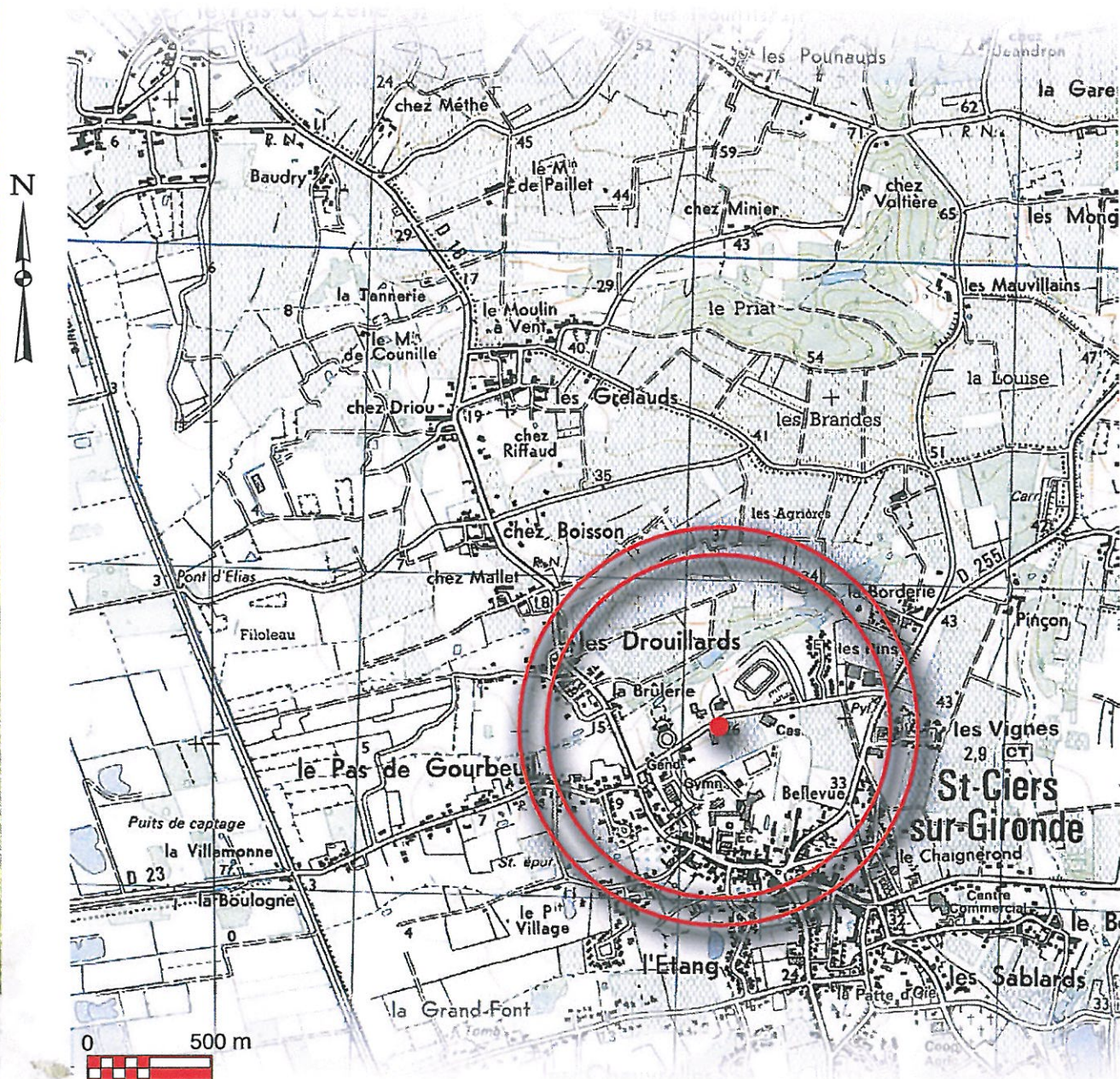


## Réhabilitation de l'ancien dépôt d'hydrocarbures

16, avenue du Général de Gaulle à 33 - Saint-Ciers-sur-Gironde

## Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS)



Septembre 2010



## Table des matières

<b>1 – Résumé des travaux .....</b>	<b>3</b>
1.1 - Travaux d'élimination des cuves et terres contaminées .....	3
1.2 – Traitement par venting et des eaux souterraines .....	4
1.2.1 - Remblaiement de l'ancienne zone de stockage d'essence .....	4
1.2.2 – Traitement des sols de la zone non saturée par venting .....	5
1.2.3 – Contrôle des concentrations résiduelles dans les gaz du sol .....	7
1.3 – Suivi du traitement des eaux souterraines .....	8
<b>2 – Schéma conceptuel.....</b>	<b>10</b>
2.1 – L'usage futur du site .....	10
2.2 – Les concentrations résiduelles .....	10
2.2.1 – Quelques définitions .....	11
2.2.2 – Concentrations résiduelles dans les sols .....	12
2.2.3 – Concentrations résiduelles dans les eaux souterraines.....	14
2.2.4 – Les gaz du sol .....	15
2.3 – Voies potentielles de migration des polluants dans les milieux ou vecteurs.....	17
2.3.1 – Connaissance de l'aquifère et de son usage.....	17
2.4 – Les cibles ou enjeux.....	19
2.5 – Le schéma conceptuel.....	19
<b>3 – Analyse des risques résiduels (ARR).....</b>	<b>21</b>
3.1 – Périmètre de l'étude.....	21
3.2 – Objectif de l'analyse des risques résiduels .....	21
3.3 - Scénarii étudiés.....	22
3.4 – Sélection des substances à étudier .....	22
3.5 – Choix des valeurs toxicologiques de référence .....	24
3.6 – Substances et concentrations retenues pour le calcul de risque .....	24
3.6.1 – Les métaux .....	24
3.6.2 – Les HCT, BTEX et HAP .....	25
3.7 – Paramètres de calcul .....	26
3.7.1 – Paramètres physico-chimiques des substances retenues : .....	26
3.7.2 – Propriété des sols .....	26
3.7.3 – Paramètres généraux .....	26
3.7.4 – Modèle inhalation à l'intérieur d'un bâtiment.....	27
3.7.5 – Modèle ingestion de fruits et légumes .....	28
3.7.6 – Modèle ingestion de sol ou de poussière de sol .....	28
3.8 – Résultats des calculs des risques sanitaires .....	29
3.8.1 – Scénarios inhalation .....	29
3.8.2 – Scénarios ingestion .....	30
3.8.3 – Bilan sur les scénarios ingestion .....	31
<b>4 – Synthèse et recommandations.....</b>	<b>32</b>
4.1 – Les servitudes : restrictions d'usage conventionnelles instituées entre les deux parties.....	32
4.1.1 - Nature .....	32
4.1.2 - Portée.....	33
4.1.3- Procédure.....	33
<b>Annexe 1 : Modèle de Johnson et Ettinger.....</b>	<b>34</b>
<b>1 - Concentration de la phase vapeur du polluant à la source de contaminée.....</b>	<b>34</b>
<b>2 - Diffusion à travers la zone capillaire .....</b>	<b>34</b>
<b>3 - Diffusion totale.....</b>	<b>35</b>

4 – Solution de transport par convection et diffusion .....	35
5 - Calcul de la concentration en polluant inhalée .....	36
5.1. Scénario sensible.....	36
5.2 Scénario non sensible.....	36
<i>Annexe 2 : Modèle HEPS 2.1.....</i>	<i>37</i>
1 – Ingestion de fruits et de légumes pollués par le sol .....	37
1.1 – Pollution par des substances organiques .....	37
1.2 - Pollution par les métaux .....	38
2 – Concentration de polluant dans les plantes .....	38
2.1 - Pollution par des substances organiques.....	38
2.2 - Pollution par des métaux .....	39
3 – Injection de fruits et de légumes pollués par de l'eau d'irrigation de la nappe .....	39
3.1 – Concentration de polluant dans les plantes .....	39
3.1.1 Pollution par des substances organiques .....	39
3.1.2 Pollution par des métaux.....	40
3.2 – Calcul des doses d'exposition.....	40
4 – Injection de poussière de sol.....	41
4.1 – Calcul des doses d'exposition.....	41
4.1.1 – Scénario sensible.....	41
4.1.2 – Scénario non sensible.....	41
5 – Calcul du risque .....	42
<i>Annexe 3 : Analyses de gaz dans les locaux actuels.....</i>	<i>43</i>

## Réhabilitation de l'ancien dépôt d'hydrocarbures de Saint-Ciers-sur-Gironde (16 avenue du Général de Gaulle, 33820)

### - Evaluation quantitative des risques sanitaires -

#### Enjeux

Le dépôt Alvea de Saint-Ciers-sur-Gironde, situé 16 avenue du Général de Gaulle a cessé son activité.

AGE Environnement a réalisé deux diagnostics (études de mai et de novembre 2007) qui ont révélé une contamination des eaux et des sols par des BTEX et des hydrocarbures totaux. Deux points de contaminations des sols au droit des stockages ont été identifiés : au droit des cuves du parc Nord et à l'aval de l'écoulement supposé du parc Est. La pollution a été identifiée jusqu'à 3 m de profondeur (4000 mg/kg HCT, 210 mg/kg de xylène). Pour l'eau : 3,9 mg/kg de HCT, 19 mg/l de xylène.

Le dossier est passé au Coderst le 9 avril 2009.

Conformément à l'article R 512-25 du Code de l'Environnement, la DREAL a proposé un projet d'arrêté de travaux, le 30 octobre 2009.

L'arrêté Préfectoral définitif a été établi le 14 décembre 2009.

Les travaux ont été confiés à la société GRS Valtech (Groupe Véolia) par la société Alvéa. Celle-ci a retenu comme Tiers expert durant la phase de travaux de réhabilitation du site, la société AGE Environnement.

La première partie de ce rapport reprend les travaux réalisés par la société Véolia.

## 1 – Résumé des travaux

### 1.1 - Travaux d'élimination des cuves et terres contaminées

Les travaux ont débuté le 24 avril 2009 par une phase d'élimination des cuves et des terres contaminées :

#### 🔥 **Elimination des cuves d'hydrocarbures après vidange, nettoyage et neutralisation :**

- 5 cuves de 50 m<sup>3</sup> de gazoles,
- 1 cuve de 30 m<sup>3</sup>, 5 cuves d'essence de 20 m<sup>3</sup>,
- 2 décanteurs/séparateurs à hydrocarbures,
- les 130 m<sup>3</sup> d'eau contenus dans les cuves et les séparateurs à hydrocarbures du site ont été traités par le dispositif de traitement installé sur le site. Les eaux traitées ont été analysées (C10-C40) et sont inférieures aux seuils de détection en BTEX,
- Les canalisations ont été extraites à la pelle mécanique.

#### 🔥 **Traitement de la zone gazole**

- La formation argileuse située sous les cuves a limité l'extension vers la nappe et vers l'aval de la contamination, c'est 390 m<sup>3</sup> de terre souillée (770 tonnes) qui ont été triés et traités en Biocentre (Occitanis à Graulhet),
- Les terres propres triées, sont stockées sur site et seront réutilisables en remblais,
- Les parois et fond de fouille ont été analysés en 30 points regroupés en 8 analyses. Les résultats montrent de très faibles concentrations (220 mg/kg maxi),
- La fouille a été remblayée avec des terres saines issues de la carrière de Saint-Christoly-de Blaye (arrêté n° 15344 du 25 août 2003).

#### ◆ **Traitement de la zone essence**

- Le sous-sol est plus perméable (argile sableuse) et la migration vers l'aval est avérée. Le volume de terre souillée est supérieur aux estimations du marché. Les terres extraites représentent un volume de 415 m<sup>3</sup>.

#### ◆ **Implantation des puits de pompage et d'un piézomètre de surveillance à l'aval**

- Trois puits ont été réalisés : P6 creusé en 220 mm et équipé en 125 mm jusqu' à 10 m de profondeur, sur la zone gazole, P2 à la pelle hydraulique jusqu'à 6,5 m équipé en 300 mm et une tranchée, réalisée à 6 m de profondeur et qui ne concerne que la nappe superficielle.
- Un piézomètre aval a été réalisé en 220 mm, équipé en 125 mm pour observer la nappe inférieure et échapper à une nappe superficielle.
- L'ensemble des ouvrages a été mesuré le 26 mai 2009. Les résultats mettent en évidence l'absence de contamination des eaux souterraines en aval du parc gazole et des concentrations en BTEX très élevées au droit du parc à cuve « essence » et à l'aval hydraulique du site, à proximité de l'aire de lavage et du décanteur nord.

Devant la quantité élevée de terre impactée (3 700 m<sup>3</sup>) et de la configuration favorable du site (zone non saturée, perméabilité élevée, substances volatiles) la solution d'un traitement par venting in situ a été choisie.

