

# **Investigations complémentaires et Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires**

## **Site CAPROGA – Rue du Pont Saint Rock à Montargis (45)**

**Septembre 2010 – A 59387/A**



**CAPROGA  
Mme Valérie ROUMIER  
Les Docks  
45 120 CHALETTE-SUR-LOING**



**AGENCE PARIS - CENTRE - NORMANDIE  
803, boulevard Duhamel du Monceau  
45160 OLIVET  
Tél. : 02.38.23.22.20. - Fax : 02.38.23.22.30**



# Sommaire

|                                                                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Abréviations .....</b>                                                                                           | <b>5</b>  |
| <b>1. Introduction et méthodologie mise en œuvre.....</b>                                                           | <b>7</b>  |
| <b>2. Description du site et de son environnement .....</b>                                                         | <b>8</b>  |
| 2.1. Contexte : localisation du site.....                                                                           | 8         |
| 2.2. Sensibilité et vulnérabilité de l'environnement du site à l'égard d'une pollution potentielle du sous-sol..... | 11        |
| 2.3. Occupation du site.....                                                                                        | 11        |
| <b>3. Investigations de terrain .....</b>                                                                           | <b>13</b> |
| 3.1. Réalisation des investigations et prélèvements de sols et de gaz.....                                          | 13        |
| 3.2. Nature des terrains rencontrés et observations organoleptiques .....                                           | 14        |
| 3.3. Analyses réalisées sur les échantillons de sols .....                                                          | 15        |
| 3.4. Analyses réalisées sur les échantillons de gaz .....                                                           | 15        |
| <b>4. Résultats des analyses et interprétation .....</b>                                                            | <b>16</b> |
| 4.1. Préambule et référentiel utilisé.....                                                                          | 16        |
| 4.2. Résultats des analyses de sols .....                                                                           | 16        |
| 4.3. Résultats des analyses de gaz du sol.....                                                                      | 19        |
| 4.4. Interprétation des résultats des analyses de sols .....                                                        | 19        |
| 4.5. Interprétation des résultats des analyses de gaz.....                                                          | 23        |
| 4.6. Synthèse des résultats d'analyses.....                                                                         | 23        |
| <b>5. Schéma conceptuel environnemental .....</b>                                                                   | <b>24</b> |
| 5.1. Préambule .....                                                                                                | 24        |
| 5.2. Les sources de pollution.....                                                                                  | 24        |
| 5.3. Les vecteurs de pollution.....                                                                                 | 25        |
| 5.4. Les cibles .....                                                                                               | 25        |
| <b>6. Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS).....</b>                                                | <b>27</b> |
| 6.1. Préambule .....                                                                                                | 27        |
| 6.2. Identification des dangers .....                                                                               | 28        |
| 6.3. Relations doses-réponses pour les substances retenues .....                                                    | 33        |
| 6.4. Evaluation des expositions.....                                                                                | 34        |
| 6.5. Conclusions sur l'acceptabilité des risques sanitaires .....                                                   | 35        |
| <b>7. Conclusions et recommandations .....</b>                                                                      | <b>36</b> |
| 7.1. Contexte et travaux mis en œuvre .....                                                                         | 36        |
| 7.2. Synthèse des résultats.....                                                                                    | 36        |
| 7.3. Recommandations .....                                                                                          | 37        |

## Liste des figures

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure 1 : Localisation du site (extrait du site Geoportail) .....               | 8  |
| Figure 2 : Localisation du site sur fond de plan cadastral (geoloiret.com) ..... | 9  |
| Figure 3 : Localisation du site d'étude (photo aérienne).....                    | 10 |
| Figure 4 : Plan d'occupation du site.....                                        | 12 |
| Figure 5 : Plan d'implantation des sondages.....                                 | 14 |
| Figure 6 : Schéma conceptuel .....                                               | 26 |

## Liste des tableaux

|                                                                                                                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau 1 : Concentrations des hydrocarbures C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> supérieures à la limite de quantification .....                                             | 17 |
| Tableau 2 : Concentrations des alcanes supérieures à la limite de quantification .....                                                                                    | 17 |
| Tableau 3 : Concentrations des HAP supérieures à la limite de quantification .....                                                                                        | 18 |
| Tableau 4 : Concentrations des CAV supérieures à la limite de quantification.....                                                                                         | 18 |
| Tableau 5 : Valeurs moyennes, minimales et maximales pour les métaux.....                                                                                                 | 19 |
| Tableau 6 : Répartition des échantillons de sols en fonction de la concentration en HCT.....                                                                              | 19 |
| Tableau 7 : Répartition des échantillons de sols en fonction de la concentration en HAP totaux (en mg/kg-MS) .....                                                        | 21 |
| Tableau 8 : Répartition des échantillons de sols en fonction de la concentration en CAV totaux (en mg/kg-MS) .....                                                        | 22 |
| Tableau 9 : Comparaison des résultats d'analyses en métaux avec les valeurs sur l'échantillon de référence et avec les valeurs du bruit de fond géochimique national..... | 23 |
| Tableau 10 – Composés retenus pour l'EQRS (Phase gazeuse) .....                                                                                                           | 29 |
| Tableau 11– Composés retenus pour l'EQRS (Phase solide) pour le calcul des incertitudes ....                                                                              | 29 |
| Tableau 12 – Paramètres d'exposition des cibles.....                                                                                                                      | 31 |
| Tableau 13 – Fréquences et durées d'exposition des cibles retenues .....                                                                                                  | 31 |
| Tableau 14 – Caractéristiques des sols retenus .....                                                                                                                      | 32 |
| Tableau 15 – Caractéristiques bibliographiques de la zone résidentielle.....                                                                                              | 32 |
| Tableau 16– Résultats des calculs de risques sanitaires.....                                                                                                              | 35 |

## **Liste des annexes**

- Annexe A : Fiches de prélèvements de sol et gaz -Coupe technique et géologique du piézomètre
- Annexe B : Tableau de synthèse des résultats d'analyses
- Annexe C : Bordereaux d'analyses de sol
- Annexe D : Cartographie des résultats d'analyses
- Annexe E : Caractéristiques physico-chimiques des composés retenus (1 page)
- Annexe F : Valeurs Toxicologiques de Référence (2 pages)
- Annexe G : Evaluation des expositions (17 pages)
- Annexe H : Etude des incertitudes (3 pages)
- Annexe I : Codification des prestations relatives à la labellisation QUALIPOL



## Abréviations

|                  |                                                                                                                                                 |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AEI :</b>     | Alimentation en Eau Industrielle                                                                                                                |
| <b>AEP :</b>     | Alimentation en Eau Potable                                                                                                                     |
| <b>ARR :</b>     | Analyse des Risques Résiduels                                                                                                                   |
| <b>ATDSR :</b>   | Agency for Toxic Substances and Disease Registry, USA                                                                                           |
| <b>BASIAS :</b>  | Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Services                                                                          |
| <b>BASOL :</b>   | Base de données sur les sites et Sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif |
| <b>B(D)SS :</b>  | Banque de Données du Sous-Sol                                                                                                                   |
| <b>BRGM :</b>    | Bureau de Recherches Géologiques et Minières                                                                                                    |
| <b>BTEX :</b>    | Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes                                                                                                         |
| <b>CAV :</b>     | Composés Aromatiques Volatils (dont BTEX)                                                                                                       |
| <b>CI :</b>      | Concentration Moyenne Inhalée                                                                                                                   |
| <b>COHV :</b>    | Composés Organo-Halogénés Volatils                                                                                                              |
| <b>COT :</b>     | Carbone Organique Total                                                                                                                         |
| <b>DDASS :</b>   | Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales                                                                                    |
| <b>DJE :</b>     | Dose Journalière d'Exposition                                                                                                                   |
| <b>DJT :</b>     | Dose Journalière Tolérable                                                                                                                      |
| <b>DRIRE :</b>   | Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement                                                                       |
| <b>EPI :</b>     | Equipements de Protection Individuelle                                                                                                          |
| <b>EQRS :</b>    | Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires                                                                                                  |
| <b>ERI :</b>     | Excès de Risque Individuel                                                                                                                      |
| <b>FOC :</b>     | Fraction de Carbone Organique                                                                                                                   |
| <b>GC-MS :</b>   | Chromatographie en phase Gazeuse couplée à une Spectrométrie de Masse                                                                           |
| <b>GC-FID :</b>  | Chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme                                                                        |
| <b>HAP :</b>     | Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques                                                                                                         |
| <b>HCT :</b>     | Hydrocarbures Totaux                                                                                                                            |
| <b>ICPE :</b>    | Installations Classées pour la Protection de l'Environnement                                                                                    |
| <b>IGN :</b>     | Institut Géographique National                                                                                                                  |
| <b>INERIS :</b>  | Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques                                                                                  |
| <b>INRA :</b>    | Institut National de Recherche Agronomique                                                                                                      |
| <b>LD / LQ :</b> | Limite de Détection / Limite de Quantification                                                                                                  |
| <b>MEEDDM :</b>  | Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer                                                                    |
| <b>MS :</b>      | Matière Sèche                                                                                                                                   |
| <b>NGF :</b>     | Nivellement Général de la France                                                                                                                |
| <b>OEHHA :</b>   | Office of Environmental Health Hazard Assessment, California, USA                                                                               |
| <b>OMS :</b>     | Organisation Mondiale de la santé                                                                                                               |

- PCB :** PolyChloroBiphényles
- POS / PLU :** Plan d'Occupation des Sols / Plan Local d'Urbanisme
- Pz :** Piézomètre eau
- QD :** Quotient de Danger
- RAMSAR :** traité international pour la conservation et l'utilisation durable des zones humides
- RBCA :** Risk Based Corrective Action
- RIVM :** RijksInstituut voor Volksgezondheid en Milieu; National Institute of Public Health and the Environment, the Netherlands
- TPHWG :** Total Petroleum Hydrocarbons Working Group
- US-EPA :** Environmental Protection Agency, USA
- VCi :** Valeur de Constat d'Impact
- VTR :** Valeur Toxicologique de Référence

## **1. Introduction et méthodologie mise en œuvre**

La société CAPROGA souhaite vendre une partie du site qu'elle occupe, rue du Pont Saint Roch à Montargis (45), pour un usage prévu en habitations.

Les parcelles concernées par cette vente sont les parcelles 327 et 328. La parcelle 60, située en face n'est pas concernée par ce projet, elle devrait faire l'objet plus tard d'une rétrocession au domaine fluvial.

Ce site accueillait une activité de stockage de céréales depuis 1956 et stoppée en juin 2006.

La société CAPROGA a confié à ANTEA une étude de diagnostic environnemental, et un dossier de cessation d'activité, rendus en décembre 2007 (rapport A47725/A) sur l'ensemble de son site. Les parcelles 327 et 328 avaient notamment fait l'objet de 4 sondages à proximité de 2 cuves supposées :

- S1, S3 et surtout S4 à proximité d'une première cuve enterrée, appelée ici « cuve n°1 » et dont la présence est confirmée aujourd'hui par CAPROGA. Son volume est estimé entre 3 000 et 5 000 litres et son diamètre à 1,50 m ;
- S6 à proximité d'une seconde cuve enterrée, appelée ici « cuve n°2 », dont la présence est également confirmée par CAPROGA. Son volume est estimé à 15 000 litres et son diamètre à 2 m.

Ces cuves sont accessibles au droit d'une plateforme surélevée de 1,30 m par rapport au niveau naturel du sol (quai de chargement).

Les analyses réalisées sur l'échantillon de sol prélevé en S6 ont montré des concentrations en HCT inférieures au seuil de quantification du laboratoire, ainsi que des concentrations en HAP de 0,03 mg/kg. Les sondages S1, S3 et S4 ont montré des concentrations en HCT et HAP inférieures au seuil de quantification du laboratoire.

Les accès sur le site n'avaient pas permis de réaliser des sondages à proximité immédiate des deux cuves.

La société CAPROGA a donc confié à ANTEA des investigations complémentaires, associées à une Evaluation Quantifiée des Risques Sanitaires (EQRS) afin de vérifier la compatibilité des sols avec le futur usage projet (habitations). Les bâtiments existants seront démantelés et de nouveaux bâtiments seront reconstruits.

## 2. Description du site et de son environnement

### 2.1. Contexte : localisation du site

Le terrain faisant l'objet de la présente étude est situé à Montargis (45). Le site est localisé sur la figure 1 sur fond de plan IGN. Il se trouve sur la rue du Pont Saint Roch à Montargis. Il occupe les parcelles 327 et 328 - section AP de la commune de Montargis (localisation du site sur fond de plan cadastral en figure 2). Il est présenté en figure 3 sur photo aérienne.

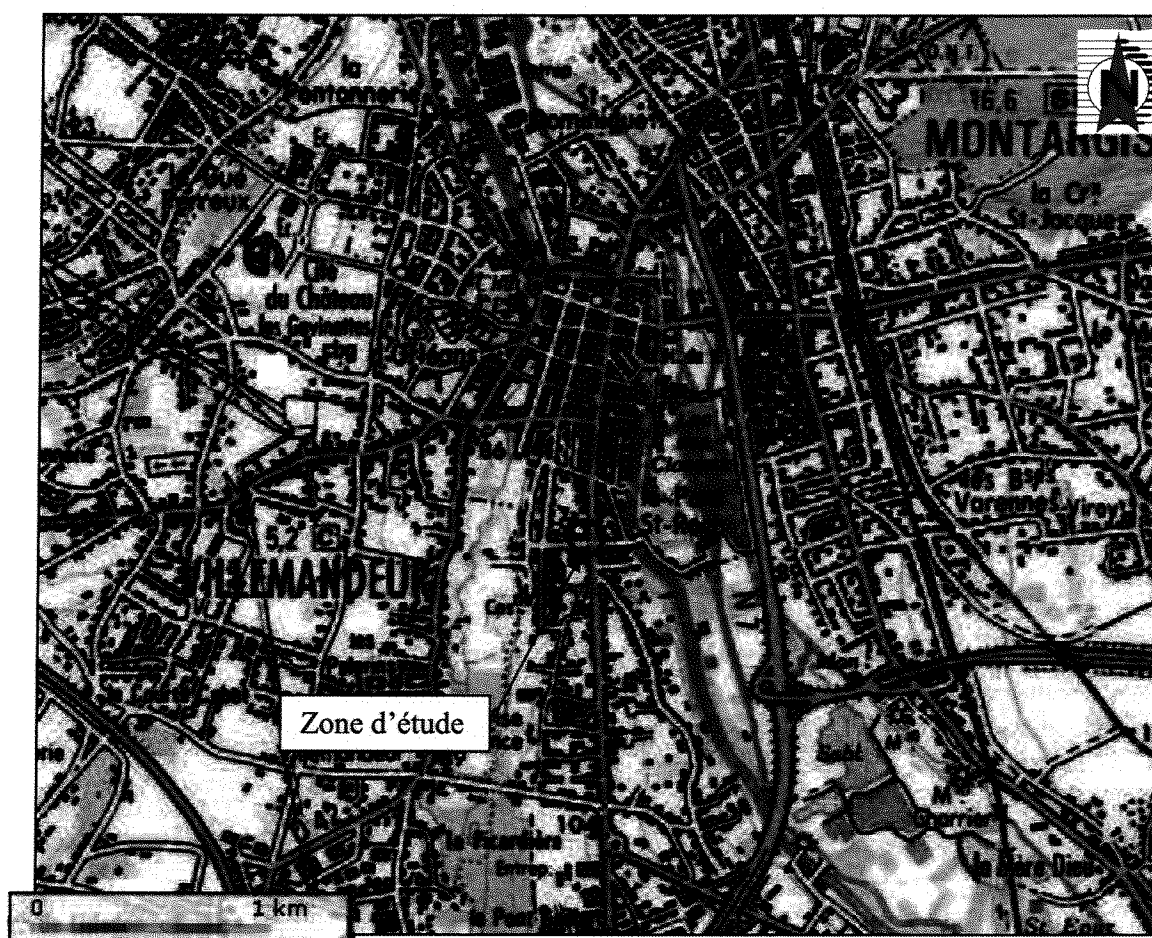


Figure 1 : Localisation du site (extrait du site Geoportail)

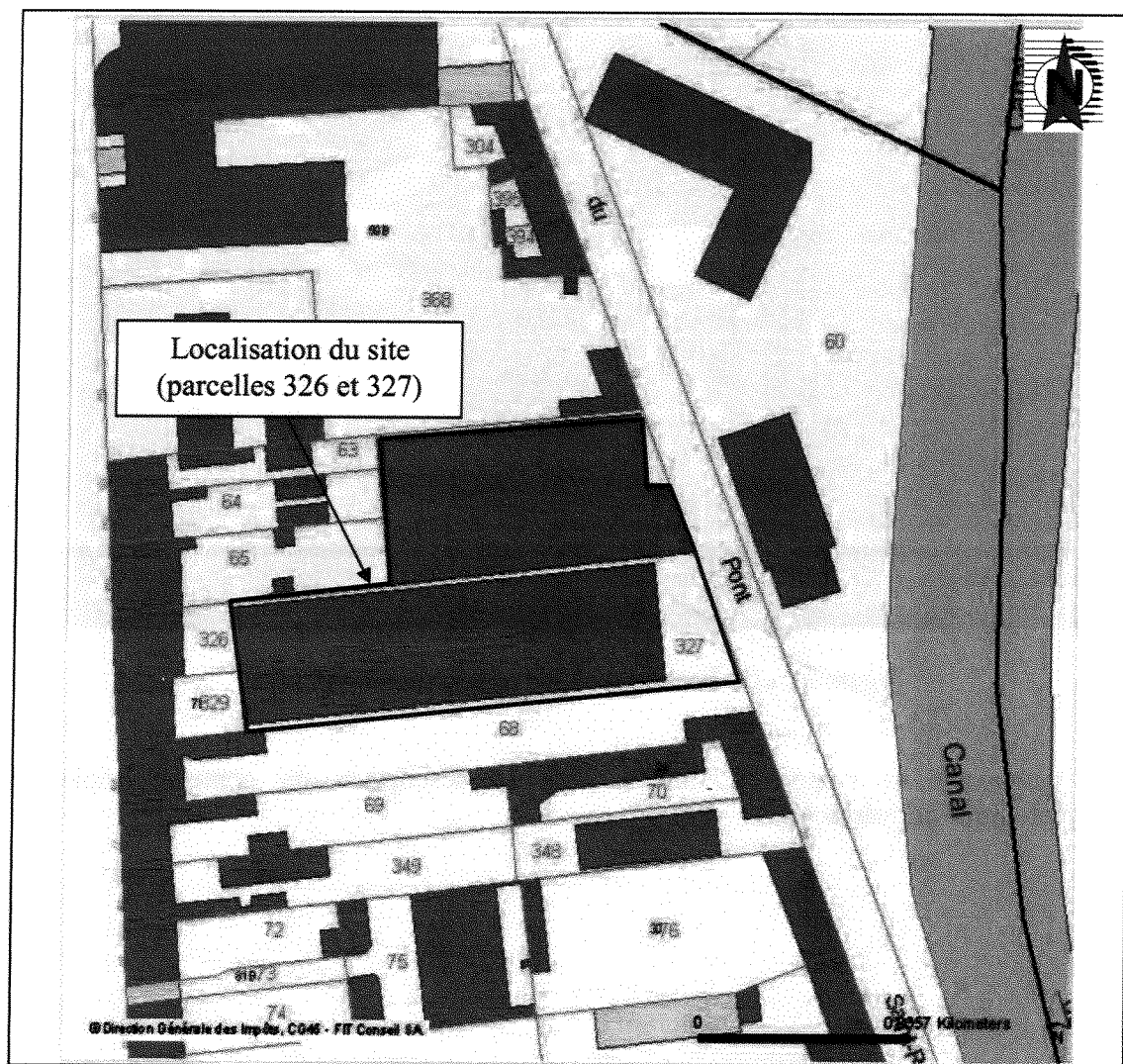


Figure 2 : Localisation du site sur fond de plan cadastral (geoloiret.com)

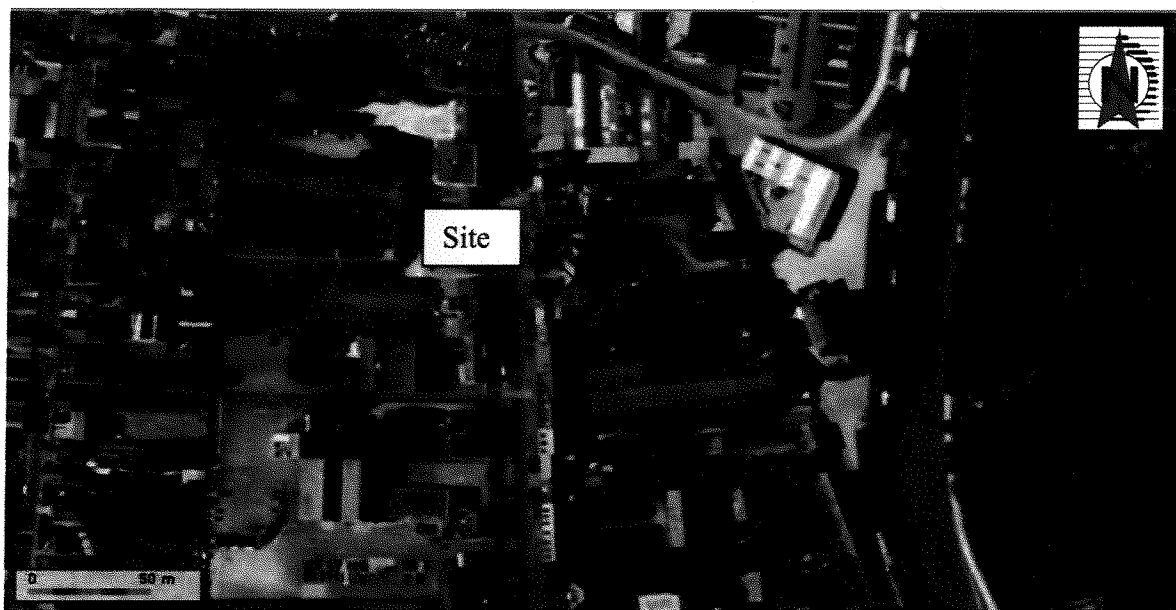


Figure 3 : Localisation du site d'étude (photo aérienne)

Nous renvoyons au rapport A59387/A pour la description du contexte géologique, hydrogéologique et hydrologique.

## 2.2. Sensibilité et vulnérabilité de l'environnement du site à l'égard d'une pollution potentielle du sous-sol

Les principaux milieux de transfert d'une éventuelle pollution provenant des sols et des eaux souterraines d'un site sont :

- l'atmosphère (après libération de substances par volatilisation ou mise en suspension de particules solides), lorsque la dalle du bâtiment couvrant le sol sera retirée ;
- les sols de surface (non recouverts lorsque la dalle sera retirée), l'exposition potentielle s'effectuant par contact direct des occupants du site,
- la nappe permettant la migration des polluants vers d'éventuels captages situés en aval et exploitant les eaux souterraines ou les eaux de surface.

### Concernant la vulnérabilité et la sensibilité de ces milieux :

La première nappe d'eau souterraine rencontrée au droit du site est la nappe des calcaires du Gâtinais (aquifère de 20 m d'épaisseur), dont le niveau est proche de la surface (niveau de 9,20 m mesuré en 1993 sur l'ouvrage 03653X0205/F situé à une distance de 1200 m au Sud-Ouest du site d'étude). L'aquifère calcaire est constitué de calcaires et de marnes ; la composante argileuse des marnes peut constituer une protection de surface pour la nappe, vis à vis d'une pollution potentielle de surface. Cette nappe superficielle est donc relativement peu vulnérable.

La nappe présente un écoulement dirigé vers le sud-est, c'est-à-dire vers le canal et la rivière le Loing, situés à 100 m à l'Est du site.

La base de données de la DRASS ne recense aucun captage AEP en aval hydrogéologique direct du site. Des puits privés peuvent être présents en aval hydrogéologique du site, captant la nappe alluviale du Loing.

Pour les eaux superficielles, des activités de pêche sont pratiquées sur le canal de Briare et sur le lac des Closiers. Des circulations de bateaux de plaisance sont également à noter sur le canal. Le lac est également pourvu d'un port de plaisance. Aucune autre activité nautique n'est pratiquée au droit et aval hydraulique du site.

Les eaux souterraines ne sont pas utilisées pour un usage sensible en aval hydraulique du site (absence de captages AEP).

Les activités sensibles pratiquées sur les eaux de surface sont des activités de pêche.

## 2.3. Occupation du site

L'ancien silo de Caproga est équipé des 2 cuves d'hydrocarbures (c.f. localisation des cuves en figure 4) :

- la cuve n°1, située à l'entrée du bâtiment, en limite Sud-Est ; sa longueur est de 4,50 m et sa hauteur de 2,10 m ;

- la cuve n°2, située au centre du bâtiment ; sa longueur est de 4,50 m et sa hauteur de 1,80 m.

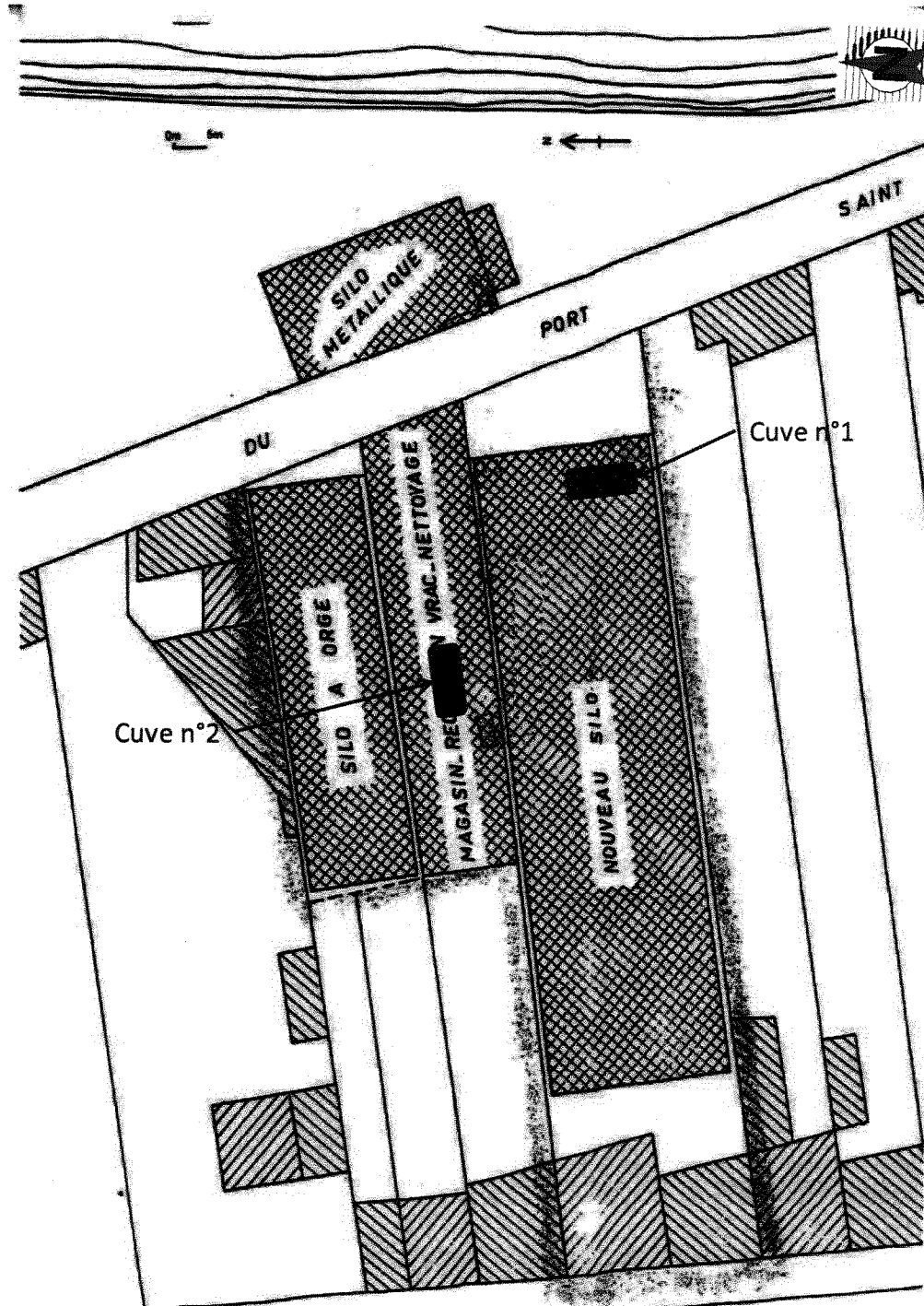


Figure 4 : Plan d'occupation du site

### **3. Investigations de terrain**

#### **3.1. Réalisation des investigations et prélèvements de sols et de gaz**

Six sondages de sols d'une profondeur allant de 3,30 m à 4,50 m de profondeur, en carottages gainés, ont été réalisés à l'aide d'une sondeuse de type Géoprobe.

