



**inovadia**

études & conseil en environnement

## SAS COMBUSTIBLES DE L'OUEST

**Ancien dépôt pétrolier**

**36 rue Charles Gide**

**ALENÇON (61)**

***Investigations complémentaires - Analyse des Risques  
Résiduels (ARR)***

***Septembre - Octobre 2009***



Référence	Rédaction	Visa	Vérification	Visa	Approbation	Visa	Date
C/06-107-1	A. LEVILLAIN		S. TALLUR		V. LACOUR		23/04/10



# SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>4</b>
<b>2. RAPPEL DES INVESTIGATIONS ANTÉRIEURES</b>	<b>4</b>
<b>3. DESCRIPTION DU SITE</b>	<b>6</b>
<b>4. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL</b>	<b>7</b>
4.1 Contexte géographique	7
4.2 Contexte géologique	8
4.3 Contexte hydrogéologique	8
4.4 Contexte hydrographique	10
4.5 Zones naturelles remarquables	10
<b>5. INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES RÉALISÉES</b>	<b>11</b>
5.1 Méthodologie	11
5.2 Résultats et interprétation	15
<b>6. SCHÉMA CONCEPTUEL</b>	<b>24</b>
6.1 Substances dangereuses	24
6.2 Vecteurs	25
6.3 Analyse des enjeux	25
6.4 Mesures simples de gestion	26
6.5 Schéma conceptuel	26
<b>7. ANALYSE DES RISQUES RÉSIDUELS</b>	<b>28</b>
7.1 Principes et objectifs	28
7.2 Identification des dangers et évaluation du rapport dose-réponse	29
7.3 Évaluation de l'exposition	31
7.4 Caractérisation des risques pour la santé	37
7.5 Hypothèses et évaluation des incertitudes	41
<b>8. CONCLUSION</b>	<b>43</b>

# ANNEXES

<b>ANNEXE 1</b>	<b>45</b>
Figure 1 : Situation géographique détaillée	
Figure 2 : Situation géologique au 1/50000	
Figure 3 : Implantation des sondages et piézairs	
<b>ANNEXE 2</b>	<b>49</b>
Reportage photographique	
<b>ANNEXE 3</b>	<b>52</b>
Coupes des sondages et piézairs	
<b>ANNEXE 4</b>	<b>56</b>
Fiche de prélèvement des eaux souterraines	
<b>ANNEXE 5</b>	<b>58</b>
Figure 4 : Teneurs en hydrocarbures C5 à C40 et en BTEX dans les sols	
Figure 5 : Esquisse piézométrique et teneurs en hydrocarbures C5 à C40, BTEX, HAP, MTBE, ETBE dans les eaux souterraines	
<b>ANNEXE 6</b>	<b>61</b>
Comportement des polluants dans l'environnement et paramètres physico-chimiques	
<b>ANNEXE 7</b>	<b>66</b>
Identification des dangers liés aux polluants	
<b>ANNEXE 8</b>	<b>73</b>
Paramètres utilisés pour la modélisation des transferts et de l'exposition	
<b>ANNEXE 9</b>	<b>76</b>
Rapports d'essais du laboratoire SGS	

## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre de la cessation d'activité du dépôt pétrolier localisé 36 rue Charles Gide à Alençon (61), et afin de répondre à la demande de la DRIRE de l'Orne (courrier ref D.P.2008.531), la SAS COMBUSTIBLES DE L'OUEST a mandaté INOVADIA afin de réaliser des investigations complémentaires et une Analyse des Risques Résiduels (ARR) permettant de valider la compatibilité de la qualité des milieux sur site avec leurs usages envisagés.

Les investigations complémentaires réalisées les 23, 24 et 30/09/2009 et le 01/10/2009 ont consisté en la réalisation de 11 sondages de sols dont 3 équipés en piézaires, pour le prélèvement et l'analyse en laboratoire accrédité d'échantillons de sols et d'air du sol. Une campagne de prélèvement des eaux souterraines a également été réalisée dans les 3 piézomètres accessibles au droit du site.

Les prélèvements réalisés ont permis de déterminer l'extension des sources de pollution attribuables au site et mises en évidence lors des investigations et travaux précédents, de comprendre les mécanismes de transfert des polluants dans les différents milieux d'exposition, qu'ils soient atteints (impact déjà constaté) ou susceptibles de l'être (impact potentiel) et de collecter l'ensemble des informations nécessaires à la réalisation de l'ARR.

Cette étude, réalisée conformément à la circulaire du 08 février 2007 relative aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués et aux outils méthodologiques associés, présente les résultats obtenus et conclut sur la compatibilité entre la qualité des milieux et l'usage actuel ou envisagé du site.

## 2. RAPPEL DES INVESTIGATIONS ANTÉRIEURES

Cette étude fait suite aux études et investigations suivantes :

- *Diagnostic environnemental en août 2003 (voir rapport INOVADIA C/03-22 du 03/03/04),*
- *Caractérisation des eaux souterraines - Campagne d'octobre 2005 (voir rapport INOVADIA C/03-22-2 du 17/01/06),*
- *Travaux de démantèlement et de dépollution - novembre, décembre 2006 et avril 2007 (voir rapport INOVADIA C/06-107 du 16/07/07).*

### RAPPEL

*Le diagnostic, effectué en août 2003, a consisté en la mise en œuvre de vingt-huit sondages de reconnaissance des sols (S1 à S28) à proximité des installations actuelles et passées associées au stockage, au chargement et à la distribution de carburants. Trois piézomètres ont également été mis en place afin de caractériser les eaux souterraines présentes au droit du site. Les résultats des investigations et des analyses effectuées au laboratoire agréé ont permis de mettre en évidence :*

➤  *dans les sols :*

- *une concentration en hydrocarbures totaux supérieure à la VCI définie pour un usage sensible entre 0,0 et 0,5 m de profondeur sur le sondage S7 localisé à proximité du bac de 1529 m<sup>3</sup> (bac N),*
- *des teneurs en hydrocarbures totaux supérieures à la VDSS entre 0,0 et 0,5 m de profondeur sur le sondage S17 localisé au Sud du poste de chargement et entre 4,0 et 5,0 m de profondeur sur le sondage S25 implanté en bordure Sud-Ouest du site le long de la voie ferrée.*

➤ dans les eaux souterraines :

- en septembre 2003 : un sens d'écoulement du Nors-Est vers les Sud-Ouest positionnant Pz3 en aval hydraulique et un impact des hydrocarbures totaux sur les eaux souterraines supérieur à la VCI définie pour un usage non sensible des eaux sur les piézomètres Pz1 et Pz2 et une concentration inférieure cette valeur guide sur le Pz3 localisé en aval hydraulique du dépôt pétrolier,
- en février 2004 :
  - un sens local d'écoulement des eaux souterraines de l'Est-Nord-Est vers l'Ouest-Sud-Ouest cohérent avec celui observé en septembre 2003,
  - une diminution significative des concentrations en hydrocarbures totaux pour atteindre des teneurs inférieures à la VCI non sensible sur les trois piézomètres Pz1 à Pz3,
  - l'absence d'hydrocarbures aromatiques (BTEX) sur les trois ouvrages de contrôle (concentrations inférieures aux seuils de détection analytiques),
  - des concentrations en Composés Organo Halogénés Volatils (COHV) supérieures aux VCI définies pour un usage non sensible des eaux en Pz1 (trichloroéthylène et cis 1,2 dichloroéthylène) et en Pz2 (tetrachloroéthylène et cis 1,2 dichloroéthylène). L'origine de cette pollution n'a pas pu être déterminée lors de ce diagnostic mais n'est vraisemblablement pas attribuable au site de l'ancien dépôt pétrolier.

Les zones des sondages S7 et S17 ont été dépolluées lors des travaux de dépollution de novembre, décembre 2006 et avril 2007.

Les prélèvements et analyses réalisés lors de la campagne de caractérisation des eaux souterraines d'octobre 2005 dans les piézomètres complémentaires Pz4 à Pz6 mis en place et dans les ouvrages Pz1 à Pz3 existants ont permis de mettre en évidence :

#### RAPPEL

- un sens local d'écoulement des eaux souterraines du Nord-Ouest vers le Sud-Est en partie Nord du site et du Nord-Nord-Ouest vers le Sud-Sud-Est en partie Sud (piézomètres Pz1, Pz4 et Pz6 en amont hydraulique et Pz2, Pz3 et Pz5 en aval hydraulique du site),
- des concentrations en hydrocarbures C10-C40 et en hydrocarbures aromatiques (BTEX) majoritairement inférieures aux limites de quantification et toutes inférieures aux valeurs définies pour un usage non sensible des eaux sur les six ouvrages de contrôle Pz1 à Pz6, permettant de confirmer la diminution significative des concentrations en hydrocarbures totaux observées en février 2004,
- des teneurs supérieures aux VCI définies pour un usage non sensible en trichloroéthylène, cis 1,2-dichloroéthylène et chlorure de vinyle en Pz1, Pz2 ainsi qu'en chlorure de vinyle en Pz4 et Pz5 implantés au droit du site de l'ancien dépôt pétrolier,
- sur le Pz6, des concentrations en trichloroéthylène, cis 1,2-dichloroéthylène et chlorure de vinyle élevées, supérieures aux valeurs guides en matière de pollution des eaux définies par le Ministère chargé de l'environnement et supérieures à celles mesurées au droit de l'ancien dépôt pétrolier. Ce piézomètre Pz6, localisé sur l'ancien site FACON (appartenant actuellement à la Ville d'Alençon), permet de confirmer la présence d'une source de pollution extérieure, en amont hydraulique du site des Combustibles de l'Ouest.

Les opérations de démantèlement du dépôt pétrolier et de dépollution réalisées sur le site du 23 novembre au 20 décembre 2006 et du 25 au 27 avril 2007 ont consisté en le démantèlement de l'ensemble du dépôt pétrolier et l'excavation de **285,72 tonnes** de sols pollués par des hydrocarbures jusqu'à 3,1 m de profondeur au maximum. Ces matériaux ont ensuite été envoyés au centre de traitement biologique de SÉCHÉ à Changé (53).

### RAPPEL

A l'issue de ces travaux, les analyses effectuées en laboratoire accrédité sur les échantillons de sols prélevés en flancs et fonds de la fouille ont permis de mettre en évidence :

- une pollution résiduelle localisée à l'Ouest de l'ancienne salle de pompage avec une teneur en hydrocarbures C10-C40 significative (échantillon F15 : 1400 mg/kg de MS),
- une pollution résiduelle au droit de l'ancienne aire de chargement avec une teneur en hydrocarbures C10-C40 significative (échantillon E5 : 1100 mg/kg de MS),
- une pollution résiduelle localisée au Nord de l'ancien bac de rétention avec des teneurs en hydrocarbures C10-C40 élevées en fond et en flancs de fouille (échantillons E6, E9, E11 et E7 avec une teneur maximale de 6900 mg/kg de MS),
- des traces d'hydrocarbures C10 à C40 non significatives sur tous les autres échantillons de sols prélevés en fond et flancs de fouille.

Les sondages et/ou prélèvements présentant des teneurs significatives à l'issue des travaux de dépollution sont présentés en **Annexe 1** - Figure 3.

## 3. DESCRIPTION DU SITE

Actuellement propriété de la SAS COMBUSTIBLES DE L'OUEST, le site de l'ancien dépôt pétrolier, d'une superficie de 6327 m<sup>2</sup>, occupe les parcelles n°53 à 55, 71 et 72 de la section BD du cadastre d'Alençon.

Il est localisé en zone UZ du Plan d'Occupation des Sols révisé en date du 30/12/08, zone réservée aux établissements secondaires et tertiaires à dominante industrielle. Les parcelles sont concernées par une servitude T1 relative aux chemins de fer et une servitude I4 relative à l'établissement des canalisations électriques.

### RAPPEL

Clôturé sur l'ensemble de son périmètre, le site, en activité au moment du diagnostic environnemental, était occupé par les principales installations suivantes :

- un bâtiment accueillant les activités administratives du dépôt pétrolier et des aires de stationnement pour véhicules légers au Nord-Ouest,
- un local technique accueillant une armoire électrique et des fournitures diverses, un parking et une aire de lavage des camions-citernes en partie Nord,
- une cuve de 11 m<sup>3</sup> de GO et une cuve de 2,7 m<sup>3</sup> de fioul domestique enterrées en pleine terre ainsi que deux volucompteurs associés (GO et fioul domestique) à proximité du local technique au Nord du site,
- un poste de chargement sous auvent, comprenant 3 bras de chargement (GO, Total Fioul Premier (F1) et FOD) permettant le remplissage des camions-citernes, localisé en partie centrale,
- une aire de remplissage des cuves en bordure Sud du poste de chargement,
- un décanteur implanté en bordure Nord-Est permettant le traitement des eaux de lavage des camions-citernes et des eaux récupérées au niveau du poste de chargement avant rejet vers le réseau communal,

- une cuvette de rétention (non étanche, constituée de merlons de terre végétale) en partie Sud (environ 2 m en contrebas du reste du site) accueillant :
  - la salle des pompes permettant d'alimenter en carburant le poste de chargement des camions-citernes,
  - les réservoirs aériens de carburants du dépôt pétrolier suivants :

Nom	Type de réservoir	Volume	Carburant
-	Cuve horizontale sur berceaux	40 m <sup>3</sup>	GO
M	Bac vertical	601 m <sup>3</sup>	F1
-	Bac vertical	168 m <sup>3</sup>	FOD
N	Bac vertical	1529 m <sup>3</sup>	inutilisé

- une aire de stockage de charbon en bordure Nord-Ouest,
- des voies de circulation sur le reste du site (le long de la voie ferrée, desserte du poste de chargement) et un terrain en friche à l'extrémité Sud.

