

Accès immédiat



## Rapport d'expertise :

**Avis du BRGM sur les rapports relatifs  
aux investigations complémentaires  
des eaux souterraines et air intérieur -  
Site de la société OMG Vasset à Ezanville (95)**

**BRGM/RP-63281-FR**  
novembre 2013

### Cadre de l'expertise :

Appuis aux administrations x dsb

Appuis à la police de l'eau ☐

**Date de réalisation de l'expertise : novembre 2013**

**Localisation géographique du sujet de l'expertise : Ezanville (95)**

**Auteurs BRGM : D. Hubé, S. Colombano, N. Aubert**

**Demandeur : DRIEE - IDF**



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

L'original du rapport muni des signatures des Vérificateurs et Approbateurs est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Ce rapport est le produit d'une expertise institutionnelle qui engage la responsabilité civile du BRGM.

Ce document a été vérifié et approuvé par :

Approbateur :		Date : 25/03/2014
Nom : Closset Luc		
Vérificateur :		Date : 12/02/2014
Nom : Laurent Rouvreau		

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.**

**Mots clés** : Expertise, Appuis aux administrations, IEM, Plan de gestion, Ezanville, Val d'Oise.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Hube D., Colombano S. et Aubert N.** (2013) - Appui aux administrations – Avis du BRGM sur les rapports relatifs aux investigations complémentaires des eaux souterraines et air intérieur - Site de la société OMG Vasset à Ezanville (95). Rapport d'expertise. BRGM/RP-63281-FR. 28 p., 4 fig., 2 tabl.

## Synthèse

### Contexte :

Date de la formulation de la demande d'expertise au BRGM : 16/10/2013

Demandeur : DRIEE IdF

Nature de l'expertise / question posée :

Il s'agit de continuer à fournir une aide technique à la DRIEE, dans la poursuite de la gestion du dossier OMG VASSET à Ezanville, du fait de l'impact avéré chez les tiers, afin d'interpréter les résultats des investigations complémentaires demandées en juillet 2012 et reçus mi 2013.

Les missions consistent à donner un avis sur :

- le rapport faisant la synthèse des nouvelles investigations (gaz du sol, eaux souterraines) qui ont été réalisées depuis le 1er semestre 2012 ainsi que sur l'intérêt de la modélisation faisant la corrélation avec les teneurs mesurées dans l'air intérieur des habitations ;
- le rapport de bio-traitabilité des eaux souterraines et sur les solutions alternatives en cas de conclusion non favorable de ce type de traitement ;

et à participer à des réunions avec la DRIEE et OMG VASSET ou son bureau d'études, afin d'échanger sur les points 1 et 2 précités.

Situation du sujet (commune, lieu-dit et adresse) : Site société OMG Vasset, Ezanville (95).

Date d'occurrence ou de constat (si événement daté) : -

Nature de l'intervention du BRGM : Examen sur documents.

### Dossiers examinés :

Dans le présent avis, les documents suivants ont été consultés :

1. ARCADIS, OMG Vasset, Site d'Ezanville (95), Eaux souterraines, air intérieur et investigations complémentaires, rapport AFR-ETU-00011-RPT-A01, 16/07/2013 ;
2. ARCADIS, OMG Vasset, site d'Ezanville (95), Mission d'assistance technique pour la caractérisation des mécanismes microbiens sur le site d'Ezanville (95), rapport ENOVERAP39-1212v2, 29/10/2013.

### Diagnostic/recommandations du BRGM :

Les recommandations du BRGM s'inscrivent dans l'optique :

- 1) de l'amélioration de l'état des connaissances sur les émissions hydrocarbonées hors site, sur lequel peuvent se baser d'éventuelles servitudes ;
- 2) d'une consolidation des constats sur les résidences réellement concernées de façon durable par des dépassements des critères qualifiant le bon état de l'air intérieur respiré, situations appelant des mesures de gestion.

**Au vu des données disponibles concernant le suivi de la qualité de l'air intérieur, le BRGM recommande de :**

- **discuter et proposer des critères d'évaluation des HCT C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> et des xylènes** dans l'air intérieur, et d'évaluer l'impact de l'occurrence de ces concentrations sur le choix des habitations devant faire l'objet de mesures de gestion. Sur cette base, il convient de discuter : 1) des critères permettant de juger de la nécessité ou non de mesures de gestion, 2) du choix de 5 µg/m<sup>3</sup> ou 2 µg/m<sup>3</sup> pour le benzène, comme valeur de gestion et/ou comme objectif futurs de qualité d'air intérieur ;
- **réévaluer le diagnostic 2012 en considérant l'objectif de qualité de 2 µg/m<sup>3</sup> pour des expositions chroniques en benzène** dans le cas d'une émission durable d'hydrocarbures dans les gaz du sol ;
- dans le cadre d'un suivi de la qualité de l'air intérieur, réaliser des **échantillons témoins** (air extérieur, air intérieur dans la mesure du possible) en dehors des zones directement influencées par les gaz du sol, comme les étages, et de centrer prioritairement les mesures **aux points d'exposition des lieux de vie des habitations** pour lesquelles des dépassements ont déjà été constatés (dans les sous-sols et/ou les lieux de vie) ;
- **considérer le percentile 90** pour l'éthylbenzène et les autres composés accompagnateurs. Ce percentile serait **plus pertinent et plus sécuritaire que le percentile 95** qui a été considéré ;
- pour une meilleure lisibilité de la comparaison entre échantillonnage passif et actif il aurait été judicieux de porter les couples de valeurs sur un graphique avec un classement croissant ou décroissant des concentrations ; une analyse statistique aurait permis de dégager ou non un écart systématique et d'identifier d'éventuelles valeurs aberrantes ;
- afin de consolider les connaissances de la ou des sources influençant la qualité de l'air intérieur :
  1. **comparer les signatures chimiques (proportions entre composés détectés) d'un échantillon à l'autre** ; des signatures similaires indiqueraient une influence sur la qualité de l'air intérieur qui trouve une origine commune,
  2. **comparer les signatures chimiques de l'air du sol versus signatures chimiques dans l'air intérieur** ; des signatures chimiques similaires tendraient à prouver que la principale source de pollution est l'air du sol.

Ces éléments d'expertise manquants permettent d'évaluer les sources par rapport à un bruit de fond et apportent des arguments tangibles supplémentaires pour identifier les habitations pour lesquelles il n'y a pas de problème des habitations pour lesquelles on ne peut être conclusif compte tenu de la variabilité temporelle des concentrations (habitation demandant un suivi) et des habitations nécessitant d'emblée des mesures de gestion.

**Concernant l'amélioration de la connaissance des milieux, le BRGM recommande :**

- la réalisation d'un diagnostic des tracés des réseaux enterrés et de leurs raccordements aux résidences visées par les investigations ;
- la réalisation d'une nouvelle campagne des gaz du sol en hiver 2014 et été 2014, en relevant les niveaux d'eau et l'environnement météorologique ;
- de compléter le réseau de piézaires par des cannes gaz de 1-2 m à proximité des sablons des éventuelles tranchées des réseaux enterrés et des habitations ;
- dans les habitations pour lesquelles des dépassements des valeurs recommandées dans l'air respiré ont été constatés, et dans la mesure du possible, de consolider le constat de l'air

du sol par la réalisation de mesures d'air du sol sous dalles des sous-sols, comme préconisés par l'US EPA (milieu intégrateur précédant immédiatement l'air intérieur, milieu peu sensibles aux variations dans l'air du sol induites par l'évolution pression barométrique et pluviométriques).

#### **Concernant les méthodes de gestion :**

Le BRGM approuve la proposition d'ARCADIS de doter les piézomètres externes montrant du surnageant d'un écrémeur passif manuel, afin de récupérer hors site ce qui est récupérable au moyen du réseau existant.

Par ailleurs, sans plus attendre la restitution des résultats d'investigations complémentaires, le BRGM recommande que soit engagée une étude technico économique visant la mise en place de mesures constructives – protectrices et pérennes – afin de recouvrir une qualité de l'air intérieur respirée conforme aux critères. Les habitations concernées sont celles montrant d'ores et déjà des dépassements significatifs des critères lors du suivi qualitatif de l'air intérieur.

Le rapport expose une importante densité d'informations. Le BRGM recommande, pour une meilleure lisibilité du dossier, de présenter les éléments synthétiques suivants :

- des coupes hydrogéologiques présentant : 1) le détail de la lithologie en zone saturée et non saturée, 2) la position des niveaux d'eau, 3) la position des parties captantes de piézomètres et piézaires, 4) les lithologies reconnues polluées ;
- un schéma conceptuel de transfert et d'exposition ;
- une représentation cartographique du panache, par classe de composés, en iso-concentrations.

#### **Concernant les tests de biodégradabilité :**

Les tests réalisés par stimulation aérobie sont peu concluants. Ils mettent en lumière le fait que l'aération forcée n'a pas biostimulé spécifiquement la biodégradation des polluants d'intérêt (BTEX, HCT et phtalates), mais un métabolisme général utilisant un substrat organique plus facilement assimilable.

Il est couramment admis que les molécules les plus récalcitrantes sont dégradées après les molécules les plus « accessibles ». Pour autant, si les tests avaient duré suffisamment longtemps, ces molécules auraient potentiellement pu être dégradées. Le BRGM émet l'hypothèse que la durée du test réalisé est peut-être trop courte.