Ces sondages, référencés S1 à S4 et incluant S4bis et S4ter (**Figure 5**), ont été répartis sur le site au droit des 2 cuves d'hydrocarbures.

Chaque sondage a fait l'objet d'un levé de coupe lithologique (description des terrains rencontrés) avec la notation des observations organoleptiques (couleur, traces de pollution...).

Les échantillons de chaque sondage ont été prélevés suivant les horizons lithologiques, ou suivant les indices de pollution rencontrés et de manière à constituer en moyenne entre 4 et 5 échantillons par sondage (sauf pour le sondage S4bis avec 2 échantillons de sol prélevés seulement).

Ainsi, 23 échantillons de sols ont été prélevés pour les 6 sondages et conditionnés dans un flaconnage adapté.

7 des 23 échantillons de sol ont été envoyés en glacière au laboratoire d'analyses Wessling accrédité COFRAC.

Les 16 échantillons restants ont été conservés en milieu réfrigéré.

1 piézair (appelé PG4) a été réalisé à proximité immédiate de la cuve n°2, au droit du sondage S4 (figure 5) ; sa profondeur est de 3 m.

Ce piézair a fait l'objet d'un lever de coupe lithologique (description des terrains rencontrés) et de coupe technique (**Annexe A**).

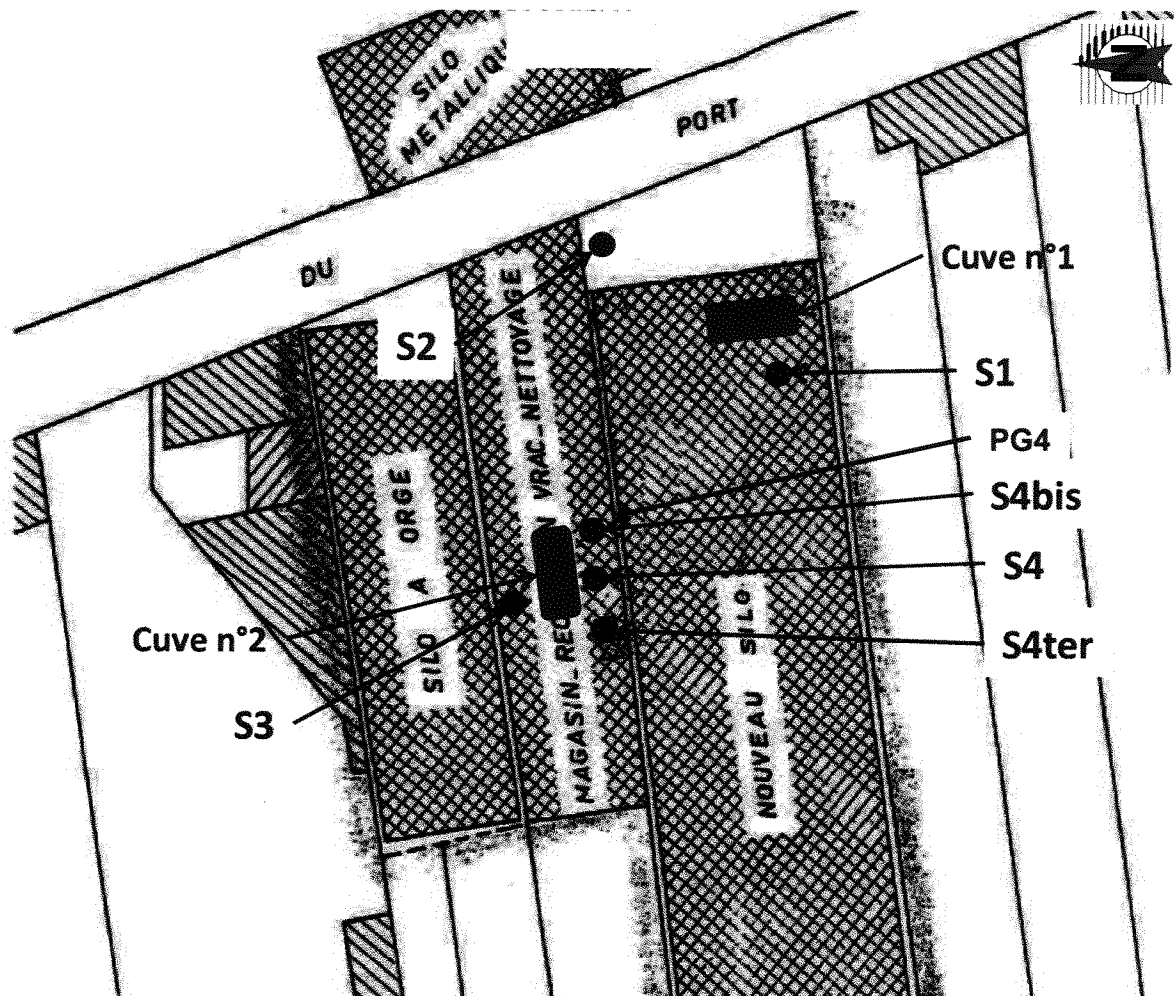


Figure 5 : Plan d'implantation des sondages

### 3.2. Nature des terrains rencontrés et observations organoleptiques

Les fiches de prélèvement de sols incluant une description des terrains rencontrés sont présentées en **Annexe A**.

Globalement, les terrains rencontrés au droit des sondages sont relativement homogènes et sont représentés par :

- Un remblai constitué selon les sondages de sable ou d'agile, jusqu'à 1,30 m de profondeur par rapport au niveau de la dalle ;
- Des marnes calcaires, jusqu'en bas du profil, constituant le sol en place et appartenant à la formation des Calcaires du Gâtinais.

- Dans la majorité des cas, la foration est stoppée à une profondeur comprise entre 3,30 m et 3,60 m, de par un blocage de la sondeuse sur dalle calcaire à cette profondeur.

Aucune venue d'eau n'a été observée.

S4 a présenté des odeurs d'hydrocarbures jusqu'à 3 m de profondeur au moins.

### 3.3. Analyses réalisées sur les échantillons de sols

Le choix des échantillons soumis aux analyses a été guidé par :

- les constats organoleptiques réalisés lors des investigations ;
- la lithologie observée.

Les paramètres recherchés sont les suivants :

- les hydrocarbures totaux (HCT) avec séparation des fractions carbonées C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, sur les 7 échantillons,
- les Alcanes volatils C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> sur les 7 échantillons analysés,
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sur les 7 échantillons,
- les composés aromatiques volatils (CAV) sur les 7 échantillons,
- les métaux (arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, plomb, nickel, zinc) sur les 7 échantillons,
- le TPH sur 1 échantillon,
- le COT sur 1 échantillon,
- la granulométrie sur 1 échantillon.

### 3.4. Analyses réalisées sur les échantillons de gaz

Les paramètres recherchés sont les suivants :

- les composés aromatiques volatils (CAV),
- les composés organo-halogénés volatils (COHV),
- le naphthalène,
- les Alcanes volatils C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>,
- le TPH.

## 4. Résultats des analyses et interprétation

### 4.1. Préambule et référentiel utilisé

La méthodologie de gestion des sites et sols pollués, décrite dans la circulaire ministérielle du 8 février 2007 du MEDAD, invite à utiliser les valeurs de gestion réglementaire et les objectifs de qualité des milieux en vue d'interpréter l'état environnemental des milieux.

Les valeurs auxquelles sont comparés les résultats d'analyses doivent être considérées comme des indicateurs (ils ne définissent pas la présence d'une pollution).

Il n'existe pas actuellement de valeurs réglementaires pour les composés hydrocarbonés dans les sols.

Les concentrations mesurées dans les sols sont comparées pour information aux critères d'acceptation en installation de stockage de déchets inertes définies dans le cadre de l'arrêté du 15 mars 2006.

Ces critères proposent des valeurs limites pour le contenu total des matières organiques et notamment :

- ✓ BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) : 6 mg/kg Matière Sèche (MS),
- ✓ PCB : 1 mg/kg MS,
- ✓ Hydrocarbures totaux : 500 mg/kg MS,
- ✓ HAP : 50 mg/kg MS.

### 4.2. Résultats des analyses de sols

Un tableau de synthèse des résultats des analyses de sol est présenté en **Annexe B**, et les bordereaux d'analyses de sol sont présentés en **Annexe C**.

Le plan de l'**Annexe D** permet de localiser les points de sondages présentant des anomalies de concentrations.

#### 4.2.1. Les Hydrocarbures totaux ( $C_{10}-C_{40}$ )

L'indice hydrocarbures totaux a été recherché dans **7 échantillons** et détectés dans **2 échantillons**, soit **28 %** des échantillons.

Le **Tableau 1** ci-dessous présente les concentrations en HCT obtenues sur les 2 échantillons de sol où ils ont été détectés (et pour chaque fraction carbonée).

| Concentration en mg/kg-MS                        | S4_2,5/3 | S4_3/3,3 |
|--------------------------------------------------|----------|----------|
| Indice hydrocarbure                              | 2200     | 2500     |
| Hydrocarbures > C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub> | 120      | 250      |
| Hydrocarbures > C <sub>12</sub> -C <sub>16</sub> | 540      | 770      |
| Hydrocarbures > C <sub>16</sub> -C <sub>21</sub> | 900      | 960      |
| Hydrocarbures > C <sub>21</sub> -C <sub>35</sub> | 670      | 480      |
| Hydrocarbures > C <sub>35</sub> -C <sub>40</sub> | <20      | <20      |

Tableau 1 : Concentrations des hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> supérieures à la limite de quantification

Les composés hydrocarbonés identifiés sont constitués par des fractions carbonées comprenant entre 10 et 35 atomes de carbone. Il s'agit donc de composés pour une partie légers (entre C<sub>10</sub> et C<sub>16</sub>), représentant 30% des HCT et pour l'autre partie, lourds peu volatils (entre C<sub>16</sub> et C<sub>35</sub>), représentant 70% des HCT. Ces fractions carbonées sont détectées entre 2,5 et 3,30 m de profondeur.

#### 4.2.2. Les hydrocarbures type Alcanes C5-C10

Les alcanes (hydrocarbures C5-C10) ont été recherchés sur **7 échantillons** de sol et détectés dans 2 échantillons, soit 28% des échantillons.

Le **Tableau 2** ci-dessous présente les concentrations en alcanes obtenues sur les 2 échantillons de sol où ils ont été détectés (et pour chaque fraction carbonée).

| Concentration en mg/kg-MS                       | S4_2,5/3 | S4_3/3,3 |
|-------------------------------------------------|----------|----------|
| Hydrocarbures > C <sub>5</sub> -C <sub>10</sub> | 25       | 110      |

Tableau 2 : Concentrations des alcanes supérieures à la limite de quantification

#### 4.2.3. Le TPH (somme des indices aromatiques et aliphatiques)

Le TPH a été recherché sur **1 échantillon** de sol. La concentration obtenue est inférieure au seuil de quantification du laboratoire.

#### 4.2.4. Le COT (Carbone organique total)

Le COT a été recherché sur **1 échantillon** de sol. La concentration obtenue est de 7,9%.

#### 4.2.5. Les HAP (Hydrocarbures aromatiques polycycliques)

Sur un total de 7 échantillons analysés, 2 (soit 28% des échantillons), présentent une concentration supérieure à la limite de quantification du laboratoire (0,01 mg/kg).

Le **Tableau 3** ci-dessous présente les concentrations en HAP obtenues sur les 2 échantillons de sol où ils ont été détectés (et pour chaque fraction carbonée).

| Concentration en mg/kg-MS | S4_3/3,3 | S4ter_2/3 |
|---------------------------|----------|-----------|
| HAP                       | 0,021    | 0,063     |

Tableau 3 : Concentrations des HAP supérieures à la limite de quantification

Les HAP identifiés dans les sols sont caractérisés par la présence majoritaire de :

- benzo(ghi)pérylène (entre 50 et 100 % des HAP totaux en moyenne),
- fluoranthène (entre 0 et 17 % des HAP totaux),
- pyrène (entre 0 et 33 % des HAP totaux).

#### 4.2.6. Les CAV (Composés Aromatiques Volatils)

Sur un total de 7 échantillons analysés, 1 (soit 14% des échantillons), présente une concentration supérieure à la limite de quantification du laboratoire (0,01 mg/kg).

Le **Tableau 4** ci-dessous présente la concentration en CAV obtenue sur l'échantillon de sol où ils ont été détectés.

| Concentration en mg/kg-MS | S4_3/3,3 |
|---------------------------|----------|
| CAV                       | 1,5      |

Tableau 4 : Concentrations des CAV supérieures à la limite de quantification

Les CAV identifiés dans les sols sont caractérisés par la présence de :

- O-xylène (0,43 mg/kg),
- m,p-Ethyltoluène (0,21 mg/kg),
- pseudocumène (0,64 mg/kg).

#### 4.2.7. Les métaux

Les métaux ont été recherchés dans **7 échantillons**.

Le **Tableau 5** ci-dessous présente les teneurs moyennes, les teneurs les plus faibles et les teneurs maximales quantifiées pour les métaux, pour les 7 échantillons.

| Concentration en mg/kg-MS | Minimum | Maximum | Moyenne | Ecart-type |
|---------------------------|---------|---------|---------|------------|
| Arsenic                   | <2      | 4       | 1       | 1,7        |
| Cadmium                   | <0,5    | <0,5    | -       | -          |
| Chrome                    | 4       | 8       | 5,8     | 1,3        |
| Cuivre                    | 2       | 3       | 2,3     | 0,5        |
| Mercur                    | 0       | 0       | 0       | 0          |
| Plomb                     | 0       | 0       | 0       | 0          |
| Nickel                    | 3       | 6       | 4,5     | 1,1        |
| Zinc                      | 6       | 5       | 6,1     | 5,4        |

Tableau 5 : Valeurs moyennes, minimales et maximales pour les métaux

### 4.3. Résultats des analyses de gaz du sol

Les résultats des analyses de gaz montrent que la totalité des paramètres présente des concentrations inférieures au seuil de quantification du laboratoire.

### 4.4. Interprétation des résultats des analyses de sols

#### 4.4.1. Hydrocarbures totaux et fractions carbonées

Le **Tableau 6** ci-après synthétise le nombre d'échantillons par classes de concentrations (C). Les intervalles de concentration retenus sont les suivants :

- inférieure au seuil de quantification ( $C < LQ$ ) ;
- comprise entre le seuil de quantification et 500 mg/kg-MS<sup>1</sup> ( $LQ < C < 500$ ) ;
- comprise entre 500 mg/kg-MS et 2 000 mg/kg-MS ( $500 < C < 2\,000$ ) ;
- comprise entre 2 000 et 20 000 mg/kg-MS ( $2\,000 < C < 20\,000$ ) ;
- supérieure à 20 000 mg/kg-MS.

|                        | Nombre d'échantillons | Pourcentage |
|------------------------|-----------------------|-------------|
| $C < LQ$               | 5                     | 71%         |
| $LQ < C < 500$         | 0                     | 0%          |
| $500 < C < 2\,000$     | 0                     | 0%          |
| $2\,000 < C < 20\,000$ | 2                     | 29%         |
| $20\,000 < C$          | 0                     | 0%          |
| TOTAL                  | 7                     | 100%        |

C : concentration mesurée en mg/kg MS

Tableau 6 : Répartition des échantillons de sols en fonction de la concentration en HCT

<sup>1</sup> Concentration maximale autorisée pour l'acceptation de matériaux dans les installations de stockage de déchets inertes (arrêté du 15 mars 2006 fixant la liste des types de déchets inertes admissibles dans les installations de stockage de déchets inertes et les conditions d'exploitation de ces installations).

Dans le cas d'un éventuel terrassement, on note ainsi que pour les sols :

- **5 échantillons** (soit 71 % des échantillons analysés) peuvent être considérés comme inertes pour le paramètre indice HCT (au sens de l'arrêté du 15 mars 2006) ;
- **2 échantillons** présentent des teneurs de l'indice HCT supérieures à 500 mg/kg-MS, soit 29 % et ne peuvent donc pas être considérés comme inertes au titre de l'arrêté du 15 mars 2006.

La localisation de ces échantillons est présentée en **Annexe D**, sur laquelle un code couleur permet d'identifier la répartition des échantillons de sols en fonction de la concentration en HCT.

La figure de l'**Annexe D** et le **Tableau 6** montrent que les échantillons présentant les concentrations les plus élevées en HCT, sont trouvés en bordure Sud de la cuve n°2.

Ils montrent également que les concentrations sont croissantes avec la profondeur.

Les échantillons S4\_2,5/3 et S4\_3/3,3 présentent des anomalies de concentration en HCT.

#### 4.4.2. Les Alcanes

La localisation de ces échantillons est présentée en **Annexe D**, sur laquelle un code couleur permet d'identifier la répartition des échantillons de sols en fonction de la concentration en Alcanes.

La figure de l'**Annexe D** montre que les échantillons présentant les concentrations les plus élevées en Alcanes, sont également trouvés en bordure Sud de la cuve n°2.

Ils montrent également que les concentrations sont croissantes avec la profondeur.

L'échantillon S4\_3/3,3 présente une anomalie de concentration en Alcanes.

#### 4.4.3. Les HAP

Les HAP identifiés sont caractérisés par la présence de benzo(ghi)pérylène (entre 50 et 100 % des HAP totaux en moyenne), fluoranthène (entre 0 et 17 % des HAP totaux) et pyrène (entre 0 et 33 % des HAP totaux).

Le benzo(a) pyrène et le naphthalène ne sont pas présents dans les échantillons.

Le **Tableau 7** ci-après synthétise le nombre d'échantillons prélevés par classes de concentrations (C). Les intervalles de concentration retenus sont les suivants :

- inférieure au seuil de quantification ( $C < LQ$ ) ;
- comprise entre le seuil de quantification et 50 mg/kg-MS<sup>2</sup> ( $LQ < C < 50$ ) ;
- comprise entre 50 mg/kg-MS et 500 mg/kg-MS ( $50 < C < 500$ ) ;
- comprise entre 500 et 5 000 mg/kg-MS ( $500 < C < 5\,000$ ) ;
- supérieure à 5 000 mg/kg-MS.

|                  | Nombre<br>d'échantillons | Pourcentage |
|------------------|--------------------------|-------------|
| $C < LQ$         | 5                        | 71%         |
| $LQ < C < 50$    | 2                        | 29%         |
| $50 < C < 500$   | 0                        | 0%          |
| $500 < C < 5000$ | 0                        | 0%          |
| $5000 < C$       | 0                        | 0%          |
| TOTAL            | 7                        | 100%        |

C : concentration mesurée

Tableau 7 : Répartition des échantillons de sols en fonction de la concentration en HAP totaux (en mg/kg-MS)

Dans le cas d'un éventuel terrassement, on note ainsi que pour les sols, la totalité des échantillons peut être considéré comme inerte pour le paramètre indice HAP (au sens de l'arrêté du 15 mars 2006).

La localisation de ces échantillons est présentée en **Annexe D**, sur laquelle un code couleur permet d'identifier la répartition des échantillons de sols en fonction de la concentration en HAP.

La figure de l'**Annexe D** et le **Tableau 7** montrent que les échantillons présentant des traces de HAP ont été prélevés au Sud et au Sud-Ouest de la cuve n°2, avec une présence trouvée jusqu'à une profondeur minimum de 3,30 m.

<sup>2</sup> Concentration maximale autorisée pour l'acceptation de matériaux dans les installations de stockage de déchets inertes (arrêté du 15 mars 2006 fixant la liste des types de déchets inertes admissibles dans les installations de stockage de déchets inertes et les conditions d'exploitation de ces installations).

#### 4.4.4. Les CAV

Les CAV identifiés sont caractérisés par la présence de O-xylène (0,43 mg/kg), m-,p-Ethyltoluène (0,21 mg/kg) et pseudocumène (0,64 mg/kg).

Le **Tableau 8** ci-après synthétise le nombre d'échantillons prélevés par classes de concentrations (C). Les intervalles de concentration retenus sont les suivants :

- inférieure au seuil de quantification ( $C < LQ$ ) ;
- comprise entre le seuil de quantification et 50 mg/kg-MS<sup>3</sup> ( $LQ < C < 6$ ).

|            | Nombre d'échantillons | Pourcentage |
|------------|-----------------------|-------------|
| C < LQ     | 6                     | 86%         |
| LQ < C < 6 | 1                     | 14%         |
| C > 6      | 0                     | 0%          |
| TOTAL      | 7                     | 100 %       |

C : concentration mesurée

Tableau 8 : Répartition des échantillons de sols en fonction de la concentration en CAV totaux (en mg/kg-MS)

Dans le cas d'un éventuel terrassement, on note ainsi que pour les sols, la totalité des échantillons peut être considéré comme inerte pour le paramètre indice CAV (au sens de l'arrêté du 15 mars 2006).

La localisation de ces échantillons est présentée en **Annexe D**, sur laquelle un code couleur permet d'identifier la répartition des échantillons de sols en fonction de la concentration en HAP.

L'échantillon S4\_3/3,3 présente une anomalie de concentration en CAV (par la concentration en o-xylène).

La figure de l'**Annexe D** et le **Tableau 8** montrent que cet échantillon a été prélevé au Sud de la cuve n°2, avec une présence trouvée jusqu'à une profondeur minimum de 3,30 m.

<sup>3</sup> Concentration maximale autorisée pour l'acceptation de matériaux dans les installations de stockage de déchets inertes (arrêté du 15 mars 2006 fixant la liste des types de déchets inertes admissibles dans les installations de stockage de déchets inertes et les conditions d'exploitation de ces installations).

#### 4.4.5. Les métaux

La comparaison des résultats d'analyse aux valeurs de bruit de fond géochimique est synthétisée dans le **Tableau 9** ci-dessous.

|                                         | Arsenic | Cadmium | Chrome | Cuivre | Mercur | Plomb | Nickel | Zinc  |
|-----------------------------------------|---------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|
| <b>Plage de concentrations mesurées</b> | <2-4    | <0,5    | 4-8    | 2-3    | <0,1   | <10   | 3-6    | <5-15 |
| <b>Nombre d'échantillons analysés</b>   | 7       | 7       | 7      | 7      | 7      | 7     | 7      | 7     |
| <b>C compris dans A1</b>                | 7       | 7       | 7      | 7      | 7      | 7     | 7      | 7     |
| <b>C compris dans A2</b>                | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0     |
| <b>C compris dans A3</b>                | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0     | 0      | 0     |

C : concentration mesurée

A1 : gamme de valeurs observées couramment dans les sols ordinaires

A2 : gamme de valeurs observées dans les sols « d'anomalies naturelles modérées »

A3 : gamme de valeurs observées dans les sols dans le cas de fortes anomalies naturelles

Tableau 9 : Comparaison des résultats d'analyses en métaux avec les valeurs sur l'échantillon de référence et avec les valeurs du bruit de fond géochimique national

La totalité des échantillons analysés présente des concentrations incluses dans la gamme de valeurs observées couramment dans les sols ordinaires.

Aucun ne présente donc d'anomalie de concentration.

#### 4.5. Interprétation des résultats des analyses de gaz

Les résultats d'analyses de gaz montrent que la fraction volatile des composés hydrocarbonés détectés dans le sol au droit de la cuve n°2, n'est pas détectée dans les gaz prélevés dans le piézair PG3.

#### 4.6. Synthèse des résultats d'analyses

Les investigations réalisées au droit du site mettent en évidence les points suivants :

- une anomalie en HCT au droit de la cuve n°2, à partir de 2 m et jusqu'à 3,30 m de profondeur au moins et une concentration croissante avec la profondeur ; la limite inférieure de cette anomalie n'a pas été atteinte ;
- une présence d'alcanes au droit de la cuve n°2, et une concentration croissante avec la profondeur ; la limite inférieure de cette présence d'alcanes n'a pas été atteinte ;
- des traces de HAP au droit de la cuve n°2, de 3 à 3,30 m ; la limite inférieure de ces traces de HAP n'a pas été atteinte ;
- risque (faible) de transfert vers les eaux souterraines.

Le volume minimum de sol impacté est estimé à 17 m<sup>3</sup> (soit une surface de 6 m<sup>2</sup> déterminée sur la base d'une section carrée de 2,5 m de côté, sur une profondeur de 3,30 m au moins – diminué du volume de la cuve au droit de cette surface, volume estimé à 3 m<sup>3</sup>).

## 5. Schéma conceptuel environnemental

### 5.1. Préambule

Le schéma conceptuel du site consiste à établir, sur la base des résultats du diagnostic, un bilan factuel de l'état environnemental des milieux. Le schéma conceptuel du site est présenté en **Figure 6**.

D'après la méthodologie de gestion des sites et sols pollués du MEEDDAT, le schéma conceptuel doit permettre d'appréhender l'état de pollution des milieux et des voies d'exposition au regard du projet d'aménagement. Le schéma conceptuel a pour objectifs de préciser :

- les sources contenant des substances susceptibles de générer un impact,
- les différents milieux de transfert des substances vers un point d'exposition,
- les cibles situées au point d'exposition.

Les sources de pollution, les milieux de transfert et les cibles sont présentés successivement dans les paragraphes ci-dessous.

### 5.2. Les sources de pollution

A l'issue des reconnaissances environnementales, une source de pollution a été identifiée dans les sols.

Cette source est caractérisée par :

- une anomalie en HCT dans le sol (2200 à 2500 mg/kg détecté entre 2,50 m et 3,30 m), au sud de la cuve n°2 et jusqu'à 3,30 m de profondeur au moins ;
- une anomalie en Alcanes dans le sol (110 mg/kg détecté entre 3 et 3,30 m de profondeur) au sud de la cuve n°2 et jusqu'à 3,30 m de profondeur au moins ;
- une anomalie en CAV, par la présence d'o-xylène (0,43 mg/kg détecté entre 3 et 3,30 m de profondeur) au sud de la cuve n°2 et jusqu'à 3,30 m de profondeur au moins ;
- des traces de HAP dans le sol (entre 0,021 et 0,063 mg/kg) au sud et sud-ouest de la cuve n°2 et jusqu'à 3 m de profondeur au moins.

### 5.3. Les vecteurs de pollution

Les vecteurs de pollution sont identifiés en tenant compte du futur usage du site (démantèlement du bâtiment actuel, terrassement et aménagement en habitations) :

- inhalation de poussières (cas de sols mis à nu après décapage du remblai surélevé actuel) ;
- ingestion de sol, pour les enfants essentiellement (cas de sols mis à nu après décapage du remblai surélevé actuel) ;
- ingestion de végétaux (racines essentiellement concernées) cultivés dans des potagers sur place ;
- la nappe d'eau souterraine présente dans la Craie du Santonien au droit du site, puis présentant un transfert latéral vers le Nord-est. Cette nappe est un vecteur potentiel de transfert de pollution en aval hydraulique en direction du canal de Briare (dans l'hypothèse d'une connexion avec les eaux souterraines) et le lac des Closiers (avec la rivière le Loing en continuité) ;

La voie de contact cutanée avec les sols et les poussières n'est plus prise en compte selon les recommandations de la DGS (circulaire du 30/05/06).

### 5.4. Les cibles

Compte tenu de l'aménagement futur du site (habitations), les cibles identifiées pour l'étude seront des enfants notamment en bas âge et des adultes.

En l'absence de mesures de gestion appropriées, ces personnes pourraient être exposées indirectement aux substances dangereuses, par les voies suivantes :

- inhalation de vapeurs,
- ingestion / inhalation de poussières,
- ingestion de végétaux (racines surtout) cultivés sur potagers.

En ce qui concerne les eaux souterraines, la base de données de la DRASS ne recense aucun captage AEP en aval hydrogéologique direct du site. Des puits privés peuvent être présents en aval hydraulique du Loing, captant la nappe alluviale de la rivière.

Pour les eaux superficielles, des activités de pêche sont pratiquées sur le canal de Briare et sur le lac des Closiers. Des circulations de bateaux de plaisance sont également à noter sur le canal. Le lac est également pourvu d'un port de plaisance. Aucune autre activité nautique n'est pratiquée au droit et aval hydraulique du site.



## 6. Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS)

### 6.1. Préambule

Afin d'avoir une meilleure connaissance des risques engendrés pour la santé des futurs utilisateurs du site, une EQRS a été réalisée sur la base des éléments décelés dans le sous-sol (sol et gaz) lors des investigations menées en février 2010.

L'évaluation porte sur les risques sanitaires liés à l'exposition chronique des usagers futurs du site aux substances à impact potentiel décelées lors des diagnostics environnementaux.

Cette approche quantitative fait l'objet de l'Annexe 2 de la circulaire ministérielle du 8 février 2007.

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

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

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

Les informations sur la « source » sont extraites des résultats des investigations de terrain.

Les modèles de transfert et d'exposition, fournis par les méthodes de JOHNSON ET ETTINGER et RBCA, permettent le calcul de la concentration au point d'exposition d'une part et le calcul des concentrations moyennes inhalées par les populations du site d'autre part.