Lors de nos investigations sur site en septembre 2009, le site, clôturé, était à l'état de friche.

D'après la Base de données BASIAS (inventaire d'anciens sites industriels et activités de services - fiche n°BNO6100233), l'ancien dépôt pétrolier est une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumise à Autorisation selon la rubrique n°1432.

## 4. CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

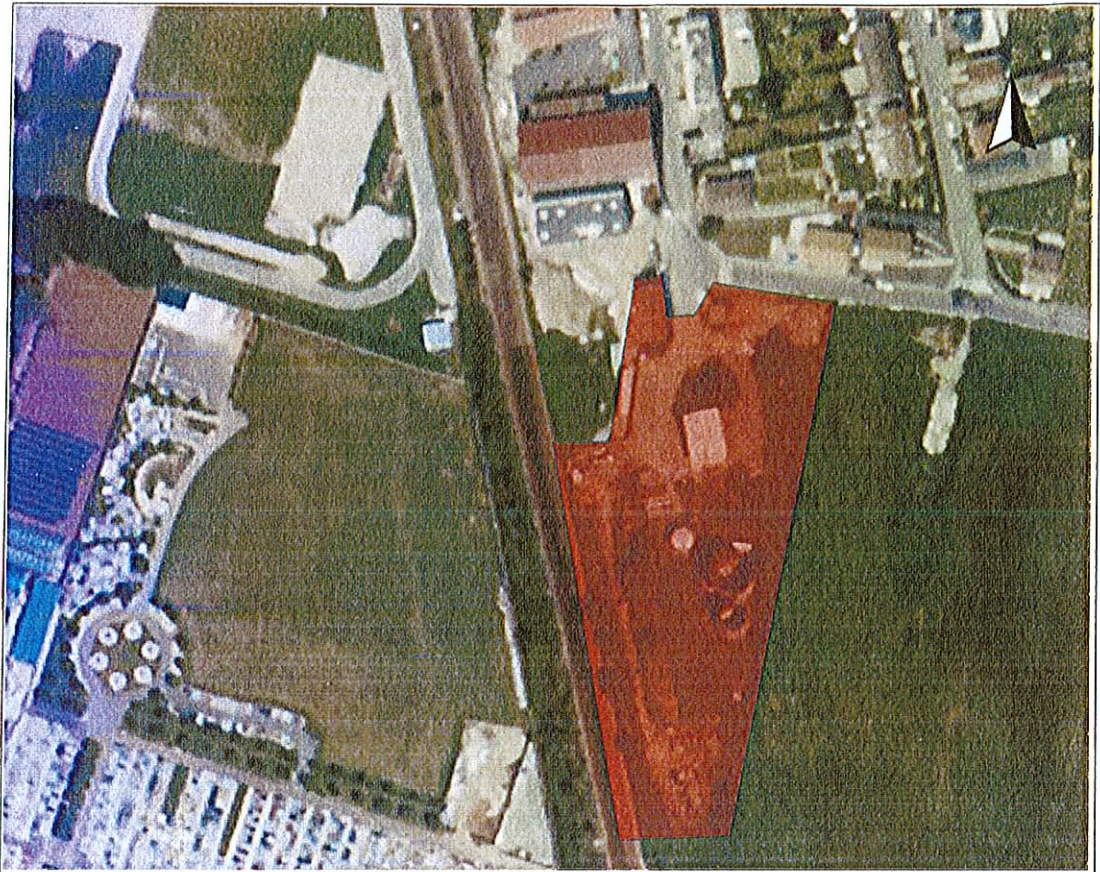
### 4.1 CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

Le terrain étudié est localisé 36, rue Charles Gide à environ 1,3 km à l'Est du centre ville d'Alençon voir localisation en **Annexe 1 - Figure 1**). Il est situé à une altitude d'environ + 140 m NGF.

Il est implanté au niveau d'un méandre de *la Sarthe*, en bordure de la voie ferrée reliant Caen à Tours dans un secteur accueillant des activités artisanales et industrielles, des habitations, des terrains agricoles et un lycée.

L'environnement immédiat du site est le suivant :

- des habitations puis la société FACON (fabrication de matériel électronique, antennes anti-parasitaires...) puis des activités artisanales au Nord,
- des terrains agricoles au Sud,
- des terrains agricoles puis des pavillons résidentiels à l'Est,
- la voie ferrée, un terrain en friche puis un cimetière à l'Ouest.



Vue aérienne du site (source : Google Earth, 2006)

## 4.2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'après les informations fournies par la carte géologique n°251 d'Alençon (voir en **Annexe 1 - Figure 2**), le site est localisé à la limite entre la formation des colluvions (C) représentée par des limons plus ou moins sableux à passées caillouteuses en moitié Nord du site et celle des alluvions anciennes (Fx) constituée de cailloutis grossiers représentés en moitié Sud du terrain.

Ces formations, d'environ 3 mètres d'épaisseur, surmontent celles des calcaires oolithiques de Damigny du Bajocien supérieur (j1b) présentant un faciès poreux plus ou moins cimenté, ces formations reposant sur le puissant socle plutonique constitué des leucogranites alcalins d'Alençon (γ1).

Au droit du site, sous la couche de remblais, des limons argileux puis sableux ont été mis en évidence au-dessus de la formation calcaire rencontrée entre 2,5 et 7,6 m de profondeur.

## 4.3 CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE

Selon les informations fournies par la carte géologique régionale, aucun aquifère étendu n'existe dans la région d'Alençon, les terrains très variés rencontrés en sous-sol ayant des comportements hydrogéologiques totalement différents. Les seuls niveaux régionaux pouvant être aquifères ne sont pas présents au droit du site et sont représentés par la Craie du Cénomaniens ainsi que les calcaires du Jurassique moyen ne renfermant pas de nappes très productives.

Lors des investigations de terrain, les eaux souterraines ont été rencontrées à partir de 9 m de profondeur environ. Lors de cette campagne de surveillance de septembre 2009, leur sens

d'écoulement local était orienté du Nord-Est vers le Sud-Ouest (lors des campagnes de surveillance de Octobre 2003 et février 2004, le sens d'écoulement était aussi orienté du Nord-Est vers le Sud-Ouest et lors de la campagne de surveillance de octobre 2005, le sens d'écoulement établi à partir des 6 piézomètres était orienté du Nord-Nord-Ouest vers le Sud-Sud-Est).

D'après la DDASS de l'Orne, deux ouvrages utilisés pour une Alimentation en Eau Potable (AEP) sont localisés à environ 1,6 km au Nord-Est du site, à proximité immédiate de *la Sarthe*. Ces ouvrages, localisés en amont hydraulique du site, sont les suivants :

- un puits (Usine Courteille) captant les eaux souterraines de la nappe d'accompagnement de *la Sarthe* jusqu'à 5 m de profondeur,
- un forage (La Peupleraie) prélevant ces mêmes eaux souterraines jusqu'à 20 m de profondeur.

Le site est localisé en dehors des périmètres de protection associés à ces captages.

D'après l'Agence de l'Eau Seine-Normandie, aucun prélèvement des eaux souterraines pour un usage industriel n'est effectué dans les environs du site.

Selon les informations obtenues auprès de la banque de données du sous-sol du BRGM (Bureau de Recherche Géologique et Minière), les ouvrages prélevant les eaux souterraines autour du site ont un usage non sensible de piézomètre.

Le forage ayant un usage sensible le plus proche du site est localisé en amont hydraulique à environ 1,3 km au Nord-Nord-Ouest (en bordure de l'hippodrome) et capte des eaux souterraines jusqu'à 110 m de profondeur pour un usage d'irrigation.



Localisation des points d'eau à proximité du site (source : Infoterre)

## 4.4 CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE

D'après la carte IGN n°1616 ET d'Alençon au 1/25000, les eaux superficielles recensées dans les environs du site sont principalement représentées par :

- la rivière *la Sarthe*, présente à environ 400 mètres à l'Est, formant une boucle au Sud du site en s'écoulant globalement de l'Est vers l'Ouest,
- la rivière *la Briante*, localisée à environ 1,3 km à l'Ouest du site et s'écoulant du Nord vers le Sud,
- le ruisseau *le Londeau* localisé à environ 2,5 km au Nord-Est du site et s'écoulant du Nord-Ouest vers le Sud-Est,
- plusieurs ruisseaux (*le Malêfre, le Sort, le Chandon,...*) localisés sur la rive opposée de *la Sarthe* à partir d'environ 500 m au Sud-Est du site.

D'après les informations fournies par le service Santé-Environnement de la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales de l'Orne, un prélèvement d'eaux superficielles est réalisé sur *la Sarthe* à environ 1,6 km au Nord-Est du site, en amont hydraulique, pour l'Alimentation en Eau Potable de la population.

Le site est localisé en dehors des périmètres de protection associés à cette prise d'eau.

Des activités récréatives sont recensées dans le fleuve *La Sarthe* à environ 2 km en aval hydraulique du site.

## 4.5 ZONES NATURELLES REMARQUABLES

Aucune zone naturelle remarquable recensée par la Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) des Pays de la Loire (ZNIEFF de type 1 ou 2, espaces naturels protégés, Natura 2000, Parc Naturel Régionaux, site classé, site inscrit,...) n'inclut le site étudié dans son périmètre.

## 5. INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES RÉALISÉES

### 5.1 MÉTHODOLOGIE

Les méthodes normalisées citées ci-dessous ont été appliquées pour l'échantillonnage des sols, des eaux et de l'air :

➤ échantillonnage des sols :

- NF ISO 10381-1 (mai 2003) : Lignes directrices pour l'établissement des programmes d'échantillonnage de sols,
- NF ISO 10381-2 (mars 2003) : Techniques d'échantillonnage de sols,
- NF ISO 10381-3 (mars 2002) : Lignes directrices relatives à la sécurité,
- NF ISO 10381-5 (décembre 2005) : Lignes directrices pour la procédure d'investigation des sols pollués en sites urbains et industriels.

➤ échantillonnage des eaux :

- FD X31-614 (octobre 1999) : Qualité du sol - Méthodes de détection et de caractérisation des pollutions - Réalisation d'un forage de contrôle de la qualité de l'eau souterraine au droit d'un site potentiellement pollué,
- FD X31-615 (décembre 2000) : Qualité du sol - Méthodes de détection et de caractérisation des pollutions - Prélèvements et échantillonnage des eaux souterraines dans un forage,
- ISO 5667-2 (juillet 1991) : Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 2 : Guide général sur les techniques d'échantillonnage,
- ISO 5667-3 (juin 2004) : Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 3 : Lignes directrices pour la manipulation et la conservation des échantillons d'eau,
- ISO 5667-11 (mars 1993) : Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 11 : Guide général pour l'échantillonnage des eaux souterraines,
- ISO 5667-6 - Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 6 : lignes directrices pour l'échantillonnage des rivières et des cours d'eau,

➤ échantillonnage de l'air du sol :

- NF ISO 10381-7 (janvier 2006) : Lignes directrices pour l'échantillonnage des gaz du sol.

#### 5.1.1 SOLS

Onze sondages nommés C1 à C7 et P1 à P4 ont été réalisés les 23 et 24 septembre 2009 jusqu'à 6,7 m de profondeur au maximum pour le prélèvement des sols, à l'aide d'une foreuse équipée d'une tarière de 100 mm de diamètre. La localisation de ces sondages sur le site de l'ancien dépôt pétrolier (voir en **Annexe 1** : Figure 3) a été définie en fonction des zones de pollution identifiées lors des investigations précédentes.

Ces sondages ont permis de prélever des échantillons de sols en surface et en profondeur afin de déterminer l'extension spatiale de la pollution au droit du terrain et de collecter les données nécessaires à l'ARR.

Les échantillons de sols ont été conditionnés dans des flacons en verre de 250 mL et ont ensuite été envoyés en messagerie express dans des glacières réfrigérées au laboratoire accrédité SGS d'Évry (91).

Les analyses suivantes ont été réalisées au laboratoire accrédité sur des échantillons de sols sélectionnés en fonction des données à collecter (extension verticale de la pollution, caractérisation du sol) et des constats organoleptiques effectués sur le terrain :

Paramètre	Norme analytique	Échantillons analysés
Indice hydrocarbure aliphatique C5-C10	Headspace GC/FID	C1 (0-0,3 m), C1 (0,3-1,0 m), C1 (1-2,5 m) ; C1 (3-6,7 m), C2 (0-0,3 m), C2 (4-6,3 m), C3 (0-1 m), C3 (1-2,5 m), C4 (0-0,3 m), C4 (2-4 m), C4 (4-4,9 m), C5 (3-4,8 m), C6 (1-3 m), C6 (3-5 m), C6 (5-6 m), C6 (6-7,6 m), C7 (0-1,5 m), P2 (0-0,3 m), P2 (0,3-2,0 m), P3 (0-2 m)
Indice hydrocarbure C10-C40	X 31-410	
Hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX)	NF EN ISO 11423-1	C1 (0-0,3 m), C1 (1-2,5 m) ; C2 (0-0,3 m), C2 (4-6,3 m), C3 (1-2,5 m), C4 (0-0,3 m), C4 (2-4 m), C4 (4-4,9 m), C6 (6-7,6 m), C7 (0-1,5 m), P2 (0-0,3 m), P3 (0-2 m)
Hydrocarbures aromatiques Polycycliques (HAP)	DIN ISO 18287	C1 (0-0,3 m), C1 (1-2,5 m) ; C2 (0-0,3 m), C2 (4-6,3 m), C4 (4-4,9 m), C6 (6-7,6 m), C7 (0-1,5 m), P2 (0-0,3 m)
Polychlorobiphényles (PCB)	DIN 38407-2	C7 (0-1,5 *m)
Carbone Organique Total (COT)	NF U 44-160	P2 (0,3-2 m), P3 (0-2 m)
Granulométrie	X 31-107	

Les paramètres hydrocarbures ont été analysés en raison :

- de leur rôle de traceurs de l'activité d'un dépôt pétrolier,
- de leur mise en évidence dans les sols et les eaux souterraines lors des investigations précédentes,
- de la demande de la DRIRE de Basse-Normandie (courrier du 21/08/08).

