



**EPFN**

Ancien site Schocher – Parcelle Cousin Corblin  
ELBEUF (76)

**- Investigations sur les gaz des sols**  
**- Mise à jour de l'ARR post travaux**

Rapport

Réf : CSSPNO211025 / RSSPNO12114-01

NGR / CAL / EL

17/06/2021



GINGER BURGEAP Agence Nord-Ouest • ZAC de la Vente Olivier • Rue du Pré de la Roquette  
76800 Saint-Etienne du Rouvray

Tél : 02.32.81.45.00 • burgeap.rouen@groupeginger.com



**GINGER**  
BURGEAP



## SIGNALÉTIQUE

### CLIENT

<b>RAISON SOCIALE</b>	EPFN
<b>COORDONNÉES</b>	Carré Pasteur 5 rue Montaigne BP1301 76178 ROUEN CEDEX 1
<b>INTERLOCUTEUR</b> <i>(nom et coordonnées)</i>	Johanne MAUGY Tel : 07.64.43.86.09 <a href="mailto:j.maugy@epf-normandie.fr">j.maugy@epf-normandie.fr</a>

### GINGER BURGEAP

<b>ENTITE EN CHARGE DU DOSSIER</b>	GINGER BURGEAP Agence Nord-Ouest ZAC de la Vente Olivier - Rue du Pré de la Roquette 76800 Saint-Etienne du Rouvray Tél : 02.32.81.45.00 • <a href="mailto:burgeap.rouen@groupeginger.com">burgeap.rouen@groupeginger.com</a>
<b>CHEF DU PROJET</b>	Nicolas HUBERT Tél. : 06 74 75 72 80 Email : <a href="mailto:n.hubert@groupeginger.com">n.hubert@groupeginger.com</a>
<b>COORDONNÉES Siège Social</b> <i>SAS au capital de 1 200 000 euros dirigée par Claude MICHELOT</i> <i>SIRET 682 008 222 000 79 / RCS Nanterre B 682 008 222 / Code APE 7112B / CB BNP Neuilly – S/S 30004 01925 00010066129 29</i>	Siège Social 143, avenue de Verdun 92442 ISSY LES MOULINEAUX Tél : 01.46.10.25.70 E-mail : <a href="mailto:burgeap@groupeginger.com">burgeap@groupeginger.com</a>

### RAPPORT

<b>Offre de référence</b>	PSSPNO15997-01 du 01/03/2021
<b>Numéro et date de la commande</b>	N°2021000528 du 09/04/2021
<b>Numéro de contrat / de rapport :</b>	Réf : CSSPNO211025 / RSSPNO12114-01
<b>Numéro d'affaire :</b>	X00191
<b>Domaine technique :</b>	SP05

### SIGNATAIRES

DATE	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Supervision / validation Nom / signature
17/06/2021	01	N.GROSSIER 	C.DUVAL 	E.LANGARD 

## SOMMAIRE

<b>Synthèse technique .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>10</b>
1.1 Objet de l'étude.....	10
1.2 Documents de références .....	10
1.3 Codification des prestations .....	11
<b>2. Localisation du site .....</b>	<b>12</b>
<b>3. Projet d'aménagement .....</b>	<b>12</b>
<b>4. Synthèse des études précédentes .....</b>	<b>13</b>
<b>5. Investigations sur les gaz des sols (A230) (mai 2021).....</b>	<b>23</b>
5.1 Mise en place des piézairs .....	23
5.2 Echantillonnage des gaz des sols.....	23
5.3 Conservation des échantillons .....	24
5.4 Programme analytique sur les gaz des sols .....	24
5.5 Valeurs de référence pour les gaz des sols .....	24
5.6 Résultats et interprétation des analyses sur les gaz des sols .....	25
<b>6. Synthèse des anomalies de concentration et schéma conceptuel .....</b>	<b>29</b>
6.1 Synthèse des anomalies.....	29
6.2 Schéma conceptuel.....	29
<b>7. Analyse des Risques Résiduels (ARR) .....</b>	<b>34</b>
7.1 Contexte et méthodologie .....	34
7.2 Mesures de gestion simples mises en place.....	34
7.3 Composés et concentrations retenues dans les différents milieux .....	35
7.4 Identification des dangers.....	36
7.5 Caractérisation des Relation dose-réponse .....	36
7.6 Estimation des expositions.....	38
7.6.1 Concentrations dans les milieux d'exposition .....	38
7.6.2 Estimation des expositions.....	42
7.7 Quantification des risques sanitaires .....	43
7.7.1 Méthodologie.....	43
7.7.2 Quantification des risques sanitaires résiduels au droit du site .....	43
7.8 Analyse des incertitudes .....	44
<b>8. Synthèse et recommandations .....</b>	<b>47</b>
8.1 Synthèse.....	47
8.2 Recommandations .....	48
<b>9. Limites d'utilisation d'une étude de pollution .....</b>	<b>49</b>

## FIGURES

Figure 1 : Localisation géographique du site d'étude .....	12
Figure 2 : Cartographie des résultats d'analyses sur les bords et fonds de fouille de la zone A .....	17
Figure 3 : Cartographie des résultats d'analyses sur les bords et fonds de fouille de la zone B .....	18
Figure 4 : Cartographie des résultats d'analyses sur les bords et fonds de fouille de la zone G .....	19
Figure 5 : Cartographie des résultats d'analyses sur les bords et fonds de fouille des zones E et F .....	20
Figure 6 : Cartographie des anomalies de concentrations en métaux dans les sols après travaux de réhabilitation .....	21
Figure 7 : Cartographie des résultats d'analyses dans les gaz des sols (avant et après travaux de réhabilitation) .....	22
Figure 8 : Schéma du dispositif de pompage .....	23
Figure 9 : Localisation des piézairs et synthèse des impacts dans les gaz des sols .....	28
Figure 10 : Schéma conceptuel (usage futur) .....	33
Figure 11 : Représentation schématique des différents modèles de calcul des transferts des sols vers l'air intérieur .....	38

## TABLEAUX

Tableau 1 : Contexte environnemental du site .....	13
Tableau 2 : Données sur l'état environnemental du sous-sol .....	14
Tableau 3 : Analyses des gaz des sols .....	24
Tableau 4 : Résultats des analyses des échantillons des gaz des sols .....	26
Tableau 5 : Schéma conceptuel .....	31
Tableau 6 : Concentrations retenues dans les différents milieux pour l'ARR .....	35
Tableau 7 : Valeurs toxicologiques de référence retenues .....	37
Tableau 8 : Paramètres retenus liés au sol .....	39
Tableau 8 : Paramètres retenus liés aux scénarios d'aménagements .....	39
Tableau 10 : Concentrations calculées dans l'air intérieur et extérieur – logements collectifs avec sous-sols (J&E).....	40
Tableau 11 : Concentrations calculées dans l'air intérieur et extérieur – logements individuels avec vide-sanitaire .....	41
Tableau 12 : Budgets espace/temps retenus .....	42
Tableau 13 : Synthèse des QD et ERI – logements collectifs avec parking en sous-sol (J&E).....	44
Tableau 14 : Synthèse des QD et ERI – logements individuels avec vide-sanitaire (VOLASOIL) .....	44
Tableau 15 : Variables générant les incertitudes majeures de l'évaluation .....	45

## ANNEXES

Annexe 1. Propriétés physico-chimiques
Annexe 2. Méthodes analytiques et LQ
Annexe 3. Coupe technique des piézairs
Annexe 4. Fiches d'échantillonnage des gaz du sol
Annexe 5. Bordereaux d'analyse des gaz du sol
Annexe 6. Données toxicologiques
Annexe 7. Relation dose-réponse
Annexe 8. Estimation des concentrations dans les milieux d'exposition
Annexe 9. Détails des calculs de dose et de risque
Annexe 10. Glossaire

## Synthèse technique

CONTEXTE		
Client	EPFN	
Nom / adresse du site	Ancien site Schocher – Parcelle Cousin Corblin ELBEUF (76)	
Contexte de l'étude	Étude réalisée dans le cadre des travaux de réhabilitation environnementale pour le réaménagement du site.	
Projet d'aménagement	En l'état actuel, aucun aménagement précis n'est défini. A terme, la zone sera réhabilitée pour un usage d'habitat collectif ou individuel (non défini) (avec ou sans niveaux de sous-sol). Dans l'attente du réaménagement du site, Rouen Métropole envisage une utilisation transitoire de la zone en espace vert et cheminement piéton uniquement.	
Informations sur le site lui-même	Superficie totale	6 141 m <sup>2</sup>
	Parcelles cadastrales	N°16, 17 18, 217, 218, 249, 280 et 281 de la section AV
	Propriétaire	EPFN
	Exploitant et usage actuel	Aucun
	Environnement proche	Quartier résidentiel
	Historique connu	Des activités de filatures, manufactures et de chaudronnerie ont été exercées au droit du site. Des cuves à fioul enterrées ou en sous-sol étaient localisées au droit du site. En 2020, le site a fait l'objet de travaux de réhabilitation (démolition / gestion des sources de pollution concentrée).
Statut réglementaire	Installation ICPE et régime	Serrurerie-chaudronnerie-tôlerie-plomberie (déclaration)
	Situation administrative	L'éventuelle cessation d'activité n'a pas été communiquée.
Contexte géologique et hydrogéologique	Géologie	Au droit du site, les terrains rencontrés sont les suivants : <ul style="list-style-type: none"> <li>des remblais sableux entre 0,9 et 2 m de profondeur ;</li> <li>les Alluvions Anciennes de basses terrasses (Fyd), constituées de sables et graviers fluviaux, sur une épaisseur d'environ 6 mètres au droit du site ;</li> <li>les formations du Coniacien constituées d'une craie dure, cristalline, blanche ou grise. L'épaisseur totale de cette formation est comprise entre 40 mètres et 50 mètres.</li> </ul>
	Hydrogéologie	Une nappe alluviale est rencontrée vers les 6 m de profondeur au droit du site avec un sens d'écoulement en direction de l'ouest.
Études antérieures	Etat environnemental du site avant travaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 zones de contamination en hydrocarbures totaux pouvant être associées à de fortes teneurs en BTEX et/ou naphthalène :                             <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Au centre du site – autour de la cuve enterrée (ancienne zone 3) :</b> HCT (6436 à 88460 mg/kg en HCT) avec une extension horizontale vers la partie est du site avec un impact (3182,5 mg/kg en HCT) entre 5,5 et 6 m de profondeur SC1-S4. Cette contamination s'étend verticalement au moins jusqu'à la nappe (environ à 6 m de profondeur). Des impacts sont d'ailleurs constatés au droit de la nappe au niveau de l'ouvrage PZ3 et ne semble pas s'étendre sur les ouvrages en aval ;</li> </ul> </li> </ul> <p>La présence de trichloroéthylène et d'hydrocarbures (dont des BTEX) est constaté dans les gaz du sol de ce secteur.</p>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Au sud du site (ancienne zone 4) :</b> Une teneur de 4 133 mg/kg en HCT est constatée au droit du sondage S1-22 (réalisée au droit d'une cave) entre 0 et 2 m de profondeur.</li> <li>• une zone de contamination en solvants chlorés au droit du sondage BGP12 limitée à 1 m de profondeur. Il s'agit majoritairement de trichloroéthylène avec 17 mg/kg ;</li> <li>• la présence probable de zones de contaminations en COHV non identifiées à proximité des ouvrages Pza8, Pza9 et Pza12 dont les teneurs sur gaz du sol sont élevées ;</li> <li>• un bruit de fond en COHV/BTEX sur les gaz du sol et des dépassements en métaux vis-à-vis du fond géochimique sur l'ensemble du site.</li> <li>• des bétons souillés en hydrocarbures en différentes parties du site.</li> </ul>
	<p>Zones de pollution concentrées identifiées au droit du site d'étude</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zone A (entre 0,1 et 1 m), sondage BGP12 (TCE et naphthalène), 100 m<sup>2</sup> / 90 m<sup>3</sup> / 162 T ;</li> <li>• Zone B (entre 0 et 2,6 m), sondage S1-22 (HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, BTEX), 60 m<sup>2</sup> / 180 m<sup>3</sup> / 324 T ;</li> <li>• Zone C (ZNS entre 0 et 1,7 m), sondage S1-13 (HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, BTEX, naphthalène), 54 m<sup>2</sup> / 92 m<sup>3</sup> / 165 T ;</li> <li>• Zone C (ZS entre 1,7 et 3 m), sondage S1-13 (HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, BTEX, naphthalène), 54 m<sup>2</sup> / 70 m<sup>3</sup> / 126 T ;</li> <li>• Zone D (ZNS entre 3,8 et 5,4 m), sondage SC1-S4 (HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>), 95 m<sup>2</sup> / 152 m<sup>3</sup> / 274 T ;</li> <li>• Zone D (ZS entre 5,4 et 6 m), sondage SC1-S4 (HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>), 95 m<sup>2</sup> / 57 m<sup>3</sup> / 103 T ;</li> <li>• Zone E (ZNS entre 1 et 5,4 m), sondage S1-12 (HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> et naphthalène), 75 m<sup>2</sup> / 330 m<sup>3</sup> / 594 T ;</li> <li>• Zone E (ZS entre 5,4 et 6 m), sondage S1-12 (HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> et naphthalène), 75 m<sup>2</sup> / 45 m<sup>3</sup> / 81 T ;</li> <li>• Zone F (ZNS entre 4 et 5,4 m), sondage SC1-S7 (HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>), 41 m<sup>2</sup> / 57 m<sup>3</sup> / 103 T ;</li> <li>• Zone F (ZS entre 5,4 et 6 m), sondage SC1-S7 (HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>), 41 m<sup>2</sup> / 25 m<sup>3</sup> / 44 T ;</li> <li>• Zone G (entre 0 et 1 m), sondage BGP8 (HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>), 36 m<sup>2</sup> / 36 m<sup>3</sup> / 65 T ;</li> </ul>
	<p>Seuils de réhabilitation (Plan de gestion BURGEAP d'avril 2018)</p>	<p>Les seuils de réhabilitation établis pour un usage de logements individuels avec vide-sanitaire ou de logement collectif avec sous-sol (adultes et enfants) sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour les HCT C<sub>10</sub>-C<sub>16</sub> : 100 mg/kg MS ;</li> <li>• Pour les HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> : 500 mg/kg MS ;</li> <li>• Pour les BTEX : 2 mg/kg MS ;</li> <li>• Pour le TCE : 1,5 mg/kg MS.</li> </ul>
	<p>Mesures de gestion à mettre en place à la suite du plan de gestion</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en place d'un vide sanitaire ou d'une géomembrane de drainage afin de limiter la remontée des éléments volatils au droit des logements de plain-pied ;</li> <li>• Mise en place d'un recouvrement des sols par une dalle béton, un enrobé (ou revêtement minéral), 30 cm de terres saines d'apport au droit des espaces verts collectifs et 70 cm au droit des jardins individuels (si présence de potager) ;</li> <li>• Mise en place d'un grillage avertisseur ou un géotextile anti-poinçonnant entre les terres impactées restant sur le site et les terres saines qui seront apportées ;</li> <li>• Mise en place des canalisations d'amenée d'eau potable dans des fosses de sables propres et implantées en dehors des zones impactées. Dans le cas de figure où les canalisations d'eau potable seraient implantées dans des zones impactées, les canalisations devront être métalliques ou en matériaux anti-perméation (type</li> </ul>

		<p>trouche par exemple). En cas de conservation des canalisations existantes, des prélèvements d'eau de robinet devront être réalisées ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interdiction de plantation d'arbre fruitier ;</li> <li>• Gestion appropriée des déblais et béton souillés en cas d'excavation et traçabilité du devenir des déblais et bétons souillés. Nous recommandons de réutiliser les remblais générés sur le site au droit des fosses des zones de pollution concentrées excavées.</li> </ul>
	<p>Gestion des pollutions et autres (scénarios issus du plan de gestion)</p>	<p><b>Scénario 1</b> : Excavation et évacuation hors site des terres avec pompage et traitement des eaux (estimé entre 210 et 320 k€)</p> <p><b>Scénario 2</b> : Excavation et traitement par biotertre des terres impactées en hydrocarbures avec pompage et traitement des eaux (estimé entre 148 et 222 k€)</p> <p><b>Gestion des cuves</b> : Les cuves restantes au droit du dépôt de carburant, dans le cas où leur présence est avérée, devront être dégazées et éliminées dans le cadre du projet de logement (coût estimé à environ 50 k€).</p> <p><b>Gestion des déblais</b> : En prenant en compte une excavation sur 1,5 m au droit du parking semi enterrée, un décapage généralisé de 0,70 m sur l'ensemble du site et une réutilisation des déblais non inertes pour combler les zones de pollutions concentrées. Le coût est estimé à environ 61 k€.</p> <p><b>Gestion des bétons souillés</b> : les bétons souillés devront être évacués hors site. En prenant en compte un maillage de 10 m sur 10 m autour des sondages concernées, le coût d'évacuation est estimé à environ 21 k€.</p>
	<p>Nature des travaux réalisés</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• déconstruction des bâtiments présents sur site ;</li> <li>• démolition des dallages et évacuation hors site en filières agréées selon les teneurs rencontrées ;</li> <li>• extraction et évacuation cuves de stockage de carburant, de canalisations métalliques et des fosses maçonnées associées</li> <li>• terrassement et évacuation hors site des terres issues des zones de pollution concentrée ;</li> <li>• comblement des 2 puits présents sur le site (P1 et P2).</li> </ul> <p>Un total de 2 727,96 tonnes a été évacué vers la plateforme de transit et de traitement de Sotteville-lès-Rouen avec les répartitions suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ISDND : 988,88 t ;</li> <li>• Biocentre : 79 t ;</li> <li>• ISDD : 235,82 t ;</li> <li>• Bétons pollués : 1 424,26 t.</li> </ul>
	<p>Bilan des travaux</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les travaux ont permis la purge des zones de pollution concentrée identifiées au cours des études antérieures. A la réception des travaux, des dépassements des seuils de réhabilitation ont été mis en évidence au droit de la zone E et F en raison des limites techniques, liées à la présence de la nappe vers 6,5 m de profondeur ainsi que la présence d'un puits à la limite sud de la zone impactée ;</li> <li>• Impacts en bord (ouest, sud et nord et/ou fond de fouille de la zone E en hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> (entre 1 200 et 15 000 mg/kg MS), en naphthalène (entre 0,76 et 4,8 mg/kg MS) et en BTEX (4,8 mg/kg MS).</li> </ul>



		<p>exemple). En cas de conservation des canalisations existantes, des prélèvements d'eau de robinet devront être réalisées ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interdiction de plantation d'arbres fruitiers ;</li> <li>• Gestion appropriée des déblais et béton souillés en cas d'excavation et traçabilité du devenir des déblais et bétons souillés. Nous recommandons de réutiliser les remblais générés sur le site au droit des fosses des zones de pollution concentrées excavées ;</li> <li>• Le plan de gestion ainsi que l'analyse des risques résiduels (ARR) devront être mis à jour une fois le plan projet d'aménagement défini.</li> </ul> <p>Dans l'attente de la réhabilitation du site pour un usage d'habitat, le site sera reconverti en espaces verts avec cheminement piéton. En raison des faibles temps d'exposition des usagers de ce cheminement, de la dilution des polluants volatils en air extérieur et de l'absence d'usage des sols (type parc de jeux), le site est jugé compatible en l'état, sous réserve de limiter les envols de poussières par le recouvrement pérenne des sols, via une végétalisation ou recouvrement minéral (gravillonnage, bitume, dallage) ou recouvrement de terres saines.</p>
--	--	--

## 1. Introduction

### 1.1 Objet de l'étude

GINGER BURGEAP a réalisé plusieurs études environnementales entre 2008 et 2009 au droit de l'ancien site SCHOCHER localisé rue Cousin Corblin sur la commune d'ELBEUF (76).

Ces études ont mis en évidence la présence d'impacts en hydrocarbures et COHV dans les sols et les eaux souterraines.

En janvier 2020, l'EPFN, propriétaire du site, a initié les travaux de désamiantage, déconstruction et reprise structurelles de l'ilot Cousin Corblin, travaux confiés à l'entreprise MARELLE, la maîtrise d'œuvre générale étant assurée par ANTEA.

Le marché confié à l'entreprise MARELLE comprend également la gestion des dallages pollués et des zones de pollution concentrée identifiés au cours des études antérieures.

En l'état actuel, aucun aménagement précis n'est défini. A terme, la zone sera réhabilitée pour un usage d'habitat collectif ou individuel (non défini) (avec ou sans niveaux de sous-sol).

Dans l'attente du réaménagement du site, Rouen Métropole envisage une utilisation transitoire de la zone en espace vert et cheminement piéton uniquement.

Les travaux de réhabilitation réalisés par l'entreprise MARELLE se sont déroulés du 14 décembre 2020 au 03 février 2021.

A la suite de ces travaux de réhabilitation, des teneurs résiduelles en hydrocarbures ayant été quantifiées en profondeur dans la zone centrale (vers 6 m de profondeur, dans la zone de battement de la nappe), 2 piézaires ont été mis en place dans le but de mettre à jour l'ARR (objet du présent rapport).

### 1.2 Documents de références

Le site a fait l'objet des études relatives à la qualité des sols suivantes :

- Rapport de diagnostic complémentaire de la qualité du sous-sol, outil d'aide à la décision – rapport BURGEAP référence RSPNO07619-02/CSSPNO173048 du 04/04/2018 ;
- Rapport BURGEAP de fin de travaux de gestion des zones de pollution concentrée, référencé CSSPNO205499 / RSPNO11783-01 daté du 15/06/2021.

### 1.3 Codification des prestations

Le présent rapport est conforme à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 et aux exigences de la norme AFNOR NF X 31-620 1 et 2 : décembre 2018 - « Qualité du sol – Prestations de services relatifs aux sites et sols pollués », pour le domaine A : « Etudes, assistance et contrôle » et le domaine D : « Attestation de prise en compte des mesures de gestion de la pollution des sols et des eaux souterraines dans la conception des projets de construction ou d'aménagement ».

Prestations élémentaires (A) concernées	Objectifs	Prestations globales (A) concernées	Objectifs
<input type="checkbox"/> A100	Visite du site		
<input type="checkbox"/> A110	Etudes historiques, documentaires et mémorielles	<input type="checkbox"/> AMO en phase études	Assister et conseiller son client pendant tout ou partie de la durée du projet, en phase études.
<input type="checkbox"/> A120	Etude de vulnérabilité des milieux	<input type="checkbox"/> LEVE Levée de doute	Le site relève-t-il de la politique nationale de gestion des sites pollués, ou bien est-il « banalisable » ?
<input type="checkbox"/> A130	Elaboration d'un programme prévisionnel d'investigations	<input type="checkbox"/> INFOS	Réaliser les études historiques, documentaires et de vulnérabilité, afin d'élaborer un schéma conceptuel et, le cas échéant, un programme prévisionnel d'investigations.
<input type="checkbox"/> A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols	<input type="checkbox"/> DIAG	Investiguer des milieux (sols, eaux souterraines, eaux superficielles et sédiments, gaz du sol, air ambiant...) afin d'identifier et/ou caractériser les sources potentielles de pollution, l'environnement local témoin, les vecteurs de transfert, les milieux d'exposition des populations et identifier les opérations nécessaires pour mener à bien le projet
<input type="checkbox"/> A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines		
<input type="checkbox"/> A220	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou les sédiments		
<input checked="" type="checkbox"/> A230	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol	<input type="checkbox"/> PG Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site	Etudier, en priorité, les modalités de suppression des pollutions concentrées. Cette prestation s'attache également à maîtriser les impacts et les risques associés (y compris dans le cas où la suppression des pollutions concentrées s'avère techniquement complexe et financièrement disproportionnée) et à gérer les pollutions résiduelles et diffuses. Réalisation d'un bilan coûts-avantages (A330) qui permet un arbitrage entre les différents scénarios de gestion possibles (au moins deux), validés d'un point de vue sanitaire (A320). Préconisations sur la nécessité de réaliser, ou non, les prestations un plan de conception des travaux (PCT), un contrôle de la mise en œuvre des mesures (CONT), un suivi environnemental (SUIVI), la mise en place de restrictions d'usage et la définition des modalités de leur mise en œuvre. Précision des mécanismes de conservation de la mémoire en lien avec les scénarios de gestion proposés
<input type="checkbox"/> A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques		
<input type="checkbox"/> A250	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires		
<input type="checkbox"/> A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées		
<input checked="" type="checkbox"/> A270	Interprétation des résultats des investigations	<input type="checkbox"/> IEM Interprétation de l'Etat des Milieux	La prestation IEM est mise en œuvre en cas de la mise en évidence d'une pollution historique sur une zone où l'usage est fixé (installation en fonctionnement, quartier résidentiel, etc.), la mise en évidence d'une pollution hors des limites d'un site, un signal sanitaire Comparable à une photographie de l'état des milieux et des usages, la prestation IEM vise à s'assurer que l'état des milieux d'exposition est compatible avec les usages existants [9]. Elle permet de distinguer les situations qui ne nécessitent aucune action particulière, peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et leurs usages constatés, nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion
<input type="checkbox"/> A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux		
<input type="checkbox"/> A310	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales	<input type="checkbox"/> SUIVI	Suivi environnemental
<input checked="" type="checkbox"/> A320	Analyse des enjeux sanitaires	<input type="checkbox"/> BQ Bilan quadriennal	Interpréter les résultats des données recueillies au cours des quatre dernières années de suivi Mettre à jour l'analyse des enjeux concernés par le suivi sur la période sur les ressources en eau, environnementales et l'analyse des enjeux sanitaires
<input type="checkbox"/> A330	Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages	<input type="checkbox"/> CONT Contrôles	Vérifier la conformité des travaux d'investigation ou de surveillance Contrôler que les mesures de gestion sont réalisées conformément aux dispositions prévues
<input type="checkbox"/> A400	Dossiers de restriction d'usage, de servitudes	<input type="checkbox"/> XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués
		<input type="checkbox"/> VERIF Evaluation du passif environnemental	Effectuer les vérifications en vue d'évaluer le passif environnemental lors d'un projet d'acquisition d'une entreprise

## 2. Localisation du site

Le site est localisé au centre de la commune d'Elbeuf (76), entouré de logements individuels et collectifs (**Figure 1**).

