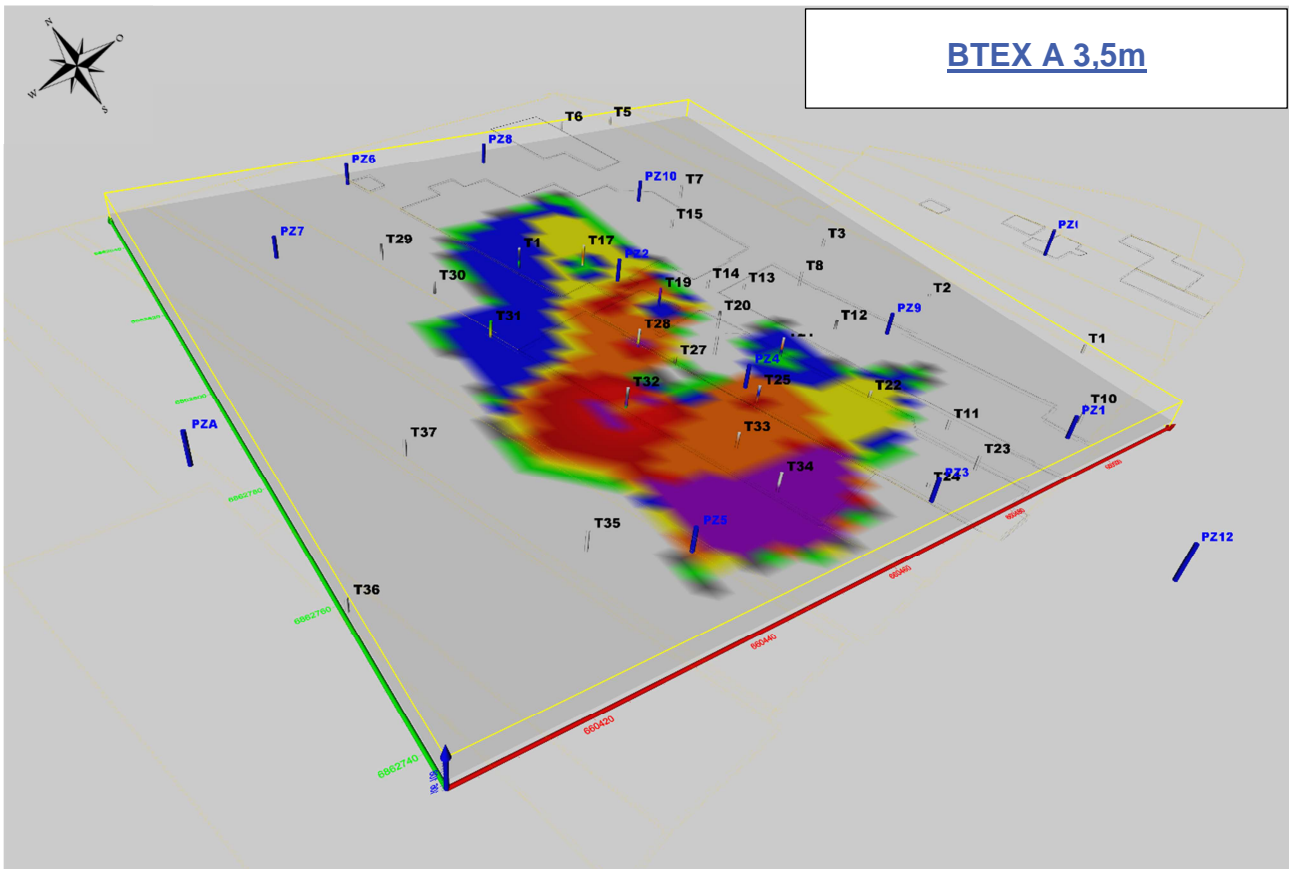


mg/kg	1000	500	350	200	100	50	20
code couleur							

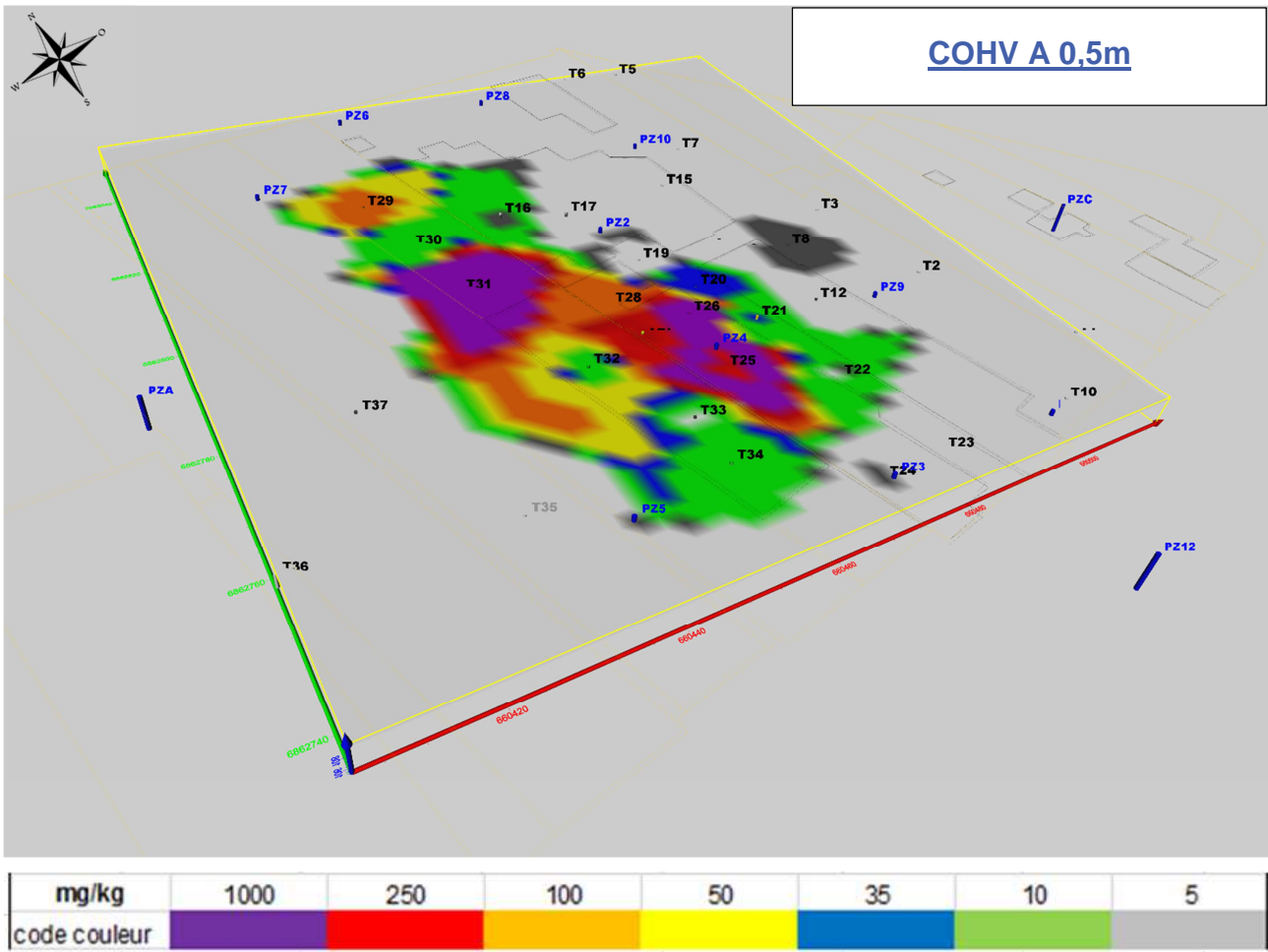


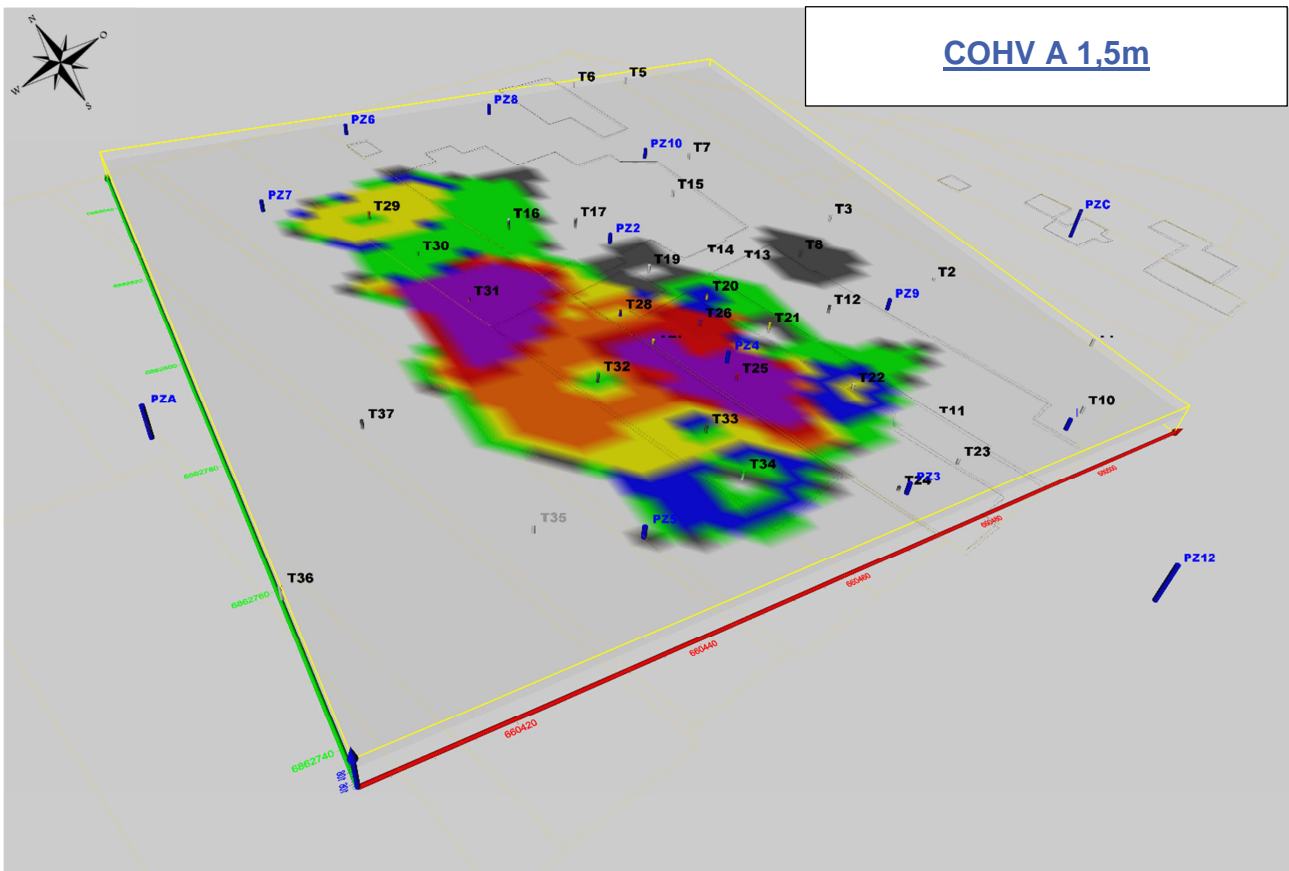


mg/kg	1000	500	350	200	100	50	20
code couleur							

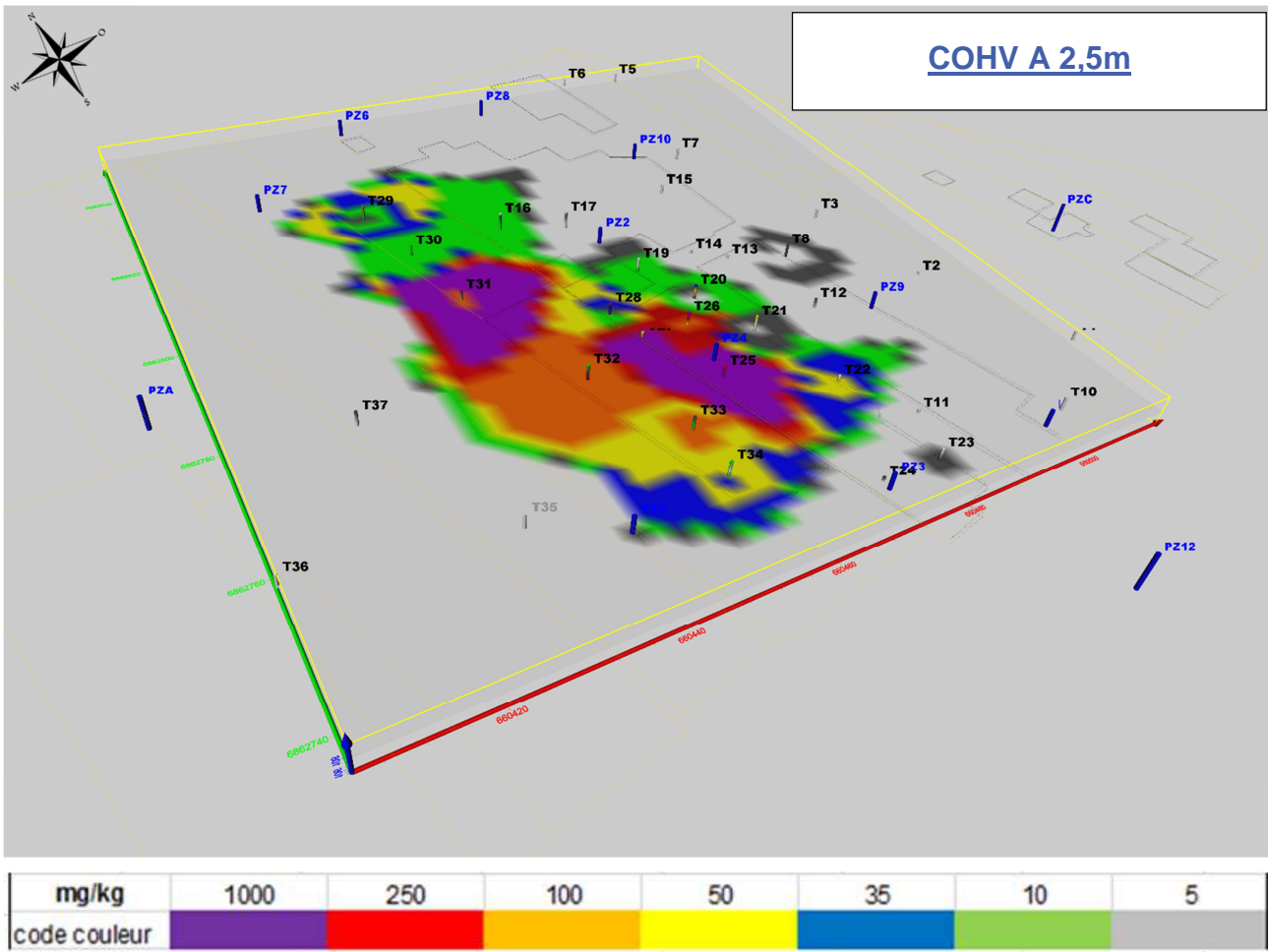