Les paramètres COT et granulométrie ont été analysés pour permettre la modélisation dans le cadre de la réalisation de l'ARR.

Un reportage photographique illustrant les investigations réalisées est présenté en **Annexe 2**.

## 5.1.2 AIR DU SOL

Trois piézaires de 2 m de profondeur ont été mis en place le 24 septembre 2009 sur site afin de déterminer l'impact de la pollution résiduelle sur l'air du sol (voir localisation en **Annexe 1** : Figure 3).

Pour cela, quatre sondages nommés P1 à P4 ont été réalisés jusqu'à 2 m de profondeur à l'aide d'une foreuse équipée d'une tarière de 100 mm de diamètre.

Des tubes PVC de 32 mm de diamètre crépinés en partie basse (1 m) et pleins en partie haute (1 m) ont été mis en place dans les trous des sondages P1 à P3 et l'espace annulaire a été comblé par du massif filtrant puis des remblais. Un bouchon de tête puis une cimentation ont alors été mis en place en tête de ces ouvrages.

Le sondage P4 n'a pas pu être équipé du fait de l'effondrement des matériaux dans le trou du sondage.

Après une mise à l'équilibre de la phase gazeuse dans le piézair pendant une semaine, des prélèvements dynamiques d'air du sol AP1 à AP3 ont été réalisés à 1,0 m de profondeur le 30/09/09 (P1 et P2) et le 01/10/09 (P3).

Les prélèvements ont été réalisés sur des tubes de charbon actif à l'aide de deux pompes Gilair selon les modalités suivantes :

Piézair	Support	Débit (L/min)	Durée (min)	Volume pompé (L)
P1	Charbon actif	0,683	124	84,65
P2		0,683	120	81,92
P3		0,703	120	84,37

Les échantillons ont été placés en glacière réfrigérée puis envoyés par messagerie express au laboratoire d'analyses accrédité SGS MULTILAB d'Evry (France) pour l'analyse des paramètres suivants :

Paramètre	Méthode / norme analytique	Échantillon
Hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX)	NF X 43-267	AP1 à AP3
Répartition des chaînes carbonées (TPH)	Méthode interne - GC/MS	
Naphtalène	NF X 43-267	

## 5.1.3 EAUX SOUTERRAINES

Des prélèvements ont été réalisés dans les trois piézomètres localisés au droit du site Pz1 à Pz3. Pz4 localisé en bordure Ouest n'a pas été retrouvé (présence de végétation). Le piézomètre Pz5 localisé dans l'angle Nord-Est du site est inutilisable et le piézomètre Pz6 localisé hors site au Nord-Ouest a été détruit.

Préalablement aux prélèvements, des mesures de niveau ont été réalisées à l'aide d'une sonde à interface eau/hydrocarbures dans les trois piézomètres (Pz1 à Pz3) le 24 septembre 2009.

Les eaux souterraines ont ensuite été échantillonnées à l'aide d'un tube préleveur à usage unique dans les piézomètres (Pz1 à Pz3) après une purge à la pompe d'au moins trois fois le volume d'eau contenu dans chaque ouvrage.

Lors de la réalisation des prélèvements, la cimentation en tête de l'ouvrage Pz2 est apparue non étanche et des eaux de pluie ont pu s'infiltrer.

La fiche de prélèvement des eaux souterraines est présentée en **Annexe 4**.

Les échantillons d'eaux souterraines ont été conditionnés dans des flacons de 500 mL en verre avec stabilisant et dans des flacons « head-space » de 30 mL puis placés en glacière réfrigérée pour l'envoi par messagerie express au laboratoire d'analyses accrédité SGS Multilab d'Evry (91) pour l'analyse des paramètres suivants :

Paramètres	Normes / méthodes analytiques	Échantillons
Indice hydrocarbure aliphatique C5-C10	Headspace GC/FID	Pz1 à Pz3
Indice hydrocarbure C10-C40	EN ISO 9377-2	
Hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX)	EN ISO 11423-1	
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	DIN 38407-18	
Polychlorobiphényles (PCB)	DIN 38407-2	
MTBE	NF EN ISO 10301	
ETBE		

Les hydrocarbures C5 à C40 et BTEX ont été analysés en raison de leur rôle de traceurs de l'activité de l'ancien dépôt pétrolier et de leur mise en évidence dans les sols et les eaux souterraines analysés lors des investigations précédents.

Les HAP, PCB, MTBE et ETBE ont été analysés à la demande de la DRIRE de l'Orne (courrier du 21/08/08).

## 5.2 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

### 5.2.1 CARACTÉRISATION DES SOLS

#### 5.2.1.1 Nature des terrains rencontrés

Lors des investigations réalisées sur l'ensemble du site, l'étagement lithologique moyen suivant a été mis en évidence (voir les coupes des sondages en **Annexe 3**) :

- de 0 à 1,1/2,0 m de profondeur : remblais sableux gris à noirs ou limon beiges,
- de 1,1/2,0 à 2,5/7,6 m de profondeur : limons beiges à gris,
- à partir de 2,5/7,6 m de profondeur : calcaires.

Lors de la réalisation des sondages au droit du site, les eaux souterraines ont été mises en évidence à 4,8 m (sondage C4) et 7,5 m (sondage C6) de profondeur.

Les constats organoleptiques ainsi que les mesures semi-quantitatives de la présence d'éventuels hydrocarbures d'essence volatils dans l'air du sol (tubes colorimétriques Dräger) sont résumés dans le tableau suivant.

Zone	Sondage	Profondeur (m)	Teneur en hydrocarbures volatils (ppmV)	Odeur
Sud du site à proximité de S27 et Pz3	C1	0-1,3	< 10	Nulle
		1,3-1,0		Faible
		1-3		Nulle
		3-6,7		
Bordure Sud-Ouest du site à proximité de S25	C2	0-0,3	15	Nulle
		0,3-2		Faible
		2-4		
		4-6,5		
Partie centrale à proximité de E6, E7, E9, E11	C3	0-1	20	Nulle
		1-2,5		Faible
	C4	0-0,3	50	Nulle
		0,3-2		Faible
		2-4		Moyenne
		4-4,9		
	C5	0-1,4	< 10	Nulle
		1,4-2		
		2-2,5		Moyenne
		2,5-4,8		
	C6	0-1	20	Faible
		1-3		Nulle
3-5				
5-6				
6-7,6		Moyenne		

Zone	Sondage	Profondeur (m)	Teneur en hydrocarbures volatils (ppmV)	Odeur
Ancien transformateur PCB	C7	0-1,2	< 10	Nulle
		1,2-2		
Sud du site à proximité de S27 et Pz3	P1	0-1,5	< 10	Faible
Partie centrale à proximité de E5	P2	0-0,3	< 10	Nulle
		0,3-2		
Partie centrale à proximité de E6, E7, E9, E11	P3	0-1	< 10	Nulle
		1-2		
Bordure Ouest du site à proximité de F15	P4	0-1	< 10	Nulle

Les constats organoleptiques mettent en évidence des odeurs :

- moyennes en profondeur en partie centrale du site (C4 entre 2 et 4 m et C6 entre 6 et 7,6 m de profondeur),
- faibles sur plusieurs sondages et à différentes profondeurs.

Les mesures semi-quantitatives indiquent des teneurs faibles sur l'ensemble des sondages (teneur maximale de 50 ppmV en C4).

#### 5.2.1.2 Résultats des analyses de sols

##### ➤ Hydrocarbures totaux et aromatiques monocycliques (BTEX)

Les résultats des analyses d'hydrocarbures C5 à C40 et d'hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX) (voir les rapports d'essai en **Annexe 9**) sont présentés dans le tableau en page suivante.

Sondages 23-24/09/09	Profondeur	C5-C10 <sup>1</sup>	C10-C40 <sup>2</sup>	C5 à C40 <sup>3</sup>	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	Xylènes
	m	mg/kg MS						
C1	0-0,3	<2	<10	< 12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
	0,3-1	<2	<10	< 12				
	1-3	<2	87	87	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
	3-6,7	<5,7	<10	< 15,7	-	-	-	-
C2	0-0,3	<2	45	45	<0,05	0,08	<0,05	0,09
	4-6,3	<2	<10	< 12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
C3	0-1	<2	<10	< 12	-	-	-	-
	1-2,5	<2	<10	< 12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
C4	0-0,3	<2	173	173	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
	2-4	15	84	99	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
	4-4,9	30	<10	30	<0,08	<0,08	<0,08	<0,16
C5	3-4,8	<2	679	679	-	-	-	-
C6	1-3	<5,7	<10	< 15,7	-	-	-	-
	3-5	<2	<10	< 12	-	-	-	-
	5-6	<4,9	<10	< 14,9	-	-	-	-
	6-7,6	6	<10	6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
C7	0-1,5	<2	134	134	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
P2	0-0,3	<2	34	34	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1
	0,3-2	<2	<10	< 12	-	-	-	-
P3	0-2	<2	48	48	<0,05	<0,05	<0,05	<0,1

Les résultats des analyses ont mis en évidence dans les sols :

- une teneur significative en hydrocarbures C10 à C40 en partie centrale du site en C5 entre 3 et 4,8 m de profondeur,
- des teneurs en hydrocarbures C5 à C40 faibles et non significatives sur l'ensemble des autres échantillons analysés
- des teneurs en hydrocarbures et en BTEX toutes faibles voire inférieures aux limites de quantification sur l'ensemble des échantillons analysés.

Une cartographie des teneurs en hydrocarbures C5 à C40 et en hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX) est présentée en **Annexe 5** : Figure 4.

➤ **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)**

Sondages 23-24/09/09		C1	C1	C2	C2	C4	C6	C7	P2
Profondeur (m)		0-0,3	1-2,5	0-0,3	4-6,3	4-4,9	6-7,6	0-1,5	0-0,3
Naphtalene	mg/kg MS	< 0,05	< 0,20	0,13	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acenaphtylene		< 0,05	< 0,20	< 0,1	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Acenaphtene		< 0,05	0,33	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fluorene		< 0,05	< 0,20	0,07	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Phenanthrene		< 0,05	0,57	0,82	0,13	< 0,05	< 0,05	0,16	< 0,05
Anthracene		< 0,05	< 0,20	0,22	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fluoranthene		0,21	0,92	2,00	0,37	< 0,05	< 0,05	0,28	0,09
Pyrene		0,21	0,82	1,80	0,32	< 0,05	< 0,05	0,25	0,09
Benzo(a)anthracene		0,16	0,58	1,10	0,21	< 0,05	< 0,05	0,16	0,07
Chrysene		0,27	0,70	1,10	0,26	< 0,05	< 0,05	0,18	0,09
Benzo(b)fluoranthene		0,36	1,00	1,40	0,45	< 0,05	< 0,05	0,21	0,16
Benzo(k)fluoranthene		0,12	0,40	0,53	0,17	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,07
Benzo(a)pyrene		0,13	0,63	0,90	0,30	< 0,05	< 0,05	0,12	0,12
Indeno(1,2,3-Cd)pyrene		0,12	0,41	0,63	0,26	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,13
Dibenzo(a,h)anthracene		< 0,05	< 0,20	0,20	0,08	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Benzo(g,h,i)perylene		0,16	0,48	0,75	0,35	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,24
Somme des 16 HAP	1,74	6,84	11,65	2,90	< 0,8	< 0,8	1,36	1,06	

Les résultats des analyses ont mis en évidence des teneurs en Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) :

- faibles en surface en C2 entre 0 et 0,3 m de profondeur, en partie centrale du site,
- très faibles voire inférieures aux limites de quantification sur l'ensemble des autres échantillons analysés.

➤ **Polychlorobiphényles (PCB)**

Sondages 23-24/09/09		C7
Profondeur (m)		0-1,5
PCB 28	mg/kg MS	< 0,003
PCB 52		< 0,003
PCB 101		< 0,003
PCB 118		< 0,003
PCB 138		< 0,003
PCB 153		< 0,003
PCB 180		< 0,003
Somme		< 0,02

Les résultats des analyses ont mis en évidence des teneurs en Polychlorobiphényles (PCB) toutes inférieures aux limites de quantification pour l'échantillon analysé.

➤ **Matière organique et granulométrie**

Prélèvement du 25/05/09		P2	P3
Profondeur (m)		0,3-2	0-2
Carbone Organique Total sur sec (COT)		2,30	0,40
pH		8,05	8,30
granulométrie	Sable grossier 200-2000 µm	27,20	21,50
	Sables fins 63-200µm	12,70	12,00
	Sables fins 20-63µm	19,50	10,20
	Limons fins 2-20 µm	32,10	33,30
	Argile <2 µm	8,50	23,00

Les résultats mettent en évidence dans les remblais :

- un taux de Carbone Organique Total (COT) faible et un pH basique,
- d'après le diagramme de classification détaillée des textures, un sol de type limons à limons fins pour les 2 échantillons analysés.