Le BRGM précise que des tests supplémentaires plus longs doivent servir de base à une réflexion sur les mesures de gestion à prendre en limite de site et au droit des habitations.

## Sommaire

<b>1. Contexte.....</b>	<b>8</b>
<b>2. Documents consultés.....</b>	<b>10</b>
<b>3. Récupération du flottant &amp; évolution de la qualité des eaux souterraines- Remarques BRGM.....</b>	<b>10</b>
3.1. COMMENTAIRES BRGM RELATIFS À L'ÉVOLUTION SPATIALE DU SURNAGEANT .....	10
3.2. COMMENTAIRE BRGM RELATIFS À L'ÉVOLUTION TEMPORELLE DU SURNAGEANT .....	11
3.3. DÉFAUT DE LISIBILITÉ CONSTATÉS PAR LE BRGM .....	12
3.4. REMARQUE MÉTHODOLOGIQUE SANS IMPACT SUR LES CONCLUSIONS DE L'ÉTUDE .....	12
3.5. CONCLUSION ET AVIS DU BRGM CONCERNANT LES INVESTIGATIONS SUR LES EAUX SOUTERRAINES .....	12
<b>4. Qualité des gaz du sol - Remarques BRGM .....</b>	<b>13</b>
4.1. LES MÉTHODES ET MOYENS MIS EN ŒUVRE POUR LA POSE DES PIÉZAIRES SONT VALIDES ET CONFORMES. ....	13
4.2. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET RECOUPEMENTS DES VALEURS AVEC CELLES EN NAPPE.....	13
<b>5. Qualité de l'air intérieur des habitations – Remarques BRGM.....</b>	<b>16</b>
5.1. CHOIX DES COMPOSÉS RECHERCHÉS ET DES LOGEMENTS INVESTIGUÉS .....	16
5.2. MÉTHODOLOGIE DE PRÉLÈVEMENT .....	16
5.2.1 Pour les mesures actives (par pompage et passage de l'air sur filtre adsorbant).....	16
5.2.2 Pour les prélèvements passifs au moyen de support GABIE .....	16
5.3. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS .....	16
5.3.1 Interprétation qualitative et critères d'évaluation.....	16
5.3.2 Avis du BRGM.....	18
<b>6. Avis du BRGM sur les modélisation des transferts dans l'air intérieur des sous- sols .....</b>	<b>21</b>
6.1. RÉSULTATS .....	21
6.2. FIABILITÉ DU MODÈLE ET ANALYSE DES INCERTITUDES .....	22
<b>7. Avis du BRGM sur les essais de traitabilité .....</b>	<b>25</b>
<b>8. Conclusion et recommandations .....</b>	<b>26</b>

8.1. RECOMMANDATION DU BRGM CONCERNANT LE SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR.....	26
8.2. RECOMMANDATION DU BRGM CONCERNANT L'AMÉLIORATION DE LA CONNAISSANCE DES MILIEUX .....	27
8.3. RECOMMANDATIONS DU BRGM EN TERMES DE GESTION .....	27
8.4. RECOMMANDATIONS DU BRGM RELATIVES AU TEST DE BIODÉGRADABILITÉ ..	28

## Liste des illustrations

Figure 1 : Évolution des épaisseurs de flottant en relation avec le battement de la nappe. ....	11
Figure 2 : Relations entre concentrations dans les gaz du sol et concentrations en nappe pour des COHV et quelques sites pollués en Allemagne. ....	15
Figure 3 : Distribution du Tétrachlorométhane dans les gaz du sol à Benfeld (67). Drainage par les canalisations enterrées. ....	23
Figure 4 : Couples de mesures air intérieur / air du sol (source : US EPA). ....	24
Tableau 1 : Valeurs de l'OQAI pour les composés recherchés.....	18
Tableau 2 : Interprétation des résultats de l'IEM hors site .....	20

## 1. Contexte

L'usine Vasset, sise à Ezanville (95), a exercé une activité industrielle entre 1948 et 2001, date de sa cessation d'activité. Elle a produit une grande variété de produits chimiques, principalement des composés organométalliques pour les industries pétrochimiques, utilisés dans la fabrication de pneus et de peintures.

Différentes études de sols, réalisées au cours de ces dernières années, ont mis en évidence une pollution significative des sols et des eaux souterraines, principalement par des métaux, des hydrocarbures totaux et des BTEX. Du surnageant est présent dans les eaux souterraines (plusieurs dizaines de m<sup>3</sup>).

Des travaux de dépollution des sols et des eaux souterraines ont été entrepris. En ce qui concerne les sols, les travaux de dépollution ont consisté en une excavation de la zone source de pollution. Ainsi, en novembre 2002, 2 740 t de déchets et des terres souillées ont été envoyés en centre d'élimination agréé.

La dépollution du surnageant a été réalisée en différentes étapes successives :

- août 1998 : mise en place de la tranchée drainante n° 1 et écrémage (installation en bordure sud/sud-est du site) ;
- novembre 1998 : mise en place de la tranchée drainante n° 2 au sud de la tranchée n° 1 ;
- juillet 2000 : mise en place d'un confinement hydraulique (installation en périphérie sud et est du site) – maintien de ce pompage pendant 3 ans de juillet 2000 à mai 2003 ; les eaux pompées étaient traitées dans un stripper et un charbon actif avant d'être réinjectées en amont du site ;
- juin 2003 : mise en place de l'extraction triple phase au sein de la lentille de pollution ; maintien de cette extraction de juin 2003 à mai 2006.

Par la suite, il a été décidé de mettre en place, en limite est du site, une tranchée drainante supplémentaire afin de traiter par écrémage actif statique la dernière zone présentant les épaisseurs de surnageant importantes.

Ces travaux ont été encadrés par différents préfectoraux.

Le rapport de suivi de travaux et de suivi des eaux souterraines, en date du 23/02/2011 (Arcadis), ne préconise pas de remettre en place un écrémage pneumatique ou un pompage traitement de la nappe.

Dans ce cadre, la DRIEE IdF a demandé au BRGM de réaliser un Appui aux Administrations (AA) portant sur les points suivants :

- donner un avis d'expert sur l'analyse présentée par l'exploitant le 28/02/2011 concluant à la non-nécessité de remettre en place un écrémage pneumatique ou un pompage traitement de la nappe, alors que le panache de flottant semble s'étendre à l'extérieur du site depuis l'arrêt de cet écrémage ;
- donner un avis d'expert sur le bilan coûts/avantages présenté en 2009 et concluant sur le caractère non-viable d'une dépollution complémentaire hors site, à mettre en perspective avec les nouveaux résultats de surveillance de la qualité de l'air intérieur. Cet avis devra



proposer le cas échéant des techniques de dépollution complémentaires à mettre en œuvre à l'extérieur du site ;

- participer à des réunions techniques avec la DRIEE et le bureau d'études représentant l'exploitant.

Depuis la mise en évidence en 1998 d'une pollution au droit du site OMG VASSET d'Ezanville (95), différentes phases de diagnostics et de travaux ont été réalisées afin de limiter la propagation des composés polluants (hydrocarbures dissous et en phase flottante) en dehors des limites cadastrales du site.

Au cours de l'année 2012, les investigations ont porté sur :

- les eaux souterraines, sur et hors site, avec la poursuite du suivi trimestriel de la qualité des eaux souterraines de la nappe superficielle (nappe du Bartonien (sables de Beauchamp) et de la nappe profonde (nappe du Lutétien (calcaires)) et des écrémages sur l'ensemble des puits hors site ou présentant plus de 10 cm de flottant ;
- les eaux superficielles en hors site, avec deux points de prélèvements ;
- les gaz du sol, en hors site, sur la parcelle 20, avec trois points de prélèvements ;
- l'air intérieur de certains pavillons de riverains en aval hydraulique du site, notamment dans la rue des champs ;
- les sols, en hors-site, au droit de la placette de la rue des champs.

De plus, au sein du courrier du 20 juillet 2012, la préfecture du Val d'Oise a notifié la mise en place des mesures complémentaires suivantes :

- la réalisation d'un système passif de drainage et d'étanchéité au 29, rue des champs ;
- la réalisation d'investigations sur les gaz du sol, en hors site, et notamment au droit de certaines maisons de riverains dans la rue des champs, avec la pose de piézair et leur prélèvement ;
- l'expertise de la ventilation au 29, rue des champs ;
- l'étude des réseaux enterrés dans la zone pavillonnaire, afin de vérifier l'absence d'impact de la pollution des sols et de la nappe ;
- la réalisation d'essais visant à étudier la faisabilité d'un traitement complémentaire de la pollution par bio-activation ;
- la foration de puits de substitution, plus profonds, pour les ouvrages PA49, PA50, PA53 et PzC ;
- la foration de piézairs complémentaires en hors site au droit de la voirie ;
- la mise en place d'un écrémage passif au droit de PzCbis.

Dans ce cadre, la DRIEE IdF a demandé en 2013 au BRGM de réaliser un Appui aux Administrations (AA) portant sur les points suivants, objets du présent rapport :

- donner un avis sur le rapport faisant la synthèse des nouvelles investigations (gaz du sol, eaux souterraines) qui ont été réalisées depuis le 1er semestre 2012, ainsi que sur l'intérêt de la modélisation faisant la corrélation avec les teneurs mesurées dans l'air intérieur des habitations ;

- donner un avis sur le rapport de bio-traitabilité des eaux souterraines et sur les solutions alternatives en cas de conclusion non favorable de ce type de traitement.

