

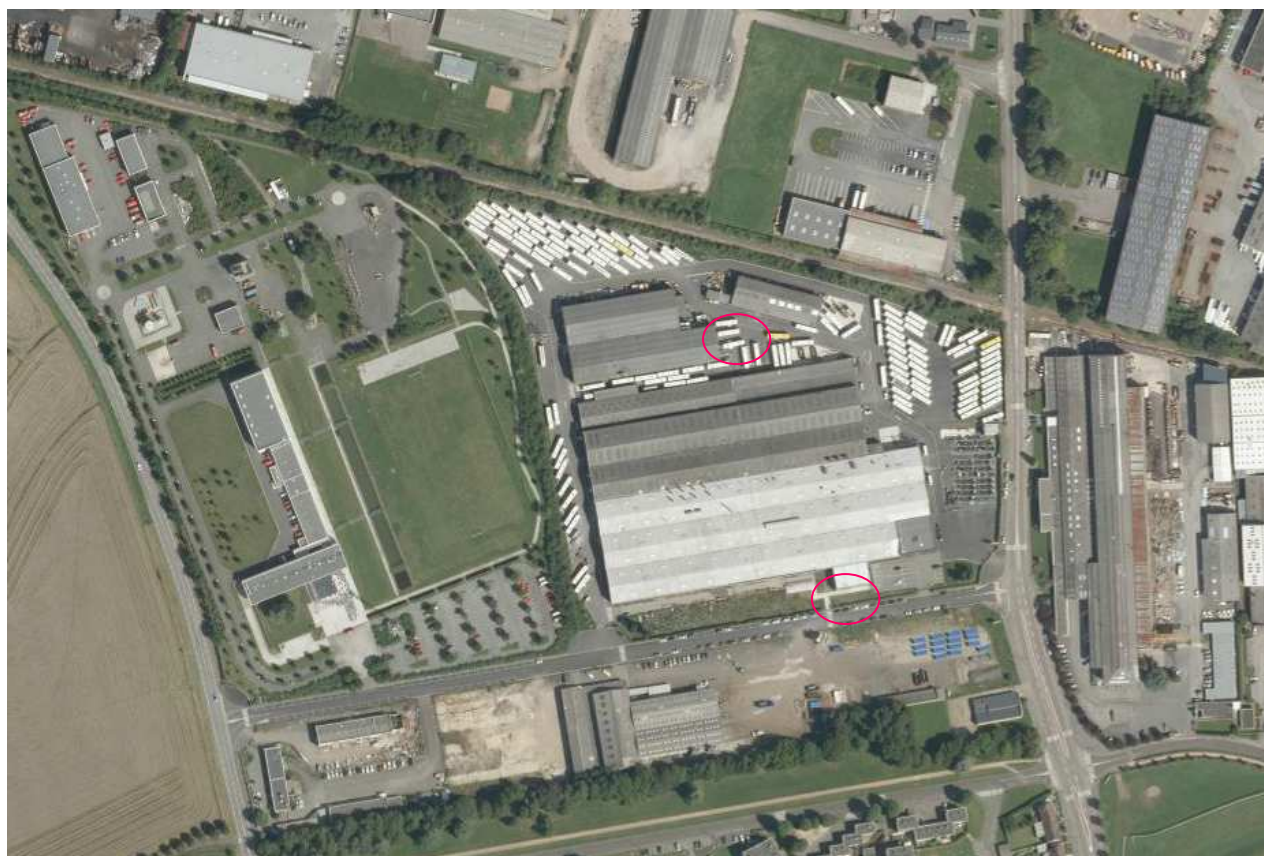
RAPPORT

DIAGNOSTIC COMPLEMENTAIRE DE POLLUTION AU VOISINAGE DES SONDAGES S8 ET S47

(Missions codifiées A200 et A320 de la norme NF X 31-620-2)

Site à l'étude : Ancien site CARRIER CARROSSERIE

181, rue d'Argentan – 61000 ALENCON



DEKRA INDUSTRIAL SAS
Pôle QSSE IDF
34-36, rue Alphonse Pluchet
CS 60002
92227 BAGNEUX Cedex
Tél. 02 38 63 63 69
Fax 02 38 63 70 70

Affaire n° : 522 32 41A

Chef de projet : Sibylle DERIEPPE



Les prestations d'études, assistance et contrôle (domaine A) et ingénierie des travaux de réhabilitation (domaine B) relatifs aux activités Sites et Sols Pollués de DEKRA INDUSTRIAL SAS sont certifiées par le LNE suivant le référentiel de certification de service des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués. Plus d'information sur www.lne.fr




Date	Indice	Modifications apportées
21/12/2016	VA	Version initiale
30/01/2016	VB	Ajout mission A320

RESUME NON-TECHNIQUE DE L'ETUDE

<p>CONTEXTE</p>	<p>DEKRA a été mandatée par SERPOL, intervenant pour le compte de la société NATIXIS LEASE IMMO, pour la réalisation d'investigations complémentaires sur l'ancien site CARRIER dont elle est propriétaire à Alençon (61).</p> <p>Ce site industriel était une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement autorisée par Arrêté Préfectoral du 03/11/2009. Le site est fermé depuis 2014 et une procédure de cessation d'activité est en cours. Dans ce contexte, un diagnostic de pollution a été réalisé par DEKRA et transmis à l'administration.</p> <p>Suite à cette première étude, des compléments d'investigations ont été demandés par l'Administration (DREAL-UT 61) dans son courrier du 13 octobre 2016 adressé à NATIXIS LEASE IMMO.</p> <p>Ces compléments comprennent entre autres la réalisation d'investigations complémentaires autour de deux sondages ayant mis en évidence des impacts localisés dans les sols lors du diagnostic initial :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sondage S8 : impact localisé par le tétrachloroéthylène entre 0,3 et 1,5 m ; - Sondage S47 : impact localisé par les hydrocarbures entre 1,5 et 5 m. <p>Ce diagnostic complémentaire de pollution des sols fait l'objet du présent rapport.</p>
<p>INVESTIGATIONS SOLS</p>	<p>Les investigations complémentaires ont consisté en la réalisation de deux pseudo-maillages :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Autour de S8 : 5 sondages de 3 m de profondeur ; - Autour de S47 : 4 sondages de 6 m de profondeur, répartis selon les contraintes d'accès. <p>Des indices nets de contamination ont été relevés sur le sondage S47-4 entre 3 et 4,5 m de profondeur. Par ailleurs, la présence de remblai peu compact sur ce sondage semble indiquer qu'il a été réalisé au droit de l'emprise des anciennes cuves enterrées (retirées).</p> <p>18 échantillons de sols ont été sélectionnés pour analyses en laboratoire.</p>
<p>RESULTATS AUTOUR DE S8</p>	<p>Les résultats analytiques (8 échantillons) ne confirment pas l'impact en PCE identifié en juillet 2016 au droit de S8. Une unique concentration peu significative en PCE est détectée sur l'échantillon S8bis (0,3-1m) ; elle est plus de 30 fois inférieure à celle relevée initialement.</p> <p>Aucune géométrie de pollution n'est donc établie ; l'impact relevé sur S8 (0-1,5m) étant ponctuel.</p>
<p>RESULTATS AUTOUR DE S47</p>	<p>Au voisinage des anciennes cuves enterrées de fioul, les résultats analytiques (10 échantillons) confirment la présence d'un impact sur les sols par les hydrocarbures.</p> <p>La présence de remblais pollués par les hydrocarbures a été établie au droit du sondage S47-4 (emprise probable des anciennes cuves de fioul). Les hydrocarbures ont atteint les terrains naturels sous-jacents (calcaires) jusqu'à 6 m ; on note une atténuation des concentrations en profondeur.</p> <p>L'étendue latérale de l'impact semble limitée, mais elle n'a pas pu être précisée vers le nord (présence d'un local constitué de modules métalliques au nord du point S47-4, interdisant la réalisation de sondages).</p> <p>Sur la base de ces informations, l'analyse des enjeux sanitaires réalisée au voisinage du sondage S47 confirme la compatibilité entre les teneurs relevées et le maintien d'un usage industriel.</p>
<p>CONCLUSION</p>	<p>Les investigations complémentaires réalisées en décembre 2016 ont montré :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'absence d'impact par le tétrachloroéthylène sur les sols au voisinage du sondage S8 de juillet 2016 ; - La présence d'une pollution historique des sols entre 2 et 6 m par les hydrocarbures au droit des anciennes cuves enterrées de fioul (S47-4). Une analyse des enjeux sanitaires a démontré que les risques sont acceptables dans cette partie du site. <p>Ainsi, à la lecture de ces résultats complémentaires, la compatibilité du site en l'état avec son usage industriel n'est pas remise en cause.</p>



IDENTIFICATION

DONNEUR D'ORDRE	SERPOL Agence Ile de France 10 avenue du Québec 91140 VILLEBON-SUR-YVETTE		
INTERLOCUTEUR	Benoît OCHART – Chef de projets		
SITE A L'ETUDE	Ancien site CARRIER Carrosserie 181, rue d'Argentan 61000 ALENCON		
TYPE D'ETUDE	Diagnostic complémentaire de pollution – Investigations de terrain		
MISSIONS (SELON NFX-31620)	A200 : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols A320 : Analyse des enjeux sanitaires		
N° D'AFFAIRE	522 32 41A		
MOTS CLES	Cessation d'activité, dimensionnement		
VERSIONS	VA	21/12/2016	Version initiale
	VB	30/01/2017	Ajout mission A320
SOUS-TRAITANCE	Entreprise de forage		ASTARUSCLE Environnement (Chambéry, 73)
	Laboratoire (Analyses de sols)		ALCONTROL (Gennevilliers, 92)
CHEF DE PROJET	Sibylle DERIEPPE	Visa : 	
SUPERVISEUR	Françoise DAS NEVES	Visa : 	
SUPERVISEUR A320	Marie GAULME	Visa : 	

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION.....	6
2	LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	7
3	DONNEES DU DIAGNOSTIC INTIAL SUR CES DEUX ZONES	10
3.1	Voisinage de S8 – Aire à déchets	10
3.2	Voisinage de S47 – Anciennes cuves enterrées de fioul	11
4	MISSION A200 : PRELEVEMENTS, MESURES ET ANALYSES SUR LES SOLS	13
4.1	Programme initial d'investigations	13
4.2	Démarches préalables à l'intervention	13
4.3	Nature des investigations	13
4.4	Terrains rencontrés et indices organoleptiques	17
4.5	Conditionnement et conservation des échantillons	18
4.6	Programme analytique	18
4.7	Choix des valeurs de référence	19
4.8	Résultats obtenus au voisinage de S8 (aire à déchets)	20
4.9	Résultats obtenus au voisinage de S47 (anciennes cuves enterrées de fioul)	21
5	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	27
6	LIMITES ET INCERTITUDES DE LA MISSION – JUSTIFICATION DES ECARTS.....	28
6.1	Incertitudes liées aux investigations	28
6.2	Incertitudes liées aux résultats d'analyses	28
6.3	Autres limites ou incertitudes	28
6.4	Justification des écarts	28
7	ANNEXE : ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES (A320).....	60
7.1	Contexte	60
7.2	Rappel des principes d'une EQRS	60
7.3	Collecte et analyse des données	62
7.4	Evaluation des dangers	66
7.5	Evaluation des expositions	70
7.6	Caractérisation des risques	73
7.7	Analyse des incertitudes	76
7.8	Synthèse et conclusion A320	82



FIGURES

Figure 1 : Localisation du site CARRIER sur un extrait IGN.....	8
Figure 2 : Localisation des zones à investiguer sur un extrait cadastral.....	9
Figure 3 : Localisation schématique des sondages réalisés en juillet 2016 dans la zone des 2 anciennes cuves à fioul enterrées (échelle approximative : 1/100).	12
Figure 4 : Localisation des sondages autour de S8.....	15
Figure 5 : Localisation des sondages autour de S47.....	16
Figure 6 : Concentrations en Hydrocarbures totaux (HCT) autour de S47.....	24
Figure 7 : Géométrie de pollution autour de S47.....	25
Figure 8 : Schéma conceptuel retenu dans le cadre de l'EQRS.....	65
Figure 9 : Contributions des substances aux risques totaux.....	76

TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristiques et définition de la zone d'étude.....	7
Tableau 2 : Localisation des sondages réalisés.....	14
Tableau 3 : Indices organoleptiques relevés lors du diagnostic complémentaire.....	17
Tableau 4 : Programme analytique.....	18
Tableau 5 : Normes analytiques employées sur les sols.....	19
Tableau 6 : Résultats d'analyses au voisinage de S8.....	20
Tableau 7 : Résultats d'analyses au voisinage de S47.....	22
Tableau 8 : Typologie des Hydrocarbures détectés au voisinage de S47.....	23
Tableau 9 : Récapitulatif des voies d'exposition potentielles.....	64
Tableau 10 : Substances et Concentrations retenues.....	69
Tableau 11 : Valeur des paramètres d'exposition pour les cibles.....	71
Tableau 12 : Valeurs des paramètres pour la modélisation du dégazage.....	73
Tableau 13 : Résultats des concentrations de polluant dans l'air, sous forme gazeuse.....	75
Tableau 14 : Résultats de la caractérisation des risques.....	75
Tableau 15: Analyse des incertitudes : espace de dégazage.....	77

ANNEXES

Annexe 1 : Localisation du site.....	29
Annexe 2 : Coupes des sondages.....	32
Annexe 3 : Bordereaux d'analyses Sols.....	41
Annexe 4 : Analyse des enjeux sanitaires.....	59



1 INTRODUCTION

DEKRA a été mandatée par SERPOL, intervenant pour le compte de la société NATIXIS LEASE IMMO, pour la réalisation d'investigations complémentaires sur l'ancien site CARRIER dont elle est propriétaire à Alençon (61).

Ce site industriel était une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement autorisée par Arrêté Préfectoral du 03/11/2009 au titre des rubriques 2565 (traitement de surfaces) et 2940 (application et cuisson de peinture).

Le site étant fermé depuis 2014, une procédure de cessation d'activité est en cours. Dans ce contexte, un diagnostic de pollution a été réalisé par DEKRA et transmis à l'administration.

Rapport DEKRA INDUSTRIAL SAS n°519 41 899 VA du 20/04/2016 : Diagnostic de pollution - Etude documentaire et historique.

Rapport DEKRA INDUSTRIAL SAS n°520 33 857 VA du 19/09/2016 : Diagnostic de pollution - Investigations de terrain.

Suite à cette étude, des compléments d'investigations ont été demandés par l'Administration (DREAL-UT 61) dans son courrier du 13 octobre 2016 adressé à NATIXIS LEASE IMMO.

Ces compléments comprennent entre autres la réalisation d'investigations complémentaires autour de deux sondages ayant mis en évidence des impacts localisés dans les sols lors du diagnostic initial :

- Sondage S8 : impact localisé par le tétrachloroéthylène entre 0 et 1,5 m : [PCE] = 4,1 mg/kg ;
- Sondage S47 : impact localisé par les hydrocarbures entre 1,5 et 5 m : [max HCT] = 2300 mg/kg.

Ce diagnostic complémentaire de pollution a été réalisé fin 2016 et fait l'objet du présent rapport.

Les informations et résultats obtenus au cours de cette étude sont synthétisés dans le présent document.



2 LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

L'ancien site CARRIER se trouve dans l'agglomération d'Alençon (Orne, 61), dans une zone industrielle située à environ 1 km au nord du centre-ville.

Le site est actuellement désaffecté ; il est localisé sur un extrait IGN en page suivante.

Un extrait cadastral et une vue aérienne sont également fournis en Annexe 1.

Les principales caractéristiques de l'ancien site CARRIER sont les suivantes :

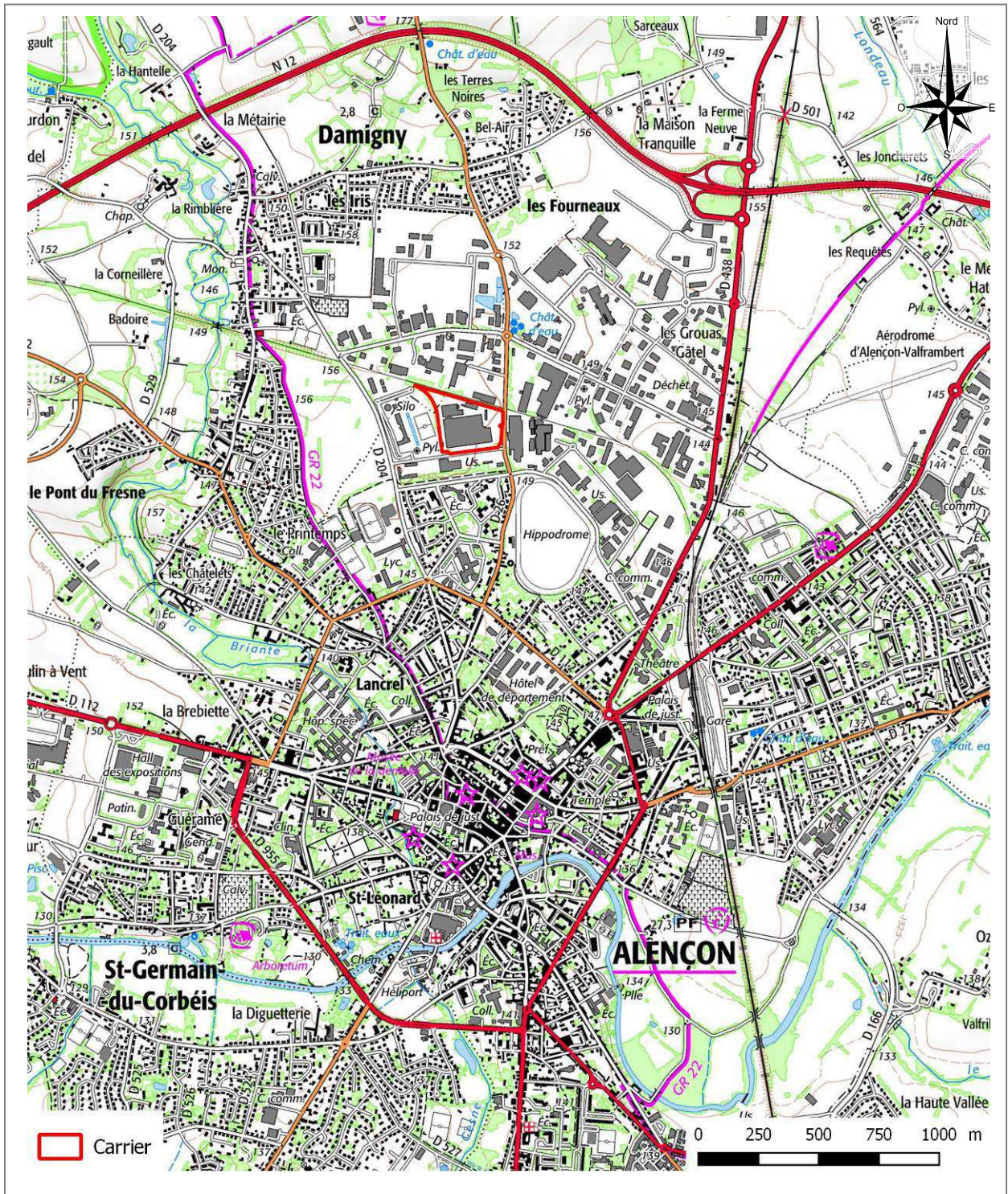
COMMUNE(S)	ALENÇON (61000) - DAMIGNY (61250)
ADRESSE POSTALE	181-185, rue d'Argentan – 61000 ALENCON
REFERENCES CADASTRALES	<u>Commune d'Alençon :</u> Section AL, Parcelle n°283 → 52 271 m ² <u>Commune de Damigny :</u> Section AE, Parcelle n°8 → 3 146 m ²
ALTITUDE	+ 149 à 152 m NGF
SUPERFICIE PARCELLAIRE	55 147 m ²
SURFACE BATIE	Environ 24 000 m ²
ENVIRONNEMENT	L'ancien site CARRIER se trouve au sein de la zone industrielle située au nord d'Alençon.

Tableau 1 : Caractéristiques et définition de la zone d'étude.

Dans le cadre du diagnostic complémentaire, la zone d'étude concerne plus précisément le voisinage des sondages S8 et S47 réalisés lors du diagnostic initial de pollution.

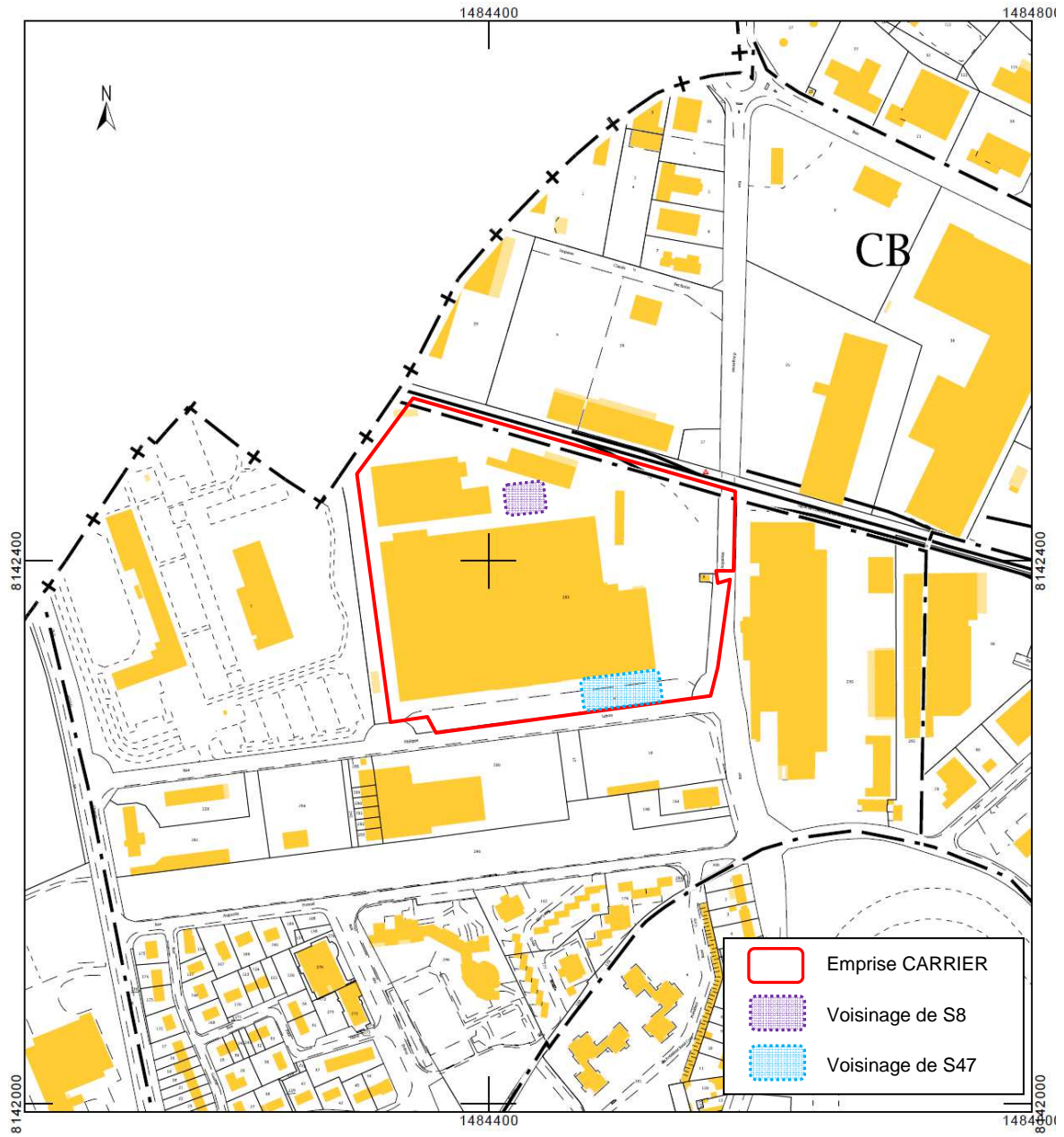
Les deux zones à investiguer sont illustrées en figure 2.