mg/kg	1000	500	350	200	100	50	20
code couleur							

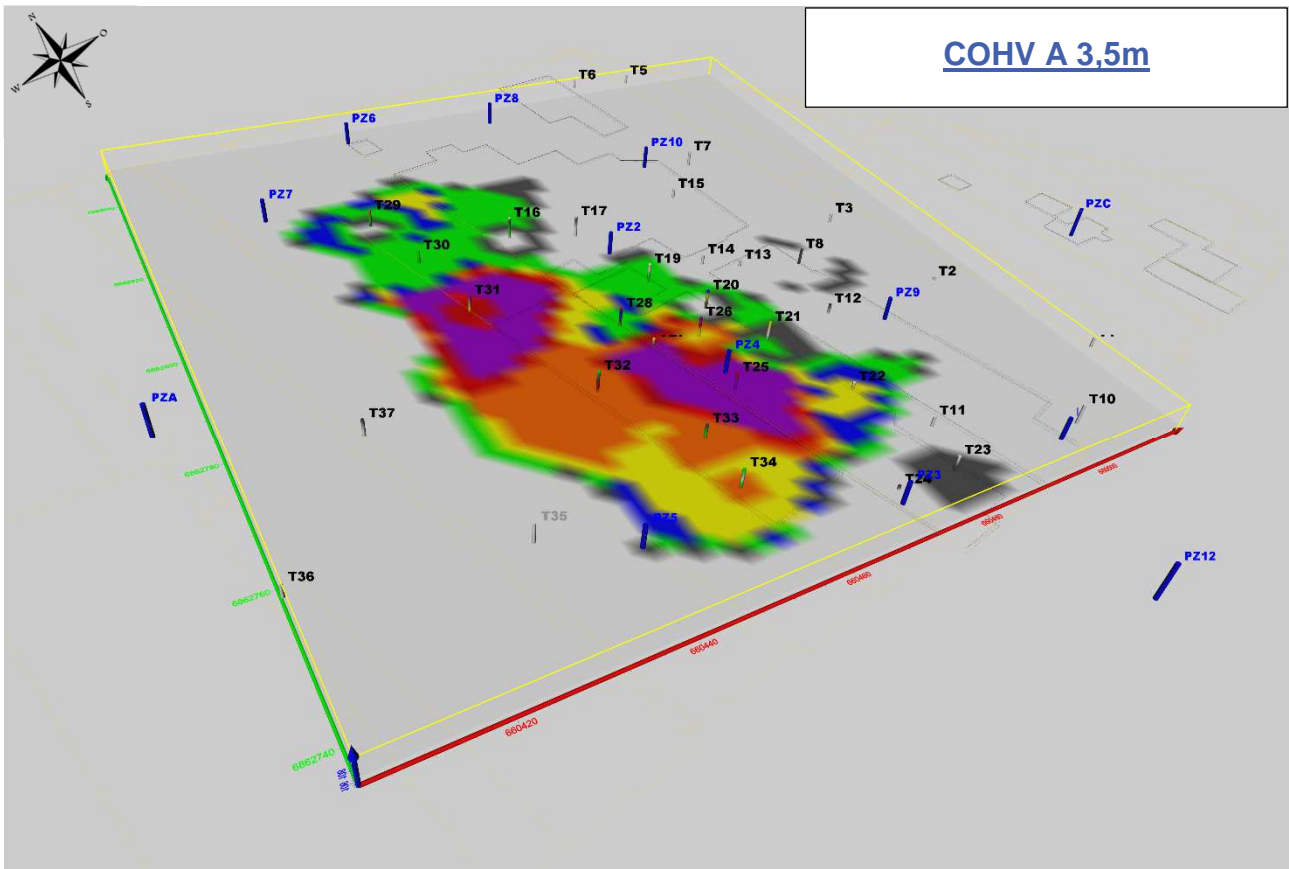




mg/kg	1000	250	100	50	35	10	5
code couleur							







mg/kg	1000	250	100	50	35	10	5
code couleur							

## **Annexe 15. Détail des surcoûts liés aux pieux et longrines**

Cette annexe contient 2 pages

**HYPOTHÈSE HAUTE**

Calcul de cubature pieux et longrines

Estimation faites selon plan 17-M10 Principe implantation pieux longrines PC et selon les volumes données par Scoping, à la date du 15/06/18