Pour un scénario donné, le risque par substance est obtenu en procédant au calcul majorant du Quotient de Danger (QD, pour les substances toxiques) et de l'Excès de Risque Individuel (ERI, pour les substances cancérogènes), puis en comparant les résultats obtenus aux critères sanitaires en vigueur.

<sup>1</sup> Johnson et Ettinger, 2004. User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings.

*CAPROGA**Investigations complémentaires et EQRS – Site CAPROGA à Montargis (45) - A 59387/A*

On retiendra qu'il y a, pour chaque substance et pour chaque scénario, trois niveaux de calculs :

- le calcul de la concentration au point d'exposition (modèle de transfert),
- le calcul de la concentration moyenne inhalée (modèle d'exposition),
- le calcul des risques sanitaires (ERI pour les risques cancérigènes et QD pour les risques toxiques).

Les risques, pour un individu et pour un scénario donné, sont obtenus en cumulant les risques calculés pour chaque substance retenue.

Le détail des calculs de risques sanitaires est présenté en Annexe G.

Ces considérations sont développées dans les quatre étapes de l'EQRS :

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

En complément, les incertitudes affectant cette évaluation sont discutées en Annexe G.

## **6.2. Identification des dangers**

L'actuel site sera aménagé en quartier résidentiel. Le projet final n'est, à ce jour, pas encore retenu. Dans ce cadre, il a été choisi de prendre en compte un scénario majorant constitué par :

- des maisons individuelles sans sous-sol ;
- des jardins privés ;
- des jardins potagers.

Sur la base de ces données, une population adulte et enfant vivant dans les habitations individuelles sans sous-sol, sera prise en compte dans la suite des calculs.

### 6.2.1. Identification des sources de pollution

La caractérisation des sources de pollution a été réalisée via la campagne d'investigations de Février 2010 dont les résultats sont présentés dans le présent document.

Les données ayant servi de base aux calculs de risques sont présentés ci-après.

Tableau 10 – Composés retenus pour l'EQRS (Phase gazeuse)

|                                | Teneur maximale<br>dans l'air du sol en mg/m³ |                      | Localisation et profondeur du<br>prélèvement |
|--------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------|
|                                | Composés aliphatiques                         | Composés aromatiques |                                              |
| Hydrocarbures volatils C6-C8   | 0,082                                         | 0,033                | SG4 à 1,20 m                                 |
| Hydrocarbures volatils C8-C10  | 0,082                                         | 0,033                |                                              |
| Hydrocarbures volatils C10-C12 | 0,082                                         | 0,033                |                                              |
| Hydrocarbures volatils C12-C16 | 0,082                                         | 0,033                |                                              |
| Naphtalène                     | 7,9.10 <sup>-3</sup>                          |                      |                                              |
| Somme Xylènes                  | 7,9.10 <sup>-3</sup>                          |                      |                                              |
| Mésitylène                     | 7,9.10 <sup>-3</sup>                          |                      |                                              |
| Ethyltoluène                   | 7,9.10 <sup>-3</sup>                          |                      |                                              |
| Pseudocumène                   | 7,9.10 <sup>-3</sup>                          |                      |                                              |

Les concentrations présentées ci-dessus sont les limites de quantification du laboratoire d'analyses.

Une mesure de la fraction de répartition des composés aromatiques et des composés aliphatiques a été réalisée. Cependant, aucun des composés n'a été détecté par le laboratoire. De ce fait, la totalité de la concentration a été rapportée aux composés aliphatiques et aux composés aromatiques pour chacune des fractions. Le choix final se portera sur la fraction la plus pénalisante afin de ne pas minorer le risque.

Tableau 11– Composés retenus pour l'EQRS (Phase solide) pour le calcul des incertitudes

|                                | Teneur maximale<br>dans les sols en mg/kg | Localisation*         |
|--------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|
| Hydrocarbures volatils C5-C6   | 110                                       | S4 entre 3 et 3,3 m   |
| Hydrocarbures volatils C6-C8   | 110                                       |                       |
| Hydrocarbures volatils C8-C10  | 110                                       |                       |
| Hydrocarbures volatils C10-C12 | 250                                       |                       |
| Hydrocarbures volatils C12-C16 | 770                                       |                       |
| Hydrocarbures volatils C16-C21 | 960                                       |                       |
| Hydrocarbures volatils C21-C35 | 670                                       | S4 entre 2,5 et 3 m   |
| Fluoranthène                   | 0,011                                     | S4 Ter entre 2 et 3 m |
| Pyrène                         | 0,021                                     |                       |
| Benzo(ghi)pérylène             | 0,032                                     |                       |
| Somme Xylènes                  | 0,53                                      | S4 entre 3 et 3,3 m   |
| Mésitylène                     | 0,21                                      |                       |
| Ethyltoluène                   | 0,21                                      |                       |
| Pseudocumène                   | 0,64                                      |                       |

\* La profondeur finale doit prendre en compte le retrait du vide sous bâtiment industriel et les remblais associés d'une épaisseur de 1,20 m.

Une mesure de la fraction de répartition des composés aromatiques et des composés aliphatiques a été réalisée. Cependant, aucun des composés n'a été détecté par le laboratoire. De ce fait, la totalité de la concentration a été rapportée aux composés aliphatiques et aux composés aromatiques.

En l'absence de Valeurs Toxicologiques de Référence pour l'inhalation et l'ingestion, les substances suivantes ne seront pas prises en compte dans la suite de l'étude :

- Mésitylène ;
- Ethyltoluène ;
- Pseudo-cumène.

### 6.2.2. Description des scénarii et voies d'exposition retenus.

La définition des points d'exposition correspond à la détermination des points de contact entre le milieu contaminé et la cible considérée.

#### 6.2.2.1. Voies d'exposition

Les voies d'exposition retenues dans le calcul de risques sanitaires sont :

- inhalation de vapeurs ;
- inhalation de poussières ;
- ingestion de sol ;
- ingestion de légumes racinaires et feuillus.

La voie d'exposition des légumes arrosés par l'eau de la nappe n'est pas prise en compte dans ce scénario. En effet, il est rare que des puits particuliers en pleine zone urbaine soient créés, dans le cadre de projets d'aménagement, pour l'alimentation de jardins potagers de taille réduite.

La voie de contact cutanée avec les sols et les poussières n'est plus prise en compte selon les recommandations de la DGS (circulaire du 30/05/06).

#### 6.2.2.2. Scénario retenu

Le scénario retenu sur le site est un bâtiment sans sous-sol. Les cibles exposées seront des adultes et des enfants à l'intérieur des maisons et à l'extérieur au niveau du jardin (privatif et potager).

### 6.2.2.3. Caractéristiques de l'exposition des cibles

Selon le scénario déterminé, l'exposition des cibles prise en compte dans le calcul de risque sanitaire est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 12 – Paramètres d'exposition des cibles

| Cibles  | Extérieur et intérieur                                | Consommation de légumes racinaires et feuillus                       |
|---------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Adultes | - 50 mg/j de poussières (int + ext)                   | - 69 g/j de végétaux racinaires<br>- 51 g/j de végétaux feuillus     |
| Enfants | - 150 mg/j de sol et de poussières ingéré (int + ext) | - 40,6 g/j de végétaux racinaires<br>- 20,7 g/j de végétaux feuillus |

Les fréquences et durées d'exposition retenues sont précisées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13 – Fréquences et durées d'exposition des cibles retenues

|                        | Résidentiel                                 |         |                                        |                       |                                        |                      |
|------------------------|---------------------------------------------|---------|----------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|----------------------|
|                        | Ingestion de sol et de végétaux             |         | En intérieur :<br>Inhalation de vapeur |                       | En extérieur :<br>Inhalation de vapeur |                      |
|                        | adultes et enfants<br>365 j/an <sup>4</sup> |         | adultes                                | enfants               | adultes                                | enfants              |
| Fréquence d'exposition |                                             |         | 217 j/an <sup>5</sup>                  | 296 j/an <sup>6</sup> | 50 j/an <sup>7</sup>                   | 68 j/an <sup>8</sup> |
| Durée d'exposition     | adultes                                     | enfants | adultes                                | enfants               | adultes                                | enfants              |
|                        | 30 ans                                      | 6 ans   | 30 ans                                 | 6 ans                 | 30 ans                                 | 6 ans                |

<sup>4</sup> Les méthodes de calculs utilisées considèrent un contact par jour toute l'année et une consommation de végétaux autoproduits tout au long de l'année (365 j/365).

<sup>5</sup> Cela correspond à 14 h/j, 5 j/7 hiver, 23 h/j, 2 j/7 hiver et 12 h/j, 7j /7 été.

<sup>6</sup> Cela correspond à 23 h/j, 7 j/7 hiver et 16 h/j, 7j/7 été.

<sup>7</sup> Cela correspond à 1 h/j, 7 j/7 hiver, 3 h/j, 5 j/7 été et 12 h/j, 2j /7 été.

<sup>8</sup> Cela correspond à 1 h/j, 7 j/7 hiver et 8 h/j, 7j/7 été.

### 6.2.3. Caractéristiques des aménagements du projet

#### 6.2.3.1. Caractéristiques des sols

L'examen des coupes géologiques des sondages réalisés dans le cadre des différents diagnostics de la qualité des sols indique que les sols supérieurs du site sont du type « remblais sableux et argileux puis marnes calcaires ». Il a donc été considéré dans la suite de l'étude, un sol de type sableux, ayant les caractéristiques décrites dans le ci-dessous.

Tableau 14 – Caractéristiques des sols retenus

| Paramètres de calcul          | Valeur                | Unités            | Justification                              |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------------------------|
| Masse volumique du sol        | 1.7                   | g/cm <sup>3</sup> | Valeur par défaut pour tout type de sol    |
| Fraction de carbone organique | 0.079                 | -                 | Analyse des terrains du site               |
| Perméabilité à l'air          | 9.9.10 <sup>-12</sup> | m <sup>2</sup>    | Valeur bibliographique pour un sol sableux |
| Porosité du sol               | 0.375                 |                   |                                            |
| Teneur en air du sol          | 0.321                 | -                 |                                            |
| Teneur en eau du sol          | 0.054                 | -                 |                                            |

#### 6.2.3.2. Caractéristiques des aménagements

Les caractéristiques du projet ne sont pas connues en raison de l'absence de validation du projet d'aménagement futur définitif.

Le tableau suivant présente les caractéristiques des bâtiments retenus pour l'étude avec leur justification.

Tableau 15 – Caractéristiques bibliographiques de la zone résidentielle

| Paramètres de calcul                                      | Valeur   | Unités              | Justification                                                            |
|-----------------------------------------------------------|----------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Hauteur du rez de chaussée                                | 2.5      | m                   | Hypothèse ANTEA                                                          |
| Largeur du bâtiment                                       | 9        | m                   | Distance minimale entre deux joints de dilatation de la dalle béton      |
| Longueur du bâtiment                                      | 9        | m                   | Distance minimale entre deux joints de dilatation de la dalle béton      |
| Taux de renouvellement d'air des bâtiments résidentiels   | 0,000139 | /s                  | Valeur du modèle RBCA                                                    |
| Rayon équivalent des fissures                             | 0,001    | m                   | Valeur par défaut du modèle JOHNSON ET ETTINGER                          |
| Teneur en air des fissures                                | 0.321    |                     | Valeur bibliographique                                                   |
| Teneur en eau des fissures                                | 0.054    |                     | Valeur bibliographique                                                   |
| Différence de pression entre sol et le rez-de-chaussée    | 40       | g/cm.s <sup>2</sup> | Valeur par défaut du modèle Johnson-Ettinger                             |
| Epaisseur des fissures de la dalle                        | 0,20     | m                   | Epaisseur d'une dalle standard                                           |
| Profondeur des fissures                                   | 0.20     | m                   | Correspond à une épaisseur de dallage standard                           |
| Longueur de la zone présentant une concentration anormale | 8        | m                   | Zone maximale entre les deux points contaminés les plus extrêmes du site |
| Vitesse du vent                                           | 4,3      | m/s                 | Données météo issues de la fiche climatologique de la station d'ORLEANS  |

### 6.3. Relations doses-réponses pour les substances retenues

Cette étape concerne d'une part la description des symptômes pouvant être observés suite à une exposition à court ou à long terme, d'autre part le choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (V.T.R.). Si ces valeurs n'existent pas réglementairement, elles seront recherchées dans la littérature scientifique. On distingue deux types d'effets : les effets à seuil ou systémiques et les effets sans seuil ou cancérigènes, pour lesquels des VTR différentes sont disponibles.

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

Les caractéristiques physico-chimiques des substances sont présentées en Annexe E.

Les relations doses – effets ont été recherchées dans des bases de données internationales. SANTEA dispose de l'ensemble de ces données. Comme le prévoit le guide méthodologique du Ministère de l'Environnement, les valeurs des paramètres (particulièrement toxicologiques) sont recherchées, sur les bases de données reconnues, pour, le cas échéant, être mises à jour par les données les plus récentes (une veille est réalisée mensuellement pour l'actualisation des valeurs).

On distingue deux types de substances :

- les substances à effet à seuil : elles sont caractérisées par un effet à seuil (c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'effet en-dessous d'un certain seuil). Ce seuil est appelé dans le présent rapport Dose Journalière Tolérable (DJT).
- les substances à effet sans seuil : elles entraînent un risque dès qu'elles sont présentes. On définit alors l'excès de risque unitaire (ERU) qui est la pente de la courbe dose / effets.

L'ensemble des seuils (DJT et ERU) est appelé Valeur Toxicologique de Référence (VTR).

Certaines substances, comme le benzène, peuvent être à la fois à effet à seuil et à effet sans seuil.

La procédure de choix, établie conformément aux avis de l'INERIS<sup>[9]</sup>, est la suivante :

- Etape 1 : On examine les VTR fournies par les trois bases de données dites principales (OMS<sup>[10]</sup>, US EPA<sup>[11]</sup> et ATSDR<sup>[12]</sup>). S'il existe plusieurs valeurs pour la voie et la durée d'exposition ad hoc, on retient la plus pénalisante.
- Etape 2 : Si l'on n'a aucune valeur parmi ces 3 bases ou si l'on n'a pas de valeur pour la voie d'exposition étudiée, on regarde les 3 bases de données suivantes dites secondaires (RIVM<sup>[13]</sup>, OEHHA<sup>[14]</sup> et Health Canada). S'il existe plusieurs valeurs pour la voie et la durée d'exposition ad hoc, on retient la plus pénalisante.

<sup>[9]</sup> Institut National de l'Environnement industriel et des RISques

<sup>[10]</sup> Organisation Mondiale de la Santé

<sup>[11]</sup> Environmental Protection Agency, USA

<sup>[12]</sup> Agency for Toxic Substances and Disease Registry, USA

<sup>[13]</sup> Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu; National Institute of Public Health and the Environment, the

Si l'on n'a aucune VTR pour la voie d'exposition étudiée dans les six bases, on reprend l'étape 1 puis le cas échéant l'étape 2, avec une voie d'exposition permettant une transposition.

Avant de réaliser une transposition, ANTEA prend la précaution de s'assurer que cela est possible en étudiant les données disponibles sur la substance.

Les VTR retenues pour les substances à effet à seuil et à effet sans seuil étudiées sont données en Annexe F.

## 6.4. Evaluation des expositions

Les deux étapes nécessaires pour l'évaluation des expositions sont les suivantes :

- transfert des polluants des gaz de sol vers le point d'exposition ;

Cette première étape permet de calculer la concentration du polluant au point d'exposition. Pour modéliser le transfert de polluants du sol vers l'air confiné des bâtiments avec sous-sol, le modèle de Johnson et Ettinger (1991) a été utilisé. Les équations nécessaires à sa mise en œuvre sont présentées en Annexe G.

- évaluation de la dose journalière d'exposition (DJE).

Celle-ci dépend d'une part de la concentration au point d'exposition et d'autre part du régime d'exposition des individus (taux d'inhalation, durée d'exposition ...). Les formules permettant de calculer les doses journalières d'exposition sont présentées en Annexe G.

Les concentrations au point d'exposition et les doses journalières d'exposition sont synthétisées dans les tableaux de l'Annexe G. Ces données permettent d'évaluer les risques sanitaires en distinguant les substances cancérigènes des substances non cancérigènes.

## 6.5. Conclusions sur l'acceptabilité des risques sanitaires

Les risques sanitaires (effets à seuils et effets sans seuils) pour les différentes voies de transfert étudiées sont synthétisés dans le tableau suivant en fonction de la cible concernée (résidents adulte ou enfant). Ce tableau présente les risques correspondant aux expositions en intérieur et en extérieur pour le transfert par volatilisation, par le contact cutané ainsi que l'ingestion de sols et de légumes (racines et feuillus).

Tableau 16– Résultats des calculs de risques sanitaires

### Adulte

|                                | Inhalation de vapeurs dans les maisons | Inhalation de poussières en intérieur et en extérieur | Inhalation de vapeurs au niveau du jardin | Ingestion de sols | Ingestion de légumes | Risque sanitaire total | Limite d'acceptabilité définie par la réglementation en vigueur |
|--------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Quotient de danger (QD)</b> | $2.28.10^{-3}$                         | $8.56.10^{-8}$                                        | $3.76.10^{-7}$                            | $2.29.10^{-2}$    | $3.35.10^{+00}$      | $3.38.10^{+00}$        | 1                                                               |
| <b>Excès de risques (ERI)</b>  | $2.87.10^{-9}$                         | $1.11.10^{-13}$                                       | $4.60.10^{-13}$                           | $2.16.10^{-11}$   | $4.42.10^{-9}$       | $7.31.10^{-9}$         | $10^{-5}$                                                       |

### Enfants

|                                | Inhalation de vapeurs dans les maisons | Inhalation de poussières en intérieur et en extérieur | Inhalation de vapeurs au niveau du jardin | Ingestion de sols | Ingestion de légumes | Risque sanitaire total | Limite d'acceptabilité définie par la réglementation en vigueur |
|--------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|----------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Quotient de danger (QD)</b> | $3.11.10^{-3}$                         | $1.17.10^{-7}$                                        | $7.68.10^{-7}$                            | $3.20.10^{-1}$    | $9.08.10^{+00}$      | $9.41.10^{+00}$        | 1                                                               |
| <b>Excès de risques (ERI)</b>  | $7.84.10^{-10}$                        | $3.02.10^{-14}$                                       | $1.88.10^{-13}$                           | $6.03.10^{-11}$   | $2.42.10^{-9}$       | $3.27.10^{-9}$         | $10^{-5}$                                                       |

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

- le **Quotient de Danger (QD)** total est supérieur à 1 (valeur de référence), pour les enfants et pour les adultes pour le scénario étudié. Cependant, le scénario induisant ce risque est constitué par l'ingestion de légumes uniquement.
- l'**Excès de Risque Individuel (ERI)** total est inférieur à  $10^{-5}$  (valeur de référence) pour le scénario étudié, et ce, en sommant toutes les substances mesurées dans le sous-sol du site.

## 7. Conclusions et recommandations

### 7.1. Contexte et travaux mis en œuvre

Dans le cadre du projet de vente d'une partie de son site de la rue du Pont Saint Rock à Montargis (45), la société CAPROGA a fait appel à ANTEA pour estimer la qualité environnementale de son terrain et pour réaliser une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) en fonction du futur projet (bâtiments d'habitation).

Une première étude réalisée en décembre 2007 (rapport A47725/A) a permis de mener un diagnostic environnemental et un dossier de cessation d'activité sur l'ensemble du site de CAPROGA.

Les sondages n'avaient alors pas été réalisés à proximité de 2 cuves présentes sur le site pour des raisons d'accès.

L'étude a consisté en la réalisation d'investigations complémentaires sur les sols puis d'une EQRS.

Ce diagnostic a consisté à réaliser des investigations sur les sols au moyen de 6 sondages de profondeur comprise entre 3,30 et 4,50 m.

Les paramètres d'analyses recherchés sur les sols sont les hydrocarbures totaux (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>), les alcanes (C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les composés aromatiques volatils (CAV), les métaux (arsenic, chrome, cuivre, cadmium, nickel, plomb, zinc, mercure), ainsi que pour l'un des échantillons de sol prélevés, le TPH, le COT et la granulométrie.

### 7.2. Synthèse des résultats

A l'issue des reconnaissances, des anomalies en composés hydrocarbonés ont été identifiées dans les sols.

Cet impact est caractérisé par :

- une anomalie en HCT dans le sol (2200 à 2500 mg/kg détecté entre 2,50 m et 3,30 m), au sud de la cuve n°2 et jusqu'à 3,30 m de profondeur au moins ;
- une anomalie en Alcanes dans le sol (110 mg/kg détecté entre 3 et 3,30 m de profondeur) au sud de la cuve n°2 et jusqu'à 3,30 m de profondeur au moins ;
- une anomalie en CAV, par la présence d'o-xylène (0,43 mg/kg détecté entre 3 et 3,30 m de profondeur) au sud de la cuve n°2 et jusqu'à 3,30 m de profondeur au moins ;
- des traces de HAP dans le sol (entre 0,021 et 0,063 mg/kg) au sud et sud-ouest de la cuve n°2 et jusqu'à 3 m de profondeur au moins.

L'EQRS réalisée selon la méthodologie du MEEDDM indique, sur la base des informations disponibles à ce jour au droit du site et au regard des hypothèses de travail, que les calculs conduisent à des excès risques supérieurs aux recommandations de la circulaire du 8 février 2007 concernant le scénario « ingestion de légumes auto-produits dans le cadre de la création d'un jardin potager ».

### 7.3. Recommandations

Au vu du constat des anomalies décelées sur le site et suite à la réalisation de l'Evaluation Quantitative du Risque Sanitaire, nous recommandons de mener sur le site les actions suivantes en vu de son réaménagement en zone résidentielle :

- enlèvement des cuves et des sources concentrées associées ;
- implantation de piézomètres ;
- recommandations via le plan de gestion (recouvrement des sols par un grillage avertisseur surmonté de 50 cm d'apport de terre propre ou mise en place d'une servitude instituant la non possibilité d'effectuer un jardin potager sur le site).

Lors des aménagements, des mesures particulières en terme d'hygiène et sécurité devront être appliquées au personnel intervenant sur site.

Si les terres devaient être excavées, elles devraient être gérées en tenant compte de leur caractéristiques.

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

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

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

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

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

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

**Annexe A : Fiches de prélèvements de sol et gaz -  
Coupe technique et géologique du piézomètre**

(8 pages)





# INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES ET EQRS - CAPROGA - MONTARGIS (45)

S1

N° Ouvrage : S1

Type d'ouvrage : Sondage

Opérateur : F. PASQUIER

Date : 13/08/2010

Réf. affaire : CENP100191

Emplacement : Montargis

Foreur : Astaruscle

Foration : Géoprobe

Longitude :

cote sol :

Latitude :

☐ NGF

Projection :

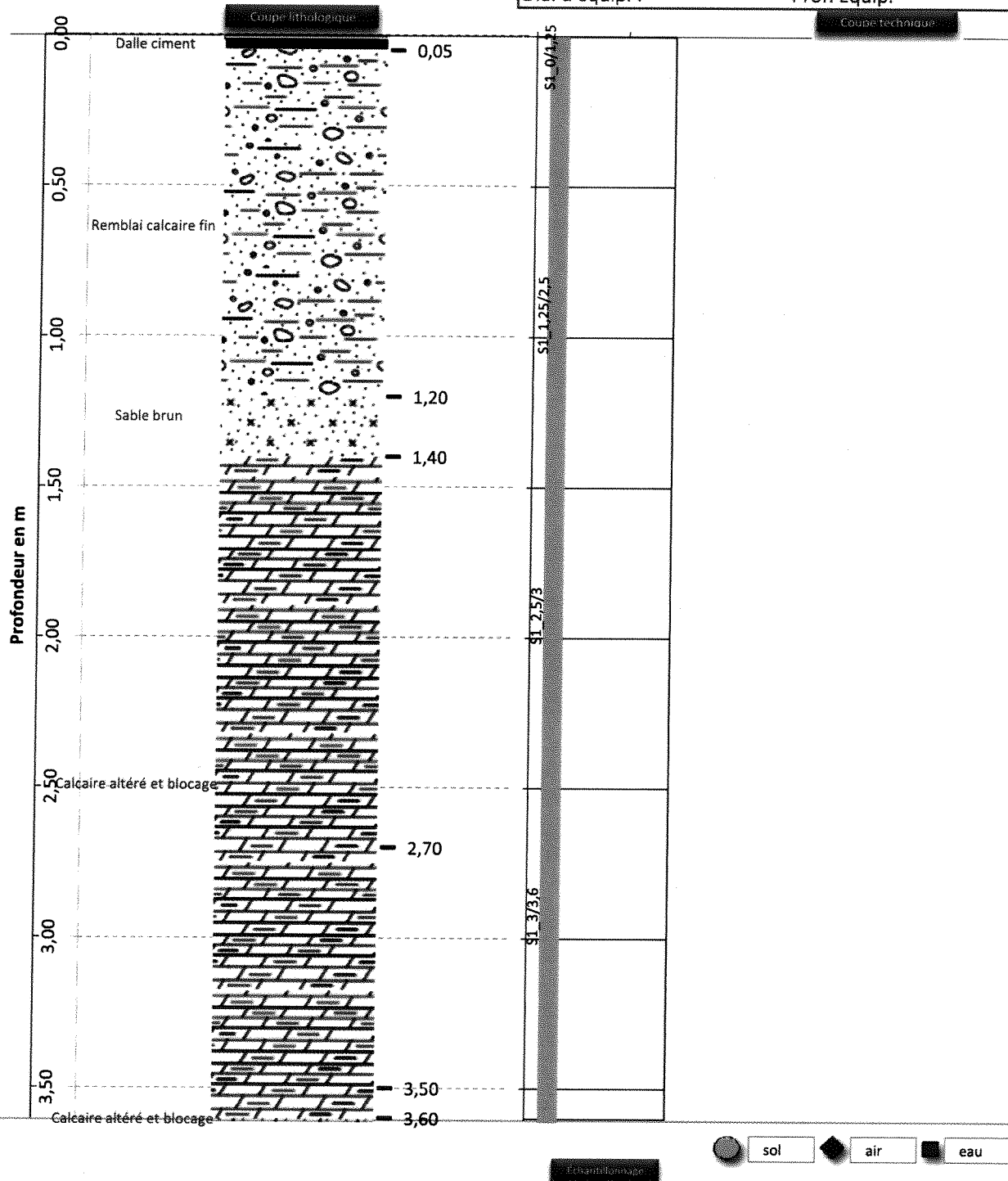
Niveau eau :

Dia. de fora. :

Prof. Fora. 4,5 m

Dia. d'équip. :

Prof. Equip.





# INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES ET EQRS - CAPROGA - MONTARGIS (45)

S2

N° Ouvrage : S2

Type d'ouvrage : Sondage

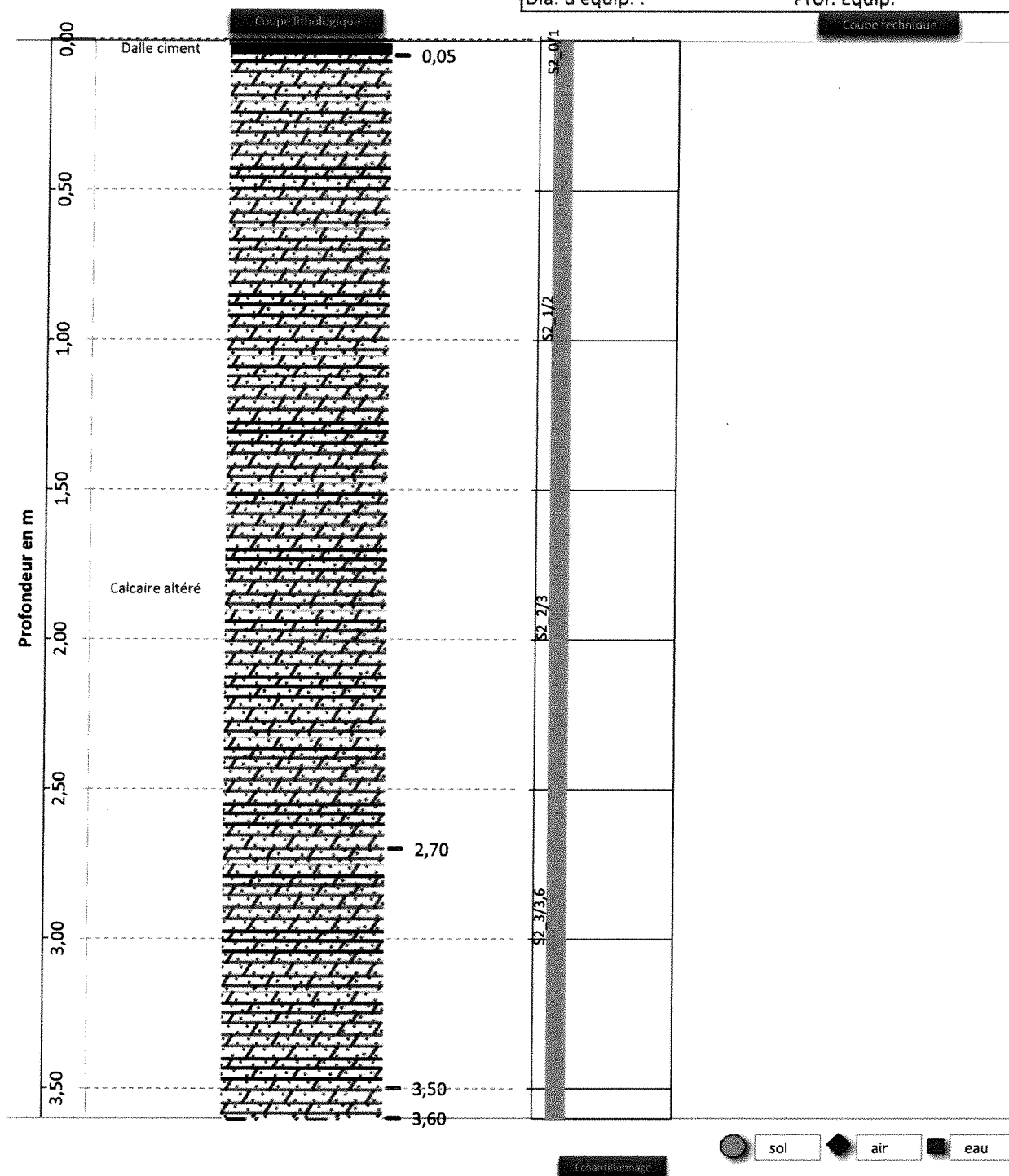
Opérateur : F. PASQUIER

Date : 13/08/2010

Réf. affaire : CENP100191

Emplacement : Montargis

Foreur : Astaruscle Foration : Géoprobe  
Longitude : cote sol :  
Latitude : ☐ NGF  
Projection : Niveau eau :  
Dia. de fora. : Prof. Fora. 4,5 m  
Dia. d'équip. : Prof. Equip.





# INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES ET EQRS - CAPROGA - MONTARGIS (45)

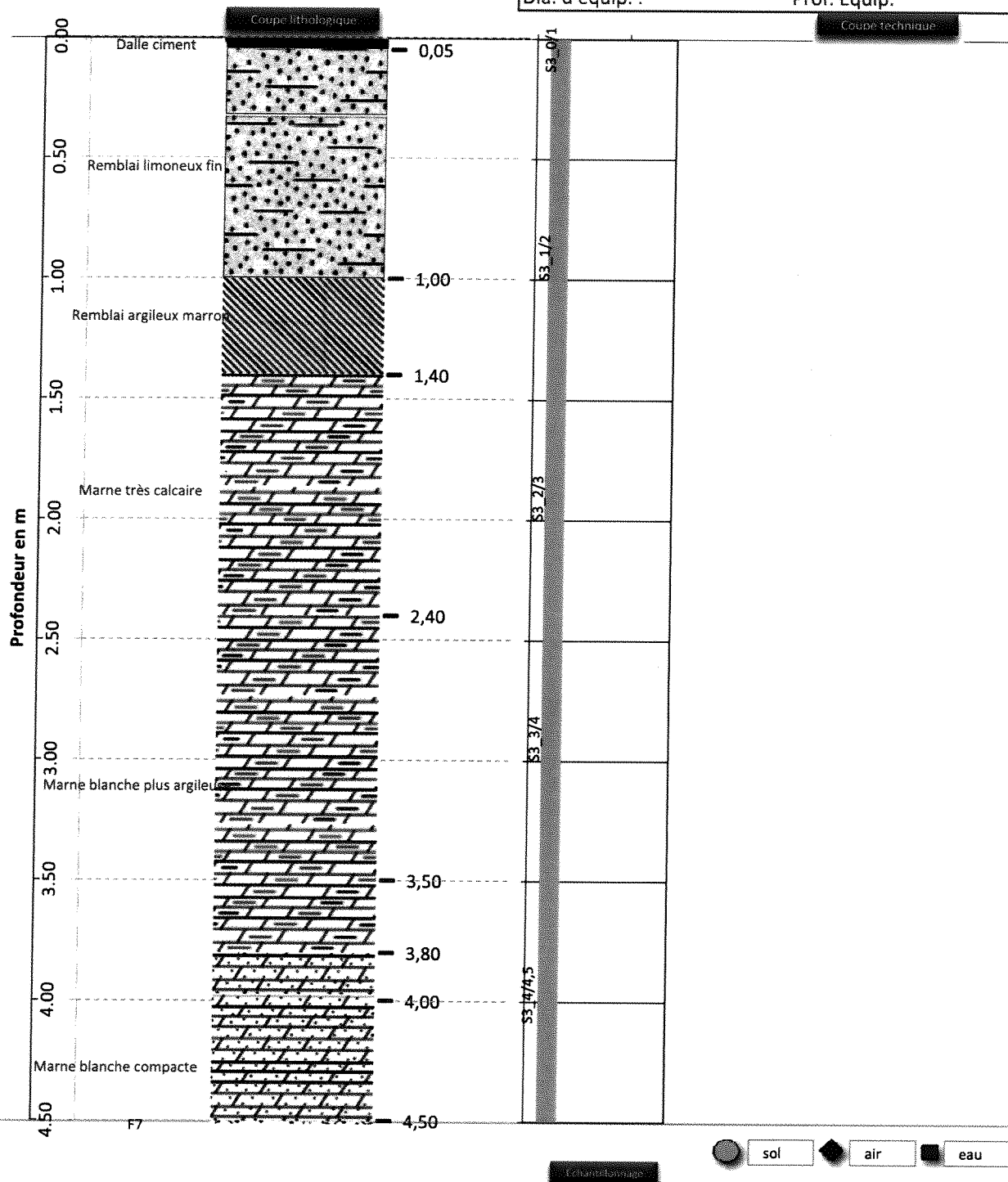
S3

N° Ouvrage : S3  
Date : 13/08/2010

Type d'ouvrage : Sondage  
Réf. affaire : CENP100191

Opérateur : F. PASQUIER  
Emplacement : Montargis

Foreur : Astaruscle Foration : Géoprobe  
Longitude : cote sol :  
Latitude : ☐ NGF  
Projection : Niveau eau :  
Dia. de fora. : Prof. Fora. 4,5 m  
Dia. d'équip. : Prof. Equip.





# INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES ET EQRS - CAPROGA - MONTARGIS (45)

S4

N° Ouvrage : S4

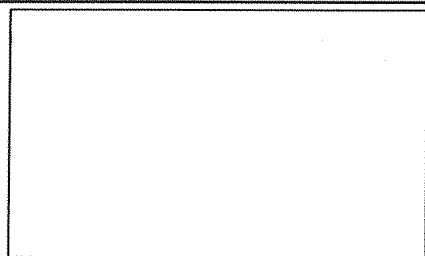
Type d'ouvrage : Sondage

Opérateur : F. PASQUIER

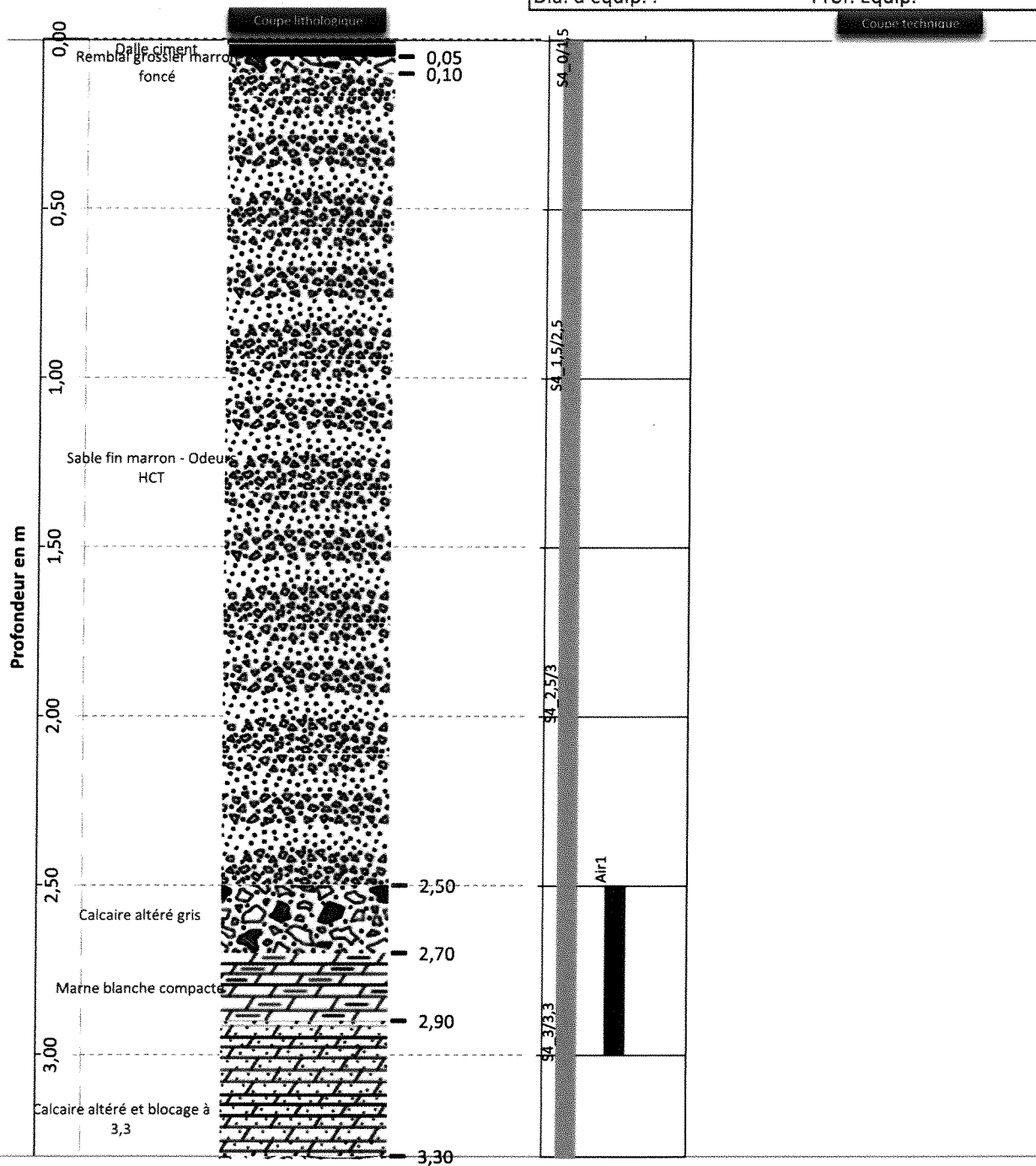
Date : 13/08/2010

Réf. affaire : CENP100191

Emplacement : Montargis



Foreur : Astaruscle Foration : Géoprobe  
Longitude : cote sol :  
Latitude : ☐ NGF  
Projection : Niveau eau :  
Dia. de fora. : Prof. Fora. 4,5 m  
Dia. d'équip. : Prof. Equip.





# INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES ET EQRS - CAPROGA - MONTARGIS (45)

S4bis

N° Ouvrage : S4bis

Type d'ouvrage : Sondage

Opérateur : F. PASQUIER

Date : 13/08/2010

Réf. affaire : CENP100191

Emplacement : Montargis

Foreur : Astaruscle

Foration : Géoprobe

Longitude :

cote sol :

Latitude :

☐ NGF

Projection :

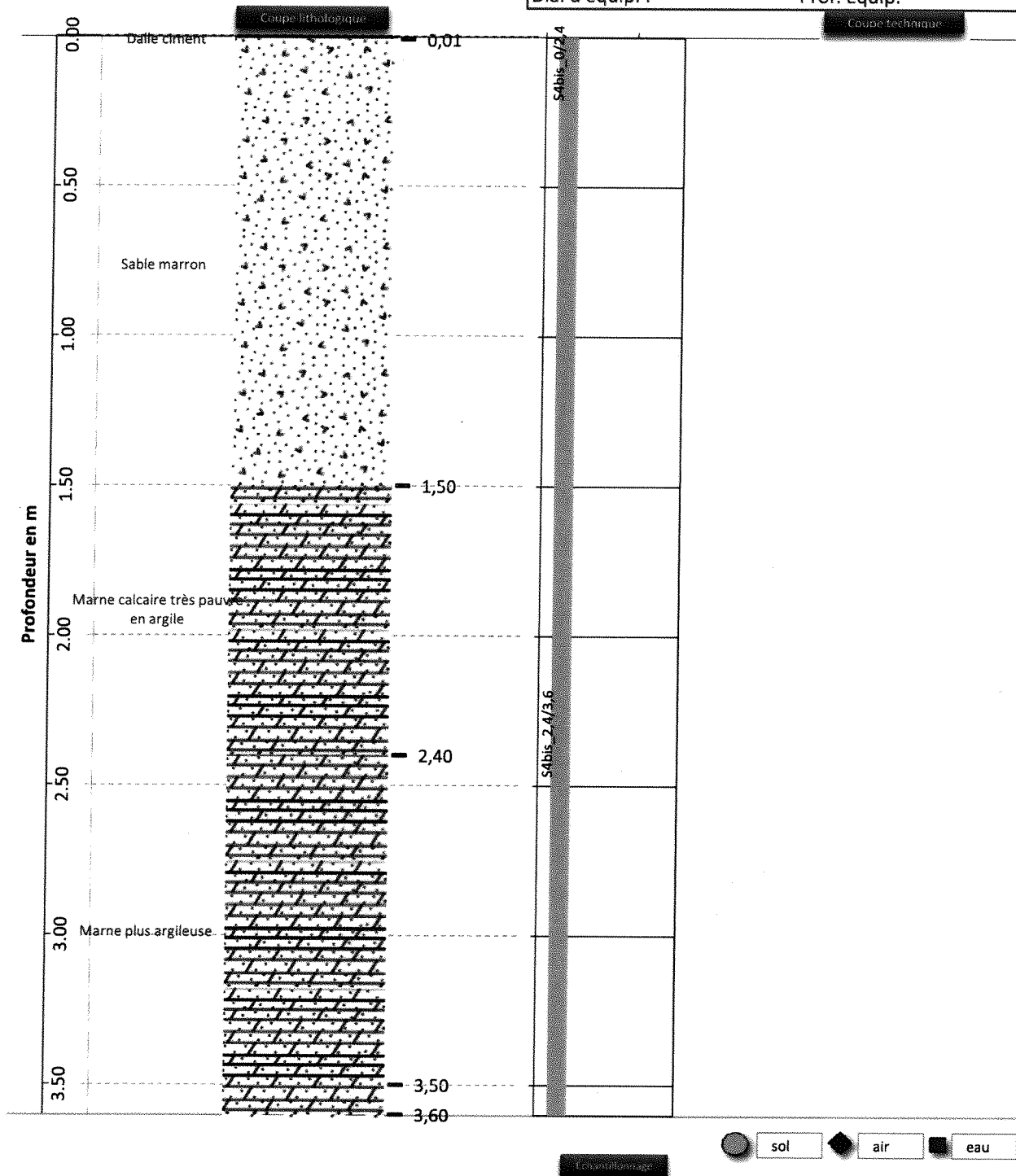
Niveau eau :

Dia. de fora. :

Prof. Fora. 3,6 m

Dia. d'équip. :

Prof. Equip.





# INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES ET EQRS - CAPROGA - MONTARGIS (45)

S4Ter

N° Ouvrage : S4Ter

Type d'ouvrage : Sondage

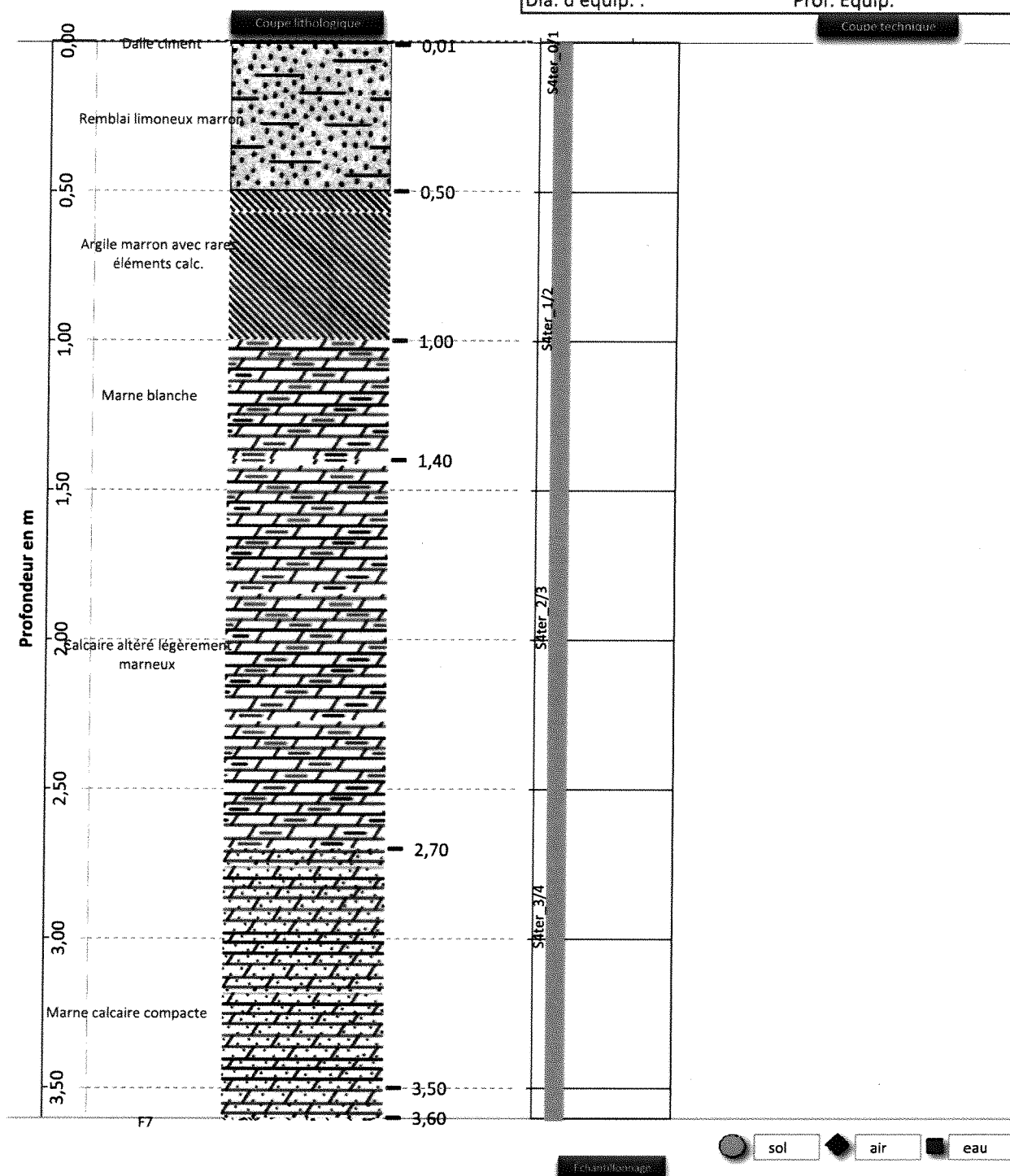
Opérateur : F. PASQUIER

Date : 13/08/2010

Réf. affaire : CENP100191

Emplacement : Montargis

Foreur : Astaruscle Foration : Géoprobe  
Longitude : cote sol :  
Latitude : ☐ NGF  
Projection : Niveau eau :  
Dia. de fora. : Prof. Fora. 4,5 m  
Dia. d'équip. : Prof. Equip.





# INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES ET EQRS - CAPROGA - MONTARGIS (45)

PG4

N° Ouvrage : PG4

Type d'ouvrage : Piézair

Opérateur : F. PASQUIER

Date : 13/08/2010

Réf. affaire : CENP100191

Emplacement : Montargis

Foreur : Astaruscle

Foration : Géoprobe

Longitude :

cote sol :

Latitude :

☒ NGF

Projection :

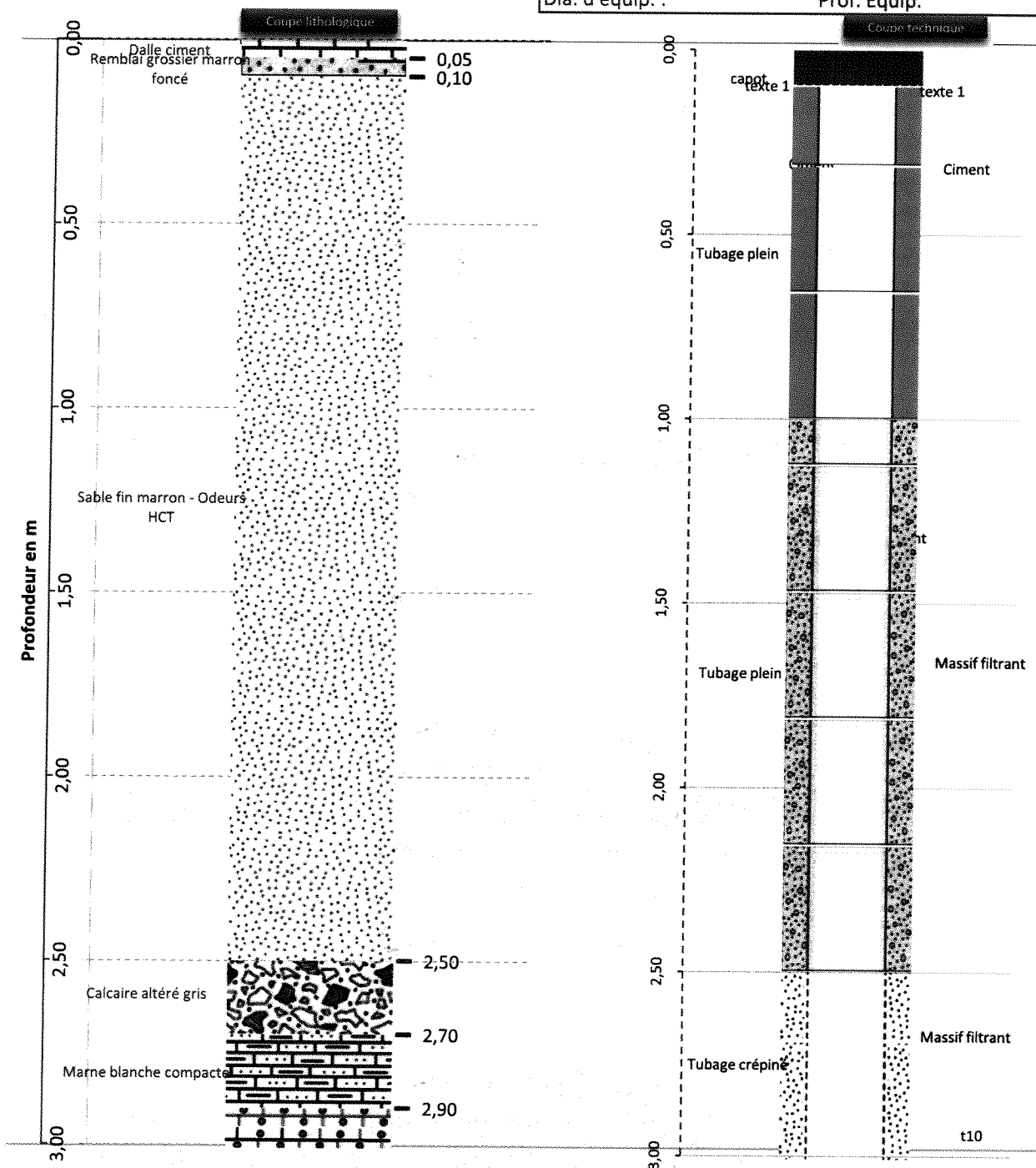
Niveau eau :

Dia. de fora. :

Prof. Fora. 4,5 m

Dia. d'équip. :

Prof. Equip.





## FICHE DE PRELEVEMENT DE GAZ

Désignation  
du point

**Pza**

N° du projet : CENP 100191

Intitulé : CAPROGA

Commune : Montargis (45)

Responsable de projet : F.PASQUIER

Prélevé le : 11/10/2010

Opérateur(s) ANTEA : Olivier VINAY

Entreprise de pompage : ANTEA

Niveau piézométrique : m/sol

Profondeur de l'ouvrage : 1,5 m/repère

Environnement du point de prélèvement : hangar désaffecté

Diamètre int. de l'ouvrage en mm: 50

Volume de l'ouvrage en l : 12

Diamètre de foration en mm :

Volume minimal à purger en l : 36

Etanchéité : de 0 à 1 m de profondeur

Position de l'aspiration : 1,2 (m / repère)

Nature de l'étanchéité : ciment / bentonite

Support de prélèvement : Charbons actifs

Profondeur des crépines : 1 à 1,5 (m / repère)

Outil de prélèvement : pompe Air.27 & Air.33

Outil de purge : pompe Air.27

Support de prélèvement : Anasorb et orbo 32

Coupe géologique :

### Paramètres mesurés in situ

N° échantillon :

| Support | Temps de pompage (mn) | Débit de prélèvement en l/mn | Volume prélevé (en litres) | Remarques                | O2 (%) | CH4 (%) | H2S (ppm) |
|---------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------|---------|-----------|
| purge   | 36                    | 1,00                         | 36,0                       |                          |        |         |           |
| orbo 32 | 90                    | 0,68                         | 61,2                       | Pza.1 (TPH)              |        |         |           |
| anasorb | 75                    | 0,67                         | 50,3                       | Pza.3 (BTEX+Naphtalènes) |        |         |           |
|         | 75                    | 0,71                         | 53,3                       | Pza.2 (COHV+Alcanes)     |        |         |           |
|         |                       |                              |                            |                          |        |         |           |
|         |                       |                              |                            |                          |        |         |           |

Observations :

Environnement du point de prélèvement : Station service

Echantillons délivrés au laboratoire : Wessling

le : 11/10/2010

Température extérieur :

Température du sol :

Conditions météo : ensoleillé

Pression atmosphérique :

Observations ou justification du non respect du mode opératoire :