## 2. Documents consultés

Dans le présent avis, les documents suivants ont été consultés :

- ARCADIS, OMG Vasset, Site d'Ezanville (95), Eaux souterraines, air ambiant et investigations complémentaires, rapport AFR-ETU-00011-RPT-A01, 16/07/2013 ;
- ARCADIS, OMG Vasset, site d'Ezanville (95), Mission d'assistance technique pour la caractérisation des mécanismes microbiens sur le site d'Ezanville (95), rapport ENOVERAP39-1212v2, 29/10/2013 ;

Concernant le diagnostic de la qualité de l'air intérieur, le BRGM identifie les problèmes de conformité et/ou de lisibilité suivants :

- absence d'échantillons témoin (air extérieur, air de pièces de vie à l'étage), de blanc de transport et/ou de méthode au laboratoire (Plan d'Assurance Qualité de la mesure au point d'exposition) ; en absence d'échantillons témoin, le référentiel bruit de fond est établi sur la base des informations publiées pour des résidences par l'OQAI.

## 3. Récupération du flottant et évolution de la qualité des eaux souterraines - Remarques BRGM

Les informations disponibles montrent la présence de surnageant résiduel au droit du site, avec une lentille d'hydrocarbure débordant nettement de l'emprise du site vers l'est et le nord-est. L'occurrence d'une phase huileuse surnageante est vérifiée par la présence d'huile flottante dans certains piézomètres, et par la présence d'hydrocarbures dissous à des concentrations élevées proches ou égales à la solubilité de ces composés.

### 3.1. COMMENTAIRES BRGM RELATIFS À L'ÉVOLUTION SPATIALE DU SURNAGEANT

Au regard de la géologie, la présence d'un chenal dans la partie située au nord-est de la rue des Champs paraît probable ; il se marque par une surépaisseur des sables et par des faciès très largement dominés par les sables francs, dans un environnement de moindre perméabilité. Dans ces conditions un écoulement préférentiel du surnageant, selon la direction du chenal paraît probable. En effet, la perméabilité de Darcy de l'eau est 2 fois plus élevée que celle d'une huile de type gasoil dans un même milieu. La piézométrie ne fait que rendre compte des gradients hydrauliques au sein d'un aquifère. Le transport de l'eau et de l'huile en réponse à ce gradient s'effectue selon les zones de moindre perméabilité, qui ne coïncident pas nécessairement avec les lignes de courant déduites des cartes piézométriques.

### 3.2. COMMENTAIRE BRGM RELATIFS À L'ÉVOLUTION TEMPORELLE DU SURNAGEANT

ARCADIS souligne que les concentrations en hydrocarbures, BTEX, HAP et phtalates sont stables ou en diminution ; il convient de rester prudent sur une interprétation hâtive en faveur d'une amélioration de la situation. En effet, ARCADIS souligne, pages 35 et 50, que les niveaux piézométriques étaient en 2012 les plus bas jamais mesurés sur le site depuis 1998, et correspondaient à une diminution progressive du niveau statique entre 1998 et 2012 de près de 1,7 m.

Lors de la diminution du niveau statique, le surnageant vient donc balayer 1,7 m de terrain qui ont été désaturés. Ces terrains retiennent par capillarité une phase huileuse pendulaire à saturation résiduelle, non mobile, formant jusque-là au sein du flottant une phase continue mobile. La diminution du niveau statique se traduit donc par une diminution de la masse huileuse mobile. Potentiellement, lorsque le niveau statique va remonter, le potentiel d'émission d'hydrocarbures en phase aqueuse peut s'accroître.

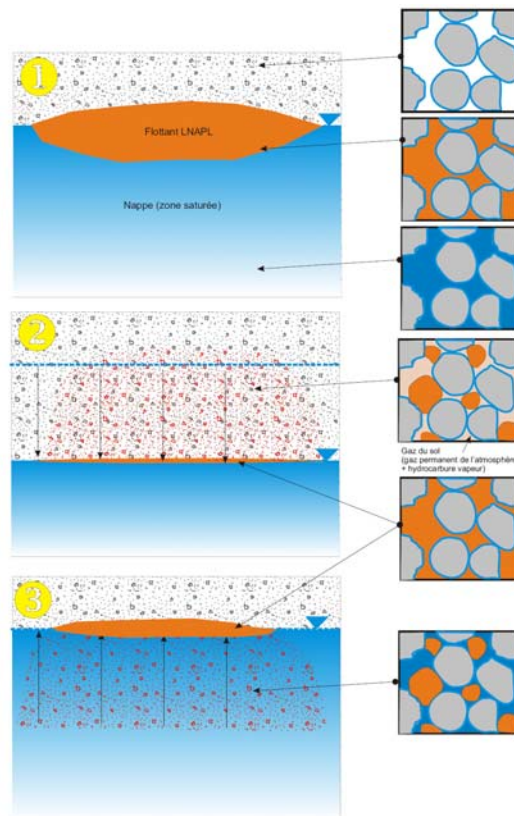


Figure 1 : Évolution des épaisseurs de flottant en relation avec le battement de la nappe.

L'augmentation de la hauteur d'hydrocarbures piégés par capillarité va potentiellement se traduire par une augmentation de la hauteur de suintement des hydrocarbures à l'intrados des piézomètres. L'augmentation des épaisseurs apparentes d'hydrocarbures dans le piézomètre n'est donc pas synonyme d'une augmentation des épaisseurs réelles dans le terrain environnant.

Il convient de souligner que la présence d'un panache d'hydrocarbure perdurera à moyen et long terme, car les hydrocarbures sont mobilisés sous forme aqueuse par les eaux souterraines

par dissolution au contact des hydrocarbures résiduels flottants. L'émission est dépendante de la surface du contact huile / eau, et non des épaisseurs de surnageants.

À noter que les mesures de flottant depuis 2012 ne sont pas fournies en annexe (annexe 6).

### **3.3. DÉFAUT DE LISIBILITÉ CONSTATÉS PAR LE BRGM**

Les protocoles et les fiches de prélèvement des eaux souterraines font défaut ; le BRGM ne peut donc juger du respect des bonnes pratiques et normes en vigueur pour ces prélèvements ; par ailleurs, l'ordre de prélèvement n'est pas renseigné. Il est ainsi impossible de juger de l'occurrence d'éventuelles contaminations croisées (liées au matériel de prélèvement souillé par les fortes concentrations) qui pourraient biaiser les résultats.

Par ailleurs, le BRGM souligne :

- annexe 9 : les tableaux de résultats s'arrêtent à décembre 2012 à l'exception de *PP8, Pz29, Pz30, Pz31, Pz32* ;
- annexe 11 : erreur échelle verticale → indiquée µg/l alors qu'il s'agit de mg/l ;
- les données et mesures de mars 2013 présentées dans le rapport n'ont pas été intégrées à l'expertise, notamment pour éclairer les tendances constatées en 2012. Concernant le nouvel ouvrage Pz29, on constate ainsi une hausse des concentrations entre 12/12 et 03/13. Enfin les mesures de flottant en augmentation Pz30 en décembre 2012 et mars 2013 n'ont pas été exploitées.

Le BRGM souligne un manque de lisibilité de ce rapport et des principaux résultats du fait de l'absence d'éléments synthétiques :

- coupes hydrogéologiques présentant : 1) le détail de la lithologie en zone saturée et non saturée, 2) la position des niveaux d'eau, 3) la position des parties captantes de piézomètres et piézairs, 4) les lithologies reconnues polluées ;
- cartes en iso-concentrations dans les eaux souterraines par composés traceurs, interprétées au regard de la piézométrie mesurée.

### **3.4. REMARQUE MÉTHODOLOGIQUE SANS IMPACT SUR LES CONCLUSIONS DE L'ÉTUDE**

Les deux cartes piézométriques placées en Annexe 10 résultent d'une interpolation brute sur la base des mesures piézométriques ; ce type de carte n'est pas conforme.

Dans les bonnes pratiques, les cartes piézométriques résultent d'une interpolation et d'un travail de lissage interprétatif des isopièzes.

Dans les cartes proposées, on constate l'impact fort de quelques valeurs singulières sur les isopièzes. Ces valeurs ne sont ni exposées ni discutées.

### **3.5. CONCLUSION ET AVIS DU BRGM CONCERNANT LES INVESTIGATIONS SUR LES EAUX SOUTERRAINES**

Globalement, les investigations et l'interprétation des résultats proposés par ARCADIS sont valides et conformes. Le BRGM dénote toutefois un manque de lisibilité et des écarts

méthodologiques avec les bonnes pratiques, qui bien que sans impact sur les conclusions avancées, mériteraient d'être corrigés pour une meilleure compréhension du dossier.

ARCADIS écrit « *Compte tenu de la présence d'épaisseur de flottant ponctuellement supérieure à 20 cm sur PA49bis et entre 10 et 20 cm pour PA50bis, localisés tous deux au centre de la zone pavillonnaire, ARCADIS recommande la mise en place d'un système d'écumage actif avec un système de collecte localisé sur le site.* ».

Cette action vise à améliorer la situation environnementale en soutirant autant que faire ce peut (compte tenu des contraintes d'occupation et d'usages des lieux concernés), des masses de produits purs présents hors site.

**Le BRGM approuve cette recommandation.**

## **4. Qualité des gaz du sol - Remarques BRGM**

Méthodologie pour la pose des piézairs et la réalisation des mesures

### **4.1. LES MÉTHODES ET MOYENS MIS EN ŒUVRE POUR LA POSE DES PIÉZAIRES SONT VALIDES ET CONFORMES**

Concernant le protocole d'échantillonnage des gaz du sol on constate que :

- le débit de 0,5 l/min est trop élevé pour les supports utilisés (TCA 100/50 mg). Le débit maximum recommandé pour ce type de support et pour la recherche d'hydrocarbures volatils est de 0,2 l/min (fiches NIOS 1501 et métropol 055) ;
- les volumes pompés (10 à 50 l) sont adaptés à un renouvellement efficace de la colonne d'air contenue dans le piézair.

Le support de prélèvement utilisé (TCA 100/50) est un petit tube sensible à l'humidité, ce qui peut potentiellement induire un biais dans la mesure (sans que ce dernier soit quantifiable).

**Les valeurs obtenues ne montrent cependant pas d'indices de saturation laissant penser que les mesures ne soient pas suffisamment fiables pour être exploitables.**

La coupe Pai 10 est manquante dans le dossier. On dénote la présence de très fortes concentrations en Pai7, pai9 et Pai12 ; curieusement, Pai10 proche voisin n'est pas marqué dans les gaz du sol alors que la présence de flottant et de fortes concentrations en hydrocarbures en nappe sont avérés dans les ouvrages proches voisins.

### **4.2. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS ET RECOUPEMENTS DES VALEURS AVEC CELLES EN NAPPE**

La lecture des profils lithologiques des piézairs montre que les ouvrages situés à l'ouest et au sud de la rue des champs présentent une lithologie à dominante argileuse et argilo sableuse, alors que les ouvrages situés au nord de cette rue présentent un faciès à dominante sableuse.

Ceci souligne l'hétérogénéité de la zone non saturée, et donc l'hétérogénéité de la distribution des perméabilités à l'air, les sables étant nettement plus perméables que les argiles.

Aussi, un transport d'hydrocarbures en phase vapeur s'effectuera préférentiellement dans les sables, vers le nord, indépendamment des écoulements des eaux souterraines.

La répartition des vapeurs d'hydrocarbures dans les gaz du sol n'est pas nécessairement corrélée avec celle des hydrocarbures dans les sols et/ou les eaux souterraines.

Ainsi l'occurrence de couches argileuses au toit des sables aquifères impactés par les hydrocarbures peut-elle faire écran à l'émission de vapeurs d'hydrocarbures vers la zone non saturée.

Par ailleurs, ARCADIS souligne la singularité de Pai 12, marqué en hydrocarbures dans l'air du sol en dehors du périmètre des impacts sur les sols et les eaux souterraines. La coupe lithologique et technique de cet ouvrage est manquante en Annexe 22.

ARCADIS se propose de recouper les résultats de l'air du sol avec celles des sols et/ou de la nappe. Les données rassemblées par ARCADIS mettent en exergue que :

- les teneurs significatives en hydrocarbures et BTEX, observées sur les échantillons de sols ne signifient pas systématiquement de fortes teneurs dans les gaz du sol ;
- s'il peut être admis que les gaz dans les piézaires sont majoritairement issus du dégazage de la nappe, les résultats ne permettent pas de déterminer une corrélation directe entre les concentrations des deux milieux.

En effet, l'expérience montre :

- des relations très variables entre concentrations dans l'air du sol et dans la nappe (selon les vitesses d'écoulement, les conditions physico-chimiques au sein des eaux et/ou des sols, etc.) (cf. exemples pour les COHV en figure 2) ;
- que les gaz du sol possèdent leur dynamique propre, et migrent sous l'impulsion des gradients de pression et de concentration dans les horizons de plus forte perméabilité à l'air, indépendamment des écoulements phréatiques locaux.

ARCADIS relativise la représentativité de la mesure dans les gaz du sol dans l'analyse des incertitudes des modélisations des transferts des gaz du sol vers l'air intérieur (page 132).

En effet, ces mesures ne sont représentatives que du proche environnement de la partie captée par les piézaires, et ce au moment de la mesure.

L'interprétation reste donc délicate et ne peut être conclusive en absence d'un jeu de mesures permettant de consolider les constats.

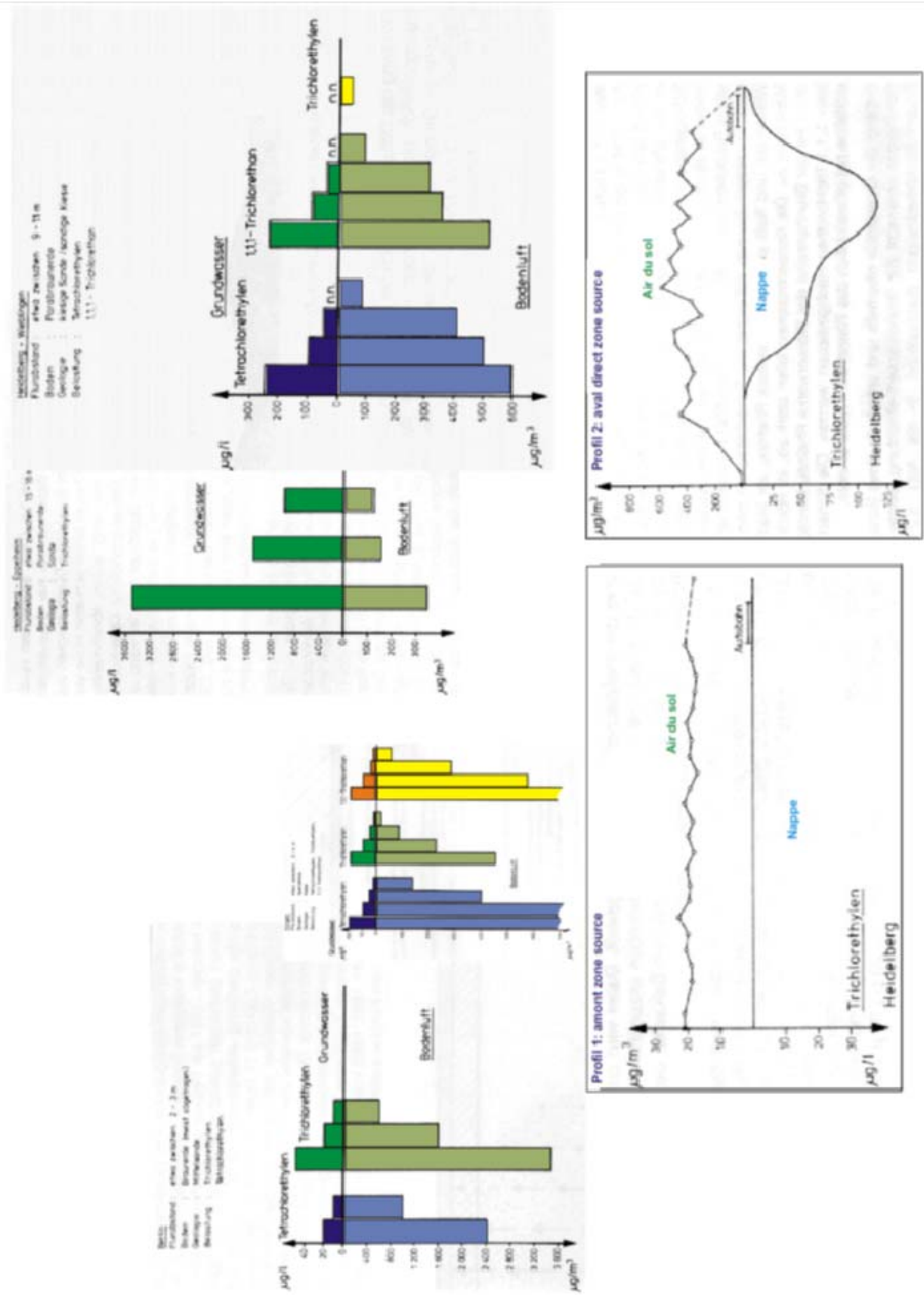


Figure 2 : Relations entre concentrations dans les gaz du sol et concentrations en nappe pour des COHV et quelques sites pollués en Allemagne.

## 5. Qualité de l'air intérieur des habitations – Remarques BRGM

### 5.1. CHOIX DES COMPOSÉS RECHERCHÉS ET DES LOGEMENTS INVESTIGUÉS

Les choix des composés recherchés et des logements investigués sont valides et conformes.

### 5.2. MÉTHODOLOGIE DE PRÉLÈVEMENT

#### 5.2.1. Pour les mesures actives (par pompage et passage de l'air sur filtre adsorbant)

Le type de support retenu est le CA 100/50 ; pour ce type de support le débit appliqué de 0,5 l/min sur 48 h de pompage est trop élevé. On recommanderait plutôt 0,2 l/min comme débit maximal (fiches *métropol*).