**Hotel (bâtiment A)**

		vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcours sur la base ISDI 3€/m3 pour les terres et 120€/m3 pour les boues														
							Prix filière spécifique boues non polluées (€/m3)	ISDI (€/m3)	ISOND (€/t)	Surcours ISOND terres (€/t)	Surcours ISOND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcours Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)	Surcours Biocentre terres (€/t)	DT (€/t)	Surcours DT terres (€/t)				
							120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90	73,33	200	183,33				
Longrine		48,04	S1-S2-S7 (2013) T16-T29-T30 (2018)	HC-BTEX-COHV	16,01	32,03		480,40													
Pieux	diam 80	144,76	S1-S2-S7 (2013) T16-T29-T30 (2018)	HC-BTEX-COHV + siccité	36,19	108,57		4 342,80		21 496,86		8 468,46									
	diam 70	138,54	S1-S2-S7 (2013) T16-T29-T30 (2018)	HC-BTEX-COHV + siccité	34,64	103,91		4 156,20		20 573,19		8 104,59									
Tête de pieux		43,96	S1-S2-S7 (2013) T16-T29-T30 (2018)	HC-BTEX-COHV + siccité	10,99	32,97		1 318,80		6 528,06		2 571,66									
<b>Total (€ HT)</b>							<b>9 817,8</b>	<b>480,4</b>	<b>48 598,1</b>	<b>0,0</b>	<b>19 144,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>5 188,32</b>	<b>4 227,52</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>				

**Activité bâtiment E**

		vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcours sur la base ISDI 3€/m3 pour les terres et 120€/m3 pour les boues														
							Prix filière spécifique boues non polluées (€/m3)	ISDI (€/m3)	ISOND (€/t)	Surcours ISOND terres (€/t)	Surcours ISOND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcours Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)	Surcours Biocentre terres (€/t)	DT (€/t)	Surcours DT terres (€/t)				
							120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90	73,33	200	183,33				
Longrine		104,51	S8-S9-S10-S11-S22 (2013) T18-T28-T27-T25-T24-T31-T32-T33-T34 (2018)	Mx brut Remblais	20,90	83,61		627,06		4 138,60		3 511,54									
Pieux	diam 70	318,65	S8-S9-S10-S11-S22 (2013) T18-T28-T27-T25-T24-T31-T32-T33-T34 (2018)	Mx lessivable FS/5 COHV-PCB-HC-HAP-BTEX + siccité	0,00	318,65				63 092,70		24 854,70									
	diam 60	213,75	S8-S9-S10-S11-S22 (2013) T18-T28-T27-T25-T24-T31-T32-T33-T34 (2018)	Mx lessivable FS/5 COHV-PCB-HC-HAP-BTEX + siccité	0,00	213,75				42 322,50		16 672,50									
Tête de pieux		76,62	S8-S9-S10-S11-S22 (2013) T18-T28-T27-T25-T24-T31-T32-T33-T34 (2018)	Mx lessivable FS/5 COHV-PCB-HC-HAP-BTEX + siccité	0,00	76,62				15 170,76		5 976,36									
<b>Total (€ HT)</b>							<b>0,0</b>	<b>627,1</b>	<b>124 724,6</b>	<b>3 511,5</b>	<b>47 503,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>10 158,4</b>	<b>8 277,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>				

**Activité bâtiment F**

		vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcours sur la base ISDI 3€/m3 pour les terres et 120€/m3 pour les boues														
							Prix filière spécifique boues non polluées (€/m3)	ISDI (€/m3)	ISOND (€/t)	Surcours ISOND terres (€/t)	Surcours ISOND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcours Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)	Surcours Biocentre terres (€/t)	DT (€/t)	Surcours DT terres (€/t)				
							120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90	73,33	200	183,33				
Longrine		17,05	S12 (2013) T11 (2018)	Mx brut - Remblais	11,37	5,68		341,00													
Pieux	diam 80	18,1	S12 (2013) T11 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	4,53	13,58		543,00		2 687,85		1 058,85									
	diam 70	69,27	S12 (2013) T11 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	17,32	51,95		2 078,10		10 286,60		4 052,30									
Tête de pieux		12,66	S12 (2013) T11 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	3,17	9,50		379,80		1 880,01		740,61									
<b>Total (€ HT)</b>							<b>3 000,9</b>	<b>341,0</b>	<b>14 854,5</b>	<b>0,0</b>	<b>5 851,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>920,7</b>	<b>750,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>				

**Résidence bâtiment B**

		vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcours sur la base ISDI 3€/m3 pour les terres et 120€/m3 pour les boues														
							Prix filière spécifique boues non polluées (€/m3)	ISDI (€/m3)	ISOND (€/t)	Surcours ISOND terres (€/t)	Surcours ISOND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcours Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)	Surcours Biocentre terres (€/t)	DT (€/t)	Surcours DT terres (€/t)				
							120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90	73,33	200	183,33				
Longrine		14,66	T6 (2018)	Mx brut - Remblais	9,77	4,89		293,20													
Pieux	diam 60	10,18	T6 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	2,55	7,64		305,40		1 511,73		595,53									
	diam 50	35,34	T6 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	8,84	26,51		1 060,20		5 247,99		2 067,39									
Tête de pieux		6,58	T6 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	1,65	4,94		197,40		977,13		384,93									
<b>Total (€ HT)</b>							<b>1 563,0</b>	<b>293,2</b>	<b>7 736,9</b>	<b>0,0</b>	<b>3 047,9</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>791,6</b>	<b>645,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>				