	CARRIER – Alençon (61)				
	<i>Figure 1 : Localisation du site CARRIER sur un extrait IGN.</i>	<table border="1"> <tr> <td>Source :</td> <td>IGN</td> </tr> <tr> <td>Échelle :</td> <td>1/25 000</td> </tr> </table>	Source :	IGN	Échelle :
Source :	IGN				
Échelle :	1/25 000				





	CARRIER – Alençon (61)	
	<i>Figure 2 : Localisation des zones à investiguer sur un extrait cadastral.</i>	
	Source :	cadastre
	Échelle :	1/5000

3 DONNEES DU DIAGNOSTIC INTIAL SUR CES DEUX ZONES

3.1 VOISINAGE DE S8 – AIRE A DECHETS

En juillet 2016, lors du diagnostic initial de pollution, le sondage S8 avait été réalisé au droit d'une aire bétonnée qui accueillait des bennes de stockage de déchets jusqu'à la fermeture du site en 2014.

Cette dalle se trouve en tête du bâtiment nommé « Hall 9 » dans les précédentes études.

D'après les informations recueillies, cette dalle béton est récente, puisqu'elle a été aménagée en 2012 lors de travaux de réfection des extérieurs portant sur l'ensemble du site¹.

Elle se trouve à proximité de l'emprise d'un ancien bâtiment de stockage de peinture et diluants qui aurait été détruit entre 1996 et 2001.



Aire à déchets (zone S8)

La coupe de terrain au droit de S8 a mis en évidence la présence :

- D'une dalle béton ferrailé de 30 cm d'épaisseur ;
- De limons bruns puis beiges de 0,30 à 1,5 m ;
- De marne beige de 1,5 à 2 m (fin du sondage).

Aucun indice organoleptique de contamination n'a été relevé lors du sondage (et absence de réaction du PID).

L'échantillon de sols S8 prélevé entre 0,3 et 1,5 m a été sélectionné pour analyses (recherche de 8 métaux, hydrocarbures totaux et volatils, HAP, BTEX et COHV).

Les résultats ont mis en évidence une **concentration significative en tétrachloroéthylène (PCE), égale à 4,1 mg/kg**.

La présence de PCE n'a pas pu être expliquée par l'étude historique.

Aucun autre impact n'a été relevé sur cet échantillon, à l'exception d'une trace de trichloroéthylène égale à la limite de quantification du laboratoire.

En l'absence d'analyse dans l'horizon sous-jacent et à proximité immédiate de S8, l'impact par le PCE n'a pas été dimensionné.

¹ Les travaux engagés en 2012 sur l'ensemble du site faisaient suite aux prescriptions de la Préfecture dans le dernier arrêté d'autorisation délivré à l'exploitant le 03/11/2011.

3.2 VOISINAGE DE S47 – ANCIENNES CUVES ENTERREES DE FIOUL

En juillet 2016, le sondage S47 avait été réalisé au voisinage supposé de deux anciennes cuves enterrées de fioul de 40 et 50 m³ (ainsi que quatre autres sondages : S48, S49, S50 et S54).

Cf schéma d'implantation en page suivante.

Ces deux cuves ont été identifiées sur un plan datant de 1979. Elles se trouvaient enterrées côte à côte sur les extérieurs, en limite sud-est du site (le long du « Hall 1 ») ; leur localisation passée reste approximative.

Il est probable qu'elles aient été supprimées lors des travaux engagés en 2012 (la suppression des réservoirs à simple peau faisant partie des préconisations de la Préfecture). Cependant, aucun descriptif précis des travaux, ni justificatif d'enlèvement des cuves n'a pu être fourni par l'ancien exploitant.

La zone investiguée est actuellement constituée d'une bande de terrain végétalisée ; une extension (sanitaires, locaux sociaux) a également été bâtie en 2012 le long du « Hall 1 ».



Localisation supposée des anciennes cuves enterrées de fioul (zone S47)

La coupe de terrain au droit de S47 a mis en évidence la présence :

- De limons bruns de 0 à 1,5 m ;
- De sablon marron orangé et de limons marron entre 1,5 et 3 m ;
- De marne beige à grise entre 3 et 5 m (fin du sondage).

Une odeur suspecte avait été relevée entre 3 et 5 m (légère réaction du PID : 2 à 6 ppm).

Trois échantillons de sols avaient été sélectionnés pour analyses (recherche des hydrocarbures totaux et volatils, HAP, et BTEX). Les résultats ont mis en évidence des **impacts modérés par les Hydrocarbure Totaux (HCT), avec des concentrations de 2300 mg/kg (1,5-3 m) et 1200 mg/kg (4-5 m).**

Aucun autre impact n'a été relevé sur les autres sondages réalisés dans cette même zone.

En l'absence de sondage au nord et à l'ouest de S47 d'une part, et de refus à l'avancement au-delà de 5 m d'autre part, l'impact par les HCT n'a pas pu être dimensionné.

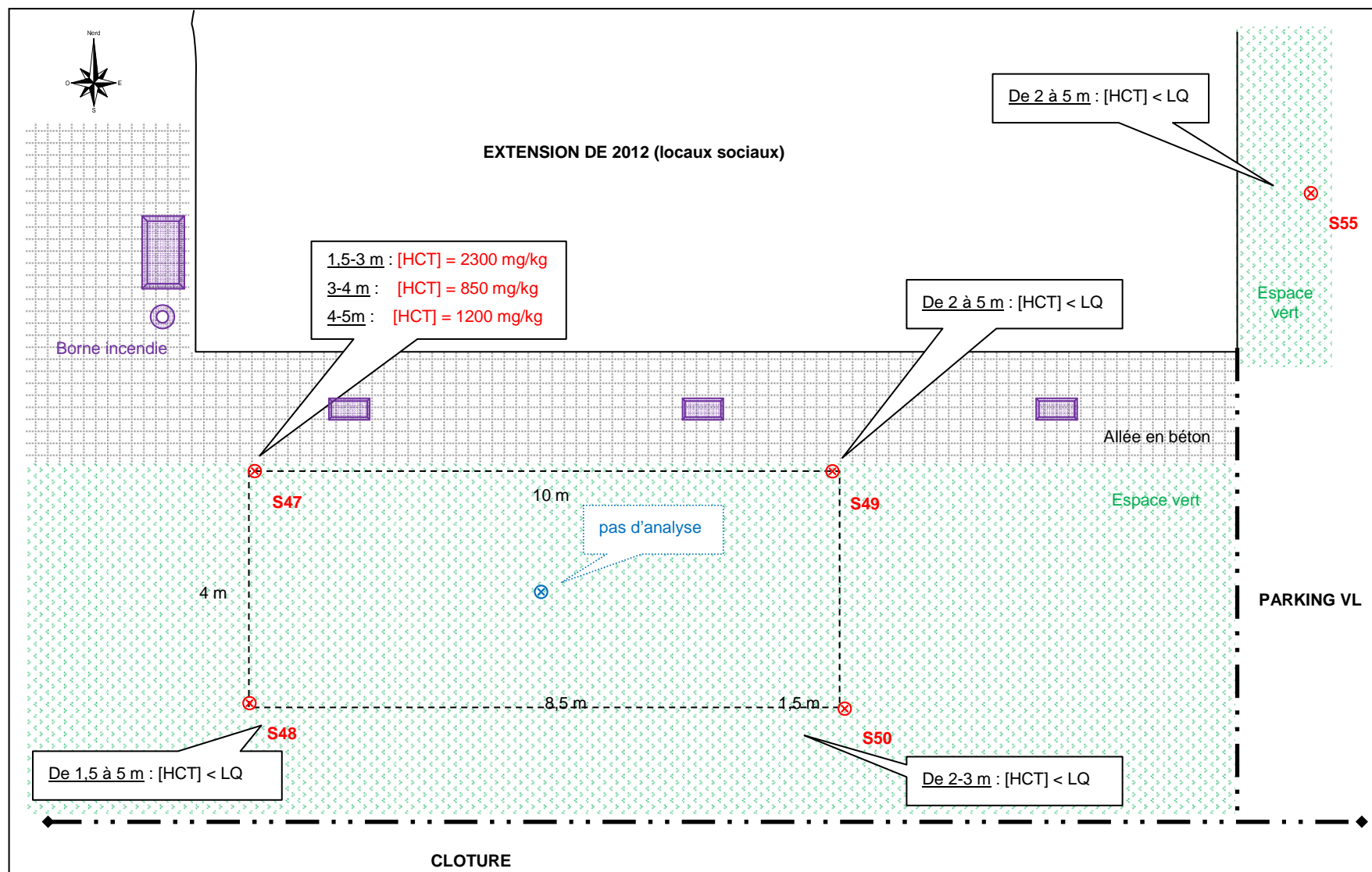


Figure 3 : Localisation schématique des sondages réalisés en juillet 2016 dans la zone des 2 anciennes cuves à fioul enterrées (échelle approximative : 1/100).



4 MISSION A200 : PRELEVEMENTS, MESURES ET ANALYSES SUR LES SOLS

4.1 PROGRAMME INITIAL D'INVESTIGATIONS

Dans l'ensemble, les sondages ont été implantés conformément au plan d'investigations proposé dans notre offre DEKRA INDUSTRIAL SAS n°2016-B935-5204.

Les investigations complémentaires ont consisté en la réalisation de deux maillages pseudo-géométriques :

- Autour de S8 : 5 sondages de 3 m de profondeur, avec une maille approximative de 2,5 m x 2,5 m ;
- Autour de S47 : 4 sondages de 6 m de profondeur, répartis en fonction des contraintes d'accès.

Ce programme prévisionnel avait préalablement été validé par NATIXIS LEASE IMMO, SERPOL et DEKRA.

4.2 DEMARCHES PREALABLES A L'INTERVENTION

L'implantation des points sondages a été réalisée par DEKRA le 12 décembre 2016, après sécurisation à l'aide d'un détecteur de réseaux sous tension (type LEICA DIGICAT 200), consultation des récépissés de la Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux et ouverture des tampons et réseaux accessibles sur site.

L'ensemble des risques identifiés pour la réalisation de l'intervention, les mesures prises pour les éviter et les Equipement de Protection Individuels nécessaires ont été consignés dans un plan de prévention signé par les différentes parties (NATIXIS LEASE IMMO, SERPOL, DEKRA et Astaruscle Environnement, entreprise de sondage).

4.3 NATURE DES INVESTIGATIONS

Les investigations ont consisté en la réalisation de sondages au moyen d'une foreuse mécanique équipée d'une tarière pleine, ainsi que d'un carottier portatif à gouges.

Le programme du diagnostic initial a compris **9 sondages, pour un total de 39 ml.**

Ils ont été réalisés par la société Astaruscle Environnement (sous-traitant), sous la supervision constante d'un ingénieur DEKRA spécialisé dans le domaine des sites et sols pollués, ayant à sa disposition un détecteur de composés organiques volatils par photo-ionisation (PID).

La stratégie d'investigations a été définie en fonction de nos observations lors du diagnostic initial de juillet 2016, en tenant compte des contraintes locales liées à l'accessibilité des zones et à la présence de réseaux enterrés.

Deux plans de localisation des sondages sont présentés sur les Figures 4 et 5.

Les caractéristiques des sondages effectués sont données dans le tableau suivant.

Remarque : Notons que – comme en juillet 2016 - les investigations au voisinage de S47 ont été contraintes par la présence de plusieurs réseaux enterrés situés sous l'allée en béton longeant l'extension bâtie. Le risque d'atteinte aux ouvrages souterrains n'a pas permis de réaliser plus d'investigations au nord de ce point.



Zone sensible visée / Localisation	Sondage	Profondeur atteinte	Moyens utilisés	Coordonnées Lambert 93		Altitude NGF
				X en m	Y en m	Z en m
Zone à déchets bétonnée	S8 (rappel)	2,0 m	Foreuse	484 541	6 820 090	+ 150
Zone à déchets bétonnée	S8 bis	3,0 m	Tarière pleine (foreuse)	484 541	6 820 089	+150,7 m
	S8-1	3,0 m		484 538	6 820 088	+150,7 m
	S8-2	3,0 m		484 542	6 820 087	+150,7 m
	S8-3	3,0 m		484 544	6 820 091	+150,7 m
	S8-4	3,0 m		484 539	6 820 092	+150,7 m
Anciens RS FOD de 40 et 50 m ³	S47 (rappel)	5,0 m	Foreuse	484 538	6 819 928	+ 150
Extérieurs : bande enherbée	S47-1	6,0 m	Tarière pleine (foreuses)	484 535	6 819 928	+150,1
	S47-2	6,0 m		484 539	6 819 927	+150,1
	S47-3	6,0 m		484 541	6 819 929	+150,1
Extérieurs : allée bétonnée	S47-4	6,0 m		484 539	6 819 930	+150,1
Intérieur de l'extension (locaux sociaux)	S47-5*	0,2 m*	Carottier à gouges	484 539	6 819 933	+150,1
	S47-6*	0,2 m*		484 541	6 891 936	+150,1

* : REFUS : Présence d'une plaque métallique.

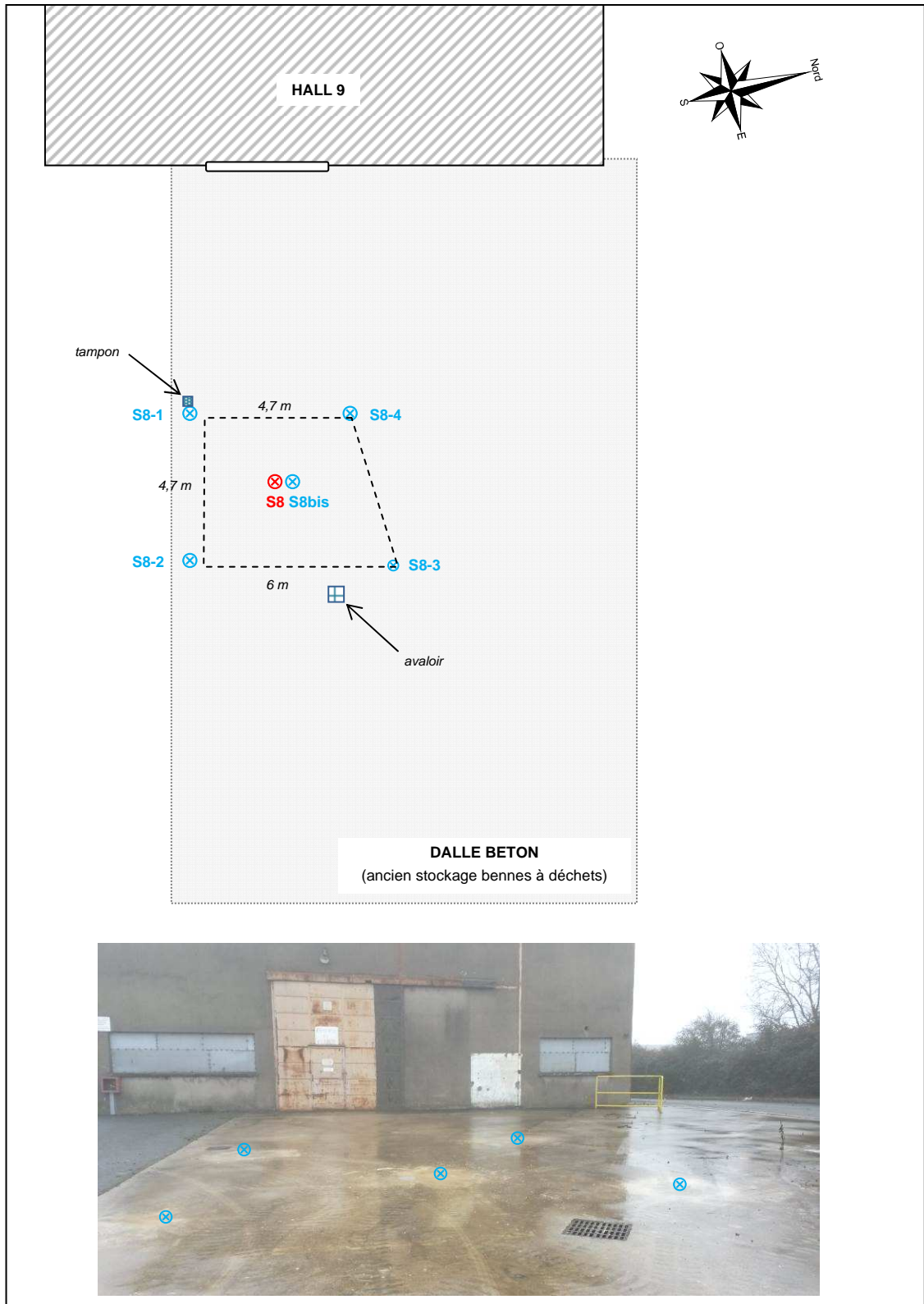
Tableau 2 : Localisation des sondages réalisés.

Nota : les sondages S47-5 et S47-6 n'ont pas pu être réalisés du fait de la présence d'une plaque métallique sous le carrelage et l'isolant présent sous l'extension.

En effet, après vérification, l'extension est constituée de modules métalliques assemblés; son emprise est donc entièrement ceinte de métal.




Trou de sondage S47-6 – Présence d'une plaque métallique.



	CARRIER Carrosserie – Alençon (61)	
	<i>Figure 4 : Localisation des sondages autour de S8.</i>	Source : DK1 Echelle : ~1/200



	CARRIER Carrosserie – Alençon (61)				
	<i>Figure 5 : Localisation des sondages autour de S47.</i>	<table border="1"> <tr> <td>Source :</td> <td>DKI</td> </tr> <tr> <td>Echelle :</td> <td>Graphique</td> </tr> </table>	Source :	DKI	Echelle :
Source :	DKI				
Echelle :	Graphique				

4.4 TERRAINS RENCONTRES ET INDICES ORGANOLEPTIQUES

▪ Aire à déchets bétonnée (S8)

Les sondages réalisés sur l'aire à déchets ont mis en évidence des terrains relativement homogènes sous la dalle béton de 0,30 m.

La coupe lithologique moyenne des terrains est constituée de :

- D'un horizon décimétrique de sable marron localement (S8-1, S8-2, S8-3) ;
- De limons marron-bruns plus ou moins argileux entre 0,3 et 1 m ;
- De formations marno-calcaires beiges plus ou moins friables (altérées) de 1 à 3 m de profondeur.

▪ Anciennes cuves enterrées de fioul (S47)

Les sondages S47-1, S47-2 et S47-3 réalisés au voisinage supposé des anciennes cuves enterrées de fioul ont mis en évidence la coupe lithologique moyenne suivante :

- Argile limoneuse marron entre 0 et 1,5 m ;
- Sable orangé (calcaire roux altéré ?) entre 1,5 et 3 m
- De calcaires beiges à grisâtres - localement massifs - de 3 à 6 m de profondeur.

Au droit de S47-4, la présence de terrains peu compacts sablo-limoneux marron-bruns a été mise en évidence entre 1,5 et 3,5 m, indiquant que la zone a été remblayée. Ce sondage a donc probablement été réalisé dans l'emprise des anciennes cuves enterrées de fioul.

Les coupes des sondages sont fournies en annexe.

Cf. Annexe 2 : Coupes des sondages.

Plusieurs indices organoleptiques de contamination ont été relevés lors de la réalisation des sondages et le PID a (faiblement) réagi sur certains points de sondage, indiquant la présence de traces de composés organiques volatils. Ces constats sont rassemblés ci-dessous. Aucune arrivée d'eau franche n'a été rencontrée.

Zone sensible visée / Localisation	Sondage	Profondeur de constat	Indices organoleptiques	Mesure PID
Zone à déchets bétonnée	S8-1	1-3 m	Odeur non identifiée	0 ppm
	S8-3	1-2 m	Odeur non identifiée	0 ppm
Extérieurs : bande enherbée	S47-2	3-4,5 m	Légère odeur d'hydrocarbures (HC)	4 ppm
		4,5-6 m		11 ppm
	S47-3	3-4,5 m	Odeur non identifiée	8 ppm
		4,5-6 m	Légère odeur HC	6 ppm
Extérieurs : allée bétonnée	S47-4	1,5-3 m	Présence de remblai	0 ppm
		3-3,5 m	Aspect et odeur suspects	45 ppm
		3,5-4,5 m	Odeur suspecte HC	13 ppm
		4,5-6 m	-	0 ppm

Tableau 3 : Indices organoleptiques relevés lors du diagnostic complémentaire.



Les prélèvements d'échantillons de sols ont été effectués en s'inspirant de la norme NF ISO 10381-5.

La stratégie d'échantillonnage a été définie lors des investigations, afin de permettre une bonne représentativité des sols investigués et des différents risques de contamination.

Si absence de constat organoleptique suspect :

- prélèvement d'un échantillon de sol représentatif des matériaux traversés ;

Si présence de constat organoleptique suspect :

- prélèvement d'un échantillon de sol représentatif de la ou des couches de matériaux suspects ;
- prélèvement d'un échantillon de sol représentatif de chaque couche de terrain spécifique (matériaux sus-jacents et sous-jacents à la couche suspecte).