## 5.2.2 CARACTÉRISATION DE L'AIR DU SOL

Les résultats des analyses de l'air du sol sont présentés dans le tableau suivant (voir rapports d'essai en **Annexe 9**) :

Prélèvements 30/09/09 et 01/10/09		AP1	AP2	AP3	
Répartition des chaînes carbonées (TPH)	Aliphatiques	C6-C8 inclus	< 24	< 24	< 24
		C8-C10 inclus	25,30	89,02	39,76
		C10-C12 inclus	58,39	189,02	79,76
		C12-C16 inclus	21,75	43,90	31,19
		C16-C21 inclus	< 2	< 2,4	< 2,4
		C21-C35 inclus	< 2	< 2,4	< 2,4
		>C35	< 2	< 2,4	< 2,4
	Aromatiques	C6-C8 inclus	199,76	196,34	203,57
		C8-C10 inclus	134,75	292,68	146,43
		C10-C12 inclus	170,21	324,39	175,00
		C12-C16 inclus	39,95	62,93	29,52
		> C16	< 24	< 24	< 24
	Benzène		< 71	< 71	< 71
	Toluène		< 24	< 24	< 24
	Ethylbenzène		< 24	< 24	< 24
Xylènes		< 24	< 24	< 24	
Naphtalène		< 24	< 24	< 24	

Ces résultats d'analyses ont permis de mettre en évidence :

- des teneurs en hydrocarbures aliphatiques > C8 à C16 et aromatiques C6 à C16 faibles pour l'ensemble des échantillons analysés,
- des teneurs en autres fractions carbonées et en BTEX inférieures aux limites de quantification pour l'ensemble des échantillons analysés.

## 5.2.3 CARACTÉRISATION DES EAUX

### 5.2.3.1 Piézométrie

Les résultats des mesures de niveau d'eau effectuées sur les piézomètres Pz1 à Pz3, sont présentés dans le tableau suivant (voir la fiche de prélèvement des eaux souterraines en **Annexe 4**).

Piézomètre	Pz1	Pz2	Pz3
Diamètre de l'ouvrage (mm)	64/75	64/75	64/75
Profondeur (m)	13,70	13,30	11,00
Cote relative* (m)	+ 99,46	+ 100	+ 99,16
<i>Mesures du 24/09/2009 à 09 h</i>			
Niveau d'eau (m)	-9,395	-9,097	-9,320
Cote relative eau (m)	+ 90,065	+ 90,903	+ 89,840

\* Cote relative de référence : haut du capot métallique

Aucune phase organique libre n'a été observée dans les piézomètres lors de la réalisation de ces mesures.

Les niveaux d'eau ont été mesurés à environ 9 m de profondeur lors de la mesure du 24/09/2009.

Le sens d'écoulement calculé à partir des niveaux mesurés a mis en évidence une orientation au droit du site du Nord-Est vers le Sud-Ouest (voir esquisse piézométrique en **Annexe 5** : Figure 5) positionnant le piézomètre Pz2 en amont, Pz1 et Pz3 en latéral hydraulique des anciennes installations pétrolières du dépôt pétrolier.

Le gradient hydraulique a été déterminé à 2,45 %.

Lors des campagnes de surveillance de Octobre 2003 et février 2004, le sens d'écoulement était aussi orienté du Nord-Est vers le Sud-Ouest et lors de la campagne de surveillance de octobre 2005, le sens d'écoulement établi à partir des 6 piézomètres était orienté du Nord-Nord-Ouest vers le Sud-Sud-Est).

Le sens d'écoulement observé lors de cette campagne sera à confirmer après la réfection de l'étanchéité du piézomètre Pz2.

### 5.2.3.2 Constats organoleptiques

Les constats organoleptiques effectués au moment des prélèvements d'eaux ont permis d'observer les principales caractéristiques suivantes :

Constats organoleptiques du 24/09/09				
Ouvrage	Couleur	Turbidité	Odeur d'hydrocarbures	Présence d'irisation
Pz1	blanchâtre	moyenne	forte	aucune
Pz2	rouille	moyenne	faible	aucune
Pz3	rouille	moyenne	faible	aucune

Ces constats ont permis de mettre en évidence :

- de fortes odeurs d'hydrocarbures dans le piézomètre Pz1 localisé en bordure Ouest du site en latéral hydraulique,
- de faibles odeurs d'hydrocarbures dans les deux autres piézomètres Pz2 et Pz3.

### 5.2.3.3 Résultats des analyses

Les résultats des analyses d'eaux (voir les rapports d'essais du laboratoire en **Annexe 9**) sont présentés dans les tableaux ci-dessous et comparés, à titre indicatif :

- entre eux (amont/aval) pour interpréter l'impact du site sur la qualité des eaux souterraines,
- aux valeurs limites de qualité des eaux brutes <sup>(1)</sup> utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine et aux valeurs limites de qualité <sup>(2)</sup> des eaux destinées à la consommation humaine suivant l'arrêté ministériel du 11 janvier 2007,
- aux valeurs guides <sup>(3)</sup> pour l'eau potable issues du guide OMS « Guideline for drinking water », troisième édition, 2006,
- pour les paramètres MTBE, ETBE, à la valeur guide conseillée par l'US EPA<sup>(4)</sup> (Drinking Water Advisory: Consumer Acceptability - Advice and Health Effects Analysis on Methyl Tertiary-Butyl Ether (MTBE) - EPA-822-F-97-009 - 12/1997) et à la valeur guide dans les eaux souterraines correspondant au seuil gustatif <sup>(5)</sup> (Approche harmonisée pour la gestion de stations-service autoroutières - Guide de mise en œuvre - A37808/C - ESSO - TOTAL France - CARAUTOROUTE - BP France - AVIA AUTOROUTES - AGIP FRANCAISE - SHELL),
- pour le naphthalène<sup>(6)</sup>, à l'intervalle de valeurs guides dans l'eau potable existantes issues de recherches bibliographiques internationales (Approche de gestion des risques proposée pour le naphthalène - Environnement Santé Canada - Juillet 2008),

- pour les PCB, à la valeur seuil des SEQ pour l'aptitude des eaux souterraines à la potabilisation pour les substances non incluses dans l'arrêté du 11/01/07<sup>(7)</sup> (Etudes des Agences de l'Eau n°80 - SEQ eaux souterraines, rapport de présentation v0).

• **Hydrocarbures C5 à C40, BTEX, MTBE, ETBE**

Prélèvements		Pz1	Pz2	Pz3	VL eaux potables	VL eaux brutes
Date du Prélèvement		24/09/2009				
Indice hydrocarbure aliphatique C5-C10	mg/l	0,42	0,85	0,15	-	-
Indice hydrocarbure C10-C40		0,08	<0,05	<0,05	-	-
Somme des indices hydrocarbure C5 à C40		0,50	0,85	0,15	-	1 <sup>(1)</sup>
Benzène	µg/l	<1	<1	1,33	1 <sup>(2)</sup>	-
Toluène		<1	<1	<1	700 <sup>(3)</sup>	-
Ethylbenzène		<1	<1	<1	300 <sup>(3)</sup>	-
Xylènes		<2	<2	<2	500 <sup>(3)</sup>	-
ETBE		<0,1	<0,1	<0,1	40 <sup>(5)</sup>	-
MTBE		0,3	0,1	0,2	20-40 <sup>(4)</sup>	-

Ces résultats mettent en évidence sur les échantillons d'eau analysés :

- concernant les hydrocarbures C5 à C40, des teneurs en hydrocarbures C5 à C10 significatives mais inférieures à la valeur guide considérée pour l'ensemble des piézomètres, celles-ci pouvant refléter la présence de Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV) ayant été mis en évidence en amont hydraulique du site lors de la campagne de surveillance d'Octobre 2005,
- concernant les hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX), une seule teneur en benzène légèrement supérieure à la valeur guide considérée en Pz3 localisé en bordure Sud du site, en latéral hydraulique,
- concernant les paramètres MTBE, ETBE, des teneurs en MTBE très faibles et largement inférieures à la valeur guide considérée et des teneurs en ETBE inférieures à la limite de quantification pour l'ensemble des piézomètres.

La cartographie des résultats est présentée en **Annexe 5** : Figure 4.

- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Prélèvements		Pz1	Pz2	Pz3	VL eaux potables	VL eaux brutes
Date du Prélèvement		24/09/2009				
Naphtalene	μg/l	0,23	0,16	0,20	6,8-500 <sup>(6)</sup>	-
Acenaphtylene		< 0,1	< 0,1	< 0,1	-	-
Acenaphtene		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
Fluorene		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
Phenanthrene		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
Anthracene		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
Fluoranthene		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
Pyrene		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
Benzo(a)anthracene		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
Chrysene		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
Benzo(b)fluoranthene (1)		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
Benzo(k)fluoranthene (1)		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
Benzo(a)pyrene		< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01 <sup>(2)</sup>	-
Indeno(1,2,3-Cd)pyrene (1)		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
Dibenzo(a,h)anthracene		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
Benzo(g,h,i)perylene (1)		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-	-
(1) Somme des 4 HAP		< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,1 <sup>(2)</sup>	-

Ces résultats mettent en évidence sur les échantillons d'eau analysés :

- des teneurs en naphtalène très faibles pour les trois piézomètres,
- des teneurs en autres HAP toutes inférieures aux limites de quantification pour les trois piézomètres.

• **Polychlorobiphényles (PCB)**

Prélèvements		Pz1	Pz2	Pz3	VL eaux brutes
Date du Prélèvement		24/09/2009			
PCB28	µg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
PCB52		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
PCB101		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
PCB118		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
PCB138		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
PCB153		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
PCB180		< 0,01	< 0,01	< 0,01	-
Somme		< 0,07	< 0,07	< 0,07	<b>0,2<sup>(7)</sup></b>

Ces résultats mettent en évidence sur les échantillons d'eau analysés des teneurs en PCB toutes inférieures aux limites de quantification.

## 6. SCHÉMA CONCEPTUEL

En matière de pollution des sols, l'existence d'un risque est basée sur la présence concomitante des trois facteurs suivants :

- une source de pollution,
- une voie de transfert,
- un enjeu à protéger (populations riveraines, usages de l'environnement, ressources naturelles à protéger).

Le schéma conceptuel synthétise les différentes sources de pollution, les voies de transfert potentielles et les enjeux à protéger en fonction du scénario d'aménagement futur envisagé.

### 6.1 SUBSTANCES DANGEREUSES

Les substances dangereuses attribuables au site mises en évidence dans les sols en surface et en profondeur, l'air du sol et les eaux souterraines au droit du site sont les suivantes :

- les hydrocarbures C5 à C40,
- les hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX),
- les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

## 6.2 VECTEURS

Les vecteurs potentiels de la pollution présente au droit du site sont :

- l'air du sol pouvant véhiculer les substances volatiles vers l'air ambiant à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments,
- les eaux souterraines pouvant véhiculer les substances :
  - volatiles vers l'air ambiant à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments sur et hors site via le phénomène de dégazage de la nappe,
  - volatiles et non volatiles vers les eaux souterraines et les eaux superficielles en aval hydraulique,
- les eaux superficielles pouvant véhiculer les substances volatiles et non volatiles en aval hydraulique.

## 6.3 ANALYSE DES ENJEUX

### 6.3.1 USAGE DES SOLS

Dans le cadre de cette étude, l'usage futur du site est :

- pour la partie Sud du site, un usage de type industriel ou artisanal,
- pour la partie Nord du site, un usage d'habitation ou de bureau.

Aucun usage sensible des sols n'est réalisé à proximité immédiate du site en aval hydraulique (présence de la voie ferrée puis d'un cimetière en bordure Sud-Ouest du site puis des terrains agricoles au Sud et Sud-Est).

Sur la base de ces considérations, les enjeux potentiels sont représentés par :

- pour la partie Sud du site, les travailleurs sur le site exposés aux substances dangereuses via l'inhalation de l'air intérieur et de l'air extérieur impactés par des hydrocarbures volatils et le contact direct avec les matériaux impactés en surface,
- pour la partie Nord du site, les habitants ou travailleurs sur le site exposés aux substances dangereuses via l'inhalation de l'air intérieur et de l'air extérieur impactés par des hydrocarbures volatils.

### 6.3.2 USAGES DES EAUX SOUTERRAINES

D'après le contexte environnemental (voir paragraphe 4.3), aucun usage des eaux souterraines n'est réalisé en aval hydraulique du site.

### 6.3.3 USAGE DES EAUX SUPERFICIELLES

Des activités récréatives sont recensées dans le fleuve *La Sarthe* à environ 2 km en aval hydraulique du site. Cependant, compte tenu du débit important de ce fleuve et des faibles teneurs observées dans les eaux souterraines, les usages liés à cette voie d'exposition peuvent être écartés.

### 6.3.4 ZONES NATURELLES REMARQUABLES

Aucune zone naturelle remarquable recensée par la Direction Régionale de l'Environnement (DIREN) des Pays de la Loire (ZNIEFF de type 1 ou 2, espaces naturels protégés, Natura 2000, Parc Naturel Régionaux, site classé, site inscrit,...) n'inclut le site étudié dans son périmètre.

## 6.4 MESURES SIMPLES DE GESTION

Compte tenu des teneurs résiduelles en hydrocarbures dans les sols et les eaux souterraines, les mesures simples de gestion suivantes sont conseillées dans le cadre du réaménagement de l'ensemble du site :

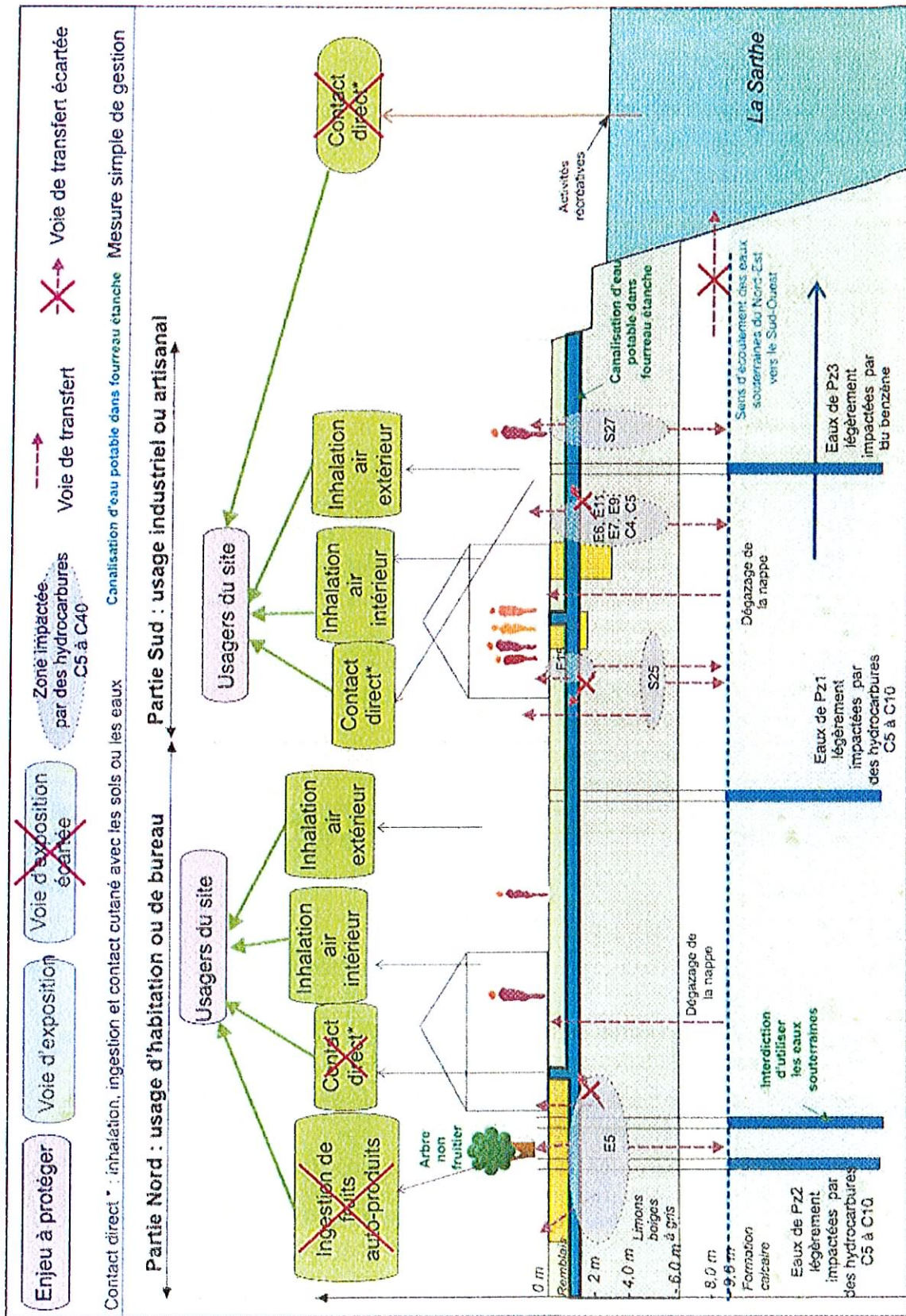
- ✓ afin de supprimer toute exposition via l'ingestion de fruits, l'interdiction de la culture d'arbres fruitiers dans la zone de l'ancienne aire de chargement dans la partie Nord du site,
- ✓ afin de supprimer le transfert via une canalisation d'eau potable, la mise en place d'un fourreau étanche autour de toute canalisation d'eau potable présente au droit du site,
- ✓ l'interdiction de tout usage des eaux souterraines présentes au droit du site sans une vérification préalable de la compatibilité de cet usage avec leur qualité.

Le schéma conceptuel prenant en compte les mesures simples de gestion préconisées est présenté ci-après.

## 6.5 SCHÉMA CONCEPTUEL

Le schéma conceptuel présenté ci-après reprend les différentes sources de dangers, vecteurs et populations exposées, les mesures simples de gestion énoncées et représente leurs liens mettant ainsi en évidence les risques potentiels compte tenu de l'usage futur envisagé du site.

SUP  
à  
prévoir



## 7. ANALYSE DES RISQUES RÉSIDUELS

A la suite du schéma conceptuel ayant caractérisé les voies d'exposition pour la population exposée aux sources de pollution résiduelle attribuables au site, une Analyse des Risques Résiduels (ARR) est réalisée afin de vérifier l'absence de risque encouru par la population sur site compte tenu de l'usage futur considéré.

Après la mise en œuvre des mesures simples de gestion, d'après le schéma conceptuel, les voies d'exposition résiduelles sont l'inhalation d'air intérieur et extérieur pour chaque usage envisagé au droit du site.

### 7.1 PRINCIPES ET OBJECTIFS

L'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires est une méthode d'analyse structurée où les éléments d'informations disponibles en l'état actuel des connaissances scientifiques sont collectés, ordonnés et évalués afin de quantifier les risques d'une manière transparente.

La démarche d'évaluation des risques comprend quatre étapes :

- **l'identification des dangers** qui consiste à identifier des effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme,
- **l'évaluation du rapport dose (concentration)-réponse (effets)**, estimation de la relation entre la dose ou le niveau d'exposition à une substance et l'incidence et la gravité de cet effet,
- **l'évaluation de l'exposition** consistant à déterminer les voies de passage du polluant de la source vers les populations exposées ainsi qu'à estimer la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition,
- **la caractérisation des risques** correspondant à la synthèse des informations issues de l'évaluation de l'exposition et de l'évaluation de la toxicité sous la forme d'une expression quantitative du risque. Les incertitudes sont évaluées qualitativement en fonction de leur caractère majorant ou minorant et les résultats interprétés.

D'autre part, elle est réalisée en appliquant quatre principes :

- **le principe de précaution**, principe « selon lequel l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable »,
- **le principe de proportionnalité**, veillant à ce qu'il y ait cohérence entre le degré d'approfondissement de l'étude, l'importance de la pollution et son incidence prévisible,
- **le principe de spécificité**, assurant la pertinence de l'étude par rapport à l'usage et aux caractéristiques du site et de son environnement,
- **le principe de transparence** impliquant que les choix des hypothèses, des outils à utiliser et du degré d'approfondissement nécessaires soient expliqués et cohérents afin que la logique du raisonnement puisse être suivie et discutée par les différentes parties intéressées et que l'objectif de transparence des termes de la conclusion de l'étude soit respecté.

## 7.2 IDENTIFICATION DES DANGERS ET ÉVALUATION DU RAPPORT DOSE-RÉPONSE

### 7.2.1 MÉTHODOLOGIE

L'ensemble des substances détectées dans les sols, les eaux souterraines et l'air du sol lors des investigations de terrain est pris en compte dans l'évaluation des risques.

Les substances les plus pertinentes sont sélectionnées afin de quantifier les risques encourus par les populations. Elles sont choisies en fonction de :

- leurs concentrations dans les différents milieux mesurées lors des investigations de terrain,
- leurs propriétés physico-chimiques : mobilité, dégradation dans l'environnement, bioaccumulation,...
- leur toxicité systémique,
- leur potentiel cancérigène.

Les valeurs toxicologiques de référence utilisées pour évaluer le rapport dose-réponse sont sélectionnées à partir des bases de données suivantes conformément à la circulaire du 30 mai 2006<sup>1</sup>, en fonction de leur adéquation avec les expositions considérées dans l'étude (durée d'exposition, voie d'exposition) et de leur provenance :

- INRS, fiches toxicologiques de l'Institut National de la Recherche et de la Sécurité, [www.inrs.fr](http://www.inrs.fr)
- INERIS, fiches de données toxicologiques et environnementales : <http://www.ineris.fr/recherches/fiches/fiches.htm>
- ATSDR, série de monographies publiées par l'ATSDR : <http://www.atsdr.CDC.gov>
- TERA, Toxicology Excellence for Risk Assessment, ONG (USA) <http://www.tera.org/iter>
- IRIS, banque de données factuelle produite par l'EPA, <http://www.epa.gov/iris>
- OMS, valeurs guides de l'OMS, <http://www.who.dk>
- travaux du TPHCWG (TPHCWG, 1997)<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Circulaire n°2006-234 du 30 mai 2006 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact.

<sup>2</sup> TPHCWG, 1997 - Total Petroleum hydrocarbon Criteria Working Group Series- July 1997 - Vol 2 - Composition of Petroleum Mixture - Vol 3 - Selection of representative TPH fraction based on fate and transport considerations - Vol 4 - Development of fraction specific reference doses (RfDs) and reference Concentrations (RfCs) for total petroleum hydrocarbons (TPH).

Le caractère cancérigène est décrit à partir des classifications des organismes internationaux :

- classification du centre International de Recherche sur le Cancer (OMS/CIRC/IARC) :
  - Groupe 1 : l'agent (ou la substance) est cancérigène pour l'homme.
  - Groupe 2A : l'agent (ou la substance) est probablement cancérigène pour l'homme. Il existe des indices limités chez l'homme et des indices suffisants chez l'animal de laboratoire.
  - Groupe 2B : l'agent (ou la substance) pourrait être cancérigène pour l'homme.
  - Groupe 3 : l'agent (ou la substance) ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme.
  - Groupe 4 : l'agent (ou la substance) n'est probablement pas cancérigène pour l'homme.
- classification de l'EPA :
  - Classe A : substance cancérigène pour l'homme.
  - Classe B1 : substance probablement cancérigène pour l'homme. Des données limitées chez l'homme sont disponibles.
  - Classe B2 : substance probablement cancérigène chez l'homme. Il existe des preuves suffisantes chez l'animal et des preuves non adéquates ou pas de preuves chez l'homme.
  - Classe C : cancérigène possible pour l'homme.
  - Classe D : substance non classable quant à sa cancérogénicité pour l'homme.
  - Classe E : substance pour laquelle il existe des preuves de non cancérogénicité pour l'homme.

## 7.2.2 SÉLECTION DES SUBSTANCES CONSIDÉRÉES

Au regard des résultats analytiques concernant les zones de pollution résiduelle, des propriétés physico-chimiques (la volatilité notamment) et de la toxicité des différents polluants par inhalation et par application du principe de spécificité de la quantification des risques, les substances retenues dans cette étude sont les suivantes :

- les hydrocarbures aliphatiques >C6 à C16 et aromatiques >C8 à C16,
- le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes correspondant aux hydrocarbures aromatiques >C6-C8,
- le naphthalène, traceur des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) (substance toxique la plus volatile).

### 7.2.3 VALEURS TOXICOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE (VTR)

Les VTR retenues pour la quantification des risques sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Substance	Valeur Toxicologique de Référence et Excès de Risque Unitaire			
	Inhalation		Ingestion	
	Effets à seuil (mg/m <sup>3</sup> )	Effets sans seuil (ERU en (mg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup> )	Effets à seuil (mg/kg/j)	Effets sans seuil (ERU en (mg/kg/j) <sup>-1</sup> )
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8	18,4	-	5	-
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10	1	-	0,1	-
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12	1	-	0,1	-
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16	1	-	0,1	-
Hydrocarbures aliphatiques >C16-C21	-	-	2	-
Hydrocarbures aliphatiques >C21-C35	-	-	2	-
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10	0,2	-	0,04	-
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12	0,2	-	0,04	-
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16	0,2	-	0,04	-
Hydrocarbures aromatiques >C16-C21	-	-	0,03	-
Hydrocarbures aromatiques >C21-C35	-	-	0,03	-
Benzène	0,03	0,0078	0,004	0,055
Toluène	5	-	0,08	-
Ethylbenzène	1	-	0,1	-
Xylènes	0,435	-	0,2	-
Naphtalène	0,003	0,034	0,02	0,12

Une synthèse bibliographique concernant la toxicité des polluants et le choix des VTR est présentée en **Annexe 7**.

### 7.3 ÉVALUATION DE L'EXPOSITION

Cette étape permet, à partir des concentrations des substances retenues mesurées dans l'environnement, de déterminer leurs concentrations dans chaque milieu d'exposition et de calculer des Doses Journalières d'Exposition (DJE).

Le calcul des Doses Journalières d'Exposition nécessite de déterminer les concentrations en polluants présentes dans chaque milieu d'exposition.

## 7.3.1 DÉFINITION DU SCÉNARIO D'EXPOSITION

### 7.3.1.1 Usage futur

L'usage futur envisagé du site est, dans la partie Nord, un usage d'habitation ou de bureau et dans la partie Sud, un usage industriel ou artisanal. Les deux scénarios suivants sont donc envisagés :

- 1) Partie Nord : usage d'habitation avec la construction d'un bâtiment sans sous-sol au droit du site, sur une dalle béton de 10 cm d'épaisseur et comportant des pièces de 25 m<sup>2</sup> ayant un taux de renouvellement de 0,25 par heure,
- 2) Partie Sud : usage industriel avec la construction d'un bâtiment sans sous-sol au droit du site, sur une dalle béton de 10 cm d'épaisseur et comportant des pièces de 25 m<sup>2</sup> ayant un taux de renouvellement de 0,25 par heure.

Sur la base de ces considérations, les enjeux potentiels sont représentés par :

- 1) Partie Nord : les adultes et les enfants exposés aux substances dangereuses via l'inhalation d'air intérieur et l'inhalation d'air extérieur (vapeurs),
- 2) Partie Sud : les adultes travaillant sur le site et exposés aux substances dangereuses via l'inhalation d'air intérieur, l'inhalation d'air extérieur (vapeurs) et le contact direct avec les matériaux pollués.

Le contact cutané avec les matériaux pollués n'est pas considéré en l'état actuel des connaissances scientifiques (données limitées sur l'absorption des polluants par voie cutanée). Le contact direct est donc uniquement représenté par l'inhalation et l'ingestion de poussières de sols.

### 7.3.1.2 Budget espace-temps

Au regard des scénarios considérés, les budgets espace-temps des populations sont les suivants :

#### 1) Partie Nord

- les adultes passent en moyenne 19 heures par jour et 330 jours par an sur leur lieu de résidence (INSEE, 1996)<sup>3</sup>, dont une heure à l'extérieur, les taux d'exposition annuels totaux (F) sont donc égaux à :

$$\bullet \quad F_{\text{int}} = \frac{18h \times 330 \text{ jr}}{24h \times 365 \text{ jr}} ; F_{\text{ext}} = \frac{1h \times 330 \text{ jr}}{24h \times 365 \text{ jr}}$$

- les enfants passent en moyenne 19h50 par jour et 330 jours par an sur leur lieu de résidence (INSEE, 1996), dont une heure à l'extérieur, les taux d'exposition annuels totaux (F) sont donc égaux à :

$$\bullet \quad F_{\text{int}} = \frac{18,83h \times 330 \text{ jr}}{24h \times 365 \text{ jr}} ; F_{\text{ext}} = \frac{1h \times 330 \text{ jr}}{24h \times 365 \text{ jr}}$$

<sup>3</sup> INSEE RESULTATS n°80-81, mars 1996, INSEE, 1996

- le nombre d'années d'exposition sur le lieu de résidence est de 30 ans (INERIS, 2003)<sup>4</sup>.

## 2) Partie Sud

- les adultes passent en moyenne 8 heures par jour et 220 jours par an sur leur lieu de travail dont 1 heure à l'extérieur du bâtiment d'entreprise, les taux d'exposition annuels totaux à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment sont donc égaux à :

$$F_{int-a} = \frac{7h \times 220 jr}{24h \times 365 jr}, F_{ext-a} = \frac{1h \times 220 jr}{24h \times 365 jr},$$

- le nombre d'années d'exposition sur le lieu de travail est de 40 ans (INERIS, 2003)<sup>5</sup>,
- la quantité moyenne de sols ingérée est de 100 mg/jr (Glorennec, 2005) pendant la durée d'exposition à l'extérieur.

L'ensemble des paramètres liés à l'exposition est repris dans le tableau en **Annexe 8**.

## 7.3.2 CONCENTRATIONS DES POLLUANTS DANS LES MILIEUX D'EXPOSITION

Les concentrations dans les milieux d'exposition sont issues :

### 1) Partie Nord

- concernant l'air intérieur, de la modélisation réalisée à partir des teneurs mesurées dans l'air du sol (échantillon AP2 prélevé en partie centrale du site),
- concernant l'air extérieur, de la modélisation des teneurs résiduelles maximales dans les sols (échantillon E5 prélevé en partie centrale du site),

Pour la modélisation du transfert de polluants dans l'air extérieur, une proportion de 50 % d'hydrocarbures aromatiques et de 50 % d'hydrocarbures aliphatiques est prise en compte (hypothèse majorante).

Si les teneurs sont inférieures à la limite de quantification, cette valeur est retenue pour la suite de l'étude (hypothèse majorante).

<sup>4</sup> Évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des ICPE - Risques chimiques - INERIS, 2003

<sup>5</sup> INERIS, 2003 - Évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des ICPE - Risques chimiques

Le tableau ci-après présente les concentrations en polluants dans les sols et l'air du sol utilisées pour la modélisation :

Substance	Prélèvement représentatif	Concentration dans l'air du sol ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentration dans les sols ( $\text{mg}/\text{kg MS}$ )
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8	<i>Flanc ou C6-C8 196 mg/kg</i> Air du sol (AP2) Sol : E5 (-0,7 m)	24,00	138
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10		89,0	138
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12		189,0	138
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16		43,9	138
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10		292,7	182
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12		324,4	182
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16		62,9	182
Benzène		71,0	0,05
Toluène		24,0	0,05
Ethylbenzène		24,0	0,05
Xylènes	24,0	0,1	
Naphtalène	24,0	0,05	

2) Partie Sud

- concernant l'air intérieur, de la modélisation réalisée à partir des teneurs maximales mesurées dans l'air du sol (échantillons AP1 et AP3),
- concernant l'air extérieur, de la modélisation des teneurs résiduelles maximales dans les sols (échantillon E7 prélevé en flanc de fouille à l'Est du site lors des travaux de dépollution, échantillon C2 (0-0,3 m)),
- concernant le contact direct, des teneurs résiduelles maximales dans les sols (échantillon E7 prélevé en flanc de fouille à l'Est du site lors des travaux de dépollution, échantillon C2 (0-0,3 m)).

Pour la modélisation du transfert de polluants dans l'air extérieur et pour le contact direct, une proportion de 50 % d'hydrocarbures aromatiques et de 50 % d'hydrocarbures aliphatiques est prise en compte (hypothèse majorante).

Si les teneurs sont inférieures à la limite de quantification, cette valeur est retenue pour la suite de l'étude (hypothèse majorante).

*AP1, AP2, AP3 (Nord) 1000 mg/kg*  
*AP4, AP5 (Est) 1000 mg/kg*  
*AP6, AP7 (Sud) 1000 mg/kg*  
*AP8, AP9 (Ouest) 1000 mg/kg*

Le tableau ci-après présente les concentrations en polluants dans les sols et l'air du sol utilisées pour la modélisation :

Substance	Prélèvement représentatif	Concentration dans l'air du sol ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concentration dans les sols ( $\text{mg}/\text{kg MS}$ )
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8	Air du sol : AP3 sol : E7, C5	24,00	20,32
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10		39,8	20,32
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12		79,8	50,81
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16		31,2	637,16
Hydrocarbures aliphatiques >C16-C21		2,4	1636,08
Hydrocarbures aliphatiques >C21-C35		2,4	1151,35
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10		146,4	20,32
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12		175,0	50,81
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16	Air du sol : AP1 sol : E7, C5	40,0	637,16
Hydrocarbures aromatiques >C16-C21	Air du sol : AP3, sol : E7, C5	24	1636,08
Hydrocarbures aromatiques >C21-C35		24	1151,35
Benzène	Air du sol : AP1 et AP3 sol : C2	71,0	0,05
Toluène		24,0	0,08
Ethylbenzène		24,0	0,05
Xylènes		24,0	0,09
Naphtalène		24	0,13

Les équations permettant le calcul des concentrations dans l'air intérieur du bâtiment sont issues du modèle de transfert Johnson & Ettinger développé par l'USEPA. Ce modèle prend en compte les phénomènes de diffusion et de convection, dont le rôle et l'importance respectifs sont fonction des caractéristiques du site et du bâtiment (USEPA, 2004)<sup>6</sup>.

Les paramètres utilisés pour la modélisation (voir en **Annexe 8**) sont issus préférentiellement des données obtenues sur site ou localement (caractéristiques du sol, ...) et du scénario envisagé et, à défaut, de données issues de la littérature.

<sup>6</sup> USEPA, 2004 - User's guide for evaluating subsurface vapour intrusion into buildings

Les concentrations dans les milieux d'exposition sont présentées dans les tableaux suivants :

1) Partie Nord

Substance	Concentrations dans les milieux d'exposition ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	Air extérieur - adulte	Air extérieur - enfant	Air intérieur logement
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8	4,20E-01	5,80E-01	4,63E-03
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10	1,57E+00	2,16E+00	1,72E-02
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12	3,34E+00	4,58E+00	3,64E-02
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16	7,80E-01	1,06E+00	8,46E-03
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10	5,17E+00	7,09E+00	5,64E-02
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12	6,70E-01	9,10E-01	6,25E-02
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16	1,30E-01	1,80E-01	1,21E-02
Benzène	1,01E+00	1,38E+00	1,36E-02
Toluène	3,70E-01	5,00E-01	4,59E-03
Ethylbenzène	1,80E-01	2,60E-01	4,55E-03
Xylènes	2,80E-01	3,90E-01	4,53E-03
Naphtalène	2,14E-03	2,93E-03	4,45E-03

2) Partie Sud

Substance	Concentrations dans les milieux d'exposition ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Concentration dans les sols (mg/kg MS)
	Air extérieur	Air intérieur	
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8	4,20E-01	4,63E-03	20,32
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10	7,00E-01	7,67E-03	20,32
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12	1,41E+00	1,54E-02	50,81
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16	5,50E-01	6,01E-03	637,16
Hydrocarbures aliphatiques >C16-C21	-	-	1636,08
Hydrocarbures aliphatiques >C21-C35	-	-	1151,35
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10	3,59E-01	2,82E-02	20,32
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12	1,86E-01	3,37E-02	50,81
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16	4,49E-01	7,71E-03	637,16
Hydrocarbures aromatiques >C16-C21	-	-	1636,08
Hydrocarbures aromatiques >C21-C35	-	-	1151,35
Benzène	1,01E+00	1,36E-02	0,05
Toluène	3,67E-01	4,59E-03	0,08
Ethylbenzène	1,87E-01	4,55E-03	0,05
Xylènes	2,54E-01	4,53E-03	0,09
Naphtalène	5,57E-03	4,45E-03	0,13

Remarque : les teneurs dans l'air des hydrocarbures C16 à C35 ne sont pas modélisées car ces substances sont très faiblement volatiles et aucune Valeur Toxicologique de Référence n'est disponibles pour cette voie d'exposition.

### 7.3.3 DOSE JOURNALIÈRE D'EXPOSITION

La Dose Journalière d'Exposition (DJE) est la quantité moyenne journalière de polluant à laquelle est soumis un individu. Elle est exprimée par :

- **Pour la voie d'exposition par inhalation**

$$DJE = C_{ai} \times F$$

DJE : Dose Journalière d'Exposition (mg/m<sup>3</sup>)

C<sub>ai</sub> : Concentration dans l'air (mg/m<sup>3</sup>)

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

- **Pour la voie d'exposition par ingestion**

$$DJE = \frac{C_i \times Q_{ij} \times F}{P}$$

DJE : Dose Journalière d'Exposition (mg/kg/j)

C<sub>i</sub> : concentration d'exposition relative au milieu i en mg/l ou mg/kg

Q<sub>ij</sub> : quantité de milieu i (sol, eau, ...) administré par la voie j en l/j ou kg/j

P : masse corporelle de la cible (kg)

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

## 7.4 CARACTÉRISATION DES RISQUES POUR LA SANTÉ

### 7.4.1 MÉTHODOLOGIE

La caractérisation des risques est une quantification des risques en comparant les VTR et les DJE. Elle est réalisée en distinguant les effets avec ou sans seuil.

Les effets à seuil sont les effets qui surviennent au-delà d'une dose administrée, pour une durée d'exposition déterminée à une substance isolée. L'intensité des effets croît avec l'augmentation de la dose administrée. Ce sont principalement les effets non cancérigènes qui sont classés dans cette famille.

Les effets sans seuil sont les effets qui apparaissent quelle que soit la dose reçue. La probabilité de survenue croît avec la dose et la durée d'exposition mais l'intensité de l'effet n'en dépend pas. Cette famille concerne principalement les effets cancérigènes génotoxiques.

#### 7.4.1.1 Quotient de Danger (effets à seuil)

La caractérisation des risques pour les effets à seuil s'exprime pour chaque substance et chaque voie d'exposition par un Quotient de Danger (QD). Celui-ci s'exprime par la formule suivante :

$$QD = \frac{DJE}{VTR}$$

*DJE* : Dose journalière d'exposition en  $mg/m^3$

*VTR* : Valeur Toxicologique de Référence en  $mg/m^3$  issue des bases de données toxicologiques.

**Lorsque le Quotient de Danger QD est inférieur à 1, le risque est considéré comme acceptable (valeur repère de risque).**

Cette formule ne renseigne pas sur l'effet résultant de l'exposition à un mélange de substances. Les connaissances dans ce domaine sont limitées et on ne dispose pas de règles générales de prise en compte des effets combinés de plusieurs substances. La pratique reconnue par le Ministère en charge de l'Environnement est d'additionner les quotients de danger uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action sur le même organe cible.

Dans cette étude, en première approximation, les quotients de danger toutes substances confondues sont additionnés.

#### 7.4.1.2 Excès de Risque Individuel (effets sans seuil)

La caractérisation des risques liés à une exposition à des effets sans seuil s'exprime pour chaque substance et chaque voie d'exposition par un Excès de Risque Individuel (ERI) représentant la probabilité que l'utilisateur a de développer l'effet associé à la substance pendant sa vie du fait de l'exposition considérée. Il s'exprime par la formule suivante :

$$ERI = DJE \times ERU \times \frac{T}{Tm}$$

*ERU* : Excès de Risque Unitaire ( $mg/m^3$ )<sup>-1</sup>

*DJE* : Dose Journalière d'Exposition ( $mg/m^3$ )

*T* : durée d'exposition (en années)

*Tm* : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (en années). Pour les polluants avec effets sans seuil, *Tm* est assimilé à la durée de vie entière (prise conventionnellement égale à 70 ans, soit *Tm*=70).

Compte tenu de la présence d'adultes et d'enfants au droit du site pour la partie Nord, un ERI vie entière est calculé, en supposant une personne habitant dans le logement pendant 6 ans en tant qu'enfant puis pendant 24 ans en tant qu'adulte :

$$ERIVie - entière = \left( DJE_{enfant} \times \frac{6}{70} + DJE_{adulte} \times \frac{24}{70} \right) \times ERU$$

**D'après la politique nationale en matière de sites et sols pollués, on considère qu'un excès de risque inférieur à  $10^{-5}$ , toutes substances confondues, est acceptable (c'est-à-dire l'apparition d'un cas sur une population de 100 000 habitants).**

## 7.4.2 RÉSULTATS

### 1) Partie Nord

Les quotients de danger pour les effets avec seuil sont présentés dans le tableau suivant :

Substance	Quotient de Danger (inhalation)					
	Adulte			Enfant		
	Air intérieur	Air extérieur	Somme	Air intérieur	Air extérieur	Somme
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8	1,71E-07	8,60E-07	1,03E-06	1,78E-07	1,19E-06	1,37E-06
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10	1,17E-05	5,91E-05	7,08E-05	1,22E-05	8,14E-05	9,36E-05
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12	2,47E-05	1,26E-04	1,51E-04	2,58E-05	1,73E-04	1,98E-04
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16	5,74E-06	2,94E-05	3,51E-05	6,00E-06	3,99E-05	4,59E-05
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10	1,91E-04	9,74E-04	1,17E-03	2,00E-04	1,34E-03	1,54E-03
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12	2,12E-04	1,26E-04	3,38E-04	2,22E-04	1,71E-04	3,93E-04
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16	4,10E-05	2,45E-05	6,55E-05	4,29E-05	3,39E-05	7,68E-05
Benzène	3,07E-04	1,27E-03	1,58E-03	3,22E-04	1,73E-03	2,05E-03
Toluène	6,22E-07	2,79E-06	3,41E-06	6,51E-07	3,77E-06	4,42E-06
Ethylbenzène	3,09E-06	6,78E-06	9,87E-06	3,23E-06	9,79E-06	1,30E-05
Xylènes	7,06E-06	2,42E-05	3,13E-05	7,39E-06	3,38E-05	4,12E-05
Naphtalène	1,01E-03	2,62E-03	3,62E-03	1,05E-03	3,58E-03	4,63E-03
<b>Somme totale</b>	-	-	0,005	-	-	0,007

Concernant les effets avec seuil pour la partie Nord du site, les résultats mettent en évidence des quotients de danger (QD) tous inférieurs à 1 pour les adultes et les enfants. La somme des QD pour toutes substances et voies d'exposition confondues est également inférieure à 1.

Les excès de risque individuel pour les effets sans seuil sont présentés dans le tableau suivant :

Substance	Excès de Risque Individuel vie entière		
	Air intérieur	Air extérieur	Somme*
Benzène	3,11E-08	1,76E-08	4,87E-08
Naphtalène	4,44E-08	1,66E-07	2,10E-07
<b>Somme totale</b>			2,59E-07

\* somme calculée en supposant une personne habitant sur le site pendant 30 ans (dont 6 ans en tant qu'enfant)

Les résultats mettent en évidence des Excès de Risque Individuel (ERI) vie-entière pour chaque substance et une somme des ERI vie-entière toutes substances confondues inférieurs à la valeur repère de  $10^{-5}$ .

Ainsi, dans le cadre de cette étude et pour le scénario et les hypothèses considérés dans la partie Nord du site, il n'existe aucun risque inacceptable lié à l'inhalation d'hydrocarbures volatils, d'hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX) et de naphthalène dans l'air extérieur et intérieur au droit du site.

## 2) Partie Sud

Les quotients de danger pour les effets avec seuil sont présentés dans le tableau suivant :

Substance	Quotient de Danger				
	Air intérieur	Air extérieur	Contact direct Ingestion poussières	Contact direct Inhalation poussières	Somme
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8	4,42E-08	5,73E-07	1,79E-07	7,28E-10	7,97E-07
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10	1,35E-06	1,76E-05	8,94E-06	1,34E-08	2,79E-05
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12	2,71E-06	3,54E-05	2,23E-05	3,35E-08	6,05E-05
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16	1,06E-06	1,38E-05	2,80E-04	4,20E-07	2,96E-04
Hydrocarbures aliphatiques >C16-C21	-	-	3,60E-05	-	3,60E-05
Hydrocarbures aliphatiques >C21-C35	-	-	2,53E-05	-	2,53E-05
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10	2,48E-05	4,51E-05	2,23E-05	6,70E-08	9,23E-05
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12	2,96E-05	2,34E-05	5,59E-05	1,67E-07	1,09E-04
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16	6,78E-06	5,64E-05	7,01E-04	2,10E-06	7,66E-04
Hydrocarbures aromatiques >C16-C21	-	-	2,40E-03	-	2,40E-03
Hydrocarbures aromatiques >C21-C35	-	-	1,69E-03	-	1,69E-03
Benzène	7,97E-05	8,46E-04	5,50E-07	1,10E-09	9,26E-04
Toluène	1,61E-07	1,84E-06	4,56E-08	1,09E-11	2,05E-06
Ethylbenzène	8,00E-07	4,70E-06	2,20E-08	3,30E-11	5,52E-06
Xylènes	1,83E-06	1,47E-05	1,98E-08	1,36E-10	1,65E-05
Naphtalène	2,61E-04	4,66E-05	2,86E-07	2,86E-08	3,08E-04
<b>Somme totale</b>					<b>0,007</b>

Concernant les effets avec seuil pour la partie Sud du site, les résultats mettent en évidence des quotients de danger (QD) tous inférieurs à 1 pour les travailleurs. La somme des QD pour toutes substances et voies d'exposition confondues est également inférieure à 1.

Les excès de risque individuel pour les effets sans seuil sont présentés dans le tableau suivant :

Substance	Excès de Risque Individuel				Somme
	Air intérieur	Air extérieur	Contact direct Ingestion poussières	Contact direct Inhalation poussières	
Benzène	2,21E-08	1,13E-07	6,91E-11	1,04E-12	1,35E-07
Naphtalène	1,57E-08	2,72E-09	3,92E-10	5,88E-12	1,88E-08
<b>Somme totale</b>					<b>1,54E-07</b>

Les résultats mettent en évidence des Excès de Risque Individuel (ERI) et une somme des ERI toutes substances confondues inférieurs à la valeur repère de  $10^{-5}$ .

**Ainsi, dans le cadre de cette étude et pour le scénario et les hypothèses considérés dans la partie Sud du site, il n'existe aucun risque inacceptable lié à la présence d'hydrocarbures volatils, d'hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX) et de naphtalène dans les sols au droit du site.**

## 7.5 HYPOTHÈSES ET ÉVALUATION DES INCERTITUDES

L'évaluation des risques sanitaires est basée sur un certain nombre d'incertitudes à chaque étape de la démarche.

En effet, la précision des résultats est limitée par de nombreuses variables (incertitudes des mesures,...) mais aussi par des données limitées en l'état actuel des connaissances (VTR basées sur des données animales, modélisation,...).

*C'est pour cette raison que la démarche d'évaluation des risques ne prétend pas être une quantification exhaustive de l'ensemble des risques engendrés par les substances présentés sur le site mais plutôt une estimation de ces risques dans l'état actuel des connaissances.*

Dans le cadre de cette étude, les incertitudes entourant l'ensemble des paramètres issus de la littérature étant le plus souvent inconnues, il n'apparaît pas pertinent de réaliser une estimation quantitative des incertitudes. C'est pour cette raison que la démarche retenue est de lister l'ensemble des incertitudes et des hypothèses retenues dans l'étude.

Les incertitudes et hypothèses et leurs effets sur la caractérisation des risques sont présentés ci-après. Elles mettent en évidence que les quantifications des risques réalisées ici sont basées sur des hypothèses raisonnablement majorantes.

Incertitudes	Hypothèses majorantes
<b>Identification des dangers</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incertitudes liées au prélèvement, à l'échantillonnage et à l'analyse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Non prise en compte des phénomènes de dégradation photochimique et de biodégradation des substances dans le temps.</li> <li>• Pour les substances considérées, lorsque des teneurs sont inférieures aux limites de quantification, une teneur égale à cette limite de quantification est prise en compte.</li> </ul>
<b>Evaluation du rapport dose-réponse</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incertitudes liées au calcul des VTR : facteurs d'incertitude et VTR définies à partir de données animales.</li> <li>• Choix de la VTR conformément à la circulaire du 30 mai 2006.</li> <li>• Pour les hydrocarbures, VTR établies pour des groupements de substances.</li> <li>• Non prise en compte de l'interaction possible entre plusieurs substances.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assimilation des xylènes totaux au m-xylène, substance la plus volatile.</li> </ul>
<b>Evaluation de l'exposition</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incertitudes liées à la modélisation.</li> <li>• Absence de vide-sanitaire : construction du bâtiment sur une dalle béton de 10 cm d'épaisseur pour les 2 scénarios.</li> <li>• Répartition théorique des fractions carbonées pour les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques.</li> <li>• Les paramètres de transfert sont issus si possible de données propres au site et par défaut de données de la littérature.</li> <li>• Les caractéristiques du sous-sol du site sont issues des analyses en laboratoire accrédité et de données bibliographiques d'après les constats de terrain.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diamètre de la zone contaminée égale à 40 m.</li> <li>• Modélisation à partir des teneurs maximales dans les milieux sources.</li> <li>• Zone polluée supposée découverte (absence d'enrobé, espace vert) pour la modélisation vers l'air extérieur avec le modèle CSOIL.</li> <li>• Taux de ventilation majorant (0,25 fois par heure).</li> <li>• En l'absence d'analyse de répartition des chaînes carbonées (TPH) réalisée sur les sols, une proportion de 50 % d'hydrocarbures aromatiques et de 50 % d'hydrocarbures aliphatiques est prise en compte pour la modélisation du transfert de polluants vers l'air extérieur (hypothèse majorante).</li> </ul>
<b>Caractérisation des risques</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Additivité des QD et des ERI des substances.</li> </ul>

## 8. CONCLUSION

Dans le cadre de la cessation d'activité du dépôt pétrolier localisé 36 rue Charles Gide à Alençon (61), et afin de répondre à la demande de la DRIRE de l'Orne (courrier ref D.P.2008.531), la SAS COMBUSTIBLES DE L'OUEST a mandaté INOVADIA afin de réaliser des investigations complémentaires et une Analyse des Risques Résiduels (ARR) permettant de valider la compatibilité de la qualité des milieux sur site avec leurs usages envisagés.

Les investigations approfondies réalisées les 23, 24 et 30/09/2009 et le 01/10/2009 ont consisté en la réalisation de 11 sondages de sols, dont trois ont été équipés en piézairs, pour le prélèvement et l'analyse en laboratoire accrédité d'échantillons de sols et d'air du sol. Les eaux souterraines ont été prélevées dans les piézomètres accessibles au droit du site.

Les investigations et les résultats des analyses effectués en laboratoire accrédité sur les échantillons prélevés ont permis de mettre en évidence :

- concernant les sols :
  - des constats organoleptiques de pollution moyens en profondeur en partie centrale du site (C4 entre 2 et 4 m et C6 entre 6 et 7,6 m de profondeur) et faibles voire inexistantes sur les autres sondages.
  - une teneur significative en hydrocarbures C10 à C40 en partie centrale du site en C5 entre 3 et 4,8 m de profondeur et des teneurs en hydrocarbures C5 à C40 faibles et non significatives sur l'ensemble des autres échantillons analysés,
  - des teneurs en hydrocarbures et en BTEX toutes faibles voire inférieures aux limites de quantification sur l'ensemble des échantillons analysés,
  - des teneurs en Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) faibles en surface en C2 entre 0 et 0,3 m de profondeur, en partie centrale du site, et très faibles voire inférieures aux limites de quantification sur l'ensemble des autres échantillons analysés,
  - des teneurs en Polychlorobiphényles (PCB) toutes inférieures aux limites de quantification pour l'échantillon analysé,
- concernant l'air du sol, des teneurs en hydrocarbures aliphatiques > C8 à C12 et aromatiques C6 à C16 faibles pour l'ensemble des échantillons analysés et des teneurs en autres fractions carbonées, BTEX et naphthalène inférieures aux limites de quantification pour l'ensemble des échantillons analysés,
- concernant les eaux souterraines :
  - des niveaux d'eau stabilisés à environ 9 m de profondeur lors de la mesure du 24/09/2009, un sens d'écoulement au droit du site du Nord-Est vers le Sud-Ouest positionnant le piézomètre Pz2 en amont, Pz1 en latéral hydraulique et Pz3 en aval hydraulique des anciennes installations pétrolières du dépôt pétrolier (gradient hydraulique de 2,45 %) à confirmer après la réfection de l'étanchéité du piézomètre Pz2,
  - des teneurs en hydrocarbures C5 à C10 significatives mais inférieures à la valeur guide considérée pour l'ensemble des piézomètres, celles-ci pouvant refléter la présence de Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV) ayant été mis en évidence en amont hydraulique du site lors de la campagne de surveillance d'octobre 2005,
  - des teneurs en naphthalène et benzène faibles pour les trois piézomètres (Pz3 seulement pour le benzène), les teneurs en autres substances analysées étant toutes inférieures aux limites de quantification,

.../...

Le schéma conceptuel permettant de relier les zones polluées résiduelles attribuables au site et les enjeux au droit et autour du site a été réalisé en tenant compte de mesures simples de gestion et en considérant, pour la partie Sud du site, un usage de type industriel ou artisanal, et pour la partie Nord, un usage d'habitation ou de bureau et a mis en évidence un risque potentiel pour les futurs usagers par inhalation d'air extérieur, d'air intérieur dans un bâtiment situé au droit du site et par contact direct avec les matériaux pollués (partie Sud seulement).

Sur la base du schéma conceptuel, une Analyse des Risques Résiduels a été réalisée pour les sources de pollution résiduelles attribuables au site et pour les futurs usagers sur site et a mis en évidence l'absence de risque inacceptable :

1) en partie Nord du site, pour les adultes et les enfants exposés via l'inhalation d'air à l'extérieur et à l'intérieur d'un bâtiment construit sur une dalle béton de 10 cm, sans sous-sol, et comportant des pièces de 25 m<sup>2</sup> avec un taux de renouvellement d'air de 0,25 / heure,

2) en partie Sud du site, pour les adultes exposés via l'inhalation d'air à l'extérieur et à l'intérieur d'un bâtiment construit sur une dalle béton de 10 cm, sans sous-sol, et comportant des pièces de 25 m<sup>2</sup> avec un taux de renouvellement d'air de 0,25 / heure, et via l'inhalation et l'ingestion de sols présents en surface.

Ainsi au regard de l'ensemble des résultats, les mesures suivantes sont recommandées :

➤ dans le cadre du réaménagement du site :

- afin de supprimer toute exposition via l'ingestion de fruits, l'interdiction de la culture d'arbres fruitiers dans la zone de l'ancienne aire de chargement dans la partie Nord du site,
- afin de supprimer le transfert via une canalisation d'eau potable, la mise en place d'un fourreau étanche autour de toute canalisation d'eau potable présente au droit du site,
- l'interdiction de tout usage des eaux souterraines présentes au droit du site sans une vérification préalable de la compatibilité de cet usage avec leur qualité,

➤ la réfection du piézomètre Pz2 et la poursuite de la surveillance des eaux souterraines à une fréquence semestrielle.

La présence de la pollution résiduelle et l'ensemble de ces mesures devront être inscrites dans une restriction d'usage afin de garder leur mémoire.

Par ailleurs, en cas d'éventuels travaux de terrassement au droit du site, une gestion particulière des matériaux pollués sera à prévoir ainsi que l'information et la protection des travailleurs par le port d'Equipements de Protection Individuelle (EPI) adaptés.

*Les résultats de cette étude ne sont valables que dans le cadre des scénarios d'usage futur décrits ci-dessus. En cas de changement ultérieur d'usage, il faudra vérifier la compatibilité de la qualité des sols avec le projet envisagé par le biais d'une nouvelle étude.*

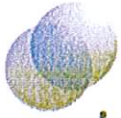
\*\*\*\*\*

# ANNEXE 1

**Figure 1 : Situation géographique détaillée**

**Figure 2 : Situation géologique au 1/50000**

**Figure 3 : Implantation des sondages et piézairs**



**inovadia**

SAS Combustibles de l'Ouest  
Ancien dépôt pétrolier - 36, rue Charles Gide  
Alençon (61)

Figure 1 : Situation géographique détaillée

Echelle  
1/25000



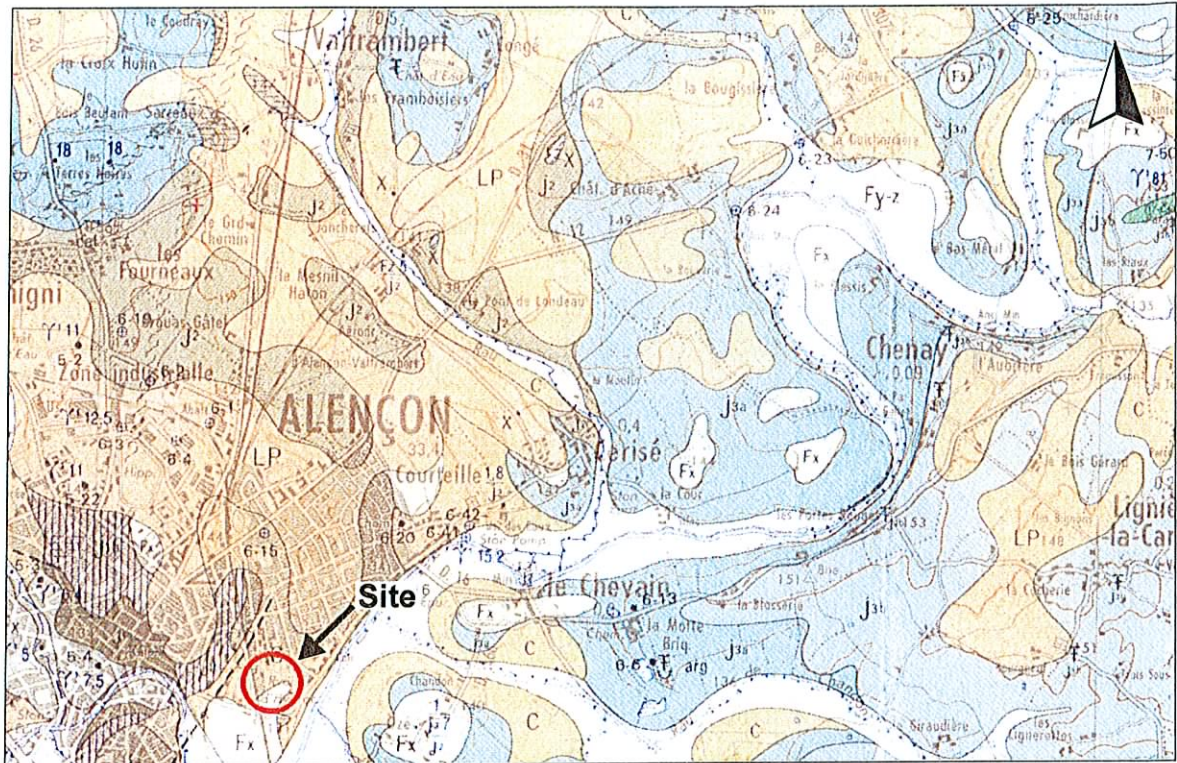


**inovadia**

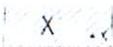
**SAS COMBUSTIBLES DE L'OUEST**  
Ancien dépôt pétrolier - 36, rue Charles Gide  
Alençon (61)

**Figure 2 : Contexte géologique**  
(Extrait de la carte géologique n°251 d'Alençon du BRGM)

**Echelle**  
1/50000



**Formations superficielles :**



Dépôts anthropiques  
• X : indication ponctuelle

Fy-z

Alluvions weichseliennes (Fy) et récentes (Fz) et fluviales  
Fy : Argile limoneuse, parfois tourbeuse, sables et graviers  
Fz : Calcaires grossiers

Fx

Alluvions anciennes des niveaux intermédiaires, calcaires grossiers

Fw Fv

Alluvions anciennes des hauts niveaux, calcaires grossiers  
accompagnés parfois d'une matrice argilo-sableuse brun-rouge à rouge  
Fv : Alluvions très anciennes (Tertiaire - Quaternaire ?)  
sables et graviers (indication ponctuelle)

LP

Limons indifférenciés  
Limons - généralement argileux - bruns ou bruns-rouge

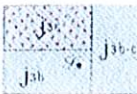
C

Colluvions indifférenciées  
éléments grossiers ou fins mis en place par ruissellement ou solifluxion  
à partir des massifs anciens, des tertaires, secondaires,  
tertiaires ou quaternaires

Cv

Colluvions très anciennes (Tertiaire - Quaternaire ?)  
argiles bariolées, micropores de carbones, graviers de quartz et de gres,  
traces de sables

**Formations tertiaires et secondaires :**



Jy-z : Partie terminale du Callovien inférieur, Callovien moyen et  
base du Callovien supérieur  
Jz : Base du Callovien supérieur - alternance d'argiles, de sables fins argileux  
et de calcaires grossiers (zone à *Pectoceras atletica*)  
Jy : Partie terminale du Callovien inférieur et Callovien moyen  
argiles et marne sableuses, calcaires grossiers  
et calcaire à petites tortueuses  
Jz : Callovien moyen à argiles ferrugineuses (indication ponctuelle)



J3a : Callovien inférieur partie basse et moyenne  
argiles calcaires et calcaires argileux à *Brachiopodes*



Jb2 : Bajocien et Bathonien indifférenciés  
calcaires à grosses ardoises et sables  
en bordure du massif de Forsegne  
Jb1 : Bathonien - calcaires micropores à Normans ou moestiques  
à Bryozoaires, poissons ardoises ou sables  
Jb : Bathonien supérieur } indication ponctuelle  
Bathonien moyen }  
Jb3 : Bajocien supérieur (Calcaire conglomère de Domagné)  
calcaire, plus ou moins micropores  
Aalenien (Arkose d'Alençon) : galets graviers, sables  
gris micropores à *Capitulum* et *Orthis*  
J : Roches plus ou moins épigénées par de la silice et de la barytine  
J : Roches du Jurassique moyen indifférencié  
entièrement épigénées par de la silice et de la barytine

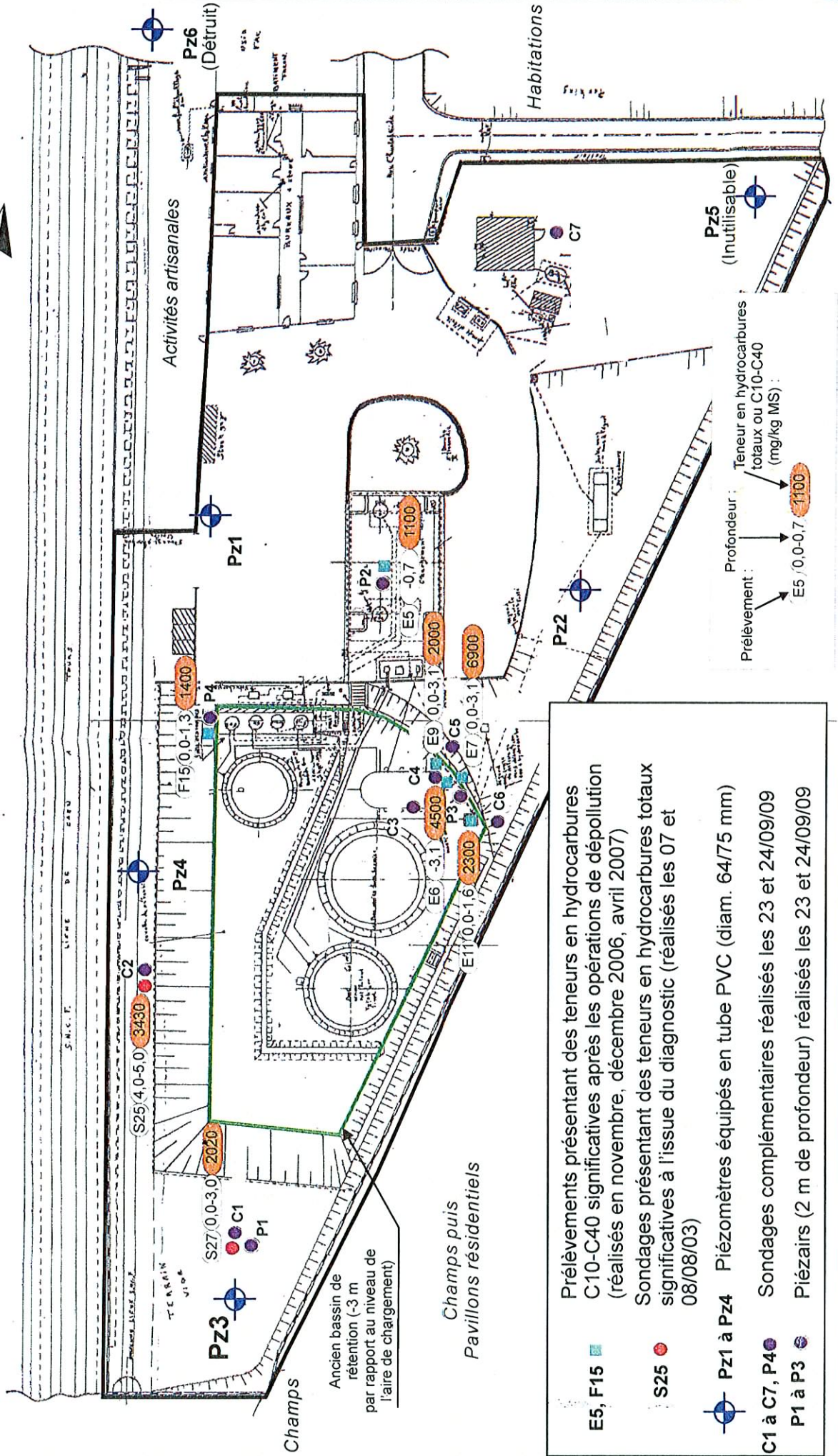


SAS COMBUSTIBLES DE L'OUEST  
Ancien dépôt pétrolier - 36, rue Charles Gide  
Alençon (61)

Figure 3 : implantation des sondages et piézaiers

0 5 10 m

Cimetière



Prélèvements présentant des teneurs en hydrocarbures C10-C40 significatives après les opérations de dépollution (réalisés en novembre, décembre 2006, avril 2007)

Sondages présentant des teneurs en hydrocarbures totaux significatives à l'issue du diagnostic (réalisés les 07 et 08/08/03)

- E5, F15
- S25
- ⊕ Pz1 à Pz4
- C1 à C7, P4
- P1 à P3

- Piézomètres équipés en tube PVC (diam. 64/75 mm)
- Sondages complémentaires réalisés les 23 et 24/09/09
- Piézaiers (2 m de profondeur) réalisés les 23 et 24/09/09

Profondeur : E5 / 0,0-0,7

Prélèvement : E5 / 0,0-0,7

Teneur en hydrocarbures totaux ou C10-C40 (mg/kg MS) : 1100

## ANNEXE 2

### Reportage photographique



**inovadia**

SAS COMBUSTIBLES DE L'OUEST  
Ancien dépôt pétrolier - 36, rue Charles Gide  
Alençon (61)

Planche 1 - Investigations complémentaires - Septembre 2009



*Sondage C1 à proximité du piézomètre Pz3*



*Sondage C2 en bordure Ouest du site*



*Sondage C3 en partie centrale du site*



*Sondage C4 en partie centrale du site*



*Sondage C5 en partie centrale du site*



**inovadia**

SAS COMBUSTIBLES DE L'OUEST  
Ancien dépôt pétrolier - 36, rue Charles Gide  
Alençon (61)

Planche 2 - Investigations complémentaires - Septembre 2009



*Sondage C6 en partie centrale du site*



*Sondage C7 en bordure Nord du site*



*Sondage P2 en partie centrale du site*



*Piézair P3 en partie centrale du site*