**Résidence bâtiment D**

		vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcours sur la base ISDI 3€/m3 pour les terres et 120€/m3 pour les boues														
							Prix filière spécifique boues non polluées (€/m3)	ISDI (€/m3)	ISOND (€/t)	Surcours ISOND terres (€/t)	Surcours ISOND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcours Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)	Surcours Biocentre terres (€/t)	DT (€/t)	Surcours DT terres (€/t)				
							120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90	73,33	200	183,33				
Longrine		13,92	S24 (2013) T6 (2018)	Mx brut - Remblais	9,28	4,64		278,40													
Pieux	diam 60	10,18	S24 (2013) T6 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	2,55	7,64		305,40		1 511,73		595,53									
	diam 50	35,34	S24 (2013) T6 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	8,84	26,51		1 060,20		5 247,99		2 067,39									
Tête de pieux		6,58	S24 (2013) T6 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	1,65	4,94		197,40		977,13		384,93									
<b>Total (€ HT)</b>							<b>1 563,0</b>	<b>278,4</b>	<b>7 736,9</b>	<b>0,0</b>	<b>3 047,9</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>751,7</b>	<b>612,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>				

**Résidence bâtiment G**

		vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcours sur la base ISDI 3€/m3 pour les terres et 120€/m3 pour les boues														
							Prix filière spécifique boues non polluées (€/m3)	ISDI (€/m3)	ISOND (€/t)	Surcours ISOND terres (€/t)	Surcours ISOND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcours Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)	Surcours Biocentre terres (€/t)	DT (€/t)	Surcours DT terres (€/t)				
							120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90	73,33	200	183,33				
Longrine		13,92	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais	9,28	4,64		278,40													
Pieux	diam 60	10,18	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	2,55	7,64		305,40		1 511,73		595,53									
	diam 50	35,34	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	8,84	26,51		1 060,20		5 247,99		2 067,39									
Tête de pieux		6,58	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	1,65	4,94		197,40		977,13		384,93									
<b>Total (€ HT)</b>							<b>1 563,0</b>	<b>278,4</b>	<b>7 736,9</b>	<b>0,0</b>	<b>3 047,9</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>751,7</b>	<b>612,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>				

**Résidence bâtiment C**

		vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcours sur la base ISDI 3€/m3 pour les terres et 120€/m3 pour les boues														
							Prix filière spécifique boues non polluées (€/m3)	ISDI (€/m3)	ISOND (€/t)	Surcours ISOND terres (€/t)	Surcours ISOND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcours Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)	Surcours Biocentre terres (€/t)	DT (€/t)	Surcours DT terres (€/t)				
							120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90	73,33	200	183,33				
Longrine		16,74	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais	11,16	5,58		334,80													
Pieux	diam 60	15,27	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	3,82	11,45		458,30		2 267,60		893,30									
	diam 50	42,41	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	10,60	31,81		1 272,30		6 297,89		2 480,99									
Tête de pieux		8,33	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	2,08	6,25		249,90		1 237,01		487,31									
<b>Total (€ HT)</b>							<b>1 980,3</b>	<b>334,8</b>	<b>9 802,5</b>	<b>0,0</b>	<b>3 861,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>904,0</b>	<b>736,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>				

**Résidence bâtiment J**

		Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcout sur la base ISDI 38€/m3 pour les terres et 120€/m3 pour les boues														
	vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix filière spécifique boues non polluées (€/m3)	ISDI (€/m3)	ISOND (€/t)	Surcout ISOND terres (€/t)	Surcout ISOND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcout Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)	Surcout Biocentre terres (€/t)	DT (€/t)	Surcout DT terres (€/t)
						120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90	73,33	200	183,33
Longrine	17,04	Pas de sondage S11-S12 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - FS/S	8,52	8,52		255,60						1 380,24	1 124,64		
Pieux	diam 70	Pas de sondage S11-S12 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - FS/S + siccité	3,46	10,39	415,50		2 056,73		810,23						
	diam 50	Pas de sondage S11-S12 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - FS/S + siccité	9,72	29,16	1 166,40		5 773,68		2 274,48						
Tête de pieux	7,63	Pas de sondage S11-S12 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - FS/S + siccité	1,91	5,72	228,90		1 133,06		446,36						
<b>Total (€ HT)</b>						<b>1 810,8</b>	<b>255,6</b>	<b>8 963,5</b>	<b>0,0</b>	<b>3 531,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1 380,2</b>	<b>1 124,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

**Résidence bâtiment H**

		Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcout sur la base ISDI 38€/m3 pour les terres et 120€/m3 pour les boues														
	vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix filière spécifique boues non polluées (€/m3)	ISDI (€/m3)	ISOND (€/t)	Surcout ISOND terres (€/t)	Surcout ISOND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcout Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)	Surcout Biocentre terres (€/t)	DT (€/t)	Surcout DT terres (€/t)
						120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90	73,33	200	183,33
Longrine	17,04	Pas de sondage T1 (2018) à prox	Mx brut - Remblais - FS/S	11,36	5,68		340,80						920,16	749,76		
Pieux	diam 70	Pas de sondage T1 (2018) à prox	Mx brut - Remblais - FS/S + siccité	4,62	10,39	554,00		2 056,73		810,23						
	diam 50	Pas de sondage T1 (2018) à prox	Mx brut - Remblais - FS/S + siccité	12,96	29,16	1 555,20		5 773,68		2 274,48						
Tête de pieux	7,63	Pas de sondage T1 (2018) à prox	Mx brut - Remblais - FS/S + siccité	2,54	5,72	305,20		1 133,06		446,36						
<b>Total (€ HT)</b>						<b>2 414,4</b>	<b>340,8</b>	<b>8 963,5</b>	<b>0,0</b>	<b>3 531,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>920,2</b>	<b>749,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

**Résidence bâtiment K**

		Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcout sur la base ISDI 38€/m3 pour les terres et 120€/m3 pour les boues														
	vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix filière spécifique boues non polluées (€/m3)	ISDI (€/m3)	ISOND (€/t)	Surcout ISOND terres (€/t)	Surcout ISOND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcout Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)	Surcout Biocentre terres (€/t)	DT (€/t)	Surcout DT terres (€/t)
						120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90	73,33	200	183,33
Longrine	18,24	Pas de sondage S12-S13 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - mx less - FS/S	9,12	9,12		273,60						1 477,44	1 203,84		
Pieux	diam 70	Pas de sondage S12-S13 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - mx less - FS/S + siccité	5,20	15,59	623,40		3 085,83		1 215,63						
	diam 50	Pas de sondage S12-S13 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - mx less - FS/S + siccité	10,60	31,81	1 272,30		6 297,89		0,00						
Tête de pieux	9,14	Pas de sondage S12-S13 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - mx less - FS/S + siccité	2,29	6,86	274,20		198,00		14 999,66						
<b>Total (€ HT)</b>						<b>2 169,9</b>	<b>273,6</b>	<b>9 581,7</b>	<b>0,0</b>	<b>16 215,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1 477,4</b>	<b>1 203,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