Cet écart méthodologique est sans impact sur les résultats, dans la mesure où aucun signe de saturation des supports n'a été constaté. La mesure peut donc être recevable. Les limites de quantification du laboratoire sont adaptées à l'objectif recherché et aux critères d'évaluation de la qualité de l'air.

Le BRGM souligne par ailleurs des défauts de lisibilité :

- pas de mesure de débit en début ni fin d'échantillonnage ;
- impossibilité de vérifier les volumes pompés au regard de la documentation mise à disposition ;
- pas de fiche de prélèvement alors que cela a été fourni pour les gaz du sol.

#### 5.2.2. Pour les prélèvements passifs au moyen de support GABIE

Les méthodes, moyens et protocoles appliqués sont valides et conformes. Dans les bordereaux d'analyse il est indiqué badge 3M, or ce sont des badges GABIE qui ont été utilisés. Cependant, cela n'a pas d'impact sur la fiabilité des résultats, car, d'après le rapport INRS n° 2134, ces deux types d'échantillonneurs passifs fournissent des résultats fiables.

La fiche descriptive et de prélèvement du n° 51 chemin des Moiselles n'est pas fournie dans le rapport.

### 5.3. INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

#### 5.3.1. Interprétation qualitative et critères d'évaluation

Les critères d'évaluation de la qualité de l'air intérieur proposé par ARCADIS sont les suivants :

**Benzène** : Les BTEX ont été comparés à l'OQAI 50 et 95. Par ailleurs l'avis du HCSP du 16/6/10 fixe les valeurs suivantes :

- 5 µg/m<sup>3</sup> est la Valeur Repère de qualité d'air en dessous de laquelle aucune action corrective spécifique n'est préconisée aujourd'hui. Cette valeur est retenue par ARCADIS ;



- 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  : est la Valeur d'Action Rapide au-delà de laquelle les sources en cause doivent être rapidement identifiées et neutralisées dans le but de ramener les teneurs intérieures en dessous de la valeur repère, soit 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2012. Un délai de mise en conformité de quelques semaines à quelques mois est accordé du fait qu'il s'agit de protéger d'un effet à long terme.

**Éthylbenzène** : 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (donnée OQAI, percentile 95)

Or, l'avis du Haut Conseil de la santé publique relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le benzène dans l'air des espaces clos du 16 juin 2010 précise que la valeur repère de qualité d'air en dessous de laquelle aucune action corrective spécifique n'est préconisée est de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . À partir de 2012, cette valeur repère évolue avec une pente de décroissance de 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  par an jusqu'à la valeur cible de 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  qui devra être atteinte en 2015. Aussi, pour 2014, la valeur repère est de 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  portée à 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2015. Cette valeur de 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  correspond également à la valeur guide de l'air intérieur (VGAI) du benzène (pour une exposition de longue durée) qui sera applicable à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2016.

Considérant des expositions chroniques et la présence d'hydrocarbures dans le terrain au-delà de 2015, il conviendrait de considérer la valeur repère de 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en lieu et place des 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  proposés par ARCADIS.

La concentration / valeur repère de 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , se rapproche des valeurs de l'OQAI (médiane) pour le benzène.

**Les habitations pour lesquelles des dépassements de la valeur repère de 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ont été constatés au niveau des lieux de vie sont les suivantes :**

- maisons ventilées : 6, rue des Champs, 29 rue des Champs ;
- maison non ventilée : 31 rue des Champs.

**Les habitations pour lesquelles des dépassements de la valeur repère de 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ont été constatés au niveau des lieux de vie sont les suivantes :**

- maisons ventilées : 6, rue des Champs et 29 rue des Champs ;
- maisons non ventilées : 31 rue des Champs, 8 rue des Champs, 21 rue des Champs, 27 rue des Champs, 51 Chemin de Moisselles.

**Le choix du critère d'évaluation de la bonne qualité de l'air intérieur pour le benzène impacte directement le nombre de résidences susceptibles de faire l'objet d'investigations détaillées, d'un suivi et/ou de mesures de gestion appropriées.**

Par courrier du 20 juillet 2012, la préfecture du Val d'Oise a requis les mesures complémentaires suivantes :

- le couplage systématique, pour tous les points d'échantillonnage, des deux méthodes de prélèvement, actives et passives ;
- l'analyse distinguant les fractions aromatiques et aliphatiques des hydrocarbures (TPH split aliphatiques/aromatiques).

### 5.3.2. Avis du BRGM

L'échantillonnage réalisé par ARCADIS suit les bonnes pratiques et règles de l'Art. Les protocoles d'échantillonnage et d'analyse sont valides et conformes. Toutefois le BRGM identifie les points suivants, susceptibles d'avoir un impact sur les conclusions de l'étude :

- **ARCADIS identifie des dépassements dans les sous-sols ; ne s'agissant pas de lieu de vie, l'usage des valeurs limites d'exposition n'est pas adapté pour faire le distinguo entre habitation sans souci de celles nécessitant une attention particulière.**
- **Le rapport soumis pour avis n'interprète que les concentrations en benzène et éthylbenzène.** Il s'agit d'un défaut de lisibilité et d'une non-conformité susceptible d'avoir un impact direct sur les conclusions de l'étude ; en effet, on constate des dépassements de l'OQAI pour des xylènes dans certains prélèvements. Une discussion portant sur les critères d'évaluation des HCT C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> et des xylènes dans l'air intérieur et l'interprétation des valeurs mesurées au regard de ces critères font défaut. Il s'agit d'une non-conformité méthodologique pouvant avoir un impact direct sur les conclusions de l'étude.

Valeurs de l'OQAI (µg/m <sup>3</sup> )	Médiane	75 <sup>ème</sup>	90 <sup>ème</sup>	95 <sup>ème</sup>
		percentile	percentile	percentile
éthylbenzène	2,3	3,7	7,5	15
benzène	2,1	3,3	5,7	7,2
m/p-xylène	5,6	10,0	22,0	39,7
o-xylène	2,3	4,1	8,1	14,6
m/p-xylène + o-xylène*	7,9	14,1	30,1	54,3

\* : seule la somme des 3 isomères ayant été mesurées, dans une première approche, la somme des valeurs de l'OQAI a été considérée pour les xylènes totaux

Tableau 1 : Valeurs de l'OQAI pour les composés recherchés.

- Il semble opportun, pour étayer l'expertise et juger de la nécessité de mesures de gestion dans les logements impactés, **de considérer les composés accompagnateurs du benzène et de l'éthylbenzène car ils contribuent aussi à l'exposition par inhalation des usagers de ces logements. Ces éléments sont susceptibles de majorer les risques induits par le benzène et l'éthylbenzène. Par ailleurs, la position et l'évolution du surnageant à l'origine de la pollution des gaz du sol, laissent présager une émission hydrocarbonées pérenne au-delà de 2015. L'approche basée sur la valeur couperet de 5 µg/m<sup>3</sup> n'est donc pas nécessairement sécuritaire et adaptée à la situation à gérer,**
- On constate que pour le benzène et l'échantillonnage passif, les limites de quantification du laboratoire (LQ) sont supérieures à 4 µg/m<sup>3</sup> ; cette LQ est inadaptée à l'évaluation des expositions lorsque la valeur repère de comparaison des mesures est de 2 ou 4 µg/m<sup>3</sup>.
- ARCADIS compare les résultats acquis par les mesures actives d'une part et les prélèvements passifs d'autre part. Le critère permettant de juger de la cohérence des résultats issus des mesures actives et des mesures passives n'est ni exposé ni justifié.
- Les données relatives aux concentrations en toluène, xylènes et fractions hydrocarbonées par classes de carbone n'ont pas été interprétées et n'ont de fait pas été intégrées à la discussion sur l'origine des dépassements constatés. Ces éléments d'expertise manquants permettent d'évaluer les sources par rapport à un bruit de fond et apportent des arguments tangibles supplémentaires pour identifier les habitations pour lesquelles il n'y a pas de problèmes des habitations pour lesquelles on ne peut être conclusif compte tenu de la variabilité temporelle des concentrations (habitation demandant un suivi) et des habitations nécessitant d'emblée des mesures de gestion.