## **Annexe B : Tableau de synthèse des résultats d'analyses**

(1 page)



| Sondage (profondeur analysée en m)           | Unités   | Critères limites d'acceptation en installation de stockage | Gamme de valeurs couramment observées dans les sols ordinaires de toutes granulométries | S1_2,5/3         | S2_2/3          | S3_2/3 | S4_2,5/3 | S4_3/3,3        | S4bis_2,4/3,6 | S4Ter_2/3       | Composite S1 (1,25/2,5)+S1(3/3,6) |                 |
|----------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|--------|----------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|
|                                              |          |                                                            |                                                                                         | Calcaire altéré  | Calcaire altéré | Marne  | Marne    | Calcaire altéré | Marne         | Calcaire altéré | Marne                             | Calcaire altéré |
|                                              |          |                                                            |                                                                                         | déchets inertes+ |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Lithologie                                   |          |                                                            |                                                                                         |                  |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Hydrocarbures totaux (HCT)                   |          |                                                            |                                                                                         |                  |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice hydrocarbure (HCT) C10-C40            | mg/kg MS | 500                                                        |                                                                                         | <20              | <20             | <20    | 2200     | 2500            | <20           | <20             |                                   |                 |
| Hydrocarbures > C10-C12                      | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              | <20             | <20    | 120      | 250             | <20           | <20             |                                   |                 |
| Hydrocarbures > C12-C16                      | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              | <20             | <20    | 540      | 770             | <20           | <20             |                                   |                 |
| Hydrocarbures > C16-C21                      | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              | <20             | <20    | 900      | 960             | <20           | 26              |                                   |                 |
| Hydrocarbures > C21-C35                      | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              | <20             | <20    | 670      | 480             | <20           | <20             |                                   |                 |
| Hydrocarbures > C35-C40                      | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              | <20             | <20    | <20      | <20             | <20           | <20             |                                   |                 |
| COT                                          | %mass MS |                                                            |                                                                                         | 7,9              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice hydrocarbures C5-C10                  | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <10              | <10             | <10    | 25       | 110             | <10           | <10             |                                   |                 |
| Somme des indices aliphatiques et aromatique | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | -                |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aliphatique >nC6-nC8                  | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aliphatique >nC8-nC10                 | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aliphatique >nC10-nC12                | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aliphatique >nC12-nC14                | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aliphatique >nC14-nC16                | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aliphatique >nC16-nC21                | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aliphatique >nC21-nC35                | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aliphatique >nC35-nC40                | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Somme des aliphatiques                       | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | -                |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aromatique >nC6-nC8                   | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aromatique >nC8-nC10                  | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aromatique >nC10-nC12                 | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aromatique >nC12-nC14                 | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aromatique >nC14-nC16                 | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aromatique >nC16-nC21                 | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aromatique >nC21-nC35                 | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Indice aromatique >nC35-nC40                 | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <20              |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Somme des aromatiques                        | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | -                |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES      |          |                                                            |                                                                                         |                  |                 |        |          |                 |               |                 |                                   |                 |
| Naphtalène                                   | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,01    | <0,07           | <0,01         | <0,01           |                                   |                 |
| Acénaphthylène                               | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,01    | <0,01           | <0,01         | <0,01           |                                   |                 |
| Acénaphthène                                 | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,03    | <0,03           | <0,03         | <0,03           |                                   |                 |
| Fluorène                                     | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,01    | <0,06           | <0,01         | <0,01           |                                   |                 |
| Phénanthrène                                 | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,01    | <0,1            | <0,01         | <0,01           |                                   |                 |
| Anthracène                                   | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,01    | <0,01           | <0,01         | <0,01           |                                   |                 |
| Fluoranthène (*)                             | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,01    | <0,02           | <0,01         | 0,011           |                                   |                 |
| Pyrène                                       | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,01    | <0,05           | <0,01         | 0,021           |                                   |                 |
| Benzof(a)anthracène                          | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,01    | <0,01           | <0,01         | <0,01           |                                   |                 |
| Chrysène                                     | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,01    | <0,02           | <0,01         | <0,01           |                                   |                 |
| Benzof(b)fluoranthène (*)                    | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,01    | <0,01           | <0,01         | <0,01           |                                   |                 |
| Benzof(k)fluoranthène (*)                    | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,01    | <0,01           | <0,01         | <0,01           |                                   |                 |
| Benzof(a)pyrène (*)                          | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,01    | <0,01           | <0,01         | <0,01           |                                   |                 |
| Dibenzof(ah)anthracène                       | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,01    | <0,01           | <0,01         | <0,01           |                                   |                 |
| Benzof(ghi)peryène (*)                       | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,01    | <0,01           | <0,01         | <0,01           |                                   |                 |
| Indénof(123-cd)pyrène (*)                    | mg/kg MS |                                                            |                                                                                         | <0,01            | <0,01           | <0,01  | <0,01    | 0,021           | <0,01         | 0,032           |                                   |                 |
| Somme des HAP                                | mg/kg MS | 50                                                         |                                                                                         | -                | -               | -      | -        | 0,021           | <0,01         | <0,01           |                                   |                 |
|                                              |          |                                                            |                                                                                         |                  |                 |        |          |                 |               | 0,063           |                                   |                 |



| Sondage (profondeur analysée en m)                   | Unités       | Décret 2003 -<br>213 | Valeur Guide<br>OMS 2000 | SG4  |
|------------------------------------------------------|--------------|----------------------|--------------------------|------|
| <b>Hydrocarbures totaux (HCT)</b>                    |              |                      |                          |      |
| Indice hydrocarbures C5-C10                          | µg G         |                      |                          | <1   |
| Somme des C5                                         | µg G         |                      |                          | <1   |
| Somme des C6                                         | µg G         |                      |                          | <1   |
| Somme des C7                                         | µg G         |                      |                          | <1   |
| Somme des C8                                         | µg G         |                      |                          | <1   |
| Somme des C9                                         | µg G         |                      |                          | <1   |
| Somme des C10                                        | µg G         |                      |                          | <1   |
| Somme des C11                                        | µg G         |                      |                          | <1   |
| Indice hydrocarbures volatils C11-C12                | µg G         |                      |                          | <1   |
| Somme des C12                                        | µg G         |                      |                          | <1   |
| TPH                                                  |              |                      |                          | -    |
| Hydrocarbures aliphatiques C5-C6                     | µg G/Probe G |                      |                          | <5   |
| Hydrocarbures aliphatiques C6-C7                     | µg G/Probe G |                      |                          | <5   |
| Hydrocarbures aliphatiques C7-C8                     | µg G/Probe G |                      |                          | <5   |
| Hydrocarbures aliphatiques C8-C9                     | µg G/Probe G |                      |                          | <5   |
| Hydrocarbures aliphatiques C9-C10                    | µg G/Probe G |                      |                          | <5   |
| Hydrocarbures aliphatiques C10-C11                   | µg G/Probe G |                      |                          | <5   |
| Hydrocarbures aliphatiques C11-C12                   | µg G/Probe G |                      |                          | <5   |
| Hydrocarbures aliphatiques C12-C13                   | µg G/Probe G |                      |                          | <5   |
| Hydrocarbures aliphatiques C13-C14                   | µg G/Probe G |                      |                          | <5   |
| Hydrocarbures aliphatiques C14-C15                   | µg G/Probe G |                      |                          | <5   |
| Hydrocarbures aliphatiques C15-C16                   | µg G/Probe G |                      |                          | <5   |
| Hydrocarbures aromatiques C5-C6                      | µg G/Probe G |                      |                          | <2   |
| Hydrocarbures aromatiques C6-C7                      | µg G/Probe G |                      |                          | <2   |
| Hydrocarbures aromatiques C7-C8                      | µg G/Probe G |                      |                          | <2   |
| Hydrocarbures aromatiques C8-C9                      | µg G/Probe G |                      |                          | <2   |
| Hydrocarbures aromatiques C9-C10                     | µg G/Probe G |                      |                          | <2   |
| Hydrocarbures aromatiques C10-C11                    | µg G/Probe G |                      |                          | <2   |
| Hydrocarbures aromatiques C11-C12                    | µg G/Probe G |                      |                          | <2   |
| Hydrocarbures aromatiques C12-C13                    | µg G/Probe G |                      |                          | <2   |
| Hydrocarbures aromatiques C13-C14                    | µg G/Probe G |                      |                          | <2   |
| Hydrocarbures aromatiques C14-C15                    | µg G/Probe G |                      |                          | <2   |
| Hydrocarbures aromatiques C15-C16                    | µg G/Probe G |                      |                          | <2   |
| <b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)</b> |              |                      |                          |      |
| Naphtalène                                           | µg G         |                      |                          | <0,2 |
| <b>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS</b>                 |              |                      |                          |      |
| Benzène                                              | µg G         | 2                    |                          | <0,5 |
| Toluène                                              | µg G         |                      | 260                      | <0,3 |
| Ethylbenzène                                         | µg G         |                      |                          | <0,2 |
| o-Xylène                                             | µg G         |                      |                          | <0,2 |
| m-, p-Xylène                                         | µg G         |                      |                          | <0,2 |
| Cumène                                               | µg G         |                      |                          | <0,2 |
| Mésitylène                                           | µg G         |                      |                          | <0,2 |
| o-Ethyltoluène                                       | µg G         |                      |                          | <0,2 |
| m-, p-Ethyltoluène                                   | µg G         |                      |                          | <0,2 |
| Pseudocumène                                         | µg G         |                      |                          | <0,2 |
| Somme des CAV                                        | µg G         |                      |                          | -    |

| Composés Organo-halogénés Volatils (COHV) |        |                   |                       |      |
|-------------------------------------------|--------|-------------------|-----------------------|------|
| Sondage (profondeur analysée en m)        | Unités | Décret 2003 - 213 | Valeur Guide OMS 2000 | SG4  |
| Dichlorométhane                           | µg G   |                   | 450                   | <2   |
| cis-1,1-dichloroéthylène                  | µg G   |                   |                       | <0,2 |
| Trichlorométhane                          | µg G   |                   |                       | <0,2 |
| 1,1,1-Trichloroéthane                     | µg G   |                   |                       | <0,1 |
| Tétrachlorométhane                        | µg G   |                   |                       | <0,1 |
| Trichloroéthylène                         | µg G   |                   |                       | <0,1 |
| Tétrachloroéthylène                       | µg G   |                   | 250                   | <0,1 |
| 1,1-Dichloroéthane                        | µg G   |                   |                       | <0,2 |
| Somme des COHV                            | µg G   |                   |                       | -    |





## **Annexe C : Bordereaux d'analyses de sol**

(20 pages)



Laboratoires WESSLING  
Z.I. de Chesnes Tharabie  
30 rue du Ruisseau - BP 50705  
38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
Tél. +33 (0) 4 74 99 96 20 - Fax +33 (0) 4 74 99 96 37  
labo@wessling.fr

ANTEA Orleans  
Madame Frédérique PASQUIER  
ZAC du Moulin, 803, Boulevard Duhamel du  
Monceau. CS 30602  
45166 Olivet cedex

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

**CENP 10 0191 // ORL 10/150**

N° rapport d'essai ULY10-07623-1

Commande n°: ULY-06017-10

Date 19.08.2010

Page 1 de 12

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 préconisée 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 la 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).

SARL au capital de 50.917,26 €  
RCS Vienne 423 257 542 - APE 7120B

**Informations sur les échantillons**

|                                |              |              |              |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Echantillon-n°                 | 10-082984-01 | 10-082984-02 | 10-082984-03 |
| Date de réception:             | 10.08.2010   | 10.08.2010   | 10.08.2010   |
| Désignation                    | S1 2.5/3     | S2 2/3       | S3 2/3       |
| Type d'échantillons:           | Sol          | Sol          | Sol          |
| Prélèvement:                   | 08.08.2010   | 08.08.2010   | 08.08.2010   |
| Récepteur:                     | 250          | 250          | 250          |
| Nombre de récepteurs:          | 1            | 1            | 1            |
| Température de réception (C°): | 20           | 20           | 20           |
| Début des analyses:            | 12.08.2010   | 12.08.2010   | 12.08.2010   |
| Fin des analyses:              | 19.08.2010   | 19.08.2010   | 19.08.2010   |

**Résultats d'analyse****Préparation d'échantillon**

|                                     |              |              |              |
|-------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| N° d'échantillon                    | 10-082984-01 | 10-082984-02 | 10-082984-03 |
| Désignation d'échantillon           | S1 2.5/3     | S2 2/3       | S3 2/3       |
| Paramètre                           | Unité        | LQ           |              |
| Après minéralisation à l'eau régale | MS           | 13/08/2010   | 13/08/2010   |

**Analyse physico-chimique**

|                           |              |              |              |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|
| N° d'échantillon          | 10-082984-01 | 10-082984-02 | 10-082984-03 |
| Désignation d'échantillon | S1 2.5/3     | S2 2/3       | S3 2/3       |
| Paramètre                 | Unité        | LQ           |              |
| Matière sèche             | % mass MB    | 88,4         | 90,9         |

Laboratoires WESSLING  
Z.I. de Chesnes Tharabie  
30 rue du Ruisseau - BP 50705  
38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
labo@wessling.fr

N° rapport d'essai ULY10-07623-1

Commande n°: ULY-06017-10

Date 19.08.2010

**Benzène et aromatiques (CAV - BTEX)**

| N° d'échantillon          |          | 10-082984-01 | 10-082984-02 | 10-082984-03 |
|---------------------------|----------|--------------|--------------|--------------|
| Désignation d'échantillon |          | S1 2.5/3     | S2 2/3       | S3 2/3       |
| Paramètre                 | Unité LQ |              |              |              |
| Benzène                   | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1         |
| Toluène                   | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1         |
| Ethylbenzène              | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1         |
| m-, p-Xylène              | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1         |
| o-Xylène                  | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1         |
| Cumène                    | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1         |
| m-, p-Ethyltoluène        | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1         |
| Mésitylène                | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1         |
| o-Ethyltoluène            | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1         |
| Pseudocumène              | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1         |
| Somme des CAV             | mg/kg MS | -/-          | -/-          | -/-          |

Laboratoires WESSLING  
Z.I. de Chesnes Tharabie  
30 rue du Ruisseau - BP 50705  
38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
labo@wessling.fr

N° rapport d'essai ULY10-07623-1

Commande n°: ULY-06017-10

Date 19.08.2010

**Paramètres globaux / Indices**

| N° d'échantillon                              |           | 10-082984-01 | 10-082984-02 | 10-082984-03 |
|-----------------------------------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| Désignation d'échantillon                     |           | S1 2.5/3     | S2 2/3       | S3 2/3       |
| Paramètre                                     | Unité LQ  |              |              |              |
| Indice hydrocarbure (HCT) C10-C40             | mg/kg MS  | <20          | <20          | 120          |
| Hydrocarbures > C10-C12                       | mg/kg MS  | <20          | <20          | <20          |
| Hydrocarbures > C12-C16                       | mg/kg MS  | <20          | <20          | <20          |
| Hydrocarbures > C16-C21                       | mg/kg MS  | <20          | <20          | 63           |
| Hydrocarbures > C21-C35                       | mg/kg MS  | <20          | <20          | 33           |
| Hydrocarbures > C35-C40                       | mg/kg MS  | <20          | <20          | <20          |
| Carbone organique total (COT)                 | % mass MS | 7,9          |              |              |
| Indice hydrocarbure (C5-C10)                  | mg/kg MS  | <10          | <10          | <10          |
| Somme des indices aliphatiques et aromatiques | mg/kg MS  | -/-          |              |              |
| Indice aliphatique >nC8-nC8                   | mg/kg MS  | <20          |              |              |
| Indice aliphatique >nC8-nC10                  | mg/kg MS  | <20          |              |              |
| Indice aliphatique >nC10-nC12                 | mg/kg MS  | <20          |              |              |
| Indice aliphatique >nC12-nC14                 | mg/kg MS  | <20          |              |              |
| Indice aliphatique >nC14-nC16                 | mg/kg MS  | <20          |              |              |
| Indice aliphatique >nC16-nC21                 | mg/kg MS  | <20          |              |              |
| Indice aliphatique >nC21-nC35                 | mg/kg MS  | <20          |              |              |
| Indice aliphatique >nC35-nC40                 | mg/kg MS  | <20          |              |              |
| Somme des aliphatiques                        | mg/kg MS  | -/-          |              |              |
| Indice aromatique >nC8-nC8                    | mg/kg MS  | <1           |              |              |
| Indice aromatique >nC8-nC10                   | mg/kg MS  | <1           |              |              |
| Indice aromatique >nC10-nC12                  | mg/kg MS  | <1           |              |              |
| Indice aromatique >nC12-nC14                  | mg/kg MS  | <1           |              |              |
| Indice aromatique >nC14-nC16                  | mg/kg MS  | <1           |              |              |
| Indice aromatique >nC16-nC21                  | mg/kg MS  | <1           |              |              |
| Indice aromatique >nC21-nC35                  | mg/kg MS  | <1           |              |              |
| Indice aromatique >nC35-nC40                  | mg/kg MS  | <1           |              |              |
| Somme des aromatiques                         | mg/kg MS  | -/-          |              |              |

Laboratoires WESSLING  
 Z.I. de Chesnes Tharabie  
 30 rue du Ruisseau - BP 50705  
 38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
 Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
 labo@wessling.fr

N° rapport d'essai ULY10-07623-1

Commande n°: ULY-06017-10

Date 19.08.2010

### Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

| N° d'échantillon          |          | 10-082984-01 | 10-082984-02 | 10-082984-03 |
|---------------------------|----------|--------------|--------------|--------------|
| Désignation d'échantillon |          | S1 2.5/3     | S2 2/3       | S3 2/3       |
| Paramètre                 | Unité LQ |              |              |              |
| Naphthalène               | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Acénaphthylène            | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Acénaphthène              | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Fluorène                  | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Phénanthrène              | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Anthracène                | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Fluoranthène (*)          | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Pyrène                    | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Benzo(a)anthracène        | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Chrysène                  | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Benzo(b)fluoranthène (*)  | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Benzo(k)fluoranthène (*)  | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Benzo(a)pyrène (*)        | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Dibenzo(ah)anthracène     | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Benzo(ghi)peryène (*)     | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Indéno(123-cd)pyrène (*)  | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01        |
| Somme des HAP             | mg/kg MS | -/-          | -/-          | -/-          |

### Après minéralisation par eau régale

#### Eléments

| N° d'échantillon          |          | 10-082984-01 | 10-082984-02 | 10-082984-03 |
|---------------------------|----------|--------------|--------------|--------------|
| Désignation d'échantillon |          | S1 2.5/3     | S2 2/3       | S3 2/3       |
| Paramètre                 | Unité LQ |              |              |              |
| Chrome (Cr) total         | mg/kg MS | 5            | 4            | 7            |
| Nickel (Ni)               | mg/kg MS | 4            | 3            | 6            |
| Cuivre (Cu)               | mg/kg MS | 2            | 2            | 2            |
| Zinc (Zn)                 | mg/kg MS | 11           | <5           | 6            |
| Arsenic (As)              | mg/kg MS | <2           | <2           | <2           |
| Cadmium (Cd)              | mg/kg MS | <0,5         | <0,5         | <0,5         |
| Mercure (Hg)              | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1         |
| Plomb (Pb)                | mg/kg MS | <10          | <10          | <10          |

Laboratoires WESSLING  
Z.I. de Chesnes Tharabie  
30 rue du Ruisseau - BP 50705  
38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
labo@wessling.fr

N° rapport d'essai ULY10-07623-1

Commande n°: ULY-06017-10

Date 19.08.2010

### Informations sur les échantillons

|                                |              |              |               |
|--------------------------------|--------------|--------------|---------------|
| Echantillon-n°                 | 10-082984-04 | 10-082984-05 | 10-082984-06  |
| Date de réception:             | 10.08.2010   | 10.08.2010   | 10.08.2010    |
| Désignation                    | S4 2.5/3     | S4 3/3.3     | S4BIS 2.4/3.6 |
| Type d'échantillons:           | Sol          | Sol          | Sol           |
| Prélèvement:                   | 06.08.2010   | 06.08.2010   | 06.08.2010    |
| Réipient:                      | 250          | 250          | 250           |
| Nombre de réipients:           | 1            | 1            | 1             |
| Température de réception (C°): | 20           | 20           | 20            |
| Début des analyses:            | 12.08.2010   | 12.08.2010   | 12.08.2010    |
| Fin des analyses:              | 19.08.2010   | 19.08.2010   | 19.08.2010    |

### Résultats d'analyse

#### Préparation d'échantillon

|                                     |              |              |               |
|-------------------------------------|--------------|--------------|---------------|
| N° d'échantillon                    | 10-082984-04 | 10-082984-05 | 10-082984-06  |
| Désignation d'échantillon           | S4 2.5/3     | S4 3/3.3     | S4BIS 2.4/3.6 |
| Paramètre                           | Unité        | LQ           |               |
| Après minéralisation à l'eau régale | MS           | 13/08/2010   | 13/08/2010    |

#### Analyse physico-chimique

|                           |              |              |               |
|---------------------------|--------------|--------------|---------------|
| N° d'échantillon          | 10-082984-04 | 10-082984-05 | 10-082984-06  |
| Désignation d'échantillon | S4 2.5/3     | S4 3/3.3     | S4BIS 2.4/3.6 |
| Paramètre                 | Unité        | LQ           |               |
| Matière sèche             | % mass MB    | 86,6         | 93,3          |

Laboratoires WESSLING  
 Z.I. de Chesnes Tharabie  
 30 rue du Ruisseau - BP 50705  
 38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
 Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
 labo@wessling.fr

N° rapport d'essai ULY10-07623-1

Commande n°: ULY-06017-10

Date 19.08.2010

### Benzène et aromatiques (CAV - BTEX)

| N° d'échantillon          |          | 10-082984-04 | 10-082984-05 | 10-082984-06  |
|---------------------------|----------|--------------|--------------|---------------|
| Désignation d'échantillon |          | S4 2.5/3     | S4 3/3.3     | S4BIS 2.4/3.6 |
| Paramètre                 | Unité LQ |              |              |               |
| Benzène                   | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1          |
| Toluène                   | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1          |
| Ethylbenzène              | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1          |
| m-, p-Xylène              | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1          |
| o-Xylène                  | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1          |
| Cumène                    | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1          |
| m-, p-Ethyltoluène        | mg/kg MS | <0,1         | 0,21         | <0,1          |
| Mésitylène                | mg/kg MS | <0,1         | 0,21         | <0,1          |
| o-Ethyltoluène            | mg/kg MS | <0,1         | 0,43         | <0,1          |
| Pseudocumène              | mg/kg MS | <0,1         | 0,64         | <0,1          |
| Somme des CAV             | mg/kg MS | -/-          | 1,5          | -/-           |

### Paramètres globaux / Indices

| N° d'échantillon                  |          | 10-082984-04 | 10-082984-05 | 10-082984-06  |
|-----------------------------------|----------|--------------|--------------|---------------|
| Désignation d'échantillon         |          | S4 2.5/3     | S4 3/3.3     | S4BIS 2.4/3.6 |
| Paramètre                         | Unité LQ |              |              |               |
| Indice hydrocarbure (HCT) C10-C40 | mg/kg MS | 2200         | 2500         | <20           |
| Hydrocarbures > C10-C12           | mg/kg MS | 120          | 250          | <20           |
| Hydrocarbures > C12-C16           | mg/kg MS | 540          | 770          | <20           |
| Hydrocarbures > C16-C21           | mg/kg MS | 900          | 960          | <20           |
| Hydrocarbures > C21-C35           | mg/kg MS | 670          | 480          | <20           |
| Hydrocarbures > C35-C40           | mg/kg MS | <20          | <20          | <20           |
| Indice hydrocarbure (C5-C10)      | mg/kg MS | 25           | 110          | <10           |

N° rapport d'essai ULY10-07623-1

Commande n°: ULY-06017-10

Date 19.08.2010

### Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

| N° d'échantillon          |          | 10-082984-04 | 10-082984-05 | 10-082984-06  |
|---------------------------|----------|--------------|--------------|---------------|
| Désignation d'échantillon |          | S4 2.5/3     | S4 3/3.3     | S4BIS 2.4/3.6 |
| Paramètre                 | Unité LQ |              |              |               |
| Naphthalène               | mg/kg MS | <0,01        | <0,07        | <0,01         |
| Acénaphthylène            | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01         |
| Acénaphthène              | mg/kg MS | <0,03        | <0,03        | <0,01         |
| Fluorène                  | mg/kg MS | <0,01        | <0,06        | <0,01         |
| Phénanthrène              | mg/kg MS | <0,01        | <0,1         | <0,01         |
| Anthracène                | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01         |
| Fluoranthène (*)          | mg/kg MS | <0,01        | <0,02        | <0,01         |
| Pyrène                    | mg/kg MS | <0,01        | <0,05        | <0,01         |
| Benzo(a)anthracène        | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01         |
| Chrysène                  | mg/kg MS | <0,01        | <0,02        | <0,01         |
| Benzo(b)fluoranthène (*)  | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01         |
| Benzo(k)fluoranthène (*)  | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01         |
| Benzo(a)pyrène (*)        | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01         |
| Dibenzo(ah)anthracène     | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01         |
| Benzo(ghi)peryène (*)     | mg/kg MS | <0,01        | 0,021        | <0,01         |
| Indéno(123-cd)pyrène (*)  | mg/kg MS | <0,01        | <0,01        | <0,01         |
| Somme des HAP             | mg/kg MS | -/-          | 0,021        | -/-           |

### Après minéralisation par eau régale

#### Eléments

| N° d'échantillon          |          | 10-082984-04 | 10-082984-05 | 10-082984-06  |
|---------------------------|----------|--------------|--------------|---------------|
| Désignation d'échantillon |          | S4 2.5/3     | S4 3/3.3     | S4BIS 2.4/3.6 |
| Paramètre                 | Unité LQ |              |              |               |
| Chrome (Cr) total         | mg/kg MS | 6            | 5            | 6             |
| Nickel (Ni)               | mg/kg MS | 5            | 4            | 6             |
| Cuivre (Cu)               | mg/kg MS | 3            | 3            | 2             |
| Zinc (Zn)                 | mg/kg MS | <5           | 15           | 6             |
| Arsenic (As)              | mg/kg MS | 3            | 4            | <2            |
| Cadmium (Cd)              | mg/kg MS | <0,5         | <0,5         | <0,5          |
| Mercure (Hg)              | mg/kg MS | <0,1         | <0,1         | <0,1          |
| Plomb (Pb)                | mg/kg MS | <10          | <10          | <10           |

Laboratoires WESSLING  
Z.I. de Chesnes Tharabia  
30 rue du Ruisseau - BP 50705  
38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
labo@wessling.fr

N° rapport d'essai ULY10-07623-1

Commande n°: ULY-06017-10

Date 19.08.2010

### Informations sur les échantillons

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| Echantillon-n°                 | 10-082984-07 |
| Date de réception:             | 10.08.2010   |
| Désignation                    | S4 TER 2/3   |
| Type d'échantillons:           | Sol          |
| Prélèvement:                   | 08.08.2010   |
| Réceptient:                    | 250          |
| Nombre de réceptients:         | 1            |
| Température de réception (C°): | 20           |
| Début des analyses:            | 12.08.2010   |
| Fin des analyses:              | 19.08.2010   |

### Résultats d'analyse

#### Préparation d'échantillon

|                                     |       |              |
|-------------------------------------|-------|--------------|
| N° d'échantillon                    |       | 10-082984-07 |
| Désignation d'échantillon           |       | S4 TER 2/3   |
| Paramètre                           | Unité | LQ           |
| Après minéralisation à l'eau régale | MS    | 13/08/2010   |

#### Analyse physico-chimique

|                           |           |    |              |
|---------------------------|-----------|----|--------------|
| N° d'échantillon          |           |    | 10-082984-07 |
| Désignation d'échantillon |           |    | S4 TER 2/3   |
| Paramètre                 | Unité     | LQ |              |
| Matière sèche             | % mass MB |    | 94,9         |

Laboratoires WESSLING  
Z.I. de Chesnes Tharabie  
30 rue du Ruisseau - BP 50705  
38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
labo@wessling.fr

N° rapport d'essai ULY10-07623-1

Commande n°: ULY-06017-10

Date 19.08.2010

### Benzène et aromatiques (CAV - BTEX)

|                           |              |      |
|---------------------------|--------------|------|
| N° d'échantillon          | 10-082984-07 |      |
| Désignation d'échantillon | S4 TER 2/3   |      |
| Paramètre                 | Unité        | LQ   |
| Benzène                   | mg/kg MS     | <0,1 |
| Toluène                   | mg/kg MS     | <0,1 |
| Ethylbenzène              | mg/kg MS     | <0,1 |
| m-, p-Xylène              | mg/kg MS     | <0,1 |
| o-Xylène                  | mg/kg MS     | <0,1 |
| Cumène                    | mg/kg MS     | <0,1 |
| m-, p-Ethyltoluène        | mg/kg MS     | <0,1 |
| Mésitylène                | mg/kg MS     | <0,1 |
| o-Ethyltoluène            | mg/kg MS     | <0,1 |
| Pseudocumène              | mg/kg MS     | <0,1 |
| Somme des CAV             | mg/kg MS     | -/-  |

### Paramètres globaux / Indices

|                                   |              |     |
|-----------------------------------|--------------|-----|
| N° d'échantillon                  | 10-082984-07 |     |
| Désignation d'échantillon         | S4 TER 2/3   |     |
| Paramètre                         | Unité        | LQ  |
| Indice hydrocarbure (HCT) C10-C40 | mg/kg MS     | 50  |
| Hydrocarbures > C10-C12           | mg/kg MS     | <20 |
| Hydrocarbures > C12-C18           | mg/kg MS     | <20 |
| Hydrocarbures > C16-C21           | mg/kg MS     | 26  |
| Hydrocarbures > C21-C35           | mg/kg MS     | <20 |
| Hydrocarbures > C35-C40           | mg/kg MS     | <20 |
| Indice hydrocarbure (C5-C10)      | mg/kg MS     | <10 |

### Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

|                           |              |       |
|---------------------------|--------------|-------|
| N° d'échantillon          | 10-082984-07 |       |
| Désignation d'échantillon | S4 TER 2/3   |       |
| Paramètre                 | Unité        | LQ    |
| Naphthalène               | mg/kg MS     | <0,01 |
| Acénaphthylène            | mg/kg MS     | <0,01 |
| Acénaphthène              | mg/kg MS     | <0,01 |
| Fluorène                  | mg/kg MS     | <0,01 |
| Phénanthrène              | mg/kg MS     | <0,01 |
| Anthracène                | mg/kg MS     | <0,01 |
| Fluoranthène (*)          | mg/kg MS     | 0,011 |
| Pyrène                    | mg/kg MS     | 0,021 |
| Benzo(a)anthracène        | mg/kg MS     | <0,01 |
| Chrysène                  | mg/kg MS     | <0,01 |
| Benzo(b)fluoranthène (*)  | mg/kg MS     | <0,01 |
| Benzo(k)fluoranthène (*)  | mg/kg MS     | <0,01 |
| Benzo(a)pyrène (*)        | mg/kg MS     | <0,01 |
| Dibenzo(ah)anthracène     | mg/kg MS     | <0,01 |
| Benzo(ghi)peryène (*)     | mg/kg MS     | 0,032 |
| Indéno(123-cd)pyrène (*)  | mg/kg MS     | <0,01 |
| Somme des HAP             | mg/kg MS     | 0,083 |

### Après minéralisation par eau régale

#### Eléments

|                           |              |      |
|---------------------------|--------------|------|
| N° d'échantillon          | 10-082984-07 |      |
| Désignation d'échantillon | S4 TER 2/3   |      |
| Paramètre                 | Unité        | LQ   |
| Chrome (Cr) total         | mg/kg MS     | 6    |
| Nickel (Ni)               | mg/kg MS     | 4    |
| Cuivre (Cu)               | mg/kg MS     | 2    |
| Zinc (Zn)                 | mg/kg MS     | 6    |
| Arsenic (As)              | mg/kg MS     | <2   |
| Cadmium (Cd)              | mg/kg MS     | <0,5 |
| Mercuré (Hg)              | mg/kg MS     | <0,1 |
| Plomb (Pb)                | mg/kg MS     | <10  |

Laboratoires WESSLING  
Z.I. de Chesnes Tharabie  
30 rue du Ruisseau - BP 50705  
38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
labo@wessling.fr

N° rapport d'essai ULY10-07623-1

Commande n°: ULY-06017-10

Date 19.08.2010

10-082984-01

Commentaires des résultats:

HCT GC-FID sol, Indice hydrocarbure (HCT) C10-C40: Seuil de détermination augmenté en raison de la nature chimique de la matrice. Remarque valable pour les échantillons de 01 à 07

Indices alip./aromat. (Fr-Sol), Somme des indices aliphatiques et aromatiques: Seuil donné à titre indicatif.

10-082984-04

Commentaires des résultats:

HAP sol, Acénaphène: Seuil de détermination augmenté en raison d'interférences chimiques pour tous les seuils augmentés.

Les seuils de détermination fournis n'ont pas été recalculés d'après la matière sèche de l'échantillon.

Les seuils de quantification indiqués correspondent à la limite de quantification analytique du procédé

### Méthode

### Norme

|                                                          |                       |                     |
|----------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------|
| Matières sèches                                          | NF ISO 11465(A)       | Umweltanalytik Lyon |
| Benzène et aromatiques - Méthode Int. BTXHS version 8    | Selon NF ISO 22155(A) | Umweltanalytik Lyon |
| Indice Hydrocarbures (C10-C40)                           | ISO 16703(A)          | Umweltanalytik Lyon |
| Hydrocarbures aliphatiques volatils (C5-C10)             | DIN ISO 22155         | Umweltanalytik Lyon |
| Minéralisation à l'eau régale - Méth. Int. MINE version3 | Selon NF ISO 11465(A) | Umweltanalytik Lyon |
| Métaux - Méthode Interne V7 selon                        | NF EN ISO 17294-2(A)  | Umweltanalytik Lyon |
| HAP (16)                                                 | NF ISO 18287(A)       | Umweltanalytik Lyon |
| Carbone organique total sur matière solide               | NF ISO 10694(A)       | Umweltanalytik Lyon |
| Indices aliphatique/aromatique C8-C40 (France-Sol)       | WES 237               | Umweltanalytik Lyon |

|    |                 |
|----|-----------------|
| MB | Matières brutes |
| MS | Matières sèches |

Fabienne Loisel

Christophe SOLEYMAT  
Directeur Commercial

Laboratoires WESSLING  
Z.I. de Chesnes Tharabie  
30 rue du Ruissseau - BP 50705  
38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
labo@wessling.fr

ANTEA Orleans  
M. PASQUIER  
3 Avenue Claude Guillemin BP 6119  
45061 Orleans Cedex 2

Interlocuteur: Frédéric Jeampierre  
Ligne directe: +33 (0) 474 999-630  
E-Mail: f.jeampierre@wessling.fr

**COMMANDE: ORL 10/150**  
**IMPUTATION: CENP 10 0191**

N° rapport d'essai ULY10-07894-1

Commande n°: ULY-06148-10

Date 30.08.2010

Laboratoires WESSLING  
Z.I. de Chesnes Tharabie  
30 rue du Ruisseau - BP 50705  
38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
labo@wessling.fr

N° rapport d'essai ULY10-07894-1

Commande n°: ULY-06148-10

Date 30.08.2010

### Informations sur les échantillons

|                                |                                     |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| Echantillon-n°                 | 10-084717-03                        |
| Date de réception:             | 17.08.2010                          |
| Désignation                    | Composite<br>S1(1.25-2.5)+S1(3-3.6) |
| Type d'échantillons:           | Sol                                 |
| Prélèvement:                   | 16.08.2010                          |
| Réceptent:                     | 250 ml v                            |
| Température de réception (C°): | 15                                  |
| Début des analyses:            | 17.08.2010                          |
| Fin des analyses:              | 30.08.2010                          |

### Résultats d'analyse

#### Granulométrie

|                           |       |    |                                     |
|---------------------------|-------|----|-------------------------------------|
| N° d'échantillon          |       |    | 10-084717-03                        |
| Désignation d'échantillon |       |    | Composite<br>S1(1.25-2.5)+S1(3-3.6) |
| Paramètre                 | Unité | LQ |                                     |
| Sables grossiers          | g/kg  |    | 130                                 |
| Sables fins               | g/kg  |    | 69                                  |
| Limons grossiers          | g/kg  |    | 38                                  |
| Limons fins               | g/kg  |    | 360                                 |
| Argile                    | g/kg  |    | 410                                 |

Laboratoires WESSLING  
Z.I. de Chesnes Tharabie  
30 rue du Ruisseau - BP 50705  
38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
labo@wessling.fr

N° rapport d'essai ULY10-07894-1

Commande n°: ULY-08148-10

Date 30.08.2010

Méthode

Norme

Granulométrie

NF X31-107

\* Analyses effectuées par un laboratoire partenaire

Frédéric Jeampierre

Olivier ~~SIBOURG~~  
Directeur



Laboratoires WESSLING  
Z.I. de Chesnes Tharabie  
30 rue du Ruisseau - BP 50705  
38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
labo@wessling.fr

ANTEA Orleans  
Madame Frédérique PASQUIER  
BP 66119  
Zac du Moulin - 803, boulevard Duhamel du  
Monceau CS30602  
45166 OLIVET CEDEX

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

**CENP10 0191 // ORL 10/201**

---

|                    |               |              |              |      |            |
|--------------------|---------------|--------------|--------------|------|------------|
| N° rapport d'essai | ULY10-09950-1 | Commande n°: | ULY-07687-10 | Date | 20.10.2010 |
|--------------------|---------------|--------------|--------------|------|------------|

---

Page 1 de 5

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 préconisée 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).

Laboratoires WESSLING  
 Z.I. de Chesnes Tharabie  
 30 rue du Ruisseau - BP 50705  
 38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
 Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
 labo@wessling.fr

N° rapport d'essai ULY10-09950-1

Commande n°: ULY-07687-10

Date 20.10.2010

### Informations sur les échantillons

|                       |                          |                          |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| Echantillon-n°        | 10-107143-01             | 10-107143-01-1           |
| Date de réception:    | 12.10.2010               | 12.10.2010               |
| Désignation           | G1 couche de mesure      | G1 couche de contrôle    |
| Type d'échantillons:  | Gaz                      | Gaz                      |
| Prélèvement:          | 11.10.2010               | 11.10.2010               |
| Récipient:            | orbo 32 + 2* skc anasorb | orbo 32 + 2* skc anasorb |
| Nombre de récipients: | 3                        | 3                        |
| Début des analyses:   | 13.10.2010               | 13.10.2010               |
| Fin des analyses:     | 20.10.2010               | 20.10.2010               |

### Résultats d'analyse

#### Benzène et aromatiques (CAV - BTEX)

| N° d'échantillon                      |          | 10-107143-01        | 10-107143-01-1        |
|---------------------------------------|----------|---------------------|-----------------------|
| Désignation d'échantillon             |          | G1 couche de mesure | G1 couche de contrôle |
| Paramètre                             | Unité LQ |                     |                       |
| Benzène                               | µg G     | <0,5                | <0,5                  |
| Toluène                               | µg G     | <0,3                | <0,3                  |
| Ethylbenzène                          | µg G     | <0,2                | <0,2                  |
| m-, p-Xylène                          | µg G     | <0,2                | <0,2                  |
| o-Xylène                              | µg G     | <0,2                | <0,2                  |
| Cumène                                | µg G     | <0,2                | <0,2                  |
| m-, p-Ethyltoluène                    | µg G     | <0,2                | <0,2                  |
| 1,3,5-Triméthylbenzène (Mésitylène)   | µg G     | <0,2                | <0,2                  |
| o-Ethyltoluène                        | µg G     | <0,2                | <0,2                  |
| 1,2,4-Triméthylbenzène (Pseudocumène) | µg G     | <0,2                | <0,2                  |
| Naphthalène                           | µg G     | <0,2                | <0,2                  |
| Somme des CAV                         | µg G     | -/-                 | -/-                   |

Laboratoires WESSLING  
 Z.I. de Chesnes Tharable  
 30 rue du Ruisseau - BP 50705  
 38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
 Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
 labo@wessling.fr

N° rapport d'essai ULY10-09950-1

Commande n°: ULY-07687-10

Date 20.10.2010

### Hydrocarbures halogénés volatils (COHV)

| N° d'échantillon          |          | 10-107143-01        | 10-107143-01-1        |
|---------------------------|----------|---------------------|-----------------------|
| Désignation d'échantillon |          | G1 couche de mesure | G1 couche de contrôle |
| Paramètre                 | Unité LQ |                     |                       |
| Dichlorométhane           | µg G     | <2                  | <2                    |
| cis-1,2-Dichloroéthylène  | µg G     | <0,2                | <0,2                  |
| Trichlorométhane          | µg G     | <0,2                | <0,2                  |
| 1,1,1-Trichloroéthane     | µg G     | <0,1                | <0,1                  |
| Tétrachlorométhane        | µg G     | <0,1                | <0,1                  |
| Trichloroéthylène         | µg G     | <0,1                | <0,1                  |
| Tétrachloroéthylène       | µg G     | <0,1                | <0,1                  |
| 1,1-Dichloroéthane        | µg G     | <0,2                | <0,2                  |
| Somme des COHV            | µg G     | -/-                 | -/-                   |

### Hydrocarbures volatils C5-C10

| N° d'échantillon                      |          | 10-107143-01        | 10-107143-01-1        |
|---------------------------------------|----------|---------------------|-----------------------|
| Désignation d'échantillon             |          | G1 couche de mesure | G1 couche de contrôle |
| Paramètre                             | Unité LQ |                     |                       |
| Indice hydrocarbure volatil (C5-C10)  | µg G     | <1                  | <1                    |
| Somme des C5                          | µg G     | <1                  | <1                    |
| Somme des C6                          | µg G     | <1                  | <1                    |
| Somme des C7                          | µg G     | <1                  | <1                    |
| Somme des C8                          | µg G     | <1                  | <1                    |
| Somme des C9                          | µg G     | <1                  | <1                    |
| Somme des C10                         | µg G     | <1                  | <1                    |
| Somme des C11                         | µg G     | <1                  | <1                    |
| Indice hydrocarbure volatil (C11-C12) | µg G     | <1                  | <1                    |
| Somme des C12                         | µg G     | <1                  | <1                    |

Laboratoires WESSLING  
Z.I. de Chesnes Tharabie  
30 rue du Ruisseau - BP 50705  
38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
labo@wessling.fr

N° rapport d'essai ULY10-09950-1

Commande n°: ULY-07687-10

Date 20.10.2010

| N° d'échantillon                   |            | 10-107143-01        | 10-107143-01-1        |
|------------------------------------|------------|---------------------|-----------------------|
| Désignation d'échantillon          |            | G1 couche de mesure | G1 couche de contrôle |
| Paramètre                          | Unité LQ   |                     |                       |
| Hydrocarbures aliphatiques C5-C6   | µg/Probe G | <5                  | <5                    |
| Hydrocarbures aliphatiques C6-C7   | µg/Probe G | <5                  | <5                    |
| Hydrocarbures aliphatiques C7-C8   | µg/Probe G | <5                  | <5                    |
| Hydrocarbures aliphatiques C8-C9   | µg/Probe G | <5                  | <5                    |
| Hydrocarbures aliphatiques C9-C10  | µg/Probe G | <5                  | <5                    |
| Hydrocarbures aliphatiques C10-C11 | µg/Probe G | <5                  | <5                    |
| Hydrocarbures aliphatiques C11-C12 | µg/Probe G | <5                  | <5                    |
| Hydrocarbures aliphatiques C12-C13 | µg/Probe G | <5                  | <5                    |
| Hydrocarbures aliphatiques C13-C14 | µg/Probe G | <5                  | <5                    |
| Hydrocarbures aliphatiques C14-C15 | µg/Probe G | <5                  | <5                    |
| Hydrocarbures aliphatiques C15-C16 | µg/Probe G | <5                  | <5                    |
| Hydrocarbures aromatiques C7-C8    | µg/Probe G | <2                  | <2                    |
| Hydrocarbures aromatiques C8-C9    | µg/Probe G | <2                  | <2                    |
| Hydrocarbures aromatiques C9-C10   | µg/Probe G | <2                  | <2                    |
| Hydrocarbures aromatiques C10-C11  | µg/Probe G | <2                  | <2                    |
| Hydrocarbures aromatiques C11-C12  | µg/Probe G | <2                  | <2                    |
| Hydrocarbures aromatiques C12-C13  | µg/Probe G | <2                  | <2                    |
| Hydrocarbures aromatiques C13-C14  | µg/Probe G | <2                  | <2                    |
| Hydrocarbures aromatiques C14-C15  | µg/Probe G | <2                  | <2                    |
| Hydrocarbures aromatiques C15-C16  | µg/Probe G | <2                  | <2                    |

Laboratoires WESSLING  
Z.I. de Chesnes Tharabie  
30 rue du Ruisseau - BP 50705  
38297 Saint-Quentin-Fallavier Cedex  
Tél. +33 (0) 4 749996 20 - Fax +33 (0) 4 749996 37  
labo@wessling.fr

N° rapport d'essai ULY10-09950-1

Commande n°: ULY-07687-10

Date 20.10.2010

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**

Indice hydrocarbures volatils C5-C10 - Méth. interne CB-I WES 312

Umweltanalytik Darmstadt

Hydrocarbures volatils C5-C16

WBSE-26

Umweltanalytik Budapest

Benzène et aromatiques - Méthode interne CB-CA V5 VDI 2100 Blatt 2(A)

Umweltanalytik Darmstadt

Composés organohalogénés volatils (COHV) - Méth. inter EN 13649

Umweltanalytik Darmstadt

|   |     |
|---|-----|
| G | Gaz |
|---|-----|

Fabienne Loisel



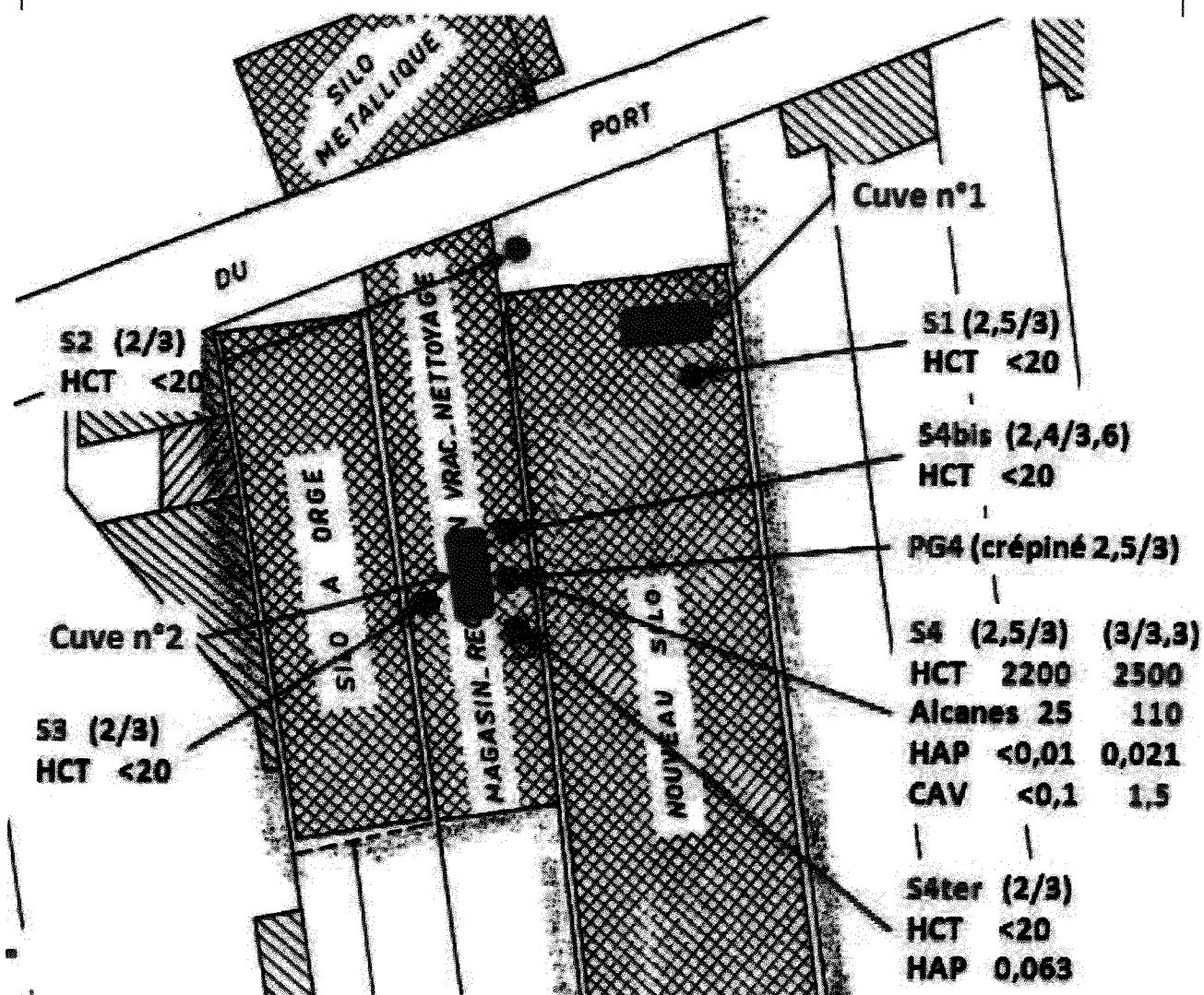
**Jean-François CAMPENS**  
Gérant



## **Annexe D : Cartographie des résultats d'analyses**

(1 page)





Site de CAPOGA – Montargis (45)

## CARTOGRAPHIE DES RESULTATS D'ANALYSES

### Annexe D

110 : Anomalie de concentration





**Annexe E : Caractéristiques physico-chimiques  
des composés retenus  
(1 page)**







**Annexe F : Valeurs Toxicologiques de Référence  
(2 pages)**



| Nom du CAS | Identification        | Paramètre                      | Valeur adultes | Valeur enfants | Organe cible | Année | Commentaire | Transposition | Mon source d'info                                                                                                      | Vol. Doc | Classification US-EPA | Classification IARC | Valeur retenue |
|------------|-----------------------|--------------------------------|----------------|----------------|--------------|-------|-------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------|---------------------|----------------|
| 191-24-2   | Benzo (g,h,i)Pérylène | ERU Ingestion<br>((mg/kg/j)-1) | 0.002          | 0.002          |              | 2003  | selon RIVM  | non           | Fiches de données toxicologiques de l'INERIS                                                                           | VRAI     | D                     | 3                   | oui            |
| 191-24-2   | Benzo (g,h,i)Pérylène | ERU Ingestion<br>((mg/kg/j)-1) |                |                |              | 1990  |             | non           | Base de données IRIS de l'US-EPA:<br><a href="http://www.epa.gov/iris/index.htm">http://www.epa.gov/iris/index.htm</a> | FAUX     | D                     | 3                   |                |
| 206-44-0   | Fluoranthène          | ERU Ingestion<br>((mg/kg/j)-1) | 0.0002         | 0.0002         |              | 2003  | selon RIVM  | non           | Fiches de données toxicologiques de l'INERIS                                                                           | VRAI     | D                     | 3                   | oui            |
| 206-44-0   | Fluoranthène          | ERU Ingestion<br>((mg/kg/j)-1) |                |                |              | 1990  |             | non           | Base de données IRIS de l'US-EPA:<br><a href="http://www.epa.gov/iris/index.htm">http://www.epa.gov/iris/index.htm</a> | FAUX     | D                     | 3                   |                |
| 206-44-0   | Fluoranthène          | ERU Ingestion<br>((mg/kg/j)-1) |                |                |              | 1990  |             | non           | Base de données IRIS de l'US-EPA:<br><a href="http://www.epa.gov/iris/index.htm">http://www.epa.gov/iris/index.htm</a> | FAUX     | D                     | 3                   |                |
| 91-20-3    | Naphthalène           | ERU Inhalation<br>((mg/m3)-1)  | 0.0011         | 0.0011         |              | 2003  | selon OEHA  | non           | Fiches de données toxicologiques de l'INERIS                                                                           | VRAI     | C                     | 2B                  | oui            |
| 91-20-3    | Naphthalène           | ERU Inhalation<br>((mg/m3)-1)  | 0.034          | 0.034          |              | 2005  |             | non           | OEHA                                                                                                                   | FAUX     | C                     | 2B                  |                |
| 129-00-0   | Pyène                 | ERU Ingestion<br>((mg/kg/j)-1) | 0.0002         | 0.0002         |              | 2003  |             | non           | Fiches de données toxicologiques de l'INERIS                                                                           | VRAI     | D                     | 3                   | oui            |



**Annexe G : Evaluation des expositions  
(22 pages)**



## **Préambule**

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

- transfert des polluants des sols vers le point d'exposition ; cette première étape permet de calculer la concentration du polluant au point d'exposition;
- évaluation de la dose journalière d'exposition (DJE) : celle-ci dépend d'une part de la concentration au point d'exposition et d'autre part du régime d'exposition des individus (taux d'inhalation, durée d'exposition ...);
- calcul des risques (distinction entre les substances cancérigènes et non cancérigènes) : cette évaluation permet alors de comparer les risques calculés aux seuils définis par le guide méthodologique « modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués » correspondant à l'annexe 2 de la note aux préfets du 8 février 2007.

Les paragraphes suivants détaillent ces trois étapes principales.

Ces trois étapes ont été réalisées à l'aide de SANTEA, feuille de calcul mise au point par la société ANTEA en 2004.

Cette feuille de calcul n'est pas un logiciel en soi, dans le sens où elle ne propose pas de nouvelles équations mais se base uniquement sur des équations issues d'autres modèles. Il s'agit plus exactement d'une feuille de calcul sécurisée, mettant en œuvre les équations de logiciels reconnus tels que HESP, RBCA, Johnson & Ettinger.

Pour chacun des scénarios, les risques calculés pour chaque substance sont sommés pour évaluer le risque global lié au scénario considéré (prise en compte de l'additivité d'action des substances). En seconde approche, si la somme des indices de risques est supérieure à 1 et que le dépassement est dû à plus d'une substance, la démarche est affinée en n'additionnant les indices de risques que pour les substances ayant des effets sur les mêmes organes-cibles.

## Transfert de pollution

### *Transfert de vapeurs entre le sol et l'air confiné des bâtiments : prise en compte simultanée des phénomènes de diffusion et de convection*

Pour modéliser le transfert de polluants du sol vers l'air confiné des bâtiments sans sous-sol, nous avons utilisé le modèle de Johnson et Ettinger (1991). Les équations nécessaires à sa mise en œuvre, dans le cas d'une source infinie, sont présentées ci-après.

L'intérêt du modèle de Johnson et Ettinger est qu'il prend en compte conjointement le phénomène de diffusion et le phénomène de convection.

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

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

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

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

où :  $C_{\text{air confiné}}$  est la concentration dans l'air des bâtiments, pour la substance considérée (mg/m<sup>3</sup>) ;

c'est la **concentration au point d'exposition C\_PE** :  $C_{\text{air confiné}} = C_{\text{PE}}$

$C_{\text{air sol}}$  est la concentration dans l'air du sol, pour la substance considérée (mg/m<sup>3</sup>) ;

$\alpha$  est le coefficient d'atténuation (sans dimension).

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

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

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

où :  $Deff\_sol$  est le coefficient de diffusion effectif équivalent du sol ( $m^2/s$ ) (calcul présenté ci-après);  
 $A_b$  est la surface de l'espace fermé ( $m^2$ ) (calcul présenté ci-après);  
 $Q_{bat}$  est le taux de ventilation du bâtiment ( $m^3/s$ ) (calcul présenté ci-après);  
 $L_s$  est la profondeur qui sépare le bâtiment de la source (m);  
 $Q_{sol}$  est le flux de gaz du sol pénétrant dans le bâtiment ( $m^3/s$ ) (calcul présenté ci-après);  
 $ep\_F$  est l'épaisseur des fondations (m);  
 $A_{crack}$  est la surface des fissures totales ( $m^2$ ) (calcul présenté ci-après);  
 $Deff\_F$  est le coefficient de diffusion effectif à travers les fissures ( $m^2/s$ ) (supposé être équivalent au coefficient effectif de la couche du sol en contact avec le bâtiment) (calcul présenté ci-après).

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

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

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

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

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

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

où :  $long\_b$ ,  $larg\_b$  et  $haut\_b$  sont respectivement les longueur, largeur et hauteur du bâtiment (m);  
 $tra\_b$  est le taux de renouvellement de l'air dans le bâtiment ( $s^{-1}$ );  
 $\delta P$  est le gradient de pression entre la surface du sol et l'espace clos ( $g/cm-s^2$ );  
 $k_v$  est la perméabilité du sol au flux de vapeur, spécifique du sol ( $m^2$ );  
 $X\_F$  est le périmètre de jonction sol-mur, c'est-à-dire le périmètre intérieur du bâtiment (m);  
 $\mu$  est la viscosité de l'air ( $g/cm-s$ );  
 $prof\_F$  est la profondeur des fissures sous le rez-de-chaussée (m);  
 $r_{crack}$  est le rayon équivalent des fissures (m).

Avec :

$$A_b = long\_b \times larg\_b$$

$$X\_F = 2 \times (larg\_b + long\_b)$$

$$A_{crack} = r_{crack} \times X\_F$$

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

Ceci permet de définir  $\eta$  :

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

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

$$Deff\_sol = D_{air} \cdot \frac{\theta_{a,i}^{3.33}}{(\theta_{a,s} + \theta_{e,s})^2} + \frac{D_{eau}}{H} \cdot \frac{\theta_{e,s}^{3.33}}{(\theta_{a,s} + \theta_{e,s})^2}$$

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

$$Deff\_F = D_{air} \cdot \frac{\theta_{a,F}^{3.33}}{(\theta_{a,F} + \theta_{e,F})^2} + \frac{D_{eau}}{H} \times \frac{\theta_{e,F}^{3.33}}{(\theta_{a,F} + \theta_{e,F})^2}$$

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

où :  $Deff\_sol$  est le coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m<sup>2</sup>/s) ;  
 $Deff\_F$  est le coefficient de diffusion effectif à travers les fissures (m<sup>2</sup>/s) ;  
 $D_{air}$  est la diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m<sup>2</sup>/s) ;  
 $\theta_{a,s}$  est la teneur en air de la couche de sol (sans dimension) ;  
 $\theta_{e,s}$  est la teneur en eau de la couche de sol (sans dimension) ;  
 $\theta_{a,F}$  est la teneur en air des fissures (sans dimension) ;  
 $\theta_{e,F}$  est la teneur en eau des fissures (sans dimension) ;  
 $D_{eau}$  est la diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m<sup>2</sup>/s) ;  
 $H$  est la constante de Henry, pour la substance considérée (sans dimension).

| Paramètres de calcul                     | Valeur      | Unités | Justification     |
|------------------------------------------|-------------|--------|-------------------|
| Masse volumique du sol                   | 1.700000048 | g/cm3  | BP RISC           |
| Différentiel de pression                 |             |        | Valeur du modèle  |
| Epaisseur des fissures de la dalle       | 40          | g/cm.2 | JOHNSON ET        |
| Fraction de carbone organique            | 0.200000003 | m      | ETTINGER          |
| Hauteur du bâtiment                      | 0.079000004 | -      |                   |
| Perméabilité à l'air                     | 2.5         | m      |                   |
| Largeur du bâtiment                      | 9.9E-12     | m2     |                   |
| Longueur du bâtiment                     | 8           | m      |                   |
| Profondeur des fissures                  | 8           | m      |                   |
| Rayon équivalent des fissures            | 0.200000003 | m      | Méthode de calcul |
| Teneur en air des fissures               | 0.001       | m      | Johnson-Ettinger  |
| Teneur en air du sol                     | 0.32100001  |        | Valeur            |
| Teneur en eau du sol                     | 0.32100001  |        | bibliographique   |
| Teneur en eau des fissures               | 0.054000001 |        | Valeur            |
| Teneur en eau du sol                     | 0.054000001 |        | bibliographique   |
| Taux de renouvellement d'air du bâtiment | 0.000139    | /s     | Valeur du modèle  |
|                                          |             |        | RBCA              |

| Paramètres d'exposition          | Valeur | Unités | Justification                             |
|----------------------------------|--------|--------|-------------------------------------------|
| Durée d'exposition (adultes)     | 30     | ans    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Durée d'exposition (enfants)     | 6      | ans    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Fréquence d'exposition (adultes) | 217    | /an    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Fréquence d'exposition (enfants) | 296    | /an    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |

|             |                      |              |             |     |             |       |             |
|-------------|----------------------|--------------|-------------|-----|-------------|-------|-------------|
| Aliph-11-12 | Aliphatique C>10-C12 | Aliphatiques | Toxique     | Air | 0.082000002 | mg/m3 | 1.200000048 |
| Aliph-13-16 | Aliphatique C>12-C16 | Aliphatiques | Toxique     | Air | 0.082000002 | mg/m3 | 1.200000048 |
| Aliph-7-8   | Aliphatique C>6-C8   | Aliphatiques | Toxique     | Air | 0.082000002 | mg/m3 | 1.200000048 |
| Aliph-9-10  | Aliphatique C>8-C10  | Aliphatiques | Toxique     | Air | 0.082000002 | mg/m3 | 1.200000048 |
| Aroma>10-12 | Aromatiques>10-12    | BTEX ou CAV  | Toxique     | Air | 0.033       | mg/m3 | 1.200000048 |
| Aroma>12-16 | Aromatiques>12-16    | BTEX ou CAV  | Toxique     | Air | 0.033       | mg/m3 | 1.200000048 |
| Aroma>8-10  | Aromatiques>8-10     | BTEX ou CAV  | Toxique     | Air | 0.033       | mg/m3 | 1.200000048 |
| 91-20-3     | Naphthalène          | HAP          | Toxique et  | Air | 0.0079      | mg/m3 | 1.200000048 |
|             | Xylène (mixture      |              | cancérogène |     |             |       |             |
| 1330-20-7   | d'isomères)          | BTEX ou CAV  | Toxique     | Air | 0.0079      | mg/m3 | 1.200000048 |

## SCENARIO INHALATION DE VAPEURS EN EXTERIEUR

Les formules sont issues du « Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites. Elles correspondent principalement à l'équation CM-3a du modèle RBCA, scindée en 2 pour la clarté des justifications.

➤ Le point d'exposition est l'atmosphère de surface. La concentration au point d'exposition à partir de la source s'obtient par la formule suivante :

$$C_{air\ ambient} = [FA \cdot C_{air\ sol}]$$

*[principe de l'équation CM-3a de RBCA]*

où : FA est le facteur d'atténuation de la concentration entre l'air du sol et l'air ambient (sans dimension) (calculs présentés ci-après);

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

c'est la **concentration au point d'exposition** :  $C_{air\ ambient} = C_{PE}$ .

$C_{air\ sol}$  est la concentration dans l'air du sol ( $mg/m^3$ ) (calculs présentés ci-dessous).

➤ La concentration dans l'air du sol, pour chaque substance, est estimée par les formules suivantes :

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

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

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

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

S est la solubilité (en  $mg/l$ ) ;

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

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

foc est la fraction de carbone organique dans le sol (sans dimension) ;  
H est la constante de Henry (sans dimension).

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

➤ Le coefficient FA s'exprime de la manière suivante :

$$FA = \frac{1}{1 + \frac{vit\_v \times h\_mel \times Ls}{Deff\_sol \times long\_zp}}$$

[2<sup>ème</sup> partie de l'équation CM-3a]

où :  $vit\_v$  est la vitesse du vent (m/s) ;  
 $h\_mel$  est la hauteur de la zone de mélange dans l'air ambiant (m) ;  
 $Ls$  est la profondeur de la source (m) ;  
 $Deff\_sol$  est le coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m<sup>2</sup>/s) (calcul présenté ci-dessous) ;  
 $long\_zp$  est la longueur de la zone d'émission (m), c'est-à-dire la longueur de la zone polluée.

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

$$Deff\_sol = D_{air} \cdot \frac{\theta_{a,i}^{3.33}}{(\theta_{a,s} + \theta_{e,s})^2} + \frac{D_{eau}}{H} \cdot \frac{\theta_{e,s}^{3.33}}{(\theta_{a,s} + \theta_{e,s})^2}$$

[1<sup>ère</sup> équation A13 du Tier 2 de RBCA]

où :  $D_{air}$  est la diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m<sup>2</sup>/s) ;  
 $D_{eau}$  est la diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m<sup>2</sup>/s) ;  
 $\theta_{a,s}$  est la teneur en air de la couche de sol (sans dimension) ;  
 $\theta_{e,s}$  est la teneur en eau de la couche de sol (sans dimension) ;

## CAPROGA

*Investigations complémentaires et EQRS – Site CAPROGA à Montargis (45) - A 59387/A*

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

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

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

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

| Paramètres de calcul          | Valeur      | Unités | Justification      |
|-------------------------------|-------------|--------|--------------------|
| Masse volumique du sol        | 1.700000048 | B/cm3  | BP RISC            |
| Fraction de carbone organique | 0.079000004 | -      |                    |
| Longueur de la zone polluée   | 8           | m      |                    |
| Teneur en air du sol          | 0.121000001 |        |                    |
| Teneur en eau du sol          | 0.054000001 |        |                    |
| Vitesse du vent               | 4.30000191  | m/s    | Valeur sécuritaire |

| Paramètres de calcul                    | Valeur | Unités | Justification                             |
|-----------------------------------------|--------|--------|-------------------------------------------|
| Durée d'exposition (adultes)            | 30     | ans    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Durée d'exposition (enfants)            | 6      | ans    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Fréquence d'exposition (adultes)        | 50     | /an    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Fréquence d'exposition (enfants)        | 68     | /an    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Hauteur de la zone de mélange (adultes) | 1.5    | m      | Valeur du modèle HESP                     |
| Hauteur de la zone de mélange (enfants) | 1      | m      | Valeur du modèle HESP                     |

| Paramètres de calcul | Valeur      | Unités | Justification |
|----------------------|-------------|--------|---------------|
| Aliph-11-12          | 0.082000002 | mg/m3  | 1.200000048   |
| Aliph-13-16          | 0.082000002 | mg/m3  | 1.200000048   |
| Aliph-7-8            | 0.082000002 | mg/m3  | 1.200000048   |
| Aliph-9-10           | 0.082000002 | mg/m3  | 1.200000048   |
| Aromas>10-12         | 0.033       | mg/m3  | 1.200000048   |
| Aromas>12-16         | 0.033       | mg/m3  | 1.200000048   |
| Aromas>8-10          | 0.033       | mg/m3  | 1.200000048   |
| 91-20-3              | 0.0079      | mg/m3  | 1.200000048   |
| 1330-20-7            | 0.0079      | mg/m3  | 1.200000048   |

| Nom produit  | Milieu                      | C. PE       | C. PE2      | ERL Ad      | ERL Enf     | ERL total   |
|--------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Aliph-11-12  | Aliph-11-12                 | 1.37013E-07 | 2.05519E-07 | 1.87689E-08 | 3.82885E-08 |             |
| Aliph-13-16  | Aliph-13-16                 | 1.37013E-07 | 2.05519E-07 | 1.87689E-08 | 3.82885E-08 |             |
| Aliph-7-8    | Aliph-7-8                   | 1.37013E-07 | 2.05519E-07 | 1.87689E-08 | 3.82885E-08 |             |
| Aliph-9-10   | Aliph-9-10                  | 1.37013E-07 | 2.05519E-07 | 1.87689E-08 | 3.82885E-08 |             |
| Aromas>10-12 | Aromas>10-12                | 0.033       | 8.27091E-08 | 3.77667E-08 | 7.70441E-08 |             |
| Aromas>12-16 | Aromas>12-16                | 0.033       | 8.27091E-08 | 3.77667E-08 | 7.70441E-08 |             |
| Aromas>8-10  | Aromas>8-10                 | 0.033       | 8.27091E-08 | 3.77667E-08 | 7.70441E-08 |             |
| 91-20-3      | Naphtalène                  | 0.0079      | 1.06922E-08 | 3.25486E-07 | 6.53991E-07 |             |
| 1330-20-7    | Xylène (mélange d'isomères) | 0.0079      | 1.42556E-08 | 1.30554E-08 | 2.6633E-08  |             |
|              |                             |             |             |             |             | 1.87814E-13 |
|              |                             |             |             |             |             | 6.48144E-13 |

## SCENARIO INHALATION DE POUSSIÈRES

Ces équations sont les équations 48 et 49 du document de travail sur la méthodologie de calcul des VCI-version 1 du groupe de travail sols pollués – santé publique, dans laquelle nous avons considéré que la totalité de ce qui est inhalé est absorbé dans les poumons. Elles sont basées sur HESP. On se base sur une formule qui calcule des doses, pour l'adapter et en faire un calcul de concentrations inhalées.

➤ La dose d'exposition par inhalation de particules se calcule de la manière suivante :

$$IP = ITSP * Cs * fr / P$$

[Equation 48]

où :  $IP$  est la dose d'exposition par inhalation de particules (mg de polluant / kg corporel) ;

$ITSP$  est la quantité de particules inhalées (kg) (calculs présentés ci-dessous) ;

$fr$  est le facteur de rétention des particules dans les poumons, considéré égal à 1 (sans dimension) ;

$Cs$  est la concentration dans le sol, pour la substance considérée (mg/kg),

$P$  est le poids corporel (kg).

Et :

$$ITSP = TSPe * frse * Ve * te + TSPi * frsi * Vi * ti$$

[Equation 49]

où :  $ITSP$  est la quantité de particules inhalées (kg) ;

$TSP$  est la concentration de particules en suspension dans l'air (kg/m<sup>3</sup>) ;

$frs$  est la fraction de sol dans les particules en suspension (sans dimension) ;

$V$  est le taux de respiration (m<sup>3</sup>/j) ;

$t$  durée d'exposition (j) ;

$i,e$  est l'indice se référant respectivement à l'intérieur et à l'extérieur.

➤ La concentration au point d'exposition en extérieur est donc la suivante :

$$C\_PEe = Cs \times TSPe \times frse$$

où :  $C\_PEe$  est la **concentration au point d'exposition** en extérieur, pour la substance considérée (mg de polluant / m<sup>3</sup> d'air) ;

$C_s$  est la concentration dans le sol, pour la substance considérée (mg/kg) ;  
 $TSP_e$  est la concentration de particules en suspension dans l'air extérieur (kg/m<sup>3</sup>) ;  
 $fr_{se}$  est la fraction de sol dans les particules en suspension en extérieur (-).

La concentration au point d'exposition en intérieur est la suivante :

$$C_{\_PEi} = C_{sol} \times TSP_i \times fr_{si}$$

où :  $C_{\_PEi}$  est la **concentration au point d'exposition** en intérieur, pour la substance considérée (mg de polluant /m<sup>3</sup> d'air) ;  
 $C_{sol}$  est la concentration dans le sol, pour la substance considérée (mg/kg) ;  
 $TSP_i$  est la concentration de particules en suspension dans l'air intérieur (kg/m<sup>3</sup>) ;  
 $fr_{si}$  est la fraction de sol dans les particules en suspension en intérieur (-).

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

$$DJE = \frac{(C_{\_PEe} \times FE_e + C_{\_PEi} \times FE_i) \times DE}{T_m}$$

où : DJE est la dose journalière d'exposition (mg/m<sup>3</sup>) ;  
 $C_{\_PEe}$  est la concentration au point d'exposition en extérieur (mg/m<sup>3</sup>) ;  
 $C_{\_PEi}$  est la concentration au point d'exposition en intérieur (mg/m<sup>3</sup>) ;  
 $FE_e$  est la fréquence d'exposition en extérieur (jours/an) ;  
 $FE_i$  est la fréquence d'exposition en intérieur (jours/an) ;  
DE est la durée d'exposition (années) ;  
 $T_m$  est le temps moyenné (jours) :  
 $T_m = DE \times 365$  pour les substances à seuil,  
 $T_m = 70 \times 365$  pour les substances sans seuil.

| Paramètres de calcul                               | Valeur      | Unités | Justification         |
|----------------------------------------------------|-------------|--------|-----------------------|
| Fraction de sol dans les particules dans l'air ext | 0.5         | -      | Valeur du modèle HESP |
| Fraction de sol dans les particules dans l'air int | 0.800000012 | -      | Valeur du modèle HESP |
| Conc. en particules en susp. dans l'air ext.       | 7E-08       | kg/m3  | Valeur du modèle HESP |
| Conc. en particules en susp. dans l'air int.       | 5.25E-08    | kg/m3  | Valeur du modèle HESP |

| Paramètres d'exposition                     | Valeur | Unités | Justification                             |
|---------------------------------------------|--------|--------|-------------------------------------------|
| Durée d'exposition (adultes)                | 30     | ans    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Durée d'exposition (enfants)                | 6      | ans    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Fréquence d'exposition en extérieur Adultes | 50     | /an    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Fréquence d'exposition en extérieur Enfants | 68     | /an    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Fréquence d'exposition en intérieur Adultes | 217    | /an    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Fréquence d'exposition en intérieur Enfants | 296    | /an    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Poids adultes                               | 70     | kg     | Valeur du modèle HESP                     |
| Poids enfant                                | 15     | kg     | Valeur du modèle HESP                     |

|              |                            |              |                        |     |             |       |             |           |
|--------------|----------------------------|--------------|------------------------|-----|-------------|-------|-------------|-----------|
| Aliph-11-12  | Aliphatique C>10-C12       | Aliphatiques | Toxique                | Air | 0.082000002 | mg/m3 | 1.200000048 | 2.87E-09  |
| Aliph-13-16  | Aliphatique C>12-C16       | Aliphatiques | Toxique                | Air | 0.082000002 | mg/m3 | 1.200000048 | 2.87E-09  |
| Aliph-7-8    | Aliphatique C<6-C8         | Aliphatiques | Toxique                | Air | 0.082000002 | mg/m3 | 1.200000048 | 2.87E-09  |
| Aliph-9-10   | Aliphatique C<8-C10        | Aliphatiques | Toxique                | Air | 0.082000002 | mg/m3 | 1.200000048 | 2.87E-09  |
| Aromas>10-12 | Aromatiques>10-12          | BTEX ou CAV  | Toxique                | Air | 0.033       | mg/m3 | 1.200000048 | 1.155E-09 |
| Aromas>12-16 | Aromatiques>12-16          | BTEX ou CAV  | Toxique                | Air | 0.033       | mg/m3 | 1.200000048 | 1.155E-09 |
| Aromas>8-10  | Aromatiques>8-10           | BTEX ou CAV  | Toxique                | Air | 0.033       | mg/m3 | 1.200000048 | 1.155E-09 |
| 91-20-3      | Naphtalène                 | HAP          | Toxique et cancérigène | Air | 0.0079      | mg/m3 | 1.200000048 | 2.765E-10 |
| 1330-20-7    | Xyène (mélange d'isomères) | BTEX ou CAV  | Toxique                | Air | 0.0079      | mg/m3 | 1.200000048 | 2.765E-10 |

| Id. Produit  | Nom produit                | Milieu | C. PE     | C. PE2    | IN AD       | IN Ext      | EN AD | EN Ext      | ERI total   |
|--------------|----------------------------|--------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|
| Aliph-11-12  | Aliphatique C>10-C12       | Air    | 2.87E-09  | 3.444E-09 | 2.44068E-09 | 3.32763E-09 |       |             |             |
| Aliph-13-16  | Aliphatique C>12-C16       | Air    | 2.87E-09  | 3.444E-09 | 2.44068E-09 | 3.32763E-09 |       |             |             |
| Aliph-7-8    | Aliphatique C<6-C8         | Air    | 2.87E-09  | 3.444E-09 | 1.32646E-10 | 1.80849E-10 |       |             |             |
| Aliph-9-10   | Aliphatique C<8-C10        | Air    | 2.87E-09  | 3.444E-09 | 2.44068E-09 | 3.32763E-09 |       |             |             |
| Aromas>10-12 | Aromatiques>10-12          | Air    | 1.155E-09 | 1.386E-09 | 4.91112E-09 | 6.69584E-09 |       |             |             |
| Aromas>12-16 | Aromatiques>12-16          | Air    | 1.155E-09 | 1.386E-09 | 4.91112E-09 | 6.69584E-09 |       |             |             |
| Aromas>8-10  | Aromatiques>8-10           | Air    | 1.155E-09 | 1.386E-09 | 4.91112E-09 | 6.69584E-09 |       |             |             |
| 91-20-3      | Naphtalène                 | Air    | 2.765E-10 | 3.318E-10 | 7.83795E-08 | 1.06863E-07 |       |             |             |
| 1330-20-7    | Xyène (mélange d'isomères) | Air    | 2.765E-10 | 3.318E-10 | 2.35139E-09 | 3.20588E-09 |       |             |             |
|              |                            |        |           |           |             |             |       | 3.02269E-14 | 1.41078E-13 |

## SCENARIO INGESTION DE VEGETAUX AUTOPRODUITS CONTAMINES PAR DES POUSSIÈRES

### ➤ Calcul de la déposition de particules sur les cultures

Nous avons utilisé la formule du logiciel HESP, reprise dans le document de l'INERIS intitulé Méthode de calcul des VCI dans les sols (novembre 2001).

$$C_{dp} = DRO \times frse \times C_{sol} \times (fin / (Yv \times fEi)) \times ((1 - (1 - \exp(-fEi \times tc)) / (fEi \times tc))$$

*[Equation 17 de l'annexe 2 de la méthode de calcul des VCI]*

Où :  $C_{dp}$  est la concentration dans les plantes due au phénomène de déposition, pour la substance considérée (mg/kg sec) ;  
 $fin$  est la fraction interceptée par les cultures (sans dimension) ;  
 $Yv$  est le rendement de production (kg/m<sup>2</sup>) ;  
 $fEi$  est l'effet de décroissance, dû à l'effet climat (pluie etc.) qui régulièrement « nettoie » les feuilles des substances déposées, nommé effet « wheathering » (j<sup>-1</sup>) ;  
 $tc$  est la durée des cultures (j) ;  
 $DRO$  est la vitesse de déposition des particules (mg/m<sup>2</sup>.j) ;  
 $frse$  est la fraction de sol dans les particules en extérieur (sans dimension) ;  
 $C_{sol}$  est la concentration dans le sol, pour la substance considérée (mg/kg).

### ➤ Calcul de la concentration en éléments traceurs du risque dans l'eau du sol

Le logiciel RBCA nous donne l'équation :

$$C_{eau} = C_{sol} \times \frac{d_{sol}}{K_{oc} \times foc \times d_{sol} + \theta_{e,s}}$$

où :  $C_{eau}$  est la concentration dans l'eau du sol, pour la substance considérée (mg/L) ;  
 $C_{sol}$  est la concentration en polluant dans le sol, pour la substance considérée (mg/kg) ;  
 $d_{sol}$  est la densité du sol (g/cm<sup>3</sup>) ;  
 $K_{oc}$  est le coefficient de partage du carbone organique (cm<sup>3</sup>/g) ;  
 $foc$  est la fraction de carbone organique dans le sol ;  
 $\theta_{e,s}$  est la teneur en eau de la couche de sol .

## ➤ Calcul de l'absorption en éléments traceurs de risque, pour les substances organiques

### Pour les végétaux dont la partie comestible est aérienne :

D'après le logiciel HESP et la méthode de calcul des VCI, la concentration dans la partie aérienne des plantes se calcule selon l'équation suivante :

$$C_{\text{plante feuilles}} = BCF_{\text{feui}} \times C_{\text{eau}} + C_{\text{dp}} \times T_{\text{msf}}$$

[Equation 25 de l'annexe 2 de la méthode de calcul des VCI]

Où :  $C_{\text{plante feuilles}}$  est la concentration dans les parties aériennes du végétal (mg/kg) ;

c'est la **concentration au point d'exposition** dans les feuilles :  $C_{\text{plante feuilles}} = C_{\text{PE\_feui}}$  ;

$BCF_{\text{feui}}$  est le facteur de bioconcentration dans les parties aériennes du végétal ((mg/kg) frais de plante/(mg/L dans l'eau du sol)

$C_{\text{eau}}$  est la concentration dans l'eau du sol (mg/L) ;

$C_{\text{dp}}$  est la concentration dans les plantes due au phénomène de déposition (mg/kg sec) ;

$T_{\text{msf}}$  est la teneur en matière sèche du végétal (sans dimension).

Le  $BCF_{\text{feuilles}}$  se calcule de la manière suivante :

$$BCF_{\text{feui}} = (10^{(0,95 \times \log Kow - 2,05)} + 0,82) \times (0,784 \times 10^{(-0,434 \times (\log Kow - 1,78)^2 / 2,44)})$$

[Equation 24 de l'annexe 2 de la méthode de calcul des VCI]

où :  $Kow$  est le coefficient de partage octanol/eau, pour la substance considérée (L/kg).

### Pour les végétaux dont la partie comestible est racinaire :

La concentration dans la partie racinaire se calcule d'après la formule :

$$C_{\text{plante racines}} = BCF_{\text{rac}} \times C_{\text{eau}}$$

[Equation 23 de l'annexe 2 de la méthode de calcul des VCI]

Où :  $C_{\text{plante racines}}$  est la concentration dans la partie racinaire du végétal (mg/kg) ;

c'est la **concentration au point d'exposition** dans les racines :  $C_{\text{plante racines}} = C_{\text{PE\_rac}}$  ;

BCF<sub>rac</sub> est le facteur de bioaccumulation dans les racines ((mg/kg) frais de racine/(mg/L) dans l'eau du sol) ;

C<sub>eau</sub> est la concentration dans l'eau du sol (mg/L).

Le BCF<sub>racines</sub> se calcule de la manière suivante :

$$BCF_{\text{rac}} = 10^{(0,77 \times \log Kow - 1,52)} + 0,82$$

[Equation 22 de l'annexe 2 de la méthode de calcul des VCI]

où : Kow est le coefficient de partage octanol/eau, pour la substance considérée (L/kg).

### ➤ **Calcul de l'absorption en éléments traceurs de risque, pour les substances inorganiques**

Pour les substances inorganiques, les BCF sont issus de la littérature (et non calculés).

**Pour les végétaux dont la partie comestibles est aérienne :**

D'après le logiciel HESP et la méthode de calcul des VCI, la concentration dans la partie aérienne des plantes se calcule selon l'équation suivante :

$$C_{\text{plante feuilles}} = BCF_{\text{feui}} \times C_{\text{sol}} + Cdp \times Tmsf$$

[Equation 19 de l'annexe 2 de la méthode de calcul des VCI]

Où : C<sub>plante feuilles</sub> est la concentration dans les parties aériennes du végétal (mg/kg) ;

c'est la **concentration au point d'exposition** dans les feuilles :  $C_{\text{plante feuilles}} = C_{\text{PE\_feui}}$  ;

BCF<sub>feui</sub> est le facteur de bioconcentration dans les parties aériennes du végétal ((mg/kg) frais de plante/(mg/kg) de sol) ;

C<sub>sol</sub> est la concentration dans le sol (mg/kg) ;

Cdp est la concentration dans les plantes due au phénomène de déposition (mg/kg sec) ;

Tmsf est la teneur en matière sèche du végétal.

**Pour les végétaux dont la partie comestible est racinaire :**

La concentration dans la partie racinaire se calcule d'après la formule :

$$C_{\text{plante racines}} = BCF_{\text{rac}} \times C_{\text{sol}}$$

*[Equation 18 de l'annexe 2 de la méthode de calcul des VCI]*

Où :  $C_{\text{plante racines}}$  est la concentration dans la partie racinaire du végétal (mg/kg) ;  
c'est la **concentration au point d'exposition dans les racines** :  $C_{\text{plante racines}} = C_{\text{PE\_rac}}$  ;  
 $BCF_{\text{rac}}$  est le facteur de bioaccumulation dans les racines ((mg/kg) frais de racine/(mg/L) dans l'eau du sol) ;  
 $C_{\text{sol}}$  est la concentration dans le sol (mg/kg).

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

$$DJE = \frac{(C_{\text{PE\_rac}} \times Q_{\text{rac}} + C_{\text{PE\_feui}} \times Q_{\text{feui}}) \times FE \times DE}{P \times Tm}$$

où : DJE est la dose journalière d'exposition (mg/kg.jour) ;  
 $C_{\text{PE\_rac}}$  la concentration au point d'exposition dans les racines (mg/kg) ;  
 $C_{\text{PE\_feui}}$  la concentration au point d'exposition dans les feuilles (mg/kg) ;  
 $Q_{\text{rac}}$  est la quantité journalière ingérée de végétaux racinaires (kg/jour) ;  
 $Q_{\text{feui}}$  est la quantité journalière ingérée de végétaux feuilles (kg/jour) ;  
FE est la fréquence d'exposition (jours/an) ;  
DE est la durée d'exposition (années) ;  
P est le poids corporel de la cible (kg) ;  
 $Tm$  est le temps moyenné (jours) :  
 $Tm = DE \times 365$  pour les substances à seuil,  
 $Tm = 70 \times 365$  pour les substances sans seuil.

| Paramètres de calcul                               | Valeur       | Unités  | Justification                             |
|----------------------------------------------------|--------------|---------|-------------------------------------------|
| Masse volumique du sol                             | 1.700000048  | g/cm3   | BP RISC                                   |
| Vitesse de déposition                              | 0.00023      | kg/m2/j | Valeur du modèle HESP                     |
| Effet Weathering                                   | 0.033        | -1      | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Fraction de sol interceptée                        | 0.400000006  |         | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Fraction de carbone organique                      | 0.0790000004 |         |                                           |
| Fraction de sol dans les particules dans l'air ext | 0.5          |         |                                           |
| Durée des cultures                                 | 180          | j       | Valeur du modèle HESP                     |
| Teneur en eau du sol                               | 0.054000001  |         | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Teneur en matière sèche feuillus                   | 0.116999999  |         | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Teneur en matière sèche racinaires                 | 0.202000007  |         | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Rendement de production                            | 0.280000001  | kg/m2   | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |

| Paramètres de calcul                            | Valeur      | Unités | Justification                             |
|-------------------------------------------------|-------------|--------|-------------------------------------------|
| Durée d'exposition (adultes)                    | 30          | ans    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Durée d'exposition (enfants)                    | 6           | ans    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Fréquence d'exposition (adultes)                | 365         | /an    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Fréquence d'exposition (enfants)                | 365         | /an    | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Poids adultes                                   | 70          | kg     | Valeur du modèle HESP                     |
| Poids enfant                                    | 15          | kg     | Valeur du modèle HESP                     |
| Qtt de vég. frais feuillus consommée (adultes)  | 0.066       | kg/j   | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Qtt de vég. frais feuillus consommée (enfants)  | 0.0287      | kg/j   | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Qtt de vég. frais racinaires consommée (adulte) | 0.068999998 | kg/j   | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Qtt de vég. frais racinaires consommée (enfant) | 0.040600002 | kg/j   | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |

|             |                             |              |      |             |          |             |
|-------------|-----------------------------|--------------|------|-------------|----------|-------------|
| Aliph-11-12 | Aliphatique C>10-C12        | Aliphatiques | Soil | 250         | mg/kg MS | 7.814239979 |
| Aliph-13-16 | Aliphatique C>12-C16        | Aliphatiques | Soil | 770         | mg/kg MS | 10.11421384 |
| Aliph-17-21 | Aliphatique C>16-C21        | Aliphatiques | Soil | 960         | mg/kg MS | 4.146154404 |
| Aliph-7-8   | Aliphatique C<6-C8          | Aliphatiques | Soil | 110         | mg/kg MS | 12.98437214 |
| Aliph-9-10  | Aliphatique C<8-C10         | Aliphatiques | Soil | 110         | mg/kg MS | 6.83932376  |
| Aliph-5-6   | Aliphatique C5-C6           | Aliphatiques | Soil | 110         | mg/kg MS | 19.87515717 |
| Aroma>10-12 | Aromatiques>10-12           | Aliphatiques | Soil | 250         | mg/kg MS | 19.8696648  |
| Aroma>12-16 | Aromatiques>12-16           | BTEX ou CAV  | Soil | 770         | mg/kg MS | 60.71587585 |
| Aroma>16-21 | Aromatiques>16-21           | BTEX ou CAV  | Soil | 960         | mg/kg MS | 96.92977142 |
| Aroma>21-35 | Aromatiques>21-35           | BTEX ou CAV  | Soil | 670         | mg/kg MS | 101.3168106 |
| Aroma>8-10  | Aromatiques>8-10            | BTEX ou CAV  | Soil | 110         | mg/kg MS | 7.186035156 |
| 191-24-2    | Benzo [g,h,i]Pérylène       | HAP          | Soil | 0.032000002 | mg/kg MS | 0.005011349 |
| 206-44-0    | Fluoranthène                | HAP          | Soil | 0.011       | mg/kg MS | 0.000495249 |
| 129-00-0    | Pyène                       | HAP          | Soil | 0.021       | mg/kg MS | 0.001477323 |
| 1330-20-7   | Xylène (mélange d'isomères) | BTEX ou CAV  | Soil | 0.529999971 | mg/kg MS | 0.33573928  |

| N° Produit  | Nom produit                 | Milieu | C. P.E      | C. P.E      | IS. M       | ENI. M      | ENI. M      | ENI. total  |
|-------------|-----------------------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Aliph-11-12 | Aliphatique C>10-C12        | Soil   | 7.814239979 | 0.167863473 | 0.078602789 | 0.214717224 |             |             |
| Aliph-13-16 | Aliphatique C>12-C16        | Soil   | 10.11421384 | 0.37484339  | 0.103228107 | 0.28693218  |             |             |
| Aliph-17-21 | Aliphatique C>16-C21        | Soil   | 4.146154404 | 0.465300473 | 0.002262808 | 0.000056247 |             |             |
| Aliph-7-8   | Aliphatique C<6-C8          | Soil   | 12.98437214 | 2.131050446 | 0.007404361 | 0.019611463 |             |             |
| Aliph-9-10  | Aliphatique C<8-C10         | Soil   | 6.83932376  | 0.320571774 | 0.068468019 | 0.185489936 |             |             |
| Aliph-5-6   | Aliphatique C5-C6           | Soil   | 19.87515717 | 6.975515978 | 0.013059475 | 0.033503387 |             |             |
| Aroma>10-12 | Aromatiques>10-12           | Soil   | 19.8696648  | 5.902780331 | 0.629196823 | 1.628010392 |             |             |
| Aroma>12-16 | Aromatiques>12-16           | Soil   | 60.71587585 | 11.50410366 | 1.767627739 | 4.659397602 |             |             |
| Aroma>16-21 | Aromatiques>16-21           | Soil   | 96.92977142 | 5.237647057 | 3.349447012 | 9.070265594 |             |             |
| Aroma>21-35 | Aromatiques>21-35           | Soil   | 101.3168106 | 0.465450019 | 3.343609333 | 9.170713435 |             |             |
| Aroma>8-10  | Aromatiques>8-10            | Soil   | 7.186035156 | 2.978547335 | 0.247293065 | 0.618728936 |             |             |
| 191-24-2    | Benzo [g,h,i]Pérylène       | Soil   | 0.005011349 | 1.66942E-05 | 0.000105183 | 0.0004352   |             |             |
| 206-44-0    | Fluoranthène                | Soil   | 0.000495249 | 1.57013E-05 | 1.25744E-05 | 3.42629E-05 |             |             |
| 129-00-0    | Pyène                       | Soil   | 0.001477323 | 2.84544E-05 | 4.94340E-05 | 0.000135102 |             |             |
| 1330-20-7   | Xylène (mélange d'isomères) | Soil   | 0.33573928  | 0.094396718 | 0.001596199 | 0.000604096 |             |             |
|             |                             |        |             |             |             |             | 2.33074E-09 | 6.57831E-09 |
|             |                             |        |             |             |             |             | 2.34945E-11 | 6.6069E-11  |
|             |                             |        |             |             |             |             | 6.9481E-11  | 1.96599E-10 |