Surcout global évacuation longrines et pieux	
Hypothèse basse	130 621,3€

**HYPOTHESE BASSE**

Calcul de cubature pieux et longrines

Estimation faites selon plan 17-M10 Principe implantation pieux longrines PC et selon les volumes données par Scoping, à la date du 15/06/18

**Hotel (bâtiment A)**

		vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcout sur la base ISDI 30 €/m3 pour les terres et 120€/m3 pour les boues										
							Prix filière spécifique boues non polluées (€/m3)	ISDI (€/m3)	ISDND (€/t)	Surcout ISDND terres (€/t)	Surcout ISDND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcout Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)	Surcout Biocentre terres (€/t)	DT (€/t)	Surcout DT terres (€/t)
							120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90	73,33	200	183,33
Longrine		48,04	S1-S2-S7 (2013) T16-T29-T30 (2018)	HC-BTEX-COHV	16,01	32,03		480,40				4 035,36	3 074,56				
Pieux	diam 80	144,76	S1-S2-S7 (2013) T16-T29-T30 (2018)	HC-BTEX-COHV + siccité	108,57	36,19	13 028,40	7 165,62		2 822,82							
	diam 70	138,54	S1-S2-S7 (2013) T16-T29-T30 (2018)	HC-BTEX-COHV + siccité	103,91	34,64	12 468,60	6 857,73		2 701,53							
Tête de pieux		43,96	S1-S2-S7 (2013) T16-T29-T30 (2018)	HC-BTEX-COHV + siccité	32,97	10,99	3 956,40	2 176,02		857,22							
<b>Total (€ HT)</b>							<b>29 453,4</b>	<b>480,4</b>	<b>16 199,4</b>	<b>0,0</b>	<b>6 381,6</b>	<b>4 035,4</b>	<b>3 074,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

**Activité bâtiment E**

		vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcout sur la base ISDI 30 €/m3 pour les terres et 120€/m3 pour les boues										
							Prix filière spécifique boues non polluées (€/m3)	ISDI (€/m3)	ISDND (€/t)	Surcout ISDND terres (€/t)	Surcout ISDND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcout Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)	Surcout Biocentre terres (€/t)	DT (€/t)	Surcout DT terres (€/t)
							120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90	73,33	200	183,33
Longrine		104,51	S8-S9-S10-S11-S22 (2013) T18-T28-T27-T25-T24-T31-T32-T33-T34 (2018)	Mx lessivable FS/5 COHV-PCB-HC-HAP-BTEX + siccité	20,90	83,61		627,06	4 138,60	3 511,54		7 900,96	6 019,78				
Pieux	diam 70	318,65	S8-S9-S10-S11-S22 (2013) T18-T28-T27-T25-T24-T31-T32-T33-T34 (2018)	Mx lessivable FS/5 COHV-PCB-HC-HAP-BTEX + siccité	0	318,65		63 092,70			24 854,70						
	diam 60	213,75	S8-S9-S10-S11-S22 (2013) T18-T28-T27-T25-T24-T31-T32-T33-T34 (2018)	Mx lessivable FS/5 COHV-PCB-HC-HAP-BTEX + siccité	0	213,75		42 322,50			16 672,50						
Tête de pieux		76,62	S8-S9-S10-S11-S22 (2013) T18-T28-T27-T25-T24-T31-T32-T33-T34 (2018)	Mx lessivable FS/5 COHV-PCB-HC-HAP-BTEX + siccité	0	76,62		15 170,76			5 976,36						
<b>Total (€ HT)</b>							<b>0,0</b>	<b>627,1</b>	<b>124 724,6</b>	<b>3 511,5</b>	<b>47 503,6</b>	<b>7 901,0</b>	<b>6 019,8</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,0</b>

**Activité bâtiment F**

		vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcout sur la base ISDI 30 €/m3 pour les terres et 120€/m3 pour les boues										
							Prix filière spécifique boues non polluées (€/m3)	ISDI (€/m3)	ISDND (€/t)	Surcout ISDND terres (€/t)	Surcout ISDND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcout Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)	Surcout Biocentre terres (€/t)	DT (€/t)	Surcout DT terres (€/t)
							120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90	73,33	200	183,33
Longrine		17,05	S12 (2013) T11 (2018)	Mx brut - Remblais	11,37	5,68		341,00				716,10	545,60				
Pieux	diam 80	18,1	S12 (2013) T11 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	18,1	0	2 172,00										
	diam 70	69,27	S12 (2013) T11 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	69,27	0	8 312,40										
Tête de pieux		12,66	S12 (2013) T11 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	12,66	0	1 519,20										
<b>Total (€ HT)</b>							<b>12 003,6</b>	<b>341,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>716,1</b>	<b>545,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

**Résidence bâtiment B**

		vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcout sur la base ISDI 30 €/m3 pour les terres et 120€/m3 pour les boues										
							Prix filière spécifique boues non polluées (€/m3)	ISDI (€/m3)	ISDND (€/t)	Surcout ISDND terres (€/t)	Surcout ISDND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcout Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)	Surcout Biocentre terres (€/t)	DT (€/t)	Surcout DT terres (€/t)
							120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90	73,33	200	183,33
Longrine		14,66	T6 (2018)	Mx brut - Remblais	9,77	4,89		293,20				615,72	469,12				
Pieux	diam 60	10,18	T6 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	10,18	0	1 221,60										
	diam 50	35,34	T6 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	35,34	0	4 240,80										
Tête de pieux		6,58	T6 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	6,58	0	789,60										
<b>Total (€ HT)</b>							<b>6 252,0</b>	<b>293,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>615,7</b>	<b>469,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