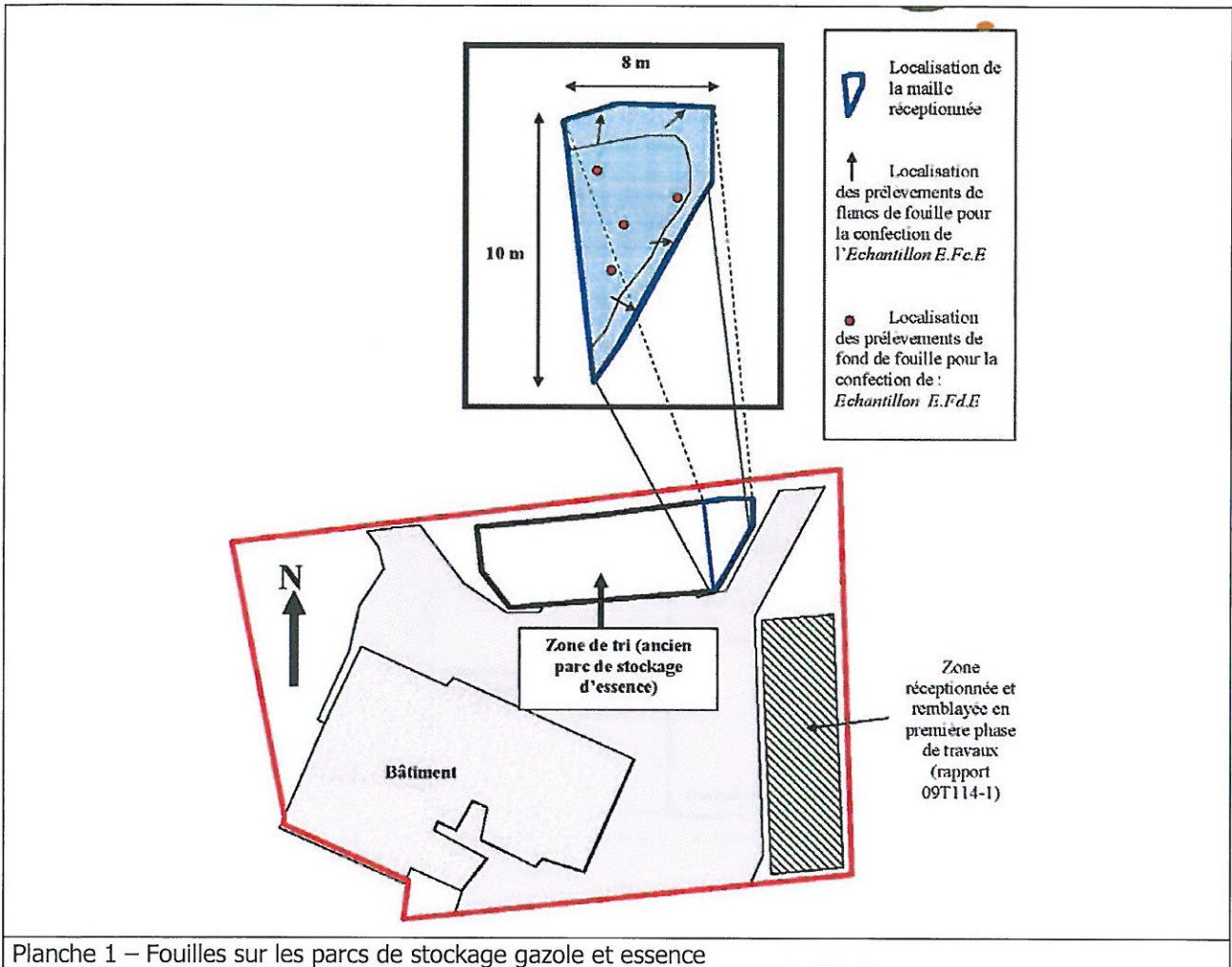
## **1.2 – Traitement par venting et des eaux souterraines**

Trois phases importantes ont été conduites :

- ◆ Remblaiement de l'ancienne zone de stockage d'essence entre le 22 mai et le 20 juillet 2009,
- ◆ Traitement de la zone non saturée par venting, du 26 juillet au 17 août,
- ◆ Traitement des eaux souterraines, mise en place du suivi, depuis le 26 mai 2009,
- ◆ Purge d'une source résiduelle identifiée au droit du sondage S6 (du 7 au 8 juin 2010).

### **1.2.1 - Remblaiement de l'ancienne zone de stockage d'essence**

- ◆ Contrôle des concentrations résiduelles en fond et flanc de fouille le 22 mai 2009,
- ◆ L'échantillonnage est conforme aux recommandations du Ministère de l'Environnement (échantillon composite homogène constitué de 4 prélèvements prélevés entre 0 et 5 cm de profondeur dans les fonds et flancs de fouille). La maille réceptionnée représente une surface d'environ 80 m<sup>2</sup>.



Les concentrations en BTEX mesurées en fond et flancs de fouille sont toutes inférieures à la sensibilité de l'analyse (inférieure au seuil de détection).

Les excavations réalisées au droit de l'ancienne zone de stockage d'essence pour l'extraction des cuves en première phase de travaux ont été remblayées le 20 juillet 2009 (516 m<sup>3</sup>).

### 1.2.2 – Traitement des sols de la zone non saturée par venting

Trente pointes filtrantes ont été implantées à la tarière mécanique du 26 au 28 juillet 2009. L'entreprise de forage est une société expérimentée en matière de sols pollués (Sogama) qui a pratiqué les travaux sous maîtrise d'œuvre Véolia :

- ◆ 28 ouvrages ont été forés en diamètre 114 mm jusqu'à 6 m de profondeur au maximum. Ils sont équipés d'un tube PVC 56/63mm plein de 0 à - 1m puis d'un tube crépiné jusqu'au fond du forage. L'espace annulaire est rempli d'un massif filtrant de gravier roulé calibré jusqu'à 0,8 m puis rempli d'un bouchon de sobranite (argile composite).
- ◆ 2 ouvrages ont été forés en diamètre 200 mm jusqu'à 11 m de profondeur au maximum. Ils sont équipés d'un tube PVC 112/125mm plein de 0 à -3m puis d'un tube crépiné jusqu'au fond du forage. L'espace annulaire est rempli d'un massif filtrant de gravier roulé calibré jusqu'à - 0,8 m puis rempli d'un bouchon de sobranite.

Les pointes filtrantes sont reliées au dispositif d'extraction d'air (500 m<sup>3</sup>/h de débit nominal) par l'intermédiaire d'un réseau aérien en PVC 63 à 110 mm (aménagé du 4 au 12 août 2009). L'air extrait est traité par adsorption dans un filtre contenant 500 kg de charbon actif.

Le schéma de l'installation est le suivant :

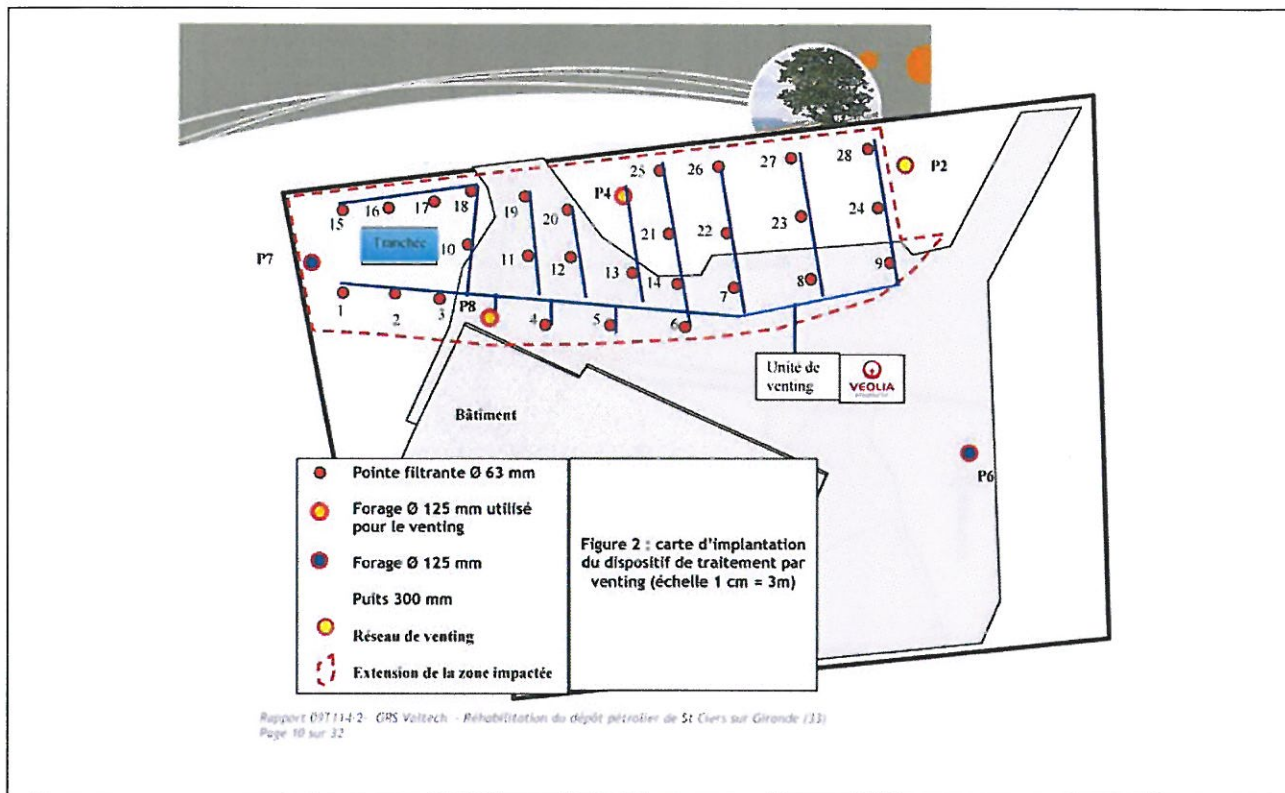


Planche 2 – Réseau de traitement par venting

La mesure initiale des concentrations en COV dans les pointes filtrantes réalisées à l'état statique était comprise entre 300 et 700 ppm mais des concentrations plus modérées (7 à 40 ppm) ont été mesurées dans la partie sud-ouest (pointes 8, 9, 14, 24).

Il est fonctionnel depuis le 17 août 2009.

La concentration moyenne en COV des gaz extraits du sol est de 700 à 800 ppm pour une dépression globale appliquée au dispositif de 32 mbar.

Au bout de plusieurs mois, une cartographie des concentrations résiduelles mesurée à l'aide d'un photo-ioniseur dynamique ont permis d'identifier 3 zones :

- zone présentant des concentrations en COV stabilisées < 50 ppm,
- zone présentant des concentrations en COV non stabilisées (> 50 ppm),
- Point ou les concentrations en COV sont élevées (230 ppm).

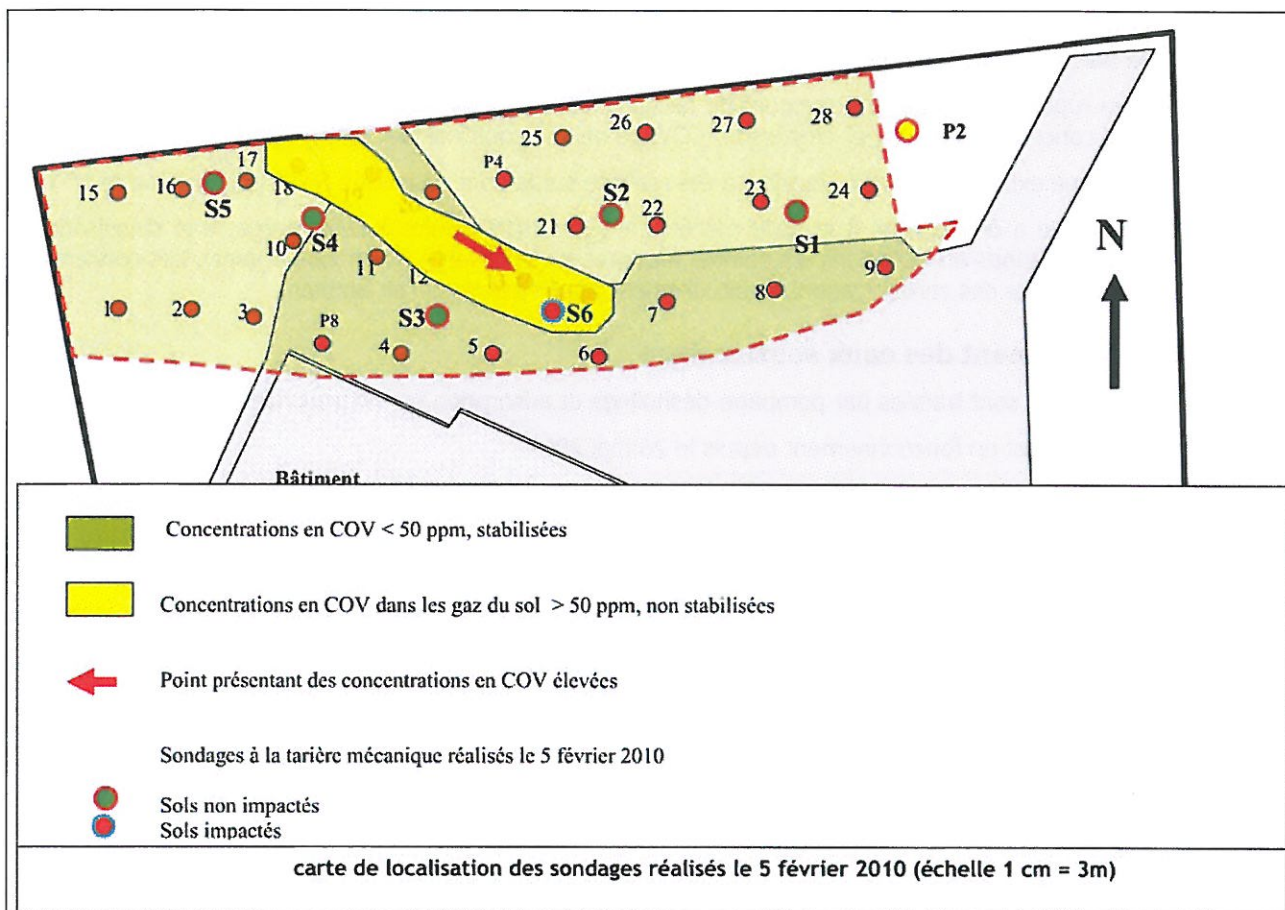


Planche 3 – Concentration en COV résiduaire dans les gaz du sol

Les concentrations en COV mesurées en sortie de filtre à charbon actif (rejet) ont été d'environ 32 ppm, valeur inférieure à la valeur maximale définie par l'arrêté du 2 février 1998, relatif aux émissions des ICPE (150 ppm).