4.5 CONDITIONNEMENT ET CONSERVATION DES ECHANTILLONS

Les échantillons prélevés ont été répertoriés et les renseignements suivants ont été consignés : n° de l'échantillon, nature de l'échantillon, laboratoire destinataire, date de prélèvement, type de conditionnement, préleveur.

Les échantillons ont été conditionnés dans des bocaux en verre de qualité laboratoire et maintenus en caisson réfrigéré jusqu'à leur arrivée au laboratoire.

4.6 PROGRAMME ANALYTIQUE

L'analyse des échantillons a été sous-traitée au laboratoire ALCONTROL. Ce laboratoire est accrédité par le RVA, reconnu en France par le COFRAC. Il figure parmi les sous-traitants référencés par DEKRA.

Le programme analytique est conforme aux polluants identifiés à l'issue de la première campagne de sondages.

→ 8 échantillons de sols ont été sélectionnés pour analyses au voisinage de S8 et 10 au voisinage de S47.

La sélection des analyses par sondage est présentée dans le tableau suivant.

Zone sensible visée / Localisation	Sondage	Nombre d'échantillons sélectionnés	Analyses
Zone à déchets bétonnée	S8 bis	2	(8x) COHV (13 composés organo-halogénés volatils)
	S8-1	2	
	S8-2	1	
	S8-3	2	
	S8-4	1	
Extérieurs : bande enherbée	S47-1	2	(10x) HCV – HCT (x4) HAP (1x) TPH
	S47-2	2	
	S47-3	3	
Extérieurs : allée bétonnée	S47-4	3	
	S47-5*	0	
Intérieur de l'extension (locaux sociaux)	S47-6*	0	

* : REFUS : Présence d'une plaque métallique.

Tableau 4 : Programme analytique.



Les normes analytiques suivies sont listées dans le tableau suivant.

Paramètres	Méthode	Contenu
Matières sèches	Equivalent à ISO 11465 et NEN-EN 15934	-
HCT C5-C40 (hydrocarbures totaux)	Méthode interne	Découpage par tranche C5-C6, C6-C8, C8-C10, C10-C12, C12-C16, C16-C21, C21-C40
HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)	Méthode interne	Acénaphylène, acénaphène, fluorène, pyrène, benzo(b)fluoranthène, dibenzo(a,h)anthracène, anthracène, benzo(a)anthracène, benzo(a)pyrène, benzo(g,h,i)pérylène, benzo(k)fluoranthène, chrysène, fluoranthène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, naphthalène, phénanthrène
BTEX	Méthode interne GC MS	Benzène, toluène, éthylbenzène, m+p-xylène, o-xylène
COHV (composés organo-halogénés volatils)	Méthode interne GC MS	Chlorure de vinyle, dichlorométhane, trichlorométhane (chloroforme), tétrachlorométhane, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, 1,1,1-trichloroéthane, 1,2-dichloroéthane, cis-1,2-dichloroéthène, 1,1-dichloroéthylène, trans-1,2-dichloroéthylène, 1,1-dichloropropane, 1,3-dichloropropène, hexachlorobutadiène, bromoforme
TPH	Méthode interne, GC-FID, headspace GCMS	Fractions aliphatiques : C5-C6, >C6-C8, >C8-C10, C10-C12, C12-C15, >C16-C21, C21-C35 8 Fractions aromatiques : C5-C6, >C7-C8, >C8-C10, C10-C12, C12-C15, >C16-C21, C21-C35

Tableau 5 : Normes analytiques employées sur les sols.

4.7 CHOIX DES VALEURS DE REFERENCE

Il n'existe pas de valeurs réglementaires de référence permettant de déterminer si un sol est pollué.

La méthodologie en vigueur dans le domaine des sites et sols pollués préconise de comparer les concentrations quantifiées au brut de fond local pour ces composés.

Ainsi, **pour les composés organiques**, la démarche suivante est employée : leur présence dans l'environnement ne pouvant avoir qu'une origine anthropique, toute occurrence dans les sols est signe d'un impact.

Les concentrations en composés organiques ont donc été comparées aux seuils de quantification du laboratoire et selon nos retours d'expérience. Les seuils de l'arrêté du 12/12/2014 ont également été retenus à titre de comparaison pour les HCT, HAP et BTEX.



4.8 RESULTATS OBTENUS AU VOISINAGE DE S8 (AIRE A DECHETS)

4.8.1 RESULTATS ANALYTIQUES (S8)

Le tableau suivant présente les concentrations mesurées dans les sols à l'issue de ce diagnostic complémentaire autour du sondage S8 (Aire à déchets).

Le bordereau d'analyse du laboratoire est présenté en annexe de ce rapport/

Cf. Annexe 3 : Bordereau analytique.

Paramètre	Unité	Incertitude		LQ	S8	S8 bis		S8-1		S8-2	S8-3		S8-4
					(0-1,5)	(0,3-1)	(1,5-3)	(1-2)	(2-3)	(1-2)	(0,3-1)	(1-2)	(0,3-1)
matière sèche	% massique	8	%	-	90,2	81,6	90,7	91	90,8	94	84,6	88,8	85,5
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS													
1,2-dichloroéthane	mg/kg MS	24	%	<0,03	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,1-dichloroéthène	mg/kg MS	31	%	<0,05	<	<	<	<	<	<	<	<	<
cis-1,2-dichloroéthène	mg/kg MS	14	%	<0,03	<	<	<	<	<	<	<	<	<
trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg MS	18	%	<0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<
dichlorométhane	mg/kg MS	18	%	<0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,2-dichloropropane	mg/kg MS	16	%	<0,03	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,3-dichloropropène	mg/kg MS	33	%	<0,1	<	<	<	<	<	<	<	<	<
tétrachloroéthylène	mg/kg MS	27	%	<0,02	4,1	0,12	<	<	<	<	<	<	<
tétrachlorométhane	mg/kg MS	31	%	<0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg MS	25	%	<0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<
trichloroéthylène	mg/kg MS	20	%	<0,02	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<
chloroforme	mg/kg MS	14	%	<0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<
chlorure de vinyle	mg/kg MS	62	%	<0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<
hexachlorobutadiène	mg/kg MS	24	%	<0,1	<	<	<	<	<	<	<	<	<
bromoforme	mg/kg MS	33	%	<0,05	<	<	<	<	<	<	<	<	<

LQ : Limite de Quantification

< : concentration inférieure à la limite de quantification

Tableau 6 : Résultats d'analyses au voisinage de S8.

4.8.2 COMMENTAIRES (S8)

Les résultats analytiques mettent en évidence la quasi-absence de COHV sur les échantillons de sols analysés.

Les concentrations en polluants sont toutes inférieures aux limites de quantification, à l'exception de la teneur en tétrachloroéthylène (PCE) relevée sur l'échantillon S8bis (0,3-1m), égale à 0,12 mg/kg.

Cette concentration en PCE reste peu significative ; elle est plus de 30 fois inférieure à celle relevée initialement, alors que les sondages S8 et S8bis sont très proches (moins de 0,5 m l'un de l'autre).

Dans l'ensemble, les investigations réalisées ne confirment donc pas les observations de juillet 2016.

4.8.3 GEOMETRIE DE POLLUTION (S8)

Aucune géométrie de pollution n'est donc établie ; l'impact relevé sur S8 (0-1,5m) étant ponctuel.



4.9 RESULTATS OBTENUS AU VOISINAGE DE S47 (ANCIENNES CUVES ENTERREES DE FIOUL)

4.9.1 RESULTATS ANALYTIQUES (S47)

Le tableau en page suivante présente les concentrations mesurées dans les sols à l'issue du diagnostic complémentaire mené autour du sondage S47 (anciennes cuves enterrées de fioul).

Le bordereau d'analyse du laboratoire est présenté en Annexe 3 de ce rapport.

4.9.2 COMMENTAIRES (S47)

Au voisinage des anciennes cuves enterrées, les analyses confirment la présence de l'impact sur les sols par les hydrocarbures.

En effet, les résultats mettent en évidence :

- un **impact marqué au droit de S47-4 entre 3 et 3,5 m** et dans une moindre mesure entre 3 et 4,5 m. Les concentrations en HCT et HCV sont supérieures à celles relevées en juillet 2016 au droit de S47.
- Un impact modéré au droit de S47-3 entre 1,5 et 6 m, comparable à celui relevé sur S47 (même formation, même ordre de grandeur pour les concentrations) ;
- L'absence d'impact marqué sur S47-1 et S47-2 jusqu'au pied de sondage.

La présence de remblai pollué par les hydrocarbures a été établie entre 3 et 3,5 m au droit du sondage S47-4 (emprise probable des cuves enterrées de fioul).

Les hydrocarbures ont atteint les terrains naturels sous-jacents (calcaires) jusqu'à 6 m de profondeur.

Il n'est techniquement pas possible de descendre les sondages au-delà de 6 m de profondeur, du fait de la présence de formations massives à partir de 4,5 m.

Notons le gradient vertical des concentrations en hydrocarbures au droit de S47-4 : 9700 mg/kg (entre 3-3,5m), puis 2700 mg/kg (3-4,5m), et enfin 1500 mg/kg (4,5-6m). L'atténuation relative des concentrations est significative.

Les sondages S47 et S47-3 – impactés dans une moindre mesure – se trouvent à moins de 2 m de S47-4.

Au-delà (quelques mètres de plus, les sondages S47-1, S47-2 et S49 - non impactés – permettent de délimiter plus largement la zone.

L'étendue latérale de l'impact semble donc limitée vers l'ouest, le sud et l'est.

La géométrie de pollution ne peut pas être précisée vers le nord du fait de la présence de l'extension (bâtie sur une plaque métallique).

Paramètre	Unité	Incertitude	LQ	S47			S47-1		S47-2		S47-3			S47-4		
				(1,5-3)	(3-4)	(4-5)	(3-4,5)	(4,5-6)	(1,5-3)	(4,5-6)	(1,5-3)	(3-4,5)	(5-6)	(3-3,5)	(3,5-4,5)	(4,5-6)
matière sèche	% massique	8 %	-	89,8	91,6	86,5	89,8	87,2	84,9	87,5	89,1	91,2	88,8	85,9	91,2	91,2
HYDROCARBURES TOTAUX																
fraction C5-C6	mg/kg MS	38 %	<10	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
fraction C6-C8	mg/kg MS	38 %	<10	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
fraction C8-C10	mg/kg MS	38 %	<10	<	<	26	<	<	<	<	<	31	<	47	47	22
fraction C10-C12	mg/kg MS	28 %	<5	45	39	69	<	<	<	14	<	96	37	440	130	73
fraction C12-C16	mg/kg MS	28 %	<5	550	260	400	<	<	<	95	200	530	180	3000	830	460
fraction C16-C21	mg/kg MS	28 %	<5	990	340	460	<	<	<	120	450	630	210	4100	1100	610
fraction C21-C40	mg/kg MS	28 %	<5	700	210	260	<	<	<	55	290	310	110	2200	610	360
Hydrocarbures Volatils C5-C10	mg/kg MS	38 %	<30	<	<	<	<	<	<	<	<	31	<	48	47	<
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	28 %	<20	2300	850	1200	<	<	<	280	940	1600	540	9700	2700	1500
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES																
naphtalène	mg/kg MS	33 %	<0,02	<	<	0,03						0,1	<		0,02	0,03
acénaphylène	mg/kg MS	33 %	<0,02	0,04	<	0,02						0,02	<		0,02	<
acénaphène	mg/kg MS	33 %	<0,02	0,02	0,03	0,09						0,09	0,04		0,07	0,08
fluorène	mg/kg MS	20 %	<0,02	<	0,02	0,12						0,12	0,07		0,12	0,08
phénanthrène	mg/kg MS	20 %	<0,02	<	0,04	0,13						0,17	0,11		0,12	0,07
anthracène	mg/kg MS	20 %	<0,02	<	<	0,06						<	0,04		<	0,04
fluoranthène	mg/kg MS	20 %	<0,02	<	<	0,03						0,05	<		0,03	0,02
pyrène	mg/kg MS	20 %	<0,02	0,02	<	0,04						0,06	0,02		0,09	0,05
benzo(a)anthracène	mg/kg MS	13 %	<0,02	<	<	<						0,02	<		<	<
chrysène	mg/kg MS	13 %	<0,02	<	<	<						<	<		<	<
benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	13 %	<0,02	<	<	<						0,03	<		<	<
benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	13 %	<0,02	<	<	<						<	<		<	<
benzo(a)pyrène	mg/kg MS	13 %	<0,02	<	<	<						0,03	<		<	<
dibenzo(ah)anthracène	mg/kg MS	17 %	<0,02	<	<	<						<	<		<	<
benzo(ghi)peryène	mg/kg MS	17 %	<0,02	<	<	<						0,02	<		<	<
indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg MS	17 %	<0,02	<	<	<						<	<		<	<
Somme des HAP (16) - EPA	mg/kg MS	21 %	<0,32	<	<	0,52						0,71	<		0,49	0,37

Tableau 7 : Résultats d'analyses au voisinage de S47.



Une analyse de type TPH a été réalisée sur l'échantillon S47-4 (3,5-4,5 m).

Cette analyse – dont le résultat est présenté dans le tableau ci-dessous - indique que le produit polluant est constitué à 63% d'hydrocarbures aliphatiques et 37% d'aromatiques.

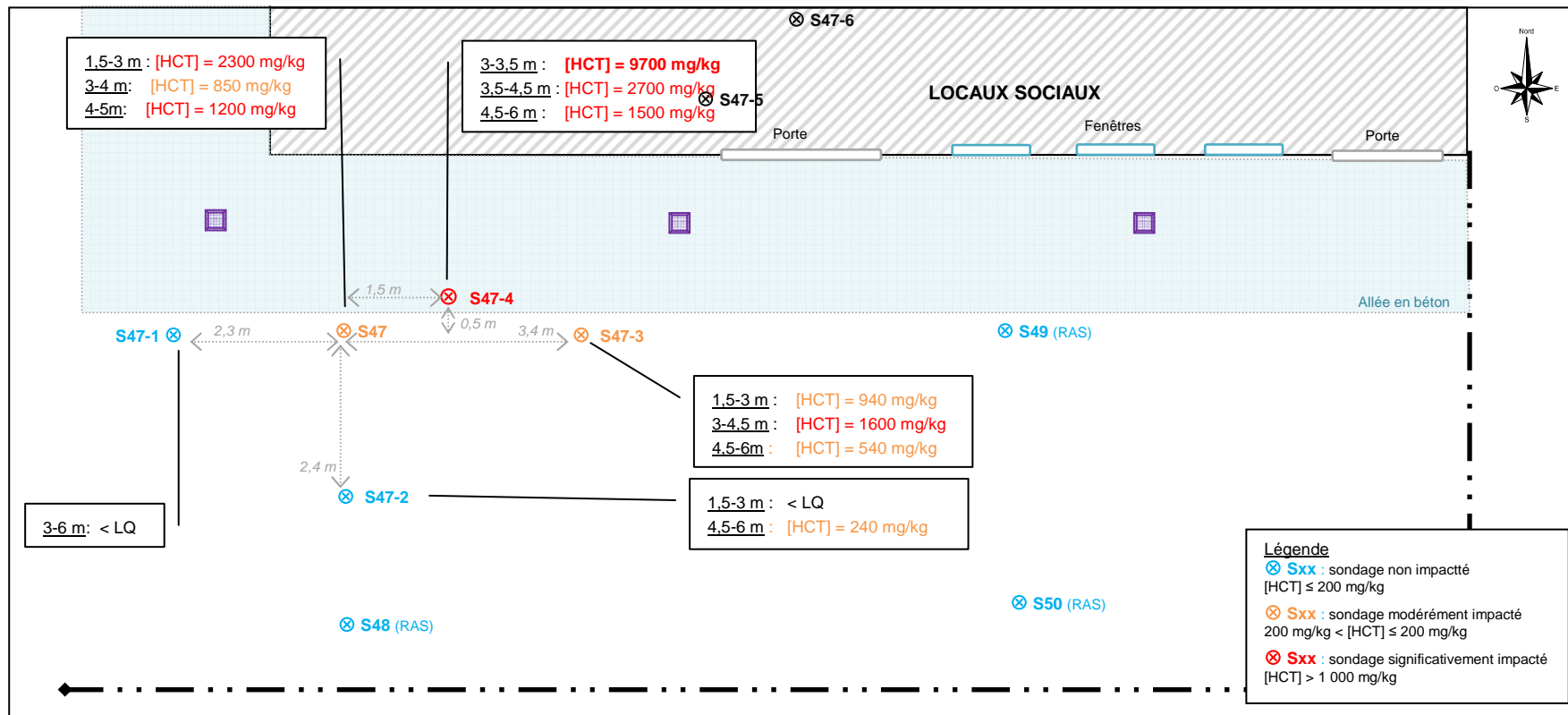
Les composés les plus lourds, faiblement volatils, sont majoritaires, les coupes supérieures à C16 représentant 70% des hydrocarbures détectés (aliphatiques et aromatiques confondus).

Notons enfin l'absence totale des composés les plus volatils C5 à C8 (aliphatiques et aromatiques confondus).

Cette répartition caractérise un produit de type « fioul ».

Paramètre	Unité	Incertitude (%)	LQ	S47-4	Répartition
				(3.5-4.5)	
fraction aromat. >C5-C7	mg/kg MS	28	<0,4	<	0
fraction aromat. >C7-C8	mg/kg MS	28	<0,05	<	0
fraction aromat. >C8-C10	mg/kg MS	28	<0,3	0,54	0,02%
fraction aromat. >C10-C12	mg/kg MS	72	<3	9,8	0,3%
fraction aromat. >C12-C16	mg/kg MS	72	<9	99	3%
fraction aromat. >C16-C21	mg/kg MS	72	<9	390	14%
fraction aromat. >C21-C35	mg/kg MS	66	<15	570	20%
fraction aliphat. >C5-C6	mg/kg MS	48	<0,5	<	0
fraction aliphat. >C6-C8	mg/kg MS	48	<0,6	<	0
fraction aliphat. >C8-C10	mg/kg MS	48	<0,6	46	2%
fraction aliphat. >C10-C12	mg/kg MS	75	<1	100	3%
fraction aliphat. >C12-C16	mg/kg MS	76	<3	610	21%
fraction aliphat. >C16-C21	mg/kg MS	76	<3	690	24%
fraction aliphat. >C21-C35	mg/kg MS	75	<5	350	12%
SOMME TPH C5-C35	mg/kg MS	-	-	2865,34	100%

Tableau 8 : Typologie des Hydrocarbures détectés au voisinage de S47.



DEKRA CARRIER Carrosserie – Alençon (61)

Figure 6 : Concentrations en Hydrocarbures totaux (HCT) autour de S47.

Source :	DKI
Echelle :	1/100



4.9.3 GEOMETRIE DE POLLUTION (S47)

Une esquisse de la géométrie de pollution est illustrée en Figure 7 ci-dessous.

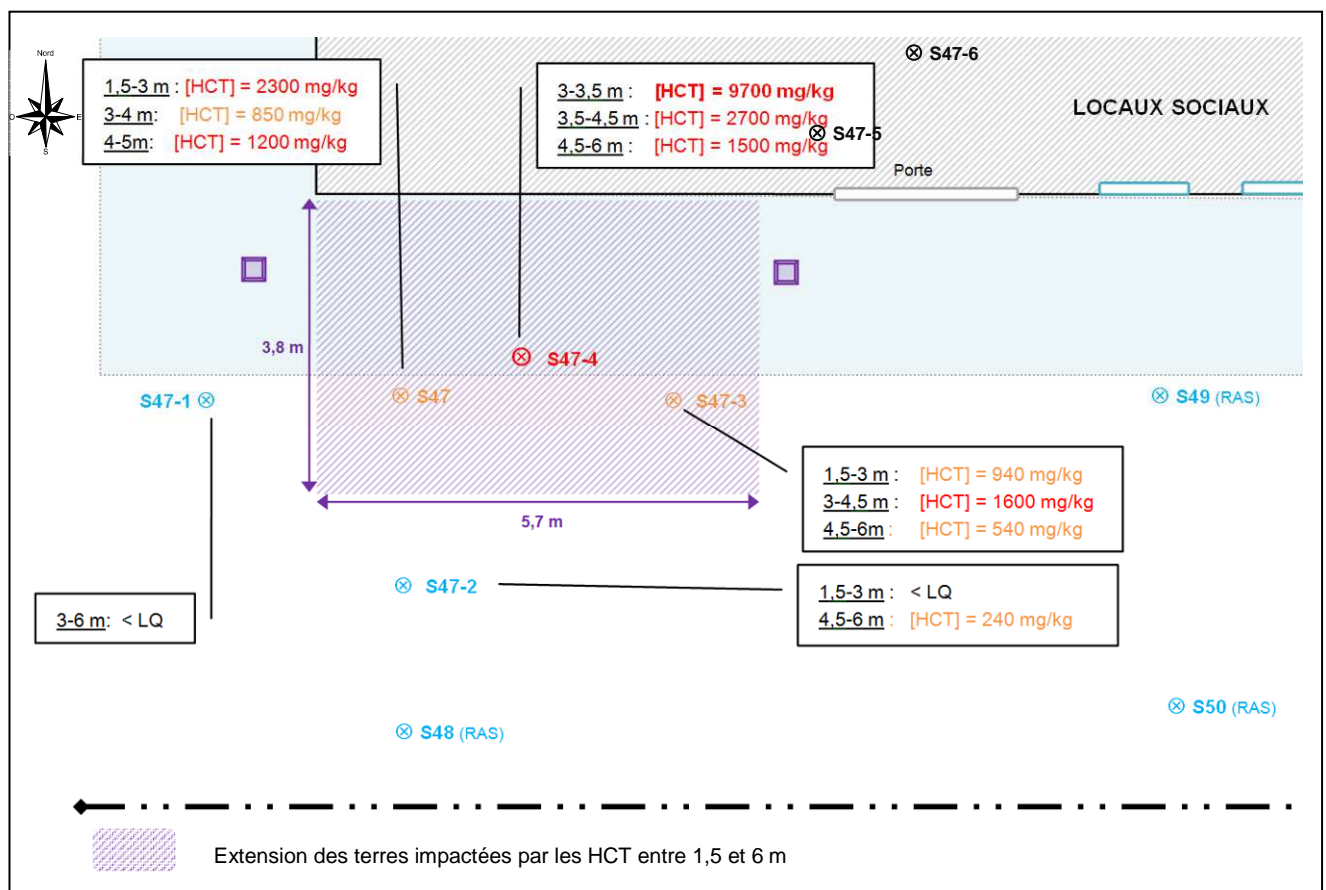
Bien que l'extension de la pollution ne soit pas précisée vers le nord (présence des locaux sociaux), on retiendra comme hypothèse de travail que l'impact sur les sols par les hydrocarbures est centré sur S47-4 (constats organoleptiques marqués entre 3 et 3,5 m sur ce sondage).