**Résidence bâtiment D**

		vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcout sur la base ISDI 30 €/m3 pour les terres et 120€/m3 pour les boues										
							Prix filière spécifique boues non polluées (€/m3)	ISDI (€/m3)	ISDND (€/t)	Surcout ISDND terres (€/t)	Surcout ISDND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcout Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)	Surcout Biocentre terres (€/t)	DT (€/t)	Surcout DT terres (€/t)
							120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90	73,33	200	183,33
Longrine		13,92	S24 (2013) T6 (2018)	Mx brut - Remblais	9,28	4,64		278,40				584,64	445,44				
Pieux	diam 60	10,18	S24 (2013) T6 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	10,18	0	1 221,60										
	diam 50	35,34	S24 (2013) T6 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	35,34	0	4 240,80										
Tête de pieux		6,58	S24 (2013) T6 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	6,58	0	789,60										
<b>Total (€ HT)</b>							<b>6 252,0</b>	<b>278,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>584,6</b>	<b>445,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>



**Résidence bâtiment G**

	vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcout sur la base ISDI 30 €/m <sup>3</sup> pour les terres et 120€/m <sup>3</sup> pour les boues								DT (€/t)	Surcout DT terres (€/t)			
						Prix filière spécifique boues non polluées (€/m <sup>3</sup> )	ISDI (€/m <sup>3</sup> )	ISDND (€/t)	Surcout ISDND terres (€/t)	Surcout ISDND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcout Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)			Surcout Biocentre terres (€/t)		
						120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90			73,33	200	183,33
Longrine	13,92	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais	9,28	4,64		278,40				584,64	445,44						
Pieux	diam 60	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	10,18	0	1 221,60												
	diam 50	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	35,34	0	4 240,80												
Tête de pieux	6,58	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	6,58	0	789,60												
<b>Total (€ HT)</b>						<b>6 252,0</b>	<b>278,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>584,6</b>	<b>445,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

**Résidence bâtiment C**

	vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcout sur la base ISDI 30 €/m <sup>3</sup> pour les terres et 120€/m <sup>3</sup> pour les boues								DT (€/t)	Surcout DT terres (€/t)			
						Prix filière spécifique boues non polluées (€/m <sup>3</sup> )	ISDI (€/m <sup>3</sup> )	ISDND (€/t)	Surcout ISDND terres (€/t)	Surcout ISDND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcout Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)			Surcout Biocentre terres (€/t)		
						120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90			73,33	200	183,33
Longrine	16,74	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais	11,16	5,58		334,80				703,08	535,68						
Pieux	diam 60	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	15,27	0	1 832,40												
	diam 50	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	42,41	0	5 089,20												
Tête de pieux	8,33	S23-S25 (2013) T2 (2018)	Mx brut - Remblais + siccité	8,33	0	999,60												
<b>Total (€ HT)</b>						<b>7 921,2</b>	<b>334,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>703,1</b>	<b>535,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

**Résidence bâtiment J**

	vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcout sur la base ISDI 30 €/m <sup>3</sup> pour les terres et 120€/m <sup>3</sup> pour les boues								DT (€/t)	Surcout DT terres (€/t)			
						Prix filière spécifique boues non polluées (€/m <sup>3</sup> )	ISDI (€/m <sup>3</sup> )	ISDND (€/t)	Surcout ISDND terres (€/t)	Surcout ISDND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcout Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)			Surcout Biocentre terres (€/t)		
						120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90			73,33	200	183,33
Longrine	17,04	Pas de sondage S11-S12 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - FS/5	8,52	8,52		255,60				1 073,52	817,92						
Pieux	diam 70	Pas de sondage S11-S12 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - FS/5 + siccité	13,85	0	1 662,00												
	diam 50	Pas de sondage S11-S12 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - FS/5 + siccité	38,88	0	4 665,60												
Tête de pieux	7,63	Pas de sondage S11-S12 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - FS/5 + siccité	7,63	0	915,60												
<b>Total (€ HT)</b>						<b>7 243,2</b>	<b>255,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1 073,5</b>	<b>817,9</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

**Résidence bâtiment H**

	vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcout sur la base ISDI 30 €/m <sup>3</sup> pour les terres et 120€/m <sup>3</sup> pour les boues								DT (€/t)	Surcout DT terres (€/t)			
						Prix filière spécifique boues non polluées (€/m <sup>3</sup> )	ISDI (€/m <sup>3</sup> )	ISDND (€/t)	Surcout ISDND terres (€/t)	Surcout ISDND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcout Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)			Surcout Biocentre terres (€/t)		
						120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90			73,33	200	183,33
Longrine	17,04	Pas de sondage T1 (2018) à prox	Mx brut - Remblais - + siccité	11,36	5,68		340,80				715,68	545,28						
Pieux	diam 70	Pas de sondage T1 (2018) à prox	Mx brut - Remblais - + siccité	13,85	0	1 662,00												
	diam 50	Pas de sondage T1 (2018) à prox	Mx brut - Remblais - + siccité	38,88	0	4 665,60												
Tête de pieux	7,63	Pas de sondage T1 (2018) à prox	Mx brut - Remblais - + siccité	7,63	0	915,60												
<b>Total (€ HT)</b>						<b>7 243,2</b>	<b>340,8</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>715,7</b>	<b>545,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

**Résidence bâtiment K**

	vol béton (m3)	Sondages	Impacts	Volume sans impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Volume avec impact (hypothèse BGP au 14/06/18)	Prix Filières (prix approximatif sans consultation avec TGAP 2018 et sans impact SGP) et surcout sur la base ISDI 30 €/m <sup>3</sup> pour les terres et 120€/m <sup>3</sup> pour les boues								DT (€/t)	Surcout DT terres (€/t)			
						Prix filière spécifique boues non polluées (€/m <sup>3</sup> )	ISDI (€/m <sup>3</sup> )	ISDND (€/t)	Surcout ISDND terres (€/t)	Surcout ISDND boues (€/t)	Plateforme de tri et de transit (€/t)	Surcout Plateforme terres (€/t)	Biocentre (€/t)			Surcout Biocentre terres (€/t)		
						120	30	110	93,33	43,33	70	53,33	90			73,33	200	183,33
Longrine	18,24	Pas de sondage S12-S13 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - mx less - FS/5	9,12	9,12		273,60				1 149,12	875,52						
Pieux	diam 70	Pas de sondage S12-S13 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - mx less - FS/5 + siccité	20,78	0	2 493,60												
	diam 50	Pas de sondage S12-S13 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - mx less - FS/5 + siccité	42,41	0	5 089,20												
Tête de pieux	9,14	Pas de sondage S12-S13 (2016) à prox	Mx brut - Remblais - mx less - FS/5 + siccité	9,14	0	1 096,80												
<b>Total (€ HT)</b>						<b>8 679,6</b>	<b>273,6</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>1 149,1</b>	<b>875,5</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>

Surcout global évacuation longrines et pieux	
Hypothèse basse	71 171,0 €

## **Annexe 16. 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 cancérigène 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 cancérigène.

**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'IEM 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.

## **Annexe 17.**

# **Exemple de mise en place de vide-sanitaire au droit d'un bâtiment existant (document ACI)**

Cette annexe contient 3 pages





# NOTE TECHNIQUE



**Travaux de réhabilitation et de déconstruction du site**

**95 - 99 rue Pierre de Montreuil**

**93100 MONTREUIL**

Maître d'Ouvrage	Assistant Technique
 <p>Directeur technique 3 boulevard Gallieni 92445 ISSY-LES-MOULINEAUX</p> <p>Tél. 01 55 38 25 25 Fax. Mail : <a href="mailto:ma.clement@bouygues-immobilier.com">ma.clement@bouygues-immobilier.com</a></p>	 <p><b>ACI SAS</b> Agence Ile de France – Normandie Pôle Bâtiment &amp; Ingénierie 5 bis rue du Bois 60220 BOUTAVENT</p> <p>Tél. 03 64 19 80 30 Fax. 09 72 59 18 26 Mail : <a href="mailto:sebastien.fauchois@aci-bet.com">sebastien.fauchois@aci-bet.com</a></p>

Affaire N°	Date	Version	Rédacteur
2017-112-93-11-26/1	21/10/2018	V1.1	Sébastien FAUCHOIS

## Objet de la note :

Dans le cadre des travaux de réhabilitation des bâtiments A2, B et G, nous avons précédemment réalisé une étude financière concernant les travaux liés à la pollution des sols dans les bâtiments concernés.

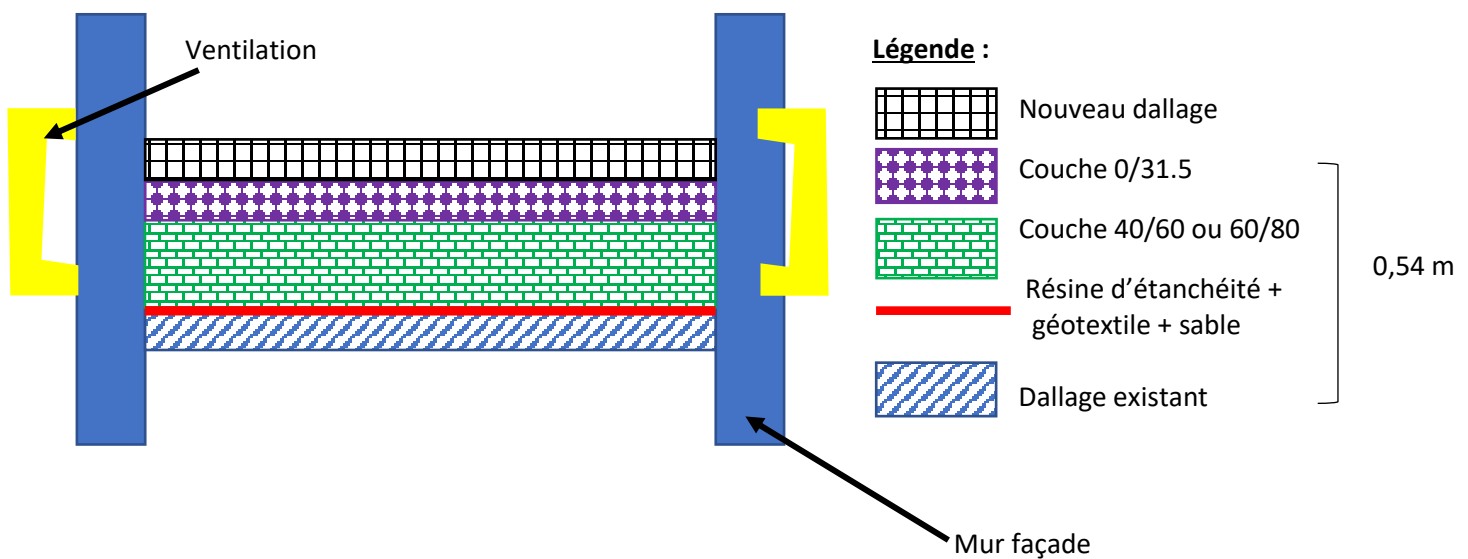
Cette 1<sup>ère</sup> étude fait état d'un coût de travaux très élevé qui, par conséquent, remet en question la faisabilité du projet.

Nous proposons une solution alternative à cette première estimation, sous réserve de validation des différents bureaux d'études et de contrôle. Cette nouvelle mesure serait de maintenir en place le dallage existant et de créer un nouveau dallage au-dessus de l'actuel dallage.

Le tout est de limiter les impacts et interférences sur les bâtiments existants (reprise de fondations, reprise des murs périphériques...), d'éviter de réaliser des micropieux pour porter la nouvelle dalle.

Nous proposons de maintenir le dallage existant en place, sur ce dallage, nous venons de mettre en œuvre une résine d'étanchéité dans le but de limiter les remontées gazeuses dues à la pollution en sous-sol. Après avoir appliqué la résine, nous venons mettre un géotextile, recouvert d'un lit de sable sur une épaisseur de 0,04 m puis une couche de 40/60 ou 60/80 (à définir) sur une épaisseur de 0,25 m maxi puis une couche de 0/31.5 sur une épaisseur de 0,05 m avant de couler le dallage d'une épaisseur de 0,20 m.

En façade, des ouvertures seront créées au niveau de la couche 40/60 ou 60/80 afin d'assurer une ventilation naturelle.



Les avantages seraient :

- Optimisation du coût financier ;
- Optimisation du délai de travaux ;
- De remplacer le dallage porté par un dallage sur « terre-plein » ;
- La limitation des impacts sur les ouvrages existants ;
- La réduction des évacuations des terres polluées.

Les inconvénients seraient :

- Niveau fini des bâtiments + ou – de 0,54 m par rapport au niveau actuel.