Bâtiment	Conclusion D'ARCADIS	Résultats et interprétation	Conclusions du BRGM	
<b>BÂTIMENTS AVEC VENTILATION</b>				
6	rue des champs	Dépassements significatifs en sous-sol et rez-de-chaussée, pour les deux composés et quelle que soit la méthode.	Le BRGM valide ces conclusions mais ajoute les remarques suivantes : - dépassement du 90 <sup>ème</sup> percentile de la distribution de l'OQAI (campagne nationale logement) pour le toluène et le xylène au sous-sol et rez-de-chaussée ; - présence d'HCT C6-C12 à des teneurs importantes au sous-sol.	<b>Qualité de l'air intérieur incompatible avec l'usage actuel constaté. Nécessité de réaliser des calculs de risque sanitaires pour les composés ne possédant pas de valeur réglementaires (toluène, éthylbenzène, HCT C6-C12). Ces conclusions sont basées sur une seule campagne de prélèvement et seront à confirmer / infirmer à la suite des prochaines campagnes d'investigation.</b>
19	rue des champs	Aucun dépassement à la fois pour le benzène et l'éthylbenzène, tant au sous-sol qu'en rez-de-chaussée.	Le BRGM valide ces conclusions.	<b>Qualité de l'air intérieur compatible avec les usages constatés dans la configuration actuelle de l'habitation.</b>
25	rue des champs	Aucun dépassement à la fois pour le benzène et l'éthylbenzène, tant au sous-sol qu'en rez-de-chaussée.	Le BRGM ne valide pas ces conclusions en raison des remarques suivantes : - dépassement du 90 <sup>ème</sup> percentile de la distribution de l'OQAI pour le toluène et l'éthylbenzène au sous-sol, et pour le toluène au rez-de-chaussée.	<b>Nécessité de réaliser des calculs de risque sanitaires pour vérifier la compatibilité avec les usages des composés ne possédant pas de valeur réglementaires (toluène et éthylbenzène).</b>
29	rue des champs	Dépassements en éthylbenzène observés en sous-sol pour les deux méthodes de prélèvement et au rez-de-chaussée pour la méthode active (les concentrations en benzène restent inférieures à la valeur de comparaison). Les dépassements mesurés en sous-sol sont plus importants que ceux en rez-de-chaussée (55 µg/m <sup>3</sup> en moyenne contre 29 µg/m <sup>3</sup> ).	Le BRGM valide ces conclusions mais ajoute les remarques suivantes : - dépassement du 90 <sup>ème</sup> percentile de la distribution de l'OQAI pour les xylènes au sous-sol ; - présence d'HCT C6-C12 à des teneurs importantes au sous-sol.	<b>Nécessité de réaliser des calculs de risque sanitaires pour vérifier la compatibilité avec les usages des composés ne possédant pas de valeur réglementaires (xylènes, éthylbenzène et HCT C6-C12).</b>
33	rue des champs	Les concentrations les plus élevées sont systématiquement observées dans le garage présent au RDC ; Les concentrations mesurées en sous-sol sont globalement plus faibles que celles relevées en RDC ; <b>Augmentation de la puissance de la VMC du sous-sol puis réalisation d'une nouvelle campagne :</b> L'augmentation de la ventilation sur les résultats d'analyses est variable selon la localisation du point de prélèvement : - pour le sous-sol, l'augmentation de la ventilation a eu pour effet de supprimer les dépassements des valeurs de référence pour le benzène, au point de prélèvement sous-sol 1, et de diminuer les teneurs obtenues ; - pour le rez-de-chaussée, l'augmentation de la ventilation a été sans effet global. Ces résultats analytiques mettent en évidence : - l'efficacité de la ventilation en sous-sol pour l'amélioration de la qualité de l'air dans les pièces échantillonnées ; - l'impact du garage sur la qualité de l'air sur le reste du rez-de-chaussée, qui agit comme une « source » de benzène et éthylbenzène, générant des émissions ( <i>a minima</i> ) dans les pièces de cet étage. La qualité de l'air au RDC étant directement influencée par la présence du garage, la ventilation en sous-sol ne peut avoir d'effet sur la qualité de l'air au rez-de-chaussée.	Le BRGM valide ces conclusions.  On constate, après rehausse de la puissance de la ventilation, la persistance des dépassements des critères pour le benzène et l'éthylbenzène au niveau des lieux de vie.	<b>Qualité de l'air intérieur incompatible avec l'usage (même si une partie des effets est non attribuable au site). Nécessité de réaliser des calculs de risque sanitaires pour les composés ne possédant pas de valeur réglementaires (toluène, éthylbenzène, HCT C6-C12).</b>
35	rue des champs	Aucun dépassement à la fois pour le benzène et l'éthylbenzène, tant au sous-sol qu'en rez-de-chaussée.	Le BRGM valide ces conclusions.	<b>En 2012, qualité de l'air intérieur compatible avec les usages constatés dans la configuration actuelle de l'habitation.</b>
37	rue des champs	Aucun dépassement à la fois pour le benzène et l'éthylbenzène, tant au sous-sol qu'en rez-de-chaussée.	Le BRGM valide ces conclusions.	<b>En 2012, qualité de l'air intérieur compatible avec les usages constatés dans la configuration actuelle de l'habitation.</b>
39	rue des champs	Aucun dépassement à la fois pour le benzène et l'éthylbenzène, tant au sous-sol qu'en rez-de-chaussée.	Le BRGM valide ces conclusions.	<b>En 2012, qualité de l'air intérieur compatible avec les usages constatés dans la configuration actuelle de l'habitation.</b>
53	chemin des Moisselles	Un dépassement pour le seul benzène échantillonné par préleveur passif, au sous-sol. Pas de dépassements pour B, E au niveau des lieux de vie	Le BRGM valide ces conclusions.	<b>En 2012, qualité de l'air intérieur compatible avec les usages constatés dans la configuration actuelle de l'habitation.</b>

Bâtiment		Conclusion D'ARCADIS	Résultats et interprétation	Conclusions du BRGM
55	chemin des Moiselles	Aucun dépassement à la fois pour le benzène et l'éthylbenzène, tant au sous-sol qu'en rez-de-chaussée.	Le BRGM valide ces conclusions.	En 2012, qualité de l'air intérieur compatible avec les usages constatés dans la configuration actuelle de l'habitation.
<b>BÂTIMENTS SANS VENTILATION</b>				
8	rue des Champs	Pour le sous-sol, des dépassements des valeurs de références du benzène et de l'éthylbenzène sont mis en évidence pour la majorité des points, à l'exception du point de prélèvement en méthode active (sous-sol 2). Au rez-de-chaussée et à l'étage, pas de dépassement des valeurs de référence ni pour le benzène, ni pour l'éthylbenzène.	Le BRGM valide ces conclusions.	En 2012, qualité de l'air intérieur compatible avec les usages constatés dans la configuration actuelle de l'habitation.
21	rue des Champs	Deux dépassements sont mesurés pour l'éthylbenzène (le benzène reste inférieur à la valeur de comparaison) pour les prélèvements actif et passif au sous-sol, respectivement à 20,75 µg/m <sup>3</sup> et 17,62 µg/m <sup>3</sup> contre 15 µg/m <sup>3</sup> . Au RDC de cette maison, les teneurs en benzène et éthylbenzène sont inférieures aux valeurs de comparaison.	Le BRGM valide ces conclusions.	En 2012, qualité de l'air intérieur compatible avec les usages constatés dans la configuration actuelle de l'habitation.
31	rue des Champs	Mis à part la teneur en éthylbenzène obtenue par la méthode active au rez-de-chaussée, la totalité des autres teneurs sont supérieures aux valeurs de comparaison retenues.	Le BRGM valide ces conclusions.	Qualité de l'air intérieur incompatible avec l'usage. Nécessité de réaliser des calculs de risque sanitaires pour les composés ne possédant pas de valeur réglementaires (toluène, éthylbenzène, HCT C6-C12).
23	rue des Champs	Aucun dépassement constaté.	Le BRGM valide ces conclusions.	En 2012, qualité de l'air intérieur compatible avec les usages constatés dans la configuration actuelle de l'habitation.
27	Rue des Champs	Aucun dépassement constaté.	Le BRGM valide ces conclusions.	En 2012, qualité de l'air intérieur compatible avec les usages constatés dans la configuration actuelle de l'habitation.
51	chemin des Moiselles	Aucun dépassement constaté.	Le BRGM valide ces conclusions.	En 2012, qualité de l'air intérieur compatible avec les usages constatés dans la configuration actuelle de l'habitation.
57	chemin des Moiselles	Aucun dépassement constaté.	Le BRGM valide ces conclusions.	En 2012, qualité de l'air intérieur compatible avec les usages constatés dans la configuration actuelle de l'habitation.

Tableau 2 - interprétation des résultats de l'IEM hors site

## 6. Avis du BRGM sur les modélisation des transferts dans l'air intérieur des sous-sols

### 6.3. RÉSULTATS

Des modélisations de transfert des BTEX des gaz du sol vers l'air intérieur respiré ont été réalisées par ARCADIS au moyen du logiciel RISC Workbench version 5.0 pour les pavillons suivants :

- 6 rue des Champs ;
- 8 rue des Champs ;
- 21 rue des Champs ;
- 25 rue des Champs ;
- 29 rue des Champs ;
- 31 rue des Champs ;
- 33 rue des Champs ;
- 53 chemin de Moisselles.

Les résultats sont les suivants :

- **6 rue des Champs** : gaz du sol – Pai13 (sables, BTEX < 1 000 µg/m<sup>3</sup>) → les concentrations modélisées sont nettement inférieures aux concentrations mesurées dans l'air intérieur du sous-sol, de un à cinq ordres de grandeur, quelle que soit la méthode de prélèvement ;
- **8 rue des Champs** : gaz du sol – Pai12 (BTEX > 100 000 µg/m<sup>3</sup>) → les concentrations modélisées sont globalement soit du même ordre de grandeur que les concentrations mesurées, soit supérieures aux concentrations mesurées ;
- **21 rue des Champs** : gaz du sol - Pai14 (sables et argiles, BTEX < 1 000 µg/m<sup>3</sup>) → les concentrations modélisées à partir des gaz du sol sont inférieures à celles mesurées dans l'air intérieur, de un à quatre ordres de grandeurs ;
- **25 rue des Champs** : gaz du sol - Pai 15 (argiles, BTEX 1 000 - 2 000 µg/m<sup>3</sup>) → pour ce pavillon, les concentrations modélisées sont inférieures aux concentrations mesurées (de l'ordre de 100 à 10 000 fois inférieures) ;
- **29 rue des Champs** : gaz du sol - Pai 9 (argiles, BTEX > 100 000 µg/m<sup>3</sup>) → pour ce pavillon, les concentrations modélisées sont globalement similaires ou légèrement inférieures aux valeurs mesurées dans l'air intérieur, quelle que soit la méthode de prélèvement ;
- **31 rue des Champs** : gaz du sol - Pai8 (argiles, BTEX < 1 000 µg/m<sup>3</sup>) → au 31 rue des Champs, les concentrations modélisées sont inférieures aux concentrations mesurées (de l'ordre de 100 à plus de 10 000 fois inférieures) ;
- **33 rue des Champs** : gaz du sol - Pai7 (argiles, BTEX 1 000 - 10 000 µg/m<sup>3</sup>) → les concentrations modélisées dans les sous-sols sont généralement inférieures aux concentrations mesurées (de l'ordre de 10 à 1000 fois inférieures) ;
- **53 chemin de Moisselles** : gaz du sol - Pai11 (BTEX < 1 000 µg/m<sup>3</sup>) → les concentrations modélisées dans l'air intérieur du sous-sol sont inférieures aux concentrations mesurées (de l'ordre de 100 à plus de 10 000 fois inférieures).

On en conclut donc :

- qu'aux basses concentrations dans l'air du sol, le modèle est largement minorant par rapport aux mesures ;
- que plus les concentrations sont élevées dans l'air du sol, et plus l'écart entre concentrations mesurées et concentrations simulées se réduit ;
- qu'aux fortes concentrations ( $> 100\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), les concentrations mesurées et les concentrations simulées sont du même ordre de grandeur.

Par ailleurs, on constate :

- **CAS DE FIGURE 1 : 6 rue des champs, 21 rue des champs et 31 rue des champs** : les concentrations modélisées sont inférieures aux concentrations mesurées et les concentrations dans les gaz du sol sont inférieures ou du même ordre de grandeur que les concentrations mesurées dans l'air intérieur des sous-sols. → ARCADIS explique l'écart entre valeurs mesurées et valeurs simulées par la présence de sources de pollution domestique dans l'air intérieur sans relation avec les pollutions des sols ;
- **CAS DE FIGURE 2 : 8 rue des Champs, 29 rue des Champs et 33 rue des Champs** : des concentrations modélisées en benzène inférieures aux concentrations mesurées dans l'air intérieur des sous-sols → ARCADIS explique l'écart entre valeurs mesurées et valeurs simulées par la présence de sources de pollution domestique dans l'air intérieur sans relation avec les pollutions des sols ;
- **CAS DE FIGURE 3 : 25 rue des Champs, le 33 rue des Champs et le 53 chemin de Moisselles** : les concentrations modélisées sont inférieures aux concentrations mesurées dans l'air intérieur du sous-sol et les concentrations mesurées dans les gaz du sol sont supérieures aux concentrations mesurées dans l'air intérieur → ARCADIS ne peut être conclusif. Deux cas de figure sont envisageables dans ce dernier cas :
  - . une modélisation minorante (hypothèse testée au paragraphe 10.7),
  - . des sources hydrocarbures et BTEX à l'intérieur du bâtiment.

#### 6.4. FIABILITÉ DU MODÈLE ET ANALYSE DES INCERTITUDES

Le modèle mis en œuvre par ARCADIS est basé sur un calcul de transfert des gaz du sol vers l'air intérieur respiré. Ce type de modèle (convectif, diffusif) est d'usage courant en évaluation des risques. Ces modèles sont multiparamétrés et sont en général volontairement sécuritaires.

Compte tenu du nombre importants de paramètres en entrée (paramètres relatifs aux polluants, aux concentrations dans l'air du sol, à la nature des sols, à la typologie des bâtiments...), il a été démontré que ces modèles présentent de très nombreuses incertitudes.

ARCADIS démontre, sur la base du diagnostic des gaz du sol et de la qualité de l'air intérieur réalisé en 2012, que les concentrations simulées sont inférieures ou égales aux concentrations mesurées dans l'air intérieur.

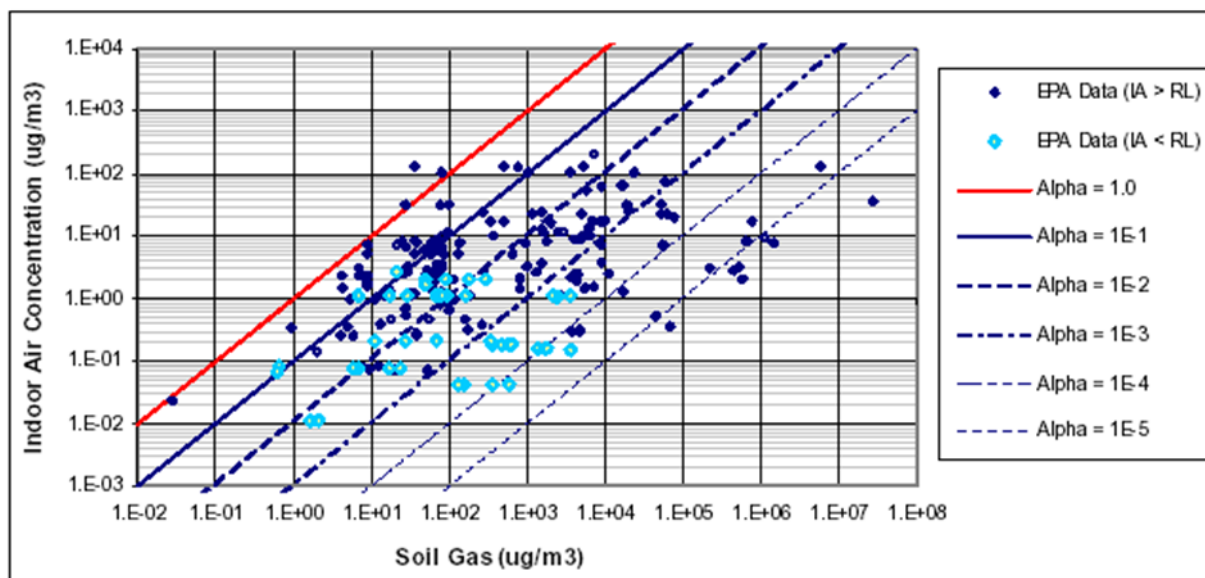
L'une des principales hypothèses pour expliquer ce fait serait la présence de sources tierces domestiques dans l'air intérieur. ARCADIS omet de réaliser l'analyse des données suivantes :

- la comparaison de signatures chimiques (proportions entre composés détectés) d'un échantillon à l'autre ; des signatures similaires indiqueraient une influence sur la qualité de l'air intérieur qui trouve une origine commune ;



- les modélisations considèrent des formations monocouches avec une dominance de sables et sables argileux ; or, au regard des profils lithologiques mis à disposition, les formations sont fréquemment stratifiées avec l'occurrence de terrains argileux francs ;
- ARCADIS souligne la situation hydrogéologique singulière de très basses eaux en 2012 ; la remontée du niveau statique va de traduire par une réduction de la distance source / air intérieur si on estime que la nappe dégaze et une réduction du volume de l'air du sol. En conséquence de quoi, les concentrations en hydrocarbures dans l'air du sol seraient susceptibles d'augmenter, l'état de référence 2012 n'étant ni nécessairement représentatif ni sécuritaire.

Pour le cas de figure 1, le retour d'expérience montre que les facteurs de dilution entre l'air du sol et l'air intérieur varient de 1 à 1 000 (US EPA) ; des concentrations dans l'air du sol sensiblement équivalentes à celles dans l'air intérieur ne sont donc pas fondamentalement aberrantes.



(a) Data Set 1 (2008)

Figure 4 : Couples de mesures air intérieur / air du sol (source : US EPA).

En conclusion, le modèle mis en œuvre par ARCADIS est un modèle standard utilisé en routine en évaluation des risques, qui se veut volontairement conservatoire et sécuritaire. Le modèle proposé est robuste et fiable et son utilisation est pertinente afin d'étayer l'analyse des risques.

ARCADIS discute des écarts entre valeurs mesurées et valeurs simulées. Les concentrations simulées par ARCADIS sont inférieures ou similaires à celles mesurées dans les piézaires proches voisins des points d'exposition considérés. **ARCADIS invoque une très vraisemblable influence de sources tierces domestiques sur l'air intérieur sans avoir poussé son expertise à termes sur la probabilité d'une pollution par intrusion de l'air du sol. Il s'agit d'un manque fragilisant les conclusions avancées.**

Au regard des informations disponibles à ce jour, on ne peut raisonnablement être conclusif quant à l'origine de ces écarts. Trois hypothèses, non exclusives, peuvent être avancées :

- la présence de sources domestiques tierces, influençant la qualité de l'air intérieur qui tends donc à générer un excès de concentrations par rapport à ce pourrait être issus de l'air du sol ;



- un biais dans la représentativité des mesures des gaz du sol, du fait de la désynchronisation des mesures entre air du sol et air intérieur ;
- l'existence d'autres voies de transfert depuis l'air du sol vers l'air intérieur, non reconnues à ce jour par les investigations réalisées.

## 7. Avis du BRGM sur les essais de traitabilité

Les essais de traitabilité et de faisabilité ont été réalisés par la société ENOVEO.

Le pilote de biodégradation a été réalisé sur l'échantillon PA16 provenant de la zone amont. Les analyses de biologie moléculaire ont mis en évidence un potentiel de biodégradation des polluants d'intérêts.

Les conditions visant à optimiser cette activité de biodégradation n'ont pas permis de stimuler convenablement l'activité de biodégradation des biomarqueurs suivis (données du témoin porches de celles du test).

Différentes hypothèses peuvent être suggérées afin d'expliquer ce manque de réactivité. La première est liée au biais engendré par la mise en place des pilotes. En effet, la diffusion d'air durant la manipulation des échantillons a pu générer un apport en oxygène suffisant pour que l'expression des gènes fonctionnels au sein de la condition Contrôle ne permette pas une réelle différenciation avec les conditions optimisées.

Le BRGM précise que cette levée de doute doit être apportée par le blanc de transport.

Par ailleurs, ENOVEO précise que l'aération forcée n'a pas biostimulé spécifiquement la biodégradation des polluants d'intérêt, mais un métabolisme général utilisant un substrat organique plus facilement assimilable. Le contexte de l'étude avait pour objectif la biodégradation des BTEX, HCT et phtalates. Toutefois, ENOVEO émet l'hypothèse que d'autres composés organiques étaient présents dans les échantillons.

Il est couramment admis que les molécules les plus récalcitrantes sont dégradées après les molécules les plus « accessibles ». Pour autant, si les tests durent suffisamment longtemps, ces molécules peuvent potentiellement être dégradées. Le BRGM émet l'hypothèse selon laquelle un test plus long aurait peut-être permis de dégrader ces molécules.

ENOVEO précise que différents arguments laissent penser qu'une compétition a lieu entre la dégradation d'une ou de plusieurs sources de carbone facilement assimilables et celle des polluants d'intérêt comme :

- la consommation d'oxygène importante, mesurée lors de la réalisation des tests de respirométrie témoignant d'une forte activité microbienne globale ;
- la croissance microbienne importante, générant une turbidité dans les pilotes ;
- la faible réactivité des biomarqueurs suivis durant l'étude, signe que les bactéries qui se développent ne portent pas les gènes d'intérêts ou qu'elles n'expriment pas l'activité de ces derniers. En effet, il est envisageable que le gain énergétique apporté par la dégradation

d'une autre source de carbone soit plus important que celui apporté par la dégradation des polluants d'intérêt ;

- les concentrations en COT élevées (150 à 200 mg/l).

Le BRGM est en accord avec ces hypothèses qui militent en la faveur de tests plus longs.

Le BRGM précise que ces tests doivent servir de base à une réflexion sur les mesures de gestion à prendre en limite de site et au droit des habitations.

## 8. Conclusion et recommandations

Les recommandations du BRGM s'inscrivent dans l'optique :

- de l'amélioration de l'état des connaissances sur les émissions hydrocarbonées hors site, sur lequel peuvent se baser d'éventuelles servitudes ;
- d'une consolidation des constats sur les résidences réellement concernées de façon durable par des dépassements des critères qualifiant le bon état de l'air intérieur respiré, situations appelant des mesures de gestion.

### 8.3. RECOMMANDATION DU BRGM CONCERNANT LE SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

- **Discuter et proposer des critères d'évaluation des HCT C<sub>6</sub>-C<sub>12</sub> et des xylènes** dans l'air intérieur et évaluer l'impact de l'occurrence de ces concentrations sur le choix des habitations devant faire l'objet de mesures de gestion. Sur cette base il convient de discuter : 1) des critères permettant de juger de la nécessité ou non de mesures de gestion, 2) du choix de 5 µg/m<sup>3</sup> ou 2 µg/m<sup>3</sup> pour le benzène, comme valeur de gestion et/ou comme objectif futurs de qualité d'air intérieur.
- **Réévaluer le diagnostic 2012 en considérant l'objectif de qualité de 2 µg/m<sup>3</sup>** pour des expositions chroniques en benzène dans le cas d'une émission durable d'hydrocarbures dans les gaz du sol.
- Dans le cadre d'un suivi de la qualité de l'air intérieur, il convient de réaliser des **échantillons témoins** (air extérieur, air intérieur dans la mesure du possible) en dehors des zones directement influencées par les gaz du sol, comme les étages, et de centrer prioritairement les mesures **aux points d'exposition des lieux de vie des habitations** pour lesquelles des dépassements ont déjà été constatés (sous-sols et/ou lieux de vie).
- **Le percentile 90, qui serait plus pertinent et plus sécuritaire**, doit être considéré pour l'éthylbenzène et les autres composés accompagnateurs.
- Pour une comparaison plus lisible entre échantillonnage passif et actif, il aurait été judicieux de porter les couples de valeurs sur un graphe avec un classement croissant ou décroissant des concentrations ; une analyse statistique aurait permis de dégager ou non un écart systématique et d'identifier d'éventuelles valeurs aberrantes.
- Afin de consolider les connaissances de la ou des sources influençant la qualité de l'air intérieur :

1. **comparer les signatures chimiques (proportions entre composés détectés) d'un échantillon à l'autre** ; des signatures similaires indiqueraient une influence sur la qualité de l'air intérieur qui trouve une origine commune ;
2. **comparer les signatures chimiques de l'air du sol versus les signatures chimiques dans l'air intérieur** ; des signatures chimiques similaires tendraient à prouver que la principale source de pollution est l'air du sol.

Ces éléments d'expertise manquants permettent d'évaluer les sources par rapport à un bruit de fond et apportent des arguments tangibles supplémentaires pour identifier les habitations pour lesquelles il n'y a pas de problèmes des habitations pour lesquelles on ne peut être conclusif compte tenu de la variabilité temporelle des concentrations (habitation demandant un suivi) et des habitations nécessitant d'emblée des mesures de gestion.

#### **8.4. RECOMMANDATION DU BRGM CONCERNANT L'AMÉLIORATION DE LA CONNAISSANCE DES MILIEUX**

- La réalisation d'un diagnostic des tracés des réseaux enterrés et de leurs raccordements aux résidences visées par les investigations.
- La réalisation d'une nouvelle campagne des gaz du sol en hiver et été 2014, en relevant les niveaux d'eau et l'environnement météorologique.
- De compléter le réseau de piézaires par des cannes gaz de 1-2 m à proximité des sablons des éventuelles tranchées des réseaux enterrés et des habitations.
- Dans les habitations pour lesquelles des dépassements des valeurs recommandées dans l'air respiré ont été constatés, et dans la mesure du possible, consolider le constat de l'air du sol par la réalisation de mesures d'air du sol sous dalles des sous-sols, comme préconisés par l'US EPA (milieu intégrateur précédant immédiatement l'air intérieur, milieu peu sensibles aux variations dans l'air du sol induites par l'évolution pression barométrique et pluviométriques).

#### **8.5. RECOMMANDATIONS DU BRGM EN TERMES DE GESTION**

Le BRGM approuve la proposition d'ARCADIS de doter les piézomètres externes montrant du surnageant d'un écrémeur passif manuel, afin de récupérer hors site ce qui est récupérable au moyen du réseau existant.

Par ailleurs, sans attendre la restitution des résultats d'investigations complémentaires, le BRGM recommande que soit engagée une étude technico économique visant la mise en place de mesures constructives protectrices et pérennes, afin de recouvrer une qualité de l'air intérieur conforme aux critères. Les habitations concernées sont celles montrant d'ores et déjà des dépassements significatifs des critères lors du suivi qualitatif de l'air intérieur.

Le rapport expose une importante densité d'informations. Le BRGM recommande pour une meilleure lisibilité du dossier les éléments synthétiques suivants :

- coupes hydrogéologiques présentant : 1) le détail de la lithologie en zone saturée et non saturée, 2) la position des niveaux d'eau, 3) la position des parties captantes de piézomètres et piézaires, 4) les lithologies reconnues polluées ;
- un schéma conceptuel de transfert et d'exposition ;

- une représentation cartographique du panache, par classe de composés, en isoconcentrations.

## **8.6. RECOMMANDATIONS DU BRGM RELATIVES AU TEST DE BIODÉGRADABILITÉ**

Les tests réalisés par stimulation aérobie sont peu concluants. Ils mettent en lumière que l'aération forcée n'a pas biostimulée spécifiquement la biodégradation des polluants d'intérêt (BTEX, HCT et phtalates) mais un métabolisme général utilisant un substrat organique plus facilement assimilable.

Il est couramment admis que les molécules les plus récalcitrantes sont dégradées après les molécules les plus « accessibles ». Pour autant, si les tests durent suffisamment longtemps, ces molécules peuvent potentiellement être dégradées. Le BRGM émet l'hypothèse que la durée du test est peut-être trop courte.

Le BRGM précise que des tests supplémentaires plus longs doivent servir de base à une réflexion sur les mesures de gestion à prendre en limite de site et au droit des habitations.



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemain  
BP 36009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France  
Tel. 02 38 64 34 34

**Direction Régionale Île-de-France**  
7 rue du Théâtre  
91884 Massy  
Tél. : 01 69 75 10 25