**SCENARIO INGESTION DE SOL**

$$DJE = \frac{C_{sol} \times Q_{sol} \times FE \times DE}{P \times Tm}$$

- où :
- DJE est la dose journalière d'exposition (mg/kg.jour) ;
  - C<sub>sol</sub> la concentration au point d'exposition dans le le sol (mg/kg) ;
  - Q<sub>sol</sub> est la quantité journalière ingérée de sol (kg/jour) ;
  - FE est la fréquence d'exposition (jours/an) ;
  - DE est la durée d'exposition (années) ;
  - P est le poids corporel de la cible (kg) ;
  - Tm est le temps moyenné (jours) :
    - Tm = DE \*365 pour les substances à seuil,
    - Tm = 70\*365 pour les substances sans seuil.

| Durée d'exposition (adultes)      |  | 30      | ans  | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
|-----------------------------------|--|---------|------|-------------------------------------------|
| Durée d'exposition (enfants)      |  | 6       | ans  | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Fréquence d'exposition (adultes)  |  | 365     | /an  | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Fréquence d'exposition (enfants)  |  | 365     | /an  | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Poids adultes                     |  | 70      | kg   | Valeur du modèle HESP                     |
| Poids enfant                      |  | 15      | kg   | Valeur du modèle HESP                     |
| Quantité de sol ingérée (adultes) |  | 5E-05   | kg/j | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Quantité de sol ingérée (enfants) |  | 0.00015 | kg/j | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |

| Aliph-11-12  | Aliphatiques C-10-C12       | Aliphatiques | Toxique                | 250         | mg/kg MS | 770         | 250         | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
|--------------|-----------------------------|--------------|------------------------|-------------|----------|-------------|-------------|-------------------------------------------|
| Aliph-13-16  | Aliphatiques C-12-C16       | Aliphatiques | Toxique                | 770         | mg/kg MS | 770         | 770         | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Aliph-17-21  | Aliphatiques C-16-C21       | Aliphatiques | Toxique                | 960         | mg/kg MS | 960         | 960         | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Aliph-7-8    | Aliphatique C-6-C8          | Aliphatiques | Toxique                | 110         | mg/kg MS | 110         | 110         | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Aliph-9-10   | Aliphatique C-8-C10         | Aliphatiques | Toxique                | 110         | mg/kg MS | 110         | 110         | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Aliph-5-6    | Aliphatique C5-C6           | Aliphatiques | Toxique                | 110         | mg/kg MS | 110         | 110         | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Aromas-10-12 | Aromatiques-10-12           | BTEX ou CAV  | Toxique                | 250         | mg/kg MS | 250         | 250         | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Aromas-12-16 | Aromatiques-12-16           | BTEX ou CAV  | Toxique                | 770         | mg/kg MS | 770         | 770         | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Aromas-16-21 | Aromatiques-16-21           | BTEX ou CAV  | Toxique                | 960         | mg/kg MS | 960         | 960         | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Aromas-21-35 | Aromatiques-21-35           | BTEX ou CAV  | Toxique                | 670         | mg/kg MS | 670         | 670         | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| Aromas-8-10  | Aromatiques-8-10            | BTEX ou CAV  | Toxique                | 110         | mg/kg MS | 110         | 110         | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| 191-24-2     | Benzo (g,h,i)Pérylène       | HAP          | Toxique et cancérigène | 0.032000002 | mg/kg MS | 0.032000002 | 0.032000002 | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| 206-44-0     | Fluoranthène                | HAP          | Toxique et cancérigène | 0.011       | mg/kg MS | 0.011       | 0.011       | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| 129-00-0     | Pyrene                      | HAP          | Toxique et cancérigène | 0.021       | mg/kg MS | 0.021       | 0.021       | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |
| 1330-20-7    | Xylène (mélange d'isomères) | BTEX ou CAV  | Toxique                | 0.529999971 | mg/kg MS | 0.529999971 | 0.529999971 | INERIS - Méthode de Calcul des VCI - 2001 |

| N° Produit   | Nom produit                 | Mélange | Cat. des sol (mg/m3) | C. PE       | C. PE3 | IN. Ad      | IN. Eff     | EN. Ad      | EN. Eff     | EN. Total   |
|--------------|-----------------------------|---------|----------------------|-------------|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Aliph-11-12  | Aliphatique C-10-C12        | Sol     |                      | 250         |        | 0.001785714 | 0.025       |             |             |             |
| Aliph-13-16  | Aliphatique C-12-C16        | Sol     |                      | 770         |        | 0.0055      | 0.077       |             |             |             |
| Aliph-17-21  | Aliphatique C-16-C21        | Sol     |                      | 960         |        | 0.00342857  | 0.048       |             |             |             |
| Aliph-7-8    | Aliphatique C-6-C8          | Sol     |                      | 110         |        | 3.92857E-05 | 0.00055     |             |             |             |
| Aliph-9-10   | Aliphatique C-8-C10         | Sol     |                      | 110         |        | 0.000785714 | 0.011       |             |             |             |
| Aliph-5-6    | Aliphatique C5-C6           | Sol     |                      | 110         |        | 3.92857E-05 | 0.00055     |             |             |             |
| Aromas-10-12 | Aromatiques-10-12           | Sol     |                      | 250         |        | 0.004464286 | 0.062500007 |             |             |             |
| Aromas-12-16 | Aromatiques-12-16           | Sol     |                      | 770         |        | 0.01375     | 0.19250001  |             |             |             |
| Aromas-16-21 | Aromatiques-16-21           | Sol     |                      | 960         |        | 0.022857143 | 0.320000023 |             |             |             |
| Aromas-21-35 | Aromatiques-21-35           | Sol     |                      | 670         |        | 0.01595238  | 0.223333344 |             |             |             |
| Aromas-8-10  | Aromatiques-8-10            | Sol     |                      | 110         |        | 0.001954286 | 0.027500002 |             |             |             |
| 191-24-2     | Benzo (g,h,i)Pérylène       | Sol     |                      | 0.032000002 |        | 7.61905E-07 | 1.06667E-05 | 1.95918E-11 | 5.48572E-11 | 7.4449E-11  |
| 206-44-0     | Fluoranthène                | Sol     |                      | 0.011       |        | 1.96429E-07 | 2.75E-06    | 6.73469E-13 | 1.88571E-12 | 2.55918E-12 |
| 129-00-0     | Pyrene                      | Sol     |                      | 0.021       |        | 5E-07       | 7E-06       | 1.28571E-12 | 3.6E-12     | 4.88571E-12 |
| 1330-20-7    | Xylène (mélange d'isomères) | Sol     |                      | 0.529999971 |        | 1.89286E-06 | 2.65E-05    |             |             |             |

## Calcul de la dose journalière d'exposition au point d'exposition

Le calcul des doses journalières d'exposition (DJE) distingue les substances cancérigènes des substances non cancérigènes.

### *Substances non cancérigènes*

La formule permettant de calculer la  $DJE_{ij}$  (exprimée en mg/(kg.j) ou la CI (exprimée mg/m<sup>3</sup>) dans le cas des substances non cancérigènes) est la suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{T \cdot Q_{ij} \cdot F}{P \cdot T_m \cdot 365} \cdot C_i \cdot \text{ou} \cdot CI = \frac{C_i \cdot t_i \cdot T \cdot F}{T_m \cdot 365}$$

Où :  $Q_{ij}$  est la quantité de milieu i administrée par la voie j par jour (en kg/j ou m<sup>3</sup>/j),  
 $t_i$  est la fraction du temps d'exposition à la concentration  $C_i$  pendant une journée,  
 $F$  est la fréquence d'exposition (en j/an),  
 $T$  est la durée d'exposition (en an),  
 $P$  est le poids de l'individu (en kg),  
 $T_m$  est le temps moyen de prise en compte de l'apparition possible d'un effet néfaste sur la santé (toute la durée d'exposition  $T$  pour les substances à effets non cancérigènes) (en an),  
 $C_i$  est la concentration au point d'exposition (en mg/kg ou mg/m<sup>3</sup>),  
 $CI$  concentration moyennée d'exposition (en mg/m<sup>3</sup>),

### *Substances cancérigènes*

La formule permettant de calculer la  $DJE_{ij}$  (exprimée en mg/(kg.j) ou la CI (exprimée mg/m<sup>3</sup>) dans le cas des substances cancérigènes est la suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{T \cdot Q_{ij} \cdot F}{P \cdot T_m \cdot 365} \cdot C_i \cdot \text{ou} \cdot CI = \frac{C_i \cdot t_i \cdot T \cdot F}{T_m \cdot 365}$$

Où :  $Q_{ij}$  est la quantité de milieu i administrée par la voie j par jour (en kg/j ou m<sup>3</sup>/j),  
 $t_i$  est la fraction du temps d'exposition à la concentration  $C_i$  pendant une journée,  
 $F$  est la fréquence d'exposition (en j/an),  
 $T$  est la durée d'exposition (en an),  
 $P$  est le poids de l'individu (en kg),  
 $T_m$  est le temps moyen de prise en compte de l'apparition possible d'un effet néfaste sur la santé (toute la vie de l'individu, soit 70 ans, pour les substances à effet cancérigène),  
 $C_i$  est la concentration au point d'exposition (en mg/kg ou mg/m<sup>3</sup>),  
 $CI$  est la concentration moyennée au point d'exposition (en mg/m<sup>3</sup>).

## Mode de calcul des risques

### *Substances non cancérigènes*

Le quotient de danger pour les effets non cancérigènes se calcule selon l'équation suivante (cumul pour l'ensemble des substances non cancérigènes de la zone considérée) :

$$QD = \sum_{\text{substances}} [DJE_{nc} / DJT]$$

Où : DJT est la dose journalière tolérable de la substance.

Cette approche avec cumul des risques associés aux substances à effet sans seuil est sécuritaire (en théorie, le cumul des risques est justifié pour des substances ayant des effets sur un même organe).

D'après les critères de la guide méthodologiques définissant les modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués (annexe 2 de la note aux préfets du 8 février 2007), un QD inférieur à 1 signifie que le niveau de risque pour la population est tolérable pour les effets systémiques.

### *Substances cancérigènes*

Pour les substances cancérigènes, l'excès de risque individuel se calcule selon l'équation suivante (cumul pour l'ensemble des substances cancérigènes de la zone considérée) :

$$ERI = \sum_{\text{substances}} [DJE_c \times ERU]$$

Où : ERU est l'excès de risque unitaire.

L'excès de risque individuel tolérable par personne est compris entre  $10^{-6}$  et  $10^{-4}$ .  
L'ERI de  $10^{-5}$  a été retenu ici (annexe 2 de la note aux préfets du 8 février 2007).

## Evaluation et caractérisation des risques

Les tableaux suivants présentent les quotients de danger (QD) et les excès de risque individuel (ERI) pour les adultes et les enfants habitant dans la zone résidentielle.

| Substances ERI Adultes      | Ingestion de sol | Ingestion de légumes (racines et feuilles) | Inhalation de vapeurs en extérieur (jardin) | Inhalation de poussières en intérieur et en extérieur | Inhalation de vapeurs dans les maisons | Somme           |
|-----------------------------|------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|
| Benzo (g,h,i)Pérylène (Sol) | 1.96E-11         | 4.25E-09                                   |                                             |                                                       |                                        | 4.27E-09        |
| Fluoranthène (Sol)          | 6.73E-13         | 4.31E-11                                   |                                             |                                                       |                                        | 4.38E-11        |
| Naphthalène (Air)           |                  |                                            | 4.60E-13                                    | 1.11E-13                                              | 2.87E-09                               | 2.87E-09        |
| Pyrène (Sol)                | 1.29E-12         | 1.27E-10                                   |                                             |                                                       |                                        | 1.28E-10        |
| <b>Somme</b>                | <b>2.16E-11</b>  | <b>4.42E-09</b>                            | <b>4.60E-13</b>                             | <b>1.11E-13</b>                                       | <b>2.87E-09</b>                        | <b>7.31E-09</b> |

| substances Eri Enfants      | Ingestion de sol | Ingestion de légumes (racines et feuilles) | Inhalation de vapeurs en extérieur (jardin) | Inhalation de poussières en intérieur et en extérieur | Inhalation de vapeurs dans les maisons | Somme           |
|-----------------------------|------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|
| Benzo (g,h,i)Pérylène (Sol) | 5.49E-11         | 2.33E-09                                   |                                             |                                                       |                                        | 2.39E-09        |
| Fluoranthène (Sol)          | 1.89E-12         | 2.35E-11                                   |                                             |                                                       |                                        | 2.54E-11        |
| Naphthalène (Air)           |                  |                                            | 1.88E-13                                    | 3.02E-14                                              | 7.84E-10                               | 7.84E-10        |
| Pyrène (Sol)                | 3.60E-12         | 6.95E-11                                   |                                             |                                                       |                                        | 7.31E-11        |
| <b>Somme</b>                | <b>6.03E-11</b>  | <b>2.42E-09</b>                            | <b>1.88E-13</b>                             | <b>3.02E-14</b>                                       | <b>7.84E-10</b>                        | <b>3.27E-09</b> |

| substances Eri Total        | Ingestion de sol | Ingestion de légumes (racines et feuilles) | Inhalation de vapeurs en extérieur (jardin) | Inhalation de poussières en intérieur et en extérieur | Inhalation de vapeurs dans les maisons | Somme           |
|-----------------------------|------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|
| Benzo (g,h,i)Pérylène (Sol) | 7.44E-11         | 6.58E-09                                   |                                             |                                                       |                                        | 6.65E-09        |
| Fluoranthène (Sol)          | 2.56E-12         | 6.66E-11                                   |                                             |                                                       |                                        | 6.92E-11        |
| Naphthalène (Air)           |                  |                                            | 6.48E-13                                    | 1.41E-13                                              | 3.66E-09                               | 3.66E-09        |
| Pyrène (Sol)                | 4.89E-12         | 1.97E-10                                   |                                             |                                                       |                                        | 2.01E-10        |
| <b>Somme</b>                | <b>8.19E-11</b>  | <b>6.84E-09</b>                            | <b>6.48E-13</b>                             | <b>1.41E-13</b>                                       | <b>3.66E-09</b>                        | <b>1.06E-08</b> |

| substances IR Adultes             | Ingestion de sol | Ingestion de légumes (racines et feuilles) | Inhalation de vapeurs en extérieur (jardin) | Inhalation de poussières en intérieur et en extérieur | Inhalation de vapeurs dans les maisons | Somme           |
|-----------------------------------|------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|
| Aromatiques>16-21 (Sol)           | 2.29E-02         | 3.35E+00                                   |                                             |                                                       |                                        | 3.37E+00        |
| Aromatiques>8-10 (Air)            |                  |                                            | 3.78E-08                                    | 4.91E-09                                              | 1.78E-04                               | 1.78E-04        |
| Benzo (g,h,i)Pérylène (Sol)       | 7.62E-07         | 1.65E-04                                   |                                             |                                                       |                                        | 1.66E-04        |
| Fluoranthène (Sol)                | 1.96E-07         | 1.26E-05                                   |                                             |                                                       |                                        | 1.28E-05        |
| Naphthalène (Air)                 |                  |                                            | 3.25E-07                                    | 7.84E-08                                              | 2.03E-03                               | 2.03E-03        |
| Pyrène (Sol)                      | 5.00E-07         | 4.94E-05                                   |                                             |                                                       |                                        | 4.99E-05        |
| Xylene (mixture d'isomères) (Air) |                  |                                            | 1.31E-08                                    | 2.35E-09                                              | 7.22E-05                               | 7.23E-05        |
| Xylene (mixture d'isomères) (Sol) | 1.89E-06         | 1.60E-03                                   |                                             |                                                       |                                        | 1.60E-03        |
| <b>Somme</b>                      | <b>2.29E-02</b>  | <b>3.35E+00</b>                            | <b>3.76E-07</b>                             | <b>8.56E-08</b>                                       | <b>2.28E-03</b>                        | <b>3.38E+00</b> |

| substances IR Enfants             | Ingestion de sol | Ingestion de légumes (racines et feuilles) | Inhalation de vapeurs en extérieur (jardin) | Inhalation de poussières en intérieur et en extérieur | Inhalation de vapeurs dans les maisons | Somme           |
|-----------------------------------|------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------|
| Aromatiques>16-21 (Sol)           | 3.20E-01         | 9.08E+00                                   |                                             |                                                       |                                        | 9.40E+00        |
| Aromatiques>8-10 (Air)            |                  |                                            | 7.70E-08                                    | 6.70E-09                                              | 2.43E-04                               | 2.43E-04        |
| Benzo (g,h,i)Pérylène (Sol)       | 1.07E-05         | 4.53E-04                                   |                                             |                                                       |                                        | 4.64E-04        |
| Fluoranthène (Sol)                | 2.75E-06         | 3.43E-05                                   |                                             |                                                       |                                        | 3.70E-05        |
| Naphthalène (Air)                 |                  |                                            | 6.64E-07                                    | 1.07E-07                                              | 2.77E-03                               | 2.77E-03        |
| Pyrène (Sol)                      | 7.00E-06         | 1.35E-04                                   |                                             |                                                       |                                        | 1.42E-04        |
| Xylene (mixture d'isomères) (Air) |                  |                                            | 2.66E-08                                    | 3.21E-09                                              | 9.85E-05                               | 9.86E-05        |
| Xylene (mixture d'isomères) (Sol) | 2.65E-05         | 4.06E-03                                   |                                             |                                                       |                                        | 4.09E-03        |
| <b>Somme</b>                      | <b>3.20E-01</b>  | <b>9.08E+00</b>                            | <b>7.68E-07</b>                             | <b>1.17E-07</b>                                       | <b>3.11E-03</b>                        | <b>9.41E+00</b> |

**Annexe H : Etude des incertitudes  
(3 pages)**

L'approche de l'incertitude sert à vérifier la possibilité de sur-estimation ou de sous-estimation du risque.

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

L'évaluation des risques a été menée pour les habitants (adultes et enfants) du futur quartier résidentiel en projet sur le site étudié. Il a été considéré les expositions suivantes :

|                        | Ingestion de sol et de végétaux              |         | En intérieur :<br>Inhalation de vapeur |                        | En extérieur :<br>Inhalation de vapeur |                       |
|------------------------|----------------------------------------------|---------|----------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|-----------------------|
| Fréquence d'exposition | adultes et enfants<br>365 j/an <sup>15</sup> |         | adultes                                | enfants                | adultes                                | enfants               |
|                        |                                              |         | 217 j/an <sup>16</sup>                 | 296 j/an <sup>17</sup> | 50 j/an <sup>18</sup>                  | 68 j/an <sup>19</sup> |
| Durée d'exposition     | adultes                                      | enfants | adultes                                | enfants                | adultes                                | enfants               |
|                        | 30 ans                                       | 6 ans   | 30 ans                                 | 6 ans                  | 30 ans                                 | 6 ans                 |

## **Incertitudes liées aux modèles utilisés**

Les trois modèles utilisés sont RBCA, HESP et Johnson et Ettinger : il s'agit de modèles reconnus internationalement.

Concernant Johnson et Ettinger, les deux paramètres les plus déterminants sont le gradient de pression et la perméabilité du sol au flux de vapeur : pour ces deux paramètres, nous avons choisi des valeurs conservatrices ou bibliographiques (cas du gradient de pression et de la perméabilité du sol) ou réalistes vis-à-vis des analyses de terrain (cas de la fraction de carbone organique).

Par ailleurs, le cumul des indices de risques induits par les substances à effet toxique a été réalisé sans distinguer les organes cibles de ces différentes molécules, et en sommant tous les indices, ce qui est sécuritaire.

<sup>15</sup> Les méthodes de calculs utilisées considèrent un contact par jour toute l'année et une consommation de végétaux autoproduits tout au long de l'année (365 j/365).

<sup>16</sup> Cela correspond à 14 h/j, 5 j/7 hiver, 23 h/j, 2 j/7 hiver et 12 h/j, 7j /7 été.

<sup>17</sup> Cela correspond à 23 h/j, 7 j/7 hiver et 16 h/j, 7j/7 été.

<sup>18</sup> Cela correspond à 1 h/j, 7 j/7 hiver, 3 h/j, 5 j/7 été et 12 h/j, 2j /7 été.

<sup>19</sup> Cela correspond à 1 h/j, 7 j/7 hiver et 8 h/j, 7j/7 été.

## Incertitudes liées aux paramètres

Des incertitudes concernant les valeurs des paramètres choisies subsistent, notamment pour les caractéristiques du sol (taille des pièces, perméabilité, foc,...). D'une manière générale, nous avons retenu des hypothèses réalistes.

Nous avons considéré une **surface d'habitation** moyenne de 8 m \* 8 m.

En raison de l'incertitude sur les analyses de gaz du sol lié à la lithologie particulière (calcaire plus ou moins altéré), un calcul sur l'inhalation à partir des concentrations dans les sols a été réalisé. Ce calcul est très majorant car il considère que la totalité du paramètre mesuré se retrouve à l'état gazeux, ce qui n'est pas le cas. Les risques sanitaires en sont donc augmentés et deviennent supérieur à la valeur de référence pour le Quotient de Danger (QD enfant =  $3.82 \cdot 10^{+00}$  et QD adulte =  $2.80 \cdot 10^{+00}$  au lieu respectivement de QD enfant =  $3.11 \cdot 10^{-3}$  et QD adulte =  $2.280 \cdot 10^{-3}$ ). Cependant, ces résultats correspondent à un risque majoré qu'il n'a pas été choisi de prendre en compte.

Concernant le risque cancérigène, ce dernier reste conforme à la valeur de référence (ERI enfant =  $1.39 \cdot 10^{-12}$  et ERI adulte =  $5.08 \cdot 10^{-12}$ ).

La **différence de pression** existant entre le sol et l'air à l'intérieur des bâtiments est essentiellement due aux effets du vent sur la structure, à la température de l'air intérieur et à la ventilation des bâtiments. Cette différence de pression induit un flux du gaz du sol vers l'intérieur des bâtiments, à travers les fissures. Johnson et Ettinger (1991) fournissent la plage de variation possible pour ce paramètre : elle s'étend de 0 à 20 Pa (valeurs bibliographiques). Cependant, les valeurs typiques pour les effets combinés du vent et de la chaleur sont de l'ordre de 4 à 5 Pa ; elles sont d'environ 2 Pa pour chacun des deux effets pris séparément. Finalement, Johnson et Ettinger (1991) proposent comme valeur conservatrice par défaut 4 Pa, soit 40 g/cm-s<sup>2</sup>.

## Incertitudes liées aux Substances

Les substances retenues pour les calculs de risques sont celles présentant un caractère toxique et présentes en concentrations supérieures au seuil de détection dans l'air du sol. Les substances n'ayant pas de valeurs toxicologiques de référence n'ont pas été prises en compte dans l'étude. En effet, nous avons retenu les éléments traceurs de risques pour lesquels des valeurs toxicologiques de référence étaient disponibles dans les bases spécialisées (US-EPA, OMS, ATSDR...). Dans le cas de l'étude, aucune substance n'a été éliminée mais le risque cancérigène n'a pas été calculé pour certaines substances en l'absence de VTR.

Le paramètre majorant de l'EQRS est la fraction aromatique des hydrocarbures correspondant à C16-C21 pour l'ingestion de légumes. De plus, en l'absence de données correspondant à la répartition entre chaque fraction carbonée, la totalité de la concentration a été appliqué à la fraction C16-C21, ce qui est majorant pour le calcul de risque sanitaire.

## **Incertitudes liées aux Valeurs Toxicologiques de Référence**

Les relations doses-réponses utilisées dans la présente étude sont celles disponibles en l'état actuel des connaissances. Ce sont les VTR les plus pénalisantes parmi les 6 bases de données reconnues qui ont été retenues. Les facteurs d'incertitudes sont regroupés dans l'Annexe F.

## **Incertitudes liées à la caractérisation des sources**

Concernant les sources de pollution, nous avons retenu toutes les substances analysées présentes en concentrations supérieures au seuil de détection sur l'ensemble de la zone d'étude pour le milieu sol.

Concernant les gaz du sol, un seul piézomètre gaz a pu être positionné sur le site. D'autre part, la lithologie rencontrée peut induire un prélèvement et une analyse potentiellement biaisée en raison de la présence de fissures d'altération qui sont des drains préférentiels pour la diffusion des gaz de sol. En l'absence de certitudes sur la présence ou non de ces drains au droit du piézomètre gaz implanté sur le site, il a été choisi de modéliser les paramètres gazeux mesurés et présents dans les sols à partir des limites de quantification des analyses de gaz.

Les valeurs retenues correspondent aux maximums mesurés dans chacun des milieux.

## **Annexe I : Codification des prestations relatives à la labellisation QUALIPOL**

**(1 page)**



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

**VERSION 2**

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





## Fiche signalétique

### **Rapport**

Titre : **Investigations complémentaires et EQRS – Site de CAPROGA – Rue du Pont Saint Rock – Montargis (45)**

Numéro et indice de version : A59387A

Date d'envoi : novembre 2010

Nombre de pages : 38

Diffusion (nombre et destinataires) :

Nombre d'annexes dans le texte : 9

Nombre d'annexes en volume séparé : 0

2 ex. papier + 1 ex. scan pdf Client

1 ex. scan pdf Agence

### **Client**

Coordonnées complètes : CAPROGA  
Les Docks  
45120 CHALETTE-SUR-LOING

Téléphone : 02.38.89.06.70

Fax : 02.38.89.44.54

Nom et fonction des interlocuteurs : Mme Valérie ROUMIER ([qualitecaproga@orange.fr](mailto:qualitecaproga@orange.fr))

### **ANTEA**

Unité réalisatrice : Agence Paris Centre Normandie

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :

Interlocuteur commercial : F. PASQUIER

Responsable de projet : F. PASQUIER

Rédacteur : F. PASQUIER et Séverine ROUGET

Secrétariat : P. MARAIS

### **Qualité**

Contrôlé par Nicolas KETELERS

Novembre 2010 - Version A

N° du projet : CEN100191

Références et date de la commande : Fax du 30 juillet 2010

Mots clés : étude historique et documentaire, diagnostic, EQRS, Montargis, Loiret (45)

Codification QUALIPOL : A100, A101, A102, A103, A200, A300, B200, B201