### 1.2.3 – Contrôle des concentrations résiduaire dans les gaz du sol

Devant cette persistance, des sondages ont été réalisés.

En raison de ces résultats, six sondages ont été réalisés à la tarière mécanique jusqu'à 5 m de profondeur au droit de la zone de traitement, en date du 5 février 2010. Les C5-C10 et BTEX ont été déterminé par analyse.

SI les sondages S1 à S5 ont montré des concentrations très proches ou inférieures à la sensibilité de l'analyse, le sondage S6 a montré des concentrations élevées en :

Hydrocarbures	Concentration en mg/kg
HCT, hydrocarbures totaux	520
B	<SD
T	25
E	22
X totaux	137
Somme des CAV	340
C5-C10	190

Le sondage S6 est situé dans le secteur où les émanations de gaz sont encore importantes.

Au nord-est et sud-ouest, les concentrations en COV sont très faibles et stabilisées depuis novembre 2009, ce qui est confirmé par les analyses de sols.

Au centre, à la rupture de pente (changement de faciès et déversement de la terrasse supérieure vers la terrasse inférieure), les concentrations restent élevées en COV, ce qui est confirmé par les sondages.

Devant ce fait, une extraction de terre localisée a été réalisée sur la zone (sondage S6 et pointe filtrante n° 13).

La source résiduelle a été extraite à la pelle mécanique (juin 2010). Suite à cette purge, une stabilisation à la baisse des concentrations en COV dans les pointes filtrantes a été observé (cf : tableau joint). Les concentrations mesurées sont proches des concentrations habituellement observées dans l'air ambiant.

### 1.3 – Suivi du traitement des eaux souterraines

Les eaux de la nappe sont traitées par pompage-déshuilage et adsorption sur charbon actif.

Le traitement d'eau est en fonctionnement depuis le 26 mai 2009.

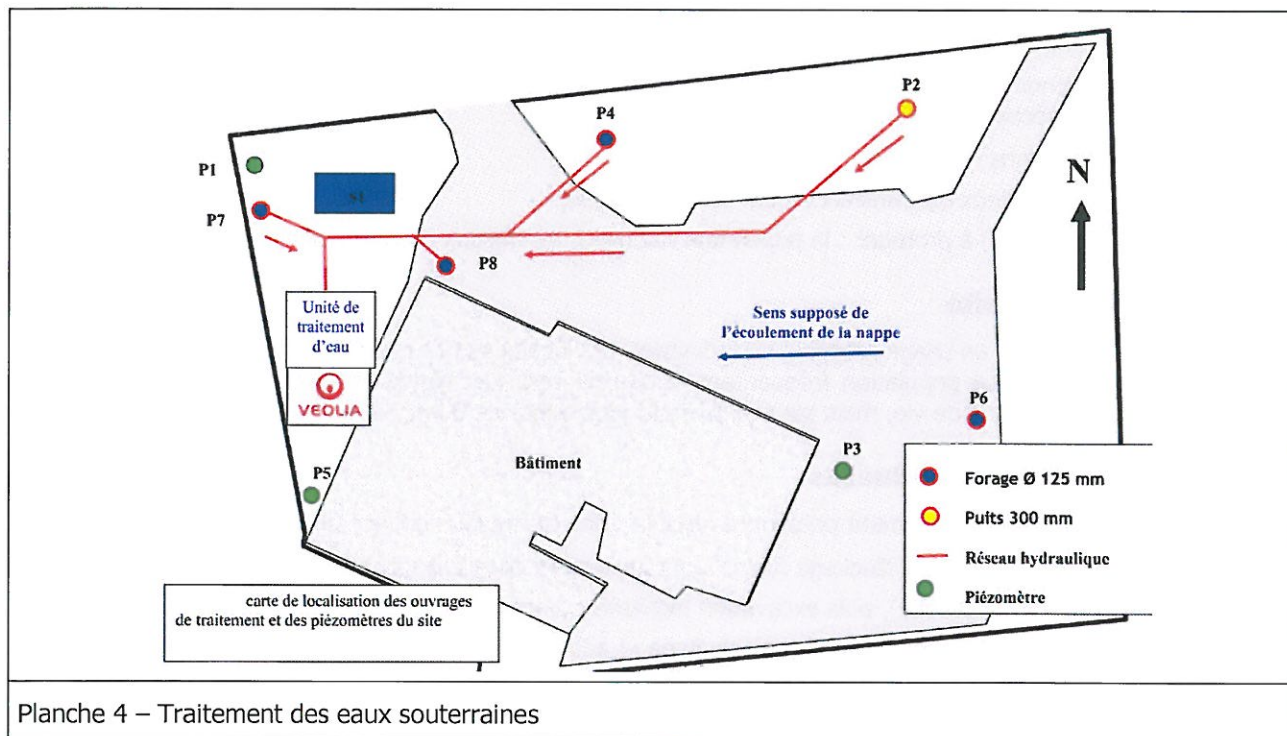
Quatre ouvrages ont été exploités : P2, P4, P7, P8. Le traitement sur le forage P6, exempt d'hydrocarbures, a été arrêté le 20 juillet 2009.

Les analyses réalisées au début du traitement montraient :

- ◆ un fort impact en BTEX sur les eaux souterraines à l'aval hydraulique (P1 et P7) et au droit de l'ancienne zone de stockage d'essence (P2). Les analyses du 6 mai 2009 montraient des concentrations en BTEX très élevées comprises entre 31 et 57 mg/L en somme des BTEX (sont 6 600 g/L de benzène dans le forage P2).
- ◆ Absence d'hydrocarbures dans l'ancienne zone de stockage des gazoles (piézomètre P6).

Le dispositif est composé :

- ◆ D'un décanteur séparateur à hydrocarbures ( $Q_{max} = 20 \text{ m}^3/\text{h}$ ),
- ◆ D'un filtre équipé d'une charge initiale d'environ 750 kg de charbon actif,
- ◆ Le rejet des eaux traitées est réalisé dans le séparateur à hydrocarbures nord du site.



Sur les forages P2 et P7, les débits sont assez faibles : 0,25 m<sup>3</sup>/h, aussi GRS Valtec a décidé d'en implanter deux supplémentaires (P4 et P8), dès septembre 2009.

Les analyses avant rejet dans le séparateur à hydrocarbures montrent des concentrations en BTEX et hydrocarbures totaux inférieures aux seuils de détection.

Le traitement est fonctionnel et le milieu ne peut être contaminé par ces rejets.

## 2 – Schéma conceptuel

Les objectifs du schéma conceptuel sont d'établir un état des lieux du site, principalement au niveau de la zone réhabilitée, et de préciser les relations entre :

- les concentrations résiduelles,
- les différents milieux de transfert et leur caractéristique,
- les enjeux ("cible") à protéger : la population riveraine, les milieux d'exploitation, l'environnement naturel.

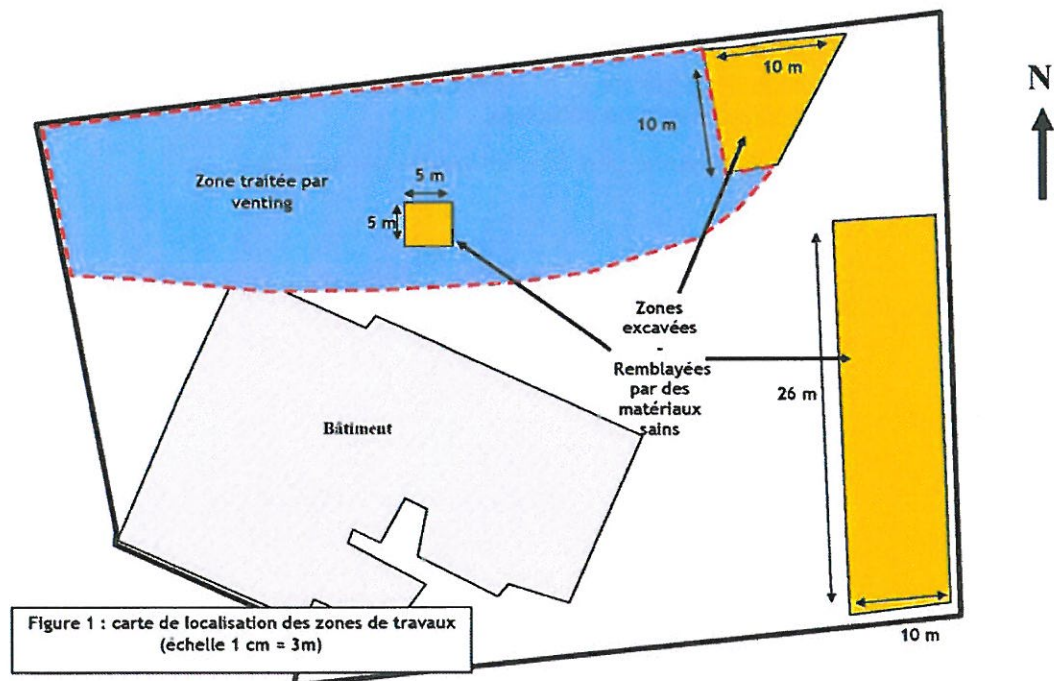
### 2.1 – L'usage futur du site

L'usage futur du site est un usage artisanal ou industriel. Les locaux seront réutilisés comme locaux commerciaux, de bureau, d'atelier,... La population fréquentant le site ne sera pas résidente, mais pourra fréquenter le site durant une longue période de vie, mais sur une période journalière de 8 heures.

### 2.2 – Les concentrations résiduelles

Les sources de pollutions initialement présentes dans la zone de travaux ont été éliminées par :

- excavation et évacuation (stockage fuel et ponctuellement zone essence)
- venting (pollution essence), puis excavation localisée sur un point,
- traitement de la nappe par pompage-déshuilage et adsorption sur charbon actif.



### 2.2.1 – Quelques définitions

#### Les polluants recherchés ont été les suivants :

**Les composés organiques volatils.** La famille des composés organiques volatils (COV) regroupe plusieurs milliers de substances telles que les hydrocarbures, les solvants, les diluants,.... Ils sont également émis de façon importante par le transport, les activités industrielles et domestiques comme le stockage de carburant, le dégraissage des métaux, le nettoyage, l'application de peinture, l'imprimerie...

**Les hydrocarbures** sont des molécules renfermant seulement des atomes de carbone et d'hydrogène. Les hydrocarbures, exception faite du plus léger d'entre eux, le méthane, qui constitue le gaz naturel, se rencontrent essentiellement dans le pétrole, roche liquide qui est un mélange complexe de ces composés. On distingue trois grandes catégories d'hydrocarbures : les hydrocarbures aliphatiques (molécules linéaires ou ramifiées en longues chaînes), les hydrocarbures aromatiques (constitués de cycles benzéniques et homologues supérieurs), les hydrocarbures hétérocycliques (cycles complexes renfermant un nombre différent de carbone).

Les produits comprenant une forte proportion de composés à haut poids sont dits lourds (cas du fuel lourd) alors que les pétroles légers contiennent une forte proportion d'aromatiques.

Les alcanes<sup>1</sup> existent sous les trois états de la matière, selon leur structure et leur masse molaire. Les alcanes à faible nombre de carbone ( $n < 5$ ) sont gazeux, puis liquides ( $15 > n > 5$ ), et les alcanes lourds ( $n > 15$ ) sont solides. On entre ensuite dans les catégories de la pétrochimie, le classement se fait essentiellement par rapport aux températures d'ébullition (séparation réalisée par distillation dans le tour de distillation de la raffinerie). Nous donnons à titre indicatif le nombre de carbones des alcanes correspondant :

Classe	Nom	Cn (nombre d'élément carbone)
Gaz légers	Gaz naturel	n = 1, 2
Gaz légers	Gaz de bonbonne	n = 3, 4
Essences légères	Ether de pétrole	n = 5, 6
Essences moyennes	Essence	n = 7, 8
Essences lourdes	White spirit	n = 9, 10
Pétroles lampant	Kérosène	n = 11, 12
Gaz-oil	Diesel	12 < n < 18
Lubrifiants légers	Huiles légères	18 < n < 26
Lubrifiants moyens	Vaseline	18 < n < 26
Lubrifiants lourds	Cires et paraffines	26 < n < 38
Résidus liquides sous pression atmosphérique	Mazouts	
Résidus solides sous pression réduite	Asphaltes	

Une analyse de ce type permet de valider la présence de gazole et d'essence/super-carburant, mais aussi d'approcher la nature du produit, ses spécificités et sa toxicité.