Par ailleurs, l'étendue latérale de l'impact semble limitée :

- vers l'ouest : sondage S47-1 non impacté ;
- vers le sud : sondage S47-2 quasiment non impacté ;
- vers l'est : si l'on considère que l'atténuation latérale au-delà de S47-3 est la même que celle observée vers l'ouest au-delà de S47.

Sur la base des éléments réunis, la zone impactée correspond à une surface de 22 m² environ. Son épaisseur est de 4 m environ (de 2 à 6 m de profondeur).

Le tonnage de terres impactées par les hydrocarbures est estimé à 158 tonnes.



	CARRIER Carrosserie – Alençon (61)	
	Figure 7 : Géométrie de pollution autour de S47.	Source : DKI Echelle : ~ 1/100

4.9.4 ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES (S47)

Une analyse des enjeux sanitaires a été menée afin de vérifier la compatibilité de la qualité des sols au voisinage de S47 (impact en hydrocarbures) avec la conservation d'un usage industriel dans cette partie du site.

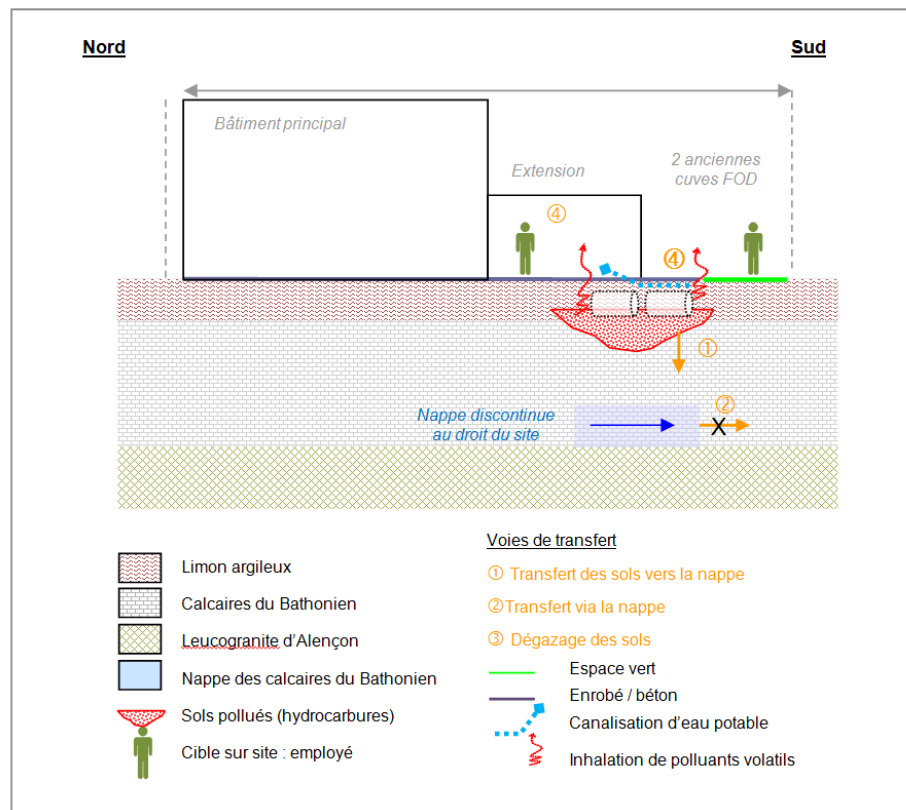
Cf Annexe 4 : Analyse des enjeux sanitaires (mission A320)

Les hypothèses suivantes ont été retenues pour modéliser l'exposition:

- Usage industriel (cible étudiée : employé);
- Exposition au sein de l'extension voisine dans un bureau de plain-pied et sur les extérieurs ;
- Présence de sols nus sur les extérieurs ;
- Pas d'usage d'eaux souterraines sur site, ni de culture de végétaux.

Le schéma conceptuel synthétisant la zone d'étude est présenté ci-dessous.

La seule voie d'exposition retenue était l'inhalation de vapeurs de polluants volatils (hydrocarbures) au sein des bureaux et sur les extérieurs.



Les calculs réalisés et l'analyse des incertitudes ont conclu que les risques sanitaires sont acceptables.

La pollution historique identifiée au voisinage de S47 est donc compatible avec l'usage industriel et de bureaux.

5 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

DEKRA a été mandatée par SERPOL, intervenant pour le compte de la société NATIXIS LEASE IMMO, pour la réalisation d'investigations complémentaires sur l'ancien site CARRIER dont elle est propriétaire à Alençon (61).

Ce site industriel était une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement autorisée par Arrêté Préfectoral du 03/11/2009.

Le site est fermé depuis 2014 et une procédure de cessation d'activité est en cours. Dans ce contexte, un diagnostic de pollution a été réalisé par DEKRA et transmis à l'administration.

Suite à cette étude, des compléments d'investigations ont été demandés par l'Administration (DREAL-UT 61) dans son courrier du 13 octobre 2016 adressé à NATIXIS LEASE IMMO.

Ces compléments comprenaient entre autres la réalisation d'investigations complémentaires autour de deux sondages ayant mis en évidence des impacts localisés dans les sols lors du diagnostic initial :

- Sondage S8 : impact localisé par le tétrachloroéthylène entre 0,3 et 1,5 m ;
- Sondage S47 : impact localisé par les hydrocarbures entre 1,5 et 5 m.

Ce diagnostic complémentaire de pollution a fait l'objet du présent rapport.

Les investigations complémentaires ont consisté en la réalisation de deux pseudo-maillages :

- Autour de S8 : 5 sondages de 3 m de profondeur ;
- Autour de S47 : 4 sondages de 6 m de profondeur, répartis selon les contraintes d'accès.

Les résultats analytiques n'ont pas confirmé l'impact en PCE identifié en juillet 2016 au droit de S8.

Aucune géométrie de pollution n'est donc établie autour de ce point, l'impact relevé sur S8 (0-1,5m) étant ponctuel.

A l'inverse, des indices nets de contamination ont été relevés sur le sondage S47-4 entre 3 et 4,5 m de profondeur. Par ailleurs, la présence de remblai peu compact sur ce sondage semble indiquer qu'il a été réalisé sur l'emprise des anciennes cuves enterrées (retirées).

Au voisinage des anciennes cuves enterrées de fioul, les résultats analytiques ont confirmé la présence d'un impact sur les sols par les hydrocarbures (y compris volatils).

La présence de remblais pollués a été établie au droit du sondage S47-4 entre 3 et 3,5 m (emprise probable des anciennes cuves de fioul). Les hydrocarbures ont atteint les terrains naturels sous-jacents (calcaires) jusqu'à 6 m ; on note cependant une atténuation significative des concentrations en profondeur.

L'étendue latérale de l'impact semble limitée (sols non pollués à quelques mètres à l'ouest, au sud et à l'est de S47-4). Elle n'a pas pu être précisée vers le nord (présence de locaux bâtis sur une plaque métallique).

Une analyse des enjeux sanitaires a été menée sur cette partie du site. Elle a confirmé que la pollution historique identifiée au voisinage de S47 ne remettait pas en cause la compatibilité du site en l'état avec son usage industriel (notamment concernant les bureaux situés dans l'extension).

6 LIMITES ET INCERTITUDES DE LA MISSION – JUSTIFICATION DES ECARTS

6.1 INCERTITUDES LIEES AUX INVESTIGATIONS

Les incertitudes portent sur l'appréciation des intervenants terrain (constats et observations, ...).

6.2 INCERTITUDES LIEES AUX RESULTATS D'ANALYSES

Les incertitudes portent par ailleurs :

- sur l'unicité de la campagne de prélèvements et analyses d'air du sol ;
- sur les éventuels autres polluants présents dans les sols (et non recherchés) ;
- sur les limites de quantification du laboratoire et les incertitudes sur les résultats analytiques produits par le laboratoire (présentées dans les tableaux de résultats d'analyse).

6.3 AUTRES LIMITES OU INCERTITUDES

Cette étude a été réalisée suivant une méthode généralement employée dans l'industrie et est conforme aux pratiques en vigueur dans la profession.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur les conditions du site telles qu'observées lors de la visite et sur les informations fournies. Les informations obtenues sont supposées être exactes. Cette étude ne peut prétendre à l'exhaustivité.

- Les informations collectées lors des entretiens et des visites du site sont supposées fournies de bonne foi ;
- Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. Une utilisation erronée qui pourrait être faite suite à une diffusion ou reproduction partielle ne saurait engager DEKRA INDUSTRIAL SAS ;
- Des éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution des travaux, a posteriori de la mission confiée à DEKRA INDUSTRIAL SAS et n'ayant pu être détectés au cours des reconnaissances peuvent rendre caduques certaines des recommandations figurant dans le rapport.

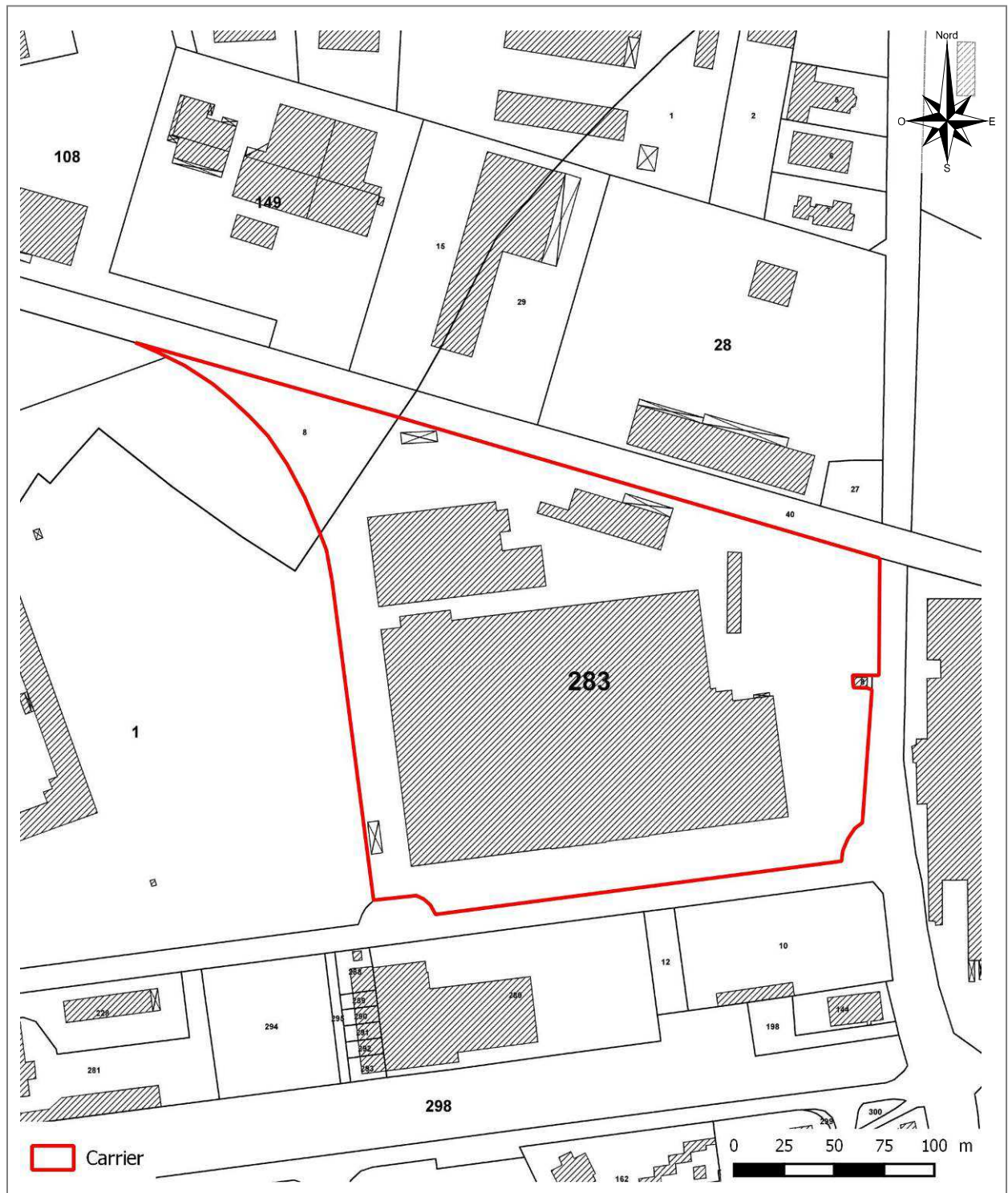
6.4 JUSTIFICATION DES ECARTS


Le sondage initialement prévu à l'intérieur de l'extension n'a pas pu être réalisé du fait du revêtement métallique des modules la constituant. Il a été remplacé par un sondage supplémentaire sur les extérieurs.



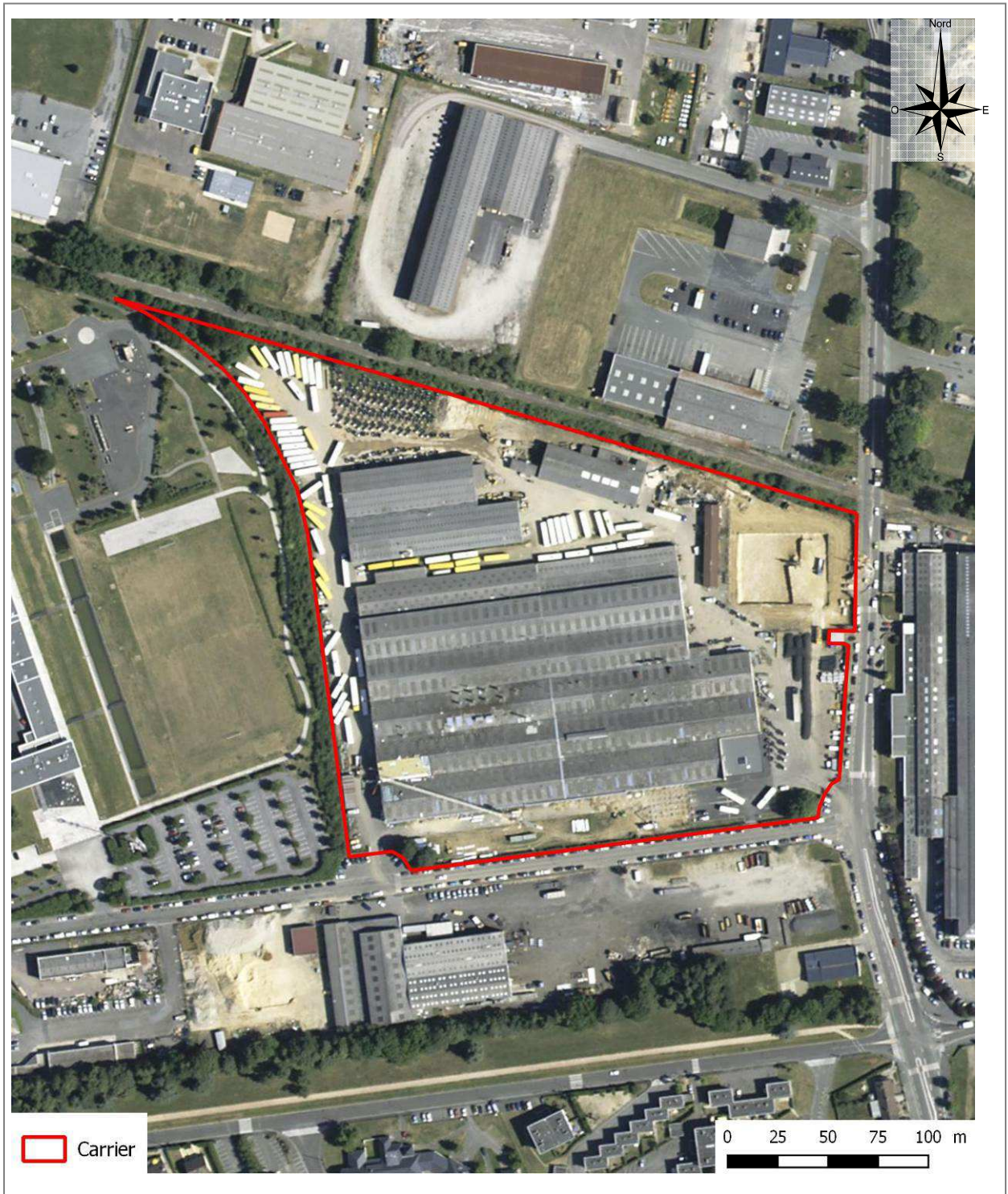
ANNEXE 1 : LOCALISATION DU SITE





	CARRIER Carrosserie – Alençon (61)	
	<i>ANNEXE 1.1 : Localisation sur un extrait cadastral.</i>	
	Source :	cadastre.gouv.fr
	Échelle :	1/3 000





CARRIER Carrosserie – Alençon (61)

ANNEXE 1.2 : Localisation sur une vue aérienne.

Source :	geoportail.gouv.fr
Échelle :	1/3 000



ANNEXE 2 : COUPES DES SONDAGES



DEKRA **Fiche de sondages sols** **S8 bis**

X en m : 484 541 (Lambert 93) Y en m : 6 820 089 Z en m : + 150,7 m NGF

Cient : SERPOL Date : 12/12/2016
Site : CARRIER Alençon Heure pré. : 9h00
N° affaire : 522 32 41A Condition météo : Couvert-Pluvieux - 5°C

Equipement utilisé :	Pelle		Opérateurs sous traitant :	ASTARUSCLE Environnement	
	Foreuse	X	Technique de forage	Tarière pleine	
	Autres		Gestion des cutting :	Rebouchage	X
Opérateur DEKRA :	SD		Evacuation		

S8 bis							
Lithologie Prof. (m)	Description des terrains	Echantillons (Prof. en m)	Analyse	Mesures		Observations (couleur, odeur)	Niveau eau / humidité
				PID	Figuré		
0	Dalle béton (0-0,30)						
-1	Argile limoneuse marron			0 ppm		RAS	∅
-2	Calcaire altéré beige			0 ppm		RAS	∅
-3		(Arrêt à 3,0 m)					
-4							
-5							
-6							

Laboratoire d'analyses <input type="radio"/> WESSLING <input checked="" type="radio"/> ALCONTROL <input type="radio"/> Autres :	Analyses prévues <input type="checkbox"/> HCT C5-C10 <input type="checkbox"/> 12 métaux <input type="checkbox"/> Cyanures <input type="checkbox"/> HCT C10-C40 <input type="checkbox"/> Chrome VI <input type="checkbox"/> Pack CET 3 <input type="checkbox"/> HAP <input type="checkbox"/> PCB <input type="checkbox"/> MTBE <input type="checkbox"/> BTEX <input type="checkbox"/> TPH <input type="checkbox"/> ETBE <input checked="" type="checkbox"/> COHV <input type="checkbox"/> COT <input type="checkbox"/> Autres : <input type="checkbox"/> 8 métaux <input type="checkbox"/> Granulométrie	Date et conditions de transports Date d'envoi : 12/12/2016 Conditions de transport : <input checked="" type="radio"/> Glacières réfrigérées <input type="radio"/> Autres :
---	--	---





Fiche de sondages sols

S8-2

X en m : 484 542 (Lambert 93) Y en m : 6 820 087 Z en m : + 150,7 m NGF

Client : SERPOL Date : 12/12/2016
Site : CARRIER Alençon Heure pré. : 10h00
N° affaire : 522 32 41A Condition météo : Couvert-Pluvieux - 5°C

Equipement utilisé :	Pelle		Opérateurs sous traitant :	ASTARUSCLE Environnement	
	Foreuse	X	Technique de forage	Tarière pleine	
	Autres		Gestion des cutting :	Rebouchage	X
Opérateur DEKRA :	SD		Evacuation		

S8-2							
Lithologie Prof. (m)	Description des terrains	Echantillons (Prof. en m)	Analyse	Mesures		Observations (couleur, odeur)	Niveau eau / humidité
				PID	Figuré		
0	Dalle béton (0-0,30)						
	Sablon marron						
	Argile marron						
-1	Calcaire altéré beige (sable fin beige)			0 ppm			∅
-2	Calcaire altéré beige			0 ppm			∅
-3		(Arrêt à 3,0 m)					
-4							
-5							
-6							

Laboratoire d'analyses <input type="radio"/> WESSLING <input checked="" type="radio"/> ALCONTROL <input type="radio"/> Autres :	Analyses prévues <input type="checkbox"/> HCT C5-C10 <input type="checkbox"/> HCT C10-C40 <input type="checkbox"/> HAP <input type="checkbox"/> BTEX <input checked="" type="checkbox"/> COHV <input type="checkbox"/> 8 métaux <input type="checkbox"/> 12 métaux <input type="checkbox"/> Chrome VI <input type="checkbox"/> PCB <input type="checkbox"/> TPH <input type="checkbox"/> COT <input type="checkbox"/> Granulométrie <input type="checkbox"/> Cyanures <input type="checkbox"/> Pack CET 3 <input type="checkbox"/> MTBE <input type="checkbox"/> ETBE <input type="checkbox"/> Autres :	Date et conditions de transports Date d'envoi : 12/12/2016 Conditions de transport : <input checked="" type="radio"/> Glacières réfrigérées <input type="radio"/> Autres :
---	---	---





Fiche de sondages sols

S8-3

X en m : 484 544 (Lambert 93)		Y en m : 6 820 091		Z en m : + 150,7 m NGF	
Client : SERPOL		Date : 12/12/2016			
Site : CARRIER Alençon		Heure pré. : 09h10			
N° affaire : 522 32 41A		Condition météo : Couvert-Pluvieux - 5°C			
Equipement utilisé : Pelle Foreuse X Autres Opérateur DEKRA : SD		Opérateurs sous traitant : ASTARUSCLE Environnement Technique de forage : Tarière pleine Gestion des cutting : Rebouchage X Evacuation			

