



SITA REMEDIATION

La terre au sens propre

Note technique sur l'état environnemental

autour des 2 pipelines de RS

Zone de la route RD 94 - Gambsheim (67)

30 octobre 2012

Rapport

N° S1 06 013.0/Z2

Version 6

Siège

17 rue du Périgord
69330 MEYZIEU

Tel. : 04.72.45.02.22
Fax : 04.78.04.24.30

Réalisé pour :
RAFFINERIE DE STRASBOURG
24 cours Michelet
92069 PARIS LA DEFENSE



**Note technique sur l'état environnemental
N°S1 06 013.0/Z2 – Version 6**

**Pipelines RS entre Herrlisheim et La Wantzenau (67)
Zone de la route RD 94 - Gumbsheim**

Nombre d'exemplaires à diffuser : 4 + version pdf

A adresser à **M. BERTAUD**

Version 6	30 octobre 2012	Modifications de texte
Version 6 PROJET	29 juin 2012	Modifications de texte
Version 5	15 juin 2012	Modifications de texte
Version 5 projet	29 mars 2012	Modifications de forme
Version 4 pour avis	22 novembre 2011	Modification de texte selon réunion du 9 juin 2011, modification des annexes
Version 3	Juillet 2010	Modifications de texte et ajouts de plans
Version 2	Août 2008	Modification du document
Version 1	17/04/2008	Etablissement du document
Version	Date	Modifications - Observations

Auteur	Vérificateur	Approbateur
Pascale LAMBERT Responsable Dépt. Risques/Modélisation <i>Chef de projet</i>	NICOLAS LALLEMAND Ingénieur d'Affaires <i>Superviseur</i>	Christophe BERNARD Responsable Agence Est

	17, Rue du Périgord 69330 MEYZIEU FRANCE Tél. : 04.72.45.02.22 Fax : 04.78.04.24.30	S.A.S au capital de 492 106 € SIRET 379 578 883 00033 RCS LYON B 379 578 883 APE 3900 Z TVA-FR 20 379 578 883
---	---	---



RESUME NON TECHNIQUE

Contexte et objectifs

Deux pipelines (8 et 10 pouces) reliant la raffinerie de Strasbourg à Herrlisheim jusqu'au Poste gaz de La Wantzenau ont été mis hors service, et démantelés (ou inertés au béton suivant les tronçons), courant 2007 par SITA Remédiation pour le compte de la Société Raffinerie de Strasbourg (RS). Les pipelines passaient sur cinq communes : Herrlisheim, Offendorf, Gamsheim, Kilstett et La Wantzenau.

Dans le cadre de ces travaux, la qualité des sols encaissants a été analysée tout au long du parcours. Ces reconnaissances ont permis d'identifier quatre zones présentant une pollution résiduelle par des hydrocarbures. Une de ces zones est située à Gamsheim, de part et d'autre de la route RD 94. Des investigations complémentaires ont alors été menées pour compléter la caractérisation de ces zones de pollution résiduelle et évaluer leur impact sur les milieux environnants.

A la demande de RS, SITA Remédiation a ensuite été mandatée pour réaliser une étude visant à :

- synthétiser les caractéristiques de la pollution résiduelle constatée sur la zone étudiée,
- préciser si cette situation est acceptable d'un point de vue sanitaire pour l'usage actuel de la zone,
- détailler les précautions à prendre pour tous les travaux souterrains futurs ou tout changement d'usage des sols et/ou de la nappe phréatique,
- servir de document de référence pour la conservation de la mémoire,

Cette étude est l'objet du présent document. Elle concerne la zone de la route RD 94 à Gamsheim.

Résultats

La pollution résiduelle occupe une superficie d'environ 200 m², localisée au nord et au sud de la route RD 94, de part et d'autre de l'ancien tracé des pipelines. Elle est caractérisée par des hydrocarbures dans les sols profonds et au niveau de la nappe. Aucune migration de la pollution dans la nappe n'a été observée en aval.

La zone concerne une route (RD 94) et des terrains agricoles (culture de maïs). L'étude sanitaire a montré que l'usage actuel de la zone et de son environnement est compatible d'un point de vue sanitaire avec la pollution résiduelle.

Des précautions sont recommandées en cas de changement d'usage des sols et/ou des eaux souterraines, sur un périmètre sécuritaire englobant la zone de pollution résiduelle, défini comme « zone d'attention » d'environ 300 m².

Les parcelles concernées par la zone d'attention et le détail des précautions sont précisés au chapitre 6 du présent rapport.

Cette étude a été menée sur la base des connaissances actuelles de l'état de la zone concernée, de son usage actuel et de l'état de l'art en matière d'évaluation des risques.

Le contenu et les conclusions de ce rapport doivent toujours être compris et interprétés dans les limites détaillées dans le document intitulé "Engagements et responsabilités en matière d'études" figurant en annexe 4 du présent rapport.

SOMMAIRE

1	PRESENTATION DU DOCUMENT	6
1.1	Contexte	6
1.2	Objectifs	6
1.3	Méthodologie.....	6
2	HISTORIQUE ET DESCRIPTION DE LA ZONE.....	7
2.1	Situation géographique	7
2.2	Historique de la zone	8
2.3	Usage de la zone et de son environnement	8
3	ETAT ENVIRONNEMENTAL	8
3.1	Historique des études environnementales et travaux réalisés	8
3.2	Etat résiduel des sols	10
3.3	Etat résiduel de la nappe	10
3.4	Qualité des végétaux cultivés sur la zone.....	11
4	OPTIONS POSSIBLES.....	11
4.1	Description des options envisagées	11
4.2	Comparaison des options	12
4.3	Décision.....	12
5	COMPATIBILITE DU SITE	12
6	PRECAUTIONS EN CAS DE TRAVAUX OU DE CHANGEMENT D'USAGE DES SOLS ET /OU DE LA NAPPE	14
6.1	Délimitation de la zone d'attention et parcelles concernées.....	14
6.2	Précautions recommandées	14
7	CONCLUSION	15

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 :	Synthèse des interventions de terrain sur la zone de la route RD 94 à Gombsheim	9
Tableau 2 :	Synthèse du schéma conceptuel et des résultats de l'évaluation des risques sanitaires..	13
Tableau 3 :	Parcelles concernées par la zone d'attention	14

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Vue aérienne et localisation schématique de la zone (périmètre de la zone d'étude)	8
------------	--	---

SOMMAIRE DES ANNEXES

Annexe 1 : Plans

- Annexe 1.1 : Localisation de la zone de la route RD 94 sur fond de plan IGN
- Annexe 1.2 : Localisation de la zone d'étude sur fond de plan parcellaire
- Annexe 1.3a : Localisation des investigations et résultats (sols)
- Annexe 1.3b : Localisation des investigations et résultats (nappe)
- Annexe 1.4 : Interprétation de la zone de pollution résiduelle et contour de la zone d'attention
- Annexe 1.5 : Contour de la zone d'attention sur fond de plan parcellaire

Annexe 2 : Résultats des investigations de terrain

Tableaux des résultats d'analyses de sols, d'eau souterraine et de végétaux.

Annexe 3 : Evaluation des risques sanitaires

- Annexe 3.1 : Définition de l'évaluation des risques sanitaires
- Annexe 3.2 : Propriétés physico-chimiques
- Annexe 3.3 : Données toxicologiques
- Annexe 3.4 : Modèle de dégazage dans RISC
- Annexe 3.5 : Feuilles de calculs de risques

Annexe 4 : Engagements et responsabilités en matière d'études

A l'attention du lecteur : quels que soient les termes utilisés ou les avis donnés dans ce rapport, ils devront toujours être compris et interprétés en tenant compte des limites détaillées dans le document intitulé « Engagements et Responsabilités en Matière d'Etudes » joint en annexe 4.

1 PRESENTATION DU DOCUMENT

1.1 CONTEXTE

La société Raffinerie de Strasbourg (RS) a construit au début des années 60 deux pipelines permettant de sortir ses produits (essences, gazoles et fiouls lourds). Ces pipelines d'une longueur d'environ 25 km étaient enterrés à environ 1.5 à 2 m sous terre. Ils reliaient la raffinerie située à Herrlisheim à GPS (Groupement Pétrolier de Strasbourg) situé au Port aux Pétroles à Strasbourg, en passant par le Poste Gaz de La Wantzenau. Leur exploitation a connu quelques incidents.

SITA Remédiation est intervenue au courant de l'année 2007 dans le démantèlement (ou l'inertage au béton selon les tronçons) des deux pipelines (8 et 10 pouces) reliant la raffinerie de Strasbourg à Herrlisheim jusqu'au Poste gaz de La Wantzenau. Les pipelines passaient sur cinq communes : Herrlisheim, Offendorf, Gamsheim, Kilstett et La Wantzenau.

Les travaux sur ces deux anciennes canalisations de transport d'hydrocarbures se sont échelonnés sur une période de 6 mois (janvier à juin 2007) et ont concerné une distance d'environ 14 km entre Herrlisheim et La Wantzenau.

Au cours des travaux, des échantillons ponctuels de sol ont été prélevés tous les 20 mètres. Tous les 100 mètres, une analyse a été effectuée sur un échantillon composite constitué à partir des cinq prélèvements ponctuels qui avaient été préalablement mélangés pour former un échantillon moyen représentatif des 100 mètres.

A l'issue des analyses en laboratoire et au regard des indices organoleptiques observés sur le terrain pendant les travaux, quatre zones ont été identifiées comme présentant une pollution résiduelle. Une de ces zones est située à Gamsheim, de part et d'autre (nord et sud) de la route RD 94 (repères T40 et T42¹).

Ces zones ont alors fait l'objet d'investigations complémentaires par SITA Remédiation, dans le but de mieux caractériser cette pollution résiduelle.

1.2 OBJECTIFS

A la demande de RS, SITA Remédiation a été mandatée pour réaliser une étude visant à :

- faire une synthèse historique sommaire,
- présenter les caractéristiques de la pollution résiduelle constatée sur la zone étudiée (synthèse des diagnostics environnementaux et des travaux réalisés),
- préciser si cette situation est acceptable d'un point de vue sanitaire pour l'usage de la zone,
- détailler les précautions à prendre pour tous les travaux souterrains futurs ou tout changement d'usage des sols et/ou de la nappe,
- servir de document de référence pour la conservation de la mémoire.

1.3 METHODOLOGIE

Pour répondre à ces objectifs, SITA Remédiation a réalisé :

- la synthèse des documents et interviews existants,
- la synthèse des études et travaux antérieurs et une interprétation en termes de délimitation de la zone de pollution résiduelle,

¹ "T_i" sont des repères établis lors du démantèlement des pipelines, ils figurent dans le dossier de fin d'affaire.

- une évaluation des risques sanitaires, afin de s'assurer de la compatibilité des usages constatés sur cette zone avec l'état des milieux,
- une interprétation de l'ensemble des éléments pour définir des mesures de précaution à prendre aujourd'hui et dans le futur.

Le présent document concerne **la zone de la route RD 94 située sur la commune de Gombsheim.**

Il comporte les points suivants :

- un rappel de l'histoire,
- une synthèse des études et diagnostics environnementaux, une synthèse de l'état environnemental actuel,
- une étude de la compatibilité sanitaire des usages actuels de la zone avec les pollutions résiduelles,
- des précautions à prendre lors de tous travaux ultérieurs ou de tout changement d'usage/d'aménagement.

L'évaluation des risques sanitaires est présentée en annexe 3.

Cette étude a été réalisée conformément aux règles de l'art.

2 HISTORIQUE ET DESCRIPTION DE LA ZONE

2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

La zone est située à environ 300 m à l'est de la sortie du village de Gombsheim (67) de part et d'autre de la Route Départementale 94. Une déchetterie est présente à environ 150 m vers l'est (cf. figure 1 en page suivante).

Cf. localisation de la zone de la route RD 94 sur fond de plan IGN en annexe 1.1.

La zone étudiée (qui est bien supérieure à la zone de pollution résiduelle) couvre une superficie d'environ 700 m². Cf. localisation de la zone d'étude sur fond de plan parcellaire en annexe 1.2.

Notons que la délimitation indiquée sur cette figure correspond aux limites de l'étude **et non** aux limites de la pollution résiduelle, qui sont plus restreintes. On trouvera en annexe 1.4 le plan précisant les limites de la zone touchée par la pollution résiduelle au sein de la zone de la route RD 94, sur fond de plan parcellaire.

La figure suivante présente sur fond de photo aérienne les limites schématiques de la zone étudiée, ainsi que le tracé des anciens pipelines et le point de fuite supposé (cf. chapitre suivant).

Les coordonnées du point de fuite supposé sont les suivantes, en coordonnées Conforme Conique (coordonnées CC) :

X = 1009171 m

Y = 1124955 m

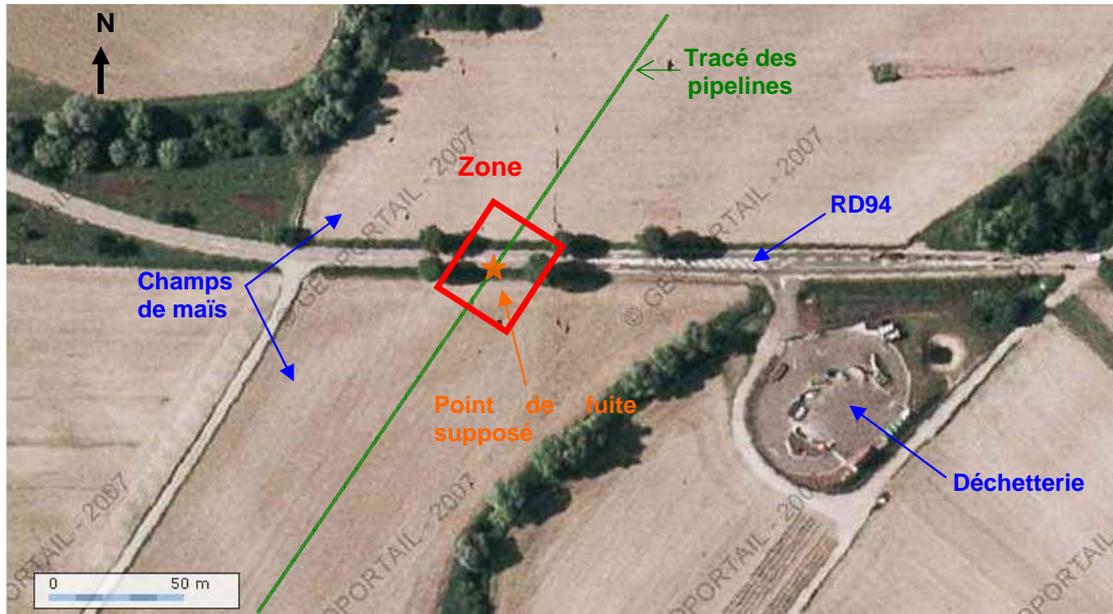


Figure 1 : Vue aérienne et localisation schématique de la zone (périmètre de la zone d'étude)

2.2 HISTORIQUE DE LA ZONE

Une fuite de fioul lourd (avec probablement un peu de gazole de rinçage) a été décelée le 6 février 1978 (cf. rapport du BRGM du 21/12/1978). Des travaux de réhabilitation ont été entrepris par la suite pendant lesquels de l'eau a été pompée et des terrains contaminés enlevés.

Les diagnostics successifs entrepris depuis 1997 et les excavations réalisées à l'occasion de travaux de génie civil ont montré une pollution résiduelle localisée de l'eau et des sols en profondeur.

2.3 USAGE DE LA ZONE ET DE SON ENVIRONNEMENT

La zone comprend la route RD 94 et des terrains agricoles (au sud et au nord de la route) où est actuellement cultivé du maïs.

La nappe phréatique rhénane, ou nappe d'Alsace, circule à environ 2,5 m de profondeur au droit de la zone. Son écoulement est globalement dirigé vers le nord/nord-est. A 100 m au nord-ouest circule le Muehlrhein (petite rivière) qui s'écoule vers le nord-est.

Cette nappe n'est pas utilisée au droit de la zone. Aucun captage AEP n'est recensé autour de la zone.

3 ETAT ENVIRONNEMENTAL

3.1 HISTORIQUE DES ETUDES ENVIRONNEMENTALES ET TRAVAUX REALISES

Le tableau suivant présente les différentes études environnementales et travaux réalisés sur la zone.

Le plan d'implantation des différents prélèvements, avec les résultats d'analyse, est présenté en annexes 1.3a et 1.3b.

Tableau 1 : Synthèse des interventions de terrain sur la zone de la route RD 94 à Gamsheim

Référence du document	Objet	Date d'intervention	Opérations réalisées sur la zone
	Fuite de fioul	6 février 1978	Fuite estimée : 2 à 3 m ³
BRGM : Pollution de la nappe alluviale rhénane par suite d'une fuite du pipeline de RS (rapport d'expert)	Travaux de dépollution	21/12/1978	Pompage de 300 m ³ d'eaux et hydrocarbures et excavation de 50 m ³ de terres polluées Remplacement du tronçon de pipe défectueux
« Rapport sur les prélèvements effectués le long du pipe de l'ancienne raffinerie de Strasbourg », GRS Valtech, 324-JMB-SC, 30 juillet 1997	Diagnostic en plusieurs points le long des pipelines	Juin 1997	1 sondage superficiel (P3 GRS) Analyses HCT
« Reconnaissance de sol (pipeline à Gamsheim) », ATE, S1 000140.1, novembre 2000	Surveillance d'un chantier de pose d'un réseau d'assainissement	Août 2000	11 sondages sols (S0 à S7 et PF1 à PF3) 6 prélèvements d'eau de nappe (S0 Est, S0 Ouest, S1, S4, S5 et S6) Analyses HCT
« Reconnaissance de sol – Enlèvement des puisards – Pipeline de R.S. à G.P.S. », ATE-Géoclean ¹ , S1 000140.2, 30 août 2001	Démantèlement d'un regard Diagnostic de sol autour des structures extraites	juin 2001	Enlèvement d'un puisard, prélèvement de sols de part et d'autre de la RD 94 (4 sondages R4-1, R4-2, R5-1, R5-2) Analyses HCT.
« Rapport final – Pipeline RS entre Herrlisheim et La Wantzenau », SITA Remédiation, S1 06013/15/0, 7 mai 2008	Démantèlement ou inertage des pipelines. Diagnostic le long du tracé lors du démantèlement	Février 2007	2 sondages sols sur la zone concernée (T40-2 et T42-1) Analyses HCT, BTEX
« Diagnostics environnementaux, Pipelines RS entre Herrlisheim et la Wantzenau », SITA Remédiation, S106013/16/1, novembre 2008	Diagnostic complémentaire sur les 4 zones polluées identifiées lors du démantèlement des pipelines	Décembre 2007	9 sondages sols sur la zone concernée (GB-S1 à GB-S9) 1 prélèvement de sols de surface (Surface Gamsheim) 1 prélèvement d'eau (GB-S8) Analyses HCT, BTEX, HAP
		juin 2008	1 sondage sol superficiel à proximité de l'emplacement supposé de P3 de 1997 (P3bis) Analyses HCT
« Diagnostics environnementaux : prélèvements complémentaires », SITA Remédiation, S1 06 013/17/1, version 1, janvier 2012	Prélèvement de maïs	Juillet et août 2011	Prélèvements de maïs cultivé sur la zone + prélèvement de maïs sur une zone éloignée (blanc) Analyses HCT, BTEX, HAP

¹ ATE et ATE-Géoclean sont d'anciennes raisons sociales de SITA Remédiation

Note : 35 ans après la fuite, on peut considérer que la situation est stabilisée et ne présente plus d'évolution.

3.2 ETAT RESIDUEL DES SOLS

Substances analysées et valeurs de référence :

Lors des différents diagnostics, ce sont les traceurs de la pollution qui ont été analysés (HCT, HAP et BTEX).

Il n'existe pas de valeur réglementaire pour les sols. A titre indicatif, les teneurs en HCT supérieures à 500 mg/kg sont mises en gras.

Des teneurs inférieures ou égales à 20 mg/kg en HCT caractérisent des sols non pollués.

Données en annexe :

La localisation des points de prélèvement et la cartographie des résultats en HCT dans les sols sont présentées sur le plan en annexe 1.3a.

Les résultats analytiques de l'ensemble des investigations menées sur les sols sont présentés dans les tableaux en annexe 2.

Synthèse des résultats :

Une pollution des sols par hydrocarbures a été identifiée sur plusieurs sondages à proximité immédiate des anciens pipelines, aussi bien au nord qu'au sud de la route RD 94.

La pollution a été identifiée entre 1 et 2,5 m de profondeur, avec des teneurs allant de 500 à 5 000 mg/kg entre 1 et 1,5 m de profondeur et de 1000 à ponctuellement 35 000 mg/kg entre 1.5 et 2.5 m de profondeur.

Les sols de surface ne sont pas impactés (les analyses de GRS en 1997 n'ont pas été confirmées ; des phénomènes de biodégradation peuvent expliquer que 10 ans plus tard aucune trace d'hydrocarbures n'a été retrouvée en surface).

La zone de pollution résiduelle impactée par des hydrocarbures (teneurs supérieures à 20 mg/kg en HCT) est schématisée sur le plan en annexe 1.4. Elle couvre une superficie d'environ 200 m².

Les limites de cette zone ont été déterminées en utilisant une interpolation de type Radial Basis Fonction à l'aide du logiciel SURFER à partir des valeurs mesurées (résultats d'analyses d'échantillons de terrain).

3.3 ETAT RESIDUEL DE LA NAPPE

Des prélèvements d'eau de la nappe ont été effectués en fond de fouille au droit de plusieurs sondages dans la zone impactée par les sols et en périphérie, lors du diagnostic de 2000, ainsi qu'en aval hydraulique de la zone de pollution (sondage GB-S8) en 2007.

La localisation des points de prélèvement et la synthèse des résultats sont indiquées sur le plan en annexe 1.3b.

Le tableau des résultats d'analyses dans la nappe au droit de la zone est joint en annexe 2.

La présence de fortes teneurs en hydrocarbures sous forme dissoute dans la partie superficielle de la nappe a été détectée au niveau des sondages présentant également de fortes teneurs en hydrocarbures dans les sols. En aval hydraulique de la zone polluée, aucun hydrocarbure dissous n'a été détecté dans la nappe.

Il semble que la contamination identifiée dans les sols ne soit pas ou peu mobile, ce qui est cohérent avec le type d'hydrocarbures retrouvés dans les sols et tous les essais effectués sur les terrains de la raffinerie (située à quelques kilomètres au nord) avec des terrains très semblables qui ont montré une quasi-absence de mobilité des HC en surface de la nappe et un très fort gradient (à la baisse) de la teneur en HCT avec la profondeur.

En synthèse, une pollution de la nappe en surface, constatée par de fortes teneurs en hydrocarbures dissous, est identifiée de manière très localisée au niveau de la zone de pollution des sols. Aucune migration en aval n'est constatée.

3.4 QUALITE DES VEGETAUX CULTIVES SUR LA ZONE

Des échantillons de maïs cultivé dans le champ au droit de la zone impactée et un échantillon prélevé dans un champ éloigné (échantillon blanc-témoin) ont été analysés (HCT, HAP, BTEX). Le tableau des résultats d'analyses est joint en annexe 2.

Les analyses réalisées en août 2011 montrent des résultats similaires entre l'échantillon de maïs cultivé sur la zone et l'échantillon blanc. Un bruit de fond en HCT est relevé, probablement dû à des interférences entre des composés naturellement présents dans le végétal et l'analyse normée des HCT.

Par ailleurs, un autre échantillon de maïs prélevé sur une autre zone de pollution résiduelle (même type de contamination) située à quelques kilomètres n'avait pas montré de pollution.

Ces éléments amènent à considérer que le maïs cultivé sur la zone n'est pas impacté de manière avérée par les hydrocarbures résiduels contenus dans les sols.

Notons que l'étude de compatibilité du site (cf. chapitre suivant et annexe 3) a pris en compte, dans une approche majorante, les résultats d'analyses de maïs (même si ces analyses reflètent probablement la présence de composés naturels et non pas d'hydrocarbures pétroliers).

4 OPTIONS POSSIBLES

Cette zone a fait en 1978, (date de la fuite de fioul) d'après le rapport du BRGM (mandaté pour examiner les travaux entrepris et les conséquences de la pollution), l'objet d'une réhabilitation par excavation des terres polluées et un pompage de la nappe. La pollution résiduelle est très localisée plutôt sous formes de « pépites » de terres polluées avec une nappe polluée par endroit en surface.

4.1 DESCRIPTION DES OPTIONS ENVISAGEES

- La reprise des terres contaminées et le traitement en biocentre (puisque la pollution résiduelle est faible). Ceci conduirait à excaver la zone sur une surface de l'ordre de 8 m x 8 m d'un côté de la RD94 et de 10 m x 5 m de l'autre côté de la RD94 sur environ 2 m de profondeur, soit un volume de l'ordre de 230 m³ de terre correspondant à environ 415 tonnes de terre, puis à combler l'excavation avec des matériaux propres et de la terre végétale. Dans ce scénario, il n'est pas prévu d'excaver sous la route et ailleurs il resterait des terres dont la pollution serait inférieure à 500 mg/kg de MS. L'excavation serait mise à profit pour pomper les quelques traces d'hydrocarbures.
- Les traitements in-situ ne sont pas vraiment possibles en raison de la nature lourde des hydrocarbures et de la faible quantité d'hydrocarbures présente.
- Laisser la zone en l'état.

4.2 COMPARAISON DES OPTIONS

Le bénéfice de la première solution (excavation) serait d'éliminer une partie de la pollution, en laissant toutefois une pollution résiduelle (certes plus réduite), notamment sous la route RD 94. La nappe qui est peu polluée continuerait d'être impactée légèrement en surface. Le coût serait par ailleurs supérieur à 45 000 euros.

Faire un traitement in situ est généralement long et encombrerait la zone, l'efficacité d'un tel traitement est de plus très limité au vu de la nature des hydrocarbures.

Maintenir la zone telle quelle, permet de ne pas revenir sur une zone qui a déjà été perturbée par l'enlèvement des pipes (les cultures sont maintenant revenues à leur état antérieur). Par ailleurs, la pollution résiduelle n'induit aucun inconvénient sur l'usage actuel (voir chapitre 5). La situation peut être considérée comme stable 35 ans après la fuite. Il n'y a pas d'impact en aval immédiat.

4.3 DECISION

Compte tenu des avantages et inconvénients de chacune des options, RS souhaite donc maintenir le statu quo et laisser la zone en l'état. Bien sûr, cette décision tient compte (voir chapitre 5) de la compatibilité de l'usage actuel du site avec la pollution résiduelle, des conclusions du BRGM qui, à l'époque, avait considéré que les travaux de réhabilitation réalisés étaient suffisants, et aussi de l'absence de demandes depuis 1978 des autorités concernées (la commune notamment). Au surplus, l'atténuation naturelle, même si elle n'est pas très importante sur ce genre de produit (hydrocarbures moyens à lourds), ne peut aller que dans le bon sens.

5 COMPATIBILITE DU SITE

La compatibilité des usages actuels de la zone et de son environnement avec la pollution résiduelle est évaluée par le biais d'une évaluation des risques sanitaires.

Cette évaluation est présentée en annexe 3.

Dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires trois étapes principales sont réalisées :

- élaboration du schéma conceptuel, permettant d'identifier les impacts potentiels des milieux par rapport aux pollutions résiduelles,
- évaluation de la qualité des milieux potentiellement impactés, via les analyses réalisées directement dans les milieux ou via des modélisations de transfert de pollution vers les milieux,
- évaluation de la compatibilité par :
 - o comparaison des teneurs dans les milieux avec les valeurs de référence (normes, valeurs guide),
 - o en l'absence de valeurs de référence, évaluation quantitative des risques via les grilles de calcul proposées par le MEDDTL et comparaison avec les limites d'acceptabilités également proposées par le MEDDTL (Ministère de Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement).

La synthèse du schéma conceptuel et de l'évaluation de la compatibilité est présentée dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Synthèse du schéma conceptuel et des résultats de l'évaluation des risques sanitaires

Milieu source	Voies de transfert	Milieux d'exposition	Enjeux principaux	Voies d'exposition principales	Evaluation de la compatibilité
Sol résiduel sur la zone (HCT)	envol de poussières	air extérieur	Agriculteurs sur la zone	inhalation de poussières	Compatible Risque nul : les sols de surface ne sont pas impactés
	bioconcentration	Végétaux cultivés (maïs)	consommateurs du maïs agriculteurs sur la zone	ingestion de végétaux (maïs)	Compatible Pas d'impact supplémentaire de la pollution sur le maïs. De plus risque (évalué par grille de calcul) largement inférieur aux limites d'acceptabilité.
	migration verticale	eau souterraine	impact sur les eaux souterraines sur la zone puis migration en aval	ingestion d'eau irrigation	Compatible Risque nul Sur la zone : aucun usage des eaux souterraines. En aval immédiat : les teneurs des substances analysées dans l'eau de la nappe sont inférieures aux seuils de détection En aval lointain : pas de captage AEP et pas d'impact compte tenu de l'absence d'impact en aval immédiat
	dégazage	air extérieur	Agriculteurs sur la zone	inhalation d'air sur la zone	Compatible Risque largement inférieur aux limites d'acceptabilité : évalué par modélisation de dégazage des sols vers l'air puis par grille de calcul.
Eau souterraine	dégazage	air extérieur	Agriculteurs sur la zone	inhalation d'air sur la zone	Compatible Risque largement inférieur aux limites d'acceptabilité : évalué par modélisation de dégazage de la nappe vers l'air puis par grille de calcul.

L'évaluation des risques sanitaires montre que **l'usage actuel de la zone et de son environnement est compatible avec la pollution résiduelle.**

6 PRECAUTIONS EN CAS DE TRAVAUX OU DE CHANGEMENT D'USAGE DES SOLS ET /OU DE LA NAPPE

Compte tenu de la pollution résiduelle des sols et de la nappe sur la zone de la route de la Digue, des précautions sont recommandées en cas de changement d'usage des sols et/ou de la nappe. Aucune recommandation particulière n'est émise dans le cadre de l'usage actuel, l'évaluation des risques sanitaires ayant montré que l'usage actuel était compatible avec la pollution résiduelle.

6.1 DELIMITATION DE LA ZONE D'ATTENTION ET PARCELLES CONCERNEES

Les contours de la zone d'attention ont été tracés de manière à englober la zone impactée et en prenant une marge de sécurité dans les directions où la zone de pollution résiduelle n'est pas parfaitement cernée. Cette zone d'attention couvre une surface d'environ 300 m².

Les contours de la zone d'attention sont indiqués sur les plans en annexes 1.4 et 1.5, (sur fond de plan parcellaire).

Les parcelles concernées par la zone d'attention sont listées dans le tableau suivant. Toutes les précautions, précisées au chapitre suivant, sont recommandées sur ces parcelles, du moins sur les parties des parcelles comprises dans la zone d'attention définie.

Tableau 3 : Parcelles concernées par la zone d'attention

Commune	Section	Numéro	Usage actuel de la parcelle recoupant la zone d'attention
Gamsheim	17	419 (anciennement parcelle 66)	Agricole (champ de maïs)
Gamsheim	17	384 (anciennement parcelle 22)	Route RD 94
Gamsheim	17	356 (anciennement parcelle 203)	Agricole (champ de maïs)
Gamsheim	17	205	Agricole (champ de maïs)

6.2 PRECAUTIONS RECOMMANDEES

Nous recommandons à la société Raffinerie de Strasbourg d'informer le préfet des recommandations suivantes, sur la zone d'attention :

Précautions relatives à l'usage de la nappe :

- Ne pas utiliser la nappe
- En cas de souhait d'utilisation de la nappe, réalisation au préalable par le futur utilisateur d'une nouvelle étude d'évaluation des risques afin de vérifier la compatibilité de l'usage prévu avec la qualité de la nappe.

Précautions en cas de changement d'usage des sols :

- Mise en œuvre par l'auteur du changement d'usage d'une nouvelle étude préalable d'évaluation des risques en cas de modification de l'usage agricole, afin de vérifier la compatibilité de l'usage prévu avec la qualité des sols.

Précautions en cas de modification des aménagements :

- Mise en œuvre par le promoteur d'un nouvel aménagement ou de modification des aménagements existants d'une nouvelle étude d'évaluation des risques. Dans l'hypothèse où ces aménagements concernent l'installation de canalisations d'eau potable, il est conseillé d'isoler ces canalisations des terres en place (précaution à préciser dans la nouvelle étude).

Précautions en cas de travaux souterrains :

- Gérer les terres et assurer la sécurité des travailleurs par l'auteur des travaux souterrains en cas de travaux sur la zone d'attention :

Gestion des terres :

- garantir la gestion des terres : si des terres présentant une pollution résiduelle sont mises en évidence, une fois excavées, elles devront être envoyées en filière agréée en fonction de leur degré de contamination,
- veiller à ce que des terres présentant une pollution résiduelle ne soient pas mises en surface.

Protection des travailleurs : dans le cadre des travaux d'aménagement ou autres travaux, les travailleurs pourraient être en contact avec des sols ou des bétons pollués.

Lors d'excavations, il convient de noter que les travailleurs pourraient être en contact avec les substances volatiles mais également avec celles qui ne le sont pas, via les poussières.

Les travailleurs devront se munir des équipements de protection individuelle (EPI) adaptés.

A titre d'information, les éléments détaillés sont présentés dans le document suivant :
« protection des travailleurs sur les chantiers de réhabilitation de sites industriels pollués »
Co-éditions ADEME/INRS réf. ED 866- juin 2002- nouvelle édition.

7 CONCLUSION

Contexte

SITA Remédiation est intervenue au courant de l'année 2007 dans le démantèlement (ou l'inertage au béton selon les tronçons) de deux pipelines (8 et 10 pouces) reliant la raffinerie de Strasbourg à Herrlisheim jusqu'au Poste gaz de La Wantzenau. Dans le cadre de ces travaux, des prélèvements de sols ont été réalisés tout le long du parcours.

A l'issue des analyses en laboratoire et au regard des indices organoleptiques observés sur le terrain pendant les travaux, quatre zones ont été identifiées comme présentant une pollution résiduelle. Une de ces zones est située à Gamsheim, au nord et au sud de la route RD 94.

Ces zones ont alors fait l'objet d'investigations complémentaires par SITA Remédiation, dans le but de mieux caractériser les pollutions résiduelles et évaluer leur impact sur les milieux environnants.

A la demande de la Société Raffinerie de Strasbourg (RS), SITA Remédiation a été mandatée pour réaliser une étude visant à :

- faire une synthèse historique sommaire,
- présenter les caractéristiques de la pollution résiduelle constatée sur la zone étudiée (synthèse des diagnostics environnementaux et des travaux réalisés),
- préciser si cette situation est acceptable d'un point de vue sanitaire pour l'usage de la zone,
- détailler les précautions à prendre pour tous les travaux souterrains futurs ou tout changement d'usage des sols et/ou de la nappe,
- servir de document de référence pour la conservation de la mémoire.

Le présent rapport répond à cette demande, pour ce qui **concerne la zone de la route RD 94.**

Caractéristiques de la pollution résiduelle

Plusieurs campagnes d'investigations ont été menées sur cette zone, dont une lors du démantèlement des pipelines. Il a ainsi été mis en évidence :

- une contamination des sols aux hydrocarbures entre 1 et 1.5 m de profondeur avec des teneurs de l'ordre de 500 à 5000 mg/kg d'hydrocarbures et entre 1,5 et 2.5 m de profondeur avec des teneurs comprises entre 1 000 et 35 000 mg/kg (ponctuellement),
- l'absence d'impact sur les sols de surface,
- une contamination très localisée des eaux de la nappe au niveau de la zone contaminée dans les sols, mais l'absence d'impact en aval immédiat,
- l'absence d'impact avéré de la pollution résiduelle sur le maïs cultivé dans le champ sur la zone.

La zone d'étude couvre une superficie d'environ 700 m². Au sein de cette zone d'étude, la zone résiduelle impactée au niveau des sols (teneurs supérieures à 20 mg/kg en hydrocarbures totaux) et de la nappe concerne une surface inférieure à 200 m².

Compatibilité de l'usage actuel de la zone et de son environnement avec la pollution résiduelle

La zone de pollution résiduelle concerne une route (RD94) et une partie de terrains agricoles où est cultivé du maïs. La nappe n'est pas utilisée sur la zone.

Une évaluation des risques sanitaires a été réalisée pour évaluer si la présence de pollution résiduelle est acceptable d'un point de vue sanitaire.

Cette évaluation montre que l'usage de la zone et de son environnement est compatible avec la pollution résiduelle.

Recommandations

Compte tenu de la pollution résiduelle des sols et de la nappe sur la zone de la route RD 94, des précautions sont recommandées en cas de changement d'usage des sols et/ou de la nappe.

Ces précautions sont préconisées sur une zone dite zone d'attention d'environ 300 m², qui englobe la zone de pollution résiduelle. Les parcelles concernées par la zone d'attention et le détail des précautions sont précisés au chapitre 6.

Cette étude a été menée sur la base des connaissances actuelles de l'état de la zone considérée, de l'usage actuel de la zone et de l'état de l'art en matière d'évaluation des risques sanitaires.

Le contenu et les conclusions de ce rapport doivent toujours être compris et interprétés dans les limites détaillées dans le document intitulé "Engagements et responsabilités en matière d'études" figurant en annexe 4 du présent rapport.

ANNEXES

ANNEXE 1

PLANS

Annexe 1.1 : Localisation de la zone de la route RD 94 sur fond de plan IGN

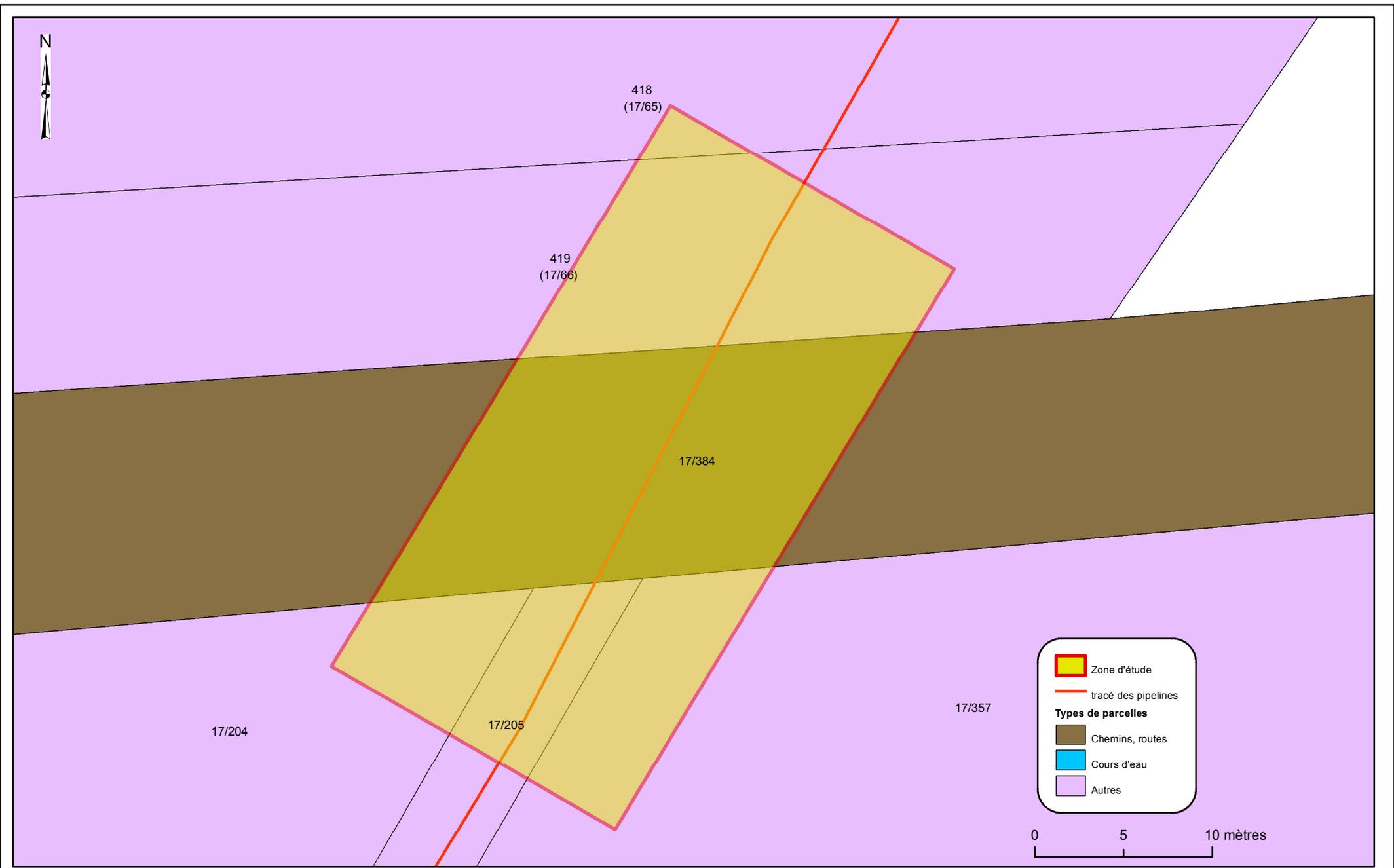
Annexe 1.2 : Localisation de la zone d'étude sur fond de plan parcellaire

Annexe 1.3a : Localisation des investigations et résultats (sols)

Annexe 1.3b : Localisation des investigations et résultats (nappe)

Annexe 1.4 : Interprétation de la zone de pollution résiduelle et contour de la zone d'attention

Annexe 1.5 : Contour de la zone d'attention sur fond de plan parcellaire

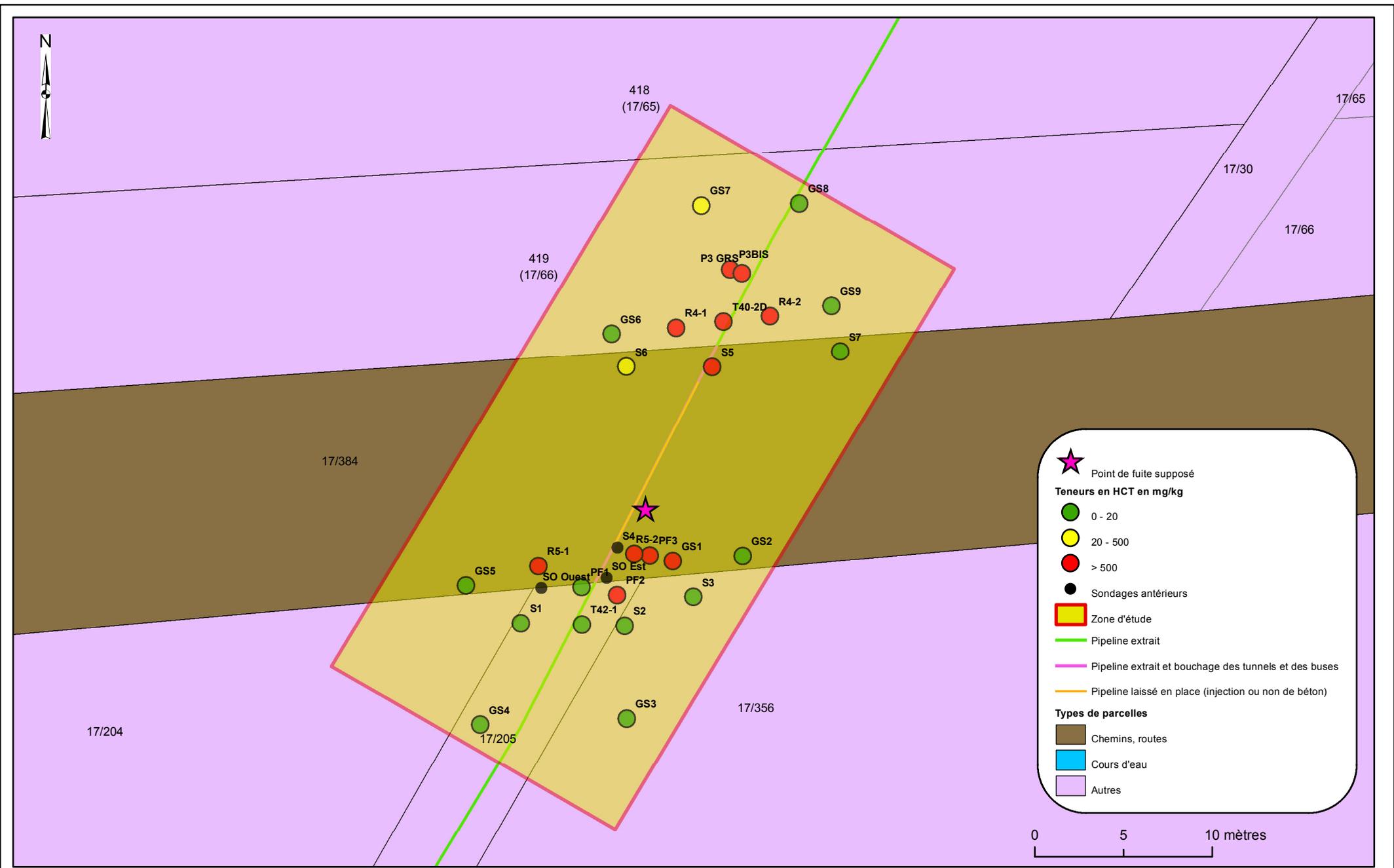


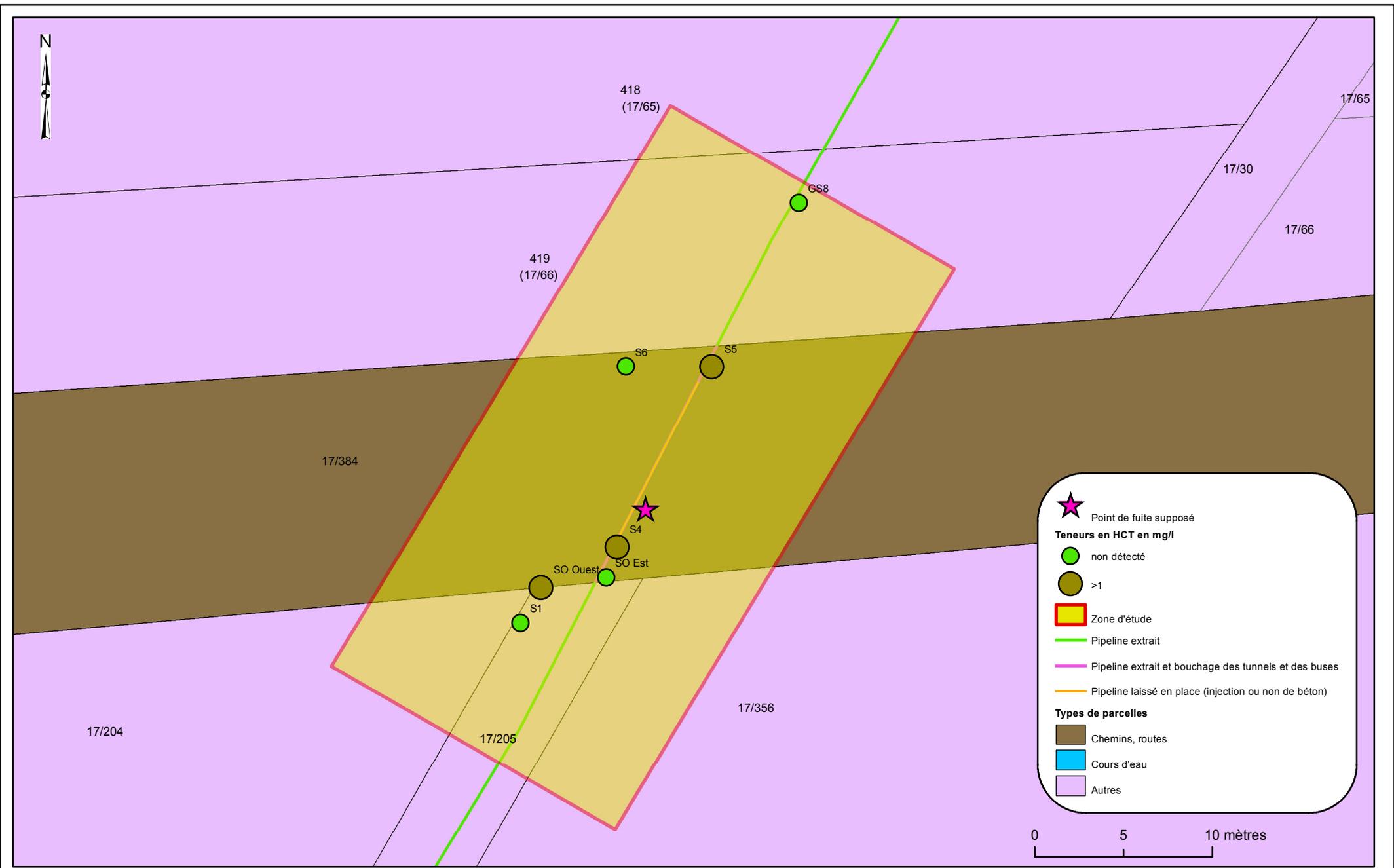
Zone de la RD94 à Gamsheim - Localisation de la zone d'étude sur fond de plan parcellaire

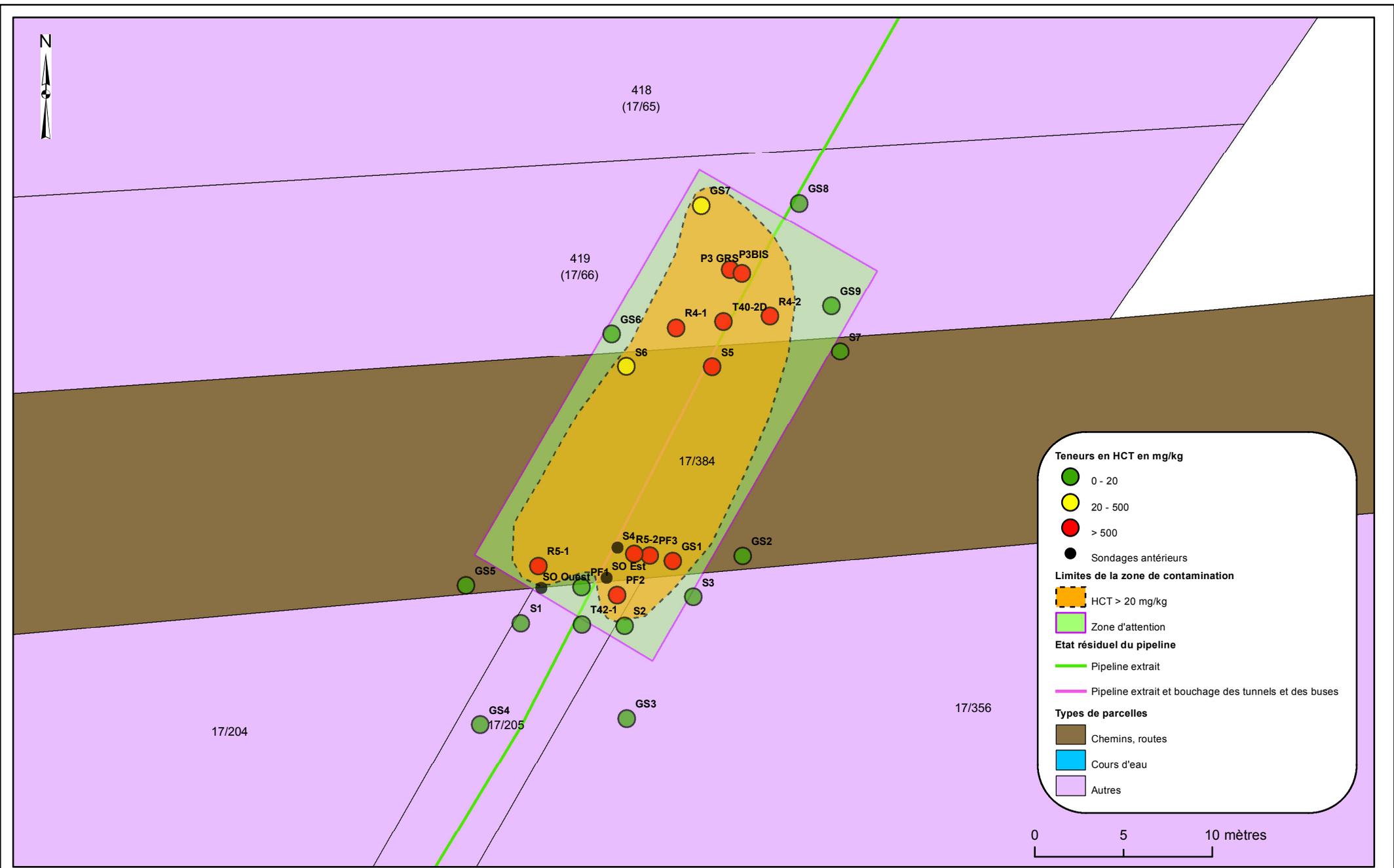
SITA REMEDIATION

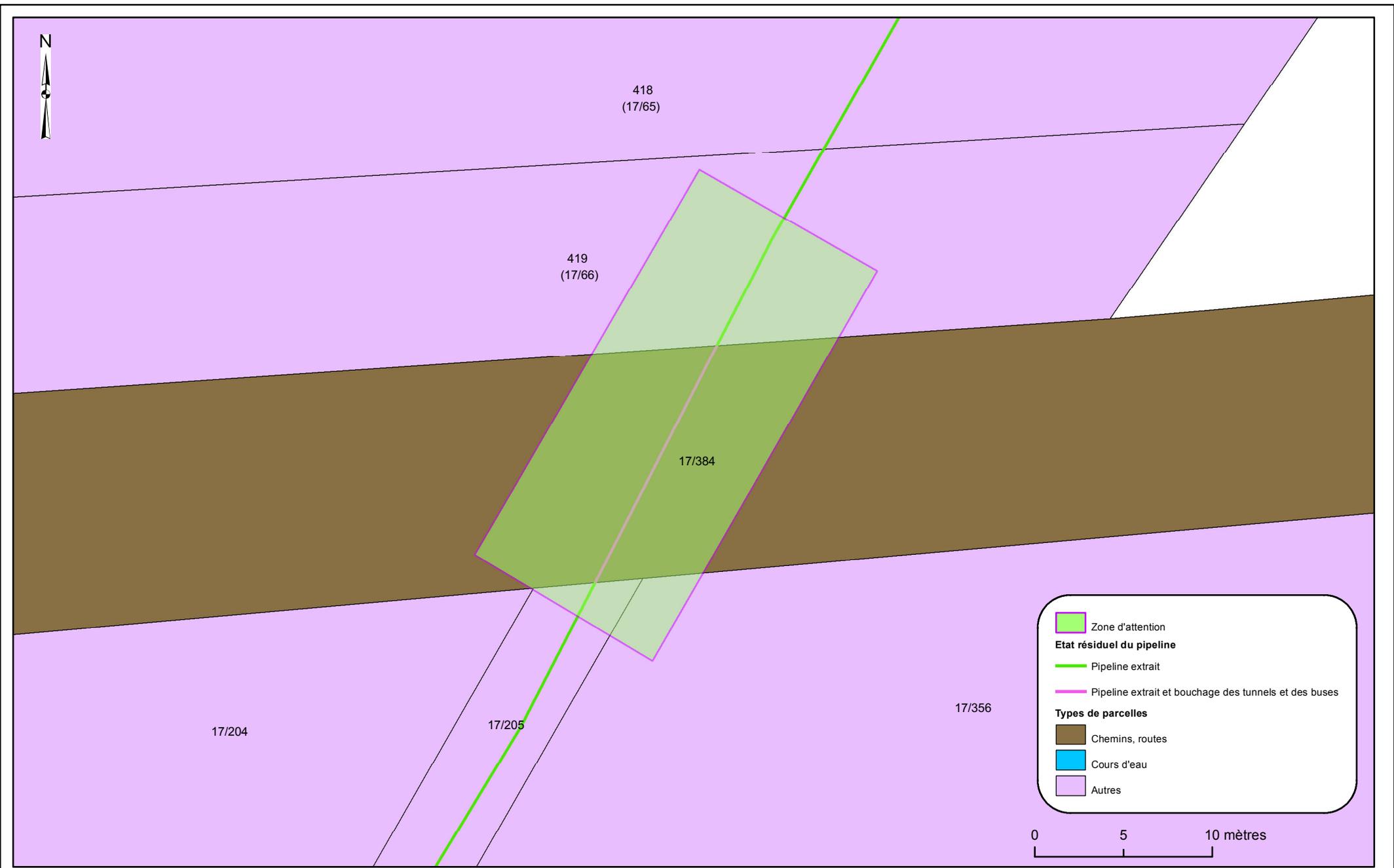
RAFFINERIE DE STRASBOURG - GAMBSHEIM (67)

ANNEXE : 1.2









ANNEXE 2

RESULTATS D'ANALYSES DE SOLS, D'EAU SOUTERRAINE ET DE VEGETAUX

Analyses de sols – 1/2

Sondage - profondeur		P3- 0.6 m (diag. GRS Valtech)	P3- 0.9 m (diag. GRS Valtech)	SURFACE GAMBSHEIM	P3 bis-0.6m	P3 bis-1m	PF1-2.3m	PF2-2.5m	PF3-2.5m	S1-2.5m	S2-2.5m	S3-2.5m	S5 2m	S5 2.5m	S6 2m	S7 2.5m	Critère acceptation ISDI	
date d'intervention		1997	1997	déc-07	juin-08			août-00										
matière sèche	% massique			80,6														
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS																		
benzène	mg/kg MS			<0.05														
toluène	mg/kg MS			<0.05														
éthylbenzène	mg/kg MS			<0.05														
xylènes	mg/kg MS			<0.05														
BTEX total	mg/kg MS			<0.2													6	
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES																		
acénaphène	mg/kg MS			<0.02														
acénaphylène	mg/kg MS			<0.02														
anthracène	mg/kg MS			0,02														
benzo(a)anthracène	mg/kg MS			0,21														
benzo(a)pyrène °	mg/kg MS			0,21														
benzo(b)fluoranthène **	mg/kg MS			0,29														
benzo(ghi)peryène **	mg/kg MS			0,15														
benzo(k)fluoranthène **	mg/kg MS			0,12														
chrysène	mg/kg MS			0,2														
dibenzo(ah)anthracène	mg/kg MS			0,03														
fluoranthène °	mg/kg MS			0,43														
fluorène	mg/kg MS			<0.02														
indéno(1,2,3-cd)pyrène **	mg/kg MS			0,15														
naphtalène	mg/kg MS			<0.02														
phénanthrène	mg/kg MS			0,11														
pyrène	mg/kg MS			0,33														
HAP totaux	mg/kg MS			2,25													50	
HYDROCARBURES TOTAUX																		
fraction C10-C12	mg/kg MS			<5														
fraction C12-C22	mg/kg MS			<5														
fraction C22-C30	mg/kg MS			<5														
fraction C30-C40	mg/kg MS			<5														
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	9 500	2 100	<20	482	606	<25	17 694	35 126	<25	<25	<25	3 817	266	30	<25	500	

Analyses de sols – 2/2

Sondage - profondeur		R4-1 1m	R4-2 1m	R5-1 1m	R5-2 1m	T40-2D 1.5m	T40-2D 2m	T42-1 1.2m	GB S1-2,4m	GB S2-3m	GB S3-2,7m	GB S4-3m	GB S5-2,8m	GB S6-2,8m	GB S7-2,8m	GB S8-2,8m	GB S9-2,9m	Critère acceptation ISDI	
date d'intervention		août-01				août-07			déc-07										
matière sèche	% massique								75,2	97,2	72,9	70,8	94,5	97,5	91,6	95,7	95		
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS																			
benzène	mg/kg MS					<0.1	<0.1	<0.1	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
toluène	mg/kg MS					<0.1	<0.1	<0.1	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
éthylbenzène	mg/kg MS					<0.1	0,15	<0.1	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
xylènes	mg/kg MS					<0.1	0,45	0,61	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
BTEX total	mg/kg MS								<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	6
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES																			
acénaphène	mg/kg MS								0,14	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
acénaphylène	mg/kg MS								0,04	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
anthracène	mg/kg MS								0,03	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
benzo(a)anthracène	mg/kg MS								<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
benzo(a)pyrène °	mg/kg MS								<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
benzo(b)fluoranthène °	mg/kg MS								<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
benzo(ghi)peryène °	mg/kg MS								<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
benzo(k)fluoranthène °	mg/kg MS								<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
chrysène	mg/kg MS								<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
dibenzo(ah)anthracène	mg/kg MS								<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
fluoranthène °	mg/kg MS								0,04	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
fluorène	mg/kg MS								0,3	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
indéno(1,2,3-cd)pyrène °	mg/kg MS								<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
naphtalène	mg/kg MS								0,12	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
phénanthrène	mg/kg MS								0,58	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
pyrène	mg/kg MS								0,06	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
HAP totaux	mg/kg MS								1,31	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	<sd	50
HYDROCARBURES TOTAUX																			
fraction C10-C12	mg/kg MS								150	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	
fraction C12-C22	mg/kg MS								930	<5	<5	<5	<5	<5	20	<5	<5	<5	
fraction C22-C30	mg/kg MS								250	<5	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	<5	
fraction C30-C40	mg/kg MS								90	<5	<5	<5	<5	<5	5	<5	<5	<5	
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	920	2 400	3 400	570	5 000	8 400	<100	1 400	<20	<20	<20	<20	<20	35	<20	<20	<20	500

Analyses d'eau souterraine

Date d'intervention								Valeurs réglementaires française		Valeurs Guide OMS	
	S1 fond de fouille	S0 Est fond de fouille	S0 Ouest fond de fouille	S4 fond de fouille	S5 fond de fouille	S6 fond de fouille	GS8	Eaux brutes**	Eau potable*	Eau potable	
	2000							2007			
HYDROCARBURES TOTAUX											
fraction C10-C12	µg/l						<10				
fraction C12-C22	µg/l						<10				
fraction C22-C30	µg/l						<10				
fraction C30-C40	µg/l						<10				
hydrocarbures totaux C10-C40	µg/l	<10	<10	26 900	2 240	16 000	<10	<50	1 000		

Analyses de végétaux cultivés sur la zone (maïs)

Echantillons	Maïs	Maïs 2	Maïs 3 (blanc)	
Date d'intervention	11/07/2011	22/08/2011		
HYDROCARBURES TOTAUX				
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg	241	53,5	32,2
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES				
Acénaphène	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01
Acénaphthylène	mg/kg	<0,1	<1	<1
Anthracène	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)anthracène	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pyrène	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01
Chrysène	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranthène	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01
Fluorène	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01
Naphtalène	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01
Phénanthrène	mg/kg	0,014	<0,01	<0,01
Pyrène	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01
Somme 16 HAP	mg/kg	0,014	<sd	<sd
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS				
Benzène	mg/kg	<0,25	<0,03	<0,03
Toluène	mg/kg	<0,25	<0,03	<0,03
Ethylbenzène	mg/kg	<0,25	<0,03	<0,03
m,p-xylènes	mg/kg	<0,25	<0,03	<0,03
o-xylène	mg/kg	<0,25	<0,03	<0,03
Somme BTEX	mg/kg	<sd	<sd	<sd

ANNEXE 3

EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

Annexe 3.1 : Définition de l'évaluation des risques sanitaires

Annexe 3.2 : Propriétés physico-chimiques

Annexe 3.3 : Données toxicologiques

Annexe 3.4 : Modèle de dégazage dans RISC

Annexe 3.5 : Feuilles de calculs de risques

Annexe 3.1 - Définition de l'évaluation des risques sanitaires

1 OBJECTIF ET METHODOLOGIE DE L'EVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

La démarche de cette étude s'appuie sur la méthodologie proposée dans la circulaire du 8 février 2007.

L'objectif de cette évaluation des risques est :

- de s'assurer que les milieux sont compatibles avec les usages constatés,
- dans le cas contraire, de proposer éventuellement les mesures de gestion à mettre en place pour rétablir ou garantir cette compatibilité.

Les différentes étapes sont les suivantes :

Caractéristiques des substances (chapitre 2)

Il s'agit d'un recensement des propriétés physico-chimiques, toxicologiques, et des valeurs de gestion réglementaires pour les substances identifiées. Ces données sont utilisées pour le schéma conceptuel et pour l'évaluation des risques.

Schéma conceptuel (chapitre 3)

Le schéma conceptuel synthétise les données acquises relatives au recensement et aux caractéristiques des substances résiduelles, des facteurs favorisant le transfert des substances et des enjeux à protéger. Les scénarios d'exposition sont identifiés et une évaluation qualitative des risques est faite, sur la base de l'importance des sources, des voies de transfert et de la sensibilité des cibles.

Evaluation de la qualité des milieux (chapitre 4)

Les concentrations dans les différents milieux d'exposition identifiés dans le schéma conceptuel (air, eau, végétaux...) sont soit évaluées à partir de mesures directes soit estimées à partir de modèles de transfert (sol vers air, eau vers végétaux, ...).

Comparaison aux valeurs réglementaires disponibles (chapitre 5)

Les teneurs dans les milieux d'exposition sont comparées avec les valeurs réglementaires associées, avec les valeurs de bruit de fond (pour les métaux, non concernés dans le cas présent). Ainsi, dans le cas présent, les teneurs estimées ou mesurées dans chaque milieu sont comparées aux valeurs réglementaires existantes.

Evaluation quantitative des risques selon les grilles de calcul (chapitre 6)

Pour les substances ne possédant pas de valeurs réglementaires, un calcul du risque est effectué par les grilles de calcul proposées dans les textes de février 2007. Les résultats sont ensuite comparés aux intervalles d'acceptabilité précisés également dans les textes de février 2007.

Analyse des incertitudes (chapitre 7)

Elle a pour objectif d'étudier l'influence des paramètres et des hypothèses pris en compte dans les calculs.

Conclusion (chapitre 8)

2 CARACTERISTIQUES DES SUBSTANCES

2.1 PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES SUBSTANCES

Les propriétés physico-chimiques des différentes substances ont été définies à partir de bases de données nationales et internationales. L'ensemble des données est fourni en annexe 3.2.

Quelques propriétés sont à remarquer :

- *La tension de vapeur* : elle indique la tendance d'un composé à être volatilisé depuis sa phase libre. Plus la pression de vapeur est importante, plus il pourra être volatilisé. A titre indicatif, une pression de vapeur supérieure à 1 mm Hg indique une forte tendance à la volatilisation ; si elle est inférieure à 10^{-3} mm Hg, le composé aura une faible tendance à la volatilisation.
- *La constante de Henry* : elle indique la tendance d'un composé à être volatilisé à partir d'une solution aqueuse (phase dissoute). Plus la constante est élevée, plus le composé est volatil. A titre indicatif, une constante de Henry supérieure à 4.10^{-2} indique une forte tendance à la volatilisation, tandis qu'une constante inférieure à 4.10^{-4} indique une faible tendance à la volatilisation.
- *Le coefficient d'adsorption* : le coefficient de partition octanol-eau, Kow indique la tendance du composé à être adsorbé sur les particules solides ou la matière organique. Le coefficient d'adsorption sur la matière organique, Koc, indique la tendance du composé à être adsorbé sur la matière organique spécifiquement. Plus ces valeurs sont importantes, plus le composé est adsorbable.

2.2 TOXICOLOGIE DES SUBSTANCES

Nous avons recherché les informations suivantes, pour chaque substance détectée au droit de la zone :

- l'identification du potentiel dangereux des substances : effets toxiques aigus, chroniques, effets cancérogènes.
- l'évaluation de la relation dose-effet qui a pour but de définir une relation quantitative entre la dose ou concentration administrée ou absorbée et l'incidence de l'effet délétère. On recherche les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) :
 - pour les substances non cancérogènes, les effets néfastes apparaissent à partir d'une certaine concentration d'exposition. On recherche les VTR qui correspondent à des niveaux d'exposition sans risque appréciable d'effets néfastes pour l'homme.
 - pour les substances cancérogènes, il n'y a pas de niveau d'exposition sans risque, il y a ainsi danger dès la première dose d'exposition. On recherchera les valeurs des Excès de Risque Unitaire (ERU), qui font la relation entre le niveau d'exposition et le risque de développer l'effet cancérogène.

Pour chaque substance, le choix des VTR retenues pour les calculs de risque est basé sur une démarche proposée par la circulaire DGS/SD.7B n° 20 06-234 du 30 mai 2006 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence :

- 6 bases de données sont consultées : USEPA-IRIS, OMS/IPCS, ATSDR, RIVM, OEHHA et Santé Canada. Les 3 premières étant considérées comme plus fiables,
- pour les substances à effets de seuil, la sélection se fait selon la hiérarchisation suivante : USEPA puis ATSDR puis OMS/IPCS puis Health Canada, RIVM et OEHHA,
- pour les substances à effets sans seuil, on consultera successivement USEPA puis OMS/IPCS, RIVM et OEHHA.

On trouvera en annexe 3.3 les Valeurs Toxicologiques de Référence des substances pour la voie inhalation (seule voie d'exposition, cf. chapitre 3).

2.3 VALEURS DE REFERENCE DANS L'AIR AMBIANT

Pour le milieu d'exposition « air ambiant » (cf. chapitre 3), les valeurs réglementaires recherchées sont celles relatives à l'air pour la population générale.

France :

- Décret n°2002-213 du 15 février 2002 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de la qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites.
- Décret n°2003-1085 du 12 novembre 2003 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de la qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites.

Union européenne :

- Directive 2000/69/CE du 16 novembre 2000 concernant les valeurs limites pour le benzène et le monoxyde de carbone dans l'air ambiant (CE, 2000),
- Directive 2004/107/CE du conseil du 15 décembre 2004 concernant l'arsenic, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques dans l'air ambiant (CE, 2004),

Organisation mondiale de la santé :

- Air Quality Guidelines for Europe - seconde édition - OMS – 2000.

2.4 VALEURS DE REFERENCE DANS LES SOLS

Il n'existe pas de valeur réglementaire pour les sols.

2.5 VALEURS DE REFERENCE DANS LES VEGETAUX

Il n'existe pas de valeur réglementaire sur les denrées alimentaires concernant les substances détectées dans les échantillons de maïs.

3 SCHEMA CONCEPTUEL

3.1 SOURCES

Les différentes phases d'investigations ont mis en évidence :

- dans les sols de surface, un impact en HCT important révélé en 1997, au droit d'un seul sondage, mais qui n'a pas été confirmé par les analyses de 2007 et 2008
- dans les sols sous-jacents, un impact faible à modéré en HCT et, de façon très localisée, un impact plus important.
- Dans la nappe, en surface, un impact localisé en HCT, non constaté en aval de la zone de pollution des sols
- Dans le maïs cultivé sur la zone, la présence d'hydrocarbures révélée en juillet 2011. Les analyses d'août 2011 n'ont pas confirmé les teneurs mesurées en juillet 2011 et n'ont pas montré de différence significative avec du maïs cultivé en dehors de la zone de pollution résiduelle. Il est probable que l'analyse normée HCT réponde à des composés présents naturellement des les végétaux (de type terpènes par exemple).

3.2 VOIES DE TRANSFERT – VOIES D'EXPOSITION

Les voies de transfert des sources résiduelles vers les milieux environnementaux sont :

- le dégazage des hydrocarbures depuis les sols et la nappe vers l'air ambiant extérieur au droit de la zone.

Par principe de précaution, les voies de transfert suivantes sont retenues pour les calculs de risque :

- envol de poussière via les sols de surface (en considérant les premiers résultats d'analyses de GRS, même s'ils n'ont pas été confirmés par la suite)
- bioaccumulation dans les épis de maïs (en considérant les premiers résultats d'analyses en juillet 2011, non confirmés par les analyses d'août 2011).

Le transfert vers les eaux souterraines en aval par migration latérale est considéré comme nul, compte tenu des résultats d'analyses dans la nappe en aval et de la faible mobilité de hydrocarbures reconnue dans ces terrains.

3.3 SCHEMA CONCEPTUEL

Un schéma conceptuel peut être élaboré. Il permet de mettre en évidence les relations entre les sources de pollution du site, les voies de transfert de ces pollutions, les milieux d'exposition et les cibles pouvant être impactées.

Ce schéma se base sur les usages effectivement constatés. Il est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Synthèse des milieux d'exposition et de leur vulnérabilité

Milieux source	Voies de transfert	Milieux d'exposition	Enjeux principaux	Voies d'exposition principales	Evaluation qualitative des risques
Sol résiduel sur la zone (HCT)	envol de poussières	air extérieur	Agriculteurs sur la zone	inhalation de poussières	Risque estimé nul : les sols de surface ne sont pas impactés selon les dernières analyses. Par principe de précaution, les risques sont calculés avec les résultats d'analyses de 1997.
	bioconcentration	Végétaux cultivés (maïs)	consommateurs du maïs agriculteurs sur la zone	ingestion de végétaux (maïs)	Risque estimé nul : Pas d'impact supplémentaire de la pollution sur le maïs selon les analyses d'août 2011. Par principe de précaution, les risques seront toutefois calculés, avec les résultats d'analyses de juillet 2011.
	migration verticale	eau souterraine	impact sur les eaux souterraines sur la zone puis migration en aval	ingestion d'eau irrigation	Risque nul Sur la zone : aucun usage des eaux souterraines. En aval immédiat : les teneurs des substances analysées dans l'eau de la nappe sont inférieures aux seuils de détection En aval lointain : pas de captage AEP et pas d'impact compte tenu de l'absence d'impact en aval immédiat
	dégazage	air extérieur	Agriculteurs sur la zone	inhalation d'air sur la zone	Risque limité L'impact de l'air par dégazage depuis les sols est limité du fait des substances présentes, peu volatiles, et de dégazage en milieu non confiné (air extérieur)
Eau souterraine	dégazage	air extérieur	Agriculteurs sur la zone	inhalation d'air sur la zone	Risque limité L'impact de l'air par dégazage depuis les sols est limité du fait des substances présentes, peu volatiles ou en faibles teneurs et de dégazage en milieu non confiné (air extérieur)

Le **scénario retenu** est donc un agriculteur travaillant sur la zone exposé via l'inhalation d'air suite au dégazage des sols et de la nappe. Les expositions par contact avec des sols de surface, inhalation de poussières des sols de surface et ingestion de maïs sont étudiées également, par principe de précaution.

4 EVALUATION DE LA QUALITE DES MILIEUX

Le milieu d'exposition est l'air extérieur au droit de la zone, par dégazage des sols et de la nappe. Les milieux « sols de surface », « air-poussières » et « maïs cultivé » sont des milieux d'exposition potentiels étudiés au titre du principe de précaution.

Les concentrations des substances dans les milieux air extérieur, sols de surface, poussières dans l'air et végétaux ont été estimées à partir de modèles de transfert ou de mesures directes.

4.1 EVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR

4.1.1 Outil utilisé

Pour déterminer les concentrations dans l'air à l'extérieur dues au dégazage des sols et de la nappe, nous avons effectué les simulations suivantes :

- Dégazage depuis les sols vers l'air à l'extérieur au droit de la zone
- Dégazage depuis la nappe vers l'air à l'extérieur au droit de la zone

Dans le cadre de cette étude nous avons utilisé le logiciel RISC (version 4.59, juin 2001 - cf. [annexe 3.4](#)), pour estimer les concentrations des substances dans l'air ayant transféré par dégazage depuis les sols et la nappe. Les modélisations sont conduites sur la base des équations de Millington and Quirk et de l'équation de Fick. La dilution par le vent est ensuite calculée dans une boîte de taille fixée. La source de pollution est considérée comme infinie (approche majorante).

4.1.2 Substances et concentrations sélectionnées

Nous avons considéré l'état actuel des milieux (sols, nappe). Nous avons pris en compte l'ensemble des substances volatiles détectées dans les sols et la nappe.

Parmi ces substances, nous avons sélectionné celles disposant de valeurs toxicologiques de référence pour la voie inhalation (VTR inhalation) et/ou de valeur réglementaire pour l'air ambiant. Les HAP, excepté le naphthalène, sont très peu volatils, c'est pourquoi seul le naphthalène a été sélectionné pour les calculs de dégazage.

Précision pour les hydrocarbures

Les teneurs en HCT totaux ne peuvent pas être utilisées directement pour les calculs de risque. En effet, les hydrocarbures sont un mélange de nombreuses substances chimiques. Dans les bases de données toxicologiques, il existe des valeurs de référence pour des familles de substances et non pour chaque substance individualisée. Il s'agit alors de connaître la répartition et la concentration de chacune de ces familles d'hydrocarbures.

Les familles de substances se distinguent en fonction :

- du nombre d'atomes de carbone : on parle de coupes d'hydrocarbures : par exemple la dénomination C10-C12 indique les hydrocarbures possédant de 10 à 12 atomes de carbone.
- de la nature chimique : on fait la distinction entre les hydrocarbures aliphatiques (simple chaîne carbonée) et les hydrocarbures aromatiques (possédant un cycle aromatique).

Les hydrocarbures retrouvés sur la zone sont de type fioul-gazole (hydrocarbures transportés dans les pipelines). Nous considérerons donc, d'après la littérature³, une répartition de 75% d'hydrocarbures aliphatiques et 25% d'aromatiques.

Dans une démarche majorante, nous avons considéré les concentrations maximales mesurées.

Les substances et concentrations sélectionnées sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Substances et concentrations sélectionnées pour évaluer la qualité de l'air extérieur

Voies d'exposition	Inhalation de gaz à l'extérieur	
	depuis les sols	depuis la nappe
substances sélectionnées	Concentrations dans les sols (mg/kg_MS)	Concentrations dans la nappe (mg/l)
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS		
benzène	nd	
toluène	nd	
éthylbenzène	0,15	
xylènes totaux	0,61	
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES		
acénaphène	très peu volatil	
acénaphylène	très peu volatil	
anthracène	très peu volatil	
benzo(a)anthracène	nd	
benzo(a)pyrène	nd	
benzo(b)fluoranthène	nd	
benzo(ghi)pérylène	nd	
benzo(k)fluoranthène	nd	
chrysène	nd	
dibenzo(ah)anthracène	nd	
fluoranthène	très peu volatil	
fluorène	très peu volatil	
indéno(1,2,3-cd)pyrène	nd	
naphtalène	0,12	
phénanthrène	très peu volatil	
pyrène	très peu volatil	
HYDROCARBURES TOTAUX		
fraction C10-C12 aliphatique	2634	2,0
fraction C12-C16 aliphatique	17124	13,1
fraction C22-C40 aliphatique	(6586) pas de VTRi ni de valeur air	(5,0) pas de VTRi ni de valeur air
fraction C10-C12 aromatique	878	0,7
fraction C12-C16 aromatique	5708	4,4
fraction C22-C40 aromatique	(2195) pas de VTRi ni de valeur air	(1,7) pas de VTRi ni de valeur air
<i>Total C10-C40</i>	35 126	26,9

sélectionné

nd : non détecté

non volatil : détecté mais non volatil

très peu volatil : détecté mais très peu volatil

VTRi : valeur toxicologique de référence pour l'inhalation

³ PARK HS et SAN JUAN C. (A method for assessing leaching potential for petroleum hydrocarbons release sites : Multi-phase and multi-substance partitioning. The 15th Annual Conference on contaminated soils and water, University of Massachusetts, 18-21 October 1999, 27 p

4.1.3 Paramètres pour estimer les concentrations dans l'air

L'ensemble des paramètres pris en compte pour effectuer les simulations par le modèle de dégazage dans RISC, sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 3 : Valeurs des paramètres pour les simulations de dégazage depuis les sols et la nappe

Paramètres	Vers l'air extérieur	Unité	Origine de la valeur
Caractéristiques de la source			
Porosité totale	0,30	cm ³ /cm ³	Valeur proposée par RISC pour les terrains rencontrés
Contenu en eau	0,18	cm ³ /cm ³	Valeur proposée par RISC pour les terrains rencontrés
Fraction de carbone organique	0,008	g/g	Valeur proposée par RISC pour les terrains rencontrés
Densité	1,7	g/cm ³	Valeur moyenne pour les sols
Epaisseur de la frange capillaire	50	cm	Valeur proposée par RISC pour les terrains rencontrés
Contenu en air dans la frange capillaire	0,005	cm ³ /cm ³	Valeur proposée par RISC pour les terrains rencontrés
Caractéristiques de la zone non saturée			
Distance de la source / surface	- sols : 2,5 m - nappe : 2,5m	m	profondeur des sols les plus impactés et profondeur moyenne de la nappe
Porosité totale	0,30	cm ³ /cm ³	Valeur proposée par RISC pour les terrains rencontrés
Contenu en eau	0,18	cm ³ /cm ³	Valeur proposée par RISC pour les terrains rencontrés
Caractéristiques de l'espace de respiration ("box model") - air			
Hauteur	1,5	m	Hauteur de respiration communément utilisée pour un adulte
Longueur	10	m	longueur moyenne estimée de la zone source
Vitesse du vent	2,8	m/s	vitesse moyenne annuelle du vent dans la région de Strasbourg selon KESSLER et CHAMBRAUD, Météo de la France, 1990

Porosité totale de la zone source

Compte tenu du type de sol présent sur le site (limons) au droit de la source de contamination, la porosité totale est de l'ordre de 30 % soit 0.30 (d'après Hydrogéologie quantitative⁴, également valeur par défaut dans RISC pour ce type de lithologie).

Contenu en eau

Le contenu en eau est la valeur type proposée dans RISC pour les limons.

Caractéristiques de l'espace de respiration – dégazage vers l'extérieur :

La hauteur de respiration de 1,5 m pour un adulte est celle fixée par la plupart des organismes traitant de l'évaluation des risques.

La longueur de l'espace de respiration est la longueur maximale de la source de contamination. Nous considérerons une longueur d'environ 10 m, compte tenu des dimensions de la zone de pollution résiduelle au niveau des champs.

⁴ Hydrogéologie quantitative – Ghislain de Marsily – Edition Masson, collection Sciences de la Terre, 1981.

4.1.4 Résultats des concentrations estimées dans l'air

Le tableau suivant présente les concentrations estimées dans l'air ambiant après dégazage des sols et de la nappe.

Tableau 4 : Concentrations estimées dans l'air extérieur sur la zone

Substances	Concentrations modélisées dans l'air - mg/m ³		
	Extérieur	Extérieur	Extérieur
	depuis les sols	depuis la nappe	depuis les sols + la nappe
éthylbenzène	2,67E-08		2,67E-08
xylènes totaux	1,00E-07		1,00E-07
naphtalène	1,69E-10		1,69E-10
fraction C10-C12 aliphatique	3,79E-05	4,75E-06	4,27E-05
fraction C12-C16 aliphatique	1,83E-05	9,18E-05	1,10E-04
fraction C10-C12 aromatique	1,23E-05	6,00E-07	1,29E-05
fraction C12-C16 aromatique	6,25E-06	3,47E-06	9,72E-06

4.2 EVALUATION DE LA QUALITE DES SOLS DE SURFACE

Pour les sols de surface, des analyses ont été réalisées lors des différentes campagnes d'investigation. Nous considérons, dans une démarche majorante, les concentrations maximales mesurées dans les sols de surface. Les teneurs en HCT correspondent aux résultats de 1997, qui n'ont pas été confirmés dans les diagnostics ultérieurs. **L'approche adoptée est donc très majorante.**

Le tableau suivant présente les teneurs majorantes sélectionnées pour la qualité des sols de surface.

Tableau 5 : Concentrations sélectionnées dans les sols de surface (approche très majorante)

Voies d'exposition	Voies liées aux sols de surface
substances sélectionnées	Concentrations dans les sols de surface (mg/kg_MS)
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS	
benzène	nd
toluène	nd
éthylbenzène	nd
xylènes totaux	nd
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES	
acénaphène	nd
acénaphylène	nd
anthracène	0,02
benzo(a)anthracène	0,21
benzo(a)pyrène	0,21
benzo(b)fluoranthène	0,29
benzo(ghi)pérylène	0,15
benzo(k)fluoranthène	0,12
chrysène	0,2
dibenzo(ah)anthracène	0,03
fluoranthène	0,43
fluorène	nd
indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,15
naphtalène	nd
phénanthrène	0,11
pyrène	0,33
HYDROCARBURES TOTAUX	
fraction C10-C12 aliphatique	713
fraction C12-C16 aliphatique	4631
fraction C22-C40 aliphatique	1781
fraction C10-C12 aromatique	238
fraction C12-C16 aromatique	1544
fraction C22-C40 aromatique	594
<i>Total C10-C40</i>	<i>9 500</i>

sélectionné

nd : non détecté

4.3 EVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR (POUSSIÈRES)

4.3.1 Outil utilisé

Pour déterminer les concentrations des poussières dans l'air issues de l'envol de sols de surface, nous avons utilisé l'équation suivante, proposée par l'USEPA :

$$C_{air} = C_{sol} / PEF$$

La concentration dans les poussières de l'air (C_{air} , en mg/m^3) est dérivée de la concentration dans les sols de surface (C_{sol} , en mg/kg) et d'un facteur d'émission de poussières provenant des sols, par le vent. Ce facteur d'émission, appelé PEF, est proposé par l'USEPA à une valeur par défaut de $1.32 \cdot 10^9 \text{ kg/m}^3$.

4.3.2 Substances et concentrations sélectionnées

Les substances et teneurs sélectionnées dans les sols de surface sont les mêmes que celles présentées dans le Tableau 5. Il s'agit d'une approche très majorante.

4.3.3 Résultat des concentrations en poussières dans l'air estimées

Le tableau suivant présente les teneurs estimées dans l'air, pour les poussières qui seraient issues d'un envol de sols de surface, en considérant l'approche très majorante des teneurs dans les sols de surface mesurées en 1997. Les teneurs estimées sont donc également très majorantes.

Tableau 6 : Concentrations estimées de poussières dans l'air extérieur sur la zone, par envol de sols de surface (approche très majorante)

Voies d'exposition	Voie inhalation de poussières
substances sélectionnées	Concentrations estimées de poussières dans l'air (mg/m^3)
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES	
anthracène	1,52E-11
benzo(a)anthracène	1,59E-10
benzo(a)pyrène	1,59E-10
benzo(b)fluoranthène	2,20E-10
benzo(ghi)pérylène	1,14E-10
benzo(k)fluoranthène	9,09E-11
chrysène	1,52E-10
dibenzo(ah)anthracène	2,27E-11
fluoranthène	3,26E-10
indéno(1,2,3-cd)pyrène	1,14E-10
phénanthrène	8,33E-11
pyrène	2,50E-10
HYDROCARBURES TOTAUX	
fraction C10-C12 aliphatique	5,40E-07
fraction C12-C16 aliphatique	3,51E-06
fraction C22-C40 aliphatique	1,35E-06
fraction C10-C12 aromatique	1,80E-07
fraction C12-C16 aromatique	1,17E-06
fraction C22-C40 aromatique	4,50E-07

4.4 EVALUATION DE LA QUALITE DES VEGETAUX

Pour le maïs, des analyses ont été réalisées lors de deux campagnes d'investigations. En **approche majorante**, nous retenons les teneurs maximales mesurées, correspondant à l'analyse de juillet 2011, même si les analyses ultérieures ont montré des teneurs plus faibles et l'influence possible de composés naturellement présents dans les végétaux dans le résultat analytique ;

Le tableau suivant présente les teneurs majorantes sélectionnées pour la qualité des végétaux cultivés sur la zone.

Tableau 7 : Concentrations sélectionnées dans le maïs (approche majorante)

		Voie ingestion de végétaux
		Concentrations dans le maïs (mg/kg_MS)
HYDROCARBURES TOTAUX		
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg	241
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES		
Acénaphène	mg/kg	nd
Acénaphthylène	mg/kg	nd
Anthracène	mg/kg	nd
Benzo(a)anthracène	mg/kg	nd
Benzo(a)pyrène	mg/kg	nd
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg	nd
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg	nd
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg	nd
Chrysène	mg/kg	nd
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg	nd
Fluoranthène	mg/kg	nd
Fluorène	mg/kg	nd
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg	nd
Naphtalène	mg/kg	nd
Phénanthrène	mg/kg	0,014
Pyrène	mg/kg	nd
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS		
Benzène	mg/kg	nd
Toluène	mg/kg	nd
Ethylbenzène	mg/kg	nd
m,p-xylènes	mg/kg	nd
o-xylène	mg/kg	nd
Somme BTEX	mg/kg	nd

5 COMPARAISON AUX VALEURS REGLEMENTAIRES

Les références des valeurs réglementaires pour l'air ambiant, les sols et les végétaux ont été présentées aux chapitres 2.3, 2.4 et 2.5.

Aucune valeur réglementaire pour l'air ambiant extérieur n'est définie pour les substances estimées dans l'air.

Aucune valeur réglementaire n'existe pour les sols.

Aucune valeur réglementaire dans les aliments n'est définie pour les substances détectées dans les maïs.

Aussi, dans la méthodologie de calcul de risques, l'ensemble des substances mesurées ou modélisées dans les milieux doit faire l'objet d'un calcul de risques. Ces calculs sont présentés dans le chapitre suivant.

6 EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SELON LES GRILLES PROPOSEES

Pour les substances sans valeurs réglementaires, une évaluation quantitative des risques est nécessaire. Elle est effectuée à l'aide des grilles de calcul proposées par le MEDDTL. Elle comprend deux phases : l'évaluation des expositions et l'évaluation des risques.

6.1 EVALUATION DES EXPOSITIONS

6.1.1 Principe de l'évaluation des expositions

Pour l'inhalation de gaz, la dose d'exposition s'exprime sous la forme d'une Concentration moyenne Inhalée, CI, pour chaque substance, calculée selon la formule suivante :

$$CI = \sum_i (C_i \cdot t_i) \cdot \frac{T \cdot F}{T_m}$$

où :

CI : concentration moyenne inhalée (mg/m³)

C_i : concentration inhalée pendant la fraction de temps t_i (mg/m³)

t_i : fraction du temps d'exposition à la concentration C_i pendant 1 journée

T : durée d'exposition (an)

F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an)

T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours)

Pour les voies orales (ingestion accidentelle de sol, inhalation de poussières assimilée à une voie orale, et ingestion de végétaux), l'exposition s'exprime en Dose Journalière d'Exposition (DJE) :

$$DJE = \frac{C \cdot Q \cdot T \cdot F}{P \cdot T_m}$$

Où :

DJE : dose journalière d'exposition (mg/kg de poids corporel/jour)

C : concentration de la substance dans le milieu concerné : dans le sol pour l'ingestion de sol (en mg/kg de sol), dans les poussières de l'air pour l'inhalation de poussières (en mg/m³), dans les végétaux pour l'ingestion de végétaux (en mg/kg de végétaux)

Q : quantité journalière de milieu ingéré : quantité de sol ingéré accidentellement (mg/jour), quantité d'air respiré (m³/jour), quantité de végétaux ingérés (mg/jour)

P : poids corporel moyen (kg)

6.1.2 Valeur des paramètres

Les valeurs des paramètres pour les cibles sont précisées dans le tableau suivant.

Tableau 8 : Valeurs des paramètres pour l'évaluation des expositions

Paramètres	Valeurs		Unité	Source
	Agriculteur			
Paramètres communs aux différentes voies				
T (durée d'exposition)	30	année	Durée prise habituellement dans les calculs de risques par l'INERIS, l'USEPA	
F (fréquence d'exposition)	350	jours/an	Approche majorante de présence 350 jours/an sur la zone (fréquence prise habituellement dans un contexte résidentiel)	
Tm non cancérigène (période de temps sur laquelle est moyennée l'exposition)	10950	jours	Méthode de calcul de risques : pour les effets non cancérigènes, Tm est égale à T, mais exprimé en jours	
Tm cancérigène (période de temps sur laquelle est moyennée l'exposition)	25550	jours	Méthode de calcul de risques : pour les effets cancérigènes, Tm est égale à la durée de vie, exprimée en jours – durée de 70 ans prise en compte habituellement dans les calculs de risques (INERIS, USEPA...)	
Paramètres spécifiques à l'inhalation de gaz				
ti ext (fraction de temps passé en extérieur, sur la zone)	0.42 =10h/24h	-	Hypothèse majorante d'une présence 10h/jour sur la zone	
Cair (concentration de substances volatiles dans l'air)	Cf. tableau 4	-	Teneurs estimées par modélisation	
Paramètres pour les voies orales (ingestion accidentelle de sol, inhalation de poussières, ingestion de végétaux)				
P (poids corporel)	70	kg	Valeur classique prise dans les calculs de risque (INERIS, USEPA). Origine : Supplemental guidance for developing soil screening levels for superfund sites- report OSWER 9355.4-24, march 2001 USEPA	
Csol (concentration dans les sols de surface)	Cf. tableau 5	mg/kg_MS	Teneurs dans les sols de surface retenues pour le calcul (approche très majorante)	
Qsol (quantité de sol ingérée par jour)	50	mg/jour	Valeur retenue par l'INERIS. Source : Risk assessment for superfund volume I : human health evaluation manuel supplemental guidance "standard default exposure factors" - OSWER directive 9285.6-03, march 1991, USEPA	
Cair_poussières (concentration dans les poussières de l'air par envol de sols de surface)	Cf. tableau 6	mg/ m ³	Teneurs estimées par modèle à partir des teneurs retenues dans les sols de surface	
Q inhalation (quantité d'air inhalée par jour)	20	m ³ /j	RIVM report, Variation in calculated human exposure, Comparison of calculations with seven European human exposure models, F.A. SWARTJES, 2002.	
Cvégétaux (concentration dans les végétaux)	Cf. Tableau 7	mg/kg	Concentrations estimées à partir des concentrations dans les sols de surface et des facteurs de bioconcentration des substances – cf. Chapitre 7 du rapport	
Qvégétaux consommées (quantité de végétaux autoproduits ingérés par jour)	0.35	g/j	Base de données CIBLEX : quantité de 17.57 g/jour de légumes fruits autoproduits consommés. Puis pondération par : hypothèse de	

			consommation de maïs représentant 1/5 ^e de ces légumes fruits + hypothèse que le maïs concerné provient de la zone étudiée une fois sur 10 (compte tenu de la superficie de la zone étudiée, très faible par rapport à la surface total cultivée), ce qui reste majorant. Soit une quantité ingérée de maïs provenant de la zone résiduelle de 0.35g/jour en moyenne sur l'année.
--	--	--	--

6.1.3 Résultats

cf. résultats des CI et DJE sur les feuilles de calcul en annexe 3.5.

6.2 EVALUATION DES RISQUES

6.2.1 Principe de quantification du risque pour les effets à seuil

Pour les substances à effet de seuil (non cancérigènes), la possibilité de survenue d'un effet toxique chez l'homme est représentée par un quotient de danger (QD), défini comme suit :

Pour la voie inhalation de gaz et de vapeurs : $QD = CI/VTRI$

Pour les voies orales : $QD = DJE/VTRo$

Où :

CI : concentration moyenne inhalée (mg/m^3)

DJE : dose journalière d'exposition ($mg/kg/j$)

VTRi : valeur toxicologique de référence par inhalation, pour les effets à seuil (mg/m^3)

VTRo : valeur toxicologique de référence pour les voies orales, pour les effets à seuil ($mg/kg/j$)

Selon la démarche proposée par le MEEDTL, les quotients de danger (QD) sont calculés pour chaque voie d'exposition, et substance par substance. Il n'y a pas d'additivité des risques. Les QD sont ensuite comparés individuellement à des intervalles de gestion du risque. Ces derniers sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 9 : Intervalles de gestion du risque pour les substances à effets de seuil

Substance à effet de seuil	Interprétation des résultats
$QD < 0,2$	l'état des milieux est compatible avec les usages constatés
$0,2 < QD < 5$	zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie
$QD > 5$	L'état des milieux n'est pas compatible avec les usages constatés

6.2.2 Principe de quantification des risques pour les effets sans seuil

Les substances cancérigènes se caractérisent par ce type d'effets.

L'effet cancérigène implique que, quel que soit le niveau d'exposition, la substance est susceptible d'induire un effet. Il y a donc risque dès la première dose d'exposition – on parle dans ce cas d'effet sans seuil.

La relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer un effet est exprimée par l'excès de risque unitaire (ERU).

L'ERU représente la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de contracter un cancer s'il est exposé toute sa vie à une unité de dose toxique.

L'ERU multiplié par la Concentration Inhalée (CI) pour l'inhalation ou la Dose Journalière d'Exposition (DJE) pour les autres voies permet de déduire un Excès de Risque Individuel (ERI), qui représente la probabilité que l'individu a de développer l'effet (cancer) associé à la substance, pendant toute sa vie, du fait de l'exposition considérée.

Pour l'inhalation de gaz et de vapeurs : $ERI = CI.ERUi$

Pour les voies orales : $ERI = DJE.ERUo$

ERUi : valeur toxicologique de référence par inhalation, pour les effets sans seuil (mg/m^3)

ERUo : valeur toxicologique de référence pour les voies orales, pour les effets sans seuil ($mg/kg/j$)

Dans la démarche proposée par le MEEDTL, les ERI sont comparés individuellement à des intervalles de gestion du risque.

Tableau 10 : Intervalles de gestion du risque pour les substances sans effets de seuil

Substance sans effet de seuil	Interprétation des résultats
$ERI < 10^{-6}$	l'état des milieux est compatible avec les usages constatés
$10^{-6} < ERI < 10^{-4}$	zone d'incertitude nécessitant une réflexion plus approfondie
$ERI > 10^{-4}$	L'état des milieux n'est pas compatible avec les usages constatés

6.2.3 Résultats du risque pour les substances sans valeurs réglementaires

Les feuilles de calcul des QD et des ERI sont présentées en [annexe 3.5](#).

Les résultats sont synthétisés dans les tableaux suivants.

Tableau 11 : Résultats du risque pour la voie Inhalation d'air

	Quotient de danger (QD) substance non cancérogène	Excès de Risque Individuel (ERI) substances cancérogènes	Résultat du risque	Calcul des pourcentages par substance	
				% ERI	% QD
éthylbenzène	1,07E-08	1,14E-11	compatible	100%	0%
xylènes totaux	4,00E-07		compatible		0%
naphtalène	2,25E-08	3,18E-14	compatible	0%	0%
fraction C10-C12 aliphatique	1,70E-05		compatible		16%
fraction C12-C16 aliphatique	4,40E-05		compatible		41%
fraction C10-C12 aromatique	2,58E-05		compatible		24%
fraction C12-C16 aromatique	1,94E-05		compatible		18%

Tableau 12 : Résultats du risque pour les voies liées aux sols de surface (ingestion accidentelle de sol, inhalation de poussières)

	Quotient de danger (QD) substance non cancérogène	Excès de Risque Individuel (ERI) substances cancérogènes	résultat du risque sols de surface	calcul des pourcentages par substance	
				% QD	% ERI
C10-C12 aliphatique	4,88E-03		compatible	5%	
C12-C22 aliphatique	3,17E-02		compatible	35%	
> C22 aliphatiques	6,10E-04		compatible	1%	
C10-C12 aromatique	4,07E-03		compatible	5%	
C12-C22 aromatique	3,53E-02		compatible	39%	
> C22 aromatiques	1,36E-02		compatible	15%	
anthracène	4,57E-08	1,17E-11	compatible	0%	0%
benzo(a)anthracène		1,23E-09	compatible		7%
benzo(a)pyrène		1,23E-08	compatible		65%
benzo(b)fluoranthène		1,70E-09	compatible		9%
benzo(ghi)pérylène	3,43E-06	8,81E-11	compatible	0%	0%
benzo(k)fluoranthène		7,05E-10	compatible		4%
chrysène		1,17E-10	compatible		1%
dibenzo(ah)anthracène		1,76E-09	compatible		9%
fluoranthène	7,37E-06	2,53E-11	compatible	0%	0%
indéno(123cd)pyrène		8,81E-10	compatible		5%
phénanthrène	1,88E-06	6,46E-12	compatible	0%	0%
pyrène	7,54E-06	1,94E-11	compatible	0%	0%

Tableau 13 : Résultats du risque pour la voie ingestion de végétaux

	Quotient de danger (QD) substance non cancérogène	Excès de Risque Individuel (ERI) substances cancérogènes	résultat du risque - ingestion de végétaux	calcul des pourcentages par substance	
				% QD	% ERI
HCT C10-C40	3,87E-02		compatible	5%	
phénanthrène	1,68E-06	5,78E-12	compatible	0%	0%

Pour chaque voie d'exposition et pour chaque substance prise individuellement, le QD et l'ERI calculés sont très inférieurs aux limites d'acceptabilité :

- Chaque QD (quotient de danger, représentatif du risque sanitaire pour les effets à seuil = non cancérigènes) est très inférieur à la limite d'acceptabilité de 0,2
- Chaque ERI (Excès de Risque Individuel, représentative du risque sanitaire pour les effets sans seuils = cancérigènes) est très inférieur à la limite d'acceptabilité de 10^{-6}

7 ANALYSE DES INCERTITUDES

L'analyse des incertitudes a pour objectif d'étudier l'influence des paramètres et des hypothèses pris en compte dans l'EQRS.

7.1 CARACTERISTIQUES TOXICOLOGIQUES

Le choix des caractéristiques toxicologiques est conforme à la circulaire du 30 mai 2006.

7.2 SCENARI D'EXPOSITION

Les scénarii d'exposition sont liés aux usages constatés de la zone : le terrain est actuellement un champ de maïs.

Les sols de surface ne sont pas impactés d'après les analyses ultérieures à 1997. Dans une approche majorante et par principe de précaution, les analyses de 1997 ont été utilisées pour les calculs de risques pour les voies liées aux sols de surface. Les résultats montrent qu'avec cette approche très majorante, les risques sont acceptables.

Les analyses de maïs d'août 2011 ont montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre le maïs cultivé sur la zone résiduelle et le maïs cultivé hors zone de pollution. Néanmoins, dans une approche majorante et par principe de précaution, les risques liés à l'ingestion de maïs ont été calculés, en prenant en compte les teneurs maximales mesurées dans le maïs (résultats de juillet 2011). Les résultats montrent que les risques sont acceptables.

La situation réelle est donc encore plus acceptable.

7.3 PARAMETRES DU MODELE DE DEGAGEMENT

Les paramètres utilisés pour la modélisation du dégazage des sols et de la nappe sont soit des valeurs spécifiques au site, soit des valeurs proposées dans la littérature et le logiciel RISC. Il s'agit donc d'une démarche réaliste, voire majorante.

7.4 INCERTITUDES LIEES AU MODELE UTILISE

Le modèle de dégazage utilisé considère une source de pollution infinie, c'est-à-dire que les concentrations des substances dans le sol et la nappe restent identiques en tout temps (pas de prise en compte de phénomènes de dégradation par exemple).

Cette option n'a pas d'effet majeur sur l'évaluation du risque non cancérigène, puisque l'on compare la plus forte concentration (généralement atteinte pour une durée simulée de moins d'un an) avec une dose de référence.

En revanche, l'option de source infinie est majorante pour l'évaluation du risque cancérigène, puisque c'est l'exposition cumulée sur plusieurs années (40 ans pour l'adulte) qui permet d'estimer le risque. Or dans la réalité, la concentration devrait diminuer au fil des années.

7.5 SELECTION DES SUBSTANCES ET DES CONCENTRATIONS

On considère la zone en l'état. Nous avons donc sélectionné toutes les substances toxiques présentes dans les matrices analysées. Les concentrations maximales détectées ont été considérées, notamment des teneurs qui n'ont pas été confirmées dans les investigations ultérieures (sols de surface, maïs). Il s'agit d'une démarche majorante.

7.6 PARAMETRES DES CIBLES

Nous avons considéré qu'un agriculteur est présent 10h par jour, 350 jours par an sur la zone de pollution résiduelle, ce qui est majorant.

Pour évaluer les expositions par ingestion de maïs, des hypothèses majorantes voire très majorantes ont été prises : part de maïs dans l'alimentation correspondant à 20% des légumes, part de maïs provenant de la zone de pollution résiduelle correspondant à 10% du maïs total récolté dans le champ.

7.7 SYNTHÈSE DES INCERTITUDES SUR LE RESULTAT DU RISQUE

Les modèles et valeurs de paramètres proviennent :

- de valeurs spécifiques et mesurées sur le site,
- d'organismes reconnus (INERIS, USEPA, ATSDR,...),
- de valeurs communément utilisées ou proposées par les organismes et logiciels traitant d'évaluation de risques.

L'analyse des incertitudes montre que les résultats du risque ont été obtenus avec des outils et des valeurs de paramètres réalistes ou majorants à très majorants. Les résultats sont donc fiables.

8 CONCLUSION DE L'ÉVALUATION DES RISQUES SANITAIRES

Les deux étapes d'évaluation des risques de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués proposée dans les textes du MEDDTL, ont été réalisées :

- comparaison des teneurs dans les milieux d'exposition avec les valeurs de gestion réglementaires,
- en l'absence de valeurs réglementaires, évaluation quantitative des risques sanitaires et comparaison avec les limites d'acceptabilité proposées par le MEDDTL.

Les résultats permettent de conclure que l'ensemble des milieux (sol, végétaux, nappe, air) est compatible avec l'usage actuel constaté de culture du maïs sur la zone.

Annexe 3.2 - Propriétés physico-chimiques

substance	CAS	masse molaire		densité		solubilité		Log Kow	Koc	Diffusivité dans l'eau		Diffusivité dans l'air		Tension Vapeur			Constante de Henry			
		g/mol	g/cm3	T (°C)	mg/l	T (°C)	(-)			l/kg	cm²/s	T (°C)	cm²/s	T (°C)	Pa	mmHg	T (°C)	Pa.m³/mol	at.m³/mol	(-)
BTEX																				
benzène	71-43-2	78,11	0,879	20	1830	25	2,13	60	9,80E-06	25	0,088	25	10032	75,43	20	558	5,51E-03	2,25E-01	25	
toluène	108-88-3	92,14	0,8669	20	515	20	2,69	100	8,60E-02	25	8,70E-02	25	2922	21,97	20	673	6,64E-03	2,72E-01	25	
éthylbenzène	100-41-4	106,16	0,867	20	152	20	3,15	241,9	7,80E-06	25	7,50E-02	25	944	7,10	20	775	7,65E-03	3,18E-01	20	
o-xylènes	95-47-6	106,16	0,88	20	175	20	3,01	234	1,00E-05	25	8,40E-02	25	663	4,98	20	523	5,16E-03	2,11E-01	25	
	0,876		25	178	25	890							6,62	25						
m-xylene	108-38-3		0,864	20	151	25							3,21	157	7,80E-06					25
		0,86	25										1100	8,27	25					
p-xylene	106-42-3		0,861	20	177	25	3,15	317	8,44E-06	25	7,20E-02	25	863	6,49	20	758	7,48E-03	3,06E-01	25	
			0,557	25									1172	8,81	25					
xylènes	1330-20-7						3,12	236												
Hydrocarbures haliphatiques polycycliques (HAP)																				
acénaphthène	83-32-9	154,21	1,225	25	3,7	25	3,92	4578	7,69E-06	25	4,21E-02	25	0,282	2,12E-03	20	14,7	1,45E-04	5,93E-03	25	
acénaphthylène	208-96-8	152,2	0,8988	16	16,1	25	3,94	6123	7,53E-06		0,044			9,12E-04	25			5,11E-03		
anthracène	120-12-7	178,23	1,28	25	1,29	25	4,45	25700	6,72E-06		0,0428		3,60E-04	2,71E-06	25	5,04	4,97E-05	2,03E-03	25	
benzo(a)anthracène	56-55-3	228,3	1,274		9,40E-03	25	5,76	2,31E+05	9,00E-06		0,051			1,90E-06				4,91E-04		
benzo(a)pyrène	50-32-8	252,3	1,351		0,003	25	6	8,90E+09	6,90E-06		4,50E-02		7,30E-07	5,49E-09	25	0,04	3,95E-07	1,64E-05	20	
benzo(b)fluoranthène	205-99-2	252,3	1,351		0,012	20	6,57	6,30E+05	5,13E-06	25	0,0333	25	6,70E-05	5,04E-07	20	0,05	4,93E-07	2,02E-05	25	
benzo(ghi)peryène	191-24-2	276,3	1,329	20	2,60E-04	25	6,63	2,69E+06	nd		nd		1,40E-08	1,05E-10		0,027	2,66E-07	1,11E-05	20	
benzo(k)fluoranthène	207-08-9	252,3	1,351		7,60E-04	25	6,84	7,90E+05	5,13E-06	25	0,0333	25	1,30E-08	9,77E-11		0,044	4,34E-07	1,81E-05	20	
chrysène	218-01-9	228,3	1,274	20	0,002	25	5,86	1,33E+05	6,21E-06	25	2,48E-02	25	8,40E-05	6,32E-07	25	9,5	9,38E-05	3,83E-03	25	
dibenz(ah)anthracène	53-70-3	287,35	1,282		0,005	25	6,7	1,40E+06	4,80E-06		0,031		1,30E-08	9,77E-11	20	0,0048	4,74E-08	1,94E-06	25	
fluoranthène	206-44-0	202,26	1,252	20	0,26	25	5,1	7,20E+04	5,80E-06		0,039		8,00E-04	6,02E-06	20	0,8	7,90E-06	3,28E-04	20	
fluorène	86-73-7	166,2	1,181	20	1,98	25	4,18	7,71E+03	6,79E-06		0,0456		0,04	3,01E-04	20	9,2	9,08E-05	3,71E-03	25	
indéno(123-cd)pyrène	193-39-5	276,34	nd		0,062	20	6,6	6,30E+06	5,10E-06		0,031		1,30E-08	9,77E-11	20	0,029	2,86E-07	1,17E-05	25	
naphtalène	91-20-3	128,2	1,161	20	31,8	25	3,4	1250	7,20E-06		0,054		7,2	5,41E-02	20		4,89E+01	2,00E+03	25	
phénanthrène	85-01-8	178,23	1,179	25	1,2	25	4,57	1,19E+04	5,70E-06		5,40E-02		0,091	6,84E-04	20	2,9	2,86E-05	1,19E-03	20	
pyrène	129-00-0	202,26	1,271	23	0,13	25	5,32	67992	7,24E-06	25	0,0272	25	6	4,51E-02		1,10E-03	1,09E-08	4,44E-07	25	
Hydrocarbures aliphatiques (HCT aliphatiques)																				
C>5-6		81	0,64		0,36		3,3	790	0,00001		0,1			2,70E+02				3,40E+01		
C>6-8		100	0,68		5,4		4	4000	1,00E-05		0,1			4,80E+01				5,10E+01		
C>8-C10		130	0,72		4,30E-01		4,8	32000	1,00E-05		0,1			4,80E+00				8,20E+01		
C>10-12		160	0,74		3,40E-02		5,6	250000	1,00E-05		0,1			4,90E-01				1,30E+02		
C>12-16		200	0,76		7,60E-04		6,8	5000000	1,00E-05		0,1			3,60E-02				5,40E+02		
C>16-35		270	0,79		1,30E-06		8,9	1000000000	1,00E-05		0,1			5,80E-03				6,40E+03		
Hydrocarbures aromatiques (HCT aromatiques)																				
C>5-7		78	0,88		1800		2,1	79	1,00E-05		0,1			9,90E+01				2,30E-01		
C>7-8		92	0,87		5,20E+02		2,5	250	1,00E-05		0,1			2,90E+00				2,70E-01		
C>8-C10		120	0,88		6,50E+01		3,1	1600	1,00E-05		0,1			4,80E+00				4,90E-01		
C>10-12		130	0,88		2,50E+01		3,5	2500	1,00E-05		0,1			4,80E-01				1,40E-01		
C>12-16		150	1		5,80E+00		3,9	5000	1,00E-05		0,1			3,60E-02				5,40E-02		
C>16-21		190	1,1		5,10E-01		4,7	16000	1,00E-05		0,1			5,80E-03				1,30E-02		
C>21-35		240	1,2		0,0066		6,1	130000	1,00E-05		0,1			3,30E-06				6,80E-04		

Annexe 3.3 - Données toxicologiques

Substance	n° cas	EFFETS AVEC SEUILS		EFFETS SANS SEUILS		EFFETS AVEC SEUILS		EFFETS SANS SEUILS	
		VTR Inhalation	source	VTR Inhalation	source	VTR Ingestion	source	VTR Ingestion	source
		mg/m ³		(mg/m ³) ⁻¹		mg/kg/jour		(mg/kg/jour) ⁻¹	
BTEX									
Benzène	71-43-2	0,03	USEPA	7,80E-03	USEPA	0,004	USEPA	5,50E-02	USEPA
Toluène	108-88-3	5	USEPA	nd		nd		nd	
Ethylbenzene	100-41-4	1	USEPA	2,50E-03	OEHHA	0,1	USEPA	1,10E-02	USEPA
Xylènes	1330-20-7	0,1	USEPA	nd		0,2	USEPA	nd	
HAP									
Acénaphène	83-32-9	nd		0,0011	INERIS	0,06	USEPA	0,0002	INERIS
Acénaphylène	208-96-8	nd		0,0011	INERIS	nd		0,0002	INERIS
Anthracène	120-12-7	nd		0,011	INERIS	0,3	USEPA	0,002	INERIS
Benzo(a)anthracène	56-55-3	nd		0,11	INERIS	nd		0,02	INERIS
Benzo(a)pyrène	50-32-8	nd		1,1	INERIS	nd		0,2	INERIS
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	nd		0,11	INERIS	nd		0,02	INERIS
Benzo(ghi)pérylène	191-24-2	nd		0,011	INERIS	0,03	RIVM	0,002	INERIS
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	nd		0,11	INERIS	nd		0,02	INERIS
Chrysène	55-70-3	nd		0,011	INERIS	nd		0,002	INERIS
Dibenz(ah)anthracène	218-01-9	nd		1,1	INERIS	nd		0,2	INERIS
Fluoranthène	206-44-0	nd		0,0011	INERIS	0,04	USEPA	0,0002	INERIS
Fluorène	86-73-7	nd		0,0011	INERIS	0,04	USEPA	0,0002	INERIS
Indéno(123-cd)pyrène	193-39-5	nd		0,11	INERIS	nd		0,02	INERIS
Naphtalène	91-20-3	0,003	USEPA	0,0011	INERIS	0,02	USEPA	0,0002	INERIS
Phénanthrène	85-01-8	nd		0,0011	INERIS	0,04	RIVM	0,0002	INERIS
Pyrène	129-00-0	nd		0,0011	INERIS	0,03	RIVM	0,0002	INERIS
HCT aliphatiques									
C5 - C6	nd	18,4	RIVM	nd		2	RIVM	nd	
C6 - C8	nd	18,4	RIVM	nd		2	RIVM	nd	
C8-C10	nd	1	RIVM	nd		0,1	RIVM	nd	
C10-C12	nd	1	RIVM	nd		0,1	RIVM	nd	
C12-C16	nd	1	RIVM	nd		0,1	RIVM	nd	
C16-C21	nd	nd		nd		2	RIVM	nd	
C21-C35	nd	nd		nd		2	RIVM	nd	
HCT aromatiques									
C5-C7	nd	0,4	RIVM	nd		0,2	RIVM	nd	
C7 - C8	nd	0,4	RIVM	nd		0,2	RIVM	nd	
C8 - C10	nd	0,2	RIVM	nd		0,04	RIVM	nd	
C10-C12	nd	0,2	RIVM	nd		0,04	RIVM	nd	
C12-C16	nd	0,2	RIVM	nd		0,04	RIVM	nd	
C16-C21	nd	nd		nd		0,03	RIVM	nd	
C21-C35	nd	nd		nd		0,03	RIVM	nd	

Annexe 3.4

Modèle de dégazage dans RISC

F.1 MODEL DESCRIPTION

The outdoor air model uses a "box" model to estimate a concentration in the breathing zone directly overlying contaminated soil. This model requires the volatile emission rate to be calculated by one of the soil vapor or groundwater emission models (Appendices D, E, J, or K) as an input. The approach is applicable for on-site exposures only (no distant downwind receptors). Figure F-1 shows the problem geometry.

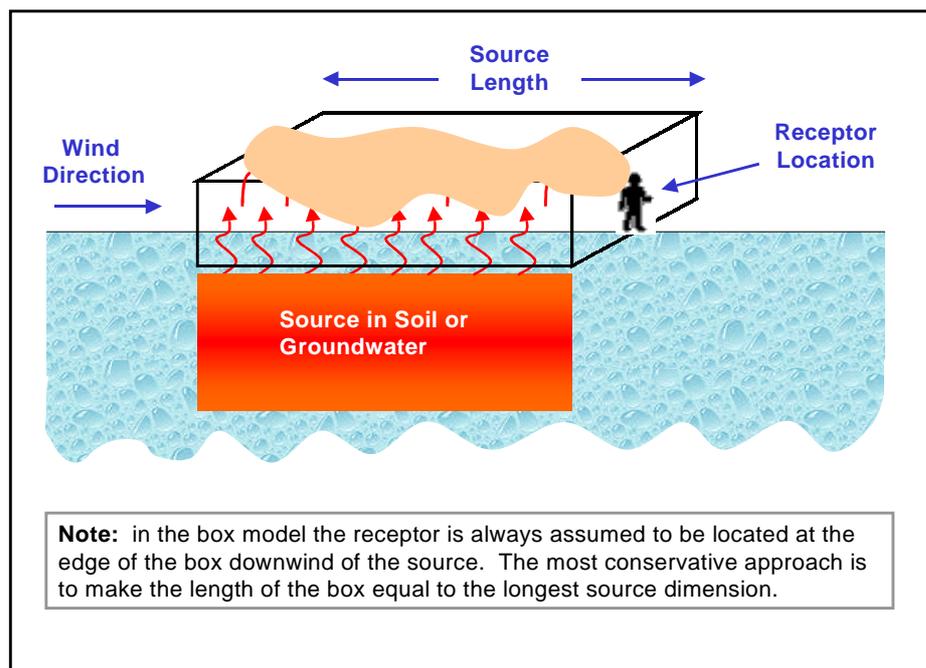


Figure F-1. Schematic of the Outdoor Air Model.

F.2 APPLICATIONS OF THIS MODEL

This is a partial list of the main applications of the box model:

- This model is a screening model for estimating the worst case air concentrations for an on-site (directly over source) exposure.
- The box model uses the volatile emission flux estimates from one of the soil vapor or groundwater emission models (discussed in Appendices D, E, J or K).
- The volatile emissions are assumed to enter a "box" that is ventilated by the wind. Vertical dispersion of the chemicals out of the box is ignored.
- The receptor is always assumed to be at the downwind edge of the source.
- The wind is assumed to always blow in the direction of the receptor.
- The critical source dimension is the length of the source in the predominant direction of wind flow. If that direction is not known, the longest horizontal dimension of the source should be used for the most conservative assumption.
- Degradation and other loss mechanisms (such as deposition and photolysis) in the air are not considered.
- This model can be used to estimate concentrations in a trench or similar situations, however a reasonable "wind speed" (for the air exchange rate) must be chosen.

F.3 TRANSPORT EQUATION AND PROCESSES

The outdoor air model assumes that the volatile emissions leaving the contaminated soil enter a box-shaped area directly overlying the soil. The box is assumed to be ventilated by the wind and the contaminant is fully mixed. The air concentration is calculated by

$$C_{outdoor} = \frac{FL}{uH} \left(\frac{m}{100cm} \right) \quad (\text{F-1})$$

where

$$C_{outdoor} = \text{concentration in outdoor air [g/cm}^3\text{]}$$

- F = volatile emission rate from vadose zone impacted soil
[g/cm²/s]
- L = length of the box in the direction of air flow (parallel to
the wind) [m]
- H = height of the box [m]
- u = wind speed [m/s]

The vapor flux, F , is estimated in RISC using one of the volatile emission models. Note, this model does not have a variable for the width of the box, (i.e. the width of the source perpendicular to the wind direction). The width cancels out of the equation because it is used to calculate both the emission rate in the numerator and the air exchange rate in the denominator.

The user is encouraged to use site-specific wind speed data if available (from nearby weather station or from measurements). The USEPA Soil Screening Guidance Technical Background Document (1995) contains a table of reported average wind speeds for many major US cities. If this data is not available, a conservative value for average wind speed over an open site can be considered to be 2 m/s (4.5 mph).

F.3.1 Dimensions of Box

The height of the box is usually assumed to be the height of a person (~2 m). The length of the box should reflect the length of the vapor source in the predominant wind direction. It should **never** be set to a value less than the long dimension of the source because the model assumes that all of the soil emissions enter the box and are fully mixed. If the box dimensions are less than the source dimensions, the model assumes that the vapors are concentrating (which is not likely in open air). If the predominant direction of wind is not known, the length of the box could be set equal to the longest areal dimension of the source (this would be the most conservative approach).

Note, the size of the box should be chosen to equal the reasonable dimension of an area to which a receptor would be exposed over the entire exposure duration. For example, if a commercial scenario is being considered for an outdoor worker, the size of the box should reflect the area and time frame of exposure. The "box" could be the

entire contaminated site over the entire day or only a portion of the site over a few hours.

F.4 DATA REQUIREMENTS

The data requirements for the outdoor air model are shown in Table F-1. Note, the emission rate is not input by the user, it is calculated by one of the volatilization models (either from a soil or groundwater source).

Table F-1. Data Requirements for the Outdoor Air Model.

	Units	Typical Range of Values	
		Minimum	Maximum
BOX MODEL PARAMETER			
Length of box	m	Site-specific	site-specific
Height of box	m	1	2
Wind Speed	m/s	2	7

F.5 ASSUMPTIONS AND LIMITATIONS OF THE OUTDOOR AIR MODEL

1. The outdoor air model is for on-site exposures only and does not consider receptors located downwind or distant from the source area.
2. The size of the box should reflect a reasonable exposure area and the exposure duration used should be consistent with the time spent in the box by the potential receptor.
3. The length of the box should never be set to a value less than the respective length of the soil or groundwater source.
4. The air is considered to be fully mixed at all times.
5. The wind speed ventilates the box at a constant rate.
6. This model uses the volatile emissions calculated by one of the volatilization models as a source term.

Annexe 3.5

Feuilles de calculs de risques

ADULTE Agriculteur		
Paramètres cible		
T	an	30
F	jour/an	350
Tm canc	jour	25 550
Tm non canc	jour	10 950
t extérieur	h/h	0,417

ADULTE

70 ans
30 ans
10h/24h

	VTR inhalation		Concentrations dans l'air (mg/m ³)	CI non Cancérigènes	CI Cancérigènes	Quotient de danger (QD) substance non cancérigène	Excès de Risque Individuel (ERI) substances cancérigènes	Résultat du risque	Calcul des pourcentages par substance	
	subs. Cancérigènes ERUi (mg/m ³) ⁻¹	subs. Non cancérigènes RfC (mg/m ³)	extérieur	extérieur	extérieur	extérieur	extérieur		% ERI	% QD
éthylbenzène	2,50E-03	1	2,67E-08	1,07E-08	4,57E-09	1,07E-08	1,14E-11	compatible	100%	0%
xylènes totaux	-	0,1	1,00E-07	4,00E-08	1,71E-08	4,00E-07		compatible		0%
naphtalène	1,10E-03	0,003	1,69E-10	6,75E-11	2,89E-11	2,25E-08	3,18E-14	compatible	0%	0%
fraction C10-C12 aliphatique	-	1	4,27E-05	1,70E-05	7,30E-06	1,70E-05		compatible		16%
fraction C12-C16 aliphatique	-	1	1,10E-04	4,40E-05	1,89E-05	4,40E-05		compatible		41%
fraction C10-C12 aromatique	-	0,2	1,29E-05	5,15E-06	2,21E-06	2,58E-05		compatible		24%
fraction C12-C16 aromatique	-	0,2	9,72E-06	3,88E-06	1,66E-06	1,94E-05		compatible		18%

Critères de compatibilité : QD<0,2 et ERI<1,00E-06 pour chaque substance

Cible :	adulte - agriculteur - Ingestion accidentelle de sols et inhalation de poussières						
Paramètres	T (an)	F (jour/an)	P (kg)	Tm canc (jour)	Tm non canc (jour)	Qsol_ingéré (kg/j)	Qair (m3/j)
Valeur	30	350,0	70	25550	10950	0,00005	20

Substances	VTR ingestion effets avec seuil (mg/kg/j)	VTR ingestion effets sans seuil (mg/kg/j)-1	Concentration dans les sols de surface (mg/kg)	Concentration dans les poussières de l'air (mg/m3)	DJE effets avec seuils		DJE effets sans seuils		Qd : risque avec seuil			ERI : risque effets sans seuils			résultat du risque	% Qd	% ERI
					DJE ingestion sol	DJE inhalation poussières	DJE ingestion sol	DJE inhalation poussières	Qd ingestion de sol	Qd inhalation poussières	QD TOTAL	ERI ingestion de sol	ERI inhalation poussières	ERI TOTAL			
C10-C12 aliphatique	0,1		713	5,40E-07	4,88E-04	1,48E-07			4,88E-03	1,48E-06	4,88E-03			0,00E+00	compatible	5,42%	
C12-C22 aliphatique	0,1		4631	3,51E-06	3,17E-03	9,61E-07			3,17E-02	9,61E-06	3,17E-02			0,00E+00	compatible	35,21%	
> C22 aliphatiques	2		1781	1,35E-06	1,22E-03	3,70E-07			6,10E-04	1,85E-07	6,10E-04			0,00E+00	compatible	0,68%	
C10-C12 aromatique	0,04		238	1,80E-07	1,63E-04	4,93E-08			4,07E-03	1,23E-06	4,07E-03			0,00E+00	compatible	4,51%	
C12-C22 aromatique	0,03		1544	1,17E-06	1,06E-03	3,20E-07			3,52E-02	1,07E-05	3,53E-02			0,00E+00	compatible	39,12%	
> C22 aromatiques	0,03		594	4,50E-07	4,07E-04	1,23E-07			1,36E-02	4,11E-06	1,36E-02			0,00E+00	compatible	15%	
anthracène	0,3	0,002	0,02	1,52E-11	1,37E-08	4,15E-12	5,87E-09	1,78E-12	4,57E-08	1,38E-11	4,57E-08	1,17E-11	3,56E-15	1,17E-11	compatible	0%	0%
benzo(a)anthracène		0,02	0,21	1,59E-10			6,16E-08	1,87E-11			0,0000	1,23E-09	3,74E-13	1,23E-09	compatible		7%
benzo(a)pyrène		0,2	0,21	1,59E-10			6,16E-08	1,87E-11			0,0000	1,23E-08	3,74E-12	1,23E-08	compatible		65%
benzo(b)fluoranthène		0,02	0,29	2,20E-10			8,51E-08	2,58E-11			0,0000	1,70E-09	5,16E-13	1,70E-09	compatible		9%
benzo(ghi)pérylène	0,03	0,002	0,15	1,14E-10	1,03E-07	3,11E-11	4,40E-08	1,33E-11	3,42E-06	1,04E-09	3,43E-06	8,81E-11	2,67E-14	8,81E-11	compatible	0%	0%
benzo(k)fluoranthène		0,02	0,12	9,09E-11			3,52E-08	1,07E-11			0,0000	7,05E-10	2,13E-13	7,05E-10	compatible		4%
chrysène		0,002	0,2	1,52E-10			5,87E-08	1,78E-11			0,0000	1,17E-10	3,56E-14	1,17E-10	compatible		1%
dibenzo(ah)anthracène		0,2	0,03	2,27E-11			8,81E-09	2,67E-12			0,0000	1,76E-09	5,34E-13	1,76E-09	compatible		9%
fluoranthène	0,04	0,0002	0,43	3,26E-10	2,95E-07	8,92E-11	1,26E-07	3,82E-11	7,36E-06	2,23E-09	7,37E-06	2,52E-11	7,65E-15	2,53E-11	compatible	0%	0%
indéno(123cd)pyrène		0,02	0,15	1,14E-10			4,40E-08	1,33E-11			0,0000	8,81E-10	2,67E-13	8,81E-10	compatible		5%
phénanthrène	0,04	0,0002	0,11	8,33E-11	7,53E-08	2,28E-11	3,23E-08	9,78E-12	1,88E-06	5,71E-10	1,88E-06	6,46E-12	1,96E-15	6,46E-12	compatible	0%	0%
pyrène	0,03	0,0002	0,33	2,50E-10	2,26E-07	6,85E-11	9,69E-08	2,94E-11	7,53E-06	2,28E-09	7,54E-06	1,94E-11	5,87E-15	1,94E-11	compatible	0%	0%

Critères de compatibilité : QD<0,2 et ERI<1,00E-06 pour chaque substance

Cible :	adulte - agriculteur - Ingestion de végétaux					
Paramètres	T (an)	F (jour/an)	P (kg)	Tm canc (jour)	Tm non canc (jour)	Qvégétaux aériens (kg/j)
Valeur	30	350,0	70	25550	10950	0,00035

Substances	VTR ingestion effets avec seuil (mg/kg/j)	VTR ingestion effets sans seuil (mg/kg/j)-1	Concentration dans le maïs (mg/kg)	DJE effets avec seuils	DJE effets sans seuils	QD : risque avec seuil	ERI : risque effets sans seuils	résultat du risque	% QD	% ERI
				DJE ingestion végétaux aériens	DJE ingestion végétaux aériens	QD ingestion végétaux aériens	ERI ingestion végétaux aériens			
HCT C10-C40* phénanthrène	0,03 0,04	2,00E-04	241 0,014	1,16E-03 6,74E-08	2,89E-08	3,87E-02 1,68E-06	5,78E-12	compatible compatible	100% 0%	100%

* : la VTR la plus pénalisante parmi les différentes coupes d'hydrocarbures a été considérée pour l'ensemble des HCT (VTR de la coupe C16-C22 aromatiques)

Critères de compatibilité : QD<0,2 et ERI<1,00E-06 pour chaque substance

ANNEXE 4

ENGAGEMENT ET RESPONSABILITES

EN MATIERE D'ETUDES

ENGAGEMENT ET RESPONSABILITES EN MATIERE D'ETUDES

Le présent document fait intégralement partie de notre offre d'étude et ne peut en aucun cas être dissocié de ladite offre. Par étude, dans le présent document, on entend notamment tout diagnostic, suivi de nappe, évaluation des risques et les études de gestion des sites et sols pollués (IEM, ARR, plan de gestion, EQRS...).

Documents de référence :

Sita Remédiation s'engage à effectuer son étude dans le respect des règles de l'art, de la réglementation relative à la gestion des sites pollués et des Normes NF s'appliquant à ce type de prestation.

Etendue de l'étude :

Sita Remédiation n'est tenue que par une obligation de moyens. La remise de l'étude au Client vaut également acceptation de la méthode et des moyens utilisés pour la réalisation de l'étude.

Les conclusions et recommandations figurant dans l'étude sont émises sur la base et dans la limite des observations et analyses chimiques ayant pu être réalisées sur le site compte tenu (cumulativement) :

- de son accessibilité,
 - de sa configuration (l'inaccessibilité d'une zone y empêchant toute investigation),
 - de l'activité exercée sur le site,
 - des informations communiquées par le Client ou recueillies lors de l'étude historique, sans que Sita Remédiation en ait à vérifier l'exactitude,
 - des événements futurs pouvant avoir une incidence sur le diagnostic et portés à la connaissance expresse de Sita Remédiation,
 - des moyens mis en œuvre décrits dans l'étude,
- et ce, au moment où ont eu lieu les investigations.

De même, toute quantité de matériaux pollués exprimée dans l'étude ainsi que la nature identifiée de la pollution ne sont données qu'à titre estimatif compte tenu des informations ayant pu être portées à la connaissance de Sita Remédiation ou obtenues par elle au moment des investigations et ne constituent en rien un engagement ferme et définitif de la part de Sita Remédiation quant aux travaux à prévoir et à leur coût.

Faits exceptionnels nécessitant l'accord du Client :

Le devis est établi sur la base de paramètres tels que profondeur des sondages, destination de l'étude, estimatif de l'étendue de la pollution... En cas de survenance d'un événement non pris en compte au moment de l'élaboration du devis de l'étude et venant modifier de façon significative l'étendue, la nature ou la durée des prestations initialement prévues, Sita Remédiation se réserve le droit de proposer une révision de son devis ou de son mode opératoire afin d'adapter son étude aux nouvelles conditions. Si le Client donne son accord sur les modifications proposées, l'étude se poursuivra selon les termes du devis modifié accepté. Si le Client refuse la modification, SITA Remédiation ne pourra être tenu pour responsable quant à la pertinence des résultats de l'étude et à l'exploitation qui pourrait en être faite.

Faits exceptionnels pouvant entraîner la résiliation du marché :

Sita Remédiation se trouverait déliée de ses engagements, sans engager sa responsabilité et sans devoir quelque indemnité que ce soit au Client, si des conditions non prévisibles au moment de la rédaction du devis ou de la réalisation de l'étude venaient à limiter ou à empêcher la prestation, telles que, et sans que cette liste soit limitative :

- construction de nouvelles structures sur ou à proximité du site ayant un effet limitant,
- modification des conditions d'exploitation d'infrastructures sur et à proximité du site,
- survenance d'un événement remettant en cause l'équilibre économique général de l'étude.

Confidentialité :

Toute information, quel qu'en soit le support, communiquée par Sita Remédiation au Client, à l'occasion de la réalisation de l'étude ou à laquelle le Client pourrait avoir accès à l'occasion de l'exécution de cette étude, est soumise à une diffusion restreinte. En conséquence, le Client ne peut l'utiliser que dans le cadre de cette étude et ne peut la communiquer à des tiers sans l'accord préalable de Sita Remédiation. Sont reconnus confidentiels par nature, sans que cette liste soit limitative, le savoir faire, les procédés et moyens de détection mis en œuvre par Sita Remédiation, les données économiques et commerciales. Sita Remédiation conserve intégralement la propriété intellectuelle de ses prestations. La propriété intellectuelle des études en résultant n'est transférée au Client qu'après paiement complet de la prestation.