Il occupe une superficie totale d'environ 6 141 m<sup>2</sup> et est sous forme d'une friche industrielle composé de plusieurs bâtiments et de quelques espaces extérieurs. Des activités de filatures, manufactures et de chaudronnerie ont été exercées au droit du site. Des cuves à fioul enterrées ou en sous-sol étaient localisées au droit du site.

L'accès au site se fait au niveau de la rue Cousin Corblin.



**Figure 1 : Localisation géographique du site d'étude**

## 3. Projet d'aménagement

En l'état actuel, aucun aménagement précis n'est défini. A terme, la zone sera réhabilitée pour un usage d'habitat collectif ou individuel (non défini) (avec ou sans niveaux de sous-sol) avec présence potentielle de jardins potagers.

Dans l'attente du réaménagement du site, Rouen Métropole envisage une utilisation transitoire de la zone en espace vert et cheminement piéton uniquement.

## 4. Synthèse des études précédentes

Le **Tableau 1** ci-dessous résume les données issues du contexte environnemental du site.

**Tableau 1 : Contexte environnemental du site**

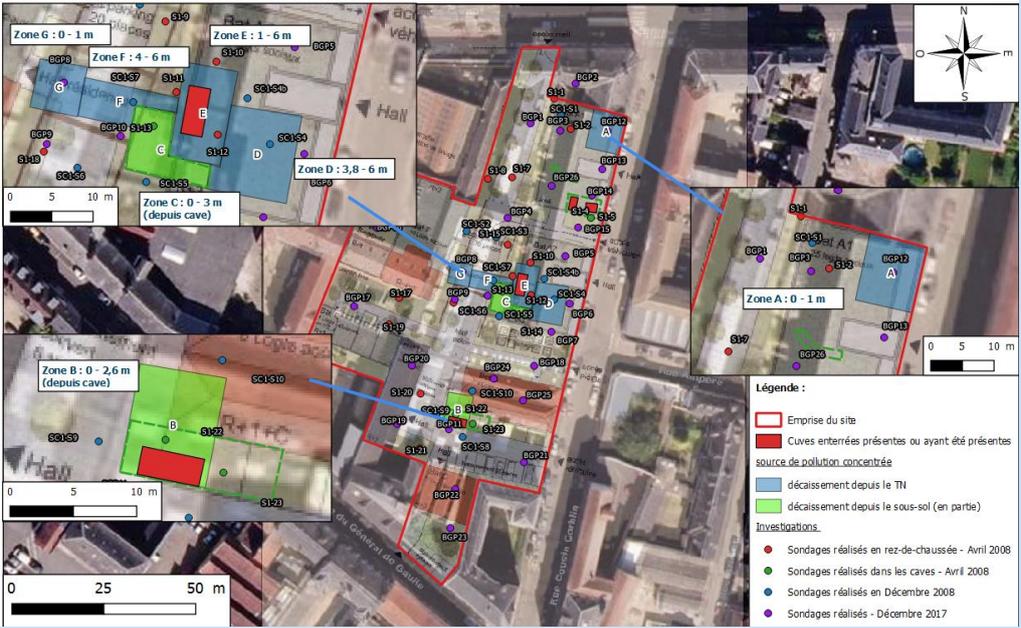
Thème	Éléments mis en évidence	Sources
<i>Contexte géologique</i>	<p>La géologie au droit du site est la suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>des remblais sableux entre 0,9 et 2 m de profondeur ;</li> <li>les Alluvions Anciennes de basses terrasses (Fyd), constituées de sables et graviers fluviaux, sur une épaisseur d'environ 6 mètres au droit du site ;</li> <li>les formations du Coniacien constituées d'une craie dure, cristalline, blanche ou grise. L'épaisseur totale de cette formation est comprise entre 40 mètres et 50 mètres ;</li> <li>les formations du Turonien constituées d'une craie marneuse de couleur blanche crème ou grisâtre. L'épaisseur totale du Turonien est comprise entre 60 mètres et 80 mètres ;</li> <li>les formations du Cénomaniensur une épaisseur de 40 à 45 mètres environ et constituées (de haut en bas) :                     <ul style="list-style-type: none"> <li>des sables glauconieux légèrement argileux ou crayeux sur 3 à 5 mètres d'épaisseur ;</li> <li>des sables glauconieux contenant des rognons de grès glauconieux sur 10 mètres à 15 mètres d'épaisseur ;</li> <li>une craie grise ou blanchâtre contenant des gros rognons de silex noirs.</li> </ul> </li> </ul>	
<i>Contexte hydrogéologique</i>	<p>Les nappes rencontrées au droit du site, de la surface vers la profondeur, sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>la nappe des alluvions contenue dans les Alluvions Anciennes constatée vers 6 m de profondeur au droit du site avec un sens d'écoulement estimée vers le nord-ouest.</li> <li>la nappe contenue dans la craie du Cénomaniens, la base de cet aquifère correspondant aux Argiles du Gault ;</li> <li>la nappe contenue dans la formation des Sables verts de l'Albien. Cette nappe est artésienne à Elbeuf et aurait été exploitée par plusieurs forages dans le passé.</li> </ul>	
<i>Usage des eaux souterraines</i>	<p>D'après les informations fournies par la DDASS de Seine-Maritime et le BRGM, plusieurs captages en eau potable (AEP), industriel (AEI) et individuels sont présents dans le secteur d'étude. Notons également la présence de deux puits (non visité) sur le site Cousin Corblin.</p>	<p>« Etude historique et documentaire – Février 2008 » - rapport référencé n°RPe06920/CPeZ071635</p> <p>Mis à jour avec résultat des diagnostics</p>
<i>Contexte hydrologique</i>	<p>Le secteur d'étude est localisé dans la vallée d'Elbeuf, à environ 600 mètres au Sud de la Seine.</p>	
<i>Sites potentiellement pollués</i>	<p>Le site étudié est répertorié dans la base de données BASIAS. Les sites recensés sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ancienne station-service FINA (HNO7602229) localisé au nord ;</li> <li>Société SCHOCHER D. / ex Béranger frères (HNO7602232) ;</li> <li>Société SCHOCHER / Ex Vacher G tôlerie (HNO7602277) ;</li> <li>Société SCEMAMA, d'anoblissement de textile puis un garage avec un atelier de peinture (HNO7602237).</li> </ul> <p>D'après les fiches BASIAS, les activités de SCHOCHER sont de type serrurerie-chaudronnerie- tôlerie-plomberie et fumisterie de la société Schocher Industrie auraient débuté en 1960-1961 et auraient été soumises à déclaration au titre des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. Le site localisé rue Cousin Corblin aurait accueilli, avant 1961, la Société Anonyme d'Apprêts.</p> <p>De nombreux sites BASIAS sont présent dans un rayon de 500 m autour du site étudié.</p>	
<i>Vulnérabilité et sensibilité de l'environnement</i>	<p><u>Eaux souterraines</u> : La nappe des alluvions est vulnérable face à une pollution provenant du site étudié en raison de la formation perméable. Les puits à usage individuels et/ou domestiques ainsi que les captages AEP sont considéré comme sensible.</p>	

- Investigations sur les gaz des sols
  - Mise à jour de l'ARR post travaux
4. Synthèse des études précédentes

**Tableau 2 : Données sur l'état environnemental du sous-sol**

<b>Etat environnemental du site avant travaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 zones de contamination en hydrocarbures totaux pouvant être associée à de fortes teneurs en BTEX et/ou naphtalène :</li> <li>• Au centre du site – autour de la cuve enterrée (ancienne zone 3) :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les plus fortes teneurs en HCT (6436 à 88 460 mg/kg en HCT) sont relevées au droit des sondages S1-13 (réalisé au droit d'une cave) et S1-12. Une extension horizontale est constatée vers la partie est du site avec un impact (3182,5 mg/kg en HCT) entre 5,5 et 6 m de profondeur SC1-S4 et dans une moindre mesure vers la partie ouest du site à des teneurs moindres (environ 1200 mg/kg) au droit du sondage SC1-S7 ;</li> <li>• Cette zone est délimitée horizontalement par les sondages BGP6 à l'est, SC1-S5 et BGP7 au sud, S1-11, S1-10 et SC1-S4b au nord puis BGP10 et BGP8 à l'ouest qui présentent des teneurs non représentatives d'une contamination ou sous les limites de quantification. Un impact est néanmoins relevé en surface en BGP8 avec 1290 mg/kg mais ne peut être relié à cette contamination ;</li> <li>• cette contamination s'étend verticalement au moins jusqu'à la nappe (environ à 6 m de profondeur). Des impacts sont d'ailleurs constatés au droit de la nappe au niveau de l'ouvrage PZ3 et ne semble pas s'étendre sur les ouvrages en aval ;</li> <li>• la présence de trichloroéthylène et d'hydrocarbures (dont des BTEX) est constaté dans les gaz du sol de ce secteur.</li> </ul> </li> <li>• Au sud du site (ancienne zone 4) :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une teneur de 4 133 mg/kg en HCT est constatée au droit du sondage S1-22 (réalisée au droit d'une cave) entre 0 et 2 m de profondeur ;</li> <li>• Cette contamination est ponctuelle et délimitée horizontalement par les sondages BGP11 au sud, S1-23 à l'est, SC1-S9 à l'ouest et SC1-S10 au nord qui présentent des teneurs non représentatives d'une contamination ou sous les limites de quantification.</li> </ul> </li> <li>• une zone de contamination en solvants chlorés au droit du sondage BGP12 limitée à 1 m de profondeur. Il s'agit majoritairement de trichloroéthylène avec 17 mg/kg ;</li> <li>• la présence probable de zones de contaminations en COHV non identifiées à proximité des ouvrages Pza8, Pza9 et Pza12 dont les teneurs sur gaz du sol sont élevées ;</li> <li>• un bruit de fond en COHV/BTEX sur les gaz du sol et des dépassements en métaux vis-à-vis du fond géochimique sur l'ensemble du site.</li> <li>• des bétons souillés en hydrocarbures en différentes parties du site.</li> </ul>										
	La localisation des zones de pollution et leur dimensionnement sont présentés ci-après.										
	Zone	Repère pris en compte pour le decassement	Profondeur impactée à excaver (m)	Piézomètre le plus proche (m/TN)	Epaisseur (m)	Sondages	Teneurs maximales	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume de terres non impactées concerné (m <sup>3</sup> )	Volume de terres impactées (m <sup>3</sup> )	Tonnage de terres impactées (T)
	A	TN	ZNS = 0,1 - 1	P1 = 5,24	0,9	BGP12	TCE = 17 mg/kg Naphtalène = 0,62 mg/kg	100	0	90	162
	B (1)	cave à - 3,2 m/TN	ZNS = 0 - 2,6	P21 = 5,79	3	S1-22	HCT C10C40 = 4133 mg/kg HC C10C16 = 1840 mg/kg BTEX = 3,44 mg/kg	60	0	180	324
	C	cave à -3,7 m/TN	ZNS = 0 - 1,7	P23 = 5,36	1,7	S1-13	HCT C10C40 = 6436 mg/kg HC C10C16 = 2660 mg/kg BTEX = 4,6 mg/kg Naphtalène = 4,3 mg/kg	54	0	92	165
			ZS = 1,7 - 3		1,3				0	70	126
	D	TN	non impacté = 0 - 3,8	P23 = 5,36	3,8	SC1-S4	<del>HCT = 3182,5 mg/kg HC C10C16 = 1360 mg/kg</del>	95	361	<del>152</del>	<del>274</del>
			ZNS = 3,8 - 5,4		1,6				0	57	103
			ZS = 5,4 - 6		0,6				0	0	0
E	TN	non impacté = 0 - 1	P23 = 5,36	1	S1-12	<del>HCT = 88460 mg/kg Naphtalène = 16 mg/kg</del>	75	75	<del>330</del>	<del>81</del>	
		ZNS = 1 - 5,4		4,4				0	45	81	
		ZS = 5,4 - 6		0,6				0	0	0	
F	TN	non impacté = 0 - 4	P23 = 5,36	4	SC1-S7	<del>HCT = 1198 mg/kg HC C10C16 = 464 mg/kg</del>	41	164	<del>57</del>	<del>103</del>	
		ZNS = 4 - 5,4		1,4				0	25	44	
		ZS = 5,4 - 6		0,6				0	0	0	
G	TN	ZNS = 0 - 1	P23 = 5,36	1	BGP8	HCT = 1290 mg/kg HC C10C16 = 97 mg/kg	36	0	36	65	
<b>Total :</b>								<b>600</b>	<b>1134</b>	<b>2041</b>	

- Investigations sur les gaz des sols
  - Mise à jour de l'ARR post travaux
4. Synthèse des études précédentes

	 <p style="text-align: center;"><b>Zones de pollution concentrée (GINGER BURGEAP, 2018)</b></p> <p><u>Les résultats d'analyses réalisées sur les eaux souterraines mettent en évidence les points suivants :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• une contamination en HCT (principalement fraction C<sub>12</sub>-C<sub>24</sub>) est constatée au droit de l'ouvrage Pz3 et peut être corrélée à la contamination dans les sols identifiée dans la partie centrale du site. Les teneurs sont nettement supérieures à la précédente campagne. Notons toutefois qu'une baisse des concentrations en naphthalène et benzène est constatée vis-à-vis de la précédente campagne. Cette contamination ne semble pas s'étendre au droit des ouvrages situés en aval (notamment PZ2).</li> <li>• des sulfates sont présents au droit de Pz5 ;</li> <li>• des traces et/ou des valeurs inférieures aux limites de quantification du laboratoire pour les ouvrages P1, Pz1, Pz2 et Pz4.</li> </ul>
<p><b>Seuils de réhabilitation (Plan de gestion BURGEAP d'avril 2018)</b></p>	<p>Les seuils de réhabilitation établis pour un usage de logements individuels avec vide-sanitaire ou de logement collectif avec sous-sol (adultes et enfants) sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour les HCT C<sub>10</sub>-C<sub>16</sub> : 100 mg/kg MS ;</li> <li>• Pour les HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> : 500 mg/kg MS ;</li> <li>• Pour les BTEX : 2 mg/kg MS ;</li> <li>• Pour le TCE : 1,5 mg/kg MS.</li> </ul>
<p><b>Mesures de gestion à mettre en place</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en place d'un vide sanitaire ou d'une géomembrane de drainage afin de limiter la remontée des éléments volatils au droit des logements de plain-pied ;</li> <li>• mise en place d'un recouvrement des sols par une dalle béton, un enrobé (ou revêtement minéral), 30 cm de terres saines d'apport au droit des espaces verts collectifs et 70 cm au droit des jardins individuels (si présence de potager) ;</li> <li>• Mise en place d'un grillage avertisseur ou un géotextile anti-poinçonnant entre les terres impactées restant sur le site et les terres saines qui seront apportées</li> <li>• Mise en place des canalisations d'aménée d'eau potable dans des fosses de sables propres et implantées en dehors des zones impactées. Dans le cas de figure où les canalisations d'eau potable seraient implantées dans des zones impactées, les canalisations devront être métalliques ou en matériaux anti-perméation (type tricouche par exemple). En cas de conservation des canalisations existantes, des prélèvements d'eau de robinet devront être réalisés ;</li> <li>• Interdiction de plantation d'arbre fruitier ;</li> <li>• Gestion appropriée des déblais et béton souillés en cas d'excavation et traçabilité du devenir des déblais et bétons souillés. Nous recommandons de réutiliser les remblais générés sur le site au droit des fosses des zones de pollution concentrées excavées.</li> </ul>
<p><b>Nature des travaux réalisés</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• déconstruction des bâtiments présents sur site ;</li> <li>• terrassement et évacuation hors site des terres issues des zones de pollution concentrée ainsi que les bétons issus des dallages ;</li> <li>• comblement des 2 puits présents sur le site (P1 et P2) ;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• extraction et évacuation cuves de stockage de carburant, de canalisations métalliques et des fosses maçonnées associées. ;</li> <li>• remblaiement avec des bétons concassés (granulométrie 0-31,5 mm) sans compactage.</li> </ul>
<b>Bilan des travaux                  (cf. Figures 2 à 7)</b>	<p>Les travaux ont permis la purge des zones de pollution concentrée identifiées au cours des études antérieures. A la réception des travaux, des dépassements des seuils de réhabilitation ont été mis en évidence au droit de la zone E et F en raison des limites techniques, liées à la présence de la nappe vers 6,5 m de profondeur ainsi que la présence d'un puits à la limite sud de la zone impactée.</p> <p>Ces travaux ont permis la purge des zones de pollution concentrée identifiées au cours des études antérieures. A la réception des travaux, des dépassements des seuils de réhabilitation ont été mis en évidence au droit de la zone E et F en raison des limites techniques, liées à la présence de la nappe vers 6,5 m de profondeur ainsi que la présence d'un puits à la limite sud de la zone impactée, à savoir : des impacts en bord (ouest, sud et nord et/ou fond de fouille de la zone E en hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> (entre 1 200 et 15 000 mg/kg MS), en naphthalène (entre 0,76 et 4,8 mg/kg MS) et en BTEX (4,8 mg/kg MS).</p> <p>Les fouilles ont été remblayées avec du béton concassé.</p>
<b>Qualité                  environnementale                  du site après                  travaux de                  réhabilitation                  (cf. Figures 2 à 7)</b>	<p>Après travaux de réhabilitation, il subsiste des impacts en HCT, BTEX, HAP, COHV au droit du site dans les sols ainsi que les gaz des sols.</p> <p>On notera également des dépassements du bruit de fond géochimique en métaux (dont des teneurs en plomb supérieures à 100 mg/kg MS (seuil de vigilance établi par le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP)).</p>

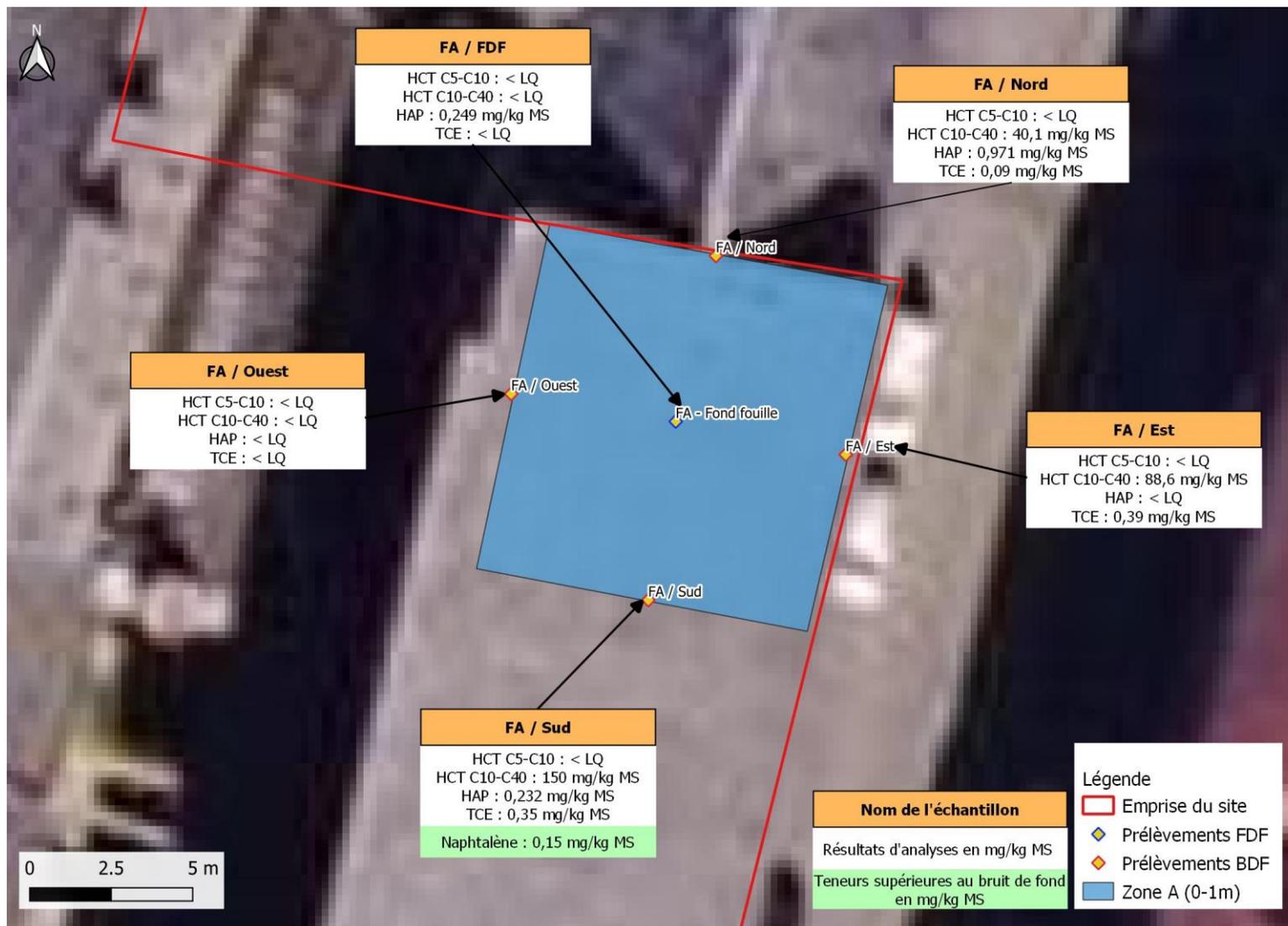
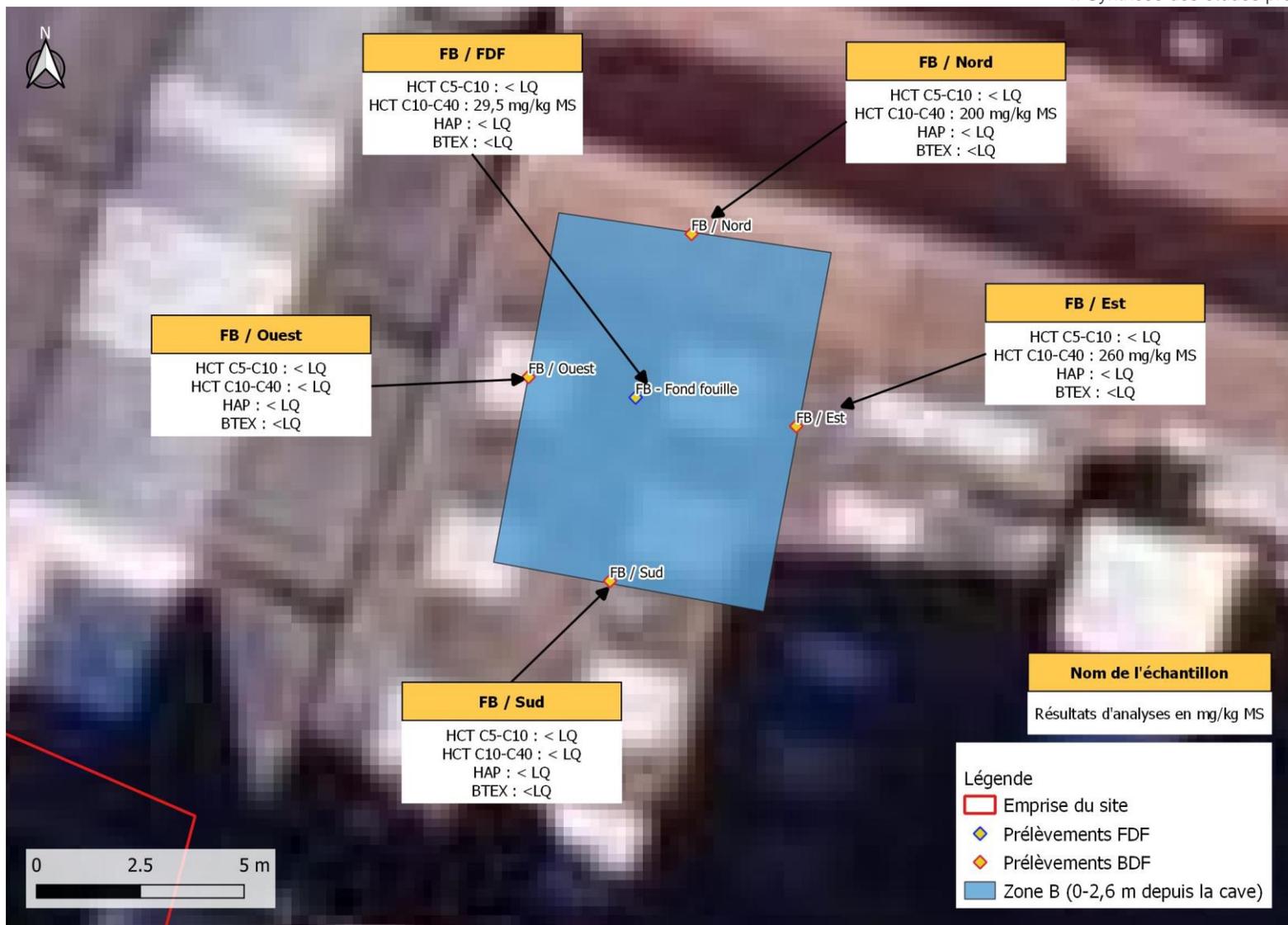


Figure 2 : Cartographie des résultats d'analyses sur les bords et fonds de fouille de la zone A

- Investigations sur les gaz des sols
  - Mise à jour de l'ARR post travaux
4. Synthèse des études précédentes



**Figure 3 : Cartographie des résultats d'analyses sur les bords et fonds de fouille de la zone B**

- Investigations sur les gaz des sols
  - Mise à jour de l'ARR post travaux
4. Synthèse des études précédentes

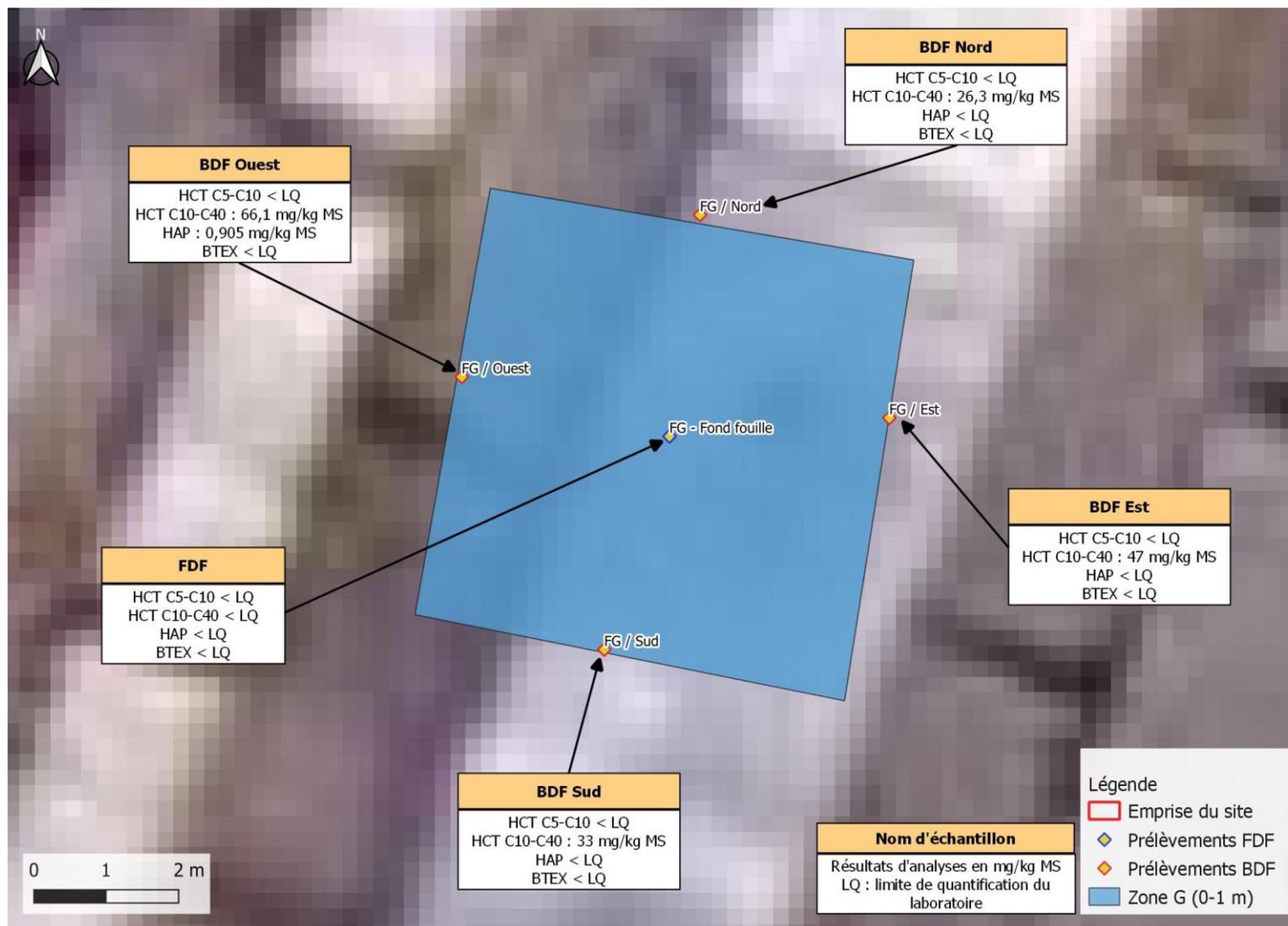


Figure 4 : Cartographie des résultats d'analyses sur les bords et fonds de fouille de la zone G

- Investigations sur les gaz des sols
  - Mise à jour de l'ARR post travaux
4. Synthèse des études précédentes

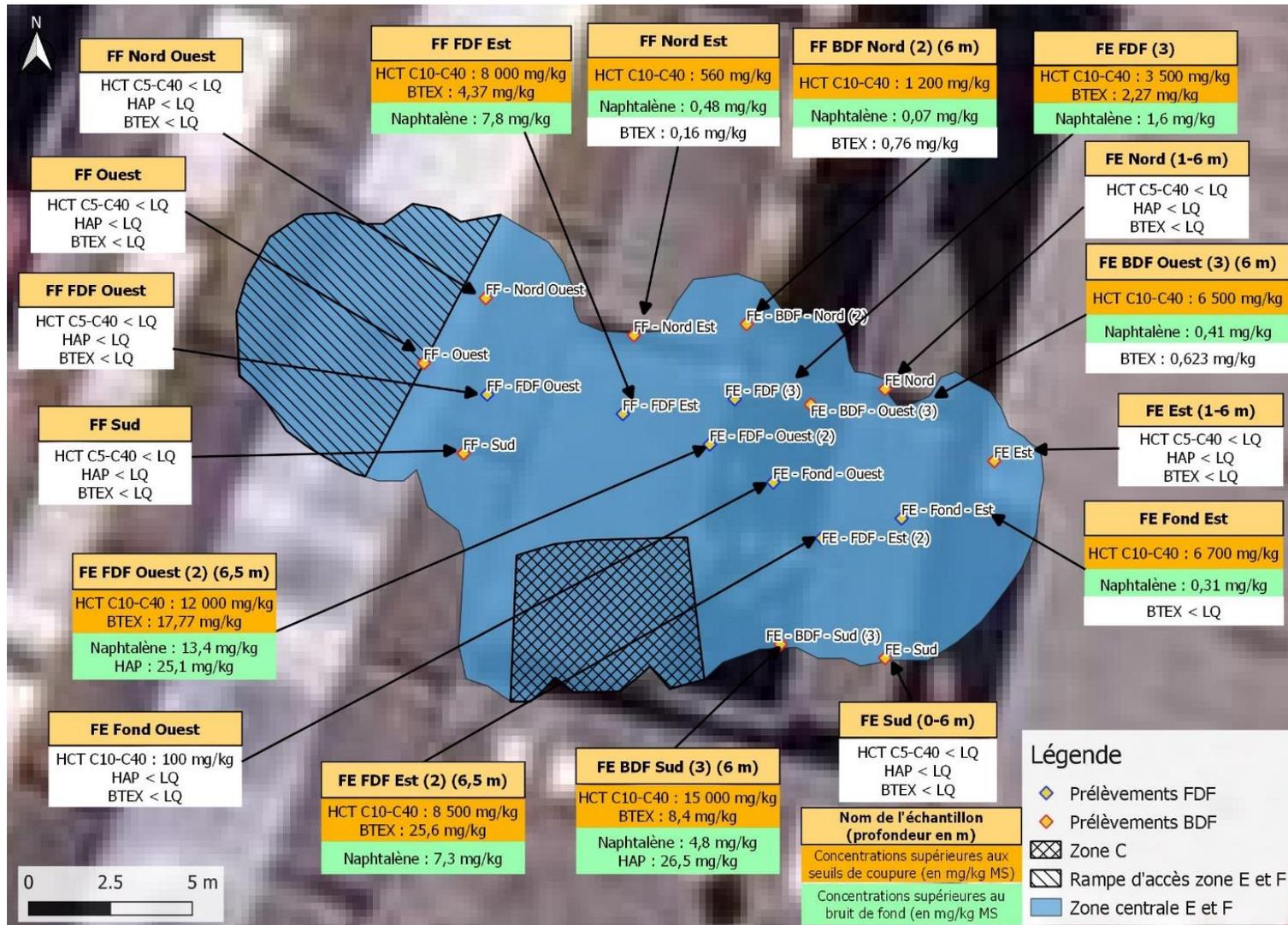


Figure 5 : Cartographie des résultats d'analyses sur les bords et fonds de fouille des zones E et F

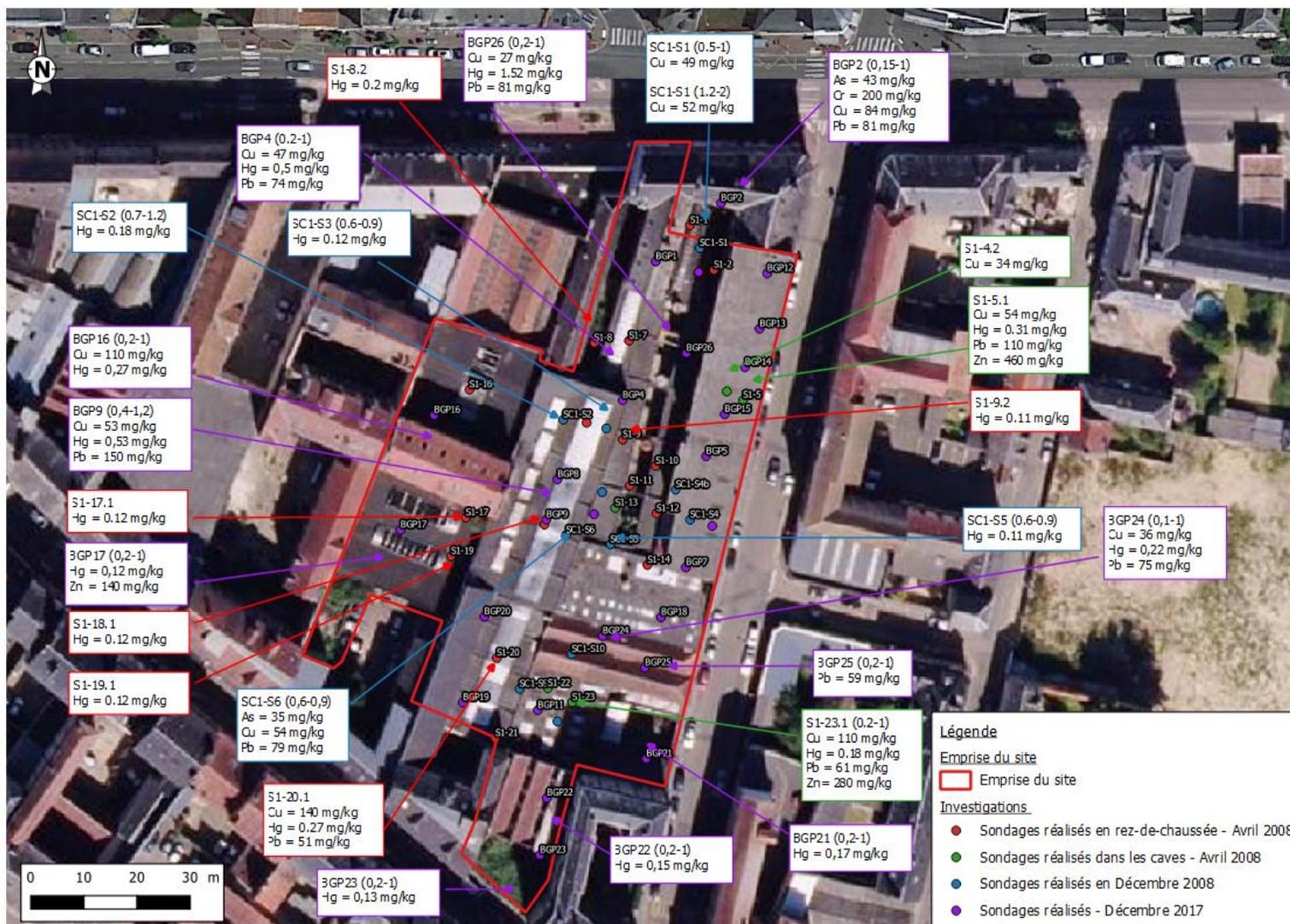


Figure 6 : Cartographie des anomalies de concentrations en métaux dans les sols après travaux de réhabilitation

- Investigations sur les gaz des sols
  - Mise à jour de l'ARR post travaux
4. Synthèse des études précédentes

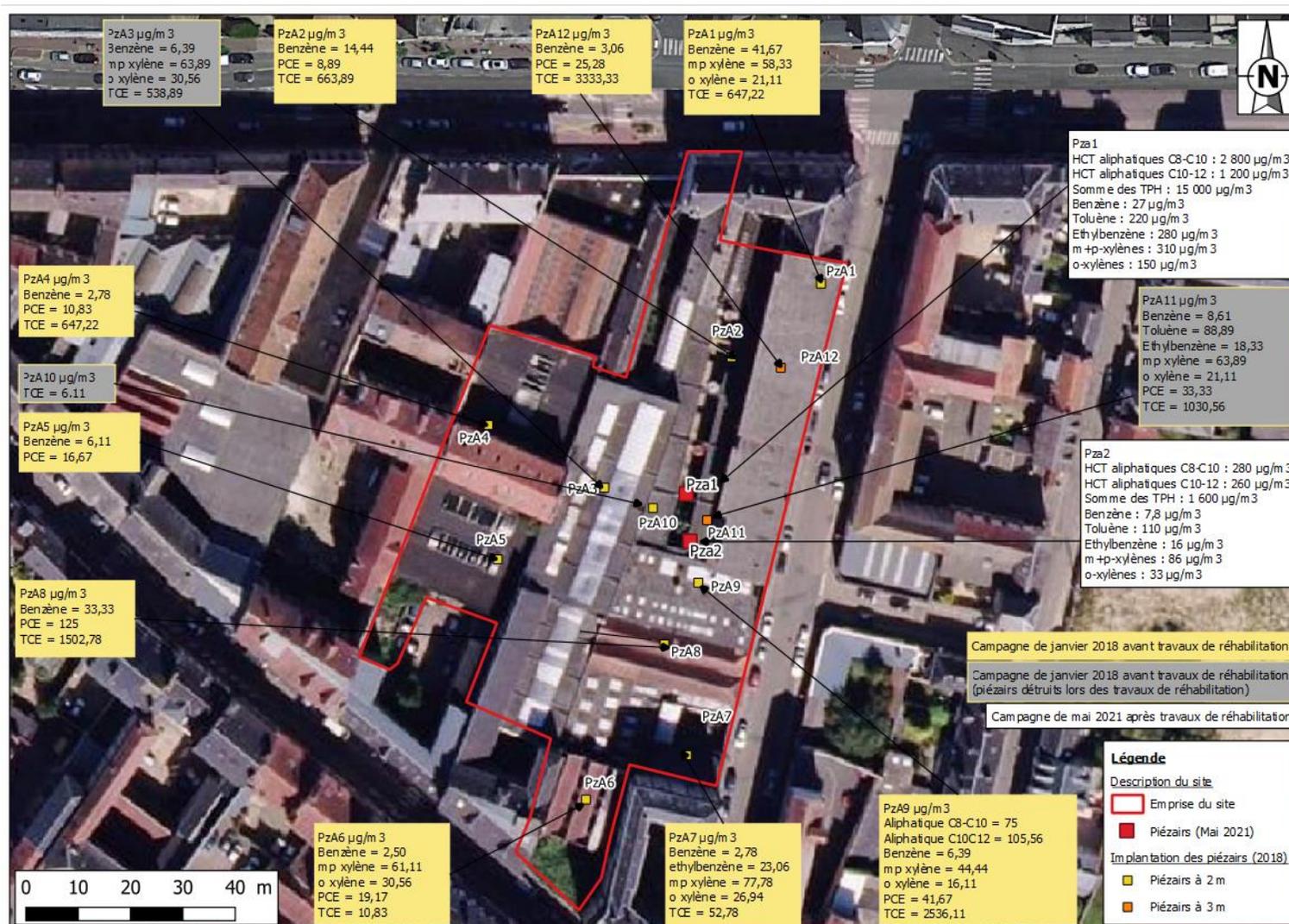


Figure 7 : Cartographie des résultats d'analyses dans les gaz des sols (avant et après travaux de réhabilitation)

## 5. Investigations sur les gaz des sols (A230) (mai 2021)

### 5.1 Mise en place des piézairis

Afin d'étudier un éventuel dégazage en sous-sol des composés volatils, 2 piézairis de 4,5 mètres de profondeur ont été mis en place par la société ATME le 04/05/2021. Ils sont localisés en **Figure 9**.

Le piézair Pza1 a été implanté à proximité des bords de fouille ouest et nord (teneurs en HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> comprises entre 1 200 et 6 500 mg/kg MS, teneurs en naphthalène comprises entre 0,41 et 0,76 mg/kg MS) et à proximité du fond de fouille présentant des teneurs en HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> de 3 500 mg/kg et naphthalène de 1,6 mg/kg MS.

Le piézair Pza2 a été implanté à proximité du bord de fouille sud présentant des teneurs en HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> de 15 000 mg/kg MS, naphthalène de 4,8 mg/kg MS et BTEX de 8,4 mg/kg MS.

Les coupes techniques des piézairis sont disponibles en **Annexe 3**.

Les cuttings de forage ont été laissés sur place.

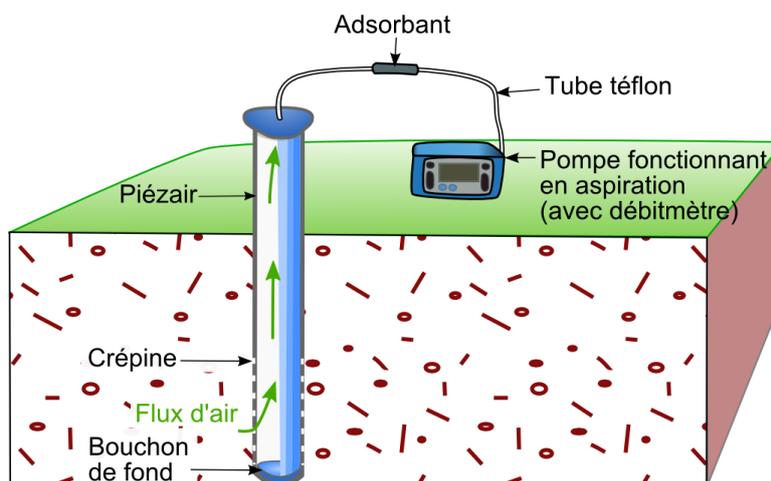
Aucun indice de pollution n'a été mis en évidence lors de la foration.

### 5.2 Echantillonnage des gaz des sols

Les prélèvements d'air du sol ont été réalisés le 04/05/2021 par un intervenant de GINGER BURGEAP, par pompage à un débit de l'ordre de 0,2 L/min pendant 3 h (cf. **Annexe 4**). Le support adsorbant utilisé est un tube de charbon actif.

La durée de prélèvement a été choisie de manière à obtenir des limites de quantification pertinentes au regard des valeurs de comparaison choisies et des données disponibles sur l'état du milieu souterrain.

Les piézairis ont préalablement été purgés au même débit sur une durée comprise entre 10 et 20 minutes.



**Figure 8 : Schéma du dispositif de pompage**

Durant les prélèvements, la pression atmosphérique et la température ambiante ont été relevées et reportées sur les fiches de prélèvement de gaz du sol (**Annexe 4**).

### ► Conditions météorologiques

Le paragraphe suivant présente une synthèse des conditions météorologiques avant et lors des prélèvements et leur incidence sur les conditions de prélèvement :

- L'absence de précipitation observée lors de la période de prélèvement sont favorables au prélèvement des gaz de sol.
- Les températures observées lors des périodes de prélèvement (comprises entre 14 et 17°C) sont favorables au prélèvement des gaz de sol.
- La pression atmosphérique observée lors des prélèvements étaient fluctuantes et comprises entre 997 et 1 018 hPa, cela peut avoir une influence défavorable à la volatilisation des composés présents dans les sols.
- Les vitesses de vent (6 à 7 m/s) observées lors des périodes de prélèvement ont un impact neutre à majorant sur le dégazage.

### 5.3 Conservation des échantillons

Les supports adsorbants ont été stockés en glacière réfrigérée jusqu'à leur arrivée au laboratoire.

### 5.4 Programme analytique sur les gaz des sols

Les analyses chimiques ont été réalisées par le laboratoire reconnu par le COFRAC.

**Tableau 3 : Analyses des gaz des sols**

Substances analysées	Nombre d'échantillons analysés
Hydrocarbures par TPH fractions C <sub>5</sub> -C <sub>16</sub>	3
BTEX	3
Naphtalène	3

Ce programme inclut 1 échantillon de blanc de transport (support de prélèvement n'ayant pas servi pour le prélèvement mais appartenant au même lot de fabrication et ayant été transporté sur le site avec les autres supports). Ce blanc a fait l'objet du même programme d'analyse que les autres échantillons.

### 5.5 Valeurs de référence pour les gaz des sols

#### ► Gaz des sols

Il n'y a pas de valeur réglementaire, ni de valeur de bruit de fond pour l'interprétation des concentrations dans les gaz des sols. Ainsi, dans les limites exposées ci-après, les valeurs de comparaison retenues sont celles retenues pour l'air atmosphérique/l'air intérieur (voir § suivant).

Cette comparaison des concentrations en polluants gazeux dans les sols avec les valeurs de référence définies pour l'air atmosphérique et/ou l'air intérieur est réalisée dans le seul objectif de hiérarchiser la pollution des gaz des sols au regard de ses impacts sanitaires potentiels, les gaz des sols ne pouvant être assimilés à l'air atmosphérique. Rappelons qu'un abattement des concentrations d'au minimum 1 à 2 ordres de grandeur (en fonction du contexte) peut être attendu lors du transfert des polluants gazeux depuis les sols vers l'air atmosphérique ou l'air intérieur.

Aussi, si les concentrations en polluants dans les gaz des sols sont inférieures ou du même ordre de grandeur que les valeurs de référence, les polluants volatils présents dans les gaz du sol ne sont pas susceptibles d'induire dans les milieux d'exposition des concentrations en ces mêmes polluants supérieures aux valeurs de référence. Aucune estimation de leur incidence sanitaire ne sera à effectuer.

Si les concentrations en polluants dans les gaz des sols dépassent les valeurs de référence retenues, une estimation des transferts des polluants volatils depuis les sols vers l'air ambiant/l'air intérieur sera nécessaire pour conclure quant aux incidences sanitaires. En l'absence de données sur les modalités de construction et de ventilation du bâti, les concentrations en polluants volatils dans l'air intérieur (et les risques induits) peuvent être estimées en appliquant un facteur d'atténuation de 0,05 ( $C_{AI}/C_{GdS}$ ). Ce facteur précautionneux a été établi par l'US-EPA sur la base d'un grand nombre de mesures effectuées pour diverses configurations constructives. Les concentrations ainsi estimées peuvent être jugées a priori sécuritaires dans le cadre d'une évaluation des risques sanitaires.

Ces valeurs de comparaison sont présentées dans les premières colonnes des tableaux des résultats d'analyse.

### ► Air atmosphérique

Les concentrations mesurées seront comparées :

- aux valeurs réglementaires françaises et européennes définies pour l'air ambiant :
  - air extérieur : décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 (transposition de la directives 2008/50/CE du 21 mai 2008) ;
  - air intérieur : décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011 (annexe de l'article R221-29 du Code de l'Environnement) ;
- aux valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI) de l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) ;
- aux valeurs repères établies par le HCSP (Haut conseil de la santé publique) ;
- aux valeurs guides proposées par l'OMS (Air Quality Guidelines for Europe, 2010) et par le projet INDEX (Critical Appraisal of the setting and implementation of indoor exposures limits in the EU, 2005) ;
- aux valeurs de bruit de fond :
  - percentiles 90 issus de la campagne de mesures de 2006-2007 de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) dans les logements français (air intérieur et extérieur) ;
  - synthèse des données des associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA) ; rapport INERIS DRC-08-94882-15772A de 2009 (air extérieur) ;

**Pour le blanc de transport, les résultats sont comparés aux limites de quantification du laboratoire.**

## 5.6 Résultats et interprétation des analyses sur les gaz des sols

Les résultats des analyses sont présentés dans le **Tableau 4** et synthétisés en **Figure 9**. Les bordereaux des analyses réalisées dans le cadre de ce diagnostic sont présentés en **Annexe 5**.

**Tableau 4 : Résultats des analyses des échantillons des gaz des sols**

		AIR EXTERIEUR			AIR INTERIEUR			Campagne de prélèvement du 10/05/2021	
		Bruit de fond (source OQAI (P90) ou INERIS, 2009 (urbain) )	Valeurs réglementaires - décret n° 2010-1250 (valeur limite/valeur cible)	Valeurs guide OMS	Bruit de fond logement (P90 - source OQAI)	Valeur réglementaire Décret n° 2011-1727	VGAI ANSES , VRAI HCSP, INDEX, VG OMS (1)	Pza1	Pza2
Volume pompé	m <sup>3</sup>							0.036	0.036
<b>Hydrocarbures par TPH</b>									
Aliphatic nC>5-nC6	mg/m3	-	-	-	-	-	-	1.9E+00	9.4E-02
Aliphatic nC>6-nC8	mg/m3	-	-	-	-	-	-	1.4E+00	3.1E-01
Aliphatic nC>8-nC10	mg/m3	-	-	-	0.0291	-	-	2.8E+00	2.8E-01
Aliphatic nC>10-nC12 (1)	mg/m3	0.0098	-	-	0.0336	-	-	1.2E+00	2.6E-01
Aliphatic nC>12-nC16	mg/m3	-	-	-	-	-	-	3.3E-01	5.6E-02
Aromatic nC>6-nC7 benzène	mg/m3	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	2.7E-02	7.8E-03
Aromatic nC>7-nC8 toluène	mg/m3	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	2.2E-01	1.1E-01
Aromatic nC>8-nC10	mg/m3	-	-	-	-	-	-	5.8E+00	4.2E-01
Aromatic nC>10-nC12	mg/m3	-	-	-	-	-	-	1.4E+00	6.1E-02
Aromatic nC>12-nC16	mg/m3	-	-	-	-	-	-	2.5E-01	<5.6E-02
<b>Somme des TPH</b>	mg/m3	-	-	-	-	-	-	1.5E+01	1.6E+00
<b>HAP</b>									
Naphtalène	mg/m3	0.000009			-	-	<b>0.01</b>	<2.8E-03	<2.8E-03
<b>BTEX</b>									
Benzene	mg/m3	0.0022	0.005	0.0017	0.0057	0.002	<u>0.002</u>	2.7E-02	7.8E-03
Toluene	mg/m3	0.009	-	-	0.0469	-	<u>20</u>	2.2E-01	1.1E-01
Ethylbenzene	mg/m3	0.0021	-	-	0.0075	-	<u>1.5</u>	2.8E-01	1.6E-02
m+p - Xylene	mg/m3	0.0056	-	-	0.022	-	<u>0.2</u>	3.1E-01	8.6E-02
o - Xylene	mg/m3	0.0023	-	-	0.0081	-	<u>0.2</u>	1.5E-01	3.3E-02

(1) La valeur de bruit de fond OQAI concerne la somme du n-décane et du n-undécane.

Teneur supérieure à une valeur de bruit de fond (intérieur ou extérieur)

Teneur supérieure à une valeur réglementaire (intérieur ou extérieur)

Les résultats d'analyses mettent en évidence :

- La présence d'hydrocarbures volatils avec une teneur en somme des TPH plus importante en Pza1 (15 mg/m<sup>3</sup>) que Pza2 (1,6 mg/m<sup>3</sup>) ;
- L'absence de naphtalène ;
- Des dépassements des valeurs du bruit de fond (air ambiant intérieur ou extérieur) au droit des Pza1 et Pza2 pour les hydrocarbures aliphatiques C<sub>8</sub>-C<sub>12</sub>, toluène, éthylbenzène, m+p-xylènes et o-xylène ;
- Des dépassements des valeurs réglementaires (air ambiant intérieur ou extérieur) pour le benzène (Pza1 et Pza2) et m+p-xylènes (Pza1) ;
- Le naphtalène mis en évidence dans les sols au droit des bords et fonds de fouille n'a pas été retrouvé dans les prélèvements de gaz des sols.

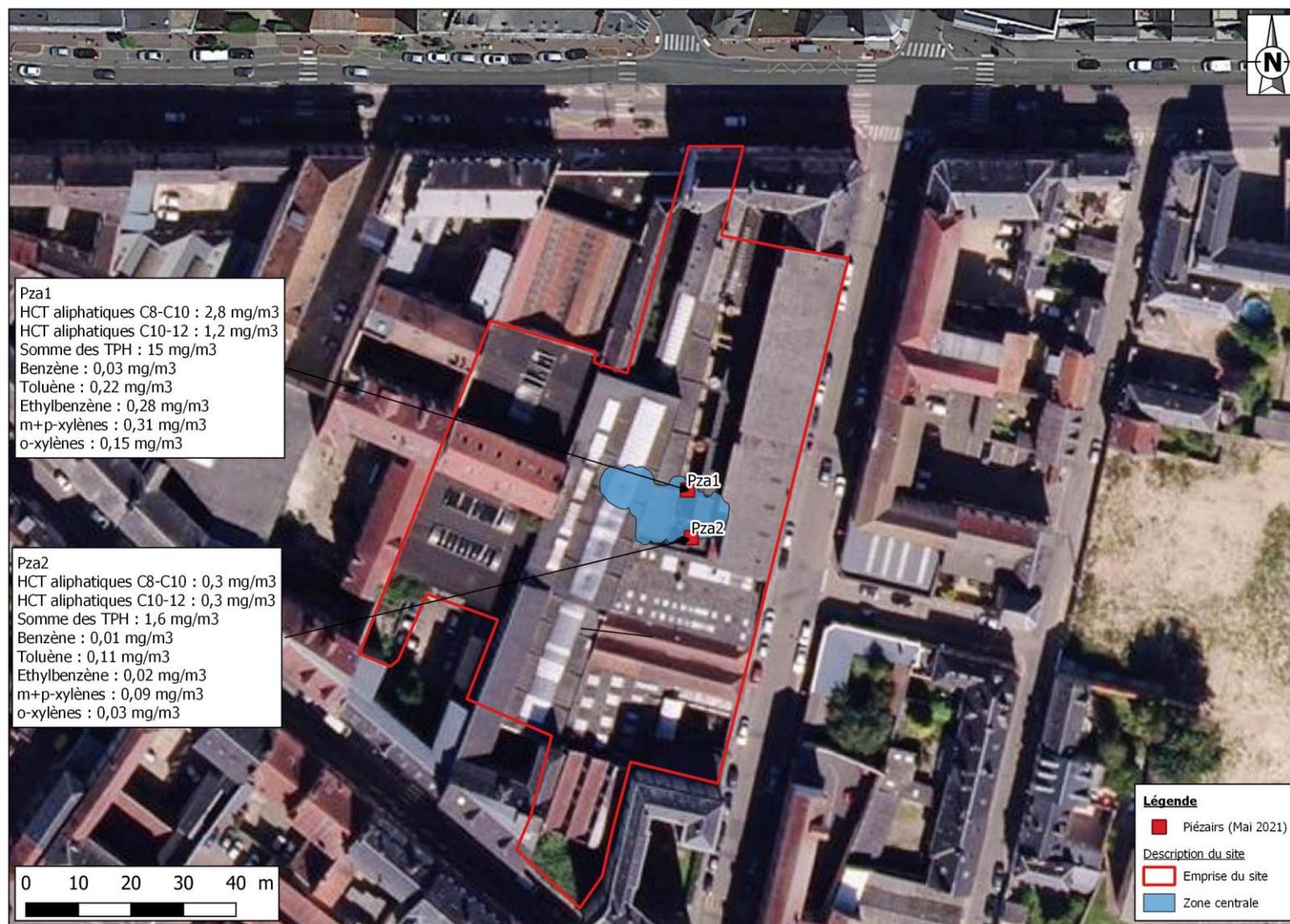


Figure 9 : Localisation des piézairs et synthèse des impacts dans les gaz des sols

## 6. Synthèse des anomalies de concentration et schéma conceptuel

### 6.1 Synthèse des anomalies

Les résultats d'analyses réalisées après travaux de réhabilitation mettent en évidence des dépassements des seuils de réhabilitation au droit de la zone E et F en raison des limites techniques, liées à la présence de la nappe vers 6,5 m de profondeur ainsi que la présence d'un puits à la limite sud de la zone impactée.

Les résultats d'analyses réalisées après travaux de réhabilitation mettent en évidence :

- Sur les sols :
  - Impacts en bord et/ou fond de fouille de la zone E en hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> (entre 1 200 et 15 000 mg/kg MS), en naphthalène (entre 0,76 et 4,8 mg/kg MS) et en BTEX (4,8 mg/kg MS) ;
  - On notera également des dépassements du bruit de fond géochimique en métaux (dont des teneurs en plomb supérieures à 100 mg/kg MS (seuil de vigilance établi par le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP)).
- Sur les gaz des sols :
  - La présence d'hydrocarbures volatils dont BTEX ;
  - La présence de COHV (campagne de janvier 2018, zones non réhabilitées) ;
  - L'absence de naphthalène.
- Sur les eaux souterraines :
  - Les impacts résiduels constatés étant situés en limite de zone saturée, la réalisation d'un suivi de la qualité des eaux souterraines post-travaux est préconisé.

### 6.2 Schéma conceptuel

L'usage immédiat du site (cheminement piéton et espaces verts) n'est pas étudié. Toutefois, en raison du faible temps d'exposition, de la dilution des composés volatils en milieu aérien, et sous réserve d'une couverture des sols (végétation, minéral, terres saines), il n'est pas identifié de risque.

Conformément aux recommandations du plan de gestion, nous considérerons :

- mise en place d'un recouvrement des sols par une dalle béton, un enrobé (ou revêtement minéral), 30 cm de terres saines d'apport au droit des espaces verts collectifs et 70 cm au droit des jardins individuels (si présence de potagers) ;
- Mise en place d'un grillage avertisseur ou un géotextile anti-poinçonnant entre les terres impactées restant sur le site et les terres saines qui seront apportées
- Mise en place des canalisations d'amenée d'eau potable dans des fosses de sables propres et implantées en dehors des zones impactées. Dans le cas de figure où les canalisations d'eau potable seraient implantées dans des zones impactées, les canalisations devront être métalliques ou en matériaux anti-perméation (type tricouche par exemple). En cas de conservation des canalisations existantes, des prélèvements d'eau de robinet devront être réalisés ;
- Interdiction de plantation d'arbres fruitiers.

Le schéma conceptuel est présenté de façon à visualiser :

- La ou les installations/activités susceptibles d'impacter les milieux et les milieux (potentiellement) impactés ;
- Les enjeux à protéger ;
- Les voies de transferts possibles ;
- Les milieux d'exposition possibles.

Le schéma conceptuel est présenté en **Figure 10** et dans le **Tableau 5** pour l'usage futur du site, à savoir un usage de logements collectifs avec parking en sous-sol et de logements individuels avec vide-sanitaire.

Tableau 5 : Schéma conceptuel

Source primaire (origine(s) de la pollution)	Polluants	Milieu impacté (source secondaire)	Voie de transfert		Milieu d'exposition	Voie d'exposition	Cible				Risque d'exposition retenu OUI / NON	Justification
			Primaire	Secondaire			Usager site	Travailleur site	Usager hors site	Travailleurs phase chantier		
Zone source E	Hydrocarbures (HCT C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> , naphthalène, BTEX)	☑ Sol de surface	☑ Envol de poussières		☑ Air	☑ Inhalation /ingestion	☑	☐	☐	☐	NON	Sols recouverts (dalle béton, enrobés ou 30 cm de terres saines en espaces verts collectifs et 70 cm au droit des jardins individuels (si présence de potagers))
			☑ Sol de surface en place		☑ Sol de surface en place	☑ Ingestion	☑	☐	☐	☐	NON	Sols recouverts (dalle béton, enrobés ou 30 cm de terres saines en espaces verts collectifs et 70 cm au droit des jardins individuels (si présence de potagers))
						☑ Contact cutané	☑	☐	☐	☐	NON	Sols recouverts (dalle béton, enrobés ou 30 cm de terres saines en espaces verts collectifs et 70 cm au droit des jardins individuels (si présence de potagers))
			☐ Ruissellement		☐ eau superficielle /cours d'eau	☐ Ingestion	☐	☐	☐	☐	NON	Sols recouverts (dalle béton, enrobés ou 30 cm de terres saines en espaces verts collectifs et 70 cm au droit des jardins individuels (si présence de potagers))
						☐ Contact cutané	☐	☐	☐	☐	NON	Sols recouverts (dalle béton, enrobés ou 30 cm de terres saines en espaces verts collectifs et 70 cm au droit des jardins individuels (si présence de potagers))
			☐ Bioaccumulation		☐ Aliment auto produit (végétal ou animal)	☐ Ingestion	☐	☐	☐	☐	NON	Sols recouverts (dalle béton, enrobés ou 30 cm de terres saines en espaces verts collectifs et 70 cm au droit des jardins individuels (si présence de potagers))
		☑ Sol zone non saturée	☐ Perméation réseaux		☐ Eau potable	☐ Ingestion/contact cutané	☐	☐	☐	☐	NON	Mise en place de canalisations anti-perméation
				☐ dégazage réseaux	☐ Air	☐ Inhalation	☐	☐	☐	☐	NON	Mise en place de canalisations anti-perméation
			☐ Percolation/migration		☐ Eau souterraine	☐ Ingestion	☐	☐	☐	☐	NON	Sols recouverts (dalle béton, enrobés ou 30 cm de terres saines)
						☐ Contact cutané	☐	☐	☐	☐	NON	Sols recouverts (dalle béton, enrobés ou 30 cm de terres saines)
			☐ Bioaccumulation		☐ Aliment auto produit (végétal ou animal)	☐ Ingestion	☐	☐	☐	☐	NON	Sols recouverts (dalle béton, enrobés ou 30 cm de terres saines en espaces verts collectifs et 70 cm au droit des jardins individuels (si présence de potagers)) Interdiction plantation arbres fruitiers
			☑ Dégazage (Gaz du sol)		☑ Air ambiant	☑ Inhalation	☑	☐	☐	☐	OUI	Composés volatils détectés dans les gaz des sols
					☑ Air intérieur	☑ Inhalation	☑	☐	☐	☐	OUI	Composés volatils détectés dans les gaz des sols

Source primaire (origine(s) de la pollution)	Polluants	Milieu impacté (source secondaire)	Voie de transfert		Milieu d'exposition	Voie d'exposition	Cible				Risque d'exposition retenu OUI / NON	Justification
			Primaire	Secondaire			Usager site	Travailleur site	Usager hors site	Travailleur phase		
Zone source E	Hydrocarbures (HCT C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> , naphtalène, BTEX)	☒ Eau souterraine	☐ Perméation réseaux		☐ Eau potable	☐ Ingestion	☐	☐	☐	☐	NON	Mise en place de canalisations antiperméation en dehors de la zone saturée
				☐ dégazage réseaux	☐ Air	☐ Inhalation	☐	☐	☐	☐	NON	Mise en place de canalisations antiperméation en dehors de la zone saturée
			☐ Migration / alimentation cours d'eau		☐ Eau superficielle / cours d'eau	☐ Ingestion	☐	☐	☐	☐	NON	Non retenu en raison de l'éloignement du cours d'eau le plus proche du site (la Seine à 600 m du site)
				☐ Bioaccumulation	☐ Faune aquatique	☐ Ingestion	☐	☐	☐	☐	NON	Non retenu en raison de l'éloignement du cours d'eau le plus proche du site (la Seine à 600 m du site)
			☐ Eau souterraine	☐ Eau souterraine	☐ Ingestion (eau)	☐	☐	☐	☐	NON	Pas d'usage des eaux souterraines prévu sur site dans le projet d'aménagement	
					☐ Ingestion (végétaux auto produits - arrosage)	☐	☐	☐	☐	NON	Pas d'usage des eaux souterraines prévu sur site dans le projet d'aménagement	
					☐ Contact cutané	☐	☐	☐	☐	NON	Pas d'usage des eaux souterraines prévu sur site dans le projet d'aménagement	
			☒ Dégazage (Gaz du sol)		☒ Air ambiant	☒ Inhalation	☒	☐	☐	☐	OUI	Dégazage des composés volatils depuis les eaux souterraines
	☒ Air intérieur	☒ Inhalation		☒	☐	☐	☐	OUI	Dégazage des composés volatils depuis les eaux souterraines			
Source sol	Hydrocarbures (dont BTEX)	☐ Gaz du sol	☒ Migration / transfert convectif		☒ Air ambiant intérieur	☒ Inhalation	☒	☐	☐	☐	OUI	Polluants volatils
					☒ Air ambiant extérieur	☒ Inhalation	☒	☐	☐	☐	OUI	Polluants volatils
			☐ Perméation réseau		☐ Air	☐ Inhalation	☐	☐	☐	☐	NON	Mise en place de canalisations anti-perméation

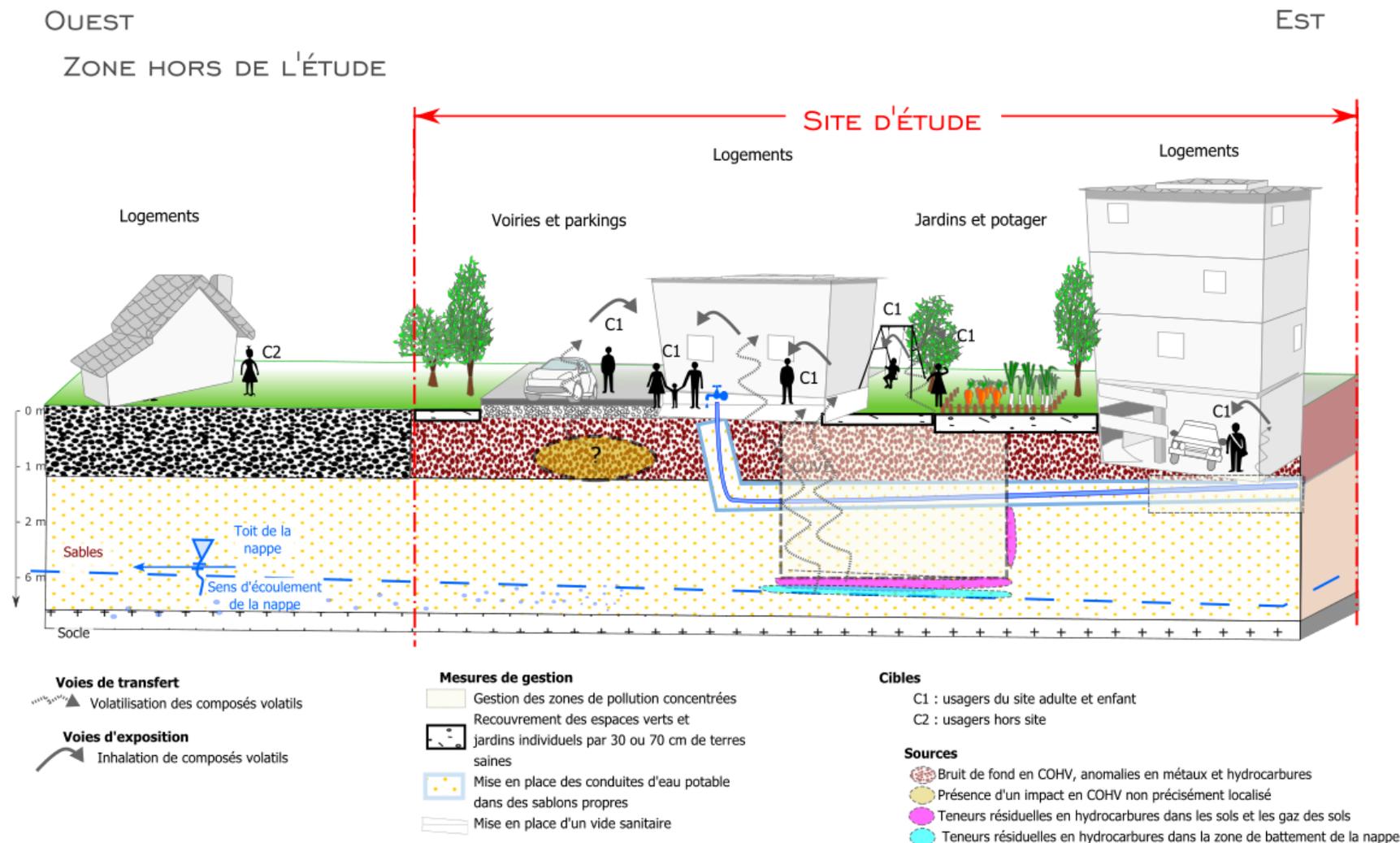


Figure 10 : Schéma conceptuel (usage futur)

## 7. Analyse des Risques Résiduels (ARR)

### 7.1 Contexte et méthodologie

Conformément aux textes ministériels relatifs à la gestion des sites et sols pollués de 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'ARR est ici réalisée a posteriori, en considérant les teneurs mesurées dans les terrains à l'issue des travaux de réhabilitation.

La méthodologie appliquée est conduite en 4 étapes :

- Etape 1 : Identification des dangers,
- Etape 2 : Caractérisation des relations 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.

### 7.2 Mesures de gestion simples mises en place

Il est prévu le recouvrement du site par un revêtement spécifique (dalle béton ou enrobé au droit des futurs bâtiments, parking et voiries ou 30 cm de terres saines au droit des futurs espaces verts et 70 cm au droit des futurs jardins privatifs). Nous considérerons la mise en place de canalisations anti-perméations.

### 7.3 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.

Considérant les mesures de gestion simples à mettre en place (cf. **paragraphe 7.2**), la seule voie d'exposition retenue est l'inhalation de composés volatils. Les concentrations mesurées dans les gaz du sol sont donc préférentiellement retenues par rapport aux concentrations sols ou eaux souterraines (diminution des incertitudes liées à la modélisation des transferts).

Dans une approche majorante, nous avons retenu les concentrations maximales entre la campagne de janvier 2018 (avant travaux de réhabilitation, hors piézairs concernés par les travaux de terrassement) et celle de mai 2021 (après travaux de réhabilitation).

Les concentrations retenues sont présentées dans le tableau ci-après.

**Tableau 6 : Concentrations retenues dans les différents milieux pour l'ARR**

Substances	Concentrations à la source retenues sous le bâtiment		Concentrations à la source retenues en extérieur	
	Gaz du sol	Investigations correspondantes et critères de sélection	Gaz du sol	Investigations correspondantes et critères de sélection
	mg/m <sup>3</sup>		mg/m <sup>3</sup>	
<b>COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES</b>				
benzène	4.00E-02	Pza1 (janvier 2018)	4.00E-02	Pza1 (janvier 2018)
toluène	2.20E-01	Pza1 (mai 2021)	2.20E-01	Pza1 (mai 2021)
ethylbenzène	2.80E-01	Pza1 (mai 2021)	2.80E-01	Pza1 (mai 2021)
M+p-Xylène	3.10E-01	Pza1 (mai 2021)	3.10E-01	Pza1 (mai 2021)
o-Xylène	1.50E-01	Pza1 (mai 2021)	1.50E-01	Pza1 (mai 2021)
<b>HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH</b>				
Aliphatic nC>5-nC6	1.92E+00	Pza1 (mai 2021)	1.92E+00	Pza1 (mai 2021)
Aliphatic nC>6-nC8	1.44E+00	Pza1 (mai 2021)	1.44E+00	Pza1 (mai 2021)
Aliphatic nC>8-nC10	2.78E+00	Pza1 (mai 2021)	2.78E+00	Pza1 (mai 2021)
Aliphatic nC>10-nC12	1.22E+00	Pza1 (mai 2021)	1.22E+00	Pza1 (mai 2021)
Aliphatic nC>12-nC16	3.30E-01	Pza1 (mai 2021)	3.30E-01	Pza1 (mai 2021)
Aromatic nC>5-nC7 (benzène)	4.00E-02	Pza1 (janvier 2018)	4.00E-02	Pza1 (janvier 2018)
Aromatic nC>7-nC8 (toluène)	2.20E-01	Pza1 (mai 2021)	2.20E-01	Pza1 (mai 2021)
Aromatic nC>8-nC10	5.83E+00	Pza1 (mai 2021)	5.83E+00	Pza1 (mai 2021)
Aromatic nC>10-nC12	1.42E+00	Pza1 (mai 2021)	1.42E+00	Pza1 (mai 2021)
Aromatic nC>12-nC16	2.50E-01	Pza1 (mai 2021)	2.50E-01	Pza1 (mai 2021)
<b>COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS</b>				
tétrachloroéthylène (PCE)	0.13	Pza8 (janvier 2018)	0.13	Pza8 (janvier 2018)
trichloroéthylène (TCE)	3.33	Pza12 (janvier 2018)	3.33	Pza12 (janvier 2018)
1,1 dichloroéthylène (1,1 DCE)	0.02	Pza9 (janvier 2018)	0.02	Pza9 (janvier 2018)
1,1,1 trichloroéthane	0.84	Pza9 (janvier 2018)	0.84	Pza9 (janvier 2018)
1,1 dichloroéthane	0.14	Pza9 (janvier 2018)	0.14	Pza9 (janvier 2018)
chloroforme (TCmA)	0.01	Pza9 (janvier 2018)	0.01	Pza9 (janvier 2018)
dichlorométhane	0.01	Pza1 (janvier 2018)	0.01	Pza1 (janvier 2018)

## 7.4 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 6**.

## 7.5 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>1</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 7** et discutées dans les incertitudes au paragraphe **7.8**.

<sup>1</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 7 : Valeurs toxicologiques de référence retenues**

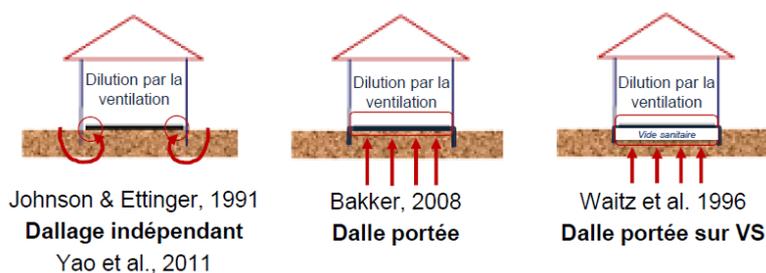
		Effets sans seuil			Effets à seuil							
Substance	CAS N°	ERUI	TYPE CANCER	SOURCE	VTRI	ORGANE	SOURCE	SF	VTRI spécifique effet cancérigène	ORGANE	SOURCE	SF
		( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>1</sup>			( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
<b>COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES</b>												
benzène	71-43-2	2.6E-05	leucémie	Anses, 2013	10	sang	Anses, 2008	10	-	-	-	-
toluène	108-88-3	-	-	-	19 000	syst. Nerveux	Anses, 2017	5	-	-	-	-
ethylbenzène	100-41-4	-	-	-	1 500	effet ototoxique	ANSES 2016	30	-	-	-	-
m+p-Xylène	1320-20-7	-	-	-	100	syst. Nerveux	US EPA 2003 retenu par Anses, 2020	300	-	-	-	-
o-Xylène	95-47-6	-	-	-	100	syst. Nerveux	US EPA 2003 retenu par Anses, 2020	300	-	-	-	-
<b>HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH</b>												
Aliphatic nC>5-nC6	non adéquat	-	-	-	3 000	syst. nerveux	Anses, 2014	75	-	-	-	-
Aliphatic nC>6-nC8	non adéquat	-	-	-	3 000	syst. nerveux	Anses, 2014	75	-	-	-	-
Aliphatic nC>8-nC10	non adéquat	-	-	-	1 000	syst. Hépatique	TPHCWG, 1997	1000	-	-	-	-
Aliphatic nC>10-nC12	non adéquat	-	-	-	1 000	syst. Hépatique	TPHCWG, 1997	1000	-	-	-	-
Aliphatic nC>12-nC16	non adéquat	-	-	-	1 000	syst. Hépatique	TPHCWG, 1997	1000	-	-	-	-
Aromatic nC>5-nC7 (benzène)	non adéquat	-	-	-	-	voir benzène	voir benzène	voir benzène	-	-	-	-
Aromatic nC>7-nC8 (toluène)	non adéquat	-	-	-	-	voir toluène	voir toluène	voir toluène	-	-	-	-
Aromatic nC>8-nC10	non adéquat	-	-	-	200	poids	TPHCWG, 1997	1000	-	-	-	-
Aromatic nC>10-nC12	non adéquat	-	-	-	200	poids	TPHCWG, 1997	1000	-	-	-	-
Aromatic nC>12-nC16	non adéquat	-	-	-	200	poids	TPHCWG, 1997	1000	-	-	-	-
<b>COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS</b>												
tétrachloroéthylène (PCE)	127-18-4	2.6E-07	hépatique	US-EPA, 2012 retenu par Anses, 2018	400	neurotoxicité	Anses, 2018	30	-	-	-	-
trichloroéthylène (TCE)	79-01-6	1.0E-06	cancer du rein	Anses, 2018	3 200	rein	Anses, 2018	75	-	-	-	-
1,1 dichloroéthylène (1,1 DCE)	75-35-4	-	-	-	200	hépatique	US-EPA, 2002	30	-	-	-	-
1,1,1 trichloroéthane	71-55-6	-	-	-	1 000	syst. nerveux	OEHHA, 2004 retenu par INERIS, 2014	300	-	-	-	-
1,1 dichloroéthane	75-34-3	1.6E-06	glandes mammaires	OEHHA 2011	-	-	-	-	-	-	-	-
chloroforme (TCmA)	67-66-3	-	-	-	98	hépatique	ATSDR, 1998	100	63	cancer rénal	ANSES, 2008	100
dichlorométhane	75-09-2	1.0E-08	hépatique	US-EPA, 2011	600	foie	US-EPA, 2011	30	-	-	-	-

## 7.6 Estimation des expositions

### 7.6.1 Concentrations dans les milieux d'exposition

#### 7.6.1.1 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 très 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 11 : Représentation schématique des différents modèles de calcul des transferts des sols vers l'air intérieur**

Plusieurs projets de recherche ont mis en évidence des grandes disparités entre les résultats de ces outils de modélisation associés aux modes constructifs, aux hypothèses calculatoires et aux phénomènes considérés<sup>2</sup>. Par ailleurs, des retours d'expérience réalisés à partir de mesures de concentration ont conduit à des bases de données de facteur d'atténuation (US-EPA, France BRGM dans le cadre des diagnostics sur les établissements sensibles). Aux États-Unis, l'analyse du retour d'expérience conduit les différents États à recommander l'application de certains facteurs d'atténuation en fonction de la localisation des mesures. En France, l'application d'un facteur d'atténuation est énoncée dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués du ministère en charge de l'Environnement d'avril 2017 et dans le guide méthodologique FLUXOBAT de novembre 2013.

En cohérence avec le plan de gestion<sup>3</sup> réalisé en avril 2018, nous retenons le modèle de Johnson and Ettinger pour l'usage de logements collectifs avec parking en sous-sol, et le modèle VOLASOIL pour l'usage de logements individuels sur vide-sanitaire.

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

Les équations sont détaillées en **Annexe 8**.

<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  
<sup>2</sup> Fluxobat

<sup>3</sup> Rapport de diagnostic complémentaire de la qualité du sous-sol, outil d'aide à la décision – rapport BURGEAP référence RSPNO07619-02/CSSPNO173048 du 04/04/2018

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

Les concentrations dans l'air intérieur sont estimées à partir des concentrations mentionnées dans le **Tableau 6**. Les hypothèses retenues pour la réalisation des calculs de transferts des gaz des sols vers l'air intérieur et l'air extérieur, sont résumées dans les tableaux ci-après.

**Tableau 8 : Paramètres retenus liés au sol**

Recouvrement de surface	Unités	Valeurs	Sources de données
Nature du recouvrement	-	Terre végétale	Données de la littérature pour de la terre végétale
Porosité	-	0.30	
Teneur en eau	-	0.15	
Epaisseur	m	0.30	

Profondeur de la pollution	Unités	Valeurs	Sources de données
Profondeur du toit de la source sous le niveau du sol (sous le sol nu en l'absence de recouvrement ou sous la base du recouvrement)	m	0.1	Hypothèse retenue

Lithologie	Unités	Horizon1	Sources de données
Nature lithologique	m	Graviers	Remblaiement des fouilles avec du concassé béton
Epaisseur	m	0.1	Hypothèse retenue
Porosité	-	30%	Données de la littérature
Teneur en eau	-	10%	Données de la littérature
Perméabilité	m <sup>2</sup>	1.00E-09	Données de la littérature
foc	-	0.2%	Données de la littérature
Masse volumique du sol	kg/l	1.80	Données de la littérature

**Tableau 9 : Paramètres retenus liés aux scénarios d'aménagements**

Paramètres de sol génériques	Unités	Valeurs	Sources de données / Commentaires
Température de référence des sols (proche bâtiment)	°C	15	Utilisée pour calculer les perméabilités à cette température de référence.
Viscosité dynamique	(g/cm/s)	1.8.E-04	Viscosité à la température de référence utilisée pour calculer les perméabilités.
Viscosité dynamique	(Pa.h)	4.9.E-09	Viscosité à la température de référence utilisée pour calculer les perméabilités.

Géométrie et Ventilation du bâtiment	Unités	Valeurs	Sources de données
Surface	m <sup>2</sup>	100	Hypothèse retenue
Hauteur	m	2.5	Hypothèse retenue
Renouvellement d'air	/h	0.3	Hypothèse retenue

Caractéristiques du parking ou sous-sol	Unités	Valeurs	Sources de données
Surface	m <sup>2</sup>	100	Hypothèse retenue
Hauteur totale des niveaux de sous-sol / parking	m	2.5	Hypothèse retenue
Débit de ventilation (en moyenne journalière)	m <sup>3</sup> /h	750	Hypothèse retenue
Renouvellement d'air calculé	/h	3.00	Hypothèse retenue
Taux d'abattement considéré entre le sous-sol/ parking et les niveaux de vie au-dessus (habitat collectif)	(-)	10%	Hypothèse retenue
Waitz et al. (1996 -VOLASOIL)			
Paramètres nécessaires pour l'utilisation du modèle Volasoil (Waitz et al. 1996)	Unités	Valeurs	Sources de données
Différence de pression entre le sol et le vide sanitaire (dPVS)	Pa	2.00	
Différence de pression entre le vide sanitaire et l'air intérieur (dPAI)	Pa	2.00	
Epaisseur de la dalle entre le vide sanitaire et le lieu de vie	m	0.10	
Perméabilité à l'air de la dalle séparant le vide sanitaire du lieu de vie	m <sup>2</sup>	2.0E-13	Valeur par défaut de Bakker et al., 2008 pour une dalle de bonne qualité

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

Les tableaux ci-après présentent les concentrations estimées en air intérieur et extérieur.

**Tableau 10 : Concentrations calculées dans l'air intérieur et extérieur – logements collectifs avec sous-sols (J&E)**

Substances	AIR EXTERIEUR						Concentrations calculées dans l'air intérieur		Concentrations calculées dans l'air extérieur	
	AIR EXTERIEUR			AIR INTERIEUR			Volasoil		Avec recouvrement	
	(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> )	Air du vide sanitaire (µg/m <sup>3</sup> )	Air intérieur des lieux de vie (µg/m <sup>3</sup> )	Air extérieur (µg/m <sup>3</sup> )	Air extérieur (µg/m <sup>3</sup> )
<b>Bruit de fond (source OQAI (P90) ou INERIS.2009 (urbain))</b>		<b>Valeurs réglementaires - décret n° 2010-1250 (valeur limite/valeur cible)</b>	<b>Valeurs guide OMS</b>	<b>Bruit de fond logement (P90 - source OQAI)</b>	<b>Valeur réglementaire Décret n° 2011-1727</b>	<b>VGAI ANSES, VRAI HCSP, INDEX, VG OMS</b>				
<b>COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES</b>										
benzène	2.2	5	1.7	5.7	2	2	4.00E+01	4.33E-02	6.91E-04	1.04E-03
toluène	9	-	-	46.9	-	20 000	2.20E+02	2.38E-01	3.76E-03	5.64E-03
éthylbenzène	2.1	-	-	7.5	-	1 500	2.80E+02	3.03E-01	4.12E-03	6.19E-03
m+p-Xylène	5.6	-	-	22	-	200	3.10E+02	3.36E-01	4.26E-03	6.39E-03
o-Xylène	2.3	-	-	8.1	-	200	1.50E+02	1.63E-01	2.56E-03	3.84E-03
<b>HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH</b>										
Aliphatic nC>5-nC6	-	-	-	-	-	-	1.92E+03	2.08E+00	3.77E-02	5.65E-02
Aliphatic nC>6-nC8	-	-	-	-	-	-	1.44E+03	1.56E+00	2.83E-02	4.24E-02
Aliphatic nC>8-nC10	-	-	-	-	-	-	2.78E+03	3.01E+00	5.46E-02	8.19E-02
Aliphatic nC>10-nC12	9.8	-	-	62.7	-	-	1.22E+03	1.32E+00	2.39E-02	3.59E-02
Aliphatic nC>12-nC16	-	-	-	-	-	-	3.30E+02	3.58E-01	6.48E-03	9.72E-03
Aromatic nC>5-nC7 (benzène)	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Aromatic nC>7-nC8 (toluène)	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
Aromatic nC>8-nC10	-	-	-	-	-	-	5.83E+03	6.32E+00	1.14E-01	1.72E-01
Aromatic nC>10-nC12	-	-	-	-	-	-	1.42E+03	1.54E+00	2.79E-02	4.18E-02
Aromatic nC>12-nC16	-	-	-	-	-	-	2.50E+02	2.71E-01	4.92E-03	7.37E-03
<b>COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS</b>										
tétrachloroéthylène (PCE)	2.4	-	250	5.2	-	250	1.30E+02	1.41E-01	1.84E-03	2.76E-03
trichloroéthylène (TCE)	1.6	-	23	3.3	-	10	3.33E+03	3.61E+00	5.17E-02	7.75E-02
1,1,1 trichloroéthylène (1,1 DCE)	-	-	-	-	-	-	2.00E+01	2.17E-02	3.53E-04	5.30E-04
1,1,1 trichloroéthane	-	-	-	-	-	-	8.40E+02	9.10E-01	1.29E-02	1.93E-02
1,1,1 dichloroéthane	-	-	-	-	-	-	1.40E+02	1.52E-01	2.04E-03	3.06E-03
chloroforme (TCmA)	-	-	-	-	-	-	1.00E+01	1.08E-02	2.04E-04	3.06E-04
dichlorométhane	-	-	-	-	-	-	1.00E+01	1.08E-02	1.98E-04	2.98E-04

- Investigations sur les gaz des sols
  - Mise à jour de l'ARR post travaux
7. Analyse des Risques Résiduels (ARR)

**Tableau 11 : Concentrations calculées dans l'air intérieur et extérieur – logements individuels avec vide-sanitaire**

Substances	Concentrations calculées dans l'air intérieur						Concentrations calculées dans l'air extérieur			
	AIR EXTERIEUR			AIR INTERIEUR			Avec recouvrement			
	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	J&E	Adultes	Enfants	
	Bruit de fond (source OQAI (P90) ou INERIS.2009 (urbain))	Valeurs réglementaires - décret n° 2010-1250 (valeur limite/valeur cible)	Valeurs guide OMS	Bruit de fond logement (P90 - source OQAI)	Valeur réglementaire Décret n° 2011-1727	VGAI ANSES, VRAI HCSP, INDEX, VG OMS	Air intérieur du niveau de parking ou sous-sol (µg/m³)	Air intérieur des lieux de vie (µg/m³)	Air extérieur (µg/m³)	Air extérieur (µg/m³)
<b>COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES</b>										
benzène	2.2	5	1.7	5.7	2	2	7.53E-02	7.53E-03	6.91E-04	1.04E-03
toluène	9	-	-	46.9	-	20 000	4.10E-01	4.10E-02	3.76E-03	5.64E-03
ethylbenzène	2.1	-	-	7.5	-	1 500	4.59E-01	4.59E-02	4.12E-03	6.19E-03
m+p-Xylène	5.6	-	-	22	-	200	4.78E-01	4.78E-02	4.26E-03	6.39E-03
o-Xylène	2.3	-	-	8.1	-	200	2.79E-01	2.79E-02	2.56E-03	3.84E-03
<b>HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH</b>										
Aliphatic nC>5-nC6	-	-	-	-	-	-	4.03E+00	4.03E-01	3.77E-02	5.65E-02
Aliphatic nC>6-nC8	-	-	-	-	-	-	3.02E+00	3.02E-01	2.83E-02	4.24E-02
Aliphatic nC>8-nC10	-	-	-	-	-	-	5.83E+00	5.83E-01	5.46E-02	8.19E-02
Aliphatic nC>10-nC12	9.8	-	-	62.7	-	-	2.56E+00	2.56E-01	2.39E-02	3.59E-02
Aliphatic nC>12-nC16	-	-	-	-	-	-	6.92E-01	6.92E-02	6.48E-03	9.72E-03
Aromatic nC>5-nC7 (benzène)	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	0.03E+00	0.03E+00	0.03E+00	0.03E+00
Aromatic nC>7-nC8 (toluène)	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	0.03E+00	0.03E+00	0.03E+00	0.03E+00
Aromatic nC>8-nC10	-	-	-	-	-	-	1.22E+01	1.22E+00	1.14E-01	1.72E-01
Aromatic nC>10-nC12	-	-	-	-	-	-	2.98E+00	2.98E-01	2.79E-02	4.18E-02
Aromatic nC>12-nC16	-	-	-	-	-	-	5.24E-01	5.24E-02	4.92E-03	7.37E-03
<b>COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS</b>										
tétrachloroéthylène (PCE)	2.4	-	250	5.2	-	250	2.05E-01	2.05E-02	1.84E-03	2.76E-03
trichloroéthylène (TCE)	1.6	-	23	3.3	-	10	5.71E+00	5.71E-01	5.17E-02	7.75E-02
1,1,1 trichloroéthylène (1,1 DCE)	-	-	-	-	-	-	3.84E-02	3.84E-03	3.53E-04	5.30E-04
1,1,1 trichloroéthane	-	-	-	-	-	-	1.42E+00	1.42E-01	1.29E-02	1.93E-02
1,1 dichloroéthane	-	-	-	-	-	-	2.27E-01	2.27E-02	2.04E-03	3.06E-03
chloroforme (TCMA)	-	-	-	-	-	-	2.17E-02	2.17E-03	2.04E-04	3.06E-04
dichlorométhane	-	-	-	-	-	-	2.12E-02	2.12E-03	1.98E-04	2.98E-04

## 7.6.2 Estimation des expositions

### 7.6.2.1 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 dans le **Tableau 10**.

Le détail des calculs est donné en **Annexe 9**.

### 7.6.2.2 Budget espace-temps (BET)

Le budget espace-temps des cibles considérées est présenté ci-après.

**Tableau 12 : Budgets espace/temps retenus**

Scénario	Cibles		Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée
	Adultes	Enfants	
Logement collectif avec parking en sous-sol	T = 40 ans 330 jours par an 23,6 h/jour au RDC 0,2 h/jour en sous-sol 0,2 h/jour en extérieur*	T = 6 ans 330 jours par an 23,6 h/jour au RDC 0,2h/jour en sous-sol* 0,2h/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 cancérogènes quelle que soit la cible considérée
Logement individuel sur vide-sanitaire	T = 40 ans 330 jours par an 23,6 h/jour au RDC 0,4 h/jour en extérieur*	T = 6 ans 330 jours par an 23,6 h/jour au RDC 0,4h/jour en extérieur*	- T (correspondant à durée d'exposition) pour les effets toxiques non cancérogènes quelle que soit la cible considérée

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>4</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 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.

<sup>4</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.

## 7.7 Quantification des risques sanitaires

### 7.7.1 Méthodologie

#### 7.7.1.1 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) 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.

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

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

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

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

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**.

### 7.7.2 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 (cf. Tableau 7) et des niveaux d'exposition estimés au paragraphe précédent. Le détail du calcul est donné en Annexe 9.**

La méthodologie adoptée est celle préconisée par les circulaires ministérielles de février 2007 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.

**Tableau 13 : Synthèse des QD et ERI – logements collectifs avec parking en sous-sol (J&E)**

	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)			Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger spécifique (QD)			Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)		
	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque
INHALATION air intérieur parking et sous sol J&E	1.48E-06	5.22E-09	trichloroéthylène (TCE)	2.6E-06	2.6E-06	chloroforme (TCmA)	0.0008	0.0008	Aromatic nC8-nC10
INHALATION air intérieur dans le lieu de vie J&E	4.11E-07	6.16E-08	trichloroéthylène (TCE)	0.00003	0.00003	chloroforme (TCmA)	0.009	0.009	Aromatic nC8-nC10
INHALATION air extérieur avec recouvrement	3.16E-10	7.11E-11	trichloroéthylène (TCE)	2.4E-08	3.7E-08	chloroforme (TCmA)	7.5E-06	0.00001	Aromatic nC8-nC10
<b>TOTAL</b>	<b>4.5E-07</b>	<b>6.7E-08</b>	trichloroéthylène (TCE)	<b>0.00003</b>	<b>0.00003</b>	chloroforme (TCmA)	<b>0.01026</b>	<b>0.01</b>	Aromatic nC>8-nC10

Risques non significatifs
Risques significatifs

**Tableau 14 : Synthèse des QD et ERI – logements individuels avec vide-sanitaire (VOLASOIL)**

	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)			Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger spécifique (QD)			Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)		
	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque
INHALATION air intérieur dans le lieu de vie Volasoil	2.55E-06	3.82E-07	trichloroéthylène (TCE)	0.0002	0.0002	chloroforme (TCmA)	0.05	0.05	Aromatic nC8-nC10
INHALATION air extérieur avec recouvrement	6.32E-10	1.42E-10	trichloroéthylène (TCE)	4.9E-08	7.3E-08	chloroforme (TCmA)	0.00001	0.00002	Aromatic nC8-nC10
<b>TOTAL</b>	<b>2.5E-06</b>	<b>3.8E-07</b>	trichloroéthylène (TCE)	<b>0.0002</b>	<b>0.0002</b>	chloroforme (TCmA)	<b>0.05068</b>	<b>0.05</b>	Aromatic nC>8-nC10

Risques non significatifs
Risques significatifs

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par l'EPFN, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués.

Ainsi, l'état environnemental du site est compatible avec l'usage prévu. Toutefois, compte-tenu des fortes teneurs en hydrocarbures retrouvées dans les sols après la réalisation des travaux de réhabilitation et notamment au toit de la nappe, nous recommandons une surveillance des eaux souterraines ainsi que des gaz des sols (trimestrielle dans un premier temps afin de confirmer l'évolution des teneurs).

## 7.8 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 15 : 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	Faible	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 : <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>Réaliste</b> : prise en compte des teneurs maximales des composés quantifiés.																
Cas des hydrocarbures	Inhalation intérieur et extérieur	Fort	<b>Réaliste</b> : prise en compte des teneurs détectées selon les découpages des fractions aromatiques et aliphatiques C <sub>5</sub> -C <sub>16</sub> .																
Cas des autres composés non sélectionnés	Inhalation intérieur et extérieur	Faible	<b>Réaliste</b> : les composés non détectés n'ont pas été pris en compte.																
Valeurs Toxicologiques de référence	Inhalation	Faible	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 a pas de consensus sur une méthode pour prendre en compte les effets de mélanges. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Somme</th> <th>Justification</th> <th>Consensus</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ERI</td> <td>Oui quels que soient les organes cibles, les types de cancer et les voies d'exposition</td> <td>On parle de cancer en général quelle que soit la cause ou le mécanisme</td> <td>Oui, internationaux</td> </tr> <tr> <td>QD</td> <td>discutable</td> <td>Approche par organe cible</td> <td>Proche des consensus nationaux et internationaux</td> </tr> <tr> <td>Si SQD&gt;1</td> <td>Faire la somme par organe cible</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		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 et internationaux	Si SQD>1	Faire la somme par organe cible		
	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 et internationaux																
Si SQD>1	Faire la somme par organe cible																		
<b>Caractéristiques des sources de pollution et concentrations dans les différents milieux</b>																			
Source gaz du sol	Inhalation intérieur et extérieur	Fort	<b>Sécuritaire</b> pour la campagne de mesure réalisée : prise en compte des résultats les plus pénalisants des gaz du sol (piézairs) et profondeur de la source gaz du sol supposée à 0,1 m sous le bâtiment <b>Au vu de la variabilité saisonnière des concentrations dans l'air des sols, nous recommandons cependant de réaliser une seconde campagne de mesure une fois les aménagements définis.</b>																
Profondeur de la source	Toutes	Fort	<b>Option 1 : 10 cm</b> (cas des polluants fortement volatils co TCE, VC, benz et pour des sols à perméabilité supérieure à 10-5 m/s), le modèle considéré ne tient pas compte de l'évolution de la source de pollution et des flux en fonction du temps (source infinie). Ainsi, compte tenu de la volatilité élevée des substances considérées et des paramètres de sols favorables au transfert de vapeur, afin de ne pas majorer de manière irréaliste le risque sanitaire, nous retiendrons la profondeur de 10 cm par défaut.																
Lithologie	Toutes	Fort	<b>Caractéristiques des sols</b> <b>Sécuritaire</b> : bétons concassés (assimilés à du gravier)																
Perméabilité, porosité, teneur en gaz des sols	Toutes	Fort	<b>Sécuritaire</b> : En l'absence de mesures sur site, les paramètres utilisés sont issus de la littérature.																
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. La fraction de carbone organique dans les sols au niveau de la source de pollution prise en compte est de 0,2%, elle correspond aux remblais (assimilés à des sables grossiers) identifiés sur les coupes de sondages. Cette valeur est issue de la base de données du logiciel RISC 4.0.																
<b>Paramètres d'aménagement</b>																			
Couverture de sol extérieur	Inhalation extérieur	Fort	<b>Sécuritaire/Réaliste</b> : absence de recouvrement de surface <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Terre végétale</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>porosité</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>teneur en gaz</td> <td>15%</td> </tr> <tr> <td>teneur en eau</td> <td>15%</td> </tr> </tbody> </table>		Terre végétale	porosité	30%	teneur en gaz	15%	teneur en eau	15%								
	Terre végétale																		
porosité	30%																		
teneur en gaz	15%																		
teneur en eau	15%																		
Mode constructif	Inhalation dans l'air intérieur	Fort	Les calculs de transfert des pollutions du sol vers l'air intérieur (et les risques induits) ont été calculés en appliquant un facteur d'atténuation de 0,05 (C <sub>AI</sub> /C <sub>GdS</sub> ) compte tenu de la méconnaissance du mode de construction qui sera retenu. En effet à ce stade de la réalisation du plan de gestion, le maître d'ouvrage ne dispose pas de ces éléments. In fine les risques résiduels calculés sont donc théoriques. Cependant, ce facteur d'atténuation est précautionneux dans la mesure où il a été établi à partir des mesures réalisées par l'US-EPA en retenant un percentile élevé. Ainsi, si des incertitudes sont présentes, l'approche retenue est majorante.																

Variable	Voie d'exposition touchée	Poids dans l'évaluation	Approche retenue
			La réduction des incertitudes ne pourra être réalisée que lorsque le mode constructif sera connu. Il pourra alors être nécessaire de réviser le plan de gestion.
Taille et caractéristique du bâtiment et du dallage	Inhalation dans l'air intérieur	Faible	<b>Moyen</b> : La prise en compte de pièce de vie de taille inférieure en rez-de-chaussée ne modifie pas les conclusions de l'étude <b>Sécuritaire</b> : en l'absence de projet bien défini, il a été supposé la construction de pavillons de plain-pied sans sous-sol ni vide sanitaire
Durée d'exposition des cibles	Inhalation intérieur et extérieur	Faible	<b>Réaliste</b> : dans le cas d'une durée d'exposition plus grande, les niveaux de risque pour les effets à seuil restent inchangés. Pour les effets sans seuil, les niveaux de risque restent acceptables.
Taux de transfert des concentrations entre les différents niveaux	Inhalation dans les bâtiments	Fort	<b>Sécuritaire</b> : dans le cas de garages sur un ou plusieurs niveaux de sous-sol, en dessous des lieux de vie en habitat collectif, le calcul des transferts est réalisé à travers l'interface en base du sous-sol (dalle portée ou dallage indépendant) et la concentration dans les lieux de vie est déduite des concentrations dans les sous-sols par application d'un facteur d'atténuation. Pour des projets de construction d'immeubles (habitat collectif) (où ces sous-sols sont bien isolés des niveaux supérieurs), on prendra un facteur de transfert de 10 %. Cette hypothèse est conservatoire dans la mesure où ce facteur est appliqué quel que soit le nombre de niveaux de sous-sol (c'est-à-dire que l'on ne considère pas d'abattement d'un niveau de sous-sol à un autre mais uniquement entre le sous-sol et RdC). De même, il n'est pas considéré d'abattement entre le RdC et le R+1.  Pour les projets de type habitation individuelle, on ne considère pas de facteur d'atténuation, le facteur de transfert est donc de 100 %.

Les recommandations principales sont rappelées ci-après :

- En présence de fortes contaminations résiduelles dans les sols, campagne de prélèvement d'eaux souterraines et de gaz des sols après 3 mois suivants les travaux de réhabilitation. En fonction des résultats d'analyses, définition d'une fréquence de suivi ;
- Restriction d'usage (absence d'usage potager ou fruitier) au droit de la zone centrale présentant de forte contamination en HCT / BTEX.

Ces conclusions ne sont valables que pour les conditions précisées précédemment. Dans tous les cas, l'ARR devra être mise à jour une fois le projet d'aménagement défini.

## 8. Synthèse et recommandations

### 8.1 Synthèse

GINGER BURGEAP a réalisé plusieurs études environnementales entre 2008 et 2009 au droit de l'ancien site SCHOCHER localisé rue Cousin Corblin sur la commune d'ELBEUF (76).

Ces études ont mis en évidence la présence d'impacts en hydrocarbures et COHV dans les sols et les eaux souterraines.

En janvier 2020, l'EPFN, propriétaire du site, a initié les travaux de désamiantage, déconstruction et reprise structurelles de l'ilot Cousin Corblin, travaux confiés à l'entreprise MARELLE, la maîtrise d'œuvre générale étant assurée par ANTEA.

Le marché confié à l'entreprise MARELLE comprend également la gestion des dallages pollués et des zones de pollution concentrée identifiées au cours des études antérieures.

En l'état actuel, aucun aménagement précis n'est défini. A terme, la zone sera réhabilitée pour un usage d'habitat collectif ou individuel (non défini) (avec ou sans niveaux de sous-sol).

Dans l'attente du réaménagement du site, Rouen Métropole envisage une utilisation transitoire de la zone en espace vert et cheminement piéton uniquement.

Les travaux de réhabilitation réalisés par l'entreprise MARELLE se sont déroulés du 14 décembre 2020 au 03 février 2021.

Ces travaux ont permis la purge des zones de pollution concentrée identifiées au cours des études antérieures. A la réception des travaux, des dépassements des seuils de réhabilitation ont été mis en évidence au droit de la zone E et F en raison des limites techniques, liées à la présence de la nappe vers 6,5 m de profondeur ainsi que la présence d'un puits à la limite sud de la zone impactée, à savoir : des impacts en bord (ouest, sud et nord et/ou fond de fouille de la zone E en hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> (entre 1 200 et 15 000 mg/kg MS), en naphthalène (entre 0,76 et 4,8 mg/kg MS) et en BTEX (4,8 mg/kg MS).

#### **Résultats des gaz des sols :**

Suite à ces travaux de réhabilitation, 2 piézaires ont été mis en place dans le but de mettre à jour l'ARR. Les résultats d'analyses ont mis en évidence la présence d'hydrocarbures volatils (dont BTEX) dans les gaz des sols au droit de la zone centrale.

#### **Résultat de l'ARR :**

Une Analyse des Risques Résiduels (ARR) a été menée. L'ARR correspond à une évaluation quantitative des risques sanitaires menée sur les expositions résiduelles et visant à s'assurer de la compatibilité de l'état des sols avec les usages futurs du site.

Les résultats de l'ARR ont montré que, pour les hypothèses retenues et les objectifs de traitement fixés, les niveaux de risques inacceptables fixés par le ministère ne seront pas dépassés pour les futurs usagers du site adultes et enfants (sous réserve de respecter les mesures de gestion détaillées dans le plan de gestion).

Conformément aux recommandations méthodologiques d'avril 2017, les conclusions de la présente étude seront à conforter par la réalisation d'une seconde campagne de gaz des sols à une autre période de l'année.

Ces conclusions ne sont valables que pour les conditions précisées ci-dessus. Dans tous les cas, l'ARR devra être mise à jour une fois le projet d'aménagement défini.

## 8.2 Recommandations

Nos recommandations sont les suivantes :

3) Dans un premier temps :

- Campagne de prélèvement d'eaux souterraines et de gaz des sols après 3 mois suivants les travaux de réhabilitation. En fonction des résultats d'analyses, définition d'une fréquence de suivi ;
- Restriction d'usage (absence d'usage potager ou fruitier) au droit de la zone centrale présentant de forte contamination en HCT / BTEX ;

4) Dans le cadre de la réhabilitation du site en usage d'habitats collectifs ou individuels (avec ou sans potager) :

2.1. Prestations préalables :

- En raison des teneurs observées sur les gaz du sol en COHV, nous recommandons de réaliser une campagne MIP (analyse quantitative des éléments volatils) afin de localiser les éventuelles sources de pollutions en COHV non localisées à l'issue des investigations et remettre à jour le plan de gestion. Cela permettra éventuellement de lever la mise en place de disposition constructive pour couper la remontée d'éléments volatils (type vide sanitaire ou géomembrane de drainage).
- Pour la gestion des déblais, la plupart des dépassements au droit des terres non inertes étant lié à la présence de sulfate, des tests de percolation permettraient éventuellement de déclasser certaines terres non inertes et diminuer les coûts d'évacuation.

2.2. Mesures générales :

- Mise en place d'un vide sanitaire ou d'une géomembrane de drainage afin de limiter la remontée des éléments volatils au droit des logements de plain-pied ;
  - mise en place d'un recouvrement des sols par une dalle béton, un enrobé (ou revêtement minéral), 30 cm de terres saines d'apport au droit des espaces verts collectifs et 70 cm au droit des jardins individuels (si présence de potagers) ;
  - Mise en place d'un grillage avertisseur ou un géotextile anti-poinçonnant entre les terres impactées restant sur le site et les terres saines qui seront apportées
  - Mise en place des canalisations d'amenée d'eau potable dans des fosses de sables propres et implantées en dehors des zones impactées. Dans le cas de figure où les canalisations d'eau potable seraient implantées dans des zones impactées, les canalisations devront être métalliques ou en matériaux anti-perméation (type tricouche par exemple). En cas de conservation des canalisations existantes, des prélèvements d'eau de robinet devront être réalisés ;
  - Interdiction de plantation d'arbres fruitiers ;
  - Gestion appropriée des déblais et béton souillés en cas d'excavation et traçabilité du devenir des déblais et bétons souillés. Nous recommandons de réutiliser les remblais générés sur le site au droit des fosses des zones de pollution concentrées excavées ;
  - Le plan de gestion ainsi que l'analyse des risques résiduels (ARR) devront être mis à jour une fois le plan projet d'aménagement défini.
- 5) Dans l'attente de la réhabilitation du site pour un usage d'habitat, le site sera reconverti en espaces verts avec cheminement piéton. En raison des faibles temps d'exposition des usagers de ce cheminement, de la dilution des polluants volatils en air extérieur et de l'absence d'usage des sols (type parc de jeux), le site est jugé compatible en l'état, sous réserve de limiter les envols de poussières par le recouvrement pérenne des sols, via une végétalisation ou recouvrement minéral (gravillonnage, bitume, dallage) ou recouvrement de terres saines.

## 9. 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 GINGER BURGEAP.

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.

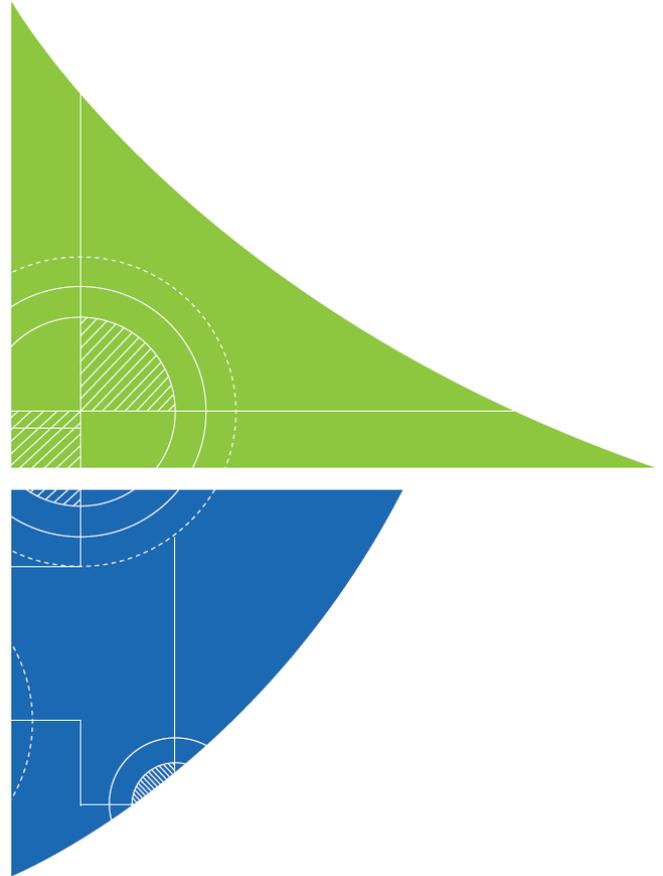
3- Le diagnostic rend compte d'un état du milieu à un instant donné. Des événements ultérieurs au diagnostic (interventions humaines, traitement des terres pour améliorer leurs caractéristiques mécaniques, ou phénomènes naturels) peuvent modifier la situation observée à cet instant.

4- La responsabilité de GINGER 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.

5- Un rapport d'étude de pollution et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de GINGER BURGEAP. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'Ouvrage ou pour un autre projet que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de GINGER BURGEAP

La responsabilité de GINGER BURGEAP ne pourra être engagée en dehors du cadre de la mission objet du présent mémoire si les préconisations ne sont pas mises en œuvre.

# ANNEXES



# **Annexe 1.**

## **Propriétés physico-chimiques**

Cette annexe contient 6 pages.

LEGENDE Volatilité :					LEGENDE Solubilité :		
++ : Pv > 1000 Pa (COV)		- : 10 > P > 10-2 Pa (non COV)			++ : S > 100 mg/l		- : 1 > S > 0.01 mg/l
+ : 1000 > Pv > 10 Pa (COV)		-- : 10-2 > P > 10-5 Pa (non COV)			+ : 100 > S > 1 mg/l		-- : S < 0.01 mg/l
CAS n°R	Volatilité	solubilité	Classement	Mention de danger	classement cancérogénéicité		
	Pv	S	symboles		UE	CIRC (IARC)	EPA

## METAUX ET METALLOIDES

Antimoine (Sb)	7440-36-0	non adéquat	non adéquat	SGH07, SGH09	H332, H302, H411	C2	-	-
Arsenic (As)	7440-38-2	non adéquat	non adéquat	SGH06, SGH09	H331, H301, H400, H410	C1A	1	A
Baryum (Ba)	non adéquat	non adéquat	Soluble dans l'éthanol ?	-	-	-	-	D
Cadmium (Cd)	7440-43-9	non adéquat	non adéquat	SGH06, SGH08, SGH09	H350, H341, H361fd, H330, H372, H400, H410	C1B/C2 M1B/M2 R1B/R2	1	prob canc
Chrome III (CrIII)	1308-38-9	non adéquat	non adéquat	-	-	-	3	D
Chrome VI (CrVI)	trioxyde de Cr 1333-82-0	non adéquat	non adéquat	SGH03, SGH05, SGH06, SGH08, SGH09	H271, H350, H340, H361f, H330, H311, H301, H372, H314, H334, H317, H410	C1A M1B R2	1	A (inh°) D (oral)
Cobalt (Co)	7440-48-4	non adéquat	non adéquat	SGH08	H334, H317, H413	C1B M2 R1B	2B	-
Cuivre (Cu)	7440-50-8	non adéquat	non adéquat	-	-	-	3	D
Etain (Sn)	non adéquat	non adéquat	non adéquat	-	-	-	-	-
Manganèse (Mn)	non adéquat	non adéquat	non adéquat	SGH07 (dioxyde)	H332, H302 (dioxyde)	-	-	D
Mercuré (Hg)	7439-97-6	non adéquat	non adéquat	SGH06, SGH08, SGH09	H360D, H330, H372, H400, H410	R1B	3	C à D
Molybdène (Mo)	7439-98-7	non adéquat	non adéquat	trioxyde : SGH07, SGH08	Trioxyde : H351, H319, H335	trioxyde : C2	-	-
Nickel (Ni)	7440-02-0	non adéquat	non adéquat	SGH07, SGH08	H351, H372, H317, H412	C2	2B	A
Plomb (Pb)	7439-92-1	non adéquat	non adéquat	SGH07, SGH08, SGH09	H360Df, H332, H373, H400, H410	R1A	2B	B2
Sélénium (Se)	7782-49-2	non adéquat	non adéquat	SGH06, SGH08	H331, H301, H373, H413	-	3	D
Thallium (Tl)	7440-28-0	non adéquat	non adéquat	SGH06, SGH08	H330, H300, H373, H413	-	-	D
Vanadium (Va)	7440-62-2	non adéquat	non adéquat	-	-	-	3	D
Zinc (Zn)	7440-66-6 (poudre)	non adéquat	non adéquat	SGH02 (pyrophorique) SGH09	H250, H260 (pyrophorique) H400, H410	-	-	D
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES								
Naphtalène	91-20-3	+	+	SGH07, SGH08, SGH09	H351, H302, H400, H410	C2	2B	C
Acenaphtylène	208-96-8	-	+	-	-	-	-	D
Acenaphtène	83-29-9	-	+	-	-	-	-	-

	LEGENDE Volatilité :					LEGENDE Solubilité :		
	++ : Pv > 1000 Pa (COV)		- : 10 > Pv > 10-2 Pa (non COV)			++ : S > 100 mg/l		- : 1 > S > 0.01 mg/l
	+ : 1000 > Pv > 10 Pa (COV)		-- : 10-2 > Pv > 10-5 Pa (non COV)			+ : 100 > S > 1 mg/l		-- : S < 0.01 mg/l
CAS n°R	Volatilité Pv	solubilité S	Classement symboles	Mention de danger	classement cancérogénéicité			
					UE	CIRC (IARC)	EPA	
Fluorène	86-73-7	-	+	-	-	-	3	D
Phénanthrène	85-01-8	-	+	-	-	-	3	D
Anthracène	120-12-7	--	-	-	-	-	3	D
Fluoranthène	206-44-0	--	-	-	-	-	3	D
Pyrène	129-00-0	--	-	-	-	-	3	D
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
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

LEGENDE Volatilité :					LEGENDE Solubilité :		
++ : Pv > 1000 Pa (COV)		- : 10 > P > 10-2 Pa (non COV)			++ : S > 100 mg/l		- : 1 > S > 0.01 mg/l
+ : 1000 > Pv > 10 Pa (COV)		-- : 10-2 > P > 10-5 Pa (non COV)			+ : 100 > S > 1 mg/l		-- : S < 0.01 mg/l
CAS n°R	Volatilité	solubilité	Classement	Mention de danger	classement cancérogénéicité		
	Pv	S	symboles		UE	CIRC (IARC)	EPA

### COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES

benzène	71-43-2	++	++	SGH02, SGH07, SGH08	H225, H350, H340, H372, H304, H319, H315	C1A M1B	1	A
toluène	108-88-3	++	++	SGH02, SGH07, SGH08	H225, H361d, H304, H373, H315, H336	R2	3	D
ethylbenzène	100-41-4	+	++	SGH02, SGH07	H225, H332	-	2B	-
xylènes	1330-20-7	+	++	SGH02, SGH07	H226, H332, H312, H315	-	3	-
styrène	100-42-5	+	++	SGH02, SGH07	H226, H332, H319, H315	-	2B	-
cumène (isopropylbenzène)	98-82-8	+	+	SGH02, SGH07, SGH08, SGH09	H226, H304, H335, H411	-	2B	D
mesitylène (1,3,5 Triméthylbenzène)	108-67-8	+	+	SGH02, SGH07, SGH09	H226, H335, H411	-	-	-
pseudocumène (1,2,4 Triméthylbenzène)	95-63-6	+	+	SGH02, SGH07, SGH09	H226, H332, H319, H335, H315, H411	-	-	-

### COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS

PCE (tétrachloroéthylène)	127-18-4	++	++	SGH08, SGH09	H351, H411	C2	2A	B1
TCE (trichloroéthylène)	79-01-6	++	++	SGH07, SGH08	H350, H341, H319, H315, H336, H412	C1B M2	1	A
cis 1,2DCE (dichloroéthylène)	156-59-2	++	++	SGH02, SGH07	H225, H335, H412	-	-	D
trans 1,2DCE (dichloroéthylène)	156-60-5		++	SGH02, SGH07	H225, H335, H412	-	-	D
1,1 DCE (1,1 dichloroéthylène)	75-35-4	++	++	SGH02, SGH07, SGH08	H224, H351, H332	C2	3	C
VC (chlorure de vinyle)	75-01-4	++	++	SGH02, SGH08	H220, H350	C1A	1	A
1,1,2 trichloroéthane	79-00-5	++	++	SGH07, SGH08	H351, H332, H312, EUH066	C2	3	C
1,1,1 trichloroéthane	71-55-6	++	++	SGH07	H332, EUH059	-	3	D
1,2 dichloroéthane	107-06-2	++	++	SGH02, SGH07, SGH08.	H225, H350, H302, H319, H335, H315	C1B	2B	B2
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
TCmA (trichlorométhane ou chloroforme)	67-66-3	++	++	SGH07, SGH08	H351, H302, H373, H315	C2	2B	B2
dichlorométhane	75-09-2	++	++	SGH08, SGH09	H351	C2	2B	B2
trichlorobenzènes	87-61-1 <b>120-82-1</b> 108-70-3	+	+	SGH07, SGH09	H302, H315, H400, H410	-	-	(1,2,4) D
1,2 dichlorobenzène	95-50-1	+	+	SGH07, SGH09	H302, H319, H335, H315, H400, H410	-	3	D
1,3 dichlorobenzène	541-73-1	+	++	-	-	-	3	D

LEGENDE Volatilité :					LEGENDE Solubilité :				
		++ : Pv > 1000 Pa (COV)		- : 10 > Pv > 10-2 Pa (non COV)		++ : S > 100 mg/l		- : 1 > S > 0.01 mg/l	
		+ : 1000 > Pv > 10 Pa (COV)		-- : 10-2 > Pv > 10-5 Pa (non COV)		+ : 100 > S > 1 mg/l		-- : S < 0.01 mg/l	
CAS n°R	Volatilité		solubilité	Classement	Mention de danger	classement cancérogénéicité			
	Pv	S	S	symboles		UE	CIRC (IARC)	EPA	
1,4 dichlorobenzène	106-46-7	+	+	SGH08, SGH09	H351, H319, H400, H410	C2	2B	-	
chlorobenzène	108-90-7	++	++	SGH02, SGH07, SGH09	H226, H332, H411	-	-	D	

### 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			
Aliphatic nC>6-nC8	"	++	+						
Aliphatic nC>8-nC10	"	+	-						
Aliphatic nC>10-nC12	"	+	-						
Aliphatic nC>12-nC16	"	-	--						
Aliphatic nC>16-nC35	"	-	--						
Aliphatic nC>35	"	--	--						
Aromatic nC>5-nC7 benzène	"	++	++						
Aromatic nC>7-nC8 toluène	"	++	++						
Aromatic nC>8-nC10	"	+	+						
Aromatic nC>10-nC12	"	+	+						
Aromatic nC>12-nC16	"	-	+						
Aromatic nC>16-nC21	"	-	-						
Aromatic nC>21-nC35	"	--	--						

**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 : Dégagement au contact de l'eau des gaz inflammables qui peuvent s'enflammer spontanément
- H261 : Dégagement au contact de l'eau des gaz
- H270 : Peut provoquer ou aggraver un incendie ; comburant
- H271 : Peut provoquer un incendie ou une explosion ; comburant puissant
- H272 : Peut aggraver un incendie ; comburant
- H280 : Contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur
- H281 : Contient un gaz réfrigéré ; peut causer des brûlures ou blessures cryogéniques
- H290 : Peut être corrosif pour les métaux

**► 38 mentions de danger pour la santé**

- H300 : Mortel en cas d'ingestion
- H301 : Toxique en cas d'ingestion
- H302 : Nocif en cas d'ingestion
- H304 : Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires
- H310 : Mortel par contact cutané
- H311 : Toxique par contact cutané
- H312 : Nocif par contact cutané
- H314 : Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves
- H315 : Provoque une irritation cutanée
- H317 : Peut provoquer une allergie cutanée
- H318 : Provoque des lésions oculaires graves
- H319 : Provoque une sévère irritation des yeux
- H330 : Mortel par inhalation
- H331 : Toxique par inhalation
- H332 : Nocif par inhalation
- H334 : Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation
- H335 : Peut irriter les voies respiratoires
- H336 : Peut provoquer somnolence ou vertiges
- H340 : Peut induire des anomalies génétiques <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H341 : Susceptible d'induire des anomalies génétiques <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H350 : Peut provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H351 : Susceptible de provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H360 : Peut nuire à la fertilité ou au fœtus <indiquer l'effet spécifique s'il est connu> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H361 : Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus <indiquer l'effet s'il est connu> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H362 : Peut être nocif pour les bébés nourris au lait maternel
- H370 : Risque avéré d'effets graves pour les organes <ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H371 : Risque présumé d'effets graves pour les organes <ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H372 : Risque avéré d'effets graves pour les organes <indiquer tous les organes affectés, s'ils sont formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H373 : Risque présumé d'effets graves pour les organes <indiquer tous les organes affectés, s'ils sont formellement prouvé qu'aucune autre 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**

- **SGH01 : 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 dégagant 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).

## ► Classification en termes de cancérogénicité

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

## ► Classification en termes de mutagénicité

UE	
<b>M1 (H340) :</b> 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.	<b>M1A :</b> Classification fondée sur des résultats positifs d'études épidémiologiques humaines. Substance considérée comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains. <b>M1B :</b> 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.
<b>M2 (H341) :</b> 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	
<b>R1 (H360 ou H360F ou H360D ou H360FD ou H360Fd ou H360fd) :</b> Reprotoxique avéré ou présumé	<b>R1A :</b> 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. <b>R1B :</b> 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.
<b>R2 (H361 ou H361f ou H361d ou H361fd) :</b> 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.	

## **Annexe 2.**

# **Méthodes analytiques et LQ**

Cette annexe contient 1 page.

### AGROLAB Matrice air

Désignation	Catégorie d'article	Méthode	LOUI EP	Unités
Composés aromatiques BTEXN (6 composés) sur tube charbon actif	Hydrocarbures & COHV/Air Ambiant - Gaz du sol/Analyses	Méthode interne - dosage en GC-MS : benzène, toluène, éthyl-benzène, m+p-xylène, o-xylène, Naphthalène sur tube en charbon actif (désorption incluse) (2 zones)	0,1-0,5	µg/tube (100 mg)
Composés aromatiques , paquet étendu (13 composés) sur tube charbon actif	Hydrocarbures & COHV/Air Ambiant - Gaz du sol/Analyses	Méthode interne - dosage en GC-MS : Benzène, Toluène, Ethyl benzène, m+p Xylène, o-Xylène, Naphtalène, Styrene, a-Méthylstyrene, Propylbenzène, iso-Propylbenzène, 1,2,3-Triméthylbenzène, 1,2,4-Triméthylbenzène, 1,3,5-Triméthylbenzène - sur tube en charbon actif	0,1-5	µg/tube (100 mg)
Hydrocarbures volatils (C6-C12) - sur tube charbon actif résultat : Somme + C6-C8, >C8-C10 et >C10-C12	Hydrocarbures & COHV/Air Ambiant - Gaz du sol/Analyses	Méthode interne - dosage en GC-MS : C6-C8, >C8-C10, >C10-C12 + somme des hydrocarbures volatils C6 - C12 (désorption incluse) (2 zones)	10	µg/tube (100 mg)
Hydrocarbures par TPH (Liste réduite C5 - C12) (US-EPA Criteria Working Group - version adaptée) - sur tube charbon actif	Hydrocarbures & COHV/Air Ambiant - Gaz du sol/Analyses	Méthode interne - dosage en GC-MS : 4 fractions aliphatiques, 4 fractions aromatiques (Cf Annexe 1) (désorption incluse) (2 zones)	2 /fraction	µg/tube (100 mg)
Chlorobenzènes volatils (7 composés) sur tube charbon actif	Hydrocarbures & COHV/Air Ambiant - Gaz du sol/Analyses	Méthode interne - dosage en GC-MS : Monochlorobenzène, 1,2-Dichlorobenzène, 1,3-Dichlorobenzène, 1,4-Dichlorobenzène, 1,2,3-Trichlorobenzène, 1,2,4-Trichlorobenzène, 1,2,5-Trichlorobenzène - sur tube en charbon actif (désorption incluse) (2 zones)	0,05	µg/tube (100 mg)
Alcools (9 composés - hors méthanol) sur tube CA	Hydrocarbures & COHV/Air Ambiant - Gaz du sol/Analyses	Analyse -méthode interne par CPG/SM : n-Butanol, iso-Butanol, sec-Butanol, tert-Butanol, Ethanol, iso-Propanol, n-pentanol, Cyclohexanol, 4-Méthyl-2-Pentanol (désorption incluse) (sur 2 zones)	5	µg/tube (100 mg)
HAP (16 EPA)	Hydrocarbures & COHV/Air Ambiant - Gaz du sol/Analyses	Dosage par GC/MS - Méthode interne : Naphtalène, Acénaphène, Acénaphylène, Anthracène, Benzo(a)anthracène, Benzo(a)pyrène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(g,h,i)peryène, Benzo(k)fluoranthène, Chrysène, Dibenz(a,h)anthracène, Fluoranthène, Fluorène, Indéno (1,2,3) pyrène, Phénanthrène, Pyrène (désorption incluse) (sur 2 zones)	0,1	µg/tube
Phénols et Crésols	Autres/Air Ambiant - Gaz du sol/Analyses	Dosage par GC/MS - Méthode interne : Phénol, o-crésol, m-crésol, p-crésol, 2,3-diméthylphénol; 2,4-diméthylphénol; 2,5-diméthylphénol; 2,6-diméthylphénol; 3,4-diméthylphénol; 3,5-diméthylphénol/p-éthylphénol, o-éthylphénol, m-éthylphénol (désorption incluse) (sur 2 zones)	0,1	µg/tube
Hydrocarbures par TPH (Liste réduite C5 - C16) (US-EPA Criteria Working Group - version adaptée) - sur tube charbon actif	Hydrocarbures & COHV/Air Ambiant - Gaz du sol/Analyses	Méthode interne - dosage en GC-MS : 4 fractions aliphatiques, 4 fractions aromatiques (Cf Annexe 1) (désorption incluse) (2 zones)	2 /fraction	µg/tube (100 mg)

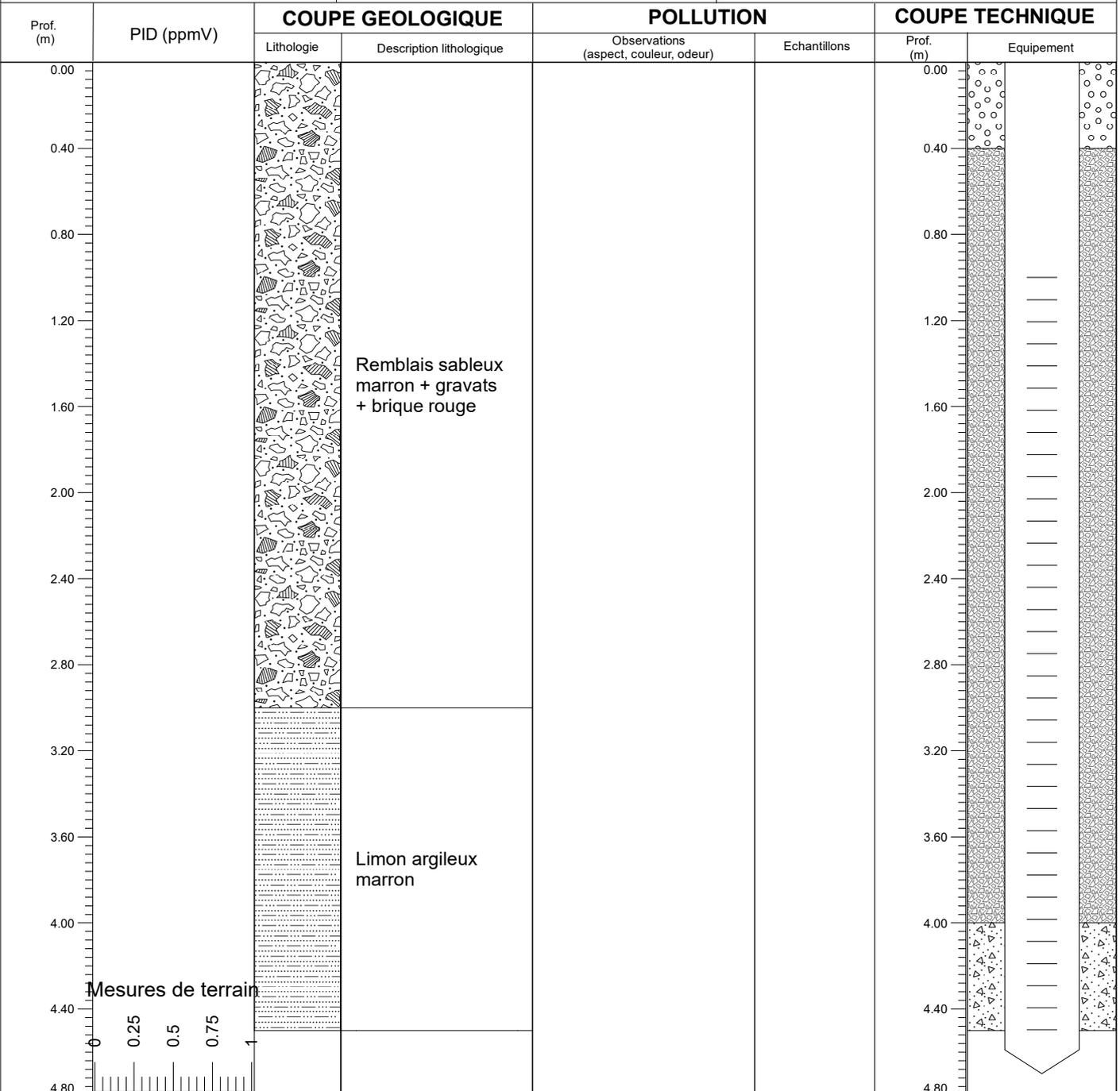
## **Annexe 3. Coupe technique des piézairs**

Cette annexe contient 2 pages.

**COUPE GEOLOGIQUE ET TECHNIQUE DE PIEZAIR**

X00191  
RSSPNO12114  
CSSPNO211025

<b>Nom de l'ouvrage :</b> Pza1		Technique de forage : Tarière mécanique		Profondeur de foration (m/sol) : 4.5	
Foreur : ATME		Nature du recouvrement de surface : Terre		Profondeur du haut de la crépine (m/sol) : 4	
Intervenant BGP : MOT		Nature de l'équipement en tête d'ouvrage : Tube		Profondeur de la base de la crépine (m/sol) : 4.5	
Date : 04/05/2021		Nature du repère : -		Diamètre de foration (mm) : 60	
Heure : 09h35		Hauteur du repère par rapport au sol (m) : -		Diamètre de l'équipement (mm) : 25/32	
Conditions météorologiques : Nuageux		<b>Vérification de l'étanchéité :</b>		Nature de l'équipement : PEHD	
<b>Localisation</b>		CO2 stabilisé (%) : -		Fente et largeur de la crépine (mm) : 1	
Système de projection : Lambert 93		CO2 air (%) : -			
X 555326,95		O2 stabilisé (%) : -			
Y6911458,256		O2 air (%) : -			
Z repère (m NGF) : -		Temps de stabilisation (min) : -			
		Débit de l'essai (L/min) : -			

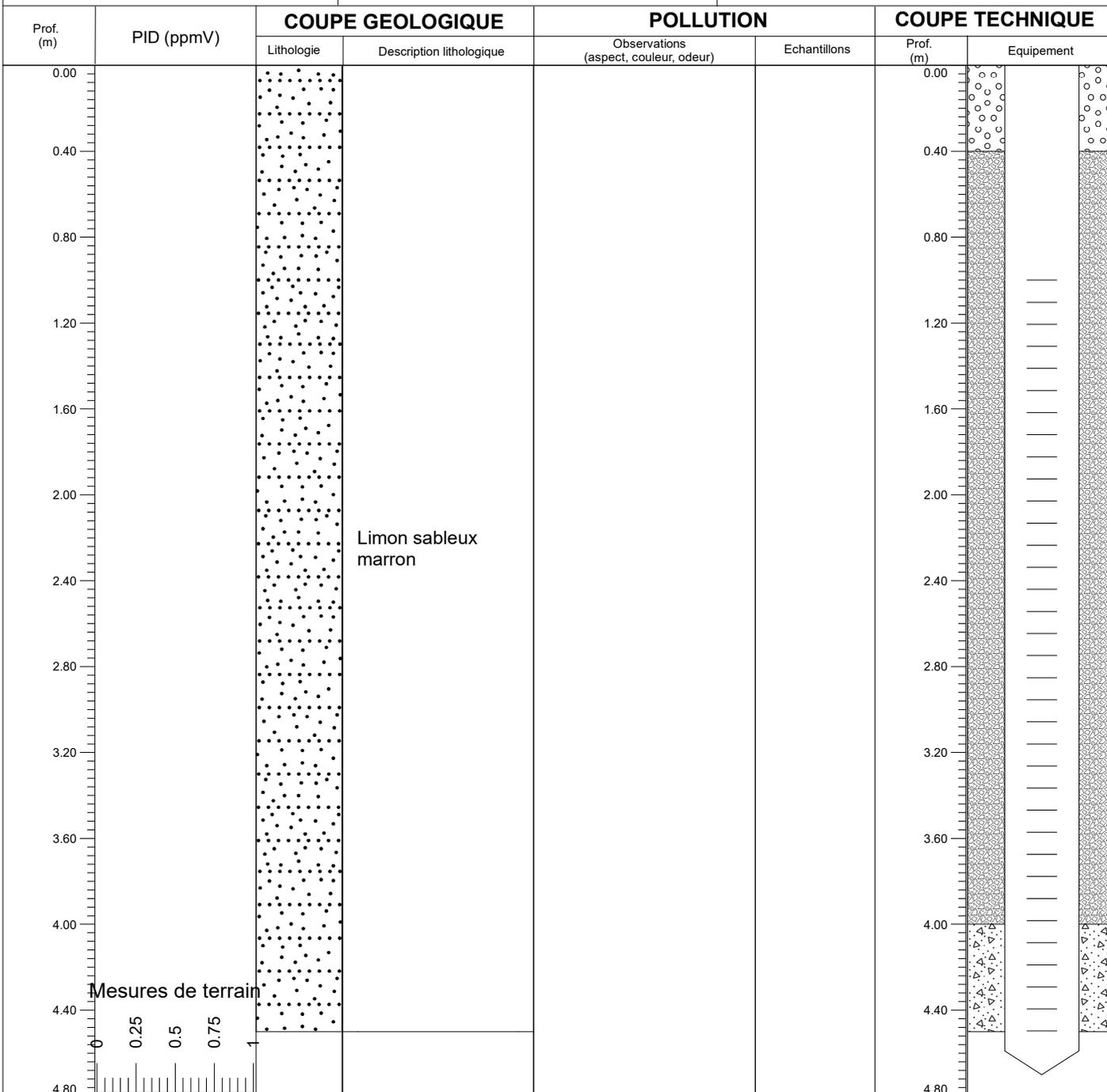


<b>Légende (coupe technique) :</b>		<b>Remarques :</b>	
Tube crépiné	Bentonite	-	
Tube plein	Béton	Volume de massif filtrant utilisé : 1	
Bouchon de fond	Ciment	Volume de coulis de bentonite utilisé : 0.3	
	Cuttings	Méthode d'échantillonnage : -	
	Massif filtrant	Flaconnage utilisé : -	

**COUPE GEOLOGIQUE ET TECHNIQUE DE PIEZAIR**

X00191  
RSSPNO12114  
CSSPNO211025

<b>Nom de l'ouvrage :</b> Pza2 <b>Foreur :</b> ATME <b>Intervenant BGP :</b> MOT <b>Date :</b> 04/05/2021 <b>Conditions météorologiques :</b> Nuageux	<b>Technique de forage :</b> Tarière mécanique <b>Nature du recouvrement de surface :</b> Terre <b>Nature de l'équipement en tête d'ouvrage :</b> Tube  <b>Nature du repère :</b> - <b>Hauteur du repère par rapport au sol (m) :</b> -	<b>Profondeur de foration (m/sol) :</b> 4.5  <b>Profondeur du haut de la crépine (m/sol) :</b> 4  <b>Profondeur de la base de la crépine (m/sol) :</b> 4.5  <b>Diamètre de foration (mm) :</b> 60 <b>Diamètre de l'équipement (mm) :</b> 25/32 <b>Nature de l'équipement :</b> PEHD <b>Fente et largeur de la crépine (mm) :</b> 1
<b>Localisation</b> <b>Système de projection :</b> Lambert 93 <b>X</b> 555327,679 <b>Y</b> 6911449,272 <b>Z repère (m NGF) :</b> -	<b>Vérification de l'étanchéité :</b> <b>CO2 stabilisé (%) :</b> - <b>CO2 air (%) :</b> - <b>O2 stabilisé (%) :</b> - <b>O2 air (%) :</b> -  <b>Temps de stabilisation (min) :</b> - <b>Débit de l'essai (L/min) :</b> -	



<b>Légende (coupe technique) :</b> Tube crépiné, Tube plein, Bouchon de fond Bentonite, Béton, Ciment Cuttings, Massif filtrant	<b>Remarques :</b> - <b>Volume de massif filtrant utilisé :</b> 1 <b>Volume de coulis de bentonite utilisé :</b> 0.3 <b>Méthode d'échantillonnage :</b> - <b>Flaconnage utilisé :</b> -
--	--

## **Annexe 4.**

# **Fiches d'échantillonnage des gaz du sol**

Cette annexe contient 4 pages.

<b>Nom du site :</b> Ancien site SCOCHER - Parcelle Cousin Corblin	<b>N° Affaire :</b> X00191	<b>N° Contrat :</b> CSSPNO211025	<b>Date / heure :</b> 10/05/2021 9h35
<b>Nom ouvrage :</b> Pza1		<b>Nom opérateur :</b> MOT	
<b>Nature de l'ouvrage :</b> Piézair		X : 555326,95	Y : 6911458,256

**Description des conditions environnementales**

Concentration dans l'air atmosphérique si mesurée (ppb isobutylène) : 0	Ensoleillement : oui	Date des dernières pluies : 10/05/21	
Nature du revêtement de sol : Terre nue	Température de l'air (°C)	t0 : 14	tfin : 17
Etat du revêtement : non fissuré	Pression atmosphérique (hPa)	t0 : 1 004	tfin : 1 005
Etat d'humidité des sols en surface : sols humides	Vent durant la mesure (m/s)	t0 : 6,4	tfin : 7,5
Profondeur de la nappe (m/sol) : -	Pluie durant la mesure	t0 : -	tfin : -
mesuré sur l'ouvrage : -	Humidité de l'air (% HR)	t0 : 70%	tfin : 49%

**Caractéristiques de l'ouvrage de prélèvement**

si piézair		si sous-dalle		si canne -gaz	
Bouchon étanche avant prélèvement :	oui	Epaisseur de la dalle (m) :		Profondeur (m) :	
Profondeur totale de l'ouvrage (m) :	4.5	Profondeur de foration (m) :		Prof. crépine (m) :	
Diamètre du tubage interne (mm) :	0.25	Diamètre de foration (mm) :		Diamètre (mm) :	
Volume de l'ouvrage (litres) :	0.0002	Volume de vide créé (litres) :		Volume (litres) :	
Présence d'eau dans l'ouvrage et h (cm) :	0	Présence d'un vide sous la dalle ?			

**Mise en place du prélèvement**

Méthode de prélèvement :	adsorption sur support	Analyses à réaliser :
Si plusieurs supports par adsorption, méthode :		<b>Nature et référence/étiquette des supports :</b>
Référence de la (les) pompe(s) utilisée(s) pour le prélèvement :	ROUEN 1	
Blanc de système (bouchon+tuyau+raccords) au PID (ppm) :	0	
Mise en place d'une bache de couverture :	non (m <sup>2</sup> ) :	
Filtre antihumidité mis en place :	non Réf. :	
Filtre antipoussière mis en place :	non Réf. :	

**Purge préalable au prélèvement**

Référence PID utilisé pour la purge :	Rouen	<p><b>Evolution des concentrations lors de la purge</b></p> <p>Concentration durant la purge (COV/T eq. isobutylène) vs temps en minutes</p>
Heure, minutes du début de la purge :	9:45 hh:mm	
Débit de purge :	0.26 l/min	
Durée de la purge :	0:22 hh:mm	
Volume de la purge	5.72 litres	
Concentration PID stabilisée en fin de purge :	11 ppmV	
Dépression dans l'ouvrage (si mesurée) :	- Pa	

**Prélèvement**

	hh:mm	débit (l/min)*	condensation observée **	Humidité GdS si mesurée (% HR)	Température GdS si mesurée (°C)	Concentration PID (ppm)
t0 *	10:06	0.2	-	-	-	11
tfin *	13:06	0.2	-	-	-	8.7

\* à compléter par ligne de prélèvement et durant le prélèvement pour des supports en //

\*\* dans l'ouvrage, sur la ligne de prélèvement ou dans le support adsorbant

Durée du prélèvement (hh:min) :	3:00
Volume prélevé (litres) :	36.00

**Flaconnage, conservation et transport**

Identification de l'échantillon (étiquetage) :	Pza1 ZM et Pza1 ZC
Méthode de stockage :	Glacière réfrigérée
Nom du laboratoire :	AGROLAB
Date d'envoi au laboratoire :	10/05/2021
Identification du blanc de terrain/ transport :	Blanc ZM et Blanc ZC
Si Doublon, n° d'identification (étiquetage) :	
Remarques :	

**Visualisation du point de prélèvement**




<b>Nom du site :</b> Ancien site SCOCHER - Parcelle Cousin Corblin	<b>N° Affaire :</b> X00191	<b>N° Contrat :</b> CSSPNO211025	<b>Date / heure :</b> 10/05/2021 10h08
<b>Nom ouvrage :</b> Pza2	<b>Nom opérateur :</b> MOT		
<b>Nature de l'ouvrage :</b> Piézair	<b>X :</b> 555327,679 <b>Y :</b> 6911449,272		

**Description des conditions environnementales**

Concentration dans l'air atmosphérique si mesurée (ppb isobutylène) : 0	Ensoleillement : oui	Date des dernières pluies : 10/05/21	
Nature du revêtement de sol : Terre nue	Température de l'air (°C)	t0 : 14	tfin : 17
Etat du revêtement : non fissuré	Pression atmosphérique (hPa)	t0 : 1 004	tfin : 1 005
Etat d'humidité des sols en surface : sols humides	Vent durant la mesure (m/s)	t0 : 6,4	tfin : 7,5
Profondeur de la nappe (m/sol) : -	Pluie durant la mesure	t0 : -	tfin : -
mesuré sur l'ouvrage : -	Humidité de l'air (% HR)	t0 : 70%	tfin : 49%

**Caractéristiques de l'ouvrage de prélèvement**

si piézair		si sous-dalle		si canne -gaz	
Bouchon étanche avant prélèvement :	oui	Epaisseur de la dalle (m) :		Profondeur (m) :	
Profondeur totale de l'ouvrage (m) :	4.5	Profondeur de foration (m) :		Prof. crépine (m) :	
Diamètre du tubage interne (mm) :	0.25	Diamètre de foration (mm) :		Diamètre (mm) :	
Volume de l'ouvrage (litres) :	0.0002	Volume de vide créé (litres) :		Volume (litres) :	
Présence d'eau dans l'ouvrage et h (cm) :	0	Présence d'un vide sous la dalle ?			

**Mise en place du prélèvement**

Méthode de prélèvement :	adsorption sur support	Analyses à réaliser :
Si plusieurs supports par adsorption, méthode :		<b>Nature et référence/étiquette des supports :</b>
Référence de la (les) pompe(s) utilisée(s) pour le prélèvement :	ROUEN 3	
Blanc de système (bouchon+tuyau+raccords) au PID (ppm) :	0	
Mise en place d'une bache de couverture :	non (m <sup>2</sup> ) :	
Filtre antihumidité mis en place :	non Réf. :	
Filtre antipoussière mis en place :	non Réf. :	

**Purge préalable au prélèvement**

Référence PID utilisé pour la purge :	Rouen	
Heure, minutes du début de la purge :	10:17 hh:mm	
Débit de purge :	0.26 l/min	
Durée de la purge :	0:22 hh:mm	
Volume de la purge	5.72 litres	
Concentration PID stabilisée en fin de purge :	1.2 ppmV	
Dépression dans l'ouvrage (si mesurée) :	- Pa	

**Prélèvement**

	hh:mm	débit (l/min)*	condensation observée **	Humidité GdS si mesurée (% HR)	Température GdS si mesurée (°C)	Concentration PID (ppm)
t0 *	10:28	0.2	-	-	-	1.2
tfin *	13:28	0.2	-	-	-	1.1

\* à compléter par ligne de prélèvement et durant le prélèvement pour des supports en //

\*\* dans l'ouvrage, sur la ligne de prélèvement ou dans le support adsorbant

Durée du prélèvement (hh:min) :	3:00
Volume prélevé (litres) :	36.00

**Flaconnage, conservation et transport**

Identification de l'échantillon (étiquetage) :	Pza2 ZM et Pza2 ZC
Méthode de stockage :	Glacière réfrigérée
Nom du laboratoire :	AGROLAB
Date d'envoi au laboratoire :	10/05/2021
Identification du blanc de terrain/ transport :	Blanc ZM et Blanc ZC
Si Doublon, n° d'identification (étiquetage) :	
Remarques :	

**Visualisation du point de prélèvement**




## **Annexe 5.**

# **Bordereaux d'analyse des gaz du sol**

Cette annexe contient 12 pages.

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (ROUEN 76)  
Monsieur Nicolas HUBERT  
143 Avenue de Verdun  
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX  
FRANCE

Date 17.05.2021  
N° Client 35004318

## RAPPORT D'ANALYSES 1044996 - 494320

n° Cde 1044996 BD21169 - CSSPNO211025 - Cousin Corblin - NIH  
N° échant. 494320 Air  
Date de validation 12.05.2021  
Prélèvement 10.05.2021  
Prélèvement par: Client (GINGER BURGEAP)  
Spécification des échantillons Pza1 - ZM

	Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
<b>Composés aromatiques</b>					
Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	0,97	0,05	+/- 13	méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	8,0	0,1	+/- 20	méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	10,1	0,1	+/- 24	méthode interne
m,p-Xylène (tube)	µg/tube	11,1	0,1	+/- 28	méthode interne
o-Xylène (tube)	µg/tube	5,5	0,1	+/- 25	méthode interne
<b>Somme Xylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>17</b>			méthode interne
<b>TPH</b>					
<b>Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) <sup>1)</sup></b>	µg/tube	<b>280</b>		+/- 30	méthode interne
<b>Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) <sup>1)</sup></b>	µg/tube	<b>280</b>		+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	69	2	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	52	2	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	100	2	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	44	2	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	12	2	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	0,97	0,05	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	8,0	0,1	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	210	2	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	51	2	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	8,9	2	+/- 30	méthode interne

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

Le calcul de l'incertitude de mesure combinée et élargie mentionné dans le présent rapport est basé sur le GUM (Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure, BIPM, CEI, FICC, ISO, UICPA, UIPPA et OIML, 2008) et Nordtest Report (Manuel pour le calcul de l'incertitude de mesure dans les laboratoires d'analyse de l'environnement (TR 537 (ed. 4) 2017). Le facteur d'élargissement utilisé est 2 pour un niveau de probabilité de 95% (intervalle de confiance).

Début des analyses: 12.05.2021

Fin des analyses: 17.05.2021

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon EN ISO/IEC 17025:2017. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " \* ) " .

## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Date 17.05.2021  
N° Client 35004318

### RAPPORT D'ANALYSES 1044996 - 494320



**AL-West B.V. Melle Mylène Magnenet, Tel. +33/380680156**  
**Chargée relation clientèle**

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon EN ISO/IEC 17025:2017. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " \* ) " .

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (ROUEN 76)  
Monsieur Nicolas HUBERT  
143 Avenue de Verdun  
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX  
FRANCE

Date 17.05.2021  
N° Client 35004318

## RAPPORT D'ANALYSES 1044996 - 494321

n° Cde 1044996 BD21169 - CSSPNO211025 - Cousin Corblin - NIH  
N° échant. 494321 Air  
Date de validation 12.05.2021  
Prélèvement 10.05.2021  
Prélèvement par: Client (GINGER BURGEAP)  
Spécification des échantillons Pza1 - ZC

	Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
<b>Composés aromatiques</b>					
Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	<0,05	0,05		méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
m,p-Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
o-Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
<b>Somme Xylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			méthode interne
<b>TPH</b>					
<b>Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) <sup>1)</sup></b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			méthode interne
<b>Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) <sup>1)</sup></b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<0,050	0,05		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.  
Les incertitudes de mesure analytiques spécifiques aux paramètres ainsi que des informations sur la procédure de calcul sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre.

Début des analyses: 12.05.2021  
Fin des analyses: 17.05.2021

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon EN ISO/IEC 17025:2017. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " \* ) " .

Kamer van Koophandel Directeur  
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder  
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer  
NL 811132559 B01

## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Date 17.05.2021  
N° Client 35004318

### RAPPORT D'ANALYSES 1044996 - 494321



**AL-West B.V. Melle Mylène Magnenet, Tel. +33/380680156**  
**Chargée relation clientèle**

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon EN ISO/IEC 17025:2017. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " \* ) " .

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (ROUEN 76)  
Monsieur Nicolas HUBERT  
143 Avenue de Verdun  
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX  
FRANCE

Date 17.05.2021  
N° Client 35004318

## RAPPORT D'ANALYSES 1044996 - 494322

n° Cde 1044996 BD21169 - CSSPNO211025 - Cousin Corblin - NIH  
N° échant. 494322 Air  
Date de validation 12.05.2021  
Prélèvement 10.05.2021  
Prélèvement par: Client (GINGER BURGEAP)  
Spécification des échantillons Pza2 - ZM

	Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
<b>Composés aromatiques</b>					
Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	0,28	0,05	+/- 13	méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	3,8	0,1	+/- 20	méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	0,59	0,1	+/- 24	méthode interne
m,p-Xylène (tube)	µg/tube	3,1	0,1	+/- 28	méthode interne
o-Xylène (tube)	µg/tube	1,2	0,1	+/- 25	méthode interne
<b>Somme Xylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>4,3</b>			méthode interne

### TPH

<b>Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) <sup>x)</sup></b>	µg/tube	<b>36</b>		+/- 30	méthode interne
<b>Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) <sup>x)</sup></b>	µg/tube	<b>21 <sup>x)</sup></b>		+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube) <sup>x)</sup>	µg/tube	3,4	2	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube) <sup>x)</sup>	µg/tube	11	2	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube) <sup>x)</sup>	µg/tube	9,9	2	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube) <sup>x)</sup>	µg/tube	9,4	2	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube) <sup>x)</sup>	µg/tube	2,0	2	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7 (tube) <sup>x)</sup>	µg/tube	0,28	0,05	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (tube) <sup>x)</sup>	µg/tube	3,8	0,1	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10 (tube) <sup>x)</sup>	µg/tube	15	2	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube) <sup>x)</sup>	µg/tube	2,2	2	+/- 30	méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube) <sup>x)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne

x) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.

Le calcul de l'incertitude de mesure combinée et élargie mentionné dans le présent rapport est basé sur le GUM (Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure, BIPM, CEI, FICC, ISO, UICPA, UIPPA et OIML, 2008) et Nordtest Report (Manuel pour le calcul de l'incertitude de mesure dans les laboratoires d'analyse de l'environnement (TR 537 (ed. 4) 2017). Le facteur d'élargissement utilisé est 2 pour un niveau de probabilité de 95% (intervalle de confiance).

Début des analyses: 12.05.2021

Fin des analyses: 17.05.2021

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon EN ISO/IEC 17025:2017. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole "x)".

## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Date 17.05.2021  
N° Client 35004318

### RAPPORT D'ANALYSES 1044996 - 494322



**AL-West B.V. Melle Mylène Magnenet, Tel. +33/380680156**  
**Chargée relation clientèle**

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon EN ISO/IEC 17025:2017. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " \* ) " .

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (ROUEN 76)  
Monsieur Nicolas HUBERT  
143 Avenue de Verdun  
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX  
FRANCE

Date 17.05.2021  
N° Client 35004318

## RAPPORT D'ANALYSES 1044996 - 494323

n° Cde 1044996 BD21169 - CSSPNO211025 - Cousin Corblin - NIH  
N° échant. 494323 Air  
Date de validation 12.05.2021  
Prélèvement 10.05.2021  
Prélèvement par: Client (GINGER BURGEAP)  
Spécification des échantillons Pza2 - ZC

	Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
<b>Composés aromatiques</b>					
Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	<0,05	0,05		méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
m,p-Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
o-Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
<b>Somme Xylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			méthode interne
<b>TPH</b>					
<b>Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) <sup>1)</sup></b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			méthode interne
<b>Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) <sup>1)</sup></b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<0,050	0,05		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.  
Les incertitudes de mesure analytiques spécifiques aux paramètres ainsi que des informations sur la procédure de calcul sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre.

Début des analyses: 12.05.2021  
Fin des analyses: 17.05.2021

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon EN ISO/IEC 17025:2017. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " \* ) " .

Kamer van Koophandel Directeur  
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder  
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer  
NL 811132559 B01

## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Date 17.05.2021  
N° Client 35004318

### RAPPORT D'ANALYSES 1044996 - 494323



**AL-West B.V. Melle Mylène Magnenet, Tel. +33/380680156**  
**Chargée relation clientèle**

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon EN ISO/IEC 17025:2017. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " \* ) " .

Kamer van Koophandel Directeur  
Nr. 08110898 ppa. Marc van Gelder  
VAT/BTW-ID-Nr.: Dr. Paul Wimmer  
NL 811132559 B01

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (ROUEN 76)  
Monsieur Nicolas HUBERT  
143 Avenue de Verdun  
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX  
FRANCE

Date 17.05.2021  
N° Client 35004318

## RAPPORT D'ANALYSES 1044996 - 494324

n° Cde 1044996 BD21169 - CSSPNO211025 - Cousin Corblin - NIH  
N° échant. 494324 Air  
Date de validation 12.05.2021  
Prélèvement 10.05.2021  
Prélèvement par: Client (GINGER BURGEAP)  
Spécification des échantillons Blanc - ZM

	Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
<b>Composés aromatiques</b>					
Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	<0,05	0,05		méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
m,p-Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
o-Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
<b>Somme Xylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			méthode interne
<b>TPH</b>					
<b>Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) <sup>1)</sup></b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			méthode interne
<b>Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) <sup>1)</sup></b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<0,050	0,05		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.  
Les incertitudes de mesure analytiques spécifiques aux paramètres ainsi que des informations sur la procédure de calcul sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre.

Début des analyses: 12.05.2021  
Fin des analyses: 17.05.2021

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon EN ISO/IEC 17025:2017. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " \* ) " .

## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Date 17.05.2021  
N° Client 35004318

### RAPPORT D'ANALYSES 1044996 - 494324



**AL-West B.V. Melle Mylène Magnenet, Tel. +33/380680156**  
**Chargée relation clientèle**

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon EN ISO/IEC 17025:2017. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " \* ) " .

# AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl



# AGROLAB GROUP

Your labs. Your service.

BURGEAP (ROUEN 76)  
Monsieur Nicolas HUBERT  
143 Avenue de Verdun  
92130 ISSY-LES-MOULINEAUX  
FRANCE

Date 17.05.2021  
N° Client 35004318

## RAPPORT D'ANALYSES 1044996 - 494325

n° Cde 1044996 BD21169 - CSSPNO211025 - Cousin Corblin - NIH  
N° échant. 494325 Air  
Date de validation 12.05.2021  
Prélèvement 10.05.2021  
Prélèvement par: Client (GINGER BURGEAP)  
Spécification des échantillons Blanc - ZC

	Unité	Résultat	Limite Quant.	Incert. Résultat %	Méthode
<b>Composés aromatiques</b>					
Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Benzène (tube)	µg/tube	<0,05	0,05		méthode interne
Toluène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
m,p-Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
o-Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
<b>Somme Xylènes (tube)</b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			méthode interne
<b>TPH</b>					
<b>Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) <sup>1)</sup></b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			méthode interne
<b>Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) <sup>1)</sup></b>	µg/tube	<b>n.d.</b>			méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<0,050	0,05		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<0,10	0,1		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube) <sup>1)</sup>	µg/tube	<2,0	2		méthode interne

Explication: dans la colonne de résultats "<" signifie inférieur à la limite de quantification; n.d. signifie non déterminé.  
Les incertitudes de mesure analytiques spécifiques aux paramètres ainsi que des informations sur la procédure de calcul sont disponibles sur demande, si les résultats communiqués sont supérieurs à la limite de quantification spécifique au paramètre.

Début des analyses: 12.05.2021  
Fin des analyses: 17.05.2021

Les résultats portent exclusivement sur les échantillons analysés. Si le laboratoire n'est pas responsable de l'échantillonnage, les résultats correspondent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. La reproduction d'extraits de ce rapport sans notre autorisation écrite n'est pas autorisée.

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon EN ISO/IEC 17025:2017. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " \* ) " .

## AL-West B.V.

Dortmundstraat 16B, 7418 BH Deventer, the Netherlands  
Tel. +31(0)570 788110  
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Date 17.05.2021  
N° Client 35004318

### RAPPORT D'ANALYSES 1044996 - 494325



**AL-West B.V. Melle Mylène Magnenet, Tel. +33/380680156**  
**Chargée relation clientèle**

Les activités rapportées dans ce document sont accréditées selon EN ISO/IEC 17025:2017. Seules les activités non accréditées sont identifiées par le symbole " \* ) " .

## **Annexe 6.**

# **Données toxicologiques**

Cette annexe contient 6 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

UE	
	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 préoccupante 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
- H317 : Peut provoquer une allergie cutanée
- H318 : Provoque des lésions oculaires graves
- H319 : Provoque une sévère irritation des yeux
- H330 : Mortel par inhalation
- H331 : Toxique par inhalation
- H332 : Nocif par inhalation
- H334 : Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation
- H335 : Peut irriter les voies respiratoires
- H336 : Peut provoquer somnolence ou vertiges
- H340 : Peut induire des anomalies génétiques <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H341 : Susceptible d'induire des anomalies génétiques <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H350 : Peut provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H351 : Susceptible de provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H352 : 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>
- H353 : 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>
- H354 : Peut être nocif pour les bébés nourris au lait maternel
- 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>
- H360Df : Peut nuire au fœtus. Susceptible de nuire à la fertilité.
- 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
- 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 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 dégagant 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).

<p>SGH01</p> 	<p>SGH02</p> 	<p>SGH03</p> 
<p>SGH04</p> 	<p>SGH05</p> 	<p>SGH06</p> 
<p>SGH07</p> 	<p>SGH08</p> 	<p>SGH09</p> 

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

	CAS n°R	Volatilité	solubilité	Classement symboles	Mention de danger	classement cancérogénicité			EFFETS TOXIQUES A SEUIL				
		Pv	S			UE	CIRC (IARC)	EPA	Organe cible (oral)	Organe cible (inh°)			
<b>COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES</b>													
benzène	71-43-2	++	++	SGH02, SGH08	SGH07, H225, H372, H315	H350, H304, H319	H340, H319	C1A M1B	1	A	sang	sang	
toluène	108-88-3	++	++	SGH02, SGH08	SGH07, H225, H373, H315	H361d, H304, H336		R2	3	D	hépatique, rein	syst. Nerveux	
ethylbenzène	100-41-4	+	++	SGH02, SGH07	H225, H332			-	2B	-	hépatique, rein	effet ototoxique	
xylènes	1330-20-7	+	++	SGH02, SGH07	H226, H315	H332, H312		-	3	-	poids corporel	syst. 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, H315, H336, H412	H341, H319		C1B M2	1	A	multiples	rein	
1,1 DCE (1,1 dichloroéthylène)	75-35-4	++	++	SGH02, SGH08	SGH07, H224, H351, H332			C2	3	C	hépatique	hépatique	
1,1,1 trichloroéthane	71-55-6	++	++	SGH07	H332, EUH059			-	3	D	poids corporel	syst. nerveux	
1,1 dichloroéthane	75-34-3	++	++	SGH02, SGH07	H225, H335, H412	H302, H319		-	-	C	-	-	
TCmA (trichlorométhane ou chloroforme)	67-66-3	++	++	SGH07, SGH08	H351, H315	H302, H373		C2	2B	B2	hépatique	hépatique	
dichlorométhane	75-09-2	++	++	SGH08, SGH09	H351			C2	2B	B2	foie	foie	
<b>HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH</b>													
Aliphatic nC>5-nC6	non adéquat	++	+	white spirit, essences spéciales, solvants aromatiques légers, pétroles lampants (kérosène) : <b>SGH08</b>	tout d'hydrocarbures type : <b>H350, H340, H304</b>			classement fonction des hydrocarbures			non adapté	syst. nerveux	
Aliphatic nC>6-nC8	"	++	+								non adapté	syst. nerveux	
Aliphatic nC>8-nC10	"	+	-								syst. hépatique	nerveux	syst. Hépatique
Aliphatic nC>10-nC12	"	+	-								syst. hépatique	nerveux	syst. Hépatique
Aliphatic nC>12-nC16	"	-	--								syst. hépatique	nerveux	syst. Hépatique
Aromatic nC>5-nC7 benzène	"	++	++								-	-	-
Aromatic nC>7-nC8 toluène	"	++	++								-	-	-
Aromatic nC>8-nC10	"	+	+								poids	poids	poids
Aromatic nC>10-nC12	"	+	+								poids	poids	poids
Aromatic nC>12-nC16	"	-	+								poids	poids	poids

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

## **Annexe 7. Relation 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). Etablies par diverses instances internationales ou nationales<sup>5</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 cancérigènes et effets cancérigènes à seuil<sup>6</sup>) et **les effets sans seuil** de dose (substances cancérigènes génotoxiques). Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

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

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

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

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

**Pour les effets à seuil de dose**, les VTR sont exprimées en mg/kg/j pour l'ingestion et en µg/m<sup>3</sup> 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)

<sup>5</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>6</sup> Cancérogènes épigénétiques ou non génotoxiques

- REL (Reference Exposure Level – OEHHA)
- TDI (Tolerable Daily Intake –RIVM)
- CAA (Concentration dans l'Air Admissible – OMS);

En France, la dénomination retenue par l'ANSES<sup>7</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 cancérigène 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 (mg/kg/j)<sup>-1</sup>,
- l'excès de risque unitaire par inhalation : ERUi en (µg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>.

#### 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'OEHHA 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

<sup>7</sup>ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

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

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

### 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>8</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>9</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 naphthalène, 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

<sup>8</sup> WHO. Air Quality Guidelines. Second edition WHO Regional Publications, European Series, No. 91.2000, 273 pages.

<sup>9</sup> WHO. Air Quality Guidelines. Global update 2005. Report on a working group meeting. Bonn, Germany. 18-20 October 2005.

d'exposition (VGAI court terme, VGAI long terme, VGAI intermédiaire), en dessous de laquelle aucun effet sanitaire, aucune nuisance, ou aucun effet indirect important sur la santé n'est en principe attendu pour la population générale.

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

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

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

### ► CSHPF et HCSP

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

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

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

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

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

### 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 8. Estimation des concentrations dans les milieux d'exposition**

Cette annexe contient 13 pages.

## Concentrations de vapeurs dans l'air intérieur - bâtiment de plain-pied sur dallage indépendant

### 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 :

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

$D_{\text{eff}}$  : 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 :

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

La différence de pression entre l'air des bâtiments et l'air du sol  $\Delta P$  : 40  $g/cm \cdot s^2$  (valeur conservatoire définie par Johnson et Ettinger). Cette différence de pression varie dans la littérature de 0 à 20 Pa (1 Pa = 10  $g/cm \cdot s^2$ ). 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,  
 $\theta_{eau}$  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 (g/cm<sup>3</sup>)  
 $F_{oc}$  : 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 (cm<sup>3</sup> d'air/ cm<sup>3</sup> de sol)  
 $\theta_w$  : teneur en eau dans les sols (cm<sup>3</sup> d'eau/ cm<sup>3</sup> de sol)

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

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

## Concentration de vapeurs dans l'air intérieur - bâtiment sur vide sanitaire

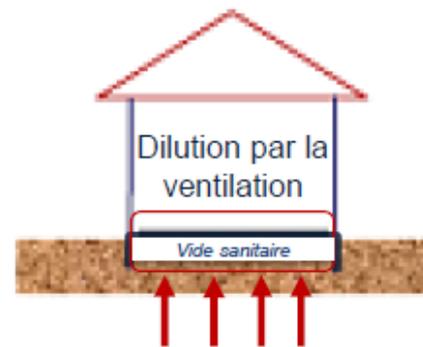
**Modèle en source infinie utilisé**

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).



Waitz et al. 1996  
**Dalle portée sur VS**

### 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 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$F_{oc}$  : fraction de carbone organique dans le sol (g co/g sol)

$K_{oc}$  : coefficient de partition du carbone organique (mg/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)

- 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  $1 \text{ Pa}$  (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 :

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

**Avec** :  $h_i$  : hauteur du vide sanitaire ( $m$ )  
 $\tau_v$  : 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 ( $m^2 \cdot Pa^{-1} \cdot j^{-1}$ )  
 $A_c$  : 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 ( $Pa \cdot j$ ), 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** :  $h_i$  : hauteur du rez-de-chaussée (m)  
 $\tau_i$  : 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  $0,2 \text{ m}^{-2}$  (valeurs par défaut de Volasoil : 10 fissures pour  $50 \text{ m}^2$ ).

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	$10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-5}$
Normale	$10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-7}$
Bonne	$10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-9}$

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  $0,2 \text{ m}^{-2}$ .

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

### **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 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )  
 $J_{sc}$  : flux massique de polluant du sol vers le vide sanitaire ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$ )  
 $h_c$  : hauteur du vide sanitaire (m)  
 $vv_c$  : taux de renouvellement d'air du vide sanitaire ( $\text{j}^{-1}$ )  
 $\tau_c$  : taux de ventilation du vide sanitaire ( $\text{j}^{-1}$ )  
 $Q_{ci}$  : flux d'air du vide sanitaire vers l'air intérieur ( $\text{m}^3/\text{j}$ )  
 $A_c$  : surface du vide sanitaire ( $\text{m}^2$ )

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 ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )  
 $C_{as}$  : concentration en polluant dans l'air du sol à la source ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

### **Flux massique de substances volatiles du vide sanitaire vers l'air intérieur**

L'équation utilisée pour calculer le flux massique  $J_{ci}$  ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$ ) 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 ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$ ) (voir b)  
 $C_{ca}$  : concentration en polluant dans le vide sanitaire ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )  
 $Q_{ci}$  : flux d'air du vide sanitaire vers l'air intérieur ( $\text{m}^3/\text{j}$ )  
 $A_c$  : surface du vide sanitaire ( $\text{m}^2$ )

### **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 :

$$C_{ia} = \frac{J_{ci}}{h_i \times vv_i} \quad \text{avec} \quad vv_i = \tau_i + \frac{Q_{ci}}{A_c \times h_i} \quad (9)$$

**Avec**  $C_{ia}$  : concentration en polluant dans l'air intérieur ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )  
 $h_i$  : hauteur du rez-de-chaussée (m)  
 $vv_i$  : taux de renouvellement de l'air intérieur ( $\text{j}^{-1}$ )  
 $\tau_i$  : taux de ventilation d'air de la pièce considérée ( $\text{j}^{-1}$ )  
 $Q_{ci}$  : flux d'air du vide sanitaire vers l'air intérieur ( $\text{m}^3/\text{j}$ )  
 $A_c$  : surface du vide sanitaire ( $\text{m}^2$ )

### **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 :

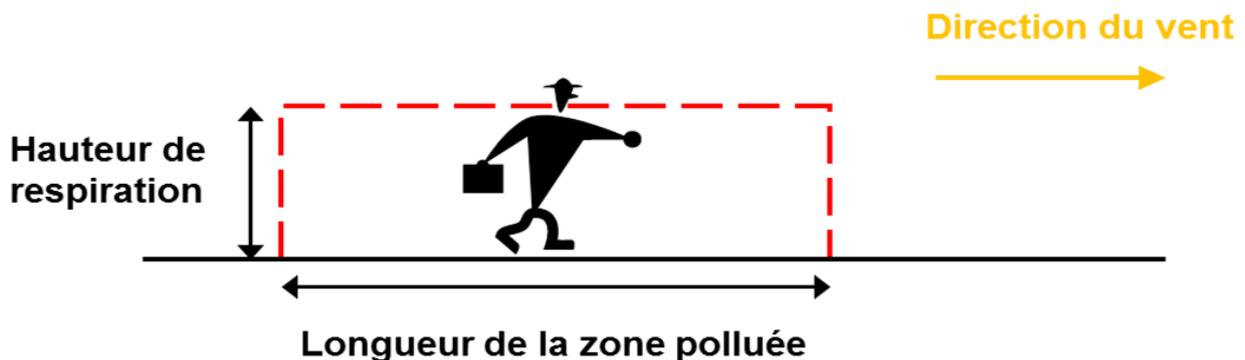
- H constante de Henry adimensionnelle,
- $\theta$  porosité totale,
- $\theta_{eau}$  teneur en eau du sol,
- $\theta_{eau}$  teneur en gaz du sol.

**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 :

$$C_{i,air-ext} = \frac{F \cdot L}{v \cdot H}$$

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 (Deff 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>10</sup> est donné ci-après.

Le coefficient de diffusion réel (appelé diffusion effective, Dsa dans l'air et Dw 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.

$$D_{sa} = D_{air} \times \alpha_{air} \times \alpha_{air}^{-1} \quad (1)$$

<sup>10</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 (Glotfely & Schomburg, 1991).

$$D_w = (D_{eau} / H) \times \theta_{eau} \times \theta_{eau}^{-1} \quad (2)$$

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,
- $\theta_{eau}$  : teneur en eau du sol,
- $\theta_{air}$  : 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 (g/cm<sup>3</sup>)

$F_{oc}$  : 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 (cm<sup>3</sup> d'air/ cm<sup>3</sup> de sol)

$\theta_w$  : teneur en eau dans les sols (cm<sup>3</sup> d'eau/ cm<sup>3</sup> de sol)

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

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)

### **Caractéristique des recouvrements :**

Les terrains naturels pollués sont considérés comme recouverts par une couche d'enrobé : Un enrobé (ou enrobé bitumineux ou béton bitumineux) est un mélange de graviers, de sable et de liant hydrocarboné (type goudron ou bitume) appliqué en une ou plusieurs couches pour constituer la chaussée des routes, la piste des aéroports et d'autres zones de circulation. Un enrobé drainant ou béton bitumineux drainant est un revêtement routier bitumineux, utilisé pour constituer la chaussée des routes. Il fait partie de la famille des enrobés bitumineux.

Les caractéristiques en termes de porosités et teneur en eau des enrobés asphaltés sont diverses dépendant de la typologie des enrobés.

La teneur en gaz doit être comprise entre 3 et 5%, en dessous de 3 %, le revêtement serait sujet à des déformations permanentes trop importantes (Roberts et al. 1996). En dessous de 2%, le volume de vide n'est pas suffisant pour la dilatation du matériau en cas de fortes chaleurs<sup>11</sup>

<sup>11</sup> <http://www.asphaltinstitute.org/engineering/frequently-asked-questions-faqs/asphalt-pavement-construction/>

Une seule référence mentionne la teneur en eau (VDOT, 2011) qui doit être suivie lors du séchage du matériau et ne pas dépasser 1% sur le mélange fini. La teneur en eau peut avoir des effets délétères sur la performance à long terme du recouvrement. Pour Parker (1996), les seuils à partir desquels de tels effets peuvent se produire varient de 0,5 à 2%.

Dans l'application des calculs de risques à la réutilisation des terres excavées, Blanc et al. (2012) retiennent pour l'enrobé extérieur (parking) une porosité de 3% et une teneur en eau nulle, aucun argumentaire n'est cependant donné sur la source de ces valeurs.

Le tableau suivant présente ces rapports pour différentes hypothèses.

	Gamme enrobé asphalté (hors enrobé poreux)							bétons (pour mémoire)
porosité	2%	2%	3%	3%	4%	5%	5%	12%
teneur en gaz	1%	2%	2%	3%	3%	3%	4%	5%
teneur en eau	1%	0%	1%	0%	1%	2%	1%	7%
D0/ Deff	1856	184	414	107	191	298	114	312

## **Annexe 9.**

# **Détails des calculs de dose et de risque**

Cette annexe contient 2 pages.





## **Annexe 10. Glossaire**

**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

**ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents)** : base de données répertorie les incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques ou à l'environnement.

**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 l'Île de France, 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.