S8-3							
Lithologie Prof. (m)	Description des terrains	Echantillons (Prof. en m)	Analyse	Mesures		Observations (couleur, odeur)	Niveau eau / humidité
				PID	Figuré		
0	Dalle béton (0-0,30)						
	Sablon marron puis						
	Argile limoneuse marron						
-1	Calcaire altéré beige (sable fin beige)			0 ppm		Odeur suspecte	∅
-2	Calcaire altéré beige			0 ppm		RAS	∅
-3		(Arrêt à 3,0 m)					
-4							
-5							
-6							

Laboratoire d'analyses <input type="radio"/> WESSLING <input checked="" type="radio"/> ALCONTROL <input type="radio"/> Autres :	Analyses prévues <input type="checkbox"/> HCT C5-C10 <input type="checkbox"/> HCT C10-C40 <input type="checkbox"/> HAP <input type="checkbox"/> BTEX <input checked="" type="checkbox"/> COHV <input type="checkbox"/> 8 métaux <input type="checkbox"/> 12 métaux <input type="checkbox"/> Chrome VI <input type="checkbox"/> PCB <input type="checkbox"/> TPH <input type="checkbox"/> COT <input type="checkbox"/> Granulométrie <input type="checkbox"/> Cyanures <input type="checkbox"/> Pack CET 3 <input type="checkbox"/> MTBE <input type="checkbox"/> ETBE <input type="checkbox"/> Autres :	Date et conditions de transports Date d'envoi : 12/12/2016 Conditions de transport : <input checked="" type="radio"/> Glacières réfrigérées <input type="radio"/> Autres :
--	--	--





Fiche de sondages sols

S8-4

X en m : 484 539 (Lambert 93)		Y en m : 6 820 092		Z en m : + 150,7 m NGF	
Client : SERPOL		Date : 12/12/2016			
Site : CARRIER Alençon		Heure prél. : 10h30			
N° affaire : 522 32 41A		Condition météo : Couvert-Pluvieux - 5°C			
Equipement utilisé : Pelle Foreuse X Autres Opérateur DEKRA : SD		Opérateurs sous traitant : ASTARUSCLE Environnement Technique de forage : Tarière pleine Gestion des cutting : Rebouchage X Evacuation			

S8-4							
Lithologie Prof. (m)	Description des terrains	Echantillons (Prof. en m)	Analyse	Mesures		Observations (couleur, odeur)	Niveau eau / humidité
				PID	Figuré		
0	Dalle béton (0-0,30)						
-1	Argile limoneuse marron à brune						
-2	Sable fin beige orangé (calcaire altéré roux)			0 ppm		RAS	∅
-3	Calcaire altéré beige			0 ppm		RAS	∅
-3		(Arrêt à 3,0 m)					
-4							
-5							
-6							

Laboratoire d'analyses <input type="radio"/> WESSLING <input checked="" type="radio"/> ALCONTROL <input type="radio"/> Autres :	Analyses prévues <input type="checkbox"/> HCT C5-C10 <input type="checkbox"/> HCT C10-C40 <input type="checkbox"/> HAP <input type="checkbox"/> BTEX <input checked="" type="checkbox"/> COHV <input type="checkbox"/> 8 métaux <input type="checkbox"/> 12 métaux <input type="checkbox"/> Chrome VI <input type="checkbox"/> PCB <input type="checkbox"/> TPH <input type="checkbox"/> COT <input type="checkbox"/> Granulométrie <input type="checkbox"/> Cyanures <input type="checkbox"/> Pack CET 3 <input type="checkbox"/> MTBE <input type="checkbox"/> ETBE <input type="checkbox"/> Autres :	Date et conditions de transports Date d'envoi : 12/12/2016 Conditions de transport : <input checked="" type="radio"/> Glacières réfrigérées <input type="radio"/> Autres :
--	--	--





Fiche de sondages sols

S47-1

X en m : 484 535 (Lambert 93)		Y en m : 6 819 928		Z en m : + 150,1m NGF	
Client : SERPOL		Date : 12/12/2016			
Site : CARRIER Alençon		Heure pré. 14h15			
N° affaire : 522 32 41A		Condition météo : Couvert-Pluvieux - 5°C			
Equipement utilisé : Pelle Foreuse X Autres Opérateur DEKRA : SD		Opérateurs sous traitant : ASTARUSCLE Environnement Technique de forage : Tarière pleine Gestion des cutting : Rebouchage X Evacuation			

S47-1							
Lithologie Prof. (m)	Description des terrains	Echantillons (Prof. en m)	Analyse	Mesures		Observations (couleur, odeur)	Niveau eau / humidité
				PID	Figuré		
0	Sols nus						
-1	Argile limoneuse marron			0 ppm		RAS	∅
-2	Sable orangé			0 ppm		RAS	∅
-3	Calcaire beige (passage dur gris)			0 ppm		RAS	∅
-5	Formation marno-calcaire beige			0 ppm		RAS	∅
-6		(Arrêt à 6,0 m)					

Laboratoire d'analyses <input type="radio"/> WESSLING <input checked="" type="radio"/> ALCONTROL <input type="radio"/> Autres :	Analyses prévues <input type="checkbox"/> HCT C5-C10 <input type="checkbox"/> HCT C10-C40 <input type="checkbox"/> HAP <input type="checkbox"/> BTEX <input checked="" type="checkbox"/> COHV <input type="checkbox"/> 8 métaux <input type="checkbox"/> 12 métaux <input type="checkbox"/> Chrome VI <input type="checkbox"/> PCB <input type="checkbox"/> TPH <input type="checkbox"/> COT <input type="checkbox"/> Granulométrie <input type="checkbox"/> Cyanures <input type="checkbox"/> Pack CET 3 <input type="checkbox"/> MTBE <input type="checkbox"/> ETBE <input type="checkbox"/> Autres :	Date et conditions de transports Date d'envoi : 12/12/2016 Conditions de transport : <input checked="" type="checkbox"/> Glacières réfrigérées <input type="checkbox"/> Autres :
---	---	---





Fiche de sondages sols

S47-2

X en m : 484 539 (Lambert 93) Y en m : 6 819 927 Z en m : + 150,1m NGF

Client :	SERPOL	Date :	12/12/2016
Site :	CARRIER Alençon	Heure pré.	13h45
N° affaire :	522 32 41A	Condition météo :	Couvert-Pluvieux - 5°C

Equipement utilisé :	Pelle		Opérateurs sous traitant :	ASTARUSCLE Environnement	
	Foreuse	X	Technique de forage	Tarière pleine	
	Autres		Gestion des cutting :	Rebouchage	X
Opérateur DEKRA :	SD		Evacuation		

S47-2

Lithologie Prof. (m)	Description des terrains	Echantillons (Prof. en m)	Analyse	Mesures		Observations (couleur, odeur)	Niveau eau / humidité
				PID	Figuré		
0	Sols nus						
-1	Formation marno-calcaire beige			0 ppm		RAS	∅
-2	Marne blanchâtre tendre			0 ppm		RAS	∅
-3	Calcaire beige (passage dur gris)			4 ppm		Légère odeur ?	∅
-5	Formation marno-calcaire beige à grisâtre			11 ppm		Légère odeur	∅
-6		(Arrêt à 6,0 m)					

Laboratoire d'analyses <input type="radio"/> WESSLING <input checked="" type="radio"/> ALCONTROL <input type="radio"/> Autres :	Analyses prévues <input type="checkbox"/> HCT C5-C10 <input type="checkbox"/> 12 métaux <input type="checkbox"/> Cyanures <input type="checkbox"/> HCT C10-C40 <input type="checkbox"/> Chrome VI <input type="checkbox"/> Pack CET 3 <input type="checkbox"/> HAP <input type="checkbox"/> PCB <input type="checkbox"/> MTBE <input type="checkbox"/> BTEX <input type="checkbox"/> TPH <input type="checkbox"/> ETBE <input checked="" type="checkbox"/> COHV <input type="checkbox"/> COT <input type="checkbox"/> Autres : <input type="checkbox"/> 8 métaux <input type="checkbox"/> Granulométrie	Date et conditions de transports Date d'envoi : 12/12/2016 Conditions de transport : <input checked="" type="radio"/> Glacières réfrigérées <input type="radio"/> Autres :
---	--	---





Fiche de sondages sols

S47-3

X en m : 484 541 (Lambert 93) Y en m : 6 819 929 Z en m : + 150,1m NGF

Client : SERPOL Date : 12/12/2016
Site : CARRIER Alençon Heure pré. : 11h20
N° affaire : 522 32 41A Condition météo : Couvert-Pluvieux - 5°C

Equipement utilisé :	Pelle		Opérateurs sous traitant :	ASTARUSCLE Environnement	
	Foreuse	X	Technique de forage	Tarière pleine	
	Autres		Gestion des cutting :	Rebouchage	X
Opérateur DEKRA :	SD		Evacuation		

S47-3

Lithologie Prof. (m)	Description des terrains	Echantillons (Prof. en m)	Analyse	Mesures		Observations (couleur, odeur)	Niveau eau / humidité
				PID	Figuré		
0	Sols nus						
-1	Terre végétale puis Argile limoneuse marron			0 ppm		RAS	∅
-2	Sable orangé			0 ppm		RAS	∅
-3	Calcaire beige-grisâtre Dur			8 ppm		Légère odeur ?	∅
-5	Formation marno-calcaire beige-grisâtre très dur			6 ppm		Légère odeur	∅
-6		(Arrêt à 6,0 m)					

Laboratoire d'analyses <input type="radio"/> WESSLING <input checked="" type="radio"/> ALCONTROL <input type="radio"/> Autres :	Analyses prévues <input type="checkbox"/> HCT C5-C10 <input type="checkbox"/> 12 métaux <input type="checkbox"/> Cyanures <input type="checkbox"/> HCT C10-C40 <input type="checkbox"/> Chrome VI <input type="checkbox"/> Pack CET 3 <input type="checkbox"/> HAP <input type="checkbox"/> PCB <input type="checkbox"/> MTBE <input type="checkbox"/> BTEX <input type="checkbox"/> TPH <input type="checkbox"/> ETBE <input checked="" type="checkbox"/> COHV <input type="checkbox"/> COT <input type="checkbox"/> Autres : <input type="checkbox"/> 8 métaux <input type="checkbox"/> Granulométrie	Date et conditions de transports Date d'envoi : 12/12/2016 Conditions de transport : <input checked="" type="radio"/> Glacières réfrigérées <input type="radio"/> Autres :
---	--	---





Fiche de sondages sols

S47-4

X en m : 484 539 (Lambert 93) Y en m : 6 819 930 Z en m : + 150,1m NGF

Client : SERPOL	Date : 12/12/2016
Site : CARRIER Alençon	Heure prél. : 14h30
N° affaire : 522 32 41A	Condition météo : Couvert-Pluvieux - 5°C

Equipement utilisé : Pelle	Opérateurs sous traitant : ASTARUSCLE Environnement
Foreuse X	Technique de forage : Tarière pleine
Autres	Gestion des cutting : Rebouchage X
Opérateur DEKRA : SD	Evacuation

S47-4							
Lithologie Prof. (m)	Description des terrains	Echantillons (Prof. en m)	Analyse	Mesures		Observations (couleur, odeur)	Niveau eau / humidité
				PID	Figuré		
0	Dalle béton (0,20)						
-1	Remblai argilo-limoneux marron			0 ppm		RAS	∅
-2	Argile limoneuse marron puis sablon fin marron (remblai)			0 ppm		RAS	∅
-3	Remblai sablo-limoneux brun mou					ODEUR suspecte	∅
-4	Marno-calcaire beige-grisâtre			13 ppm		Odeur	∅
-5	Marno-calcaire beige			45 ppm		Légère odeur	∅
-6		(Arrêt à 6,0 m)					

Laboratoire d'analyses <input type="radio"/> WESSLING <input checked="" type="radio"/> ALCONTROL <input type="radio"/> Autres :	Analyses prévues <input type="checkbox"/> HCT C5-C10 <input type="checkbox"/> 12 métaux <input type="checkbox"/> Cyanures <input type="checkbox"/> HCT C10-C40 <input type="checkbox"/> Chrome VI <input type="checkbox"/> Pack CET 3 <input type="checkbox"/> HAP <input type="checkbox"/> PCB <input type="checkbox"/> MTBE <input type="checkbox"/> BTEX <input type="checkbox"/> TPH <input type="checkbox"/> ETBE <input checked="" type="checkbox"/> COHV <input type="checkbox"/> COT <input type="checkbox"/> Autres : <input type="checkbox"/> 8 métaux <input type="checkbox"/> Granulométrie	Date et conditions de transports Date d'envoi : 12/12/2016 Conditions de transport : <input checked="" type="radio"/> Glacières réfrigérées <input type="radio"/> Autres :
---	--	---



ANNEXE 3 : BORDEREAUX D'ANALYSES SOLS





ALcontrol Laboratories

ALcontrol B.V.

Adresse de correspondance

99-101 avenue Louis Roche · F-92230 Gennevilliers

Tel.: +33 (0)155 90 52 50 · Fax: +33 (0)155 90 52 51

www.alcontrol.fr

Rapport d'analyse

DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE
P.A du Moulin - 803 bd Duhamel du M
F-45160 OLIVET

Page 1 sur 17

Votre nom de Projet : Alençon S8/47
Votre référence de Projet : 522 32 41A
Référence du rapport ALcontrol : 12438365, version: 1

Rotterdam, 19-12-2016

Cher(e) Madame/ Monsieur,

Veillez trouver ci-joint les résultats des analyses effectuées en laboratoire pour votre projet 522 32 41A. Le rapport reprend les descriptions des échantillons, le nom de projet et les analyses que vous avez indiqués sur le bon de commande. Les résultats rapportés se réfèrent uniquement aux échantillons analysés.

Ce rapport est constitué de 17 pages dont chromatogrammes si prévus, références normatives, informations sur les échantillons. Dans le cas d'une version 2 ou plus élevée, toute version antérieure n'est pas valable. Toutes les pages font partie intégrante de ce rapport, et seule une reproduction de l'ensemble du rapport est autorisée.

En cas de questions et/ou remarques concernant ce rapport, nous vous prions de contacter notre Service Client.

Toutes les analyses, à l'exception des analyses sous-traitées, sont réalisées par ALcontrol B.V., Steenhouwerstraat 15, Rotterdam, Pays Bas et / ou 99-101 Avenue Louis Roche, Gennevilliers, France.

Veillez recevoir, Madame/ Monsieur, l'expression de nos cordiales salutations.



R. van Duin
Laboratory Manager



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24785288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.



DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 2 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Code	Matrice	Réf. échantillon
001	Sol	S8 bis (0,3-1)
002	Sol	S8 bis (1,5-3)
003	Sol	S8-1 (1-2)
004	Sol	S8-1 (2-3)
005	Sol	S8-2 (1-2)

Analyse	Unité	Q	001	002	003	004	005
matière sèche	% massique Q		81.6	90.7	91.0	90.8	94.0
<i>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS</i>							
1,2-dichloroéthane	mg/kg MS Q		<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
1,1-dichloroéthène	mg/kg MS Q		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
cis-1,2-dichloroéthène	mg/kg MS Q		<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
dichlorométhane	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
1,2-dichloropropane	mg/kg MS Q		<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
1,3-dichloropropène	mg/kg MS Q		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
tétrachloroéthylène	mg/kg MS Q		0.12	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
tétrachlorométhane	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
trichloroéthylène	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
chloroforme	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
chlorure de vinyle	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
hexachlorobutadiène	mg/kg MS Q		<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
bromoforme	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

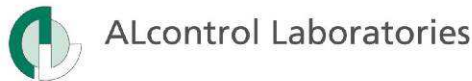
Les analyses notées Q sont accréditées par le RvA.

Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24285288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.





DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 3 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Code	Matrice	Réf. échantillon
006	Sol	S8-3 (0.3-1)
007	Sol	S8-3 (1-2)
008	Sol	S8-4 (0.3-1)
009	Sol	S47-1 (3-4.5)
010	Sol	S47-1 (4.5-6)

Analyse	Unité	Q	006	007	008	009	010
matière sèche	% massique Q		84.6	88.8	85.5	89.8	87.2
<i>COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS</i>							
1,2-dichloroéthane	mg/kg MS Q		<0.03	<0.03	<0.03		
1,1-dichloroéthène	mg/kg MS Q		<0.05	<0.05	<0.05		
cis-1,2-dichloroéthène	mg/kg MS Q		<0.03	<0.03	<0.03		
trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02		
dichlorométhane	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02		
1,2-dichloropropane	mg/kg MS Q		<0.03	<0.03	<0.03		
1,3-dichloropropène	mg/kg MS Q		<0.10	<0.10	<0.10		
tétrachloroéthylène	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02		
tétrachlorométhane	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02		
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02		
trichloroéthylène	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02		
chloroforme	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02		
chlorure de vinyle	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02		
hexachlorobutadiène	mg/kg MS Q		<0.1	<0.1	<0.1		
bromoforme	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.05		
<i>HYDROCARBURES TOTAUX</i>							
fraction C5-C6	mg/kg MS					<10	<10
fraction C6-C8	mg/kg MS					<10	<10
fraction C8-C10	mg/kg MS					<10	<10
fraction C10-C12	mg/kg MS					<5	<5
fraction C12-C16	mg/kg MS					<5	<5
fraction C16-C21	mg/kg MS					<5	<5
fraction C21-C40	mg/kg MS					<5	<5
Hydrocarbures Volatils C5-C10	mg/kg MS Q					<30	<30
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS Q					<20	<20

Les analyses notées Q sont accréditées par le RvA.

Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24285288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.





ALcontrol Laboratories

DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 4 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Code	Matrice	Réf. échantillon
011	Sol	S47-2 (1,5-3)
012	Sol	S47-2 (4,5-6)
013	Sol	S47-3 (1,5-3)
014	Sol	S47-3 (3-4,5)
015	Sol	S47-3 (5-6)

Analyse	Unité	Q	011	012	013	014	015
matière sèche	% massique Q		84.9	87.5	89.1	91.2	88.8
<i>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS</i>							
benzène	mg/kg MS Q					<0.05	<0.05
toluène	mg/kg MS Q					<0.05	<0.05
éthylbenzène	mg/kg MS Q					<0.05	<0.05
orthoxyène	mg/kg MS Q					<0.05	<0.05
para- et métaxyène	mg/kg MS Q					<0.05	<0.05
xyènes	mg/kg MS Q					<0.10	<0.10
BTEX totaux	mg/kg MS Q					<0.25	<0.25
<i>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</i>							
naphtalène	mg/kg MS Q					0.10	<0.02
acénaphthylène	mg/kg MS Q					0.02	<0.02
acénaphthène	mg/kg MS Q					0.09	0.04 ²⁾
fluorène	mg/kg MS Q					0.12	0.07 ²⁾
phénanthrène	mg/kg MS Q					0.17	0.11 ²⁾
anthracène	mg/kg MS Q					<0.02	0.04
fluoranthène	mg/kg MS Q					0.05	<0.02
pyrène	mg/kg MS Q					0.06	0.02
benzo(a)anthracène	mg/kg MS Q					0.02	<0.02
chrysène	mg/kg MS Q					<0.02	<0.02
benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS Q					0.03	<0.02
benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS Q					<0.02	<0.02
benzo(a)pyrène	mg/kg MS Q					0.03	<0.02
dibenzo(ah)anthracène	mg/kg MS Q					<0.02	<0.02
benzo(ghi)peryène	mg/kg MS Q					0.02	<0.02
indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg MS Q					<0.02	<0.02
Somme des HAP (10) VROM	mg/kg MS Q					0.39	<0.20
Somme des HAP (16) - EPA	mg/kg MS Q					0.71	<0.32
<i>HYDROCARBURES TOTAUX</i>							
fraction C5-C6	mg/kg MS		<10	<10	<10	<10	<10
fraction C6-C8	mg/kg MS		<10	<10	<10	<10	<10
fraction C8-C10	mg/kg MS		<10	<10	<10	31	<10
fraction C10-C12	mg/kg MS		<5	14	<5	96	37
fraction C12-C16	mg/kg MS		<5	95	200	530	180
fraction C16-C21	mg/kg MS		<5	120	450	630	210
fraction C21-C40	mg/kg MS		<5	55	290 ¹⁾	310 ¹⁾	110 ¹⁾
Hydrocarbures Volatils C5-C10	mg/kg MS Q		<30	<30	<30	31	<30
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS Q		<20	280	940	1600	540

Les analyses notées Q sont accréditées par le RvA.

Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24285288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.





DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 5 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Commentaire

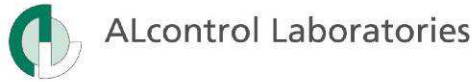
- 1 Présence de composants supérieurs à C40, cela n influence pas le résultat rapporté
- 2 Résultat fourni à titre indicatif en raison de la présence de composants interférents

Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24285288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.





DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 6 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Code	Matrice	Réf. échantillon
016	Sol	S47-4 (3-3.5)
017	Sol	S47-4 (3.5-4.5)
018	Sol	S47-4 (4.5-6)

Analyse	Unité	Q	016	017	018
matière sèche	% massique Q		85.9	91.2	91.2
<i>COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS</i>					
benzène	mg/kg MS Q		<0.05	<0.05	<0.05
toluène	mg/kg MS Q		<0.05	<0.05	<0.05
éthylbenzène	mg/kg MS Q		<0.05	<0.05	<0.05
orthoxyène	mg/kg MS Q		<0.05	<0.05	<0.05
para- et métaoxyène	mg/kg MS Q		<0.05	<0.05	<0.05
xylènes	mg/kg MS Q		<0.10	<0.10	<0.10
BTEX totaux	mg/kg MS Q		<0.25	<0.25	<0.25
<i>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES</i>					
naphtalène	mg/kg MS Q		0.02 ²⁾	0.03 ²⁾	0.03 ²⁾
acénaphthylène	mg/kg MS Q		0.02 ²⁾	<0.02	<0.02
acénaphthène	mg/kg MS Q		0.07	0.08 ²⁾	0.08 ²⁾
fluorène	mg/kg MS Q		0.12 ²⁾	0.12	0.08
phénanthrène	mg/kg MS Q		0.12	0.07 ²⁾	0.07 ²⁾
anthracène	mg/kg MS Q		<0.02	0.04 ²⁾	0.04 ²⁾
fluoranthène	mg/kg MS Q		0.03 ²⁾	0.02	0.02
pyrène	mg/kg MS Q		0.09	0.05	0.05
benzo(a)anthracène	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02
chrysène	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02
benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02
benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02
benzo(a)pyrène	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02
dibenzo(ah)anthracène	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02
benzo(ghi)peryène	mg/kg MS Q		0.02	<0.02	<0.02
indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg MS Q		<0.02	<0.02	<0.02
Somme des HAP (10) VROM	mg/kg MS Q		<0.20	<0.20	<0.20
Somme des HAP (16) - EPA	mg/kg MS Q		0.49	0.37	0.37
<i>HYDROCARBURES TOTAUX</i>					
fraction C5-C6	mg/kg MS		<10	<10	<10
fraction C6-C8	mg/kg MS		<10	<10	<10
fraction C8-C10	mg/kg MS		47	47	22
fraction C10-C12	mg/kg MS		440	130	73
fraction C12-C16	mg/kg MS		3000	830	460
fraction C16-C21	mg/kg MS		4100	1100	610
fraction C21-C40	mg/kg MS		2200 ¹⁾	610 ¹⁾	360 ¹⁾
Hydrocarbures Volatils C5-C10	mg/kg MS Q		48	47	<30
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS Q		9700	2700	1500
fraction aromat. >C5-C7	mg/kg MS Q			<0.4	
fraction aromat. >C7-C8	mg/kg MS Q			<0.05	

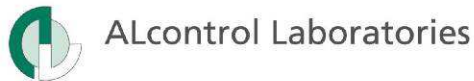
Les analyses notées Q sont accréditées par le RvA.

Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24285288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.





DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 7 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Code	Matrice	Réf. échantillon
016	Sol	S47-4 (3-3.5)
017	Sol	S47-4 (3.5-4.5)
018	Sol	S47-4 (4.5-6)

Analyse	Unité	Q	016	017	018
fraction aromat. >C8-C10	mg/kg MS	Q		0.54	
fraction aromat. >C10-C12	mg/kg MS	Q		9.8	
fraction aromat. >C12-C16	mg/kg MS	Q		99	
fraction aromat. >C16-C21	mg/kg MS	Q		390	
fraction aromat. >C21-C35	mg/kg MS	Q		570	
fraction aliphat. >C5-C6	mg/kg MS	Q		<-0.5	
fraction aliphat. >C6-C8	mg/kg MS	Q		<-0.6	
fraction aliphat. >C8-C10	mg/kg MS	Q		46	
fraction aliphat. >C10-C12	mg/kg MS	Q		100 ³⁾	
fraction aliphat. >C12-C16	mg/kg MS	Q		610	
fraction aliphat. >C16-C21	mg/kg MS	Q		690	
fraction aliphat. >C21-C35	mg/kg MS	Q		350	

Les analyses notées Q sont accréditées par le RvA.

Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24285288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.





DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 8 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Commentaire

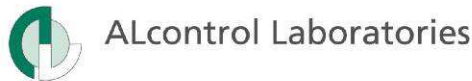
- 1 Présence de composants supérieurs à C40, cela n influence pas le résultat rapporté
- 2 Résultat fourni à titre indicatif en raison de la présence de composants interférents
- 3 Présence de composants inférieurs à C10, cela n influence pas le résultat rapporté

Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RVA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24285288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.





DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 9 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Analyse	Matrice	Référence normative
matière sèche	Sol	Sol: Equivalent à ISO 11465 et equivalent à NEN-EN 15934. Sol (AS3000): Conforme à AS3010-2 et équivalente à NEN-EN 15934
1,2-dichloroéthane	Sol	Méthode interne, headspace GCMS
1,1-dichloroéthène	Sol	Idem
cis-1,2-dichloroéthène	Sol	Idem
trans-1,2-dichloroéthylène	Sol	Idem
dichlorométhane	Sol	Idem
1,2-dichloropropane	Sol	Idem
tétrachloroéthylène	Sol	Idem
tétrachlorométhane	Sol	Idem
1,1,1-trichloroéthane	Sol	Idem
trichloroéthylène	Sol	Idem
chloroforme	Sol	Idem
chlorure de vinyle	Sol	Idem
hexachlorobutadiène	Sol	Méthode interne, Headspace GCMS
bromoforme	Sol	Idem
fraction C5-C6	Sol	Méthode interne, extraction méthanol, analyse par GC/MS
fraction C6-C8	Sol	Idem
fraction C8-C10	Sol	Idem
fraction C10-C12	Sol	Méthode interne (extraction acétone hexane, purification, analyse par GC-FID)
fraction C12-C16	Sol	Idem
fraction C16-C21	Sol	Idem
fraction C21-C40	Sol	Idem
Hydrocarbures Volatils C5-C10	Sol	Méthode interne, headspace GCMS
hydrocarbures totaux C10-C40	Sol	équivalent à NEN-EN-ISO 16703
benzène	Sol	Méthode interne, headspace GCMS
toluène	Sol	Idem
éthylbenzène	Sol	Idem
orthoxyène	Sol	Idem
para- et métaxyène	Sol	Idem
xylènes	Sol	Idem
BTEX totaux	Sol	Méthode interne, headspace GCMS
naphtalène	Sol	Méthode interne, extraction acétone-hexane, analyse par GC-MS
acénaphthylène	Sol	Idem
acénaphthène	Sol	Idem
fluorène	Sol	Idem
phénanthrène	Sol	Idem
anthracène	Sol	Idem
fluoranthène	Sol	Idem
pyrène	Sol	Idem
benzo(a)anthracène	Sol	Idem
chrysène	Sol	Idem
benzo(b)fluoranthène	Sol	Idem
benzo(k)fluoranthène	Sol	Idem
benzo(a)pyrène	Sol	Idem
dibenzo(ah)anthracène	Sol	Idem
benzo(ghi)peryène	Sol	Idem
indeno(1,2,3-cd)pyrène	Sol	Idem
Somme des HAP (10) VROM	Sol	Idem
fraction aromat. >C5-C7	Sol	Méthode interne, headspace GCMS
fraction aromat. >C7-C8	Sol	Idem
fraction aromat. >C8-C10	Sol	Idem

Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24285288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.





DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 10 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Analyse	Matrice	Référence normative
fraction aromat. >C10-C12	Sol	Méthode interne, GC-FID
fraction aromat. >C12-C16	Sol	Idem
fraction aromat. >C16-C21	Sol	Idem
fraction aromat. >C21-C35	Sol	Idem
fraction aliphat. >C5-C6	Sol	Méthode interne, headspace GCMS
fraction aliphat. >C6-C8	Sol	Idem
fraction aliphat. >C8-C10	Sol	Idem
fraction aliphat. >C10-C12	Sol	Méthode interne, GC-FID
fraction aliphat. >C12-C16	Sol	Idem
fraction aliphat. >C16-C21	Sol	Idem
fraction aliphat. >C21-C35	Sol	Idem

Code	Code barres	Date de réception	Date prélèvement	Flaconnage
001	V7242267	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
002	V7178603	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
003	V7242541	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
004	V7242265	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
005	V7242278	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
006	V7242539	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
007	V7242272	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
008	V7178628	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
009	V7242261	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
010	V7242266	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
011	V7242257	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
012	V7242254	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
013	V7242275	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
014	V7242262	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
015	V7242263	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
016	V7242256	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
017	V7242260	13-12-2016	12-12-2016	ALC201
018	V7242255	13-12-2016	12-12-2016	ALC201

Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RVA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24285288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.





DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 11 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

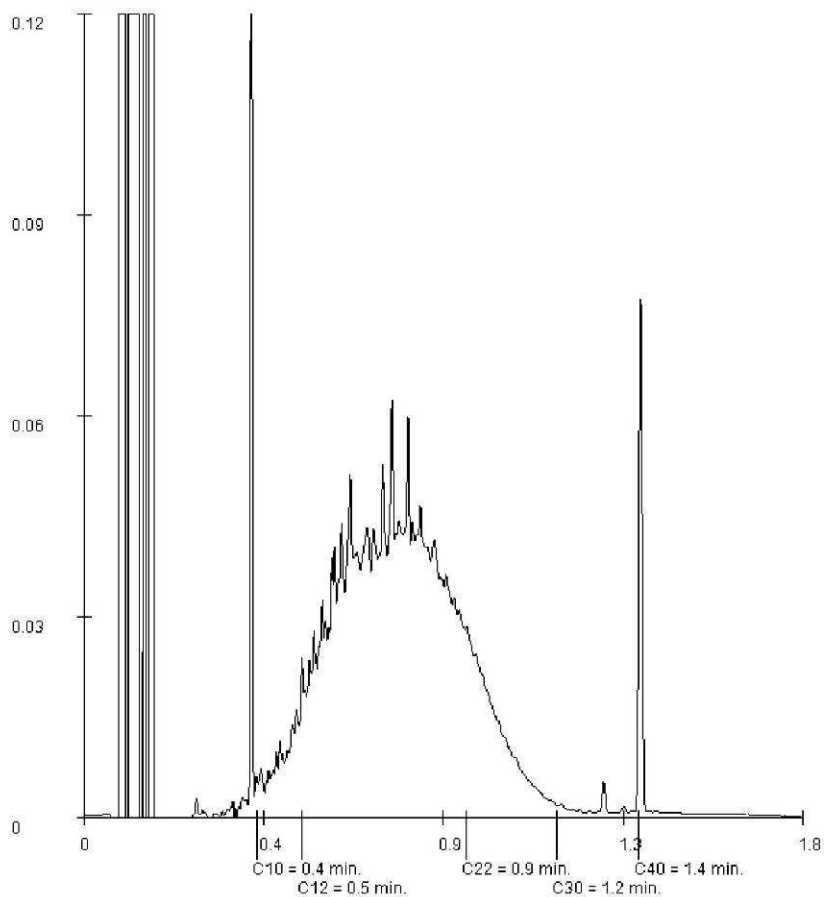
Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Référence de l'échantillon: 012
Information relative aux échantillons S47-2 (4.5-6)

Détermination de la chaîne de carbone

essence	C9-C14
kérosène et pétrole	C10-C16
diesel et gazole	C10-C28
huile de moteur	C20-C36
mazout	C10-C36

Les pics C10 et C40 sont introduits par le laboratoire et sont utilisés comme étalons internes.



Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24285288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.





DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 12 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

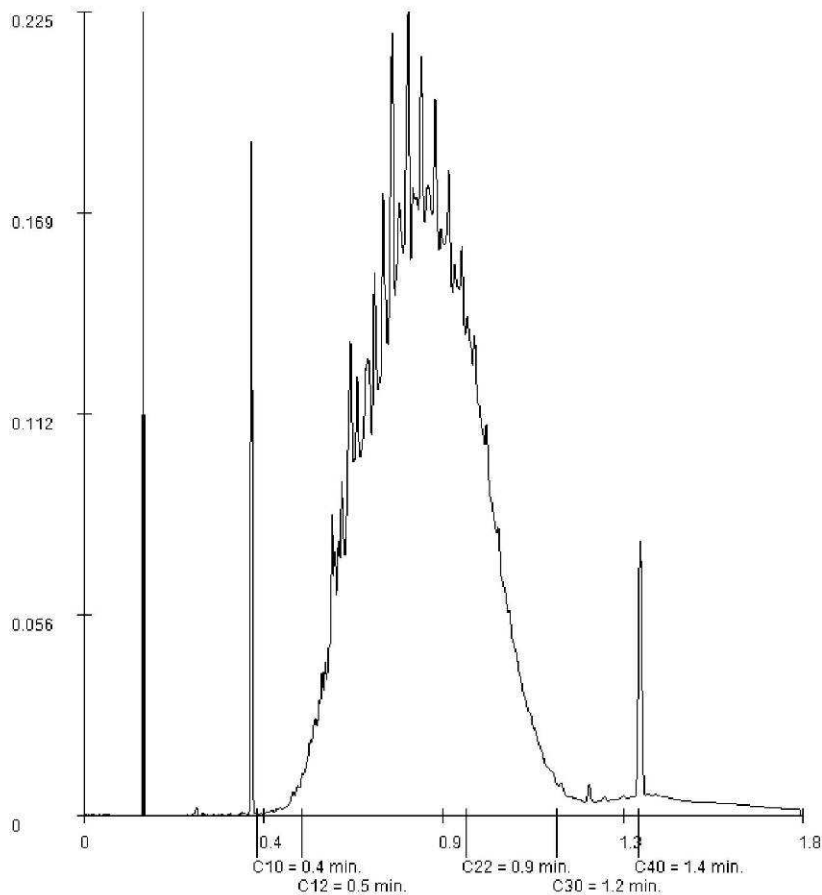
Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Référence de l'échantillon: 013
Information relative aux échantillons S47-3 (1.5-3)

Détermination de la chaîne de carbone

essence	C9-C14
kérosène et pétrole	C10-C16
diesel et gazole	C10-C28
huile de moteur	C20-C36
mazout	C10-C36

Les pics C10 et C40 sont introduits par le laboratoire et sont utilisés comme étalons internes.



Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24285288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.





DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 13 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

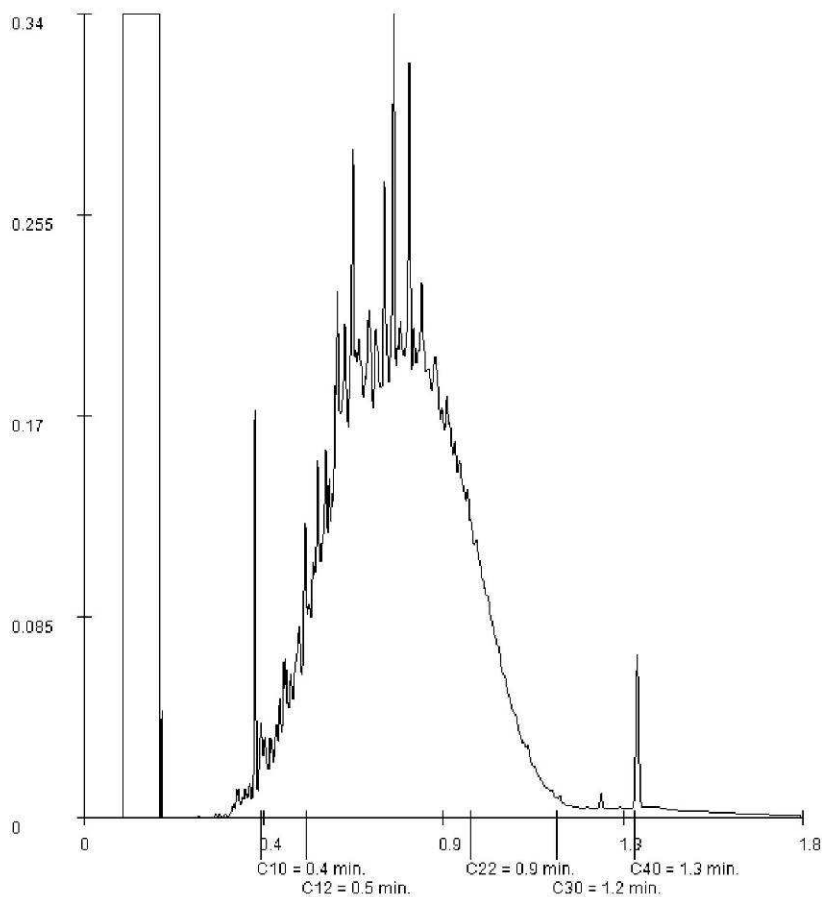
Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Référence de l'échantillon: 014
Information relative aux échantillons S47-3 (3-4.5)

Détermination de la chaîne de carbone

essence	C9-C14
kérosène et pétrole	C10-C16
diesel et gazole	C10-C28
huile de moteur	C20-C36
mazout	C10-C36

Les pics C10 et C40 sont introduits par le laboratoire et sont utilisés comme étalons internes.



Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24285288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.





DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 14 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

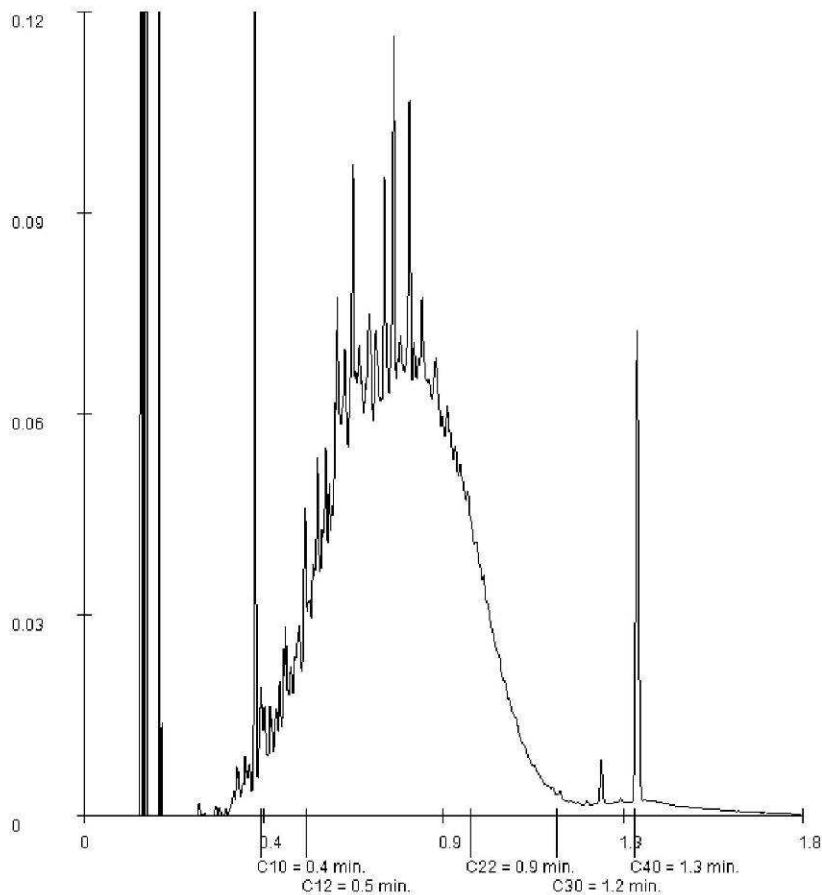
Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Référence de l'échantillon: 015
Information relative aux échantillons S47-3 (5-6)

Détermination de la chaîne de carbone

essence	C9-C14
kérosène et pétrole	C10-C16
diesel et gazole	C10-C28
huile de moteur	C20-C36
mazout	C10-C36

Les pics C10 et C40 sont introduits par le laboratoire et sont utilisés comme étalons internes.



Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24285288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.





DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 15 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

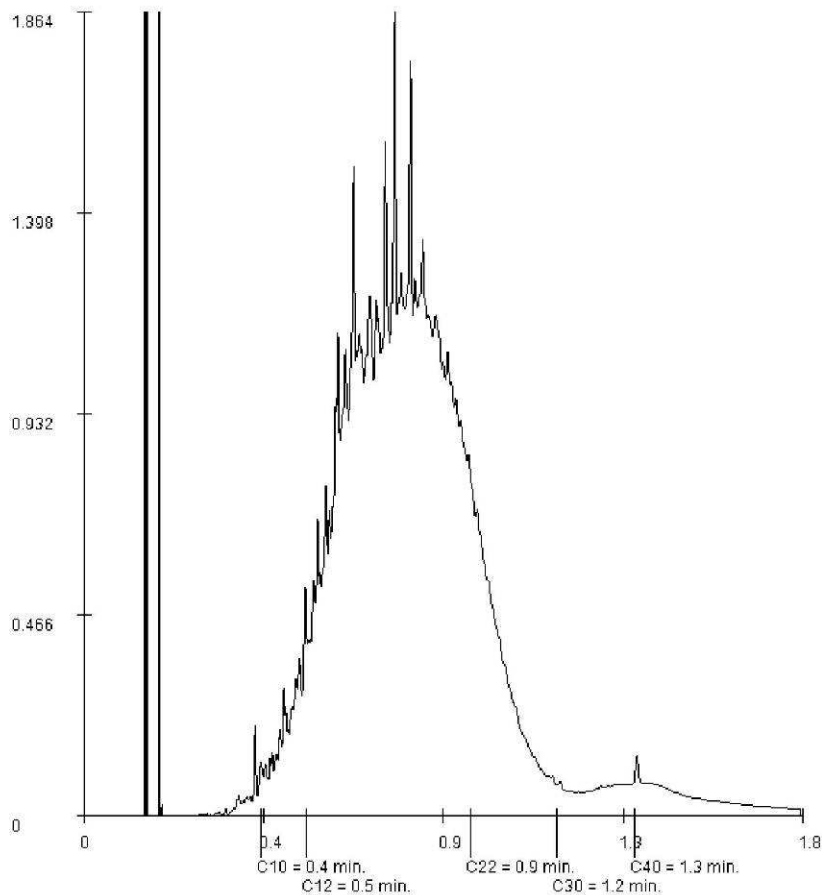
Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Référence de l'échantillon: 016
Information relative aux échantillons S47-4 (3-3.5)

Détermination de la chaîne de carbone

essence	C9-C14
kérosène et pétrole	C10-C16
diesel et gazole	C10-C28
huile de moteur	C20-C36
mazout	C10-C36

Les pics C10 et C40 sont introduits par le laboratoire et sont utilisés comme étalons internes.



Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24285288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.





DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 16 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

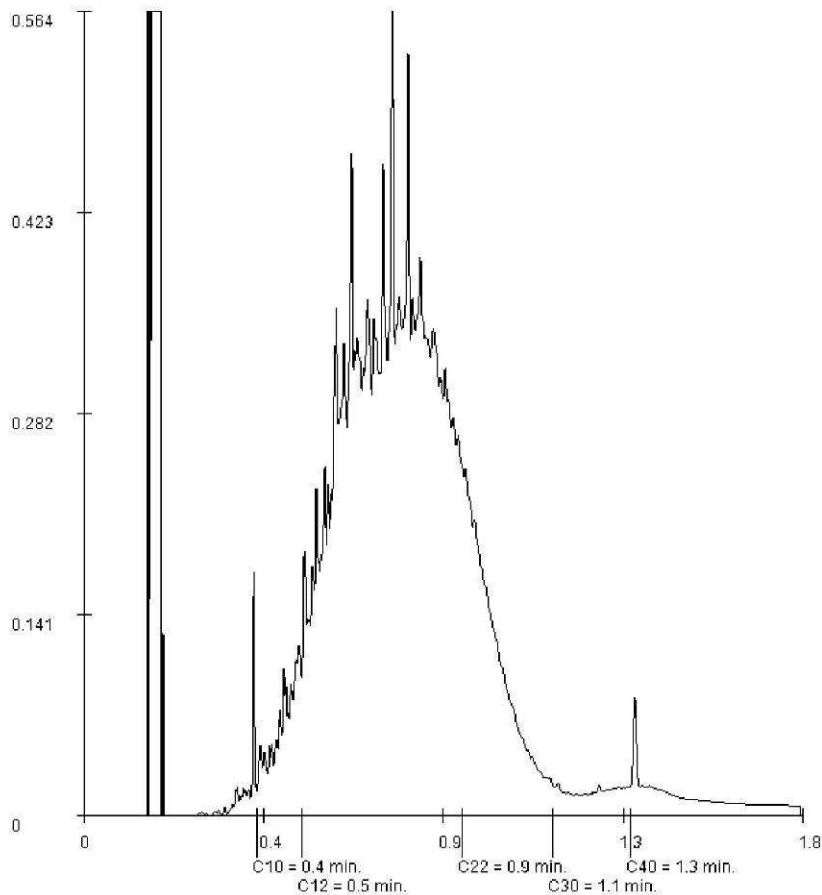
Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Référence de l'échantillon: 017
Information relative aux échantillons S47-4 (3.5-4.5)

Détermination de la chaîne de carbone

essence	C9-C14
kérosène et pétrole	C10-C16
diesel et gazole	C10-C28
huile de moteur	C20-C36
mazout	C10-C36

Les pics C10 et C40 sont introduits par le laboratoire et sont utilisés comme étalons internes.



Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24785288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.





DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP OLIVET
Sibylle DERIEPPE

Rapport d'analyse

Page 17 sur 17

Projet Alençon S8/47
Référence du projet 522 32 41A
Réf. du rapport 12438365 - 1

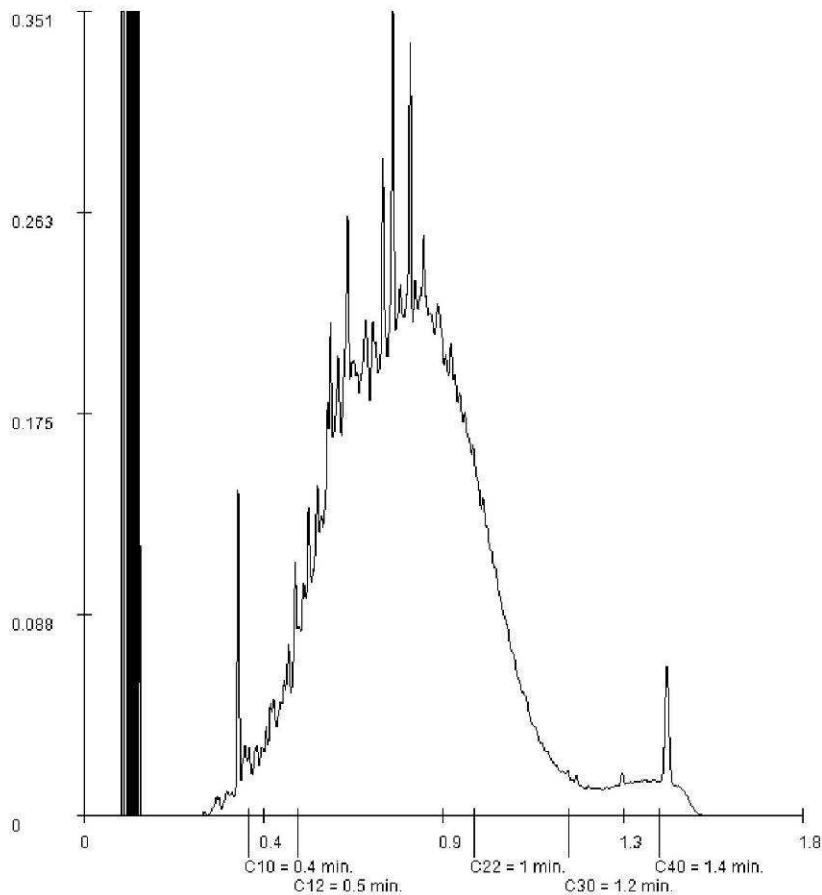
Date de commande 13-12-2016
Date de début 13-12-2016
Rapport du 19-12-2016

Référence de l'échantillon: 018
Information relative aux échantillons S47-4 (4.5-6)

Détermination de la chaîne de carbone

essence	C9-C14
kérosène et pétrole	C10-C16
diesel et gazole	C10-C28
huile de moteur	C20-C36
mazout	C10-C36

Les pics C10 et C40 sont introduits par le laboratoire et sont utilisés comme étalons internes.



Paraphe :



ALcontrol B.V. est accrédité sous le n° L028 par le RvA (Raad voor Accreditatie), conformément aux critères des laboratoires d'analyse ISO/IEC 17025:2005. Toutes nos prestations sont réalisées selon nos Conditions Générales, enregistrées sous le numéro KVK Rotterdam 24285288 à la Chambre de Commerce de Rotterdam, Pays-Bas.



ANNEXE 4 : ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES



7 ANNEXE : ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES (A320)

7.1 CONTEXTE

Le présent chapitre concerne la réalisation d'une analyse des enjeux sanitaires (mission A320 de la Norme NF X 31-620-2, juin 2011) selon la méthodologie d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS).

→ Cette analyse doit permettre de valider ou d'infirmer la compatibilité – sur le plan sanitaire - des teneurs présentes dans les sols au voisinage de S47 avec les usages constatés (extension bâtie accueillant des locaux sociaux).

7.2 RAPPEL DES PRINCIPES D'UNE EQRS

7.2.1 OBJECTIFS DE L'EQRS

L'objet d'une EQRS est de produire une analyse quantitative des risques ou des effets néfastes liés aux expositions à certaines substances chimiques, expositions définies selon l'usage envisagé.

Les objectifs spécifiques de l'étude des risques sont :

- de quantifier les effets liés aux substances non cancérigènes et l'excès de risque lié aux composés cancérigènes ;
- de recommander des mesures compensatoires si nécessaire.

Le risque est le résultat de l'existence concomitante de trois facteurs :

- une source de pollution constituée d'une ou plusieurs substances toxiques ;
- un vecteur de transport et de dispersion des polluants, un milieu par lequel transite le polluant (eau de surface, eau souterraine, sol, air) ;
- une cible, le récepteur du polluant (ici l'Homme).

7.2.2 PRINCIPES DE L'EQRS

Le calcul de risques sanitaires permet de définir si le risque calculé est acceptable ou non. Il a pour but de présenter de manière explicite, aux différentes parties, les éléments d'analyse sur lesquels la prise de décision pourra s'appuyer.

A ce titre, cette étude est un outil d'analyse au service de la politique de gestion des sites et sols pollués, elle doit respecter les principes suivants :

- le principe de précaution inscrit dans la loi du 2 février 1995 ;
- le principe de proportionnalité, présent dans la circulaire du 3 décembre 1993 ;
- le principe de spécificité, présent dans cette même circulaire ;
- le principe de transparence, présent dans cette même circulaire.

Des solutions de gestion devront être envisagées en cas de risques supérieurs aux limites acceptables.



7.2.3 DEMARCHE

La réalisation de cette étude s'effectue conformément à la démarche d'EQRS en quatre étapes qui doivent permettre de répondre aux questions suivantes :

- Identification du danger

Est-ce que la substance engendre des effets indésirables pour l'homme ? Quels sont ces effets défavorables ?

L'identification du potentiel dangereux consiste à dresser la liste des types d'effets associés aux substances sélectionnées pour l'étude de risque. Il faut vérifier en particulier si la substance provoque des effets cancérogènes (sans seuil) ou non cancérogènes (à seuil).

- Evaluation de la relation dose - effet

Quelle est la relation entre la dose, ou le niveau d'exposition à une substance, et l'incidence et la gravité de ces effets chez l'homme ?

Pour les effets précédemment identifiés, il s'agit ici de quantifier leur fréquence et leur gravité.

- Evaluation de l'exposition

Quelles sont les voies de transfert du polluant de la source vers la cible ? Quelles sont la durée, la fréquence et l'importance de l'exposition ?

Dans une étude de risque, l'exposition est définie comme le contact entre les sources et les cibles, c'est à dire entre les composés présents dans les divers milieux et l'homme (par ingestion, par inhalation, par contact cutané). L'évaluation de l'exposition est la détermination des voies d'expositions, de la fréquence, de la durée et de l'importance de l'exposition.

- Caractérisation des risques

Quelle est l'expression quantitative du risque correspondant à la synthèse de l'évaluation de la toxicité et de l'exposition ? Quelle est l'interprétation du résultat ? Quels sont les facteurs d'incertitude ?

Après ces différents calculs, le risque est alors défini comme acceptable ou inacceptable suivant les recommandations de l'annexe II de la circulaire du 8 février 2007.

7.2.4 LIMITE DE L'ETUDE

Cette étude a été réalisée suivant une méthode conforme aux pratiques en vigueur dans la profession.

Elle a été élaborée suivant la norme NFX 31-620 ainsi que suivant les standards environnementaux en vigueur à ce jour de l'US-EPA (*United States Environmental Protection Agency*), tout en respectant la méthodologie du guide « Gestion des sites pollués : Diagnostic approfondi ; Evaluations détaillées des risques » rédigé par le BRGM et l'INERIS sous la tutelle du Ministère en charge de l'Environnement (BRGM, 2000).

Les niveaux de risques acceptables sont basés sur les recommandations de l'annexe II de la circulaire du 8 février 2007.

L'étude et les conclusions sont élaborées en l'état actuel des connaissances scientifiques tant du point de vue chimique, géologique que toxicologique.



7.3 COLLECTE ET ANALYSE DES DONNEES

7.3.1 ZONE D'ETUDE

La zone d'étude correspond au voisinage du sondage S47. Elle comprend un petit bâtiment sans sous-sol (accueillant des locaux sociaux et bureaux à l'étage) et des extérieurs dont les sols sont majoritairement nus.

D'après les coupes de sondage disponibles, la tranche superficielle sols est constituée de 1,5 m à 3 m de limons argileux, reposant des formations marno-calcaires jusqu'à 6 m.

7.3.2 SUBSTANCES PRESENTES DANS L'ENVIRONNEMENT

▪ Milieu Sol

A la lecture des résultats du présent diagnostic complémentaire, les substances présentes dans les sols au voisinage de S47 sont :

- Les hydrocarbures aliphatiques C8 à C40 ;
- Les hydrocarbures aromatiques C8 à C50 ;
- Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques dans une moindre mesure (max 16 HAP = 0,71 mg/kg) ;

Les hydrocarbures les plus légers (coupes C5 à C8) n'ont pas été détectés.

Une analyse de type TPH a été réalisée sur l'échantillon S47-4 (3,5-4,5 m). La répartition des fractions caractérise un produit de type « fioul ».

Les résultats analytiques dans les sols bruts sont présentés dans le **paragraphe 4.9.1** du présent rapport.

▪ Milieu Air du sol

On ne dispose pas de données dans l'air du sol au voisinage de S47.

▪ Milieu Eaux souterraines

Aucun impact n'est soupçonné sur les eaux souterraines.

▪ Carbone Organique Total

Le COT influe sur l'affinité entre certains polluants organiques et le sol. Lors du diagnostic initial de pollution (2016), la valeur la plus faible de COT mesurée dans les terrains était de 0,002 kg/kg pour les limons et 0,044 kg/kg pour les marno-calcaires.

▪ Granulométrie

Les résultats des analyses granulométriques réalisées lors du diagnostic initial de pollution ont mis en évidence des textures de limon argileux fin pour les limons argileux entre 0 et 1,5 m et de sables limoneux pour les formations marno-calcaires.

Les caractéristiques de ces formations disponibles dans la littérature seront donc retenues pour caractériser les sols présents en termes de porosité totale, perméabilité...



7.3.3 SCHEMA CONCEPTUEL

Le schéma conceptuel synthétise l'ensemble des informations recueillies lors du volet documentaire et des investigations de terrain. Il se présente sous la forme d'un graphique synthétique rassemblant les cas possibles d'exposition directe ou indirecte aux polluants.

Il identifie :

- Le scénario étudié et les cibles associées (personnes exposées, milieux sensibles...);
- les sources potentielles ou avérées de pollution ;
- les voies de transfert ;
- les voies d'exposition.

▪ **Cibles retenues**

Les cibles exposées à la pollution historique relevée au voisinage de S47 sont les futurs employés du site industriel, travaillant dans l'extension et sur les extérieurs.

La nappe contenue dans les calcaires du Bathonien est localement présente au droit du site. Cependant, les investigations de terrain ont mis en évidence la discontinuité de ce milieu sur site. Il ne sera donc pas retenu comme cible potentielle.

▪ **Sources avérées de pollution**

La source de pollution identifiée dans cette zone est constituée des sols entre 1,5 et 6 m au voisinage des anciennes cuves enterrées de fioul (sondages S47, S47-3 et S47-4).

Il est possible que l'impact relevé au niveau de S47-4 s'étende sous l'emprise de l'extension bâtie, bien que cette dernière n'ait pas pu être investiguée (modules métalliques).

▪ **Voies de transfert**

Au vu des éléments ci-dessus (absence de nappe continue), *la voie de transfert liée à la circulation d'eaux souterraines au droit du site n'est pas retenue.*

Les sols sont nus sur les extérieurs au voisinage de S47. Il s'agit cependant d'un impact par les hydrocarbures au-delà de 1,5 m de profondeur (impact non suspecté en surface).

Au vu de ces éléments, *la voie de transfert liée à l'envol de poussières de sols pollués est également exclue.*

▪ **Voies potentielles d'exposition**

Une voie d'exposition est un mécanisme par lequel une substance pénètre dans l'organisme.

On en distingue trois types différenciable en fonction des milieux d'exposition et des scénarii identifiés :

- Inhalation d'une substance sous forme gazeuse ou adsorbée sur des poussières, ou de vapeur d'eau contaminée ;
- Ingestion directe de sol, d'aliments (végétaux cultivés et/ou animaux élevés sur le site), d'eau contaminée ;
- Contact / absorption cutanée par contact avec un sol, des poussières et /ou de l'eau (bain, douche, activités nautiques, etc.) contaminés.



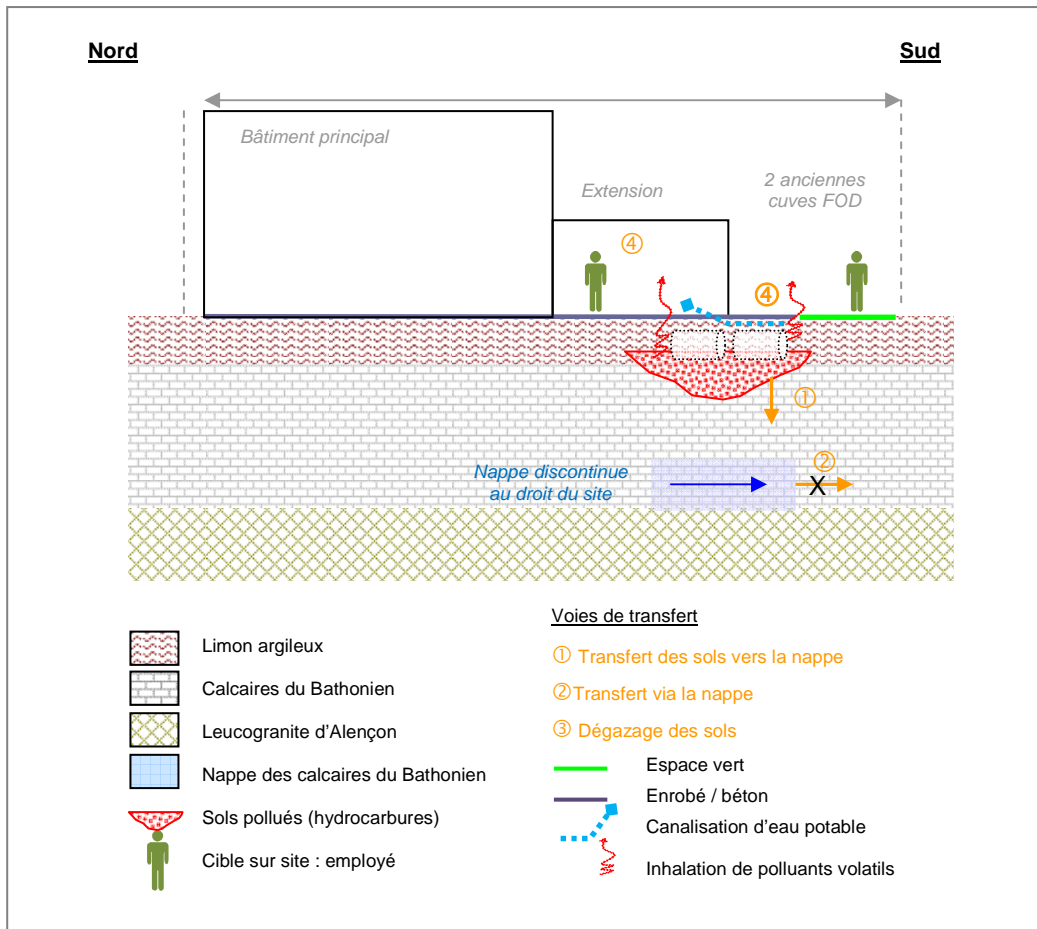
Le détail des voies d'exposition est donné dans le tableau suivant.


VOIES D'EXPOSITION POTENTIELLES	SELECTION POUR L'EVALUATION	JUSTIFICATION
Ingestion directe de sol et/ou de poussières	Non	Pas d'impact superficiel suspecté sur cette zone
Absorption cutanée de sols et/ou de poussières	Non	
Inhalation de polluants adsorbés sur les poussières de sol	Non	
Inhalation de polluants sous forme gazeuse	OUI	Certains polluants potentiels sont volatils (fraction volatile des hydrocarbures)
Absorption cutanée de polluants sous forme gazeuse	OUI	
Ingestion d'eau contaminée issue de la nappe	Non	Pas d'usage de la nappe sur site. Autres usages AEP en latéral hydraulique
Ingestion d'eau du robinet contaminée	Non	La source de pollution identifiée se trouve au-delà de 1,5 m de profondeur.
Absorption cutanée d'eau du robinet contaminée	Non	
Absorption cutanée d'eau contaminée depuis un plan d'eau ou un cours d'eau	Non	Usages sensibles recensés sur la Sarthe mais cette dernière est jugée peu vulnérable à une pollution issue du site
Inhalation de vapeurs d'eau polluée	Non	Absence de nappe continue au droit du site
Ingestion d'aliments d'origine végétale cultivés sur ou à proximité du site	Non	Pas de végétaux autoproduits sur la zone d'étude. Pas d'usage sensible recensé en aval du site
Ingestion d'aliments d'origine animale à partir d'animaux chassés, pêchés ou élevés sur site ou à proximité	Non	Pêche dans la Sarthe mais la rivière est jugée peu vulnérable (distance importante au site).

Tableau 9 : Récapitulatif des voies d'exposition potentielles.

L'absorption cutanée théorique de polluants volatils est retenue mais elle constitue une voie d'exposition secondaire, minoritaire par rapport aux autres voies d'exposition.

Au vu de la configuration du site et des sources de pollution identifiées, seule la voie d'exposition par inhalation de polluants volatils issus des sols est finalement retenue ; elle concerne les extérieurs et l'intérieur du bâtiment.



	CARRIER Carrosserie – Alençon (61)	
	Source :	DKI
Figure 8 : Schéma conceptuel retenu dans le cadre de l'EQRS.		Echelle : sans

7.4 EVALUATION DES DANGERS

L'évaluation du potentiel dangereux des substances consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme.

Pour évaluer les dangers d'une substance, il est nécessaire de connaître :

- son comportement dans l'environnement, qui est déterminé par ses caractéristiques physico-chimiques (solubilité, volatilité...);
- ses effets sur la santé, qui consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme, et de définir les valeurs de référence qui représentent la limite entre le risque acceptable et le risque inacceptable.

L'ensemble des éléments concernant l'évaluation des dangers est présenté en annexe.

Cf. Annexe A : Evaluation des dangers

7.4.1 TOXICOLOGIE DES SUBSTANCES

Dans le cadre d'une EQRS, les éléments suivants sont recherchés :

- l'identification du **potentiel dangereux** des substances : effets toxiques aigus, chroniques, effets cancérigènes, organes cibles,
- l'évaluation de la **relation dose-effet** qui a pour but de définir une relation quantitative entre la dose ou la concentration absorbée ou administrée et l'incidence de l'effet délétère. On recherche alors les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR).
 - Pour les substances à seuil :

Les effets néfastes apparaissent à partir d'une certaine concentration d'exposition. On recherche les valeurs des doses de référence (RfD pour la voie orale) et concentration de référence (RfC pour la voie inhalation). Ces valeurs correspondent à des niveaux d'exposition sans risque appréciable d'effets néfastes sur l'homme.

- Pour les substances sans seuil (cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques) :

Il n'y a pas de niveau d'exposition sans risque, il y a un risque dès la première exposition. Les valeurs toxicologiques de références sont exprimées sous forme d'Excès de Risque Unitaire (ERUo pour la voie orale et ERUi pour la voie inhalation) qui expriment la relation entre le niveau d'exposition et la probabilité supplémentaire de développer l'effet cancérigène.

Les informations recueillies en termes de toxicité des substances sont présentées en annexe.

- Choix des VTR

Les VTR sont établies expérimentalement par des organismes de santé de notoriété internationale ou nationale. Les valeurs proposées peuvent donc diverger en fonction de l'organisme qui les établit ou encore ne fonction des conditions expérimentales.



La note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 aide à la sélection des VTR proposées en recommandant de respecter la hiérarchisation suivante :

- En premier lieu, sélectionner les VTR construites par l'ANSES² si elles existent ;
- En second lieu, si une expertise nationale a été menée, retenir les VTR issues de la sélection approfondie réalisée dans le cadre de l'expertise (sous réserve que l'expertise soit postérieure à la date de parution de la VTR la plus récente) ;
- Sinon, sélectionner la VTR *la plus récente* parmi les trois bases de données suivantes : l'US-EPA³, l'ASTDR⁴, ou l'OMS⁵, sauf s'il est fait mention par l'organisme de référence que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée ;
- Enfin, si aucune VTR n'est retrouvée dans les quatre bases de données précédentes, choisir la plus récente proposée par Santé Canada⁶, RIVM⁷, l'OEHHA⁸ ou l'EFSA⁹.

Les documents suivants sont donc retenus, lorsque pertinents :

- Rapport n°DCR-08-94380-11776C : Point sur les valeurs toxicologiques de référence – mars 2009, INERIS ;
- Rapport n°DCR-03-47026-ETSC-BDo-N°03DR177 : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques, INERIS, décembre 2003.

7.4.2 PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES SUBSTANCES

Les propriétés physico-chimiques des différentes substances sélectionnées sont également répertoriées en annexe. Quelques propriétés sont à remarquer :

- La pression 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.

Pour illustration :

Substance	Pression de vapeur (mm Hg)
Naphtalène	8,5E-02 (faible)
Benzène	75,25 (très élevée)

- La constante de Henry :

Elle indique la tendance d'un composé à être volatilisé à partir d'une phase aqueuse. Plus la constante **H** est élevée, plus le composé est volatil.

² ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail : <http://www.anses.fr>

³ US-EPA : United States – Environmental Protection Agency – <http://epa.gov/iris/>

⁴ ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Etats-Unis) – <http://atsdr.cdc.gov/>

⁵ OMS : Organisation Mondiale de la Santé

⁶ Santé Canada : <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/psl1-lsp1/index-fra.php>

⁷ RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Institu national de la santé publique et de l'environnement (Pays-Bas) <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701025.pdf>

⁸ OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment (antenne californienne de l'US-EPA) <http://www.oehha.ca.gov/risk/ChemicalDB.index.asp>

⁹ EFSA : European Food Safety Authority – <http://www.efsa.europa.eu/fr/>



A titre indicatif, une constante de Henry supérieure à 0,04 indique une forte tendance à la volatilisation, tandis qu'une constante de Henry inférieure à 0,0004 indique une faible tendance à la volatilisation.

Pour illustration :

Substance	H
Naphtalène	0,0192 (moyenne)
Benzène	0,225 (élevée)

▪ Les coefficients 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.

Pour illustration :

Substance	Log Kow	Koc
Naphtalène	3,4	933-2000
Benzène	2,13	60

7.4.3 SELECTION DES SUBSTANCES ET CONCENTRATIONS RETENUES

▪ Principes de sélection des substances

En première approche, tous les composés détectés dans les sols lors deux campagnes d'investigations au voisinage de S47 sont retenus.

Puis, les critères spécifiques de sélection des substances sont :

- La présence et la concentration de la substance dans le milieu de transfert ;
- Pour l'exposition par inhalation : le potentiel de volatilisation, traduit par de fortes valeurs de pression de vapeur et de constante de Henry ;
- L'existence de valeurs toxicologiques de référence pour les voies d'exposition retenues (fortes valeurs de l'ERU_i pour les substances cancérigènes et faibles valeurs de RfC pour les substances non cancérigènes).

▪ Composés non retenus

Absence de valeurs toxicologiques de référence

Les coupes d'hydrocarbures présentant plus de 16 atomes de carbones ne disposant pas de VTR relative à l'inhalation. Les hydrocarbures HC > C16 ne seront pas retenus dans l'évaluation du risque lié à cette voie d'exposition.

Absence d'impact

Les composés qui ne sont pas détectés dans les sols ne sont pas retenus dans le cadre de l'EQRS, les limites de quantification usuelles ayant été respectées par le laboratoire. Cela concerne les coupes d'hydrocarbures C5 à C8.

Par ailleurs, les HAP ne sont détectés que dans des concentrations proches des seuils de quantification (max 16 HAP = 0,71 mg/kg). Les concentrations détectées ne peuvent être considérées comme un impact avéré dans les sols ; ils seront donc exclus de la présente analyse. *Ce choix sera discuté dans l'analyse des incertitudes.*



▪ Substances retenues à l'issue de la démarche

A l'issue de la démarche, les substances retenues sont les hydrocarbures volatils aliphatiques et aromatiques, coupes C8 à C16.

▪ Concentrations retenues

Dans une démarche conservatoire, les concentrations retenues pour le calcul des doses d'expositions correspondent aux **maxima mesurés** dans les sols bruts.

On considèrera que les concentrations (maximales) détectées au niveau de S47-4 sont uniformément présentes entre 1,5 et 6 m, sur les extérieurs, comme au droit du bâtiment.

Ce choix sera discuté dans l'analyse des incertitudes.

→ A l'issue de cette démarche, les substances sélectionnées et les concentrations retenues sont présentées dans le tableau suivant.

La répartition retenue pour les coupes d'hydrocarbures correspond à celle mise en évidence dans el TPH réalisé au droit de la source.

Paramètre	Unité	LQ	S47-4	Répartition théorique	Répartition appliquée à la concentration maximale
			(3.5-4.5)		
fraction aromat. >C5-C7	mg/kg MS	<0,4	<	0	0 **
fraction aromat. >C7-C8	mg/kg MS	<0,05	<	0	0 **
fraction aromat. >C8-C10	mg/kg MS	<0,3	0,54	0,02%	1,8
fraction aromat. >C10-C12	mg/kg MS	<3	9,8	0,3%	33,3
fraction aromat. >C12-C16	mg/kg MS	<9	99	3%	336,8
fraction aromat. >C16-C21	mg/kg MS	<9	390	14%	1326,8 *
fraction aromat. >C21-C35	mg/kg MS	<15	570	20%	1939,2 *
fraction aliphat. >C5-C6	mg/kg MS	<0,5	<	0	0 **
fraction aliphat. >C6-C8	mg/kg MS	<0,6	<	0	0 **
fraction aliphat. >C8-C10	mg/kg MS	<0,6	46	2%	156,5
fraction aliphat. >C10-C12	mg/kg MS	<1	100	3%	340,2
fraction aliphat. >C12-C16	mg/kg MS	<3	610	21%	2074,2
fraction aliphat. >C16-C21	mg/kg MS	<3	690	24%	2347,4 *
fraction aliphat. >C21-C35	mg/kg MS	<5	350	12%	1190,7 *
SOMME TPH C5-C35	mg/kg MS	-	2865,34	100%	9748,0

* : Composé non retenu car non volatil

** : Composé non retenu en l'absence d'impact

Tableau 10 : Substances et Concentrations retenues.



7.5 EVALUATION DES EXPOSITIONS

7.5.1 DEFINITION DES CONCENTRATIONS D'EXPOSITION

Dans cette phase, il s'agit de quantifier les doses de substances auxquelles sont exposées les cibles.

Les doses d'exposition, pour un type de cible, une substance et une voie d'exposition donnée sont détaillées dans les chapitres suivants.

▪ Formule générale de calcul de l'exposition

Pour la voie orale et la voie cutanée, la formule de la dose journalière d'exposition est, pour une substance et une voie d'exposition :

$$\text{DJE (mg/kg}_{\text{pc}}/\text{j}) = \frac{C_{\text{env}} \cdot Q_{\text{adm}} \cdot F \cdot D_{\text{exp}}}{P \cdot D_{\text{moy}}}$$

avec C_{env} : concentration dans le milieu administré (air, eau, aliment...) (mg/kg)

Q_{adm} : quantité de milieu administrée par voie d'exposition (orale/cutanée) (kg/j)

F : fréquence d'exposition (jour/an)

D_{exp} : durée d'exposition en années (unité : an) ; 6 ans / enfant et 30 ans / adulte

P : poids corporel (unité : kgpc) ; 15 kg / enfant, ou 70 kg / adulte

D_{moy} : durée sur laquelle l'exposition est moyennée (unité : jours), c'est-à-dire D_{exp} pour le calcul de la dose d'exposition pour un effet à seuil et $D_{\text{vie}} = 70$ ans pour un effet sans seuil

Pour la voie respiratoire, la dose journalière d'exposition est remplacée par la concentration moyenne inhalée, CI, par jour :

$$\text{CI (mg/m}^3\text{)} = \sum_i (C_i \cdot t_i) \cdot \frac{F \cdot fr \cdot D_{\text{exp}}}{D_{\text{moy}}}$$

avec C_i : concentration en polluants dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (mg/m³)

t_i : fraction de temps exposé à la concentration C_i pendant une journée (sans unité)

F : fréquence d'exposition (jour/an)

fr : facteur de rétention des poussières dans les poumons (sans unité) ; 0,75

D_{exp} : durée d'exposition (unité : an) ; 6 ans / enfant et 30 ans / adulte

D_{moy} : durée sur laquelle l'exposition est moyennée (unité : jours) ; c'est-à-dire D_{exp} pour le calcul de la dose d'exposition pour un effet à seuil et $D_{\text{vie}} = 70$ ans pour un effet sans seuil

L'exposition totale à une substance pour un scénario et un récepteur est la somme des expositions par chacune des voies d'expositions.



7.5.2 EVALUATION LIEE A L'INHALATION DE VAPEURS

▪ Outil de l'évaluation

L'équation permettant de déterminer les CI (concentrations inhalées) présentée au paragraphe précédent a été utilisée pour l'évaluation des expositions liées à l'inhalation de vapeurs.

Les concentrations dans l'air ont été estimées à partir d'un code de calcul permettant de simuler les phénomènes de dégazage des substances depuis les sols.

Les équations du logiciel RISC 4.0 (développé par BP oil International version de 2001) réécrites sous Excel ont été utilisées pour l'évaluation des expositions dans l'air.

La modélisation des expositions aux vapeurs dans l'air intérieur et extérieur à partir des sols a été réalisée à partir équations de *Johnson & Ettinger (1991)* utilisées avec une source de pollution infinie.

Le transfert de vapeur est conditionné par un mouvement diffusif (équations de *Millington and Quirck* et équation de *Fick*) et un mouvement convectif induit par les effets de la ventilation.

Les équations utilisées pour réaliser ces simulations sont présentées en annexe.

Cf. Annexe B : Détail des calculs

▪ Valeurs des paramètres

Les paramètres permettant d'estimer les concentrations *dans l'air intérieur et extérieur*, par dégazage des substances *depuis les sols*, ont été déterminés à partir :

- des données de terrain (par ex : profondeur de la source sol, teneur en matière sèche ...);
- des données de la littérature pour les paramètres non mesurés (ex : porosité du sol), en se basant sur des valeurs adaptées à la réalité du terrain.

Les valeurs des paramètres permettant de calculer les CI sont présentées dans les tableaux suivants :

- valeurs des paramètres d'exposition pour les cibles ;
- valeurs des paramètres de modélisation.

▪ Valeurs des paramètres d'exposition des cibles

Les cibles suivantes ont été retenues : Cible 1 : employé du site industriel.

Paramètre		unité	Cible 1 Employé
Dexp	Durée d'exposition	An	42
Dvie	Durée de vie	An	70
Fexp	Fréquence d'exposition	Jr/an	218
Tint	Taux d'exposition en intérieur au droit des sources intérieures	-	8h/24h
Text	Taux d'exposition en extérieur au droit des sources extérieures	-	1h/24h

Tableau 11 : Valeur des paramètres d'exposition pour les cibles.



Durée d'exposition

Nous avons retenu une durée d'exposition de 42 ans ; cette hypothèse est majorante puisqu'elle implique que la personne travaillera toute sa vie au même endroit.

Fréquence d'exposition :

La fréquence d'exposition a été choisie de 218 jours/an (nombre légal de jours travaillés en France par an).

Fraction de temps passé à l'intérieur / à l'extérieur :

Nous avons pris en compte une exposition en intérieur de 8 heures par jour, correspondant à la durée moyenne d'une journée de travail.

Une exposition de une heure par jour en extérieur a également été prise en compte (temps de pause, livraisons...).

- Valeurs des paramètres de modélisation

Caractéristiques constructives

Pour modéliser la zone de dégazage en intérieur, les caractéristiques constructives suivantes ont été retenues :

- Bâtiment de plain-pied (pas de sous-sol, ni de vide sanitaire) ;
- Exposition d'un employé dans un bureau de 3m x 3m ;
- Hauteur sous plafond estimée : 2,5 m ;
- Epaisseur minimale de dalle béton (0,05 m). *Ce choix sera discuté dans l'analyse des incertitudes.*

→ Les paramètres utilisés pour la modélisation au droit de la source sont synthétisés dans le tableau suivant.

	unité	Valeur	Origine de la valeur
Caractéristiques des sols entre 0 et 1,5 m (Limons)			
Epaisseur de limons	m	1,5	Epaisseur de limons
Porosité totale	cm ³ /cm ³	0,482	Valeur par défaut pour un Limon argileux fin ('Silty clay loam' - Johnson & Ettinger)
Contenu en eau	cm ³ /cm ³	0,15	Terrain : moyenne des % en eau des 27 échantillons entre 0 et 1,5 m (diagnostic initial)
Densité du sol	g/cm ³	1,63	Valeur par défaut pour un Limon argileux fin ('Silty clay loam' - Johnson & Ettinger)
Caractéristiques des sols entre 1,5 et 5 m (Marnes)			
Epaisseur des marnes	m	3,5	Epaisseur de marnes entre 1,5 et 5 m de profondeur
Porosité totale	cm ³ /cm ³	0,399	Valeur par défaut pour un Limon ('Loam' - Johnson & Ettinger)
Contenu en eau	cm ³ /cm ³	0,112	Terrain : moyenne des % en eau des 13 échantillons analysés entre 1,5 et 6 m au voisinage de S47
Densité du sol	g/cm ³	1,59	Valeur par défaut pour les marnes, assimilées à des limons ('Loam' - Johnson & Ettinger)
Caractéristiques de la Source-sol à l'intérieur du bâtiment			
Epaisseur de la zone source	m	4,5	Terrain: sols impactés entre 1,5 et 6 m de profondeur
Profondeur de la zone source	m	1,5	Terrain : Profondeur des sols impactés
Fraction de carbone organique	mg/mg sol	0,002	Valeur minimale mesurée dans la tranche impactée des sols (limons)
Caractéristiques constructives de l'extension			
Superficie	m ²	9	Dimensions arbitraires d'un bureau de 3m x 3m
Périmètre	m	12	Dimensions arbitraires d'un bureau de 3m x 3m
Hauteur	m	2,5	Hauteur estimée
Volume	m ³	22,5	Superficie x Hauteur
Nombre d'échange d'air par jour	échange/j	12	Valeur par défaut pour une habitation (RISC 4.0)
Épaisseur des fondations	m	0,05	Epaisseur minimale de dalle arbitraire
Perméabilité de la zone non saturée aux vapeurs	cm ²	1,00E-09	Valeur par défaut pour un Limon argileux fin ('Silty loam' - Johnson & Ettinger)
Différence de pression	g/cm.s ²	40	Valeur par défaut Johnson & Ettinger
Fraction de fissure des fondations	/	2,00E-04	Valeur par défaut Johnson & Ettinger
Porosité dans les fissures	cm ³ /cm ³	0,12	Valeur par défaut Johnson & Ettinger
Contenu en eau dans les fissures	cm ³ /cm ³	0,07	Valeur par défaut Johnson & Ettinger
Caractéristiques de la zone de respiration ("box model")			
Epaisseur du revêtement l'extérieur	m	0	Sols nus sur les extérieurs
Hauteur	m	1,5	Hauteur de respiration communément utilisée dans ce type de modélisation
Longueur	m	10	Longueur estimée de la zone polluée
Vitesse du vent	m/s	2	Valeur sécuritaire (vitesse de vent faible)

Tableau 12 : Valeurs des paramètres pour la modélisation du dégazage.

7.6 CARACTERISATION DES RISQUES

Afin de caractériser les effets potentiels, les concentrations d'exposition (calculées dans l'évaluation de l'exposition) sont comparées avec les valeurs toxicologiques de référence (présentées dans l'évaluation des dangers).

Ces comparaisons sont faites séparément pour les substances à seuil et les substances sans seuil.

Les risques sont d'abord calculés pour chaque substance et chaque voie d'exposition.

L'exposition à plusieurs substances peut induire l'additivité, la synergie (amplification des effets) ou l'antagonisme (annulation des effets).

En l'absence de données sur la synergie entre les substances, il a été considéré, en première approche, l'additivité des risques liés à l'exposition à plusieurs substances dont on suppose que les effets propres à chacune vont s'additionner.



7.6.1 PRINCIPES DE L'ÉVALUATION

▪ Calcul de risque pour les substances non cancérigènes

Pour les substances non cancérigènes, la possibilité de survenue d'un effet toxique chez l'homme est représentée par un **Quotient de Danger (QD)**, également appelé Indice de Risque IR), calculé comme suit :

Pour la voie d'exposition par inhalation : $QD = CI / RfC$

Pour les autres voies d'exposition : $QD = DJE / RfD$

→ La circulaire du Ministère en charge de l'Environnement (2007) recommande de considérer comme acceptable un indice de risque cumulé inférieur à 1.

Lorsque le QD est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît peu probable, y compris pour les populations sensibles. Au-delà de 1, la possibilité d'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue. En outre, cette possibilité apparaît d'autant plus forte que le QD augmente, mais ce n'est pas une relation linéaire.

▪ Calcul de risque pour les substances cancérigènes

L'effet cancérigène implique que, quel que soit le niveau d'exposition, la substance est susceptible d'induire un effet. Il y a donc un 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 cancer 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 développer un cancer s'il est exposé toute sa vie à une unité de dose toxique.

L'ERU multiplié par la Concentration Inhalé (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 la voie d'exposition par inhalation : $ERI = CI \times ERU_i$

Pour les autres voies d'exposition : $ERI = DJE \times ERU_o$

L'ERI est calculé pour chaque substance. En première approche, on considérera pour l'évaluation du risque la somme des ERI ainsi calculés.

Cette valeur d'ERI est à comparer à un niveau de risque acceptable généralement compris entre 10^{-4} et 10^{-6} .

Un risque de 10^{-5} signifie l'apparition d'un cas de cancer supplémentaire dû à l'exposition à la substance, dans une population de 100 000 personnes, en plus du risque de base.

→ Les recommandations de l'annexe II de la circulaire du 8 février 2007 indiquent que le niveau de risque acceptable correspond à un ERI inférieur à la valeur de 10^{-5} .



7.6.2 RESULTATS DES CONCENTRATIONS DE POLLUANTS SOUS FORME VAPEUR

Les résultats des concentrations de polluants (sous forme gazeuse) dans l'air intérieur et extérieur sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Polluant	Concentration de polluant sous forme vapeur (mg/m ³)	
	Intérieur bâtiment	Extérieurs
HC aliphatiques C8-C10	7,59E-02	2,26E-03
HC aliphatiques C10-C12	1,59E-02	4,74E-04
HC aliphatiques C12-C16	7,51E-03	2,24E-04
HC aliphatiques C16-C35	2,94E-04	8,77E-06
HC aromatiques C8-C10	8,57E-04	2,56E-05
HC aromatiques C10-C12	1,64E-03	4,90E-05
HC aromatiques C12-C16	1,26E-03	3,77E-05
HC aromatiques C16-C21	1,08E-04	3,22E-06
HC aromatiques C21-C35	0,00E+00	1,97E-09

Tableau 13 : Résultats des concentrations de polluant dans l'air, sous forme gazeuse.

7.6.3 RESULTATS DE LA CARACTERISATION DES RISQUES

Les risques totaux calculés pour la **Cible Travailleur** sont :

Risques toxiques : QD = 0,0236 < 1

→ Les résultats mettent en évidence des risques toxiques inférieurs à la limite retenue ; les risques apparaissent donc acceptables en première approche pour l'usage industriel.

Les substances retenues ne présentent pas d'effets sans seuil.

Le détail des contributions aux risques finaux est donné dans le tableau ci-dessous.

Substance	QUOTIENT DE DANGER QD			EXCES DE RISQUE INDIVIDUEL (ERI)		
	Inhalation Intérieur bâtiment	Inhalation Extérieurs	SOUS-TOTAL	Inhalation Intérieur bâtiment	Inhalation Extérieurs	SOUS-TOTAL
HC aliphatiques C8-C10	1,51E-02	5,63E-05	1,52E-02	*	*	*
HC aliphatiques C10-C12	3,16E-03	1,18E-05	3,18E-03	*	*	*
HC aliphatiques C12-C16	1,49E-03	5,57E-06	1,50E-03	*	*	*
HC aromatiques C8-C10	8,53E-04	3,18E-06	8,57E-04	*	*	*
HC aromatiques C10-C12	1,64E-03	6,09E-06	1,64E-03	*	*	*
HC aromatiques C12-C16	1,26E-03	4,69E-06	1,26E-03	*	*	*
Sous-total	2,35E-02	8,76E-05	2,36E-02	*	*	*

* : non concerné par cet effet.

Tableau 14 : Résultats de la caractérisation des risques.



Les contributions respectives des substances aux risques calculés sont illustrées dans la figure suivante.

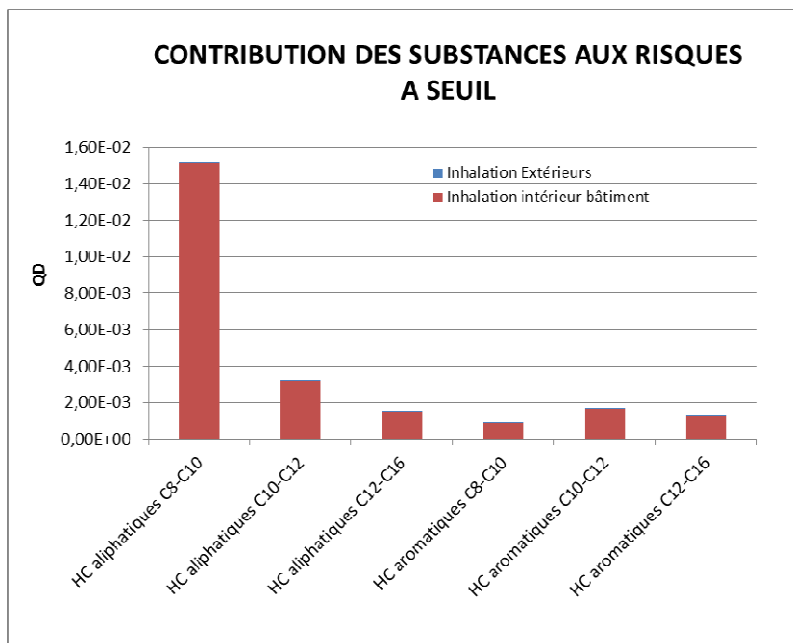


Figure 9 : Contributions des substances aux risques totaux.

Les risques liés au dégazage en intérieur sont majoritaires par rapport à ceux engendrés par le dégazage sur les extérieurs.

Les risques toxiques sont principalement liés au dégazage d'Hydrocarbures aliphatiques C8-C10 (64%).

7.7 ANALYSE DES INCERTITUDES

L'explication et la discussion des incertitudes qui concernent les paramètres et les hypothèses de calcul sont destinées à faciliter l'interprétation des résultats et permettre une gestion optimale des risques.

7.7.1 VOIES D'EXPOSITION RETENUES

L'exposition par inhalation de vapeurs de polluants a été retenue au droit du site, ce qui est réaliste au vu de la configuration actuelle du site.

En l'absence de source superficielle de pollution et d'impact suspecté au droit des sols nus, les voies d'exposition directe (contact, ingestion) ