

# Ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37)

## Analyse des Risques Résiduels

Décembre 2009 – A55422/Version A

**ESSO SAF**  
**Tour Manhattan**  
**92 095 PARIS LA DEFENSE**  
**CEDEX**

**AGENCE PARIS CENTRE NORMANDIE**

Immeuble « Arc en Ciel »  
11, rue de la Vanne  
92 120 MONTROUGE  
Tél. : 01 57 63 14 00 - Fax : 01 57 63 14 01



## Sommaire

	Pages
<b>GLOSSAIRE</b> .....	4
<b>1. INTRODUCTION</b> .....	5
<b>2. DESCRIPTION DU SITE ET DE SON ENVIRONNEMENT</b> .....	6
2.1. LOCALISATION DU SITE .....	6
2.2. CONTEXTE HYDROLOGIQUE.....	7
2.3. CONTEXTES GEOLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE .....	7
<b>3. SYNTHESE ENVIRONNEMENTALE</b> .....	9
3.1. PREAMBULE .....	9
3.2. HISTORIQUE DU SITE.....	9
3.3. INVESTIGATIONS ET TRAVAUX REALISES.....	9
3.3.1. <i>Diagnostic initial de GESTER (octobre 2002)</i> .....	9
3.3.2. <i>Diagnostic complémentaire (GESTER, octobre 2003)</i> .....	12
3.3.3. <i>Travaux de dépollution (GESTER, 2004)</i> .....	12
3.3.4. <i>Investigations complémentaires (ARCADIS, 2005)</i> .....	14
3.3.5. <i>Evaluation Détaillée des Risques (ARCADIS, 2005-2006)</i> .....	15
3.3.6. <i>Recherche de l'origine de la pollution aux COHV (SERPOL, 2008)</i> .....	17
3.3.7. <i>Diagnostic complémentaire des gaz du sol (SERPOL, 2009)</i> .....	17
3.3.8. <i>Suivi qualitatif des eaux souterraines depuis 2008 (SERPOL)</i> .....	20
3.3.9. <i>Dépollution (SERPOL, 2008)</i> .....	21
<b>4. ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS (ARR)</b> .....	22
4.1. PREAMBULE .....	22
4.2. IDENTIFICATION DES DANGERS.....	23
4.2.1. <i>Sources</i> .....	23
4.2.2. <i>Vecteurs</i> .....	24
4.2.3. <i>Cibles</i> .....	24
4.2.4. <i>Scénarii retenus</i> .....	25
4.2.5. <i>Caractéristiques des aménagements</i> .....	26
4.2.6. <i>Caractéristiques du sous-sol</i> .....	28
4.2.7. <i>Hypothèses prises en compte pour la source</i> .....	29
4.3. RELATION DOSE/EFFETS POUR LES SUBSTANCES.....	35
4.4. EVALUATION DES CONCENTRATIONS D'EXPOSITION.....	36
4.4.1. <i>Préambule</i> .....	36
4.4.2. <i>Transfert de pollution</i> .....	36
4.4.3. <i>Calcul de la concentration moyenne inhalée au point d'exposition</i> .....	37
4.4.4. <i>Calcul des risques</i> .....	38
4.5. EVALUATION ET CARACTERISATION DES RISQUES.....	38
4.6. INCERTITUDES SUR LES CALCULS DE RISQUES .....	41
4.6.1. <i>Incertitudes liées à l'identification des dangers</i> .....	41
4.6.2. <i>Incertitudes liées aux relations dose-réponse</i> .....	41
4.6.3. <i>Incertitudes liées à l'évaluation de l'exposition</i> .....	41
4.6.4. <i>Incertitudes liées à la nature du sol</i> .....	41
4.6.5. <i>Discussion sur la profondeur des sources</i> .....	42
4.7. ETUDE DES POSSIBILITES D'AMENAGEMENT DE LA BANDE I .....	42

5. CONCLUSION..... 43

**Liste des figures**

Figure 1 : Localisation du secteur d'étude sur la carte IGN (Source : GEOPORTAIL)... 6  
 Figure 2 : Photographie aérienne du site (Source : Google Earth) ..... 7 ✓  
 Figure 3 : Localisation des zones sources identifiées lors du diagnostic initial (GESTER, ✓  
 2002) ..... 11  
 Figure 4 : Localisation des investigations complémentaires de 2003-2004 (GESTER) 13 ✓  
 Figure 5 : Localisation des investigations réalisées en octobre 2005 (ARCADIS)..... 16 ✓  
 Figure 6 : Localisation des investigations réalisées en 2008 (SERPOL) ..... 18  
 Figure 7 : Localisation des investigations réalisées dans les gaz du sol (SERPOL, 2009)  
 ..... 19  
 Figure 8 : Localisation de la bande 1 ..... 24 ✓  
 Figure 9 : Schéma conceptuel environnemental ..... 26

**Liste des tableaux**

Tableau 1 : Synthèse des zones sources et résultats significatifs (GESTER, 2002)..... 10  
 Tableau 2 : Taux de fréquentation des cibles pour la voie d'exposition par inhalation de  
 vapeurs ..... 25  
 Tableau 3 : Caractéristiques générales pour les bâtiments sans sous-sol (scénarii 1 et 2)  
 ..... 27  
 Tableau 4 : Caractéristiques proposées pour les aménagements extérieurs (scénario 3) 28  
 Tableau 5 : Teneurs en eau et en air retenues ..... 29  
 Tableau 6 : Caractéristiques du sous-sol..... 29  
 Tableau 7 : Choix des concentrations retenues dans les calculs de risques..... 31  
 Tableau 8 : Concentrations retenues dans les calculs de risques (hors bande 1)..... 33  
 Tableau 9 : Concentrations retenues dans les calculs de risques (bande 1)..... 34  
 Tableau 10 : Synthèse des risques calculés – HORS BANDE 1 ..... 39  
 Tableau 11 : Synthèse des risques calculés – BANDE 1 ..... 39

## Liste des annexes

- Annexe 1 : Codification des prestations relatives à la labellisation QUALIPOL
- Annexe 2 : Liste des études réalisées sur le site de LA RICHE
- Annexe 3 : Résultats d'analyses des investigations réalisées entre 2002 et 2005 (diagnostics initial et approfondi)
- Annexe 4 : Résultats des investigations de sol menées en octobre 2005
- Annexe 5 : Cartographie des résultats des investigations menées en 2008
- Annexe 6 : Résultats des analyses de gaz du sol réalisées en 2009
- Annexe 7 : Tableaux de suivi des eaux souterraines depuis 2006
- Annexe 8 : Localisation des travaux réalisés en 2008 et résultats analytiques des fonds et flancs de fouille
- Annexe 9 : Tableaux des données toxicologiques et physicochimiques
- Annexe 10 : Equations du transfert de pollution entre le sol et l'air confiné d'un bâtiment sans sous-sol
- Annexe 11 : Equations du transfert de pollution entre le sol et l'air ambiant extérieur
- Annexe 12 : Calcul des CPOE pour le scénario n°1 – HORS BANDE 1
- Annexe 13 : Calcul des CPOE pour le scénario n°2 – HORS BANDE 1
- Annexe 14 : Calcul des CPOE pour le scénario n°3 – HORS BANDE 1
- Annexe 15 : Quotients de dangers (QD) et Excès de Risques Individuels (ERI) – HORS BANDE 1
- Annexe 16 : Quotients de dangers (QD) et Excès de Risques Individuels (ERI) – BANDE 1

## **GLOSSAIRE**

**ARR** : Analyse des Risques Résiduels

**BTEX** : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes

**CAV** : Composés Aromatiques Volatils

**CG/MS** : Chromatographie en phase Gazeuse couplée à une Spectrométrie de Masse

**CPOE** : Concentration au point d'exposition

**COHV** : Composés Organo-Halogénés Volatils

**COT** : Carbone Organique Total

**PCE** : Tétrachloroéthylène

**ERI** : Excès de Risque Individuel

**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

**HCT** : Hydrocarbures Totaux

**LQ** : Limite de quantification

**MS** : Matière Sèche

**NGF** : Nivellement Général de la France

**Pz** : Piézomètre eau

**QD** : Quotient de Danger

**TCE** : Trichloroéthène

**TN** : Terrain Naturel

**TPH** : Total Petroleum Hydrocarbons

**VTR** : Valeur Toxicologique de référence

## 1. Introduction

Dans le cadre de la cessation d'activité de l'ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37), différentes études environnementales et opérations de dépollution ont été réalisées successivement entre 2002 et 2009 par les sociétés GESTER, ARCADIS, ANTEA et SERPOL.

Ce site, d'une superficie d'environ 6 000 m<sup>2</sup>, est implanté dans une zone industrielle sur les deux parcelles cadastrales AR442 et AR299 (zone UCt-1). Il a été exploité entre 1923 et 2001 par l'ECONOMIQUE puis la Société Standard Française des Pétroles et enfin ESSO. Les activités du site ont définitivement cessé en 2001.

Le PLU de la commune de La Riche définit pour la zone UCt-1 une zone destinée aux activités économiques (bureaux et services). Par ailleurs, le rapport de présentation de la modification n°2 du PLU de juillet 2007, précise que la zone UCt-1 doit permettre l'implantation de l'annexe de la faculté de médecine (Unité de Formation et de Recherches), d'une surface de 11 000 à 12 000 m<sup>2</sup> hors œuvre nette (SHON).

Compte tenu de ces éléments et de l'activité historique du site, il a été retenu un usage futur de type industriel ou commercial, pouvant également accueillir un public adulte étudiant.

Ainsi, ESSO SAF a mandaté ANTEA pour la réalisation d'une Analyse des Risques Résiduels (ARR) suite aux travaux de dépollution mis en œuvre qui constituent le Plan de gestion du site. Cette ARR a pour objet de statuer, dans le périmètre de propriété de ESSO SAF, sur la compatibilité du site avec l'aménagement retenu à partir des données environnementales recueillies.

**La méthodologie** définie dans le guide de « gestion des sites (potentiellement) pollués » élaborée par le BRGM en liaison avec le Ministère en charge de l'environnement (version 2 de Mars 2000) n'est plus d'actualité. Aussi, pour mener à bien la mission définie, nous avons tenu compte du cadre méthodologique pour les sites et sols pollués défini à partir du 8 février 2007, en se basant notamment sur les nouveaux outils adaptés à la problématique de votre site.



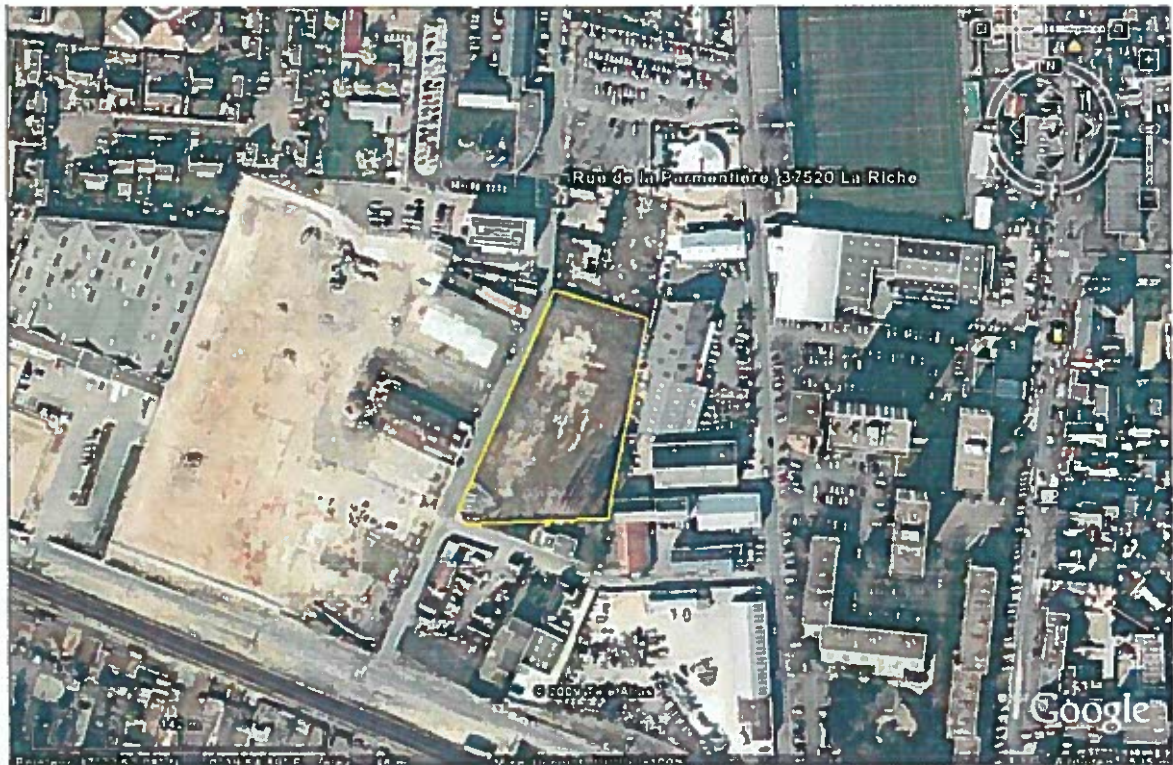


Figure 2 : Photographie aérienne du site (Source : Google Earth)

## 2.2. Contexte hydrologique

L'hydrologie locale est dominée par la présence de la Loire (à 1,3 km au Nord) et du Cher (à 600 m au Sud).

Plus localement, on retrouve à l'Est du site un ruisseau busé servant vraisemblablement à la collecte des eaux pluviales. Une ancienne usine de pompage est située en bordure de ce ruisseau, à 300 m en amont du Cher et à 200 m en aval du site.

Une prise d'eau AEP est localisée sur le Cher, à environ 1 500 m au Sud-est du site.

La zone UCt-1 est un secteur soumis aux risques d'inondation (aléa faible).

## 2.3. Contextes géologique et hydrogéologique

Situé entre la Loire et le Cher, le site est caractérisé par la présence d'alluvions dites « modernes » et principalement représentées de haut en bas par des limons argilo-sableux, des galets et des sables, des niveaux à graviers et des niveaux argileux. L'épaisseur de ces alluvions est de l'ordre de 4 à 8 m, avec des variations locales. Le substratum rocheux, au droit du site, correspond aux formations crayeuses du Sénonien.



Localement, les études précédemment menées sur le site, ont montré la géologie suivante :

- Remblais sableux en surface (de 0,2 à 2,2 m d'épaisseur),
- Sables fins beiges à bruns, devenant grossiers, argileux et vasards en profondeur. La puissance de cet horizon varie entre 1,8 et 3,5 m,
- Horizon argileux rencontré entre 3,5 et 7 m, d'une puissance variant de 0,8 à 3,8 m au droit du site,
- Sables grossiers rencontrés vers 8 m de profondeur,
- Substratum calcaire vers 9,5 m de profondeur.

Une nappe alluviale est présente dans les sables limoneux, entre 2 et 3 m de profondeur. Son sens d'écoulement varie en fonction des conditions météorologiques et du niveau de charge de la Loire.

Cette nappe est séparée de la nappe de la craie sous-jacente (qui est en charge) par une couche d'argile d'épaisseur variable située entre 4 et 6 m de profondeur.

Ces deux nappes s'écoulent globalement vers l'Est, où aucune cible n'a été répertoriée.

## 3. Synthèse environnementale

### 3.1. Préambule

Plusieurs études des sols et des eaux souterraines ont été menées sur le site de LA RICHE (37). La liste de celles-ci est présentée en **Annexe 2**.

### 3.2. Historique du site

1932	Arrêté Préfectoral (non retrouvé)
1947	Arrêté Préfectoral complémentaire (adressé à la Société Standard Française des Pétroles) – extension de stockage
1954	Arrêté Préfectoral complémentaire (adressé à ESSO Standard) – extension de stockage
1972	Arrêté Préfectoral : modification d’implantation et modification des stockages
1976	Arrêté Préfectoral – extension de stockages
1979	Rachat des terrains à la société TOTAL
1993	Arrêté Préfectoral abrogeant les arrêtés antérieurs : première mention de la fabrication d’émulsions de bitumes
1994	Transfert d’exploitation de la société ESSO à la GIE Liants Routiers de la Vallée de la Loire
1980	Arrêt de l’exploitation du dépôt d’hydrocarbures (selon courrier du 8 novembre 1984)
2001	Déclaration de cessation d’activité de la société Liants Routiers du Val de Loire à M. le Préfet d’Indre et Loire (courrier du 13 décembre 2001)

### 3.3. Investigations et travaux réalisés

Depuis 2002, de nombreux diagnostics ont été réalisés au droit du site de LA RICHE.

#### 3.3.1. Diagnostic initial de GESTER (octobre 2002)

En mars 2002, 16 sondages jusqu’à une profondeur maximale de 3 m ont été réalisés au droit du dépôt de LA RICHE. Les analyses sur les sols ont porté sur les hydrocarbures totaux, les BTEX et les HAP.

Le tableau complet d’analyses est présenté en **Annexe 3**.

Le **Tableau 1** suivant présente les zones sources définies à l'issue de l'étude.

Zone	Type de pollution observée	Echantillon concerné	Résultat d'analyse
Ancien stockage d'hydrocarbures	Ancienne	CB1bis	HCT=924 mg/kg HAP=25,49 mg/kg
		CB2	HCT=760 mg/kg
		CB10	HAP=2,46 mg/kg
Stockage UBE (conduite fuyarde et ancien dépotage)	Récente	CB4	HCT=1349 mg/kg HAP=17,96 mg/kg
		CB11	HCT=19157 mg/kg
Anciens dépôts aériens	-	CB13	T=7,5 mg/kg Benzo(a)pyrène=11 mg/kg HCT=568 mg/kg
		CB14	HAP=1,99 mg/kg
Eaux souterraines	-	Pz1-Pz2-Pz3	HCT entre 3,1 et 3,3 mg/l HAP=4,3 µg/l (Pz2)

Tableau 1 : Synthèse des zones sources et résultats significatifs (GESTER, 2002)

Les différentes sources potentielles de pollution identifiées lors de ce diagnostic sont présentées sur la **Figure 3**.

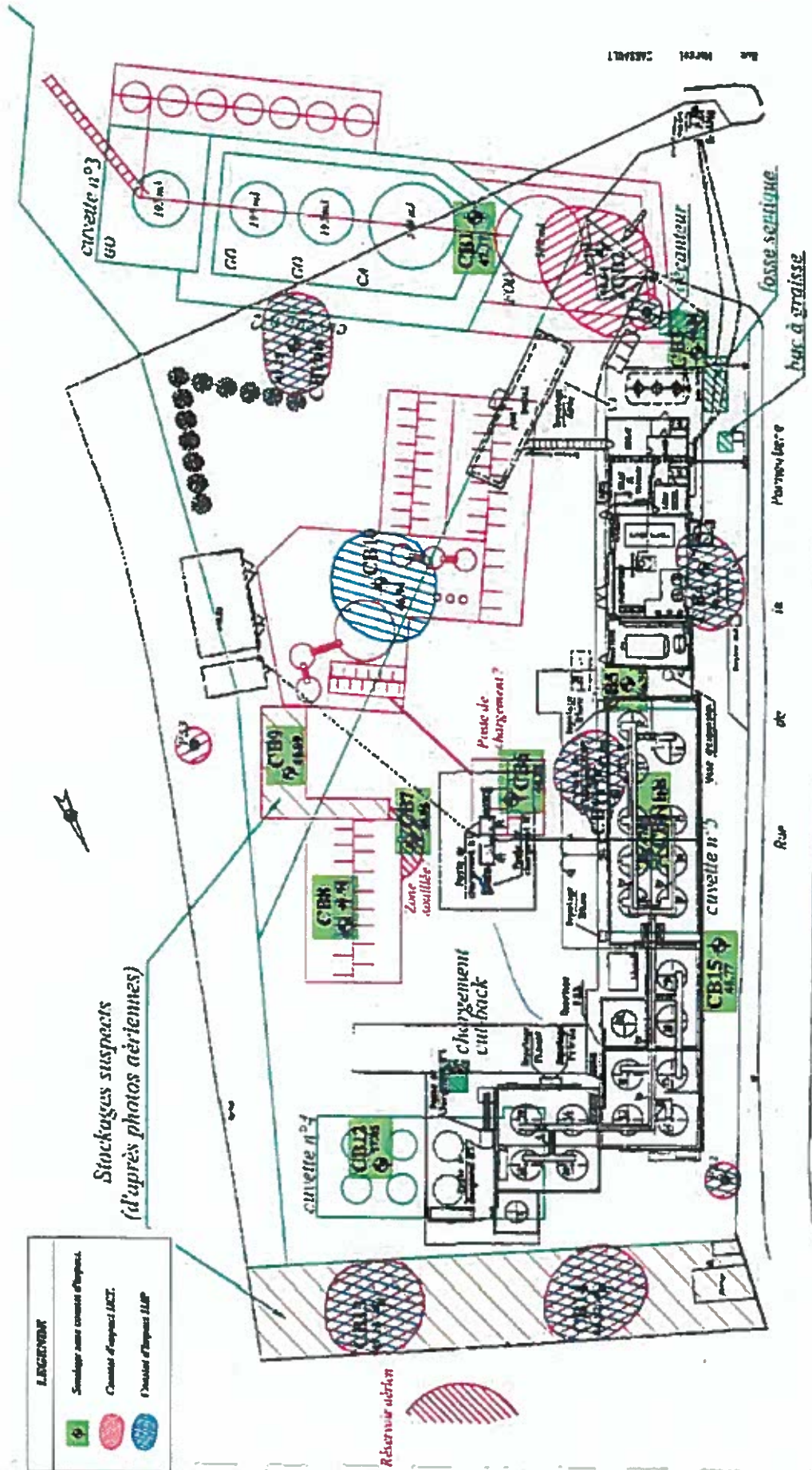


Figure 3 : Localisation des zones sources identifiées lors du diagnostic initial (GESTER, 2002)

### 3.3.2. Diagnostic complémentaire (GESTER, octobre 2003)

Lors de ce second diagnostic, 4 tranchées ont été réalisées jusqu'à 3 m de profondeur (cf. **Figure 4**).

Les terres polluées découvertes lors de la réalisation de ces tranchées ont été excavées et stockées dans des lagunes aménagées sur le site :

- 60 m<sup>3</sup> de déchets bitumineux et métalliques, mélangés à du sable ont été excavés de 2 puits d'enfouissement découverts dans la tranchée A/B et stockés sur site (tas 1),
- 130 m<sup>3</sup> de sables pollués aux hydrocarbures volatils ont été excavés dans la tranchée C/D et stockés sur site (tas 2),
- 190 m<sup>3</sup> de sables pollués aux hydrocarbures volatils ont été excavés dans la tranchée E/F et stockés sur site (tas 3).

Les résultats des analyses de ces tas ainsi que des bords et fonds de fouille sont présentés en **Annexe 3**.

Ils mettent en évidence la présence de traces d'HAP et d'hydrocarbures volatils sur les flancs et fonds de tranchées A/B et C/D et la présence d'anomalies résiduelles en HCT, HAP et BTEX en bordure de tranchée E/F (limite de propriété).

Les fouilles ont été comblées avec les terres propres excavées et des remblais sains pris sur site.