<sup>1</sup> molécule linéaires d'hydrocarbure saturés ( $C_nH_{2n+2}$ ).

### 2.2.3 – Concentrations résiduelles dans les eaux souterraines

La qualité des eaux souterraines est définie par l'arrêté du 11 janvier 2007. A défaut de seuils réglementaires, c'est cet arrêté qui sera utilisé.

En cas de défaut de limite de qualité des eaux, l'article R1321-2, nous dit que "les eaux destinées à la consommation humaine ne doivent pas contenir un nombre ou une concentration de micro-organismes, de parasites ou de toutes autres substances constituant un danger potentiel pour la santé des personnes, être conformes aux limites de qualité, portant sur des paramètres micro biologiques et chimiques, définies par arrêté du ministre chargé de la santé", ce qui peut impliquer dans certain cas, une étude des risques sanitaires

A l'issue des travaux, les dernières analyses sur les eaux pompées dans la zone traitée ont révélé les concentrations suivantes :

Date des dernières analyses	Unité	P2 (06/09/2010)	P7 (06/09/2010)	P4 (9/08/2010)	P8 (06/09/2010)	P6 (23/04/2010)
<b>Indice hydrocarbure</b>						
Hydrocarbures > C10-C12	mg/l	0,09	0,37	0,14	0,09	<0,05
Hydrocarbures > C12-C16	mg/l	<0,05	0,24	0,06	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C16-C21	mg/l	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C21-C35	mg/l	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Hydrocarbures > C35-C40	mg/l	<0,05	0,07	<0,05	<0,05	<0,05
<b>CAV - BTEX</b>						
Paramètre	Unité					
Benzène	µg/l	23	100	370	180	<0,5
Toluène	µg/l	41	<5	250	330	<0,5
Ethylbenzène	µg/l	<0,5	<5	63	100	<0,5
o-Xylène	µg/l	130	300	83	120	<0,5
m-, p-Xylène	µg/l	310	1000	220	340	<0,5
Cumène	µg/l	<0,5	<5	<5	<5	<0,5
Mésitylène	µg/l	77	130	21	17	<0,5
o-Ethyltoluène	µg/l	35	94	14	21	<0,5
m-, p-Ethyltoluène	µg/l	83	69	31	46	<0,5
Pseudocumène	µg/l	100	290	40	57	<0,5
Somme des CAV	µg/l	799	1993	1100	1211	-/-

Les concentrations dépassant les limites de qualité sont soulignées en bleu. Les valeurs restent élevées en BTEX et CAV (Composés Aromatiques Volatils), d'autant plus que la nappe a été analysée en une période de basses eaux, sévère.

Les hydrocarbures totaux sont absents des résultats d'analyses.

### 2.2.4 – Les gaz du sol

Les concentrations en COV sont mesurées dans les pointes filtrantes à l'aide d'un PhotoIoniseur dynamique Mini RAE 2000 après 1h d'arrêt du dispositif d'aspiration.

Ouvrage n°	26/07/10	16/08/10	06/09/10
1	2,8	0	1
2	3,2	0	1,5
3	6,1	0,7	1,2
4	13,7	0	4
5	64,9	3	49
6	11,8	2,3	13
7	9,1	0	7
8	2,5	0	1
9	7,1	5	2
10	17	5	5
11	1,4	0	1
12	3,3	2	4
13	42,5	5	11
14	19	2	10
15	21	2	12
16	15,9	0	18
17	9,9	1	21
18	30,1	9	27
19	15,7	3	11
20	9,9	2	6
21	5,9	0	1
22	7,9	2	2
23	8,2	4	1
24	0	0	3
25	1,5	3	0
26	15,1	6	1
27	8,4	2	1
28	6	2	5
P8	3,6	42	71
P4	2	1	5

- ◆ Pour la dernière campagne du 06 sept 2009, ces mesures sont relativement uniformes :

Ouvrage n°	06/09/10
25	0
1	1
8	1
11	1
21	1
23	1
26	1
27	1
3	1,2
2	1,5
9	2
22	2
24	3
4	4
12	4
10	5
28	5
P4	5
20	6
7	7
14	10
13	11
19	11
15	12
6	13
16	18
17	21
18	27
5	49
P8	71

### 2.3 – Voies potentielles de migration des polluants dans les milieux ou vecteurs

Trois milieux sont susceptibles de propager le polluant résiduaire.

- Le sol, mais son revêtement empêchera tout contact, avec la population qui fréquentera le site et évitera tout envol de poussière.
- La nappe des alluvions : de façon directe, les écoulements souterrain se font dans les sables et galets sous un horizon d'argile limoneuse, isolant la nappe de la surface. L'ensemble reste relativement perméable et donc sensible aux fluides de surface.
- le réseau pluvial, qui est indirectement relié au site,

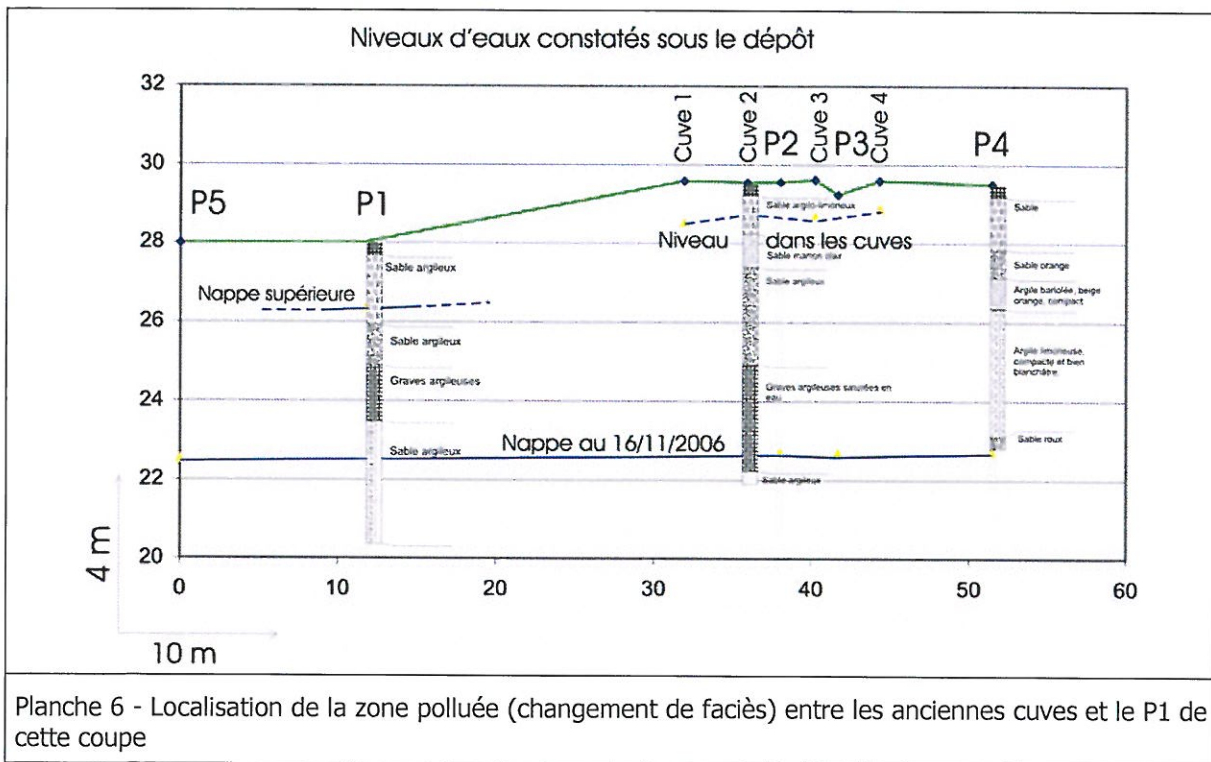
Le principal vecteur est constitué par l'eau de la nappe vers l'extérieur du site.

Les autres voies de transfert sont les suivantes :

- L'inhalation de ces substances après dégazage depuis la nappe vers l'intérieur des locaux ou du parking;
- La consommation de végétaux des jardins arrosés avec les eaux de la nappe ;
- La consommation de végétaux ayant poussés au droit de la zone réhabilitée ;
- L'ingestion de poussières des terres ou l'ingestion directe de terre (dans le cas des nourrissons).

#### 2.3.1 – Connaissance de l'aquifère et de son usage

Une nappe est située sous le dépôt.



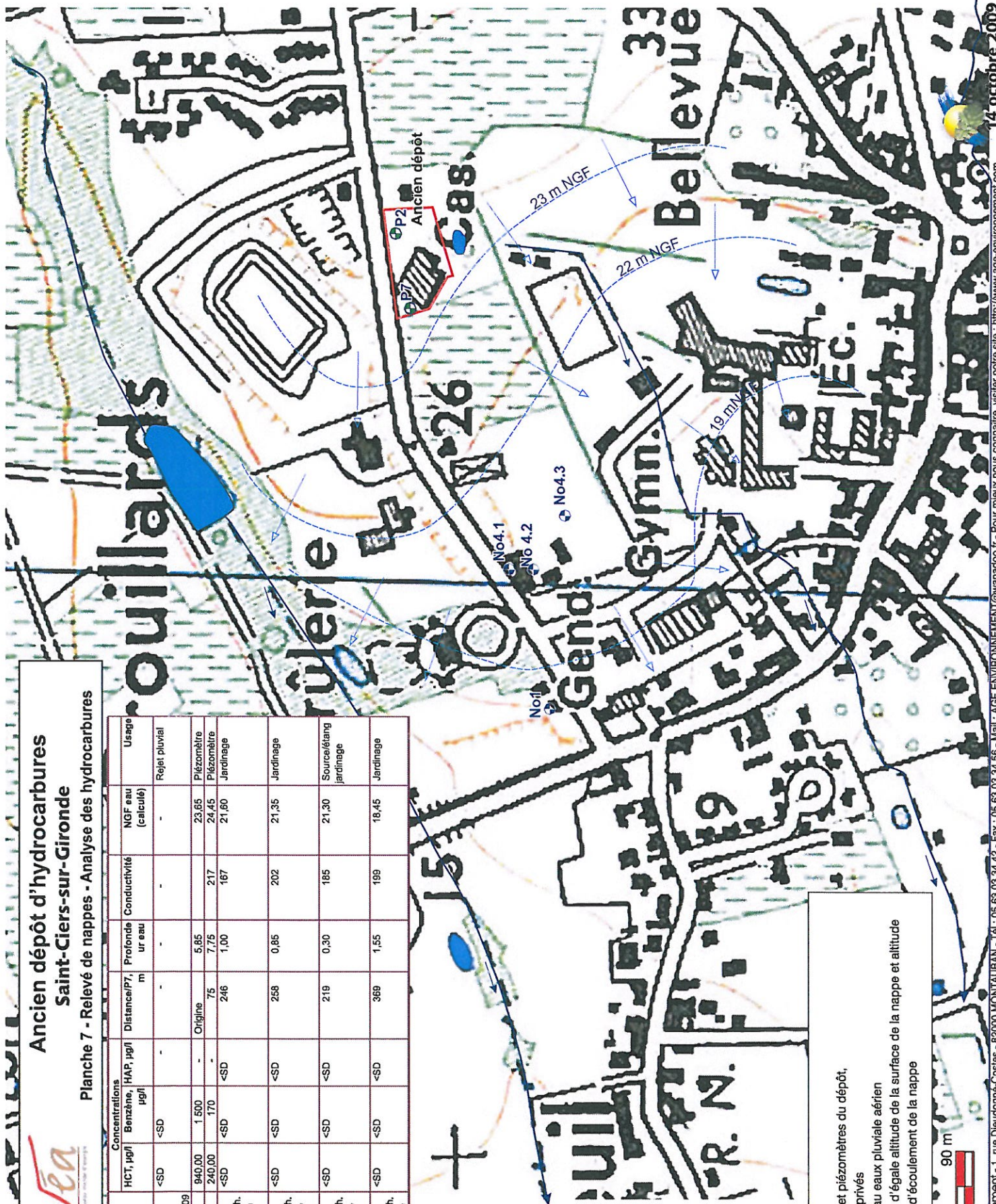
Les terrains dominant de 25 mètres la plaine des alluvions de la Gironde. Ils, appartiennent au système de l'embouchure de la Gironde. Il présente une superposition de formations affleurantes allant du Quaternaire à l'Eocène. Le dépôt repose sur des alluvions (alluvions sableuses gris-rousses, grossier, gravier) de la Gironde recouvrant en faible épaisseur des argiles jaunes, rognons calcaires appartenant au paléogène (Tertiaire, Eocène: sables fins et grossiers à graviers, argiles sableuses et marnes jusqu'à 100 m de profondeur).

Planche 7 : carte piézométrique

# Ancien dépôt d'hydrocarbures Saint-Ciers-sur-Gironde

## Planche 7 - Relevé de nappes - Analyse des hydrocarbures

Eaux de rejets (22/09/2009)	Concentrations			Distance/P7, m	Profondeur eau, m	Conductivité	NGF eau (calculé)	Usage
	HCT, µg/l	Benzène, HAP, µg/l	µg/l					
P7	940,00	<SD	<SD	Origine	5,95	217	23,65	Rejet pluvial
P2	240,00	<SD	<SD	75	7,75	167	24,45	Piézomètre
No 4 avenue Ch. De Gaulle 4.1	<SD	<SD	<SD	246	1,00		21,60	Jardinage
No 4 avenue Ch. De Gaulle 4.2	<SD	<SD	<SD	258	0,85	202	21,35	Jardinage
No 4 avenue Ch. De Gaulle 4.3	<SD	<SD	<SD	219	0,30	185	21,30	Source/étang jardinage
No 1, avenue Ch. De Gaulle	<SD	<SD	<SD	369	1,55	199	18,45	Jardinage



**Légende**

- P1 Puits et piézomètres du dépôt,
- no 1 Puits privés
- Réseau eaux pluviales aérien
- - - 29 - - - Ligne d'égalité altitude de la nappe et altitude
- Sens d'écoulement de la nappe





Les formations hétérogènes constituant les coteaux sur lesquelles se trouve le site constituent des formations aquifères multicouches drainées par la plaine de la Gironde. Il s'agit de formations sablo-limoneuses à sablo-argileuses d'âge éocène. Des horizons argilo-sableux s'intercalent et compartimentent l'aquifère. Ces niveaux peuvent être remaniés fortement et de ce fait les formations aquifères sont hétérogènes et discontinues, donc de faible amplitude.

A la jonction de ces deux formations se trouvent des captages de sources ou des puits dont certains sont utilisés pour l'eau potable.

Les petits ruisseaux, affluents de la Gironde sont en équilibre avec ces petits aquifères, qu'il draine. Le niveau de la nappe est situé entre 1 et 6 m de profondeur selon les endroits, ce qui confirme l'hétérogénéité des terrains.

A l'ouest, le contact sable éocène/alluvions, à la rencontre des coteaux et de la plaine est marqué par une ligne de drainage exploitée pour l'eau potable.

De façon générale, l'écoulement de la nappe suit la topographie et les moindres dépressions marquées par le réseau hydraulique de surface, fragmente et draine ce petit aquifère.

Des sources diffusent occupent les dépressions et les riverains ont parfois capté l'eau entre 30 et 90 cm, simplement en creusant sans aménager de puits.

Les conductivités sont faibles, indiquant des eaux de circulation récente, ayant peu séjourné dans l'aquifère et en relation avec les eaux d'infiltration (pluies). Elles sont similaires à celles mesurées sur le site : l'aquifère est le même.

Cette nappe est en interaction avec les eaux de surface et sensible aux pollutions. Cependant les analyses des ouvrages souterrains sont exemptes d'hydrocarbures totaux, de BTEX, de HAP. Aucun BTEX n'a été identifié, alors qu'ils sont majoritaires sur le dépôt.

## 2.4 – Les cibles ou enjeux

L'usage du site est un usage de bureau, artisanal, commercial, voire mixte, assez semblable à celui qu'il avait durant l'exploitation du dépôt d'hydrocarbures.

Les cibles seront donc constituées par les futurs usagers (employés, clients de tout âge) et leur environnement. Plus largement, tout l'écosystème locale est une cible potentielle : faubourg de Saint-Ciers-sur-Gironde, situé sur l'axe d'écoulement de la nappe.

Les terrains en aval du dépôt sont en friches, occupés depuis peu de décennies par des locaux artisanaux (entreprise de peinture), un dépôt de matériaux de construction, les ateliers municipaux, la caserne des Pompiers, une école, un grand parking, des gymnases, un stade. De ce fait on ne trouve pas de puits à moins de 200 m du dépôt.

Nous avons recensés 5 puits et ouvrages en relation avec les eaux souterraines. Ces points sont relativement éloignés du dépôt.

Comme le réseau pluvial draine la nappe de surface dans les dépressions et aux points les plus profonds des fossés, nous avons complété les relevés de nappe par des prélèvements d'eau de surface.

Aucun captage d'eau destinée à la consommation humaine n'existait en aval du dépôt au moment de la réalisation de ce rapport.

## 2.5 – Le schéma conceptuel

Le schéma conceptuel permet d'appréhender l'état des pollutions des milieux et les modes de contamination potentiels au regard des activités et des usages qui existent sur le site étudié et dans son environnement

Le schéma conceptuel suivant permet de définir le triptyque « source/transfert/ Enjeux (cible) » est présenté en page suivante.



# Ancien dépôt d'hydrocarbures Saint-Ciers-sur-Gironde Planche 8 - Schéma conceptuel

## Milieu Air

Depuis l'arrêt de l'activité sur le site, il n'y a pas d'émissions gazeuses sur le site. Risque de dégazage de la pollution de la nappe vers l'atmosphère.

La "rose de direction divergente des vents", fait apparaître deux directions privilégiées, vers l'ouest et vers l'est.  
Les vents sont fréquents et sont à même de disperser les rares émanations.

**Sources possible (Hydrocarbures dans le sol) :**  
1) terre souillée résiduelle sur site pollué  
2) Nappe localement contaminée par hydrocarbures

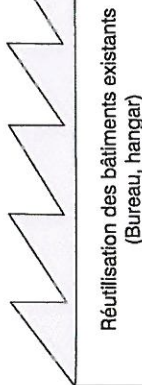
### Transfert de pollution :

- 1) Dégazage de la nappe vers l'extérieur,
- 2) Transfert via les eaux souterraines,
- 3) Consommation jardin arrosé avec eau de nappe
- 4) Envois de poussières et ingestion

Sur le site = usages maîtrisés

Hors site = usages constatés non maîtrisés

Air extérieur non vicié



**Nord-est**

Avenue G<sup>e</sup> de Gaulle

Dégazage, inhalation

0 m

Remblais sain

- 2 m

Sable argileux Fond et flanc de fouille dépolluée

### Milieu sol

Les sols impactés par les hydrocarbures ont été évacués. Il reste des concentrations résiduelles.  
- La perméabilité des matériaux permet la remontée de gaz vers la surface du sol  
Les sols seront revêtus (goudron, béton) et aucun contact ne devrait avoir lieu avec les personnes.

Nappe superficielle

Sable argilo limoneux

Remblais sain

Fond et flanc de fouille dépolluée

Dégazage, inhalation

Population utilisant le site (employés, clients)

Contact

Assimilation l'arrosage

Prélèvement pour ingestion

Ruisseau

Assimilation

Pêche très en aval

**Sud-ouest**



**Milieu eau superficielle**

Après décantation, les eaux pluviales rejoignent le réseau pluvial de l'avenue puis un fossé pluvial, affluent de la Gironde.

Sable argilo limoneux

Réseau pluvial vers ruisseau

Sable argileux semi perméable



**Milieu eau souterraine**

Plusieurs aquifères se superposent, contaminés par des CAV et BTEX  
La faible transmissivité de l'aquifère fait que ces substances n'ont pas été retrouvée dans les ouvrages de captage en aval

Graves argileuses aquifère

Dégazage

Graves argileuses aquifère

Nappe des alluvions

- 6 m

- 8 m

Argile sableuse imperméable

Argile sableuse peu perméable

Voie de migration possible





## 3 – Analyse des risques résiduels (ARR)

### 3.1 – Périmètre de l'étude

L'analyse de risques résiduels va permettre d'établir l'adéquation ou la non adéquation entre les concentrations présentes dans les eaux de la nappe et dans les terres des parements de la zone dépolluée avec un usage de bureau ou artisanal du site. Cet usage relativement sensible implique l'exposition de population sensible pouvant être occasionnellement des enfants.

### 3.2 – Objectif de l'analyse des risques résiduels

Les objectifs de cette ARR sont de calculer :

- ◆ Les risques pour les effets sans seuil ou cancérigène

$$ERI = D_{\text{sans seuil}} \times VTR_{\text{sans seuil}}$$

Avec :

- ERI : Excès de Risque Individuel (soit la probabilité d'apparition d'un cancer sur une vie entière)
- $D_{\text{sans seuil}}$  : Dose d'exposition moyennée sur la vie entière avec les effets sans seuils,
- $VTR_{\text{sans seuil}}$  : Valeur Toxique de Référence sans seuil

- ◆ Les risques pour les effets avec seuil

$$IR \text{ ou } Q_D = D_{\text{avec seuil}} \times VTR_{\text{avec seuil}}$$

- IR : Indice de Risque ou Quotient de danger
- $Q_D$  : quotient de danger,
- $D_{\text{avec seuil}}$  : Dose d'exposition moyennée sur la vie entière avec les effets à seuils,
- $VTR_{\text{avec seuil}}$  : Valeur Toxique de Référence avec seuil

L'annexe 1 et 2 détaillent les formules utilisées dans les calculs.

La circulaire MEDDAT du 08/02/2007 relative aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués demande de retenir uniquement les critères d'acceptabilité des niveaux de risque calculés au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé :

- ◆ Pour les **effets à seuil**, l'indice de risque **IR** doit être inférieur à 1 ;
- ◆ Pour les **effets sans seuil**, l'excès de risque individuel **ERI** doit être inférieur à  $10^{-5}$ .

Concernant l'additivité des risques liés aux différentes substances et/ou aux différentes voies d'exposition, les instances sanitaires nationales recommandent :

- ◆ Pour les **effets à seuil**, l'addition des **IR** uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible ;
- ◆ Pour les **effets sans seuil**, l'addition de tous les excès de risque de cancer.

La valeur calculée est réalisée en confrontant la valeur d'exposition mesurée in situ aux VTR (valeurs toxicologiques de références) et ce pour chaque voie d'exposition.

La confrontation des coefficients de risques aux VTR constituent la dernière étape de la démarche.

Si l'indice de risque "RI" est inférieure à 1 ou si l'excès de risque individuel est inférieur à  $10^{-5}$  (1 cas pour 1 00 000) le risque est réputé tolérable.

Dans le cas contraire, il convient de mettre en place des mesures de sauvegardes, soit en limitant l'usage futur, soit en abaissant les niveaux d'exposition.

### 3.3 - Scénarii étudiés

Compte tenu de la reconversion du site en un projet similaire (bureau, activité artisanale ou commerciale), les scénarii d'usages retenus correspondent aux résidents les plus vulnérables (les enfants et ensuite les adultes) potentiellement exposés à une pollution résiduelle :

- ◆ Par inhalation de vapeurs provenant du dégazage de la nappe vers l'intérieur des habitations/bureaux/ateliers;
- ◆ Par ingestion de végétaux des jardins arrosés avec les eaux de la nappe;
- ◆ Par ingestion de végétaux ayant poussés au droit de la zone réhabilitée (peu probable);
- ◆ Par ingestion de poussières de terres ou par ingestion directe des terres (dans le cas des nourrissons), mais là aussi, pour une fréquentation par les employés ou clients.

### 3.4 – Sélection des substances à étudier

Compte tenu du nombre important de substances détectées dans les eaux et les sols, une sélection des substances à prendre en compte a été réalisée.

Cette sélection est basée sur les critères suivants :

- ◆ Présence et concentration de la substance dans les sources,
- ◆ Degré et type de toxicité (substance cancérigène ou non),
- ◆ Relation dose-effet de la substance (valeur toxicologique de référence) :
  - Pour les substances non cancérigène, plus la RfC<sup>2</sup> ou la RfD est faible et plus la substance est toxique, ou plus la concentration à parti de laquelle des effets se font sentir est faible.
  - Pour les substances cancérigènes, plus l'ERU<sup>3</sup> est élevée, plus la probabilité de développer un cancer est importante,
  - Par défaut, une substance dont on ne dispose pas de valeur n'est pas sélectionnée.

<sup>2</sup> RfD = dose de référence; RfC = concentration de références

<sup>3</sup> ERU<sub>i</sub>, ERU<sub>o</sub> = excès de risque unitaire par inhalation/par voie orale

Comportement de la substance dans l'environnement en fonction des propriétés physico-chimiques et des voies de transfert et d'exposition sélectionnées : substances volatiles pour l'inhalation, substances solutions pour les voies liées aux usages de l'eau.

Les critères spécifiques de sélection des substances par les voies d'exposition liées au dégazage sont :

- Valeur toxicologiques de références pour l'inhalation (forte valeur des ERU<sub>i</sub> pour les substances cancérigènes et faibles valeurs de Rfc pour les substances non cancérigènes),
- Le potentiel de volatilisation, traduit par de fortes valeurs de pression de vapeur et de constante de Henry,
- la présence et la concentration de la substance.

Pour les HAP et CAV pour une voie d'exposition par inhalation, il n'a pas été choisi de ne retenir que ceux possédant de VTR et ayant été analysés.

Les hydrocarbures contenant plus de 16 carbones n'ont pas été retenus pour le dégazage car il n'existe pas de VTP pour l'inhalation.

Le choix des concentrations prises en compte pour les coupes de HCT a été effectuée en tenant compte de la répartition des coupes obtenues par analyses entre (C10 et C40) et du pourcentage théorique entre aliphatiques et aromatiques du fuel domestique (FOD). Ces pourcentages théoriques sont :

<b>Aliphatiques</b>	<b>Diesel dégradé %</b>
C5-C6	0,1
C6-C8	0,1
C8-C10	1
C10-C12	6
C12-C16	30
C16-C21	37
C21-C35	0
<b>Total aliphatiques</b>	<b>73</b>
<b>Aromatiques</b>	<b>Diesel dégradé %</b>
<C8	0
C8-C10	0,1
C10-C12	0,6
C12-C16	3,2
C16-C21	18,8
C21-C34	3,7
<b>Total aliphatiques</b>	<b>27</b>
<b>Total HCT</b>	<b>100%</b>

Dans les analyses des piézomètres, on rencontre peu de HCT, avec des pourcentages élevés en C10-C12 et des composés légers comme les BTEX. La proportion des légers plus élevée indique une pollution majoritairement aux essences.

### 3.5 – Choix des valeurs toxicologiques de référence

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (**VTR**) sont des indices permettant d'établir une relation entre une exposition à une substance chimique et un effet sanitaire chez l'homme. Elles sont spécifiques d'une substance, d'une durée d'exposition et d'une voie d'exposition. On distingue :

- ◆ les **VTR** "à seuil de dose" pour les substances pour lesquelles on n'observe pas d'effet nocif en dessous d'une certaine dose administrée. Cette catégorie recouvre les substances non cancérogènes et non génotoxiques
- ◆ les **VTR** "sans seuil de dose", pour les substances pour lesquelles il existe une probabilité, même infime, qu'une seule molécule pénétrant dans l'organisme provoque des effets néfastes pour cet organisme. Ces dernières substances sont, pour l'essentiel, des substances génotoxiques pouvant avoir des effets cancérogènes, ou dans certains cas reprotoxiques.

Le choix des **VTR** a été établi conformément à la circulaire 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.

Les substances étudiées et les VTR sélectionnées sont mentionnées dans le tableau suivant :

Substances	VTR avec seuil (non Cancérigène)		VTR sans seuil (cancérigène)	
	Inhalation (mg/m3)	Ingestion (mg/kg/j)	Inhalation (mg/m3)	Ingestion (mg/kg/j)
<b>HCT</b>				
C5-C8	5 (TPS of AEHS (1999))	5 (TPS of AEHS (1999))	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>
C9-C18	1 (TPS of AEHS 1999)	0,1 (TPS of AEHS 1999)	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>
C19-C36	2 (TPS of AEHS 1999)	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>
<b>BTEX</b>				
Benzène	0,03 (US EPA 2003)	4x10 <sup>-3</sup> (US EPA 2003)	de 4,5x10 <sup>-3</sup> à 1,3x10 <sup>-3</sup> (US EPA 1998)	de 1,8x10 <sup>-4</sup> à 6,7x10 <sup>-4</sup> (US EPA 2000)
Toluène	5 (US EPA 2005)	0,08 (US EPA 2005)	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>
Ethylbenzène	1 (US EPA 1991)	0,1 (US EPA 1987)	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>
Xylènes	0,1 (US EPA 2003)	0,2 (US EPA 2003)	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>
<b>CAV</b>				
Cumène	0,4 (US EPA 1997)	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>	<i>Non applicable</i>

TPH of AEHS : Total Petroleum Hydrocarbon développé par l'Association for the Environmental Health of Soils

US EPA: United States Environmental Protection Agency

RIVM : Institut national de la santé publique et de l'environnement (Pays-Bas)

### 3.6 – Substances et concentrations retenues pour le calcul de risque

#### 3.6.1 – Les métaux

Les métaux dans les terres (en fond et flanc de fouille) :

- ◆ sont présents à des concentrations résiduelles faibles c'est à dire de l'ordre des fonds géochimiques nationaux minimums (programme ASPITET courrier de l'environnement n°39 février 2000),
- ◆ ne sont ni volatils ni solubles,
- ◆ non accessibles aux futurs usagers car recouverts de remblai sain.

Ces métaux ne sont donc pas inhérents à l'activités sur le site. Ils ne sont donc pas (ou excessivement peu) mobilisables par les voies de transfert citées précédemment. Ainsi dans le cas présent, ils sont considérés comme non générateur de risques sanitaires et ne sont pas sujets aux calculs.

### 3.6.2 – Les HCT, BTEX et HAP

Les substances prises en compte dans les calculs sont celles dont la concentration est :

- supérieures à la sensibilité de l'analyse du laboratoire. Les substances dont les concentrations appartiennent à ce critère sont présentées ci-dessous:

EAUX en µg/l	Substances et concentrations présentes dans les eaux retenues pour le calcul de risque
HCT totaux	370
HCTC8-C10	240
HCT C12-C16	60
HCT sC16-C35	120
<b>BTEX</b>	
Benzène	370
Toluène	330
Ethylbenzène	100
Xylènes	1 300
<b>CAV</b>	
Cumène (isopropylbenzène)	290

Par principe de précaution, nous avons retenus les concentrations maximales des divers piézomètres. Pour rappel, les concentrations globales les plus élevées ont été rencontrées sur le piézomètre P7.

Dans les sols les valeurs sont les suivantes :

Sols en mg/kg	Substances et concentrations présentes dans les sols retenues pour le calcul de risque
HCT totaux	100
HCTC16-C21	63
HCT C21-C35	32
<b>BTEX</b>	Aucun
<b>CAV</b>	Aucun

Par principe de précaution, les calculs de risque ont été effectués pour les BTEX et CAV à une concentration similaire au seuil de détection (0,1 µg/kg).

Les concentrations de gaz maximales mesurées sur les piézomètres air du bioventing sont de : 71 µg/m<sup>3</sup> pour la pointe n° 13.

### 3.7 – Paramètres de calcul

Les paramètres utilisés dans les calculs ont été choisis conformément aux recommandations de l'Inéris ou à défaut de l'US EPA et sont rassemblés dans les tableaux ci-après.

Ces paramètres sont cohérents avec un usage de bureau/atelier/surface commerciale du site.

#### 3.7.1 – Paramètres physico-chimiques des substances retenues :

Substances	Coefficient de partage du carbone organique Koc (cm <sup>3</sup> /g)	Diffusivité dans l'air D <sub>air</sub> (cm <sup>2</sup> /s)	Diffusivité dans l'eau D <sub>eau</sub> (cm <sup>2</sup> /s)	Constante d'Henry H (Pa.m <sup>3</sup> /mol)
<b>Indice Hydrocarbures HCT</b>				
C5-C8 aliphatique	2300	1 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>-5</sup>	50
C9-C18 aliphatique	5,5 x 10 <sup>7</sup>	1 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>-5</sup>	120
C19-C36 aliphatique	8,32 x 10 <sup>10</sup>	1 x 10 <sup>-1</sup>	1 x 10 <sup>-5</sup>	4900
<b>BTEX</b>				
Benzène	60	8,8 x 10 <sup>-2</sup>	9,6 x 10 <sup>-6</sup>	558
Toluène	100	8,7 x 10 <sup>-2</sup>	8,6 x 10 <sup>-6</sup>	673
Ethylbenzène	241,9	7,5 x 10 <sup>-2</sup>	7,8 x 10 <sup>-6</sup>	820
Xylènes	236	7,5 x 10 <sup>-2</sup>	8,7 x 10 <sup>-6</sup>	680

Ces valeurs proviennent des fiches éditées par l'Inéris pour chacune de ces substances. En présence de plusieurs valeurs pour un même paramètre, il a été retenu les valeurs de la banque de données US EPA puis sur les valeurs la plus récente utilisée.

#### 3.7.2 – Propriété des sols

Propriété du sol								
Type de sol	Paramètre de Van Genuchten			Diamètre moyen des grains D cm	Teneur en eau résiduelle θ <sub>r</sub>	Porosité totale effective, n	Densité apparente ρ <sub>a</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	Teneur en eau de la couche du sol θ <sub>w,sol</sub>
	lié à la hauteur de la frange capillaire du sol α <sub>1</sub> (cm <sup>-1</sup> )	lié à la distribution granulométrique du sol N	Constante M					
Limon, sable	0,00425	3,177	0,6852	0,044	0,053	0,376	1,66	0,054

#### 3.7.3 – Paramètres généraux

Les paramètres généraux communs à chacun des scénarios étudiés sont répertoriés ici (source Inéris) :

Paramètre	Symbole	Unité	Valeur
Durée d'exposition	DE adulte	an	24
	DE enfant	an	6
Fréquence d'exposition annuelle	FE adulte	jour	240
	FE enfant	jour	20
Durée d'une vie	Tm	am	70
Poids corporel	P adulte	Kg	70
	P enfant	Kg	15

### 3.7.4 – Modèle inhalation à l'intérieur d'un bâtiment

Le tableau suivant regroupe les paramètres à prendre en compte pour le calcul des scénarios d'inhalation de vapeur à l'intérieur d'un bâtiment.

Paramètre	Symbole	Unité	Valeur	Source
Distance entre le haut de la source de pollution et le bas de la dalle	Lt nappe	m	5 m	Propre au site
	LT sol flanc de fouille	m	2	
	LT sol fond de fouille	m	5 à 5,85 m	
Taux de renouvellement de l'air	ER	S <sup>-1</sup>	6,94 x 10 <sup>-5</sup>	Johnson et Ettliger
Hauteur des locaux	Hb	m	2,44	
Gradient de pression entre la surface du sol et le bâtiment	ΔP	g/cm.s <sup>2</sup>		
Surface occupée par les fissures dans le dallage	□	-/-	0,01	ASTM <sup>4</sup>
Viscosité de l'air	μ	g/cm.s <sup>2</sup>	1,75 x 10 <sup>-4</sup>	Johnson et Ettliger
Teneur en air des fissures	□a,f	-/-	0,26	ASTM
Teneur en eau des fissures	□w,f	-/-	0,12	
Profondeur des fissures	Lf	m	0,15	
Perméabilité du sol au flux de vapeur	Kv	cm <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>-8</sup>	Johnson et Ettliger
Fraction de carbone organique du sol	foc	-/-	0,002	
Longueur d'une pièce	Lb	m	4	Plus petite pièce
Largueur d'une pièce	lb	m	3	

<sup>4</sup> American Society for Testing Materials

### 3.7.5 – Modèle ingestion de fruits et légumes

Les deux tableaux suivants répertorient les paramètres de calcul propres au scénario d'ingestion de fruits et légumes (Ineris) :

Paramètre	Symbole	Unité	Valeur
Rendement de production	Yv	Kg/m <sup>2</sup>	0,28
Période de croissance	te	j	180
Fraction interceptée par les cultures	fin	-/-	0,4
Vitesse de déposition de particules	Dro	M/j	864
Effet "weathering" (lessivage)	Fei	j <sup>-1</sup>	0,033
Fraction de sol dans les particules extérieures	frse	-/-	0,5
Concentration de particule en suspension dans l'air extérieur	TSPe	Kg/m <sup>3</sup>	7 x 10 <sup>-8</sup>

Dans la littérature (INERIS, ORNL, US EPA), on peut définir les quantités de fruits et légumes autoproduits consommés, ainsi que les teneurs en matières sèches.

		Fruits et légumes autoproduits											
		Fruits	Pommes de terre	Carottes	Poireaux	Navets	Radis	Salades	Tomates	Haricots verts	Choux	Courgettes	Petits pois
Quantité Consommées autoproduits Q (kg/j)	Adulte	0,015	0,044	0,012	0,01	0,001	0,002	0,019	0,011	0,011	0,006	0,003	0,001
	Enfant	0,008	0,029	0,006	0,004	0,00006	0,001	0,008	0,004	0,004	0,003	0,001	0,0007
Teneur en matière sèche TMS		0,178	0,222	0,118	0,117	0,202	0,202	0,052	0,059	0,111	0,076	0,073	0,257

### 3.7.6 – Modèle ingestion de sol ou de poussière de sol

Les valeurs sont issues de l'Ineris

Paramètre	Symbole	Unité	Valeur
Quantité ingéré de sol et de poussière de sol	Qs adulte	Kg/j	5 x 10 <sup>-5</sup>
	Qs enfant	Kg/j	1,5 x 10 <sup>-4</sup>

### 3.8 – Résultats des calculs des risques sanitaires

Les paramètres énoncés ont été utilisé afin d'évaluer les risques encourus pour les scénarios étudiés en application des modèles de Johnson et Ettlinger pour les inhalation et du modèle HECP 2.1 pour l'ingestion de végétaux et de poussières.

Les résultats pour les molécules dont les résultats d'analyses sont inférieurs au seuil de détection acceptables, ne sont pas détaillés.

#### 3.8.1 – Scénarios inhalation

##### 3.8.1.1 – Scénario : inhalation de vapeurs provenant du dégazage de la nappe vers l'intérieur des locaux

Substances	IR	ERI
<b>Indice Hydrocarbures HCT</b>		
C5-C8 aliphatique	0,0	Non applicable <sup>5</sup>
C9-C18 aliphatique	0,0	Non applicable
C19-C36 aliphatique	0,0	Non applicable
<b>Autres substances</b>		
Benzène	0,2	$7,5 \times 10^{-7}$
Toluène	0,0	Non applicable
Ethylbenzène	0,0	Non applicable
Xylènes	0,0	Non applicable

Toutes les valeurs calculées sont inférieures à 1 pour les IR et inférieure à  $1 \times 10^{-5}$ .

Les calculs montrent que les risques sont acceptables pour ce scénario sur l'ensemble du site.

Aucun risque provenant du dégazage des substances identifiées dans la nappe pour les employés et clients du site, à l'intérieur des locaux n'est mis en évidence.

##### 3.8.1.2 – Scénario : inhalation de vapeurs provenant du dégazage des terres résiduelles vers l'intérieur des locaux

Substances	IR	ERI
<b>Indice Hydrocarbures HCT</b>		
C5-C8 aliphatique	0,0	Non applicable
C9-C18 aliphatique	0,0	Non applicable
C19-C36 aliphatique	0,0	Non applicable
<b>Autres substances</b>		
Benzène	0,3	$3 \times 10^{-6}$
Toluène	0,0	Non applicable
Ethylbenzène	0,0	Non applicable
Xylènes	0,0	Non applicable

Toutes les valeurs calculées sont inférieures à 1 pour les IR et inférieure à  $1 \times 10^{-5}$ .

Les calculs montrent que les risques sont acceptables pour ce scénario sur l'ensemble du site.

Aucun risque provenant du dégazage des substances identifiées dans les sols résiduaires pour les employés et clients du site, à l'intérieur des locaux n'est mis en évidence.

<sup>5</sup> Non calculable par absence de VTR

### 3.8.1.3 – Conclusion des scénarios inhalation vers les locaux

Seul le dégazage du Benzène est perceptible avec un arrondi au dixième (0,3) et reste inférieur à l'IR.

Des analyses de gaz ont été effectuées dans les locaux et confirment la modélisation :

Le débit d'air est lent 1l/minutes, et c'est trois échantillons effectués sur par pompage d'une quantité d'air de 150 litres chacun qui a été adressé à l'analyses. Les trois analyses donnent les résultats suivants et font l'objet de l'annexe 1 :

Tous les résultats sont inférieurs aux seuils de détection :

- ◆ Benzène < 3,3 µg/m<sup>3</sup>,
- ◆ Toluène < 2 µg/m<sup>3</sup>,
- ◆ Autres CAV < 1,3 µg/m<sup>3</sup>.

Il n'y a donc aucun risque de dégazage dans les locaux pour les substances étudiées.

### 3.8.2 – Scénarios ingestion

#### 3.8.2.1 – Scénarios ingestion de végétaux autoproduits et arrosés avec les eaux de la nappe

Bien que la probabilité de production de légume in-situ soit faible, l'utilisation des eaux de la nappe reste possible.

Substances	IR	ERI
<b>Indice Hydrocarbures HCT</b>		
C5-C8 aliphatique	0,0	Non applicable
C9-C18 aliphatique	0,0	Non applicable
C19-C36 aliphatique	0,0	Non applicable
<b>Substances aromatiques</b>		
Benzène	<b>2</b>	1,2 x 10 <sup>-7</sup>
Toluène	0,1	Non applicable
Ethylbenzène	0,0	Non applicable
Xylènes	0,3	Non applicable

Ces calculs montrent que l'indice de risque (IR) du Benzène est supérieur à 2. Les autres substances présentent des IR et ERI inférieures aux limites.

Malgré le traitement de la nappe, au vue des résultats médiocre (Benzène), nous préconisons de ne pas arroser les fruits et les légumes avec les eaux de nappe.

Selon le principe de précaution, nous préconisons de ne pas utiliser les eaux de la nappe pour arroser les espaces verts, ce qui mettrait en contact les usagers avec une eau contenant encore des substances indésirables.

### 3.8.2.2 – Scénarios ingestion de végétaux autoproduits ayant poussés sur la zone dépolluée

Les calculs se basent sur les concentrations résiduelles des terres en fond et flanc de fouilles rencontrées lors de l'excavation de la zone dépolluée. Les résultats sont les suivants.

Substances	IR	ERI
<b>Indice Hydrocarbures HCT</b>		
C5-C8 aliphatique	0,0	Non applicable
C9-C18 aliphatique	0,0	Non applicable
C19-C36 aliphatique	0,0	Non applicable
<b>Benzène</b>		
Benzène	0	0,0
<b>Toluène</b>		
Toluène	0,0	Non applicable
<b>Ethylbenzène</b>		
Ethylbenzène	0,0	Non applicable
<b>Xylènes</b>		
Xylènes	0,0	Non applicable

Les faibles concentrations des terres résiduelles expliquent ces bons résultats.

Cependant, bien que, selon les calculs, les risques soient acceptables, par application du principe de précaution, nous préconisons de ne pas cultiver de potager dans cette zone.

### 3.8.2.3 – Scénarios : ingestion de terres ou de poussières de sol

Ici également, ce sont les concentrations résiduelles des terres en fond et flanc de fouilles qui sont employés.

Les résultats sont les suivants :

Substances	IR	ERI
<b>Indice Hydrocarbures HCT</b>		
C5-C8 aliphatique	0,0	Non applicable
C9-C18 aliphatique	0,0	Non applicable
C19-C36 aliphatique	0,0	Non applicable
<b>Benzène</b>		
Benzène	0	0,0
<b>Toluène</b>		
Toluène	0,0	Non applicable
<b>Ethylbenzène</b>		
Ethylbenzène	0,0	Non applicable
<b>Xylènes</b>		
Xylènes	0,0	Non applicable

Les faibles concentrations des terres résiduelles expliquent ces bons résultats.

Les risques en cas d'ingestion de terres, fort peu probable pour une entreprise, sont acceptables.

### 3.8.3 – Bilan sur les scénarios ingestion

Pour les usagers du site, adultes et enfants, les risques sont acceptables en cas d'ingestion de poussière de sols. Par contre les risques d'ingestion de végétaux arrosés avec les eaux de la nappe ne sont pas acceptables. De plus, il semble peu adapté d'utiliser la nappe pour l'irrigation des espaces verts, provoquant des dégazages, directement au contact des usagers du site.

Pour la culture de légumes sur les sols, bien que les résultats soient bons, il semble opportun de recommander :

- de ne irriguer de denrées consommables avec l'eau de la nappe,
- de ne pas boire l'eau de la nappe,
- de ne pas cultiver de potager sur l'ensemble du site,
- de ne pas consommer de végétaux ayant poussés au droit de la zone décontaminée.

## 4 – Synthèse et recommandations

La société Alvéa a confié à AGE Environnement, la réalisation d'une EQRS sur le site de Saint-Ciers-sur-Gironde.

La présente étude a permis de dresser un état des lieux de la qualité environnementale du site suite aux travaux de dépollution réalisé par la société GRS Valtech.

Le site est destiné à un usage de locaux commerciaux ou artisanaux, voire de bureaux. Il ne sera pas reconverti en logement.

Le calcul de risques sanitaires par voie d'EQRS a montré des risques acceptables concernant :

- ◆ L'inhalation de substances provenant du dégazage de la nappe vers l'intérieur des locaux pour les adultes et les enfants (accompagnant les clients ou les employés).
- ◆ L'inhalation de substances provenant du dégazage des sols du fond de fouille de la zone décontaminée vers l'intérieur des logements pour les adultes et les enfants (accompagnant les clients ou les employés).
- ◆ L'ingestion de poussières de sol ou l'ingestion directe de terres dans le cas des nourrissons, sur la zone dépolluée et plus largement sur l'ensemble du site.

Les calculs de risques modélisés montrent l'absence de risque sanitaire lié au dégazage des sols ou de la nappe. Les mesures réalisées dans l'air du bâtiment confirment ces calculs (concentrations en BETEX non détectables).

Le calcul des risques sanitaires a permis d'établir la présence de risques qui bien que faible concernent :

- ◆ La consommation des végétaux ayant été arrosé par l'eau de la nappe, malgré le traitement.

En fonction de ces résultats et par application du principe de précaution, nous préconisons de ne pas utiliser la nappe sur le site :

- ◆ ne pas consommer d'eau de nappe,
- ◆ ne pas utiliser l'eau de nappe pour l'irrigation ou la préparation des produits alimentaires.
- ◆ ne pas consommer de végétaux ayant poussés au droit du site,
- ◆ ne pas utiliser la nappe pour arroser les espaces verts, ce qui mettrait en contact les hydrocarbures résiduels de la nappe avec l'extérieur, voire avec les usagers du site.

Des servitudes pourraient inscrire cette interdiction d'usage.

### 4.1 – Les servitudes : restrictions d'usage conventionnelles instituées entre les deux parties

La mise en œuvre d'une servitude applicable au site doit être définie pour :

- ◆ Prévenir une exposition dangereuse des personnes,
- ◆ Pérenniser la maintenance ou la surveillance du site,
- ◆ Prévoir des précautions pour la réalisation d'interventions ou d'aménagements,
- ◆ Informer des contraintes liées au site et pérenniser cette information.

Il paraît uniquement nécessaire de mettre en place des restrictions d'usage conventionnelles instituées entre deux parties (le propriétaire et la société Alvéa).

#### 4.1.1 - Nature

Les restrictions d'usage conventionnelles sont des conventions conclues entre deux parties dont l'une est nécessairement le propriétaire du terrain qui consent, par un contrat, à limiter l'usage du terrain lui appartenant ou à se soumettre à des obligations de surveillance ou encore d'entretien d'ouvrages.

Les restrictions d'usage conventionnelles sont conclues entre deux personnes;

Les restrictions conventionnelles pourront alors être conclues :

- ◆ entre propriétaires successifs d'un terrain, la restriction étant alors souvent partie intégrante de l'acte de cession,
- ◆ entre l'exploitant (locataire) et le propriétaire du terrain, en particulier lorsque l'exploitant cesse son activité.

#### **4.1.2 - Portée**

La restriction d'usage peut être positive, négative ou les deux à la fois. Elle pourra contenir des obligations de faire et/ou de ne pas faire, perpétuelles ou limitées dans le temps.

Cette convention devra prévoir les précautions à prendre pour la réalisation d'interventions ou d'aménagements.

Aussi, elle obligera le futur propriétaire ou gestionnaire à fournir des consignes aux locataires.

Concrètement, elle pourra prendre la forme :

- ◆ d'une obligation de ne pas utiliser la nappe et de réaliser de forages.
- ◆ de recommandations ou d'actions pérennisant la surveillance du site (maintien de piézomètres visant à surveiller l'évolution de la qualité des eaux souterraines). L'obligation d'installer ou de laisser du matériel de contrôle et de surveillance de la pollution pour garantir la sécurité et prévenir une exposition dangereuse des personnes lors d'interventions ou d'aménagement.

Enfin, cette convention pérennisera l'information car la connaissance des risques résiduels sera conservé dans les documents administratifs (publication à la conservation des hypothèques).

#### **4.1.3- Procédure**

La convention instituant une restriction d'usage doit être formalisée dans un acte authentique, c'est-à-dire conclue devant un notaire.

Son opposabilité aux tiers est liée à sa publication à la conservation des hypothèques (décret 5-22 du 4 janvier 1955, art. 28). Si le contrat a été passé en la forme authentique, cette publication est obligatoire.

En cas de cession du terrain grevé par la restriction d'usage, le cédant doit informer l'acquéreur de l'existence de cette restriction d'usage, surtout si elle n'est pas apparente. Pour assurer la pérennité de la restriction d'usage, l'acte instituant la restriction d'usage doit prévoir l'obligation, pour les acquéreurs successifs de faire figurer dans les actes de cession du terrain la restriction d'usage et de s'y soumettre.

Aucun texte ne fait mention d'une quelconque obligation de notification ou d'annexion de ce type de restrictions d'usage dans un document d'urbanisme. Il apparaît toutefois prudent de les communiquer au maire de la commune intéressée et de l'inviter à en tenir compte dans les projets d'aménagement de la commune. La même information peut être adressée aux services de l'État chargés de l'urbanisme (DDE).

En cas de violation de ses obligations conventionnelles par l'assujetti, le bénéficiaire peut exiger la démolition des constructions irrégulièrement érigées ou la cessation des activités incompatibles avec la destination du terrain lesquelles peuvent, le cas échéant, être ordonnées par le juge.

Merci de votre attention,  
A Montauban, le jeudi 28 octobre 2010

Henri CAPORALI, Hydrogéologue

## Annexe 1 : Modèle de Johnson et Ettinger

### 1 - Concentration de la phase vapeur du polluant à la source de contaminée

La concentration de la phase vapeur du polluant à la source contaminée ( $C_{source}$ ) est estimée à partir de la concentration de polluant  $C_w$  dans la nappe et de la constante d'Henry, H :

$$C_{source} = H * C_w$$

### 2 - Diffusion à travers la zone capillaire

Directement au dessus de la surface libre d'une nappe phréatique, se situe une zone capillaire saturée, où la pression de l'eau est inférieure à la pression atmosphérique. La teneur en eau dans les matériaux partiellement saturés se déduit de la pression de gaz et de la saturation par l'intermédiaire du modèle de Van Genuchten associées à chaque matériau.

L'eau contenue dans les pores du sol de la zone capillaire est calculée à la pression d'entrée d'air c'est à dire en haut de la frange capillaire. Le modèle de *Van Genuchten* est retenu pour exprimer la pression capillaire en fonction de la teneur en eau du milieu. Il caractérise le comportement hydrique d'un sol.

$$\theta_{w,cz} = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{(1 + (\alpha_1 * h)^N)^M}$$

La teneur en air du sol dans la zone capillaire ( $\theta_{a,cz}$ ) correspond à la porosité totale effective (n) moins la teneur en eau du sol dans la zone capillaire :

$$\theta_{a,cz} = n - \theta_{w,cz}$$

Le coefficient de diffusion effective à travers la frange capillaire est calculé à partir du modèle de Millington et Quirk (1961) :

$$D_{cz}^{eff} = D_a * \frac{\theta_{a,cz}^{3.33}}{n^2} + \frac{D_w}{H} * \frac{\theta_{w,cz}^{3.33}}{n^2}$$

Fetter (1994) a estimé l'épaisseur de la zone capillaire au dessus de la nappe en utilisant le phénomène de capillarité. Les molécules d'eau sont sujettes à une force d'attraction due à la tension de surface à l'interface eauair et à l'attraction moléculaire des phases solides et liquides :

$$L_{cz} = \frac{2 * \alpha_2 * \cos \lambda}{\rho_w * g * r}$$

Soit :

$$L_{cz} = 0.15 / r \text{ et } r = 0.2 * D$$

### 3 - Diffusion totale

Les coefficients de diffusion effective à travers la zone vadose et les fissures des dalles bétons sont calculés de la même façon que dans le rapport.

Dans le cas d'une couche de sol, l'équation de diffusion effective totale est :

$$D_T^{eff} = \frac{L_T}{\frac{L_{cz}}{D_{cz}^{eff}} + \frac{L_{sol}}{D_{sol}^{eff}} + \frac{L_f}{D_f^{eff}}}$$

### 4 – Solution de transport par convection et diffusion

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

$$\alpha = \frac{\frac{D_T^{eff} * A_b}{Q_b * L_T} * \exp\left(\frac{Q_{sol} * L_f}{D_f^{eff} * A_f}\right)}{\exp\left(\frac{Q_{sol} * L_f}{D_f^{eff} * A_f}\right) + \frac{D_T^{eff} * A_b}{Q_b * L_T} + \frac{D_T^{eff} * A_b}{Q_{sol} * L_T} * \left(\exp\left(\frac{Q_{sol} * L_f}{D_f^{eff} * A_f}\right) - 1\right)}$$

Le taux de ventilation du bâtiment peut-être calculé de la façon suivante :

$$Q_b = L_b * l_b * H_b * ER$$

Le flux de gaz du sol pénétrant dans le bâtiment est calculé par la solution analytique de *Nazaroff* (1988) :

$$Q_{sol} = \frac{2 * \pi * \Delta P * k_v * X_f}{\mu * \ln(2 * Z_f / r_f)}$$

Le rayon des fissures est donné par *Johnson et Ettinger* (1991) :

$$r_f = A_f / X_f \quad \text{et} \quad A_f = \eta * A_b$$

Avec la valeur du coefficient d'atténuation, la concentration de la phase vapeur du polluant dans le bâtiment est calculée de la façon suivante :

$$C_{\text{air confiné}} = \alpha * C_{\text{source}}$$

## 5 - Calcul de la concentration en polluant inhalée

### 5.1. Scénario sensible

- Substance avec effets à seuils :

$$D_{\text{avec seuils}} = \frac{(DE_{\text{enfant}} * T_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}} * T_{\text{adulte}}) * C_{\text{air confiné}} * FE}{(DE_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}}) * 365}$$

- Substance avec effets sans seuils :

$$D_{\text{sans seuils}} = \frac{(DE_{\text{enfant}} * T_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}} * T_{\text{adulte}}) * C_{\text{air confiné}} * FE}{T_m * 365}$$

### 5.2 Scénario non sensible

- Substance avec effets à seuils :

$$D_{\text{avec seuils}} = \frac{C_{\text{air confiné}} * T_j * FE}{365}$$

- Substance avec effets sans seuils :

$$D_{\text{sans seuils}} = \frac{C_{\text{air confiné}} * T_j * FE * DE}{T_m * 365}$$

## Annexe 2 : Modèle HESP 2.1

HESP 2.1 est spécifique à l'évaluation de l'exposition des individus due aux sols pollués.

Il repose à la fois sur des principes physico-chimiques et des modèles empiriques basés sur des études de recherche de type laboratoire.

Le modèle HESP 2.1 est utilisé en particulier lors de la prise en compte de la voie d'ingestion.

Il est nécessaire pour le calcul de la concentration de polluants dans les plantes. La concentration dans le sol de polluant est considérée comme constante au cours du temps. Il en résulte une possible surestimation de l'exposition.

Seul un scénario sensible est défini.

### 1 – Ingestion de fruits et de légumes pollués par le sol

#### 1.1 – Pollution par des substances organiques

Dans ce cas, les fruits et les légumes poussent dans un sol pollué, et sont arrosés par de l'eau saine.

La zone polluée considérée à une profondeur de quelques dizaines de centimètres.

Pollution par des substances organiques

- ♣ Calcul de la fugacité de l'air :

$$Z_a = \frac{1}{R * T_s}$$

- ♣ Calcul de la fugacité de l'eau :

$$Z_w = 1 / H_s \quad \text{et} \quad \ln H_s = \ln H(T) + 0,024 * (T_s - T)$$

- ♣ Calcul de la fugacité du sol :

$$Z_s = \frac{K_d * \rho_a * Z_w}{\theta_s}$$

Et

$$K_d = K_{oc} * f_{oc} \quad \text{et} \quad K_{oc} = 0.411 * K_{ow}$$

- ♣ fraction massique de polluant dans l'eau du sol :

$$P_w = \frac{Z_w * \theta_{w,sol}}{Z_a * \theta_{a,sol} + Z_w * \theta_{w,sol} + Z_s * \theta_s}$$

Et

$$\theta_{a,sol} = 1 - \theta_s - \theta_{w,sol}$$

◆ Calcul de la concentration dans l'eau du sol :

$$C_{pw} = \frac{C_s * \rho_a * P_w}{\theta_{w,sol}}$$

### 1.2 - Pollution par les métaux

$$C_{pw} = \frac{C_s * \rho_a}{K_d * \rho_a + \theta_{w,sol}}$$

## 2 – Concentration de polluant dans les plantes

Les végétaux vont être contaminés par un phénomène de déposition sur les plantes. Le vent peut entraîner la suspension des particules polluées dans l'air extérieur qui vont ensuite se déposer sur les cultures et les contaminer :

$$C_{dp} = TSP_e * DR_o * fr_{sc} * C_s * (f_{in} / (Y_v * f_{Ei})) * (1 - (1 - \exp(-f_{Ei} * t_e)) / (f_{Ei} * t_e))$$

Les plantes prélèvent la pollution à partir de l'eau du sol. Le sol étant contaminé, il va polluer l'eau présente dans ses pores.

### 2.1 - Pollution par des substances organiques

◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est aérienne :

$$BCFs = [10^{(0.95 * \log K_{ow} - 2.05)} + 0.82] * [0.784 * 10^{(-0.434 * (\log K_{ow} - 1.78)^2 / 2.44)}]$$

$$C_{ps} = BCFs * C_{pw} + C_{dp} * t_{ms} ;$$

◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est racinaire :

$$BCFr = 10^{(0.77 * \log K_{ow} - 1.52)} + 0.82$$

$$C_{pr} = BCFr * C_{pw}$$

## 2.2 - Pollution par des métaux

- ◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est aérienne :

$$C_{ps\ i} = C_{pw} * (1 - tms\ i) + C_{dp} * tms\ i$$

- ◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est racinaire :

$$C_{pr\ i} = C_{pw} * (1 - tms\ i)$$

## 3 – Injection de fruits et de légumes pollués par de l'eau d'irrigation de la nappe

Dans ce cas, les fruits et les légumes consommés sont pollués par l'eau d'irrigation.

L'arrosage se fait à la base des légumes, au goutte à goutte, il n'y a donc pas d'absorption d'eau contaminée par les parties aériennes des végétaux.

Le sol où poussent les légumes n'est pas pollué.

Les végétaux prélèvent les polluants à partir de l'eau de la nappe qui s'est infiltrée dans le sol.

La concentration de polluant dans l'eau du sol est égale à la concentration de polluant dans la nappe.

### 3.1 – Concentration de polluant dans les plantes

#### 3.1.1 Pollution par des substances organiques

- ◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est aérienne :

$$BCFs = [10^{(0.95 * \log Kow - 2.05)} + 0.82] * [0.784 * 10^{(-0.434 * (\log Kow - 1.78)^2 / 2.44)}]$$

$$C_{ps} = C_w * BCFs$$

- ◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est racinaire :

$$BCFr = 10^{(0.77 * \log Kow - 1.52)} + 0.82$$

$$C_{pr} = C_w * BCFr$$

### 3.1.2 Pollution par des métaux

- ◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est aérienne :

$$C_{ps\ i} = C_w * (1 - tms\ i)$$

- ◆ Pour les végétaux dont la partie comestible est racinaire :

$$C_{pr\ i} = C_w * (1 - tms\ i)$$

### 3.2 – Calcul des doses d'exposition

La dose d'exposition par ingestion de fruits et de légumes contaminés est calculée de la façon suivante :

$$VI = \sum_i \frac{Qr_i * Cp_i}{P}$$

- ◆ Substance avec effets de seuils :

$$D_{\text{avec seuils}} = \frac{(DE_{\text{enfant}} * VI_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}} * VI_{\text{adulte}}) * FE}{(DE_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}}) * 365}$$

- ◆ Substance avec effets sans seuils :

$$D_{\text{sans seuils}} = \frac{(DE_{\text{enfant}} * VI_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}} * VI_{\text{adulte}}) * FE}{T_m * 365}$$

Nota : pour une fréquentation plus occasionnelle, le nombre de jours d'exposition sera diminué :

- ◆ 221 jours ouvrables par années pour un employé,
- ◆ 40 jours par an pour un client assidu, moins pour un client occasionnel.

## 4 – Injection de poussière de sol

Comme pour le modèle d'ingestion de fruits et de légumes pollués, le modèle HESP 2.1 a été choisi comme base de travail.

### 4.1 – Calcul des doses d'exposition

Calcul de la dose d'exposition par ingestion de sol ou de poussières provenant du sol :

$$DI = \frac{Q_s * C_s}{P}$$

#### 4.1.1 – Scénario sensible

- ◆ Substance à effets de seuils :

$$D_{\text{avec seuils}} = \frac{(DE_{\text{enfant}} * DI_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}} * DI_{\text{adulte}}) * FE}{(DE_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}}) * 365}$$

- ◆ Substance avec effets sans seuils :

$$D_{\text{sans seuils}} = \frac{(DE_{\text{enfant}} * DI_{\text{enfant}} + DE_{\text{adulte}} * DI_{\text{adulte}}) * FE}{T_m * 365}$$

#### 4.1.2 – Scénario non sensible

- ◆ Substance à effets de seuils :

$$D_{\text{avec seuils}} = \frac{DI_{\text{adulte}} * FE}{365}$$

- ◆ Substance avec effets sans seuils :

$$D_{\text{sans seuils}} = \frac{DE_{\text{adulte}} * DI_{\text{adulte}} * FE}{T_m * 365}$$

## 5 – Calcul du risque

---

- Substance à effets de seuils :

$$IR = D_{\text{avec seuils}} / VTR_{\text{avec seuils}}$$

- Substance avec effets sans seuils :

$$ERI = D_{\text{sans seuils}} * VTR_{\text{sans seuils}}$$

### **Annexe 3 : Analyses de gaz dans les locaux actuels**



Laboratoires WESSLING  
Z.I. de Chesnes Tharabie  
30 rue du Ruisseau · 38070 Saint-Quentin-Fallavier  
Tél. +33 (0) 4 749996 20 · Fax +33 (0) 4 749996 37  
labo@wessling.fr

GRS Valtech Bègles  
Monsieur Raphael LAMARQUE  
43, Rue M. Sembat  
33130 Bègles

Interlocuteur: Fabienne Loisel  
Ligne directe: +33 (0) 474 999-632  
E-Mail: f.piegay@wessling.fr

**09 T 114**

---

N° rapport d'essai	ULY10-09307-1	Commande n°:	ULY-07397-10	Date	07.10.2010
--------------------	---------------	--------------	--------------	------	------------

---

Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai, sous réserve du flaconnage reçu (hors flaconnage Wessling), du respect des conditions de conservation des échantillons jusqu'au laboratoire d'analyses et du temps imparti entre le prélèvement et l'analyse préconisé dans les normes suivies.

Les méthodes couvertes par l'accréditation EN ISO 17025 sont marquées d'un A dans le tableau récapitulatif en fin de rapport au niveau des normes. Les résultats obtenus par ces méthodes sont accrédités sauf avis contraire en remarque.

Les essais effectués par les laboratoires allemands sont accrédités par le DGA sous le numéro DAP-PL-1237-99. La portée d'accréditation COFRAC n°1364 essais est disponible sur [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr) pour les résultats accrédités par les laboratoires Wessling de Lyon. Ce rapport d'essai ne peut-être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING (EN ISO 17025).

N° rapport d'essai ULY10-09307-1

Commande n°: ULY-07397-10

Date 07.10.2010

**Informations sur les échantillons**

Echantillon-n°	10-103291-01
Date de réception:	04.10.2010
Désignation	BAT AIR
Type d'échantillons:	Gaz
Début des analyses:	04.10.2010
Fin des analyses:	07.10.2010

**Résultats d'analyse****Benzène et aromatiques (CAV - BTEX)**

N° d'échantillon	10-103291-01	
Désignation d'échantillon	BAT AIR	
Paramètre	Unité	LQ
Benzène	µg G	<0,5
Toluène	µg G	<0,3
Ethylbenzène	µg G	<0,2
m-, p-Xylène	µg G	<0,2
o-Xylène	µg G	<0,2
Somme des CAV	µg G	-/-

---

N° rapport d'essai **ULY10-09307-1**      Commande n°: **ULY-07397-10**      Date **07.10.2010**

---

Les seuils de quantification indiqués correspondent à la limite de quantification analytique du procédé qui ne prend pas en compte le rendement de désorption du support tout comme les résultats fournis.

**Méthode****Norme**

Benzène et aromatiques - Méthode interne CB-CA V5

VDI 2100 Blatt 2(A)

Umweltanalytik Darmstadt

G	Gaz
---	-----

*Ce document est édité électroniquement, il est valide sans signature.*

Fabienne Loisel