### 3.3.3. Travaux de dépollution (GESTER, 2004)

Les tas 1, 2 et 3, excavés en octobre 2003, ont fait l'objet des travaux suivants :

- Evacuation du tas 1 vers un centre d'incinération pour traitement (centre de revalorisation de CITRON à Rogerville, 76),
- Réutilisation des tas 2 et 3 sur site, suite aux résultats d'analyses complémentaires réalisées sur les tas et à l'accord de la DRIRE (considérant au vu des résultats d'analyses, les terres comme non polluées). Ces terres ont été régalandées sur une épaisseur d'environ 20 cm sur l'ensemble du site.

ESSE S.A.F  
*Ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37) – Analyse des Risques Résiduels*  
 Rapport n°455422 – Version A

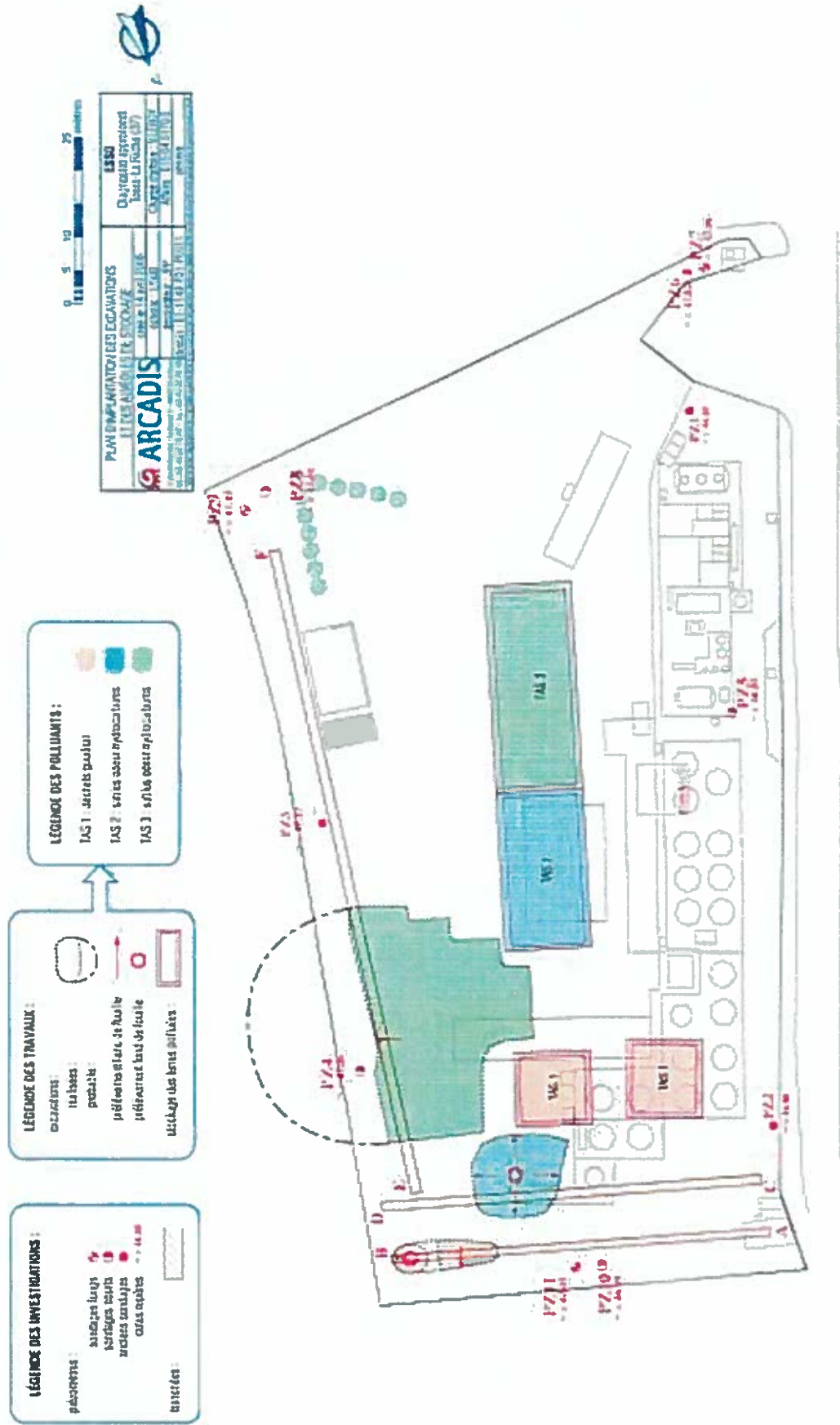


Figure 4 : Localisation des investigations complémentaires de 2003-2004 (GESTER)

### 3.3.4. Investigations complémentaires (ARCADIS, 2005)

#### Avril 2005 :

En avril 2005, de nouveaux sondages ont été réalisés autour des piézomètres Pz3, Pz4 et Pz8 (4 à 5 sondages par piézomètre) afin de vérifier l'extension de la pollution mise en évidence sur ces zones. Ces sondages ont été réalisés jusqu'à 1 à 3 m de profondeur.

6 échantillons ont été sélectionnés sur des critères organoleptiques pour analyse des hydrocarbures (C6-C12 et C10-C40) et des COHV. Seul l'échantillon Pz4-5 contenait des traces d'hydrocarbures lourds (C22-C40). Les deux échantillons prélevés autour de Pz8 contenaient des traces de TCE et PCE.

Les résultats analytiques de ces investigations sont présentés en **Annexe 3**.

#### Octobre 2005 :

Afin de rechercher autour de Pz8 une source potentielle en COHV dans les sols et de vérifier les concentrations en hydrocarbures, BTEX et HAP dans les secteurs de Pz4, CB1bis, CB4 et CB11, 15 sondages de sols supplémentaires ont été réalisés en octobre 2005. Au cours de ces investigations, 10 échantillons de sols ont été prélevés pour analyses des hydrocarbures C6-C40, BTEX, HAP et COHV.

Les résultats de ces investigations sont présentés en **Annexe 4**. Ils montrent notamment :

- La confirmation de la présence d'hydrocarbures à proximité de Pz4 (fouilles P8 et P15). Les concentrations en C6-C10 analysées sont légèrement supérieures à celles mise en évidence en Pz4 ; elles restent cependant inférieures à 100 mg/kg,
- La présence de traces d'hydrocarbures et de HAP à proximité de CB1bis et CB4 (fouilles P2 et P10),
- La confirmation de l'absence de contamination résiduelle au droit de CB11 (zone dépolluée),
- La présence de PCE au droit des fouilles P2 et P7 (1,2 et 1,6 mg/kg).

Trois piézomètres courts (Pz12, Pz13 et Pz14) ont également été réalisés à 4 m de profondeur. Les analyses réalisées dans ces piézomètres ainsi que dans Pz6, Pz8 et Pz10 ont montré :

- Une concentration en cis-1,2-dichloroéthylène, produit de dégradation du PCE et du TCE, en augmentation au droit de Pz8. Parallèlement, le PCE et le TCE ne sont pas retrouvés dans cet ouvrage,
- La présence de traces de PCE au droit de Pz14,
- La présence de traces d'hydrocarbures C6-C12 et de BTEX en Pz12 et Pz13,
- L'absence d'impact en Pz10, situé à l'amont en partie Nord du site,

Sur la base de cette campagne et de l'étude historique du site, il semblerait que la pollution aux COHV identifiée dans les eaux souterraines provienne d'une source extérieure au site.

5 piézomètres gaz ont également été implantés dans le quart Sud-est du site lors de cette campagne (PzG1 à PzG5). Des prélèvements de gaz du sol y ont été effectués pour recherche des hydrocarbures légers, des BTEX et des COHV.

La présence de traces de ces composés y a été recensée (cf. résultats en **Annexe 4**).

### *3.3.5. Evaluation Détaillée des Risques (ARCADIS, 2005-2006)*

Suite aux différentes investigations menées sur site entre 2002 et 2005, des calculs de risques ont été menés en 2005.

Ces calculs, actualisés en 2006, ont confirmé les résultats de 2005.

Ceux-ci ont été réalisés pour les scénarii résidentiel et industriel (bureau et extérieur). Les voies d'exposition retenues ont été :

- L'inhalation de vapeurs depuis les sols et les eaux souterraines à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments,
- L'inhalation de polluants adsorbés sur les poussières,
- L'ingestion et le contact cutané avec les sols,
- L'ingestion de légumes auto-produits sur site (résidentiel).

Ces calculs ont conduit à des risques supérieurs aux valeurs seuils de la circulaire du 10/12/99 pour les scénarii résidentiel et industriel de type bureau. En revanche, le site était compatible, selon les calculs réalisés et les hypothèses retenues, avec un usage de type industriel extérieur.



ESSE S.A.F  
 Ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37) – Analyse des Risques Résiduels  
 Rapport n° 455422 – Version A

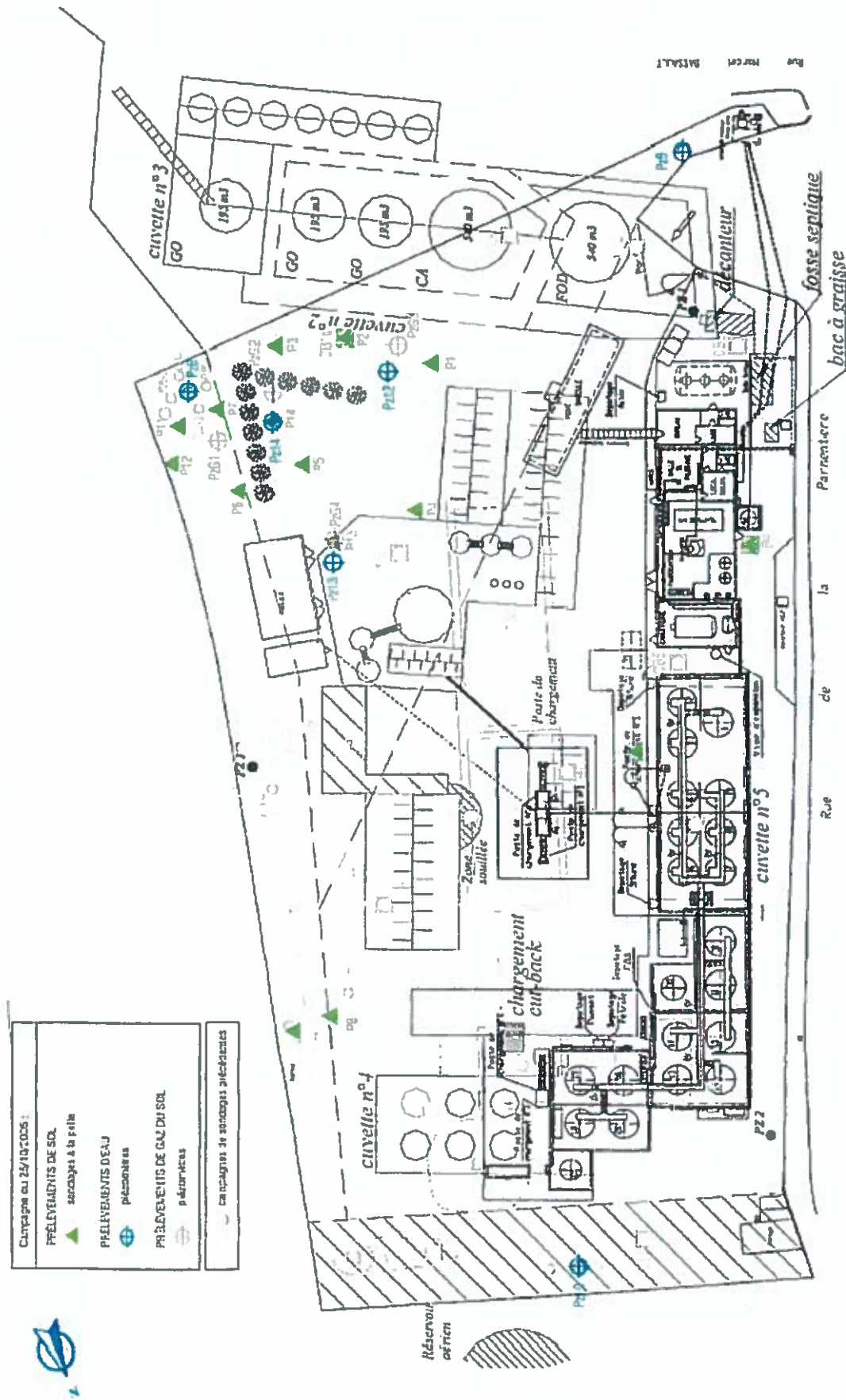


Figure 5 : Localisation des investigations réalisées en octobre 2005 (ARCADIS)

### 3.3.6. Recherche de l'origine de la pollution aux COHV (SERPOL, 2008)

2 tranchées et 7 sondages ont été réalisés jusqu'à 4 m de profondeur, à proximité des piézomètres Pz8 et Pz9, afin de caractériser la qualité des sols.

Ces investigations sont localisées sur la **Figure 6**.

Le programme analytique des sols comprenait la recherche des hydrocarbures C5-C10 et C10-C40, des BTEX, des COHV et des HAP.

Les cartographies de résultats sont présentées en **Annexe 5**. Elles montrent :

- L'absence d'impact en HCT, BTEX et HAP au droit des sondages réalisés (teneurs inférieures ou de l'ordre de grandeur des limites de quantification),
- La présence de COHV à des teneurs comprises entre 0,14 et 16 mg/kg, avec les teneurs maximales situées au Sud-ouest de Pz8, dans la zone de battement de la nappe superficielle.

Les analyses réalisées ainsi que les observations de terrain permettent de souligner la présence d'un impact dans la partie supérieure de la couche d'argile assurant la séparation entre la nappe profonde et la nappe superficielle, soulignant que l'origine des impacts relevés proviendrait de la nappe superficielle, et non des sols sus-jacents. Aucune source sol n'a été retrouvée lors de ces investigations.

### 3.3.7. Diagnostic complémentaire des gaz du sol (SERPOL, 2009)

Des prélèvements de gaz du sol à 1,5 m de profondeur ont été réalisés en juin 2009 sur les ouvrages PB, PF, PG et PH (cf. localisation en **Figure 7**).

Les résultats d'analyses correspondants sont présentés en **Annexe 6**. Ils montrent :

- La présence de composés organiques (hors méthane) sur tous les prélèvements (teneurs jusqu'à 3 800 µg/m<sup>3</sup> en PH),
- La présence de BTEX sur les ouvrages PF, PH et dans une moindre mesure PB,
- La présence d'hydrocarbures uniquement sur l'ouvrage PH : C5-C10 aliphatiques et C9-C10 aromatiques,
- La présence de traces en PCE dans la zone limitrophe STAM où des COHV ont également été détectés dans la nappe,
- L'absence de composés HAP détectés sur l'ensemble des prélèvements réalisés.

ESSO SAF  
 Ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37) – Analyse des Risques Résiduels  
 Rapport n°A55422 – Version A

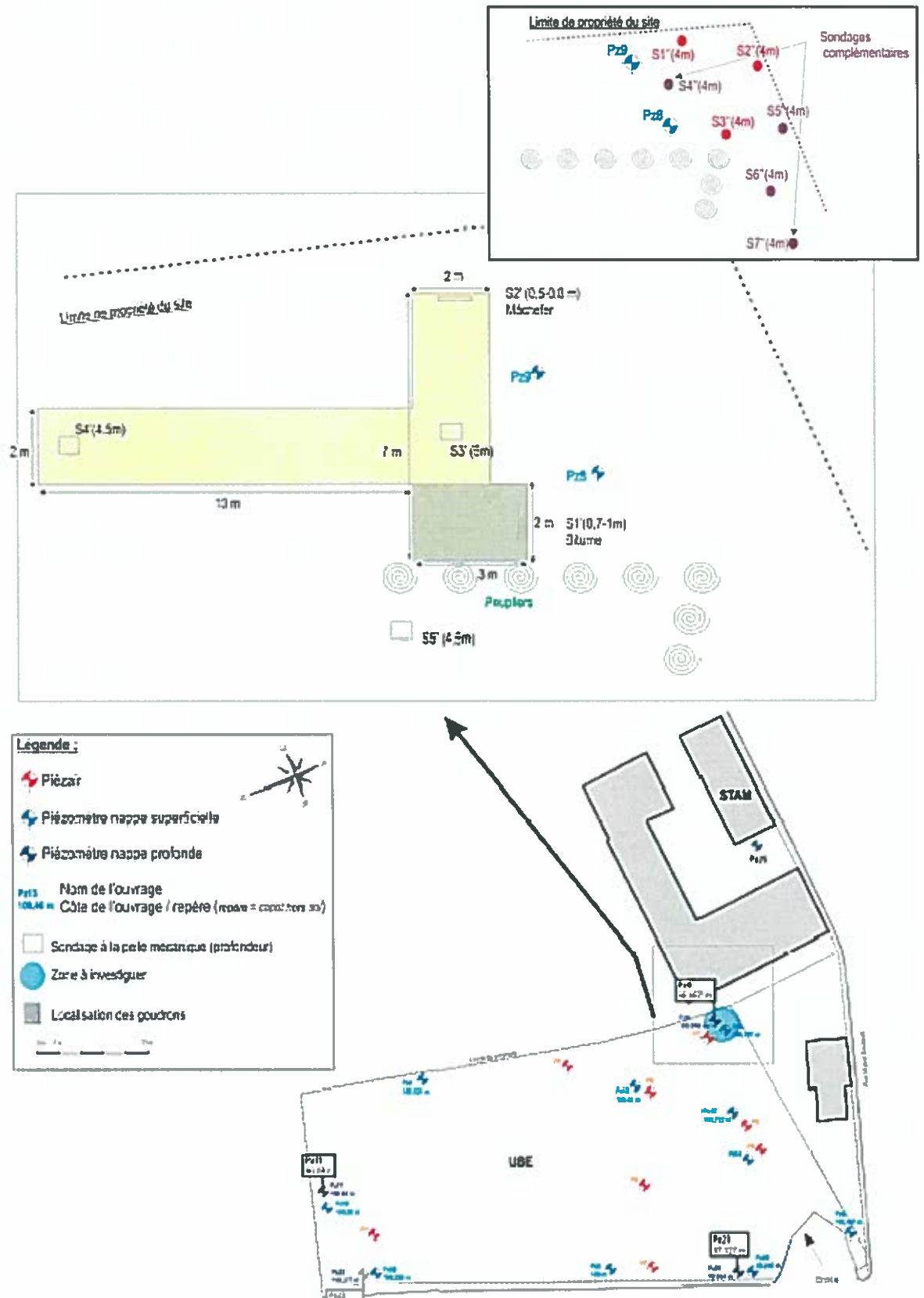


Figure 6 : Localisation des investigations réalisées en 2008 (SERPOL)

ESSO SAF  
Ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37) – Analyse des Risques Résiduels  
Rapport n°A55422 – Version A

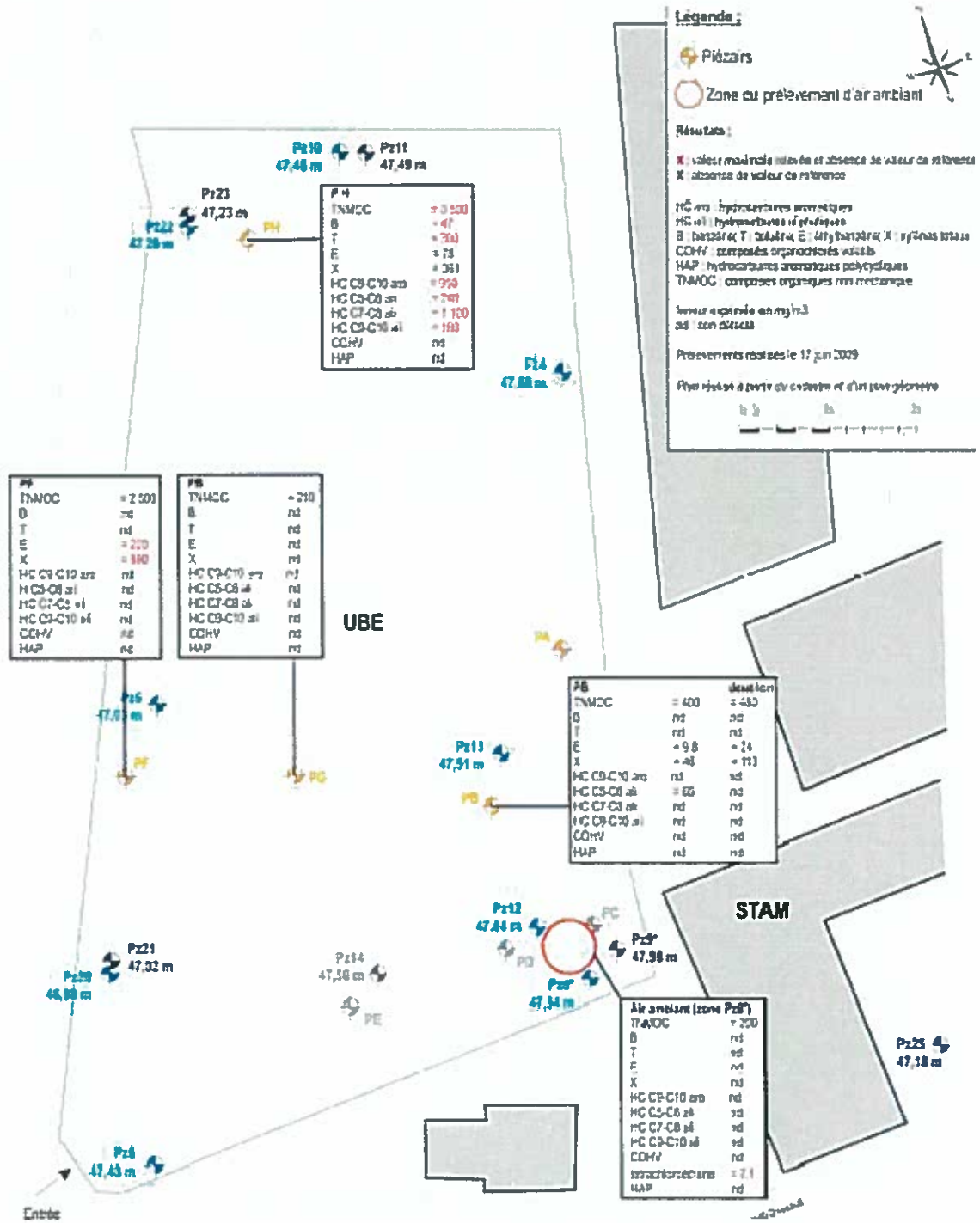


Figure 7 : Localisation des investigations réalisées dans les gaz du sol (SERPOL, 2009)

### 3.3.8. Suivi qualitatif des eaux souterraines depuis 2008 (SERPOL)

Le suivi piézométrique semestriel des eaux souterraines (eaux superficielles et eaux de la nappe profonde) est réalisé au droit de l'ancienne usine à bitumes depuis 2008. La dernière campagne prise en compte est celle de juillet 2009 (SERPOL 5550-6). Différents suivis avaient également été réalisés depuis 2002 (cf. paragraphes précédents).

A noter que les piézomètres Pz1, Pz2, Pz3 et Pz7 ont été comblés à la demande d'ESSO en janvier 2007 afin de supprimer la possible connexion des deux nappes à travers ces piézomètres.

Ce suivi piézométrique a mis en évidence les points suivants :

#### ***Pour les ouvrages sur site hors zone limitrophe de la société STAM :***

- Des teneurs en hydrocarbures, BTEX, métaux lourds, HAP et COHV dissous inférieurs aux valeurs réglementaires sur l'ensemble des ouvrages aussi bien dans la nappe superficielle que dans la nappe profonde (à l'exception des impacts ponctuels en hydrocarbures C10-C40 sur Pz22 en juillet 2007 et janvier 2009 dans la nappe superficielle et sur Pz23 en juillet 2007 dans la nappe profonde, et d'un impact ponctuel en arsenic sur Pz11 et Pz21 dans la nappe profonde et Pz6 et Pz20 dans la nappe superficielle en décembre 2006).

#### ***Pour les ouvrages sur site en zone limitrophe STAM (Pz8, Pz9 et Pz12) :***

- La présence d'un impact en hydrocarbures légers C5-C10, impact plus important dans la nappe superficielle que dans la nappe profonde sur Pz8 et Pz9, s'accompagnant d'un léger impact en benzène dissous (teneurs en hausse depuis juillet 2008),
- L'absence d'impact en métaux lourds, HAP sur les ouvrages (à l'exception d'un impact ponctuel en arsenic sur Pz12 dans la nappe superficielle en janvier 2009 et sur Pz9 dans la nappe profonde en décembre 2006),
- La présence d'un impact en COHV sur la nappe superficielle (Pz8\*) et dans une moindre mesure dans la nappe profonde (Pz9\*) depuis le début de la surveillance.

#### ***Pour l'ouvrage hors site sur la parcelle de la société STAM (PZ25) :***

- L'absence d'impact en hydrocarbures, BTEX, métaux lourds et HAP dissous,
- La présence d'un impact en COHV dissous (PCE, TCE) depuis le début de la surveillance avec des teneurs en très légère hausse.

Les tableaux bilans de ces suivis sont présentés en **Annexe 7**.

### 3.3.9. Dépollution (SERPOL, 2008)

Des travaux d'excavation des sols ont été entrepris en 2008 dans les zones suivantes :

- **Zone 1 (à proximité de Pz4)** : 1 fouille (L=10 m, l=7 m, P=3 m) et 3 tranchées (L=7 m, l=2 m, P=3 m),
- **Zone 2 (à proximité de Pz5 et PF)** : Tranchée en Z de 2 m de largeur et de profondeur sur une longueur de 21 m, soit 101 m<sup>3</sup>,
- **Zone 3 (à proximité de Pz8 et Pz9)** : Présence de goudrons en mélange avec des terres (L=3 m, l=2 m, P=1,5 m).

Ces zones ainsi que les résultats d'analyses de fonds et flancs de fouille sont localisées en **Annexe 8**. Pour ce projet, les seuils de dépollution fixés pour les hydrocarbures étaient de 1 000 mg/kg sur le 1<sup>er</sup> mètre et de 2 500 mg/kg au-delà.

Les terres issues des zones 1 et 2 se sont révélées, après analyses de terrain et en laboratoire, non impactées. Ainsi, seuls les goudrons de la zone 3 (12,86 tonnes) ont été éliminés en filière spécialisée.

## 4. Analyse des Risques Résiduels (ARR)

### 4.1. Préambule

Afin d'avoir une meilleure connaissance des risques engendrés pour les futurs utilisateurs du site, une Analyse des Risques Résiduels (ARR) a été réalisée sur la base des éléments décelés dans le sol, les gaz du sol et la nappe au travers des investigations conduites sur le site.

L'analyse porte sur les risques sanitaires liés à l'exposition chronique des futurs utilisateurs du site aux substances à impact potentiel décelées lors des contrôles de réception des zones traitées et lors des campagnes successives de surveillance des gaz du sol et des eaux souterraines.

Les modèles de calcul employés sont RBCA (Risk Based Corrective Action), développé dans le cadre de l'approche RAGS (Risk Assessment Guidance for Superfund) de l'US-EPA (United States - Environmental Protection Agency), par l'ASTM (American Society for Testing and Materials, rapport E 1739-95), et JOHNSON ET ETTINGER (2004)<sup>1</sup>, mis à jour en 2004. Ces modèles, et les critères sanitaires qui les accompagnent, sont reconnus à l'échelle internationale.

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

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

Pour un scénario donné, le risque par substance est obtenu en procédant au calcul du quotient de danger (QD) pour les effets à seuil et de l'excès de risque individuel (ERI) pour les effets sans seuil et en comparant les résultats obtenus aux critères sanitaires en vigueur. Ces derniers sont fournis par le guide méthodologique « Modalité de gestion et de réaménagement des sites pollués » correspondant à l'annexe 2 de la note aux préfets du 8 février 2007.

<sup>1</sup> Johnson et Ettinger, 2004. Heuristic model for predicting the intrusion rate of contaminant vapors into buildings. Environ. Sci. Technology, 25 : 1445-1452.

La démarche d'évaluation des risques est composée de quatre étapes :

- Identification des dangers,
- Relations doses / effets pour les substances,
- Évaluation des expositions,
- Évaluation et caractérisation des risques.

Une discussion des incertitudes est également intégrée à l'étude.

On retiendra donc qu'il y a, pour chaque substance et pour chaque scénario, trois niveaux de calculs : le calcul de la concentration au point d'exposition (modèle de transfert), le calcul de la concentration moyenne inhalée (modèle d'exposition) et le calcul des risques sanitaires (QD pour les risques toxiques et ERI pour les risques cancérogènes).

Les risques pour un individu et pour un scénario donné sont obtenus en cumulant les risques calculés par substance, démarche qui conserve un caractère sécuritaire.

## 4.2. Identification des dangers

### 4.2.1. Sources

Sur le site de LA RICHE, après travaux de dépollution, quelques polluants résiduels ont été identifiés dans les sols (fonds de fouille, CB2, S3''). La teneur maximale résiduelle en hydrocarbures dans les sols est de 760 mg/kg.

Les informations sur ces « sources » sol sont tirées des rapports précédemment cités.

De même, des contaminations résiduelles des gaz du sol et des eaux souterraines ont été relevées. Les informations sur les « sources » gaz du sol sont tirées des investigations de 2007 et 2009 (SERPOL).

Les travaux de dépollution réalisés sur le site ont permis, par la suppression d'une partie des sources sol, une amélioration de la qualité des eaux souterraines. Ainsi, les informations sur les « sources » eaux souterraines utilisées dans les calculs de risques sont tirées des résultats des campagnes de suivi de la qualité des eaux souterraines après travaux de dépollution, soit en 2009 (campagnes SERPOL de janvier et juillet 2009).

Les milieux étudiés sont donc les sols, les gaz du sol et les eaux souterraines.

***Remarque :*** *il a été distingué dans les calculs de risques, la bande 1 (cf. Figure 8) du reste du site. En effet, cette bande de terrain correspond à la partie du site impactée en COHV (principalement dans les eaux souterraines), contamination qui n'a pas été observée sur le reste du site. Par ailleurs, cette contamination n'a pu être reliée aux activités antérieures sur ce site.*



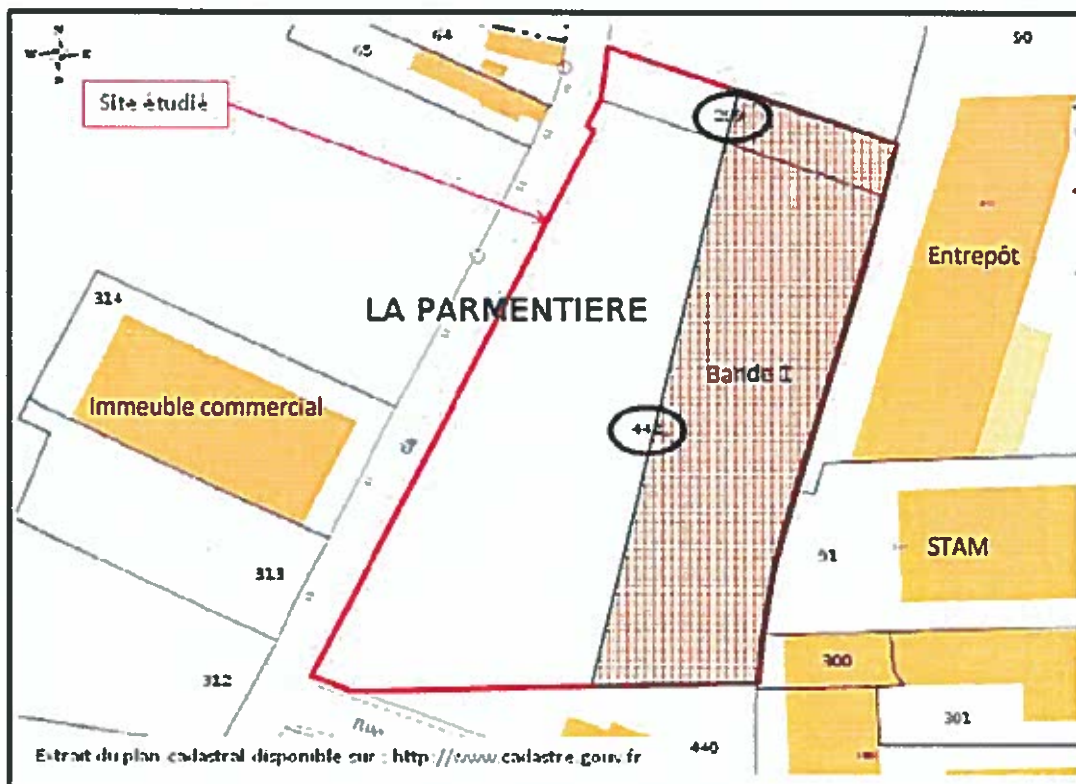


Figure 8 : Localisation de la bande I

#### 4.2.2. Vecteurs

Au vu du projet, les voies d'exposition par ingestion de sols et inhalation de poussières n'ont pas été prises en compte (recouvrement total du site par du béton, du bitume au droit des voiries et par 30 cm de terre végétale au droit des éventuels espaces verts).

Le seul mode de transfert des pollutions vers les milieux d'exposition est la volatilisation depuis les sols, les gaz du sol et les eaux souterraines et la dispersion atmosphérique.

#### 4.2.3. Cibles

La population cible prise en compte dans les calculs de risques est de deux types :

- une population adulte (assimilée à des individus de poids corporel 70 kg, durée de vie 70 ans, durée d'exposition de 40 ans) travaillant sur le site ou fréquentant ses aménagements (faculté),

- une population juvénile (assimilée à des individus de poids corporel 15 kg, durant les 6 années de l'enfance), fréquentant les éventuels commerces du site (en cas d'aménagement commercial).

Par ailleurs, nous avons considéré des aménagements extérieurs (de type voirie ou espaces verts) que pourraient fréquenter les adultes et les enfants. Dans un souci sécuritaire, les aménagements extérieurs ont été assimilés à des espaces verts dans les calculs (terrains plus perméables que des voiries).

Les taux de fréquentation proposés pour la voie d'exposition par inhalation de vapeurs sont précisés dans le **Tableau 2** ci-dessous.

		Bâtiment industriel ou commercial	Bâtiment public – faculté	Aménagements extérieurs
Adultes	Fréquence	8 h/j, 220 j/an soit 73 jours* de 24 h par an	8h/j, 35 sem/an, soit 58 jours de 24 h par an (étudiant) 8 h/j, 220 j/an, soit 73 jours* de 24 h par an (professeur)	1 h/j, 365 j/an soit 15 jours de 24 h par an
	Durée	40 ans	6 ans (étudiant) 40 ans (professeur)	40 ans/6 ans
Enfants	Fréquence	1 h/j, 365 j/an soit 15 jours de 24 h par an	-	1 h/j, 365 j/an soit 15 jours de 24 h par an
	Durée	6 ans	-	6 ans

\* : Expositions proposées par l'INERIS (« Méthode de calcul des VCI », 2001)

Tableau 2 : Taux de fréquentation des cibles pour la voie d'exposition par inhalation de vapeurs

**Remarque** : un professeur de la faculté sera assimilé pour les calculs au cas d'un adulte travaillant dans un bâtiment industriel ou commercial

**Remarque 2** : concernant les voiries de la bande 1, il a été retenu une fréquence d'exposition de 4,6 j par an (correspondant à ½ heure par jour, 220 j/an).

#### 4.2.4. Scénarii retenus

Sur la base des aménagements envisagés sur le site, des cibles identifiées et des voies d'exposition possibles, nous avons défini les scénarii suivants :

- Scénario 1 : « inhalation de vapeurs à l'intérieur de bâtiments sans sous-sol à usage industriel ou tertiaire pour les adultes et des enfants fréquentant le site »,

- Scénario 2 : « inhalation de vapeurs à l'intérieur de bâtiments sans sous-sol à usage public (université) pour des étudiants (assimilés à des adultes) »
- Scénario 3 : « inhalation de vapeurs sur les aménagements extérieurs (voies et espaces verts) pour les adultes (ou étudiants) et des enfants fréquentant le site ».

Chacun des scénarii ci-dessus a été décliné à la fois sur la bande 1 et sur le reste du site (hors bande 1).

Le schéma conceptuel est proposé en **Figure 9**.

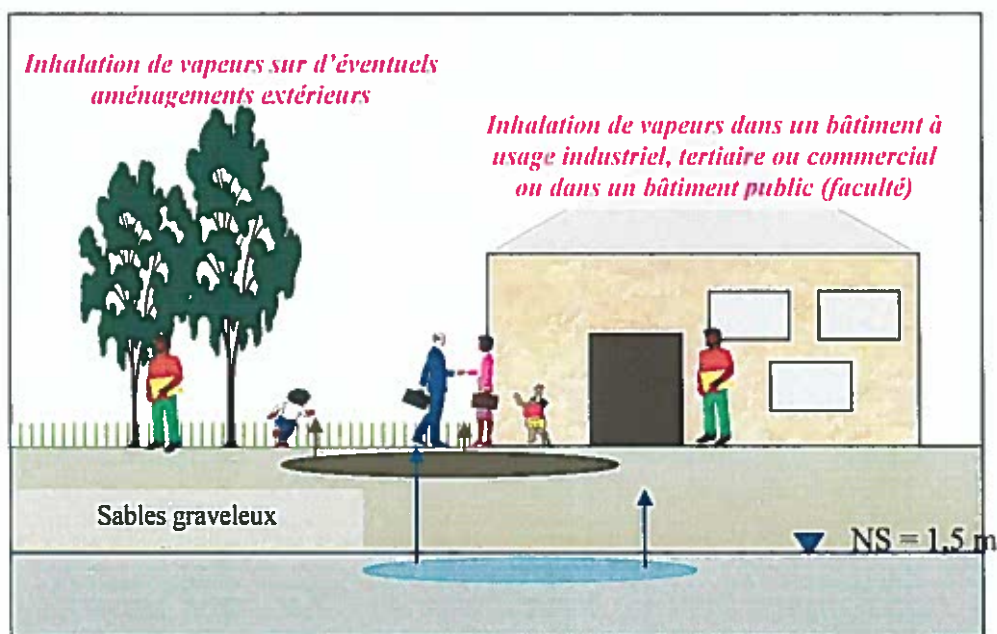


Figure 9 : Schéma conceptuel environnemental

#### 4.2.5. Caractéristiques des aménagements

Les caractéristiques retenues pour les bâtiments sans sous-sol et les aménagements extérieurs sont présentées dans les **Tableau 3** et **Tableau 4**. Des commentaires et des justifications sur les valeurs retenues sont donnés ci-après.

- La **différence de pression** existant entre le sol et l'air à l'intérieur des bâtiments est essentiellement due aux effets du vent sur la structure, à la température de l'air intérieur et à la ventilation des bâtiments. Cette différence de pression induit un flux du gaz du sol vers l'intérieur des bâtiments, à travers les fissures, JOHNSON ET ETTINGER (1991) fournissent la plage de variation possible pour ce paramètre : elle s'étend de 0 à 20 Pa (valeurs bibliographiques). Cependant, les valeurs typiques

pour les effets combinés du vent et de la chaleur sont de l'ordre de 4 à 5 Pa ; elles sont d'environ 2 Pa pour chacun des deux effets pris séparément. Finalement, JOHNSON ET ETTINGER (1991) proposent comme valeur conservatrice par défaut 4 Pa, soit 40 g/cm-s<sup>2</sup>.

- Pour la **longueur et la largeur des pièces**, conformément à une remarque de l'INERIS formulée lors d'une tierce-expertise<sup>2</sup>, nous utilisons la distance entre deux joints de dilatation. Pour rester dans les plages de valeurs préconisées par JOHNSON ET ETTINGER, nous proposons de choisir une valeur de 8 m.
- Le **rayon équivalent des fissures** est de 0,001 m qui est la valeur par défaut du modèle de JOHNSON et ETTINGER.
- Le **taux de renouvellement de l'air au RDC** choisi par ANTEA est de 0,5 fois par heure pour un aménagement de type résidentiel et de 0,8 fois par heure pour un aménagement de type industriel. Cette valeur est relativement sécuritaire.

Paramètres de calcul	Valeur	Unités	Justification
Différence de pression entre le sol et le rez-de-chaussée	40	g/cm.s <sup>2</sup>	Valeur du modèle JOHNSON ET ETTINGER
Épaisseur du dallage	0,2	m	Valeur sécuritaire proposée par ANTEA
Hauteur des pièces du rez-de-chaussée	2,5	m	Valeur sécuritaire proposée par ANTEA
Largeur et longueur des pièces	8	m	Distance minimale entre deux joints de dilatation de la dalle béton (valeur standard)
Rayon équivalent des fissures	0,001	m	Valeur par défaut du modèle JOHNSON ET ETTINGER
Profondeur des fissures	0,2	m	Correspond à la partie enterrée du bâtiment (dallage)
Taux de renouvellement d'air du rez-de-chaussée	0,8	/h	Valeur sécuritaire proposée par ANTEA

Tableau 3 : Caractéristiques générales pour les bâtiments sans sous-sol (scénarii 1 et 2)

Les caractéristiques retenues pour les aménagements extérieurs sont présentées dans le **Tableau 4**.

<sup>2</sup> B. Hazebrouck, 4 août 2004 : « En présence de dallages de grande dimension, la surface à prendre en compte devrait logiquement être celle des dalles d'un seul tenant plutôt que de l'ensemble du dallage ».

Paramètres de calcul	Valeur	Unités	Justification
Vitesse du vent	3	m/s	Valeur classiquement retenue en France <sup>3</sup>
Longueur de la source	15	m	Longueur de la zone polluée, hypothèse sécuritaire proposée par ANTEA
Epaisseur de terre végétale ou de bitume sur les aménagements extérieurs	0,1 (bitume) 0,3 (espaces verts)	m	Hypothèse sécuritaire proposée par ANTEA

Tableau 4 : Caractéristiques proposées pour les aménagements extérieurs (scénario 3)

#### 4.2.6. Caractéristiques du sous-sol

Les caractéristiques retenues pour les sols sont tirées du rapport d'essais du laboratoire d'essais géomécaniques ANTEA du 31/07/2009 (rapport Lab09078).

Le type de sol rencontré au droit du site est de type sable carbonaté graveleux, ce qui correspond, dans la classification SCS et d'après les analyses réalisées, à des sols de type « sandy loam ».

Le **Tableau 6** récapitule les caractéristiques du sous-sol utilisées dans les calculs de risques. Des commentaires et des justifications sur les valeurs retenues sont donnés ci-après.

##### Fraction de carbone organique :

Le Carbone Organique Total (COT), utilisé pour déterminer la fraction de carbone organique (foc), a été mesuré en laboratoire (3 mesures). Nous avons retenu la valeur la plus faible mesurée (0,09 %). Ainsi, le foc retenu est de 0,0009.

##### Profondeurs des sources :

La source sol et gaz du sol a été considérée comme affleurante sous les aménagements, soit à 0,1 m de profondeur (0,3 m sous les espaces verts).

La profondeur de la source nappe retenue est 1,5 m, soit la profondeur minimale mesurée (au droit de Pz20, en janvier 2008).

##### Valeurs de la porosité et de la teneur en eau :

La porosité (n) a été calculée à partir des masses volumiques sèche et réelle analysées en laboratoire, et selon l'équation suivante :

$$n = \frac{V_{\text{vides}}}{V_{\text{total}}} = \frac{V_{\text{total}} - V_{\text{sol}}}{V_{\text{total}}} = 1 - \frac{V_{\text{sol}}}{V_{\text{total}}} = 1 - \frac{\rho d}{\rho s}$$

<sup>3</sup> Cette valeur est homogène avec la valeur moyenne sur 30 ans (1966-1996) mesurée sur la station météo de Paris Montsouris qui est de 3,1 m/s.

Où  $\rho_d$  est la masse volumique sèche et  $\rho_s$  la masse volumique réelle.

La teneur en eau a été mesurée en laboratoire, puis comparée aux plages de valeurs du modèle JOHNSON ET ETTINGER (cf. **Tableau 5**).

Porosité mesurée	Teneur en eau mesurée	Plage de valeurs du modèle	Teneur en eau retenue	Teneur en air déduite
0,5	9,7 % 12,6 %	0,039 - 0,17	0,097	0,403

Tableau 5 : Teneurs en eau et en air retenues

Paramètres de calcul	Valeur	Justification
Profondeur de la source sol et gaz du sol	0,1 m 0,3 m (espaces verts)	On considère une source juste affleurante sous les aménagements
Profondeur de la source nappe	1,5 m	Plus faible profondeur de nappe mesurée (Pz20, janvier 2008)
Masse volumique du sol	1,7	Valeur bibliographique
Fraction de carbone organique	0,0009	Teneur en COT la plus faible mesurée en laboratoire
Porosité	0,5	Porosité mesurée en laboratoire
Teneur en eau du sol	0,097	Teneurs mesurée en laboratoire
Teneur en air du sol	0,403	Différence entre la porosité et la teneur en eau

Tableau 6 : Caractéristiques du sous-sol

#### 4.2.7. Hypothèses prises en compte pour la source

##### 4.2.7.1. Eléments généraux pour le choix des substances à retenir pour le calcul de risques

Deux cas de figures se présentent pour chaque substance considérée :

- soit il existe, dans une famille de composés recherchés (HCT, BTEX, ...) au moins une mesure (dans l'un des milieux investigués) supérieure à la limite de quantification, auquel cas la substance est retenue pour les calculs de risques (dans la mesure où il existe des données toxicologiques de référence) ; dans ce cas, nous avons systématiquement retenu, pour chaque milieu, les valeurs

mesurées les plus fortes (y compris les limites de quantification), ce qui constitue l'hypothèse la plus sécuritaire,

- soit, dans les trois milieux investigués, aucune mesure ne dépasse la limite de quantification, auquel cas la substance est considérée comme non présente dans le sous-sol du site. Toutefois, dans des cas particuliers (produits de dégradation), les substances pourront être prises en compte dans les calculs de risques par la valeur de leur limite de quantification, ce qui est sécuritaire.

#### 4.2.7.2. *Choix des substances*

Le choix des substances à impact potentiel repose sur les résultats des analyses réalisées sur le site.

Les substances retenues sont les substances présentes dans au moins un des milieux étudiés et possédant des valeurs toxicologiques pour les voies d'exposition étudiées :

- des hydrocarbures aliphatiques et aromatiques en C5-C16,
- les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes),
- les HAP,
- les COHV.

#### 4.2.7.3. *Concentrations à prendre en compte pour les substances retenues*

Les concentrations retenues sont les concentrations maximales mesurées dans les sols et les gaz du sol (résiduels) et les eaux souterraines (maximum après travaux de dépollution, soit depuis 2009).

Dans un souci sécuritaire, nous avons réalisé les calculs de risques à partir des trois milieux investigués : sol, gaz du sol et eaux souterraines, et ce, pour chaque substance retenue (à l'exception des COHV, cf. explication ci-dessous), en tenant compte ou non, de la limite de quantification, selon la méthodologie définie dans le **Tableau 7**.

Un risque est alors calculé à partir de chaque concentration retenue. Au final, le risque correspond à la valeur maximale calculée.

Les concentrations retenues sont présentées dans les **Tableau 8** et **Tableau 9**.

Données de départ – Concentrations mesurées dans les différents milieux Valeurs à retenir <i>en gras et italique</i> , sauf remarque			
<u>Nappe</u>	<u>Sol</u>	<u>Gaz du sol</u>	<u>Remarque pour le choix sol /gaz du sol</u>
<i>Valeur</i>	<i>Valeur</i>	<i>Valeur</i>	Le calcul de risque est mené jusqu'au bout avec les deux valeurs.
<i>Valeur</i>	<i>Valeur</i>	< LD/LQ	
< LD/LQ	<i>Valeur</i>	< LD/LQ	
< LD/LQ	<i>Valeur</i>	<i>Valeur</i>	Le calcul de risque est mené jusqu'au bout avec les deux valeurs.
< LD/LQ	< LD/LQ	<i>Valeur</i>	
<i>Valeur</i>	< LD/LQ	<i>Valeur</i>	
<i>Valeur</i>	< LD/LQ	< LD/LQ	Retenir celle des deux limites apportant, en "concentrations équivalentes", le plus de précision, donc la LQ dans les gaz du sol
< LD/LQ	< LD/LQ	< LD/LQ	Substance non retenue

Tableau 7 : Choix des concentrations retenues dans les calculs de risques

Cas particulier des hydrocarbures :

Concernant les **hydrocarbures aliphatiques et aromatiques**, il apparaît que ce sont les hydrocarbures légers qui présentent potentiellement le plus de risques. Les fractions les plus significatives en termes de toxicité sont celles comprenant entre 5 et 21 atomes de carbone. Les hydrocarbures dont le nombre d'atomes de carbone est supérieur à 16 ne sont pas pris en compte dans l'évaluation du risque pour la voie d'exposition par inhalation. En effet, selon le volume 4 du document Total Petroleum Hydrocarbons Working Group (1997), les composés en C16-C35 ne sont pas volatils et l'inhalation n'est pas la voie prépondérante d'exposition.

Pour les hydrocarbures C8-C10, C10-C12 et C12-C16, la distinction aliphatique/aromatique n'a pas été mise en évidence. Ainsi, les calculs de risques ont été menés avec les valeurs maximales mesurées pour chaque famille d'hydrocarbures. La substance conduisant au risque le plus important a finalement été retenue.

Les concentrations en hydrocarbures aliphatiques dans la nappe étant parfois supérieures aux solubilités, les solubilités ont été introduites dans les calculs de risques le cas échéant.



Cas particulier des COHV :

Sur la base de l'étude historique et de la campagne de recherche de l'origine de la pollution en COHV réalisée par SERPOL en 2008, il semblerait que la pollution aux COHV identifiée dans les eaux souterraines provienne d'une source extérieure au site. D'autre part, l'Arrêté Préfectoral N° 18538bis portant retrait de l'arrêté N° 18538 souligne notamment que « l'origine de la pollution par des substances halogénées n'est pas déterminé ». Ainsi, nous n'avons pas retenu de sources de COHV dans les sols du site. Les COHV sont pris en compte uniquement dans les milieux gaz du sol et eaux souterraines.

**HORS BANDE 1**

Paramètre analysé	SOUS	Unité	Echantillon	GAZ DU SOL	Unité	Echantillon	NAPPE	Unité	Echantillon
<b>Hydrocarbures</b>									
Indice aliphatique nC5-nC6	10	mg/kg-MS	LQ	0,24	mg/m <sup>3</sup>	PH (06/2009)	9,4.10 <sup>-3</sup>	mg/l	Pz22 (01/2009)
Indice aliphatique nC6-nC8	10	mg/kg-MS	LQ	1,1	mg/m <sup>3</sup>	PH (06/2009)	16.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Indice aliphatique nC8-nC10	10	mg/kg-MS	LQ	0,18	mg/m <sup>3</sup>	PH (06/2009)	8,7.10 <sup>-3**</sup>	mg/l	Pz22 (06/2009)
Indice aliphatique nC10-nC12	760*	mg/kg-MS	CB2 (0-1)	5	mg/m <sup>3</sup>	LQ	3,4.10 <sup>-2**</sup>	mg/l	Solubilité
Indice aliphatique nC12-nC16	760*	mg/kg-MS	CB2 (0-1)	5	mg/m <sup>3</sup>	LQ	7.10 <sup>-4**</sup>	mg/l	Solubilité
Indice aromatique nC8-nC10	10	mg/kg-MS	LQ	0,95	mg/m <sup>3</sup>	PH (06/2009)	8,7.10 <sup>-3**</sup>	mg/l	Pz22 (06/2009)
Indice aromatique nC10-nC12	760*	mg/kg-MS	CB2 (0-1)	5	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,69**	mg/l	Pz22 (01/2009)
Indice aromatique nC12-nC16	760*	mg/kg-MS	CB2 (0-1)	5	mg/m <sup>3</sup>	LQ	50.10 <sup>-3**</sup>	mg/l	LQ
<b>Composés aromatiques volatils (CAV)</b>									
Benzène	0,1	mg/kg-MS	LQ	0,047	mg/m <sup>3</sup>	PH (06/2009)	5.10 <sup>-4</sup>	mg/l	LQ
Toluène	0,1	mg/kg-MS	LQ	0,3	mg/m <sup>3</sup>	PH (06/2009)	5.10 <sup>-4</sup>	mg/l	LQ
Ethylbenzène	0,1	mg/kg-MS	LQ	0,22	mg/m <sup>3</sup>	PF (06/2009)	5.10 <sup>-4</sup>	mg/l	LQ
m, p Xylène	0,1	mg/kg-MS	LQ	0,89	mg/m <sup>3</sup>	PF (06/2009)	5.10 <sup>-4</sup>	mg/l	LQ
o Xylène	0,1	mg/kg-MS	LQ						
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>									
Naphthalène	0,25	mg/kg-MS	LQ	0,01	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,07.10 <sup>-3</sup>	mg/l	Pz22 (01/2009)
Acénaphtylène	0,25	mg/kg-MS	LQ	0,011	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Acénaphtène	0,25	mg/kg-MS	LQ	0,01	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Fluorène	0,25	mg/kg-MS	LQ	0,0025	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,03.10 <sup>-3</sup>	mg/l	Pz22 (01/2009)
Phénanthrène	0,25	mg/kg-MS	LQ	0,00125	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,04.10 <sup>-3</sup>	mg/l	Pz22 (01/2009)
Anthracène	0,25	mg/kg-MS	LQ	0,00025	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Fluoranthène	0,01	mg/kg-MS	FD3	0,001	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Pyréne	0,01	mg/kg-MS	FD3	83.10 <sup>-3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,12.10 <sup>-3</sup>	mg/l	Pz22 (01/2009)
Benzo(a)anthracène	0,25	mg/kg-MS	LQ	0,001	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Chrysène	0,25	mg/kg-MS	LQ	0,001	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Benzo(b)fluoranthène	0,03	mg/kg-MS	FD3	0,001	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Benzo(k)fluoranthène	0,25	mg/kg-MS	LQ	0,00075	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Benzo(a)pyrène	0,01	mg/kg-MS	FD3	0,00075	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Dibenzo(ah)anthracène	0,25	mg/kg-MS	LQ	0,0025	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Benzo(ghi)perylène	0,31	mg/kg-MS	Z243 (1-2 m)	0,001	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	0,01	mg/kg-MS	FD3	0,001	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
<b>Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV)</b>									
Tétrachloréthène	Non retenus			7.10 <sup>-3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0.5.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Trichloréthène				5,5.10 <sup>-3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,5.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
1,1 dichloroéthène				4,1.10 <sup>-3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,8.10 <sup>-3</sup>	mg/l	Pz6 (06/2009)
Cis 1,2 dichloroéthène				4,1.10 <sup>-3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,5.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Chlore de vinyle				2,6.10 <sup>-3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,5.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Tétrachloroéthane				6,5.10 <sup>-3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,5.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Chloroforme				3.10 <sup>-3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,5.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
Dichlorométhane				4,1.10 <sup>-3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,5.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ
1,1 dichloroéthane				2.10 <sup>-3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,7.10 <sup>-3</sup>	mg/l	Pz6 (01/2009)
1,1,1 trichloroéthane				5,6.10 <sup>-3</sup>	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,5.10 <sup>-3</sup>	mg/l	LQ

\*Pas de décomposition C10-C40, ni aromatiques/aliphatiques

\*\*Pas de décomposition aromatiques/aliphatiques

LQ : Limite de quantification

En grisé : concentrations retenues

Tableau 8 : Concentrations retenues dans les calculs de risques (hors bande 1)

**BANDE 1**

Paramètre analysé	SOLS	Unité	Echantillon	GAZ DU SOL	Unité	Echantillon	NAPPE	Unité	Echantillon
<b>Hydrocarbures</b>									
Indice aliphatique nC5-nC6	3	mg/kg-MS	LQ	0,065	mg/m <sup>3</sup>	PB (06/2009)	85.10 <sup>-1</sup>	mg/l	Pz8* (06/2009)
Indice aliphatique >nC6-nC8	3	mg/kg-MS	LQ	0,03	mg/m <sup>3</sup>	LQ	5,4	mg/l	Solubilité
Indice aliphatique >nC8-nC10	78**	mg/kg-MS	S3* (1,8-2,8)	0,052	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,43**	mg/l	Solubilité
Indice aliphatique >nC10-nC12	10	mg/kg-MS	LQ	0,02	mg/m <sup>3</sup>	LQ	50.10-3**	mg/l	LQ
Indice aliphatique >nC12-nC16	10	mg/kg-MS	LQ	na	-	-	7.10 <sup>-4**</sup>	mg/l	Solubilité
Indice aromatique >nC8-nC10	78**	mg/kg-MS	S3* (1,8-2,8)	0,049	mg/m <sup>3</sup>	LQ	38,9**	mg/l	Pz8* (06/2009)
Indice aromatique >nC10-nC12	10	mg/kg-MS	LQ	0,02	mg/m <sup>3</sup>	LQ	50.10-3**	mg/l	LQ
Indice aromatique >nC12-nC16	10	mg/kg-MS	LQ	na	-	-	50.10-3**	mg/l	LQ
<b>Composés aromatiques volatils (CAV)</b>									
Benzène	0,1	mg/kg-MS	LQ	1,6.10 <sup>-1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	LQ	2,3.10 <sup>-1</sup>	mg/l	Pz8* (06/2009)
Toluène	0,1	mg/kg-MS	LQ	1,33	mg/m <sup>3</sup>	PzG3	0,7.10 <sup>-1</sup>	mg/l	Pz4 (06/2009)
Ethylbenzène	0,1	mg/kg-MS	LQ	0,024	mg/m <sup>3</sup>	PB (06/2009)	4,5.10 <sup>-1</sup>	mg/l	Pz4 (06/2009)
m, p Xylène	0,1	mg/kg-MS	LQ	0,113	mg/m <sup>3</sup>	PB (06/2009)	3,7.10 <sup>-1</sup>	mg/l	Pz4 (06/2009)
o Xylène	0,1	mg/kg-MS	LQ						
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>									
Naphtalène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	5,7.10 <sup>-1</sup>	mg/l	Pz4 (01/2009)
Acénaphthylène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10-3	mg/l	LQ
Acénaphthène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,12.10 <sup>-3</sup>	mg/l	Pz8* (01/2009)
Fluorène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,07.10 <sup>-1</sup>	mg/l	Pz4 (01/2009)
Phénanthrène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,09.10 <sup>-1</sup>	mg/l	Pz4 (01/2009)
Anthracène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,08.10 <sup>-1</sup>	mg/l	Pz4 (01/2009)
Fluoranthène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,14.10 <sup>-3</sup>	mg/l	Pz4 (06/2009)
Pyrène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,16.10 <sup>-3</sup>	mg/l	Pz4 (06/2009)
Benzo(a)anthracène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10-3	mg/l	LQ
Chryène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10-3	mg/l	LQ
Benzo(b)fluoranthène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10-3	mg/l	LQ
Benzo(k)fluoranthène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10-3	mg/l	LQ
Benzo(a)pyrène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10-3	mg/l	LQ
Dibenzo(ab)anthracène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10-3	mg/l	LQ
Benzo(ghi)perylène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10-3	mg/l	LQ
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	0,03	mg/kg-MS	LQ	0,083	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,02.10-3	mg/l	LQ
<b>Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV)</b>									
Tétrachloroéthène	Non retenus			0,1	mg/m <sup>3</sup>	PzG2	17	mg/l	Pz8* (06/2009)
Trichloroéthène				0,01	mg/m <sup>3</sup>	LQ	2,6	mg/l	Pz8* (06/2009)
1,1 dichloroéthène				0,01	mg/m <sup>3</sup>	LQ	6,1.10 <sup>-1</sup>	mg/l	Pz8* (01/2009)
Cis 1,2 dichloroéthène				4,1.10 <sup>-1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	LQ	5,2	mg/l	Pz8* (06/2009)
Trans 1,2 dichloroéthène				4,1.10 <sup>-1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	LQ	68.10 <sup>-1</sup>	mg/l	Pz8* (06/2009)
Chlorure de vinyle				2,6.10 <sup>-1</sup>	mg/m <sup>3</sup>	LQ	52.10 <sup>-1</sup>	mg/l	Pz8* (06/2009)
Chloroforme				0,01	mg/m <sup>3</sup>	LQ	2.10 <sup>-1</sup>	mg/l	Pz8* (06/2009)
Dichlorométhane				0,01	mg/m <sup>3</sup>	LQ	0,5.10 <sup>-1</sup>	mg/l	LQ

\*Pas de décomposition C10-C40, ni aromatiques/aliphatiques

\*\*Pas de décomposition aromatiques/aliphatiques

LQ : Limite de quantification

En grasé : concentrations retenues

Tableau 9 : Concentrations retenues dans les calculs de risques (bande 1)

### 4.3. Relation dose/effets pour les substances

Les calculs font intervenir un nombre important de paramètres, et notamment des paramètres relatifs aux caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques des substances.

Avant chaque analyse des risques, les valeurs des paramètres (particulièrement toxicologiques) sont systématiquement recherchées, sur les bases de données reconnues, pour, le cas échéant, être mises à jour par les données les plus récentes (une veille est réalisée mensuellement pour l'actualisation des données).

Les relations doses/effets ont été recherchées dans des bases de données internationales. Le logiciel SANTEA dispose de l'ensemble de ces données (dernière mise à jour : 04/07/2009).

La sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) est effectuée conformément aux prescriptions établies par la circulaire n° DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006 relative « aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact ».

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) sont recherchées parmi les 6 bases de données nationales et internationales suivantes : USEPA<sup>[1]</sup>, ATSDR<sup>[2]</sup>, OMS<sup>[3]</sup>, Health Canada, RIVM<sup>[4]</sup> et de l'OEHHA<sup>[5]</sup>.

La méthodologie proposée par la circulaire DGS du 30 mai 2006 et utilisée dans la présente étude pour la sélection des VTR est décrite ci après.

Trois cas de figure sont présentés :

- ✓ Aucune valeur toxicologique de référence n'est recensée pour une substance chimique parmi les 6 bases de données recensées ci-dessus. En l'absence de VTR pour cette substance, une quantification des risques n'est pas envisageable même si les données d'exposition sont exploitables. Aucune valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) ni aucune valeur guide de qualité des milieux ne peut être prise en compte ;
- ✓ Une seule valeur toxicologique de référence existe dans l'une des 6 bases de données. Cette valeur sera retenue sauf si cette valeur est provisoire ou

<sup>[1]</sup> USEPA : United-States Environmental Protection Agency, base de données de Etats-Unis

<sup>[2]</sup> ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry, base de données de Etats-Unis

<sup>[3]</sup> OMS : Organisation Mondiale de la Santé

<sup>[4]</sup> RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, base de données des Pays-Bas

<sup>[5]</sup> OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment, base de données de l'état de californie

qu'il s'agit d'une transposition (exposition aiguë / exposition chronique, ou voie orale / voie respiratoire) ;

- ✓ Plusieurs valeurs toxicologiques de référence existent dans les 6 bases de données pour un même effet critique, une même voie et une même durée d'exposition. Par mesure de simplification, la VTR sélectionnée est celle retrouvée dans l'une des six bases en respectant la hiérarchisation suivante :
  - pour les substances à effets à seuil successivement US EPA puis ATSDR puis OMS/IPCS puis Health Canada puis RIVM et en dernier lieu OEHHA,
  - pour les substances à effets sans seuil successivement US EPA puis OMS/IPCS puis RIVM puis OEHHA.

Concernant les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), la méthodologie retenue de choix des VTR est présentée dans le rapport final INERIS de novembre 2003 « *Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs). Evaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérogènes : approche substance par substance (facteurs d'équivalence toxique - FET) et approche par mélanges. Evaluation de la relation dose-réponse pour des effets non cancérogènes : valeurs toxicologiques de référence (VTR)* ».

Les Valeurs Toxicologiques de Référence retenues pour l'inhalation, sélectionnées selon la méthodologie décrite précédemment pour les composés émis, sont présentées en **Annexe 9**.

#### **4.4. Evaluation des concentrations d'exposition**

##### *4.4.1. Préambule*

Les trois étapes nécessaires au calcul du risque, pour un scénario donné, sont les suivantes :

- Transfert vertical des polluants du sol vers le point d'exposition : cette première étape permet de calculer la concentration du polluant au point d'exposition,
- Évaluation de la concentration moyenne inhalée ( $CI_{moy}$ ),
- Calcul des risques (distinction entre les substances cancérogènes et toxiques) : cette évaluation permet alors de comparer les risques calculés aux risques définis comme admissibles.

##### *4.4.2. Transfert de pollution*

Pour modéliser le transfert de polluants du sol vers l'air confiné des bâtiments, nous avons utilisé le modèle de Johnson et Ettinger (2004), qui permet de prendre en compte les phénomènes de diffusion et de convection.

Le modèle de transfert de pollution entre le sol et l'air ambiant extérieur, utilisé dans SANTEA, est basé sur les équations proposées dans le logiciel RBCA (Risk-Based Corrective Action) mis en place par l'ASTM (American Society for Testing and Materials).

Les équations nécessaires à la mise en œuvre de ce modèle, dans le cas d'une source infinie, sont présentées en **Annexe 10** et **Annexe 11**.

Les deux modèles utilisés permettent de simuler les concentrations aux points d'exposition (à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments).

#### 4.4.3. Calcul de la concentration moyenne inhalée au point d'exposition

Le calcul des concentrations moyennes inhalées ( $CI_{moy}$ ) distingue les substances cancérigènes des substances toxiques.

##### 4.4.3.1. Substances toxiques

La formule permettant de calculer la  $CI_{nc}$  pour un adulte ou un enfant (exprimée en  $mg/m^3$ ) pour les substances toxiques est la suivante :

$$CI_{nc} = C_{POE} \cdot \frac{EF \cdot DE}{T_{nc} \cdot 365}$$

où :  $C_{POE}$  est la concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps ( $mg/m^3$ ),  
EF est la fréquence d'exposition (j/an),  
DE est la durée d'exposition (en années),  
 $T_{nc}$  est le temps moyen de prise en compte de l'apparition possible d'un effet néfaste sur la santé (toute la durée d'exposition DE pour les substances à effets toxiques) (en années),

##### 4.4.3.2. Substances cancérigènes

La formule permettant de calculer la  $CI_c$  pour un adulte ou un enfant (exprimée en  $mg/m^3$ ) pour les substances cancérigènes est la suivante :

$$CI_c = C_{POE} \cdot \frac{EF \cdot DE}{T_c \cdot 365}$$

où :  $C_{POE}$  est la concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps ( $mg/m^3$ ),  
EF est la fréquence d'exposition (j/an),  
DE est la durée d'exposition (années),

$T_c$  est le temps moyen de prise en compte de l'apparition possible d'un effet néfaste sur la santé (toute la vie de l'individu, soit 70 ans, pour les substances à effet cancérogène) (années).

#### 4.4.4. Calcul des risques

Les risques ont été calculés à partir des  $CI_{moy}$  et des VTR. En présence conjointe de sources dans plusieurs milieux, les quotients de danger (QD) et excès de risque individuel (ERI) retenus sont, pour chaque substance, la valeur maximale des valeurs calculées.

- Pour les substances à seuil (ou substances toxiques) :

$$QD = \frac{CI_{moy}}{VTR_{inh}}$$

où : QD est le quotient de danger (-) ;  
 $CI_{moy}$  est la concentration moyenne inhalée ( $mg/m^3$ ) ;  
 $VTR_{inh}$  est la valeur toxicologique de référence par inhalation ( $mg/m^3$ ).

Dans un souci sécuritaire, nous avons sommé les quotients de danger de toutes les substances, sans distinction des organes cibles.

Le quotient de danger tolérable théorique par individu défini dans la Circulaire Ministérielle du 8/02/2007 doit être inférieur à 1.

- Pour les substances sans seuil :

$$ERI = CI_{moy} \times ERU_{inh}$$

où : ERI est l'excès de risque individuel (-)  
 $CI_{moy}$  est la concentration moyenne inhalée ( $mg/m^3$ ) ;  
 $ERU_{inh}$  est l'excès de risque unitaire par inhalation ( $mg/m^3$ )<sup>-1</sup>.

L'excès de risque individuel théorique tolérable par personne de  $10^{-5}$ , cité par la Circulaire Ministérielle du 8/02/2007, a été retenu ici.

#### 4.5. Evaluation et caractérisation des risques

Une synthèse des risques calculés est présentée dans les **Tableau 10** et **Tableau 11**. Ces tableaux précisent les quotients de danger totaux et les excès de risque individuels totaux pour les scénarii étudiés.

Les feuilles de calculs (Hors bande 1) sont données en **Annexe 12**, **Annexe 13** et **Annexe 14**.

Les quotients de danger (QD), calculés pour chaque substance toxique, et les excès de risques individuel (ERI), calculés pour chaque substance cancérigène, sont présentés en **Annexe 15** et **Annexe 16**.

	QD adultes	QD enfants	ERI total
Scénario n°1 « inhalation de vapeurs à l'intérieur de bâtiments sans sous-sol à usage industriel ou tertiaire »	0,42	0,09	$2,1 \cdot 10^{-8}$
Scénario n°2 « inhalation de vapeurs à l'intérieur de bâtiments sans sous-sol à usage public (université) »	0,33	-	$2,4 \cdot 10^{-9}$
Scénario n°3 « inhalation de vapeurs sur des aménagements extérieurs »	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$2,4 \cdot 10^{-2}$	$6,5 \cdot 10^{-11}$ (étudiants seuls) $5,3 \cdot 10^{-10}$ (avec enfants)
Cumul des scénarii 1 et 3	0,44	0,11	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Cumul des scénarii 2 et 3	0,35	$2,4 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-9}$
<b>Seuils définis dans la Circulaire Ministérielle du 08/02/2007</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b><math>10^{-5}</math></b>

Tableau 10 : Synthèse des risques calculés – HORS BANDE 1

	QD adultes	QD enfants	ERI total
Scénario n°1 « inhalation de vapeurs à l'intérieur de bâtiments sans sous-sol à usage industriel ou tertiaire »	4,2	0,86	$4,7 \cdot 10^{-4}$
Scénario n°2 « inhalation de vapeurs à l'intérieur de bâtiments sans sous-sol à usage public (université) »	3,3	-	$5,4 \cdot 10^{-5}$
Scénario n°3 « inhalation de vapeurs sur des espaces verts »	0,11	0,17	$4,1 \cdot 10^{-7}$ (étudiants seuls) $3,4 \cdot 10^{-6}$ (avec enfants)
Scénario n°3 bis « inhalation de vapeurs sur des voiries »	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$9,7 \cdot 10^{-8}$ (étudiants seuls) $8 \cdot 10^{-7}$ (avec enfants)
Cumul des scénarii 1 et 3+3bis	4,3	1,06	$4,7 \cdot 10^{-4}$
Cumul des scénarii 2 et 3+3bis	3,4	0,2	$5,5 \cdot 10^{-5}$
<b>Seuils définis dans la Circulaire Ministérielle du 08/02/2007</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b><math>10^{-5}</math></b>

Tableau 11 : Synthèse des risques calculés – BANDE 1



Au vu des résultats des calculs de risque, et sur la base des informations actuellement disponibles sur l'état de la contamination du sol au droit du site, il apparaît que :

- Le quotient de danger (QD) est inférieur à 1 pour les scénarii étudiés et leur cumul HORS BANDE 1, pour les enfants et les adultes, et ce en sommant toutes les substances mesurées dans le sous-sol du site,
- l'excès de risque individuel (ERI) est inférieur à  $10^{-5}$  pour les scénarii étudiés et leur cumul HORS BANDE 1, pour les enfants et les adultes, et ce en sommant toutes les substances mesurées dans le sous-sol,
- le quotient de danger (QD) et l'excès de risque individuel (ERI) sont inférieurs aux seuils, pour les voiries et les espaces vers de la BANDE 1.

Pour ce qui concerne la BANDE 1, les ERI et les QD sont supérieurs aux seuils pour les voies d'exposition d'inhalation de vapeurs à l'intérieur de bâtiments, qu'ils soient à usage industriel, tertiaire ou public (faculté). Les risques sont portés par les composés suivants :

- pour les risques non cancérogènes : les hydrocarbures en C8-C10 dans les sols (65 % du risque calculé) et les COHV (tétrachloroéthylène et son métabolite de dégradation le cis-1,2-dichloroéthylène, totalisant 22 % du risque calculé),
- pour les risques cancérogènes : le tétrachloroéthylène dans la nappe (99 % du risque calculé).

Ainsi, sur la base des informations disponibles à ce jour et au regard des hypothèses de travail retenues, les calculs conduisent à des risques sanitaires :

#### **HORS BANDE 1 :**

- **admissibles pour un aménagement de type industriel ou commercial sans sous-sol avec des aménagements extérieurs, pour des adultes et des enfants fréquentant le site,**
- **admissibles pour un aménagement à usage public (faculté) avec des aménagements extérieurs, pour des adultes (étudiants) fréquentant le site,**

#### **BANDE 1 :**

- **admissibles pour un aménagement de type voiries et espaces verts pour des adultes et des enfants fréquentant le site,**
- **non admissibles pour un aménagement de type bâtiment sans sous-sol.**

## 4.6. Incertitudes sur les calculs de risques

L'examen de l'incertitude sur les données des calculs sert à vérifier l'éventualité de la sur- ou sous-estimation du risque.

### 4.6.1. Incertitudes liées à l'identification des dangers

#### Incertitudes sur la méthode de sélection des substances :

L'ensemble des substances disposant d'une valeur toxicologique de référence a été retenu pour ces calculs de risque.

Les substances détectées dans les sols, les gaz du sol et la nappe supérieures et égales à la limite de quantification (selon méthodologie citée dans le paragraphe 4.2.7.1) ont été retenues dans les calculs.

#### Incertitudes portant sur les concentrations utilisées :

Les concentrations maximales mesurées au droit de chacune des zones étudiées présentant une pollution résiduelle ont été retenues, ce qui est sécuritaire.

#### Incertitudes portant sur la définition des cibles et des usages :

Les scénarii d'exposition tiennent compte des usages projetés (bâtiment à usage industriel ou commercial ou bâtiment à usage public) ainsi que de la possibilité d'accéder à des espaces verts ou des voiries.

Compte tenu du recouvrement du site par du béton, du bitume ou de la terre végétale, les voies d'exposition suivantes n'ont pas été étudiées : inhalation de poussières de sol et ingestion de sol.

### 4.6.2. Incertitudes liées aux relations dose-réponse

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

### 4.6.3. Incertitudes liées à l'évaluation de l'exposition

On notera que les formules d'exposition sont linéaires. Ainsi, la variation en pourcentage d'un paramètre comme par exemple la fréquence d'exposition induit un pourcentage de variation identique du résultat.

### 4.6.4. Incertitudes liées à la nature du sol

La nature du sol retenue (sandy loam) correspond au type de sol le plus pénalisant rencontré sur site (via les analyses de granulométrie réalisées). Par ailleurs, les teneurs en air et en eau du sol sont des valeurs mesurées en laboratoire.

#### 4.6.5. Discussion sur la profondeur des sources

Les calculs ont été menés avec une profondeur de source sol de 0,1 m sous l'ensemble des aménagements (et 0,3 m sous les espaces verts), ce qui est sécuritaire, d'autant plus que les sources identifiées dans la zone 1 l'ont été à 1,5 m de profondeur.

La profondeur de source nappe retenue est la plus faible mesurée sur l'ensemble du site (1,5 m de profondeur).

#### 4.7. Etude des possibilités d'aménagement de la bande 1

Au droit de la bande 1, les calculs réalisés conduisent à des risques sanitaires :

- admissibles pour un aménagement de type voiries et espaces verts,
- non admissibles pour un aménagement de type bâtiment sans sous-sol.

Des calculs supplémentaires ont été réalisés pour tester différentes dispositions constructives (bâtiment sur vide sanitaire, bâtiment surventilé, bâtiment avec un ou plusieurs niveaux de sous-sol à usage de parking souterrain).

**Les résultats montrent que la qualité des milieux souterrains est compatible avec un aménagement de type bâtiment sous réserve de mettre en œuvre les dispositions constructives suivantes :**

- **bâtiment à usage public (faculté) :**
  - soit surventilation avec un taux de renouvellement d'air minimum de 5 volumes/h,
  - soit présence d'un ou plusieurs niveaux de sous-sol à usage de parking souterrain (il est à noter que cet aménagement implique la gestion du rabattement de la nappe au droit du bâtiment),
  - soit présence d'un vide sanitaire surventilé mécaniquement, permettant d'évacuer la totalité des vapeurs émises par le milieu souterrain avant transfert dans le bâtiment.
- **bâtiment à usage industriel ou tertiaire :**
  - soit présence d'un ou plusieurs niveaux de sous-sol à usage de parking souterrain ET surventilation avec un taux de renouvellement d'air minimum de 2 volumes/h pour le bâtiment et 5 volumes/h pour le parking souterrain,
  - soit présence d'un vide sanitaire surventilé mécaniquement.

## 5. Conclusion

Dans le cadre de la cessation d'activité de l'ancienne usine à bitumes et émulsions de LA RICHE (37), et suite aux opérations de dépollution réalisées successivement par les sociétés GESTER, ARCADIS, ANTEA et SERPOL, ESSO SAF a fait appel à ANTEA pour la réalisation d'une Analyse des Risques Résiduels (ARR).

Cette ARR a pris en compte le scénario suivant :

- Scénario 1 : « Inhalation de substances volatiles dans des bâtiments à usage industriel, tertiaire ou commercial sans sous-sol et fréquentés par des enfants et des adultes »,
- Scénario 2 : « Inhalation de substances volatiles dans des bâtiments publics à usage de faculté sans sous-sol et fréquentés par des étudiants »
- Scénario 3 : « Inhalation de substances volatiles sur les éventuels aménagements extérieurs pour des enfants et des adultes ».

La démarche suivie tout au long de l'étude est sécuritaire, en particulier pour les points suivants :

- Prise en compte des concentrations maximales mesurées dans les sols, les gaz du sol et les eaux souterraines après travaux de dépollution,
- Prise en compte des substances les plus pénalisantes en l'absence de précision sur la nature des hydrocarbures,
- Prise en compte des limites de quantification dès lors qu'une substance a été détectée dans l'un des milieux,
- Cumul des risques pour un adulte ayant fréquenté le site enfant.

Le tableau suivant précise les quotients de dangers totaux et les excès de risque individuels totaux calculés en dehors de la bande 1.

	QD adultes	QD enfants	ERI total
Scénario n°1 « inhalation de vapeurs à l'intérieur de bâtiments sans sous-sol à usage industriel ou tertiaire »	0,42	0,09	$2,1 \cdot 10^{-8}$
Scénario n°2 « inhalation de vapeurs à l'intérieur de bâtiments sans sous-sol à usage public (faculté) »	0,33	-	$2,4 \cdot 10^{-9}$
Scénario n°3 « inhalation de vapeurs sur des aménagements extérieurs »	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$2,4 \cdot 10^{-2}$	$6,5 \cdot 10^{-11}$ (étudiants seuls) $5,3 \cdot 10^{-10}$ (avec enfants)

Cumul des scénarii 1 et 3	0,44	0,11	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Cumul des scénarii 2 et 3	0,35	$2,4 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-9}$
<b>Seuils définis dans la Circulaire Ministérielle du 08/02/2007</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b><math>10^{-5}</math></b>

### Synthèse des risques calculés – HORS BANDE 1

Sur la bande 1, les quotients de dangers et excès de risques individuels sont inférieurs aux seuils uniquement pour un aménagement de type voirie et espaces verts. Les risques sont portés principalement par les composés suivants :

- pour les risques non cancérigènes : les hydrocarbures en C8-C10 dans les sols (65 % du risque calculé) et les COHV (tétrachloroéthylène et son métabolite de dégradation le cis-1,2-dichloroéthylène, totalisant 22 % du risque calculé),
- pour les risques cancérigènes : le tétrachloroéthylène dans la nappe (99 % du risque calculé).

Des calculs supplémentaires ont par ailleurs été réalisés pour tester différentes dispositions constructives (bâtiment sur vide sanitaire, bâtiment surventilé, bâtiment avec un ou plusieurs niveaux de sous-sol à usage de parking souterrain) sur la bande 1.

Ainsi, sur la base des informations disponibles à ce jour et au regard des hypothèses de travail retenues, les calculs conduisent à des risques sanitaires :

#### HORS BANDE 1 :

- admissibles pour un aménagement de type industriel ou commercial sans sous-sol avec des aménagements extérieurs, pour des adultes et des enfants fréquentant le site,
- admissibles pour un aménagement à usage public (faculté) avec des aménagements extérieurs, pour des adultes (étudiants) fréquentant le site,

#### BANDE 1 :

- admissibles pour un aménagement de type voiries et espaces verts pour des adultes et des enfants fréquentant le site,
- non admissibles pour un aménagement de type bâtiment sans sous-sol sans disposition constructive,
- admissibles pour un aménagement de type bâtiment sous réserve de la mise en œuvre des dispositions constructives suivantes :
  - bâtiment à usage public (faculté) :
    - soit surventilation avec un taux de renouvellement d'air minimum de 5 volumes/h,

- soit présence d'un ou plusieurs niveaux de sous-sol à usage de parking souterrain (il est à noter que cet aménagement implique la gestion du rabattement de la nappe au droit du bâtiment),
  - soit présence d'un vide sanitaire surventilé mécaniquement, permettant d'évacuer la totalité des vapeurs émises par le milieu souterrain avant transfert dans le bâtiment.
- **bâtiment à usage industriel ou tertiaire :**
- soit présence d'un ou plusieurs niveaux de sous-sol à usage de parking souterrain ET surventilation avec un taux de renouvellement d'air minimum de 2 volumes/h pour le bâtiment et 5 volumes/h pour le parking souterrain,
  - soit présence d'un vide sanitaire surventilé mécaniquement.

### **Observations sur l'utilisation du rapport**

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'ANTEA ne saurait engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Il est rappelé que les résultats de la reconnaissance s'appuient sur un échantillonnage et que ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité du milieu naturel ou artificiel étudié.

La prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par ANTEA ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

ANTEA réalise ses prestations dans le respect des principes de la norme AFNOR 31-620, de septembre 2003, aujourd'hui en attente de révision. Cette norme constitue le support du Référentiel de labellisation QUALIPOL, établi par l'UPDS, dont ANTEA est membre. ANTEA applique les recommandations de la politique de gestion des sites et sols pollués du MEEDDAT, initiée en février 2007 et exprimée dans les circulaires de 2007. Les prestations prévues ci-dessus entrent dans la codification QUALIPOL de l'annexe 1.

ANTEA a obtenu le certificat de labellisation QUALIPOL le 4 novembre 2008.

ANTEA

ESSO SAF

*Ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37) – Analyse des Risques Résiduels  
Rapport n°A55422 – Version A*

**Annexe 1 : Codification des prestations relatives à la labellisation QUALIPOL**

**(1 page)**



**Activités d'étude, de conseil, d'ingénierie et de surveillance des sites pollués.  
CODIFICATION DES PRESTATIONS d'après l'annexe A du référentiel  
« ingénierie » de labellisation QUALIPOL version du 01-04-2008 et la norme  
NFX31-620.**

**VERSION 2**

Code	Objectif Prestation	Prestations ANTEA	Code	Objectif Prestation	Prestations ANTEA
<b>A</b>	<b>Etudes préliminaires</b>				
A000	Levée de doute sur la pollution chimique		C103	Etudes de faisabilité technique	
A100	Diagnostic		C104	Etudes de projet	
A101	Visite du site, risques immédiats, accidents et pollutions visibles		C200	Etablissement des dossiers administratifs, (Plan de Gestion, ICPE, Loi Eau, servitudes, etc.)	
A102	Etude historique		C300	Assistance aux contrats de travaux	
A103	Etude documentaire vulnérabilité		C400	Supervision des travaux	
A200	Investigations de terrain		C401	Direction de l'exécution des travaux	
A300	Schéma conceptuel et/ou présentation de l'état des pollutions, recommandations	X	C401a	Direction de l'exécution des travaux avec présence permanente d'un représentant d'Antéa	
A500	Expertise indépendante		C402	Ordonnancement, Pilotage et Coordination.	
<b>B</b>	<b>Analyses des impacts et des enjeux</b>		C403	Contrôle de la mise en œuvre des mesures de gestion	
B100	IEM		C404	Assistance aux opérations de réception	
B200	Analyses quantitatives des risques (EQRS,...) et des enjeux	X	C500	Expertise indépendante	
B201	Analyses des risques - Santé	X	C600	Assistance à maîtrise d'ouvrage	
B202	Analyses des Enjeux sur les ressources en Eaux		<b>E</b>	<b>Surveillance</b>	
B203	Analyses des risques - Ecosystèmes		E100	Surveillance et Contrôle des impacts	
B204	Analyses des risques - Biens matériels		E101	Conception d'un dispositif de surveillance	
B500	Expertise indépendante		E102	Réalisation et mise en place du dispositif	
<b>C</b>	<b>Ingénierie des travaux de dépollution ou AMO ou contrôle</b>		E103	Entretien et maintenance du dispositif	
C100	Etudes de conception, mesures de gestion « optimisée »		E104	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses	
C101	Etudes d'avant projet, définition de solution(s) à niveau peu détaillé (technique, coût, délais, etc.)		E105	Interprétations	
C102	Bilan "coûts-avantages"		E500	Expertise indépendante	

ANTEA

ESSO SAF

*Ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37) – Analyse des Risques Résiduels  
Rapport n°155422 – Version A*

Annexe 2 : Liste des études réalisées sur le site de LA RICHE

(1 page)

- Etude hydrogéologique pour l'implantation de piézomètres (rapport GESTER NT.61.4712.A01.01.A-61-98-716 du 24/06/98),
- Piézomètres de contrôle – analyses (compte rendu GESTER NT.61.4712.B01.01.A-61-98-716 du 22/12/98),
- Diagnostic initial – Etape A (rapport GESTER NT.63.01149.A01.01.A/615.02.0013/E du 20/02/02),
- Diagnostic initial – Etape B – Evaluation Simplifiée des Risques (rapport GESTER 615.02.0013E/615.1149.C01.NT.01.B du 21/10/02),
- Diagnostic complémentaire de pollution des sols (compte rendu GESTER 615.1149.D01.CR.01.A du 07/10/03),
- Complément d'étude sur les eaux souterraines (rapport ARCADIS-GESTER 615.1149.D02.NT.01.A du 24/10/03),
- Traitement des terres polluées – Etude technico-économique (rapport ARCADIS-GESTER 615.1149.D03.NT.01.A du 20/11/03),
- Travaux de dépollution – Evacuation et étalement des terres (compte rendu ARCADIS 61.1149.E01.NT.01.A du 02/12/04),
- Diagnostic approfondi (rapport ARCADIS 61.1149.F01.NT.01.A du 29/04/05),
- Evaluation Détaillée des Risques (rapport ARCADIS 23C.05.0604.I/01/A du 29/04/05),
- Investigations complémentaires sur le site de l'ancienne UBE (compte rendu ARCADIS 61.1149.G01.NT.02.A du 20/02/06),
- Complément au réseau de surveillance de la nappe souterraine et des données sur les gaz du sol (rapport SERPOL n°5550 de novembre 2007),
- Comblement des piézomètres et suivi de la qualité des eaux de la nappe (rapport SERPOL n°5363 de novembre 2007),
- Suivi de la qualité des eaux souterraines de janvier 2008 (rapport SERPOL n°5550-2),
- Excavation de terres contaminées par des hydrocarbures et investigations complémentaires de juillet 2008 (rapport SERPOL n°5895-1),
- Recherche de l'origine de la pollution en COHV de juillet 2008 (rapport SERPOL n°5895-2),
- Suivi de la qualité des eaux souterraines de juillet 2008 (rapport SERPOL n°5550-3),
- Dossier de demande d'institution de servitudes conventionnelles au profit de l'état (rapport ANTEA n°A51361/B de septembre 2008),
- Dossier de demande d'institution de servitudes d'utilité publique (rapport ANTEA n°52257/A d'octobre 2008),
- Suivi de la qualité des eaux souterraines de janvier 2009 (rapport SERPOL n°5550-4),
- Suivi de la qualité des eaux souterraines de juin 2009 (rapport SERPOL n°5550-5),
- Diagnostic complémentaire des eaux souterraines et des gaz du sol (rapport SERPOL n°5550-6 de juillet 2009).

ANTEA

ESSO SAF

*Ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37) – Analyse des Risques Résiduels  
Rapport n°A55422 – Version A*

**Annexe 3 : Résultats d'analyses des investigations réalisées entre 2002 et 2005  
(diagnostics initial et approfondi)**

**(3 pages)**

Tableau 3 : Résultats des analyses sur les eaux

Echantillons	Unités	PZ1	PZ2	PZ3	Décret du 20/12/01	VCI usage sensible	VCI non sensible
<i>Prélèvements du 3 décembre 1998</i>							
HCT	mg/L	1.0	0.9	0.3	1	0.01	1
<i>Prélèvements réalisés dans le cadre de l'ESR (Printemps 2002)</i>							
Conductivité	mS/m	77.1	62.6	75.1			
HCT	mg/kg	331	333	333	1	0.01	1
Benzène	µg/l	< 2,4	< 2,4	< 2,4		1	5
Ethylbenzène	µg/l	< 1,4	< 1,4	< 1,4		300	1500
Toluène	µg/l	< 1,7	< 1,7	< 1,7		700	3500
Xylène (m+p)	µg/l	< 1,7	< 1,7	< 1,7		Total : 500	Total : 2500
Xylène (o)	µg/l	< 2,2	< 2,2	< 2,2			
Benzo(a)pyrène	µg/l	0.068	0.66	0.0027		0.01	0.05
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	0.093	0.77	0.0038			
Benzo(g,h,i)perylène	µg/l	0.082	0.6	< 0,0031			
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	0.037	0.36	0.0013			
Fluoranthène	µg/l	0.087	1.2	0.0056			
Indeno(1,2,3-cd)pyrène	µg/l	0.087	0.71	< 0,0044			
HAP totaux	µg/l	0.454	4.3	0.0134	1	0.2	1

ANTEA

ESSO SAF

*Ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37) – Analyse des Risques Résiduels  
Rapport n°A55422 – Version A*

Annexe 4 : Résultats des investigations de sol menées en octobre 2005

(2 pages)



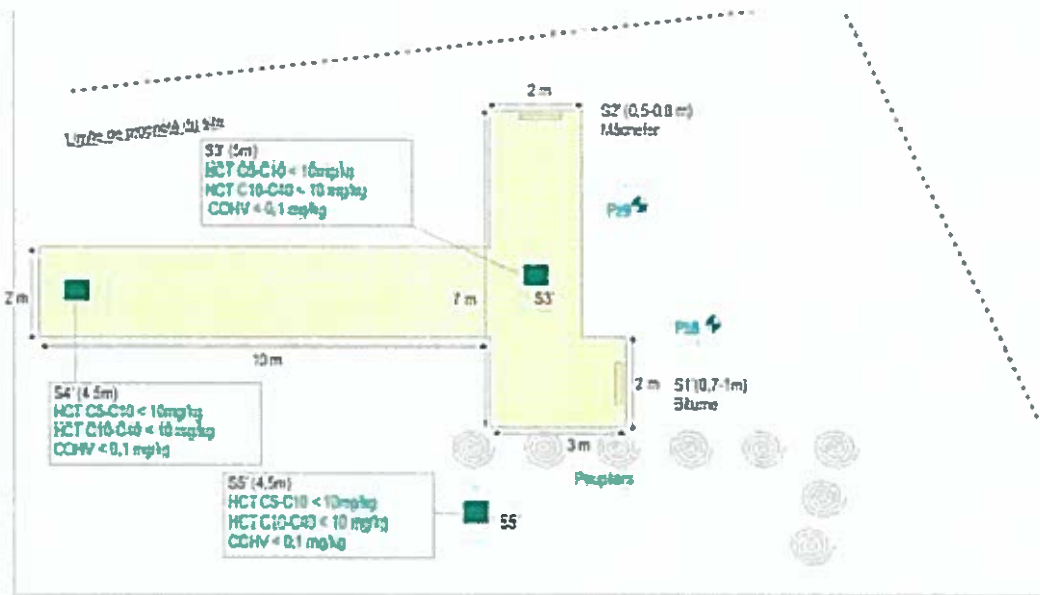
Résultats en <del>mg/m<sup>3</sup></del> MS	PZ6	PZ8	PZ10	PZ12	PZ13	PZ14	VCI sensible	VCI non sens.
<b>Huiles minérales volatiles</b>								
Huile minérale C6 - C8	-	-	-	-	87,0	-		
Huile minérale C8 - C10	-	-	-	-	63,0	-		
Huile minérale C10 - C12	-	-	-	-	<40,0	-		
<b>Huiles minérales</b>								
Huile minérale C10 - C16	--	--	--	--	44,0	--		
Huile minérale C16 - C22	--	--	--	--	<10,0	--		
Huile minérale C22 - C30	--	--	--	--	<10,0	--		
Huile minérale C30 - C40	--	--	--	--	<15,0	--		
<b>Hydrocarbures totaux</b>								
HCT	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	54,0	<50,0	10	1000
<b>Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV)</b>								
1,1-dichloroéthane	3,9	<1,0	<0,10	<0,1	<0,1	<0,1	--	--
Cis-1,2-dichloroéthylène	0,18	3 400	<0,10	<0,1	0,3	0,16	50	250
Tétrachloroéthylène	0,58	<1,0	<0,10	0,15	<0,1	8,5	10	50
Trichloroéthylène	0,91	<1,0	<0,10	<0,1	<0,1	0,58	10	50
Trans-1,2-Dichloroéthylène	<0,10	9,9	<0,10	<0,1	<0,1	<0,1	--	--
<b>Hydrocarbures aromatiques volatils (HAV)</b>								
Benzène	<0,20	<2,0	<0,20	<0,2	<0,20	<0,20	1	5
Toluène	<0,20	<2,0	<0,20	0,48	0,49	<0,20	700	3500
Ethylbenzène	<0,20	<2,0	<0,20	0,29	0,24	<0,20	300	1500
Xylène totaux	--	--	--	0,93	4,10	--	500	2500
Styrène							20	100

Valeur en mg/m <sup>3</sup>	PZG1	PZG2	PZG3	PZG4	PZG5
<b>Hydrocarbures</b>					
Alcane C6	0,03	0,04	<0,01	<0,01	0,03
Alcane C9	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01
Alcane C10	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01
<b>COHV</b>					
Tétrachloroéthylène (PCE)	12,39	0,10	0,09	0,02	<0,01
Trichloroéthylène (TCE)	0,85	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
<b>HAV</b>					
Toluène	<0,02	<0,02	1,33	<0,02	<0,02



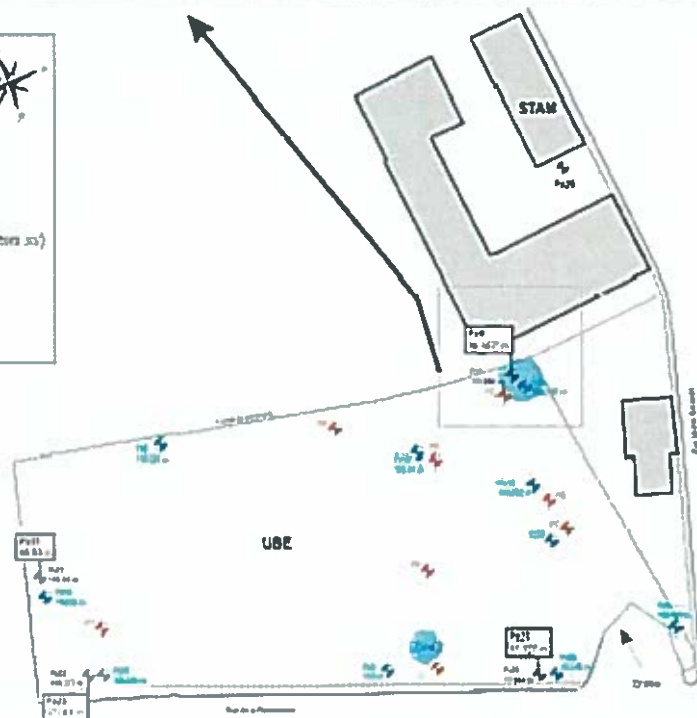
**Annexe 5 : Cartographie des résultats des investigations menées en 2008**

**(2 pages)**



**Legende :**

- Pieu
- Piézomètre nappe superficielle
- Piézomètre nappe profonde
- Nom de l'ouvrage
- Côté de l'ouvrage / repère (niveau = coordonnées X,Y)
- Sondage à la pile mécanique
- Zone à investiguer



**Légende:**

- Pénal
- Piézomètre nappe superficielle
- Piézomètre nappe profonde
- Nom de l'ouvrage
- Côte de l'ouvrage / repère (résère = cote hors sol)
- Zone à risque

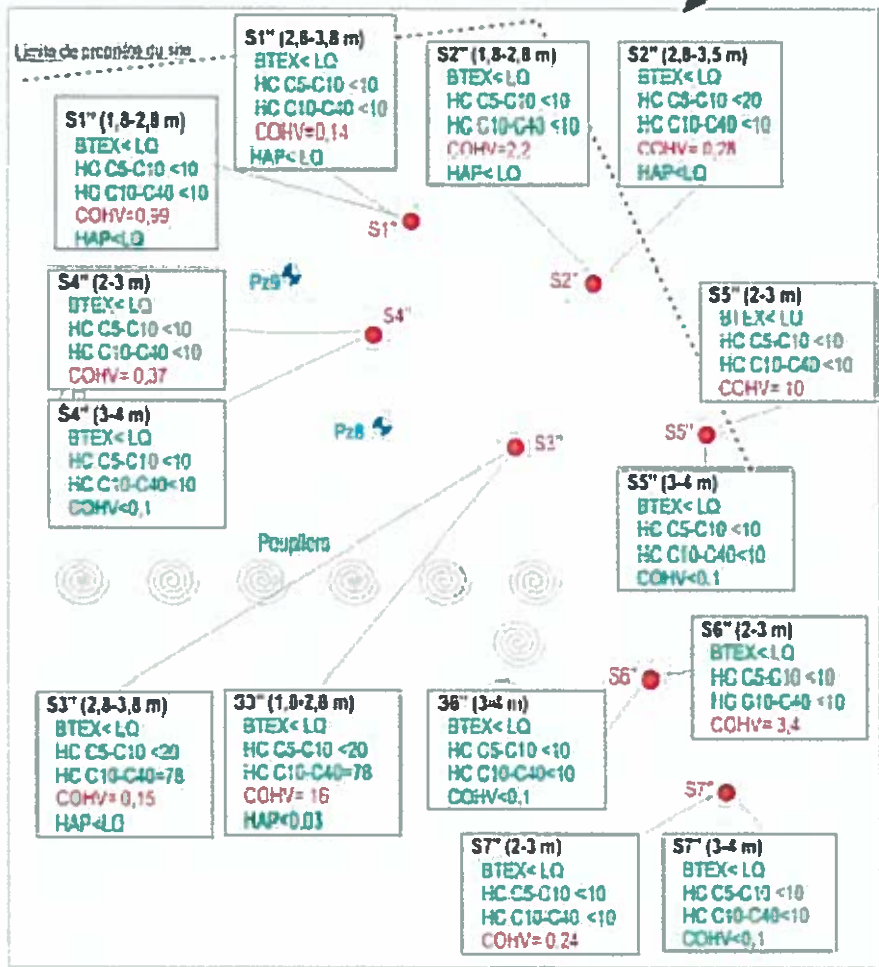
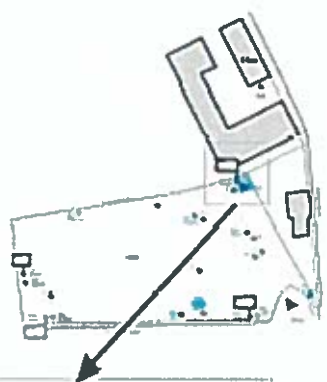
**Résultats:**

Valeur exprimée en mg/lg

X valeur significative d'une anomalie  
 X valeur non significative d'une anomalie

B: benzène I: toluène  
 E: éthylbenzène X: xyloles totaux  
 N: naphthalène HC: hydrocarbures  
 COHV: Composés Organiques Volatils  
 HAP: Composés Aromatiques polycycliques  
 LO: limite de quantification

(Les valeurs inférieures à la limite de quantification et les observations de traces sont à ne pas interpréter)



ANTEA

ESSO SAF

*Ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37) – Analyse des Risques Résiduels  
Rapport n°155422 – Version A*

**Annexe 6 : Résultats des analyses de gaz du sol réalisées en 2009**

**(1 page)**

		PB	PH doublet	PG	PF	PH	Air ambiant	Blanc labo	
		17/06/2009	17/06/2009	17/06/2009	17/06/2009	17/06/2009	17/06/2009	17/06/2009	
TO-12	TNOC	µg/m³	400	480	210	2 500	3 800	200	nd
	Benzene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	47	nd	nd
	Toluene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	300	nd	nd
	Ethylbenzene	µg/m³	9,8	24	nd	220	78	nd	nd
	m,p-xylene	µg/m³	30	75	nd	600	270	nd	nd
	o-xylene	µg/m³	15	38	nd	290	91	nd	nd
	Naphtalene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Carbon tetrachloride	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Chloroforme	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	trans-1,2-Dichloroethene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	cis-1,2-Dichloroethene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
TO-15	Chloromethane	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1,1,1-Trichloroethane	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Trichloroethene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Tetrachloroethene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	7,1	nd	nd
	1,1-Dichloroethene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	1,1-Dichloroethane	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Chlorure de vinyle	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	C9-C10 Aromatics	µg/m³	nd	nd	nd	nd	950	nd	nd
	C5-C6 Aliphatics	µg/m³	65	nd	nd	nd	240	nd	nd
	C7-C8 Aliphatic	µg/m³	nd	nd	nd	nd	1 100	nd	nd
	C9-C10 Aliphatics	µg/m³	nd	nd	nd	nd	180	nd	nd
	Naphtalene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Acoraphlone	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Acoraphylene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Fluorene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Phenanthrene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Anthracene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Pyrene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
TO-13	Chrysene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Benzo(a)anthracene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Benzo(b)fluoranthene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Benzo(k)fluoranthene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Benzo(a)pyrene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Indeno (1,2,3-c,d)pyrene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Dibenz(a,h)anthracene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Benzo(g,h,i)perylene	µg/m³	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

X : valeur maximale relevée

nd : non détecté (teneur inférieure aux seuils de détection)

ANTEA

ESSO SAF

*Ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37) – Analyse des Risques Résiduels  
Rapport n°155422 – Version A1*

**Annexe 7 : Tableaux de suivi des eaux souterraines depuis 2006**

**(3 pages)**



Annexe IV : Récapitulatif des résultats des campagnes de surveillance d'eaux souterraines

Noms des points de prélèvement	2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		Valeurs réglementaires
	head capot	taille capot	head capot	taille capot	head capot	taille capot	head capot	taille capot	head capot	taille capot	head capot	taille capot	head capot	taille capot	head capot	taille capot	head capot	taille capot	head capot	taille capot	
Point de prélèvement n°1	2,72	2,713	2,064	3,115	2,9191	2,948	2,832	2,969	3,254	3,211	2,217	1,922	2,069	1,949	1,94	2,504	2,296	2,463	2,542	2,45	
Point de prélèvement n°2	100,024	100,021	47,28	47,69	47,88	100,006	100,797	47,94	47,94	47,94	99,84	99,84	46,9	46,9	46,9	100,2	100,279	47,28	47,28	47,28	
Point de prélèvement n°3	97,204	97,208	44,196	44,265	44,265	97,656	44,671	44,696	44,729	44,729	98,354	98,354	44,831	44,851	44,26	97,299	97,291	44,782	44,718	44,81	
Point de prélèvement n°4																					
Point de prélèvement n°5																					
Point de prélèvement n°6																					
Point de prélèvement n°7																					
Point de prélèvement n°8																					
Point de prélèvement n°9																					
Point de prélèvement n°10																					
Point de prélèvement n°11																					
Point de prélèvement n°12																					
Point de prélèvement n°13																					
Point de prélèvement n°14																					
Point de prélèvement n°15																					
Point de prélèvement n°16																					
Point de prélèvement n°17																					
Point de prélèvement n°18																					
Point de prélèvement n°19																					
Point de prélèvement n°20																					
Point de prélèvement n°21																					
Point de prélèvement n°22																					
Point de prélèvement n°23																					
Point de prélèvement n°24																					
Point de prélèvement n°25																					
Point de prélèvement n°26																					
Point de prélèvement n°27																					
Point de prélèvement n°28																					
Point de prélèvement n°29																					
Point de prélèvement n°30																					
Point de prélèvement n°31																					
Point de prélèvement n°32																					
Point de prélèvement n°33																					
Point de prélèvement n°34																					
Point de prélèvement n°35																					
Point de prélèvement n°36																					
Point de prélèvement n°37																					
Point de prélèvement n°38																					
Point de prélèvement n°39																					
Point de prélèvement n°40																					
Point de prélèvement n°41																					
Point de prélèvement n°42																					
Point de prélèvement n°43																					
Point de prélèvement n°44																					
Point de prélèvement n°45																					
Point de prélèvement n°46																					
Point de prélèvement n°47																					
Point de prélèvement n°48																					
Point de prélèvement n°49																					
Point de prélèvement n°50																					
Point de prélèvement n°51																					
Point de prélèvement n°52																					
Point de prélèvement n°53																					
Point de prélèvement n°54																					
Point de prélèvement n°55																					
Point de prélèvement n°56																					
Point de prélèvement n°57																					
Point de prélèvement n°58																					
Point de prélèvement n°59																					
Point de prélèvement n°60																					
Point de prélèvement n°61																					
Point de prélèvement n°62																					
Point de prélèvement n°63																					
Point de prélèvement n°64																					
Point de prélèvement n°65																					
Point de prélèvement n°66																					
Point de prélèvement n°67																					
Point de prélèvement n°68																					
Point de prélèvement n°69																					
Point de prélèvement n°70																					
Point de prélèvement n°71																					
Point de prélèvement n°72																					
Point de prélèvement n°73																					
Point de prélèvement n°74																					
Point de prélèvement n°75																					
Point de prélèvement n°76																					
Point de prélèvement n°77																					
Point de prélèvement n°78																					
Point de prélèvement n°79																					
Point de prélèvement n°80																					
Point de prélèvement n°81																					
Point de prélèvement n°82																					
Point de prélèvement n°83																					
Point de prélèvement n°84																					
Point de prélèvement n°85																					
Point de prélèvement n°86																					
Point de prélèvement n°87																					
Point de prélèvement n°88																					
Point de prélèvement n°89																					
Point de prélèvement n°90																					
Point de prélèvement n°91																					
Point de prélèvement n°92																					

Date		Description		Amount	
Month	Day	Particulars	Debit	Credit	Balance
Jan	1	Balance b/d			100.00
Jan	2	By Cash	50.00		150.00
Jan	3	To Cash		20.00	130.00
Jan	4	By Cash	30.00		160.00
Jan	5	To Cash		10.00	150.00
Jan	6	By Cash	40.00		190.00
Jan	7	To Cash		15.00	175.00
Jan	8	By Cash	25.00		200.00
Jan	9	To Cash		12.00	188.00
Jan	10	By Cash	35.00		223.00
Jan	11	To Cash		18.00	205.00
Jan	12	By Cash	45.00		250.00
Jan	13	To Cash		22.00	228.00
Jan	14	By Cash	38.00		266.00
Jan	15	To Cash		16.00	250.00
Jan	16	By Cash	50.00		300.00
Jan	17	To Cash		20.00	280.00
Jan	18	By Cash	42.00		322.00
Jan	19	To Cash		14.00	308.00
Jan	20	By Cash	32.00		340.00
Jan	21	To Cash		18.00	322.00
Jan	22	By Cash	48.00		370.00
Jan	23	To Cash		24.00	346.00
Jan	24	By Cash	36.00		382.00
Jan	25	To Cash		19.00	363.00
Jan	26	By Cash	52.00		415.00
Jan	27	To Cash		21.00	394.00
Jan	28	By Cash	44.00		438.00
Jan	29	To Cash		17.00	421.00
Jan	30	By Cash	34.00		455.00
Jan	31	To Cash		15.00	440.00
Feb	1	Balance b/d			440.00
Feb	2	By Cash	60.00		500.00
Feb	3	To Cash		25.00	475.00
Feb	4	By Cash	46.00		521.00
Feb	5	To Cash		18.00	503.00
Feb	6	By Cash	54.00		557.00
Feb	7	To Cash		22.00	535.00
Feb	8	By Cash	40.00		575.00
Feb	9	To Cash		16.00	559.00
Feb	10	By Cash	58.00		617.00
Feb	11	To Cash		20.00	597.00
Feb	12	By Cash	48.00		645.00
Feb	13	To Cash		14.00	631.00
Feb	14	By Cash	56.00		687.00
Feb	15	To Cash		18.00	669.00
Feb	16	By Cash	44.00		713.00
Feb	17	To Cash		24.00	689.00
Feb	18	By Cash	52.00		741.00
Feb	19	To Cash		19.00	722.00
Feb	20	By Cash	40.00		762.00
Feb	21	To Cash		15.00	747.00
Feb	22	By Cash	58.00		805.00
Feb	23	To Cash		21.00	784.00
Feb	24	By Cash	46.00		830.00
Feb	25	To Cash		17.00	813.00
Feb	26	By Cash	54.00		867.00
Feb	27	To Cash		20.00	847.00
Feb	28	By Cash	42.00		889.00
Feb	29	To Cash		16.00	873.00
Feb	30	By Cash	50.00		923.00
Feb	31	To Cash		14.00	909.00
Mar	1	Balance b/d			909.00
Mar	2	By Cash	65.00		974.00
Mar	3	To Cash		26.00	948.00
Mar	4	By Cash	50.00		998.00
Mar	5	To Cash		19.00	979.00
Mar	6	By Cash	58.00		1037.00
Mar	7	To Cash		23.00	1014.00
Mar	8	By Cash	45.00		1059.00
Mar	9	To Cash		17.00	1042.00
Mar	10	By Cash	60.00		1102.00
Mar	11	To Cash		21.00	1081.00
Mar	12	By Cash	48.00		1129.00
Mar	13	To Cash		15.00	1114.00
Mar	14	By Cash	56.00		1170.00
Mar	15	To Cash		18.00	1152.00
Mar	16	By Cash	44.00		1196.00
Mar	17	To Cash		24.00	1172.00
Mar	18	By Cash	52.00		1224.00
Mar	19	To Cash		19.00	1205.00
Mar	20	By Cash	40.00		1245.00
Mar	21	To Cash		15.00	1230.00
Mar	22	By Cash	58.00		1288.00
Mar	23	To Cash		21.00	1267.00
Mar	24	By Cash	46.00		1313.00
Mar	25	To Cash		17.00	1296.00
Mar	26	By Cash	54.00		1350.00
Mar	27	To Cash		20.00	1330.00
Mar	28	By Cash	42.00		1372.00
Mar	29	To Cash		16.00	1356.00
Mar	30	By Cash	50.00		1406.00
Mar	31	To Cash		14.00	1392.00
Apr	1	Balance b/d			1392.00
Apr	2	By Cash	70.00		1462.00
Apr	3	To Cash		27.00	1435.00
Apr	4	By Cash	55.00		1490.00
Apr	5	To Cash		20.00	1470.00
Apr	6	By Cash	63.00		1533.00
Apr	7	To Cash		24.00	1509.00
Apr	8	By Cash	50.00		1559.00
Apr	9	To Cash		18.00	1541.00
Apr	10	By Cash	68.00		1609.00
Apr	11	To Cash		22.00	1587.00
Apr	12	By Cash	56.00		1643.00
Apr	13	To Cash		16.00	1627.00
Apr	14	By Cash	64.00		1691.00
Apr	15	To Cash		20.00	1671.00
Apr	16	By Cash	52.00		1723.00
Apr	17	To Cash		24.00	1700.00
Apr	18	By Cash	60.00		1760.00
Apr	19	To Cash		19.00	1741.00
Apr	20	By Cash	48.00		1789.00
Apr	21	To Cash		15.00	1774.00
Apr	22	By Cash	66.00		1840.00
Apr	23	To Cash		21.00	1819.00
Apr	24	By Cash	54.00		1873.00
Apr	25	To Cash		17.00	1856.00
Apr	26	By Cash	72.00		1928.00
Apr	27	To Cash		23.00	1905.00
Apr	28	By Cash	60.00		1965.00
Apr	29	To Cash		18.00	1947.00
Apr	30	By Cash	48.00		1995.00
Apr	31	To Cash		14.00	1981.00
May	1	Balance b/d			1981.00
May	2	By Cash	80.00		2061.00
May	3	To Cash		28.00	2033.00
May	4	By Cash	65.00		2098.00
May	5	To Cash		21.00	2077.00
May	6	By Cash	73.00		2150.00
May	7	To Cash		25.00	2125.00
May	8	By Cash	60.00		2185.00
May	9	To Cash		19.00	2166.00
May	10	By Cash	78.00		2244.00
May	11	To Cash		23.00	2221.00
May	12	By Cash	66.00		2287.00
May	13	To Cash		17.00	2270.00
May	14	By Cash	84.00		2354.00
May	15	To Cash		21.00	2333.00
May	16	By Cash	72.00		2405.00
May	17	To Cash		25.00	2380.00
May	18	By Cash	60.00		2440.00
May	19	To Cash		19.00	2421.00
May	20	By Cash	48.00		2469.00
May	21	To Cash		15.00	2454.00
May	22	By Cash	86.00		2540.00
May	23	To Cash		21.00	2519.00
May	24	By Cash	74.00		2593.00
May	25	To Cash		17.00	2576.00
May	26	By Cash	92.00		2668.00
May	27	To Cash		23.00	2645.00
May	28	By Cash	80.00		2725.00
May	29	To Cash		18.00	2707.00
May	30	By Cash	68.00		2775.00
May	31	To Cash		14.00	2761.00
Jun	1	Balance b/d			2761.00
Jun	2	By Cash	95.00		2856.00
Jun	3	To Cash		29.00	2827.00
Jun	4	By Cash	80.00		2907.00
Jun	5	To Cash		22.00	2885.00
Jun	6	By Cash	88.00		2973.00
Jun	7	To Cash		26.00	2947.00
Jun	8	By Cash	76.00		3023.00
Jun	9	To Cash		20.00	3003.00
Jun	10	By Cash	94.00		3097.00
Jun	11	To Cash		24.00	3073.00
Jun	12	By Cash	82.00		3155.00
Jun	13	To Cash		18.00	3137.00
Jun	14	By Cash	100.00		3237.00
Jun	15	To Cash		22.00	3215.00
Jun	16	By Cash	88.00		3303.00
Jun	17	To Cash		26.00	3277.00
Jun	18	By Cash	76.00		3353.00
Jun	19	To Cash		20.00	3333.00
Jun	20	By Cash	64.00		3397.00
Jun	21	To Cash		15.00	3382.00
Jun	22	By Cash	102.00		3484.00
Jun	23	To Cash		21.00	3463.00
Jun	24	By Cash	90.00		3553.00
Jun	25	To Cash		17.00	3536.00
Jun	26	By Cash	108.00		3644.00
Jun	27	To Cash		23.00	3621.00
Jun	28	By Cash	96.00		3717.00
Jun	29	To Cash		18.00	3700.00
Jun	30	By Cash	84.00		3784.00
Jun	31	To Cash		14.00	3770.00
Jul	1	Balance b/d			3770.00
Jul	2	By Cash	110.00		3880.00
Jul	3	To Cash		27.00	3853.00
Jul	4	By Cash	95.00		3948.00
Jul	5	To Cash		21.00	3927.00
Jul	6	By Cash	103.00		4030.00
Jul	7	To Cash		25.00	4005.00
Jul	8	By Cash	91.00		4096.00
Jul	9	To Cash		19.00	4077.00
Jul	10	By Cash	109.00		4186.00
Jul	11	To Cash		23.00	4163.00
Jul	12	By Cash	97.00		4260.00
Jul	13	To Cash		17.00	4243.00
Jul	14	By Cash	115.00		4358.00
Jul	15	To Cash		21.00	4337.00
Jul	16	By Cash	103.00		4440.00
Jul	17	To Cash		25.00	4415.00
Jul	18	By Cash	91.00		4506.00
Jul	19	To Cash		19.00	4487.00
Jul	20	By Cash	64.00		4551.00
Jul	21	To Cash		15.00	4536.00
Jul	22	By Cash	121.00		4657.00
Jul	23	To Cash		21.00	4636.00
Jul	24	By Cash	109.00		4745.00
Jul	25	To Cash		17.00	4728.00
Jul	26	By Cash	127.00		4855.00







C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	C33	C34	C35	C36	C37	C38	C39	C40	C41	C42	C43	C44	C45	C46	C47	C48	C49	C50	C51	C52	C53	C54	C55	C56	C57	C58	C59	C60	C61	C62	C63	C64	C65	C66	C67	C68	C69	C70	C71	C72	C73	C74	C75	C76	C77	C78	C79	C80	C81	C82	C83	C84	C85	C86	C87	C88	C89	C90	C91	C92	C93	C94	C95	C96	C97	C98	C99	C100	C101	C102	C103	C104	C105	C106	C107	C108	C109	C110	C111	C112	C113	C114	C115	C116	C117	C118	C119	C120	C121	C122	C123	C124	C125	C126	C127	C128	C129	C130	C131	C132	C133	C134	C135	C136	C137	C138	C139	C140	C141	C142	C143	C144	C145	C146	C147	C148	C149	C150	C151	C152	C153	C154	C155	C156	C157	C158	C159	C160	C161	C162	C163	C164	C165	C166	C167	C168	C169	C170	C171	C172	C173	C174	C175	C176	C177	C178	C179	C180	C181	C182	C183	C184	C185	C186	C187	C188	C189	C190	C191	C192	C193	C194	C195	C196	C197	C198	C199	C200	C201	C202	C203	C204	C205	C206	C207	C208	C209	C210	C211	C212	C213	C214	C215	C216	C217	C218	C219	C220	C221	C222	C223	C224	C225	C226	C227	C228	C229	C230	C231	C232	C233	C234	C235	C236	C237	C238	C239	C240	C241	C242	C243	C244	C245	C246	C247	C248	C249	C250	C251	C252	C253	C254	C255	C256	C257	C258	C259	C260	C261	C262	C263	C264	C265	C266	C267	C268	C269	C270	C271	C272	C273	C274	C275	C276	C277	C278	C279	C280	C281	C282	C283	C284	C285	C286	C287	C288	C289	C290	C291	C292	C293	C294	C295	C296	C297	C298	C299	C300	C301	C302	C303	C304	C305	C306	C307	C308	C309	C310	C311	C312	C313	C314	C315	C316	C317	C318	C319	C320	C321	C322	C323	C324	C325	C326	C327	C328	C329	C330	C331	C332	C333	C334	C335	C336	C337	C338	C339	C340	C341	C342	C343	C344	C345	C346	C347	C348	C349	C350	C351	C352	C353	C354	C355	C356	C357	C358	C359	C360	C361	C362	C363	C364	C365	C366	C367	C368	C369	C370	C371	C372	C373	C374	C375	C376	C377	C378	C379	C380	C381	C382	C383	C384	C385	C386	C387	C388	C389	C390	C391	C392	C393	C394	C395	C396	C397	C398	C399	C400	C401	C402	C403	C404	C405	C406	C407	C408	C409	C410	C411	C412	C413	C414	C415	C416	C417	C418	C419	C420	C421	C422	C423	C424	C425	C426	C427	C428	C429	C430	C431	C432	C433	C434	C435	C436	C437	C438	C439	C440	C441	C442	C443	C444	C445	C446	C447	C448	C449	C450	C451	C452	C453	C454	C455	C456	C457	C458	C459	C460	C461	C462	C463	C464	C465	C466	C467	C468	C469	C470	C471	C472	C473	C474	C475	C476	C477	C478	C479	C480	C481	C482	C483	C484	C485	C486	C487	C488	C489	C490	C491	C492	C493	C494	C495	C496	C497	C498	C499	C500	C501	C502	C503	C504	C505	C506	C507	C508	C509	C510	C511	C512	C513	C514	C515	C516	C517	C518	C519	C520	C521	C522	C523	C524	C525	C526	C527	C528	C529	C530	C531	C532	C533	C534	C535	C536	C537	C538	C539	C540	C541	C542	C543	C544	C545	C546	C547	C548	C549	C550	C551	C552	C553	C554	C555	C556	C557	C558	C559	C560	C561	C562	C563	C564	C565	C566	C567	C568	C569	C570	C571	C572	C573	C574	C575	C576	C577	C578	C579	C580	C581	C582	C583	C584	C585	C586	C587	C588	C589	C590	C591	C592	C593	C594	C595	C596	C597	C598	C599	C600	C601	C602	C603	C604	C605	C606	C607	C608	C609	C610	C611	C612	C613	C614	C615	C616	C617	C618	C619	C620	C621	C622	C623	C624	C625	C626	C627	C628	C629	C630	C631	C632	C633	C634	C635	C636	C637	C638	C639	C640	C641	C642	C643	C644	C645	C646	C647	C648	C649	C650	C651	C652	C653	C654	C655	C656	C657	C658	C659	C660	C661	C662	C663	C664	C665	C666	C667	C668	C669	C670	C671	C672	C673	C674	C675	C676	C677	C678	C679	C680	C681	C682	C683	C684	C685	C686	C687	C688	C689	C690	C691	C692	C693	C694	C695	C696	C697	C698	C699	C700	C701	C702	C703	C704	C705	C706	C707	C708	C709	C710	C711	C712	C713	C714	C715	C716	C717	C718	C719	C720	C721	C722	C723	C724	C725	C726	C727	C728	C729	C730	C731	C732	C733	C734	C735	C736	C737	C738	C739	C740	C741	C742	C743	C744	C745	C746	C747	C748	C749	C750	C751	C752	C753	C754	C755	C756	C757	C758	C759	C760	C761	C762	C763	C764	C765	C766	C767	C768	C769	C770	C771	C772	C773	C774	C775	C776	C777	C778	C779	C780	C781	C782	C783	C784	C785	C786	C787	C788	C789	C790	C791	C792	C793	C794	C795	C796	C797	C798	C799	C800	C801	C802	C803	C804	C805	C806	C807	C808	C809	C810	C811	C812	C813	C814	C815	C816	C817	C818	C819	C820	C821	C822	C823	C824	C825	C826	C827	C828	C829	C830	C831	C832	C833	C834	C835	C836	C837	C838	C839	C840	C841	C842	C843	C844	C845	C846	C847	C848	C849	C850	C851	C852	C853	C854	C855	C856	C857	C858	C859	C860	C861	C862	C863	C864	C865	C866	C867	C868	C869	C870	C871	C872	C873	C874	C875	C876	C877	C878	C879	C880	C881	C882	C883	C884	C885	C886	C887	C888	C889	C890	C891	C892	C893	C894	C895	C896	C897	C898	C899	C900	C901	C902	C903	C904	C905	C906	C907	C908	C909	C910	C911	C912	C913	C914	C915	C916	C917	C918	C919	C920	C921	C922	C923	C924	C925	C926	C927	C928	C929	C930	C931	C932	C933	C934	C935	C936	C937	C938	C939	C940	C941	C942	C943	C944	C945	C946	C947	C948	C949	C950	C951	C952	C953	C954	C955	C956	C957	C958</
----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	--------

ANTEA

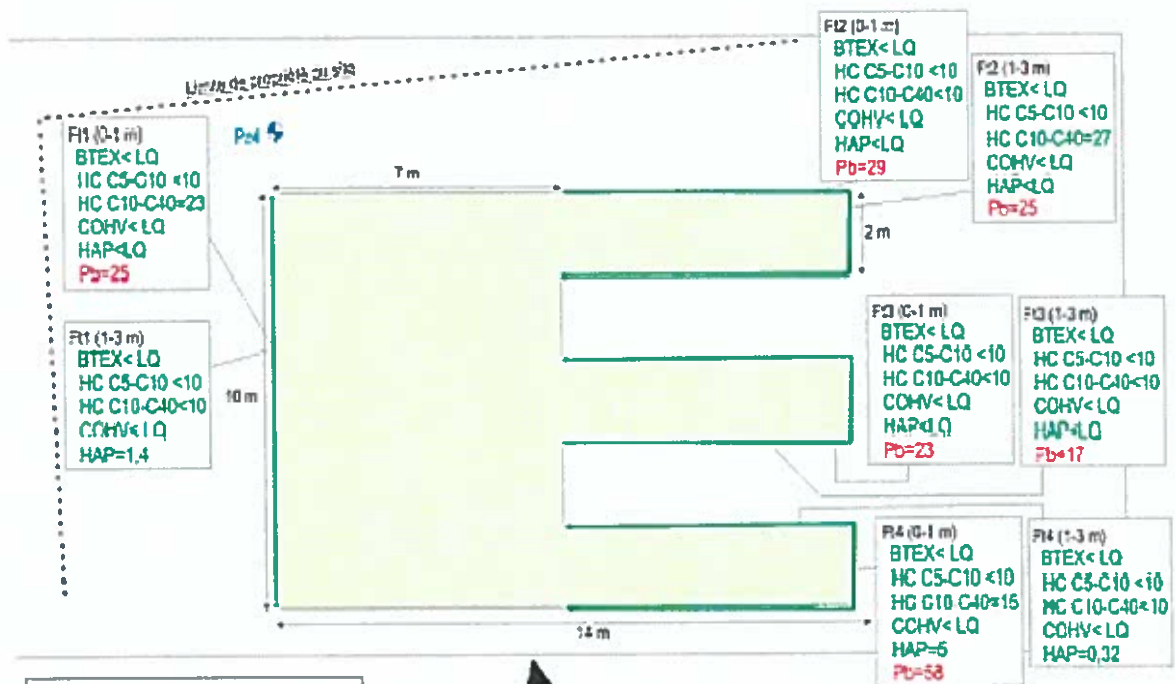
ESSO SAF

*Ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37) – Analyse des Risques Résiduels  
Rapport n°A55422 – Version A*

**Annexe 8 : Localisation des travaux réalisés en 2008 et résultats analytiques des  
fonds et flancs de fouille**

**(3 pages)**

ESSO SAF  
 Ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37) – Analyse des Risques Résiduels  
 Rapport n°A55422 – Version A



**Légende :**

- ⚡ Piézair
- ⚡ Piézomètre nappe superficielle
- ⚡ Piézomètre nappe profonde
- P01 Nom de l'ouvrage
- 100,00 m Côte de l'ouvrage / repère
- Zone à excaver
- Zone à investiguer
- Zone de terrassement
- P01 Nom de l'échantillon ou fruit de fouille

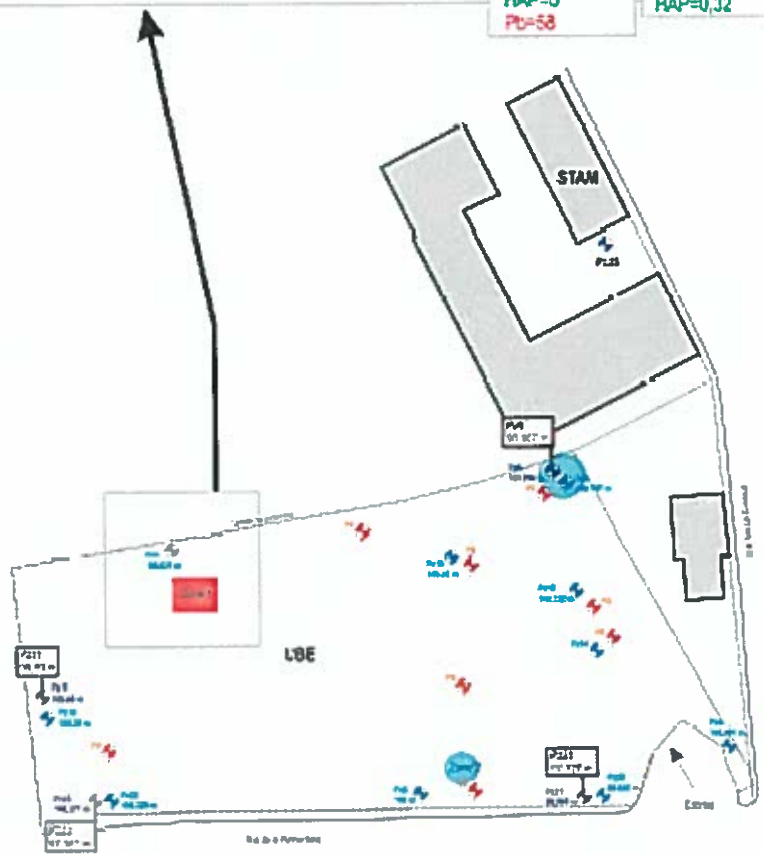
**Résultats :**

Valeur exprimée en mg/kg

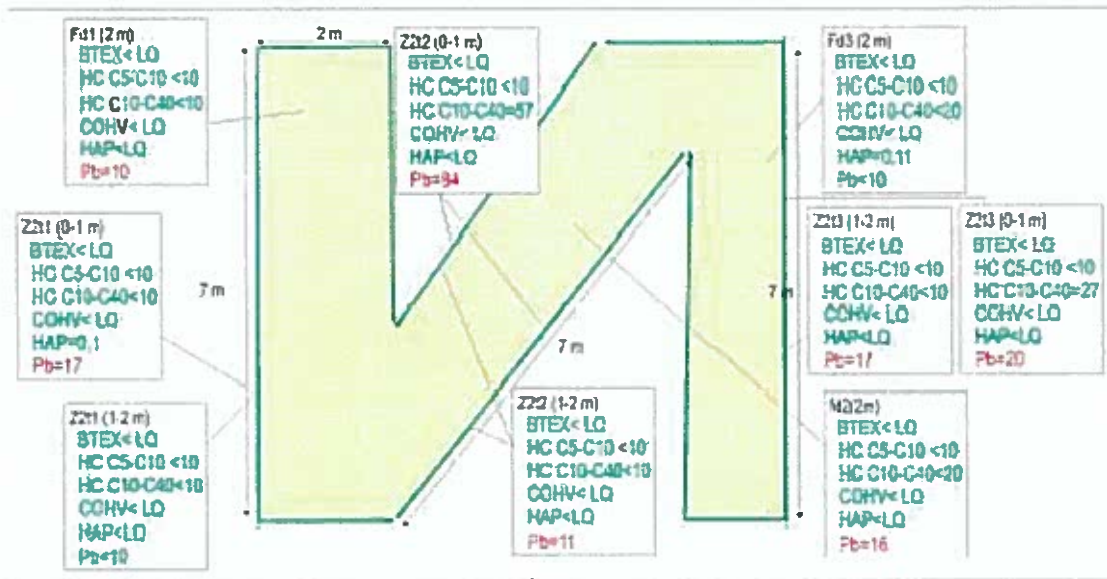
X valeur significative d'une anomalie  
 X valeur non significative d'une anomalie

B : benzène T : toluène  
 E : styrène X : xylènes totaux  
 N : naphtalène HC : hydrocarbures  
 LQ : limite de quantification

(Localisation actualisée en fonction des plans d'état et observations de terrain suite aux investigations)



Zone 1



**Légende :**

- Piquet
- Piézomètre nappe superficielle
- Piézomètre nappe profonde
- FD11** Nom de l'ouvrage
- Z211** Côte de l'ouvrage / repère
- Zone à excaver
- Zone à investiguer
- Zone de terrassement
- Z211** Nom de l'échantillon du bord de boue
- Fd11** Nom de l'échantillon du bord de foule

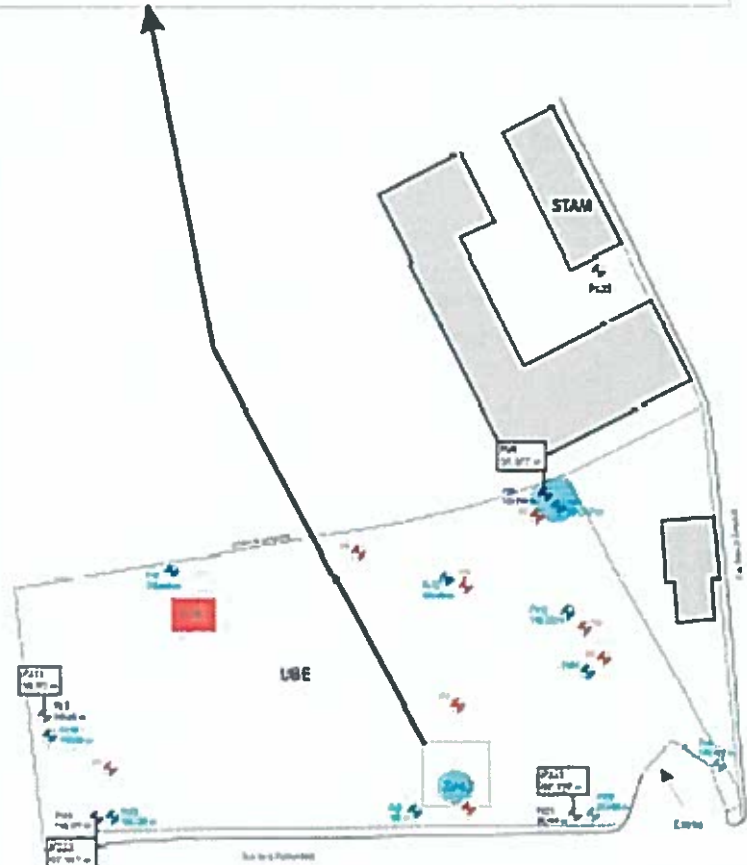
**Résultats :**

Valeur exprimée en mg/kg

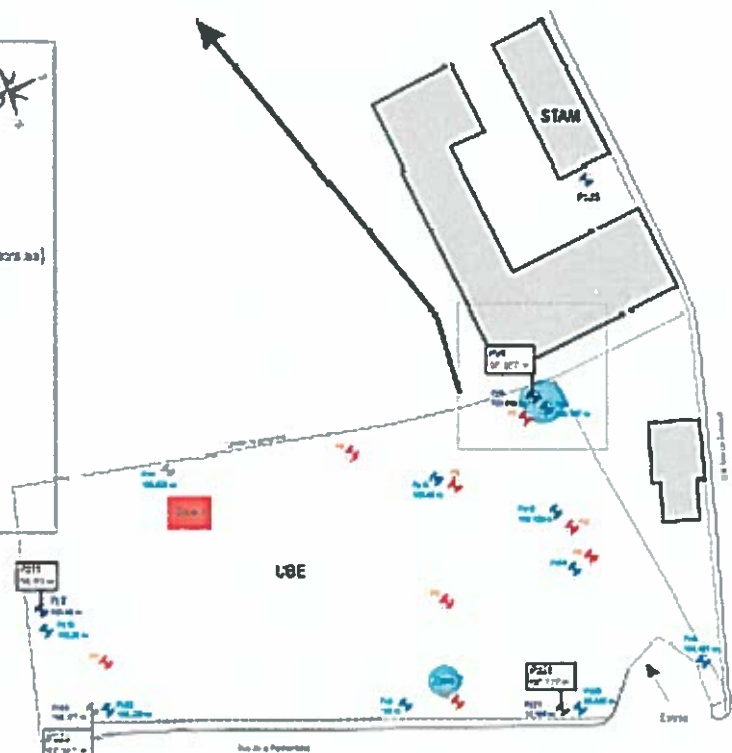
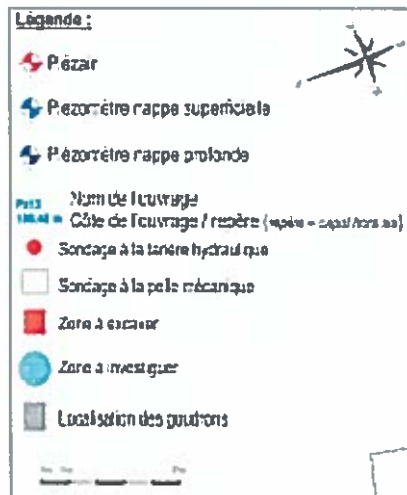
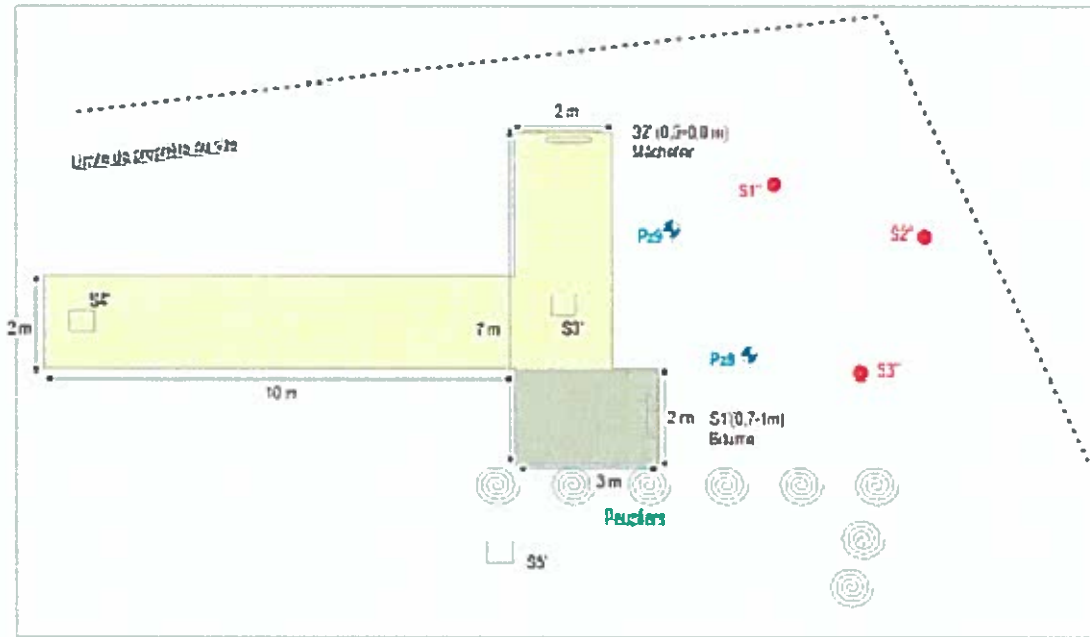
- X valeur significative d'une anomalie
- X valeur non significative d'une anomalie

B : benzène T : toluène  
E : styrène X : xylènes totaux  
N : naphthalène HC : hydrocarbures  
LO : limite de quantification

Localisation des résultats d'après plans d'essai et observations de terrain suite aux creux/galeries



Zone 2



Zone 3

ANTEA

ESSO SAF

*Ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37) – Analyse des Risques Résiduels  
Rapport n°A55422 – Version A*

**Annexe 9 : Tableaux des données toxicologiques et physicochimiques**

**(4 pages)**



Numéro CAS	Dénomination	Coefficient de partition carbone organique (Koc) (l/L)	Constante de Henry (1)	Diffusion dans l'air (cm <sup>2</sup> /s)	Diffusion dans l'eau (cm <sup>2</sup> /s)	Solubilité (mg/l)
83-32-9	Acétylène	4578 (1)	0.00624 (1)	0.0423 (1)	7.69E-06 (1)	3.7 (1)
208-96-8	Acétylène	2770 (6)	0.0039 (6)	0.04 (6)	7.53E-06 (6)	16.1 (2)
Aliph-11-12	Aliphatique C-10-C12	251188.6 (6)	120 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	0.034 (6)
Aliph-13-16	Aliphatique C-12-C16	5011873 (6)	520 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	0.0007 (6)
Aliph-7-8	Aliphatique C-6-C8	3981.072 (6)	50 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	5.4 (6)
Aliph-9-10	Aliphatique C-8-C10	31622.28 (6)	80 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	0.43 (6)
Aliph-5-6	Aliphatique C-4-C6	794.3282 (6)	31 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	36 (6)
120-12-7	Aromatique	25700 (1)	0.00114 (1)	0.0428 (1)	6.71E-06 (1)	1.29 (1)
Aroma-10-12	Aromatiques-10-12	2511 (6)	0.14 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	25 (6)
Aroma-12-16	Aromatiques-12-16	5012 (6)	0.053 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	5.8 (6)
Aroma-8-10	Aromatiques-8-10	1585 (6)	0.48 (6)	0.1 (6)	0.00001 (6)	65 (6)
71-43-2	Benzène	60 (1)	0.142 (5)	0.088 (1)	0.0000098 (1)	1830 (1)
205-99-2	Benzo (b)fluoranthène	83000 (6)	0.0063 (1)	0.0333 (1)	5.13E-06 (1)	0.012 (1)
191-24-2	Benzo (a)pyrène	311000 (6)	0.000303 (6)	0.049 (6)	5.56E-06 (6)	0.00026 (2)
207-08-9	Fluoranthène	121000 (6)	0.000165 (1)	0.0226 (6)	5.56E-06 (6)	0.0008 (6)
56-55-3	Benzo(a)anthracène	107000 (6)	0.000234 (6)	0.051 (6)	0.000009 (6)	0.0094 (2)
50-32-8	Benzofluoranthène	500000 (1)	0.0000164 (1)	0.045 (3)	0.0000069 (1)	0.003 (1)
67-66-3	Chloroborne (trichlorométhane)	60 (1)	0.074 (5)	0.104 (1)	0.00001 (1)	8200 (1)
75-01-4	Chlore de vinyle	8 (1)	0.655 (5)	0.106 (1)	0.0000012 (1)	1600 (1)
218-01-9	(Chloroéthène) Chlore	133000 (1)	0.00004 (1)	0.0248 (1)	6.21E-06 (1)	0.002 (1)
53-70-3	Dibenz(a,h)anthracène	140000 (1)	1.94E-06 (1)	0.031 (1)	0.0000048 (1)	0.0005 (1)
75-35-4	Dichloroéthène, cis-1,2	65 (1)	0.6627 (5)	0.087 (1)	0.0000099 (1)	2200 (1)
156-59-2	Dichloroéthène, cis-1,2	1250 (1)	0.1162 (5)	0.0736 (1)	0.0000113 (1)	800 (1)
156-60-5	Dichloroéthène, 1,2-trans	38 (1)	0.2539 (5)	0.0707 (1)	0.0000119 (1)	600 (1)
75-09-2	Dichlorométhane (Chlore de méthyle)	19.1 (1)	0.0602 (5)	0.102 (1)	0.0000064 (1)	1600 (1)
100-41-4	Ethylbenzène	241.9 (1)	0.1403 (5)	0.075 (1)	0.0000078 (1)	155 (1)
206-43-0	Fluoranthène	72000 (1)	0.00034 (1)	0.039 (1)	0.0000058 (1)	0.26 (1)
86-73-7	Fluorène	7707 (1)	0.00391 (1)	0.0456 (1)	6.79E-06 (1)	1.98 (1)
193-19-5	Indeno(1,2,3-c,d)pyrène	630000 (1)	0.0000123 (1)	0.031 (1)	0.0000051 (1)	0.062 (1)
91-70-3	Naphthalène	1250 (1)	0.0208 (1)	0.054 (1)	0.0000072 (1)	31.8 (1)
85-01-8	Phénanthrène	2291 (1)	0.00123 (1)	0.054 (1)	0.0000067 (1)	1.2 (1)
129-00-0	Pyrene	67992 (1)	0.000371 (6)	0.027 (1)	7.24E-06 (1)	0.13 (1)
127-18-4	Tétrachloroéthène	247 (1)	0.3641 (5)	0.072 (1)	0.0000082 (1)	150 (1)
108-88-3	Toluène	100 (1)	0.16397 (5)	0.087 (1)	0.0000086 (1)	535 (1)
79-01-6	Trichloroéthène	111 (1)	0.2315 (5)	0.079 (1)	0.0000091 (1)	1070 (1)
1130-20-7	Xylène (mélure d'isomères)	240 (6)	0.29 (9)	0.0722 (6)	8.87E-06 (6)	175 (1)

numéro de la référence	origine
1	Fiches de données toxicologiques de INERIS
2	Base de données MSDS
5	Sol Vapor Extraction Technology de T. A. Pedersen et J. J. Curtis (1991), (constante de Henry à 10°C)
6	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
8	Base de données CALTOX
9	Base de données du logiciel BP Resc

Numéro CAS	Dénomination	Paramètre	Valeur adultes	Valeur Enfants	Organe cible	Année	Commentaire	Transposition	Nom source d'info	Val. Def	Classification US-EPA	Classification IARC	Valeur retenue
83-32-9	Acénaphthène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0011	0.0011		2003	selon OEHHA	non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	VRAI			oui
208-96-8	Acénaphthylène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0011	0.0011		2003		non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	VRAI	D		oui
120-12-7	Anthracène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.011	0.011		2003		non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	VRAI	D	3	oui
71-43-2	Benzène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0078	0.0078		2000		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: <a href="http://www.epa.gov/iris/index.html">http://www.epa.gov/iris/index.html</a>	VRAI	A	1	oui
205-99-2	Benzo (b)Fluoranthène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.11	0.11		2003	selon OEHHA	non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	VRAI	B2	2B	oui
191-24-2	Benzo (g,h,i)Pérylène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.011	0.011		2003	selon OEHHA	non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	VRAI	D	3	oui
207-08-9	Benzo (k) Fluoranthène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.11	0.11		2003	selon OEHHA	non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	VRAI	B2	2B	oui
56-55-3	Benzo(a)Anthracène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.11	0.11		2003	selon OEHHA	non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	VRAI	B2	2A	oui
50-32-8	Benzo(a)Pyrène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	1.1	1.1		2003	selon OEHHA	non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	VRAI	B2	2A	oui
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.023	0.023		2001		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: <a href="http://www.epa.gov/iris/index.html">http://www.epa.gov/iris/index.html</a>	VRAI	B2	2B	oui
75-01-4	Chlorure de vinyle (Chloroéthène)	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0044	0.0044		2000	Exposition cumulée depuis la naissance	non	Base de données IRIS de l'US-EPA: <a href="http://www.epa.gov/iris/index.html">http://www.epa.gov/iris/index.html</a>	VRAI	A	1	oui
218-01-9	Chrysiène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.011	0.011		2003	selon OEHHA	non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	VRAI	B2	3	oui
53-70-3	Dibenzo(a,h) Anthracène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	1.1	1.1		2003	selon OEHHA	non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	VRAI	B2	2A	oui
75-35-4	Dichloroéthène, 1,1	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)				2002		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: <a href="http://www.epa.gov/iris/index.html">http://www.epa.gov/iris/index.html</a>	VRAI	C	3	oui
75-09-2	Dichlorométhane (Chlorure de méthylène)	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.00047	0.00047		1995		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: <a href="http://www.epa.gov/iris/index.html">http://www.epa.gov/iris/index.html</a>	VRAI	B2	2B	oui
100-41-4	Ethylbenzène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0025	0.0025		2008		non	OEHHA	VRAI	D	2B	oui
206-44-0	Fluoranthène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0011	0.0011		2003	selon OEHHA	non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	VRAI	D	3	oui
86-73-7	Fluorène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0011	0.0011		2003		non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	VRAI	D	3	oui
193-39-5	Indeno(1,2,3-c,d)Pyrène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.11	0.11		2003	selon OEHHA	non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	VRAI	B2	2B	oui
91-20-3	Naphthalène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0011	0.0011		2003	selon OEHHA	non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	VRAI	C	2B	oui
85-01-8	Phénanthrène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0011	0.0011		2003		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: <a href="http://www.epa.gov/iris/index.html">http://www.epa.gov/iris/index.html</a>	VRAI	D	3	oui
129-00-0	Pyrène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0011	0.0011		2003		non	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS	VRAI	D	3	oui
127-18-4	Tétrachloroéthène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.0059	0.0059		2004		non	OEHHA	VRAI	B2	2A	oui
79-01-6	Trichloroéthène	ERU Inhalation ((mg/m3)-1)	0.00043	0.00043		1999		non	Organisation Mondiale de la Santé (OMS)	VRAI		2A	oui

Numéro CAS	Dénomination	Paramètre	Valeur adultes	Valeur enfants	Facteur d'incertitude	Organe cible	Année	Commentaire	Transposition	Nom source d'Info	Valeur par défaut	Valeur retenue
208-96-8	Acénaphthylène	DJT Inhalation (mg/m3)							non	Valeur définie par l'utilisateur	VRAI	oui
Aliph-11-12	Aliphatique C>10-C12	DJT Inhalation (mg/m3)	1	1		Modifications hépatiques et hématologiqu es	1999		non	RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM); National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands).	VRAI	oui
Aliph-13-16	Aliphatique C>12-C16	DJT Inhalation (mg/m3)	1	1		Modifications hépatiques et hématologiqu es	1999		non	RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM); National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands).	VRAI	oui
Aliph-7-8	Aliphatique C>6 C8	DJT Inhalation (mg/m3)	18.4	18.4		Neurotoxicité	1999		non	RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM); National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands).	VRAI	oui
Aliph-9-10	Aliphatique C>8 C10	DJT Inhalation (mg/m3)	1	1		Modifications hépatiques et hématologiqu es	1999		non	RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM); National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands).	VRAI	oui
Aliph-5-6	Aliphatique C5- C6	DJT Inhalation (mg/m3)	18.4	18.4		Neurotoxicité	1999		non	RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM); National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands).	VRAI	oui
120-12-7	Anthracène	DJT Inhalation (mg/m3)							non	Valeur définie par l'utilisateur	VRAI	oui
Aroma>10-12	Aromatiques>1 0-12	DJT Inhalation (mg/m3)	0.2	0.2		Diminution pondérale	1999		non	RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM); National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands).	VRAI	oui
Aroma>12-16	Aromatiques>1 2-16	DJT Inhalation (mg/m3)	0.2	0.2		Diminution pondérale	1999		non	RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM); National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands).	VRAI	oui
Aroma>8-10	Aromatiques>8 10	DJT Inhalation (mg/m3)	0.2	0.2		Diminution pondérale	1999		non	RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM); National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands).	VRAI	oui
71-43-2	Benzène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.03	0.03	300	Lymphopénie (homme)	2003		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: <a href="http://www.epa.gov/iris/index.html">http://www.epa.gov/iris/index.html</a>	VRAI	oui
191-24-2	Benzo (g,h,i)Pérylène	DJT Inhalation (mg/m3)							non	Valeur définie par l'utilisateur	VRAI	oui
67-66-3	Chloroforme [Trichlorométhane]	DJT Inhalation (mg/m3)	0.0976	0.0976	100	Hépatotoxicité (homme)	1997		non	ATSDR	VRAI	oui
67-66-3	Chloroforme [Trichlorométhane]	DJT Inhalation (mg/m3)	9.8	9.8		Hépatotoxicité (chien)	1999		non	Health Canada	FAUX	oui
75-01-4	Chlorure de vinyle [Chloroéthène]	DJT Inhalation (mg/m3)	0.1	0.1	30	Hépatotoxicité (rat)	2000		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: <a href="http://www.epa.gov/iris/index.html">http://www.epa.gov/iris/index.html</a>	VRAI	oui
75-35-4	Dichloroéthène, 1,1	DJT Inhalation (mg/m3)	0.2	0.2	30	Hépatotoxicité (rat)	2002		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: <a href="http://www.epa.gov/iris/index.html">http://www.epa.gov/iris/index.html</a>	VRAI	oui

156-59-2	Dichloroéthène, cis-1,2-	DJT Inhalation (mg/m3)	0.03	0.03	5000		1999	non	RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM; National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands).	VRAI	oui	
156-60-5	Dichloroéthène, 1,2-trans-	DJT Inhalation (mg/m3)	0.06	0.06	3000	Hépatotoxicité, toxicité pulmonaire (rat)	1999	provisoire	non	RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM; National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands).	VRAI	oui
75-09-2	Dichlorométhane (Chlorure de méthylène)	DJT Inhalation (mg/m3)	1.05	1.05	30	Hépatotoxicité (rat)	2000		non	ATSDR	VRAI	oui
100-41-4	Ethylbenzène	DJT Inhalation (mg/m3)	1	1	300	Atteintes du développement (rat, lapin)	1991		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: <a href="http://www.epa.gov/iris/index.html">http://www.epa.gov/iris/index.html</a>	VRAI	oui
206-44-0	Fluoranthène	DJT Inhalation (mg/m3)							non	Valeur définie par l'utilisateur	VRAI	oui
86-73-7	Fluorène	DJT Inhalation (mg/m3)							non	Valeur définie par l'utilisateur	VRAI	oui
91-20-3	Naphthalène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.003	0.003	3000	Toxicité appareil respiratoire supérieur (souris)	1998		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: <a href="http://www.epa.gov/iris/index.html">http://www.epa.gov/iris/index.html</a>	VRAI	oui
85-01-8	Phénanthrène	DJT Inhalation (mg/m3)							non	Valeur définie par l'utilisateur	VRAI	oui
129-00-0	Pyrene	DJT Inhalation (mg/m3)							non	Valeur définie par l'utilisateur	VRAI	oui
127-18-4	Tétrachloroéthène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.27	0.27	100	Neurotoxicité (homme)	1997		non	ATSDR	VRAI	oui
108-88-3	Toluène	DJT Inhalation (mg/m3)	5	5	10	Neurotoxicité (homme)	2005		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: <a href="http://www.epa.gov/iris/index.html">http://www.epa.gov/iris/index.html</a>	VRAI	oui
79-01-6	Trichloroéthène	DJT Inhalation (mg/m3)	0.2	0.2	1000	Hépatotoxicité, néphrotoxicité, neurotox centrale	1999	provisoire	non	RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM; National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands).	VRAI	oui
1330-20-7	Xylène (mixture d'isomères)	DJT Inhalation (mg/m3)	0.1	0.1	300	Perte de la coordination motrice (rat)	2003		non	Base de données IRIS de l'US-EPA: <a href="http://www.epa.gov/iris/index.html">http://www.epa.gov/iris/index.html</a>	VRAI	oui

DJT

ANTEA

ESSO SAF

*Ancienne usine à bitumes et émulsions de TOURS LA RICHE (37) – Analyse des Risques Résiduels  
Rapport n°A55422 – Version A*

**Annexe 10 : Equations du transfert de pollution entre le sol et l'air confiné d'un  
bâtiment sans sous-sol**

**(5 pages)**

**SCENARIO INHALATION DE VAPEURS EN INTERIEUR SANS SOUS SOL**

Les formules exposées ici sont essentiellement tirées de : « User's guide for the **Johnson and Ettinger** (1991/2003) model for subsurface vapor intrusion into buildings », préparé par Environmental Quality Management, Inc., pour E.H. Pechan & Associates, Inc. (U.S. Environmental Protection Agency), septembre 1997. Elles proviennent principalement du chapitre 2-5 : « The infinite source solution to convective and diffusive transport ».

➤ Le transport de pollution de l'air du sol vers l'air confiné dans un bâtiment est donné par la formule suivante :

$$C_{\text{air confiné}} = \alpha \cdot C_{\text{air sol}}$$

où :  $C_{\text{air confiné}}$  est la concentration dans l'air des bâtiments, pour la substance considérée (mg/m<sup>3</sup>) ; c'est la **concentration au point d'exposition C\_PE** :  $C_{\text{air confiné}} = C_{\text{PE}}$   
 $C_{\text{air sol}}$  est la concentration dans l'air du sol, pour la substance considérée (mg/m<sup>3</sup>) ;  
 $\alpha$  est le coefficient d'atténuation (sans dimension).

Sous l'hypothèse que le transport de masse est permanent (source infinie, transport convectif et diffusif), Johnson et Ettinger (1991/2003) donnent la formule suivante pour le coefficient d'atténuation  $\alpha$  :

$$\alpha = \frac{\left( \frac{Deff_{\text{sol}} \times A_b}{Q_{\text{bat}} \times L_s} \right) \cdot \exp\left( \frac{Q_{\text{sol}} \times ep_{\text{F}}}{Deff_{\text{sol}} \times A_{\text{crack}}} \right)}{\exp\left( \frac{Q_{\text{sol}} \times ep_{\text{F}}}{Deff_{\text{sol}} \times A_{\text{crack}}} \right) + \left( \frac{Deff_{\text{sol}} \times A_b}{Q_{\text{bat}} \times L_s} \right) + \left( \frac{Deff_{\text{sol}} \times A_b}{Q_{\text{sol}} \times L_s} \right) \cdot \left[ \exp\left( \frac{Q_{\text{sol}} \times ep_{\text{F}}}{Deff_{\text{sol}} \times A_{\text{crack}}} \right) - 1 \right]}$$

*[Equation 13 du User's guide Johnson & Ettinger]*

où :  $Deff_{\text{sol}}$  est le coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m<sup>2</sup>/s) (calcul présenté ci-après) ;  
 $A_b$  est la surface de l'espace fermé (m<sup>2</sup>) (calcul présenté ci-après) ;

$Q_{bat}$  est le taux de ventilation du bâtiment ( $m^3/s$ ) (calcul présenté ci-après) ;

$L_s$  est la profondeur qui sépare le bâtiment de la source (m) ;

$Q_{sol}$  est le flux de gaz du sol pénétrant dans le bâtiment ( $m^3/s$ ) (calcul présenté ci-après) ;

$ep\_F$  est l'épaisseur des fondations (m) ;

$A_{crack}$  est la surface des fissures totales ( $m^2$ ) (calcul présenté ci-après) ;

$Deff\_F$  est le coefficient de diffusion effectif à travers les fissures ( $m^2/s$ ) (supposé être équivalent au coefficient effectif de la couche du sol en contact avec le bâtiment) (calcul présenté ci-après).

Les étapes intermédiaires de calcul, nécessaires à la mise en œuvre de cette formule, sont détaillées ci-dessous :

Les expressions pour les deux termes  $Q_{bat}$  et  $Q_{sol}$  sont les suivantes :

$$Q_{bat} = long\_b \times larg\_b \times haut\_b \times tra\_b$$

[Equation 14 du User's guide Johnson & Ettinger]

$$Q_{sol} = \frac{2 \times \pi \times delta\_P \times k_v \times X\_F}{\mu \times \ln\left(\frac{2 \times prof\_F}{r_{crack}}\right)}$$

[Equation 15 du User's guide Johnson & Ettinger]

où :  $long\_b$ ,  $larg\_b$  et  $haut\_b$  sont respectivement les longueur, largeur et hauteur du bâtiment (m) ;

$tra\_b$  est le taux de renouvellement de l'air dans le bâtiment ( $s^{-1}$ ) ;

$delta\_P$  est le gradient de pression entre la surface du sol et l'espace clos ( $g/cm-s^2$ ) ;

$k_v$  est la perméabilité du sol au flux de vapeur, spécifique du sol ( $m^2$ ) ;

$X\_F$  est le périmètre de jonction sol-mur, c'est-à-dire le périmètre intérieur du bâtiment (m) ;

$\mu$  est la viscosité de l'air ( $g/cm-s$ ) ;

$prof\_F$  est la profondeur des fissures sous le rez-de-chaussée (m) ;

$r_{crack}$  est le rayon équivalent des fissures (m).

Avec :

$$A_b = \text{long}_b \times \text{larg}_b$$

$$X_F = 2 \times (\text{arg}_b + \text{long}_b)$$

$$A_{crack} = r_{crack} \times X_F$$

[Equation 16 du User's guide Johnson & Ettinger]

Ceci permet de définir  $\eta$  :

$\eta$  est la fraction de surface occupée par les fissures dans le dallage (sans dimension).

➤ Notons que nous avons retenu, pour la mise en œuvre du modèle, une seule couche de sol.

$$Deff_{sol} = D_{air} \cdot \frac{\theta_{a,s}^{3,33}}{(\theta_{a,s} + \theta_{e,s})^2} + \frac{D_{eau}}{H} \cdot \frac{\theta_{e,s}^{3,33}}{(\theta_{a,s} + \theta_{e,s})^2}$$

[ 1<sup>ère</sup> équation A13 du Tier 2 de RBCA ou Equation 11 du User's Guide Johnson & Ettinger]

$$Deff_F = D_{air} \cdot \frac{\theta_{a,F}^{3,33}}{(\theta_{a,F} + \theta_{e,F})^2} + \frac{D_{eau}}{H} \times \frac{\theta_{e,F}^{3,33}}{(\theta_{a,F} + \theta_{e,F})^2}$$

[ 4<sup>ème</sup> équation A13 du Tier 2 de RBCA ou Equation 6 du User's Guide Johnson & Ettinger ]

où :  $Deff_{sol}$  est le coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m<sup>2</sup>/s) ;  
 $Deff_F$  est le coefficient de diffusion effectif à travers les fissures (m<sup>2</sup>/s) ;

$D_{air}$  est la diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m<sup>2</sup>/s) ;

$\theta_{a,s}$  est la teneur en air de la couche de sol (sans dimension) ;

$\theta_{e,s}$  est la teneur en eau de la couche de sol (sans dimension) ;

$\theta_{a,F}$  est la teneur en air des fissures (sans dimension) ;

$\theta_{e,F}$  est la teneur en eau des fissures (sans dimension) ;

$D_{eau}$  est la diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m<sup>2</sup>/s) ;



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

➤ Enfin, la concentration dans l'air du sol est estimée par la formule suivante :

**Pour le sol :**

$$C_{air\ sol} = Min \left[ \frac{H \times d_{sol} \times 1000}{\theta_{e,s} + K_{oc} \times foc \times d_{sol} + H \times \theta_{a,s}} \cdot C_{sol}; H \times S \times 1000 \right]$$

*[1<sup>ère</sup> partie de l'équation CM-3a de RBCA]*

où :  $C_{air\ sol}$  est la concentration dans l'air du sol (en  $mg/m^3$ ) ;

$C_{sol}$  est la concentration dans le sol (en  $mg/kg$ ) ;

S est la solubilité (en  $mg/l$ ) ;

$d_{sol}$  est la densité du sol (en  $g/cm^3$ ) ;

$K_{oc}$  est le coefficient de partage du carbone organique, spécifique du sol ( $cm^3/g$ ) ;

foc est la fraction de carbone organique dans le sol (sans dimension) ;

H est la constante de Henry (sans dimension).

N.B. : Le terme  $H \times S \times 1000$  correspond à la saturation de l'air du sol, pour la substance considérée (1000 étant un coefficient servant à harmoniser les unités).

**Pour la nappe :**

$$C_{air\ sol} = H \times C_{nappe} \times 1000$$

*[Equation 15 du User's guide Johnson & Ettinger]*

où :  $C_{air\ sol}$  est la concentration dans l'air du sol ( $mg/m^3$ ) ;

$C_{nappe}$  est la concentration dans la nappe ( $mg/l$ ) ;

H est la constante de Henry (sans dimension).

- La dose d'exposition se calcule alors de la manière suivante :

$$DJE = \frac{C_{PE} \times FE \times DE}{Tm}$$

- où : DJE est la dose journalière d'exposition (mg/m<sup>3</sup>) ;  
C<sub>PE</sub> est la concentration au point d'exposition (mg/m<sup>3</sup>) ;  
FE est la fréquence d'exposition (jours/an) ;  
DE est la durée d'exposition (années) ;  
Tm est le temps moyenné (jours) :  
Tm = DE \*365 pour les substances à seuil,  
Tm = 70\*365 pour les substances sans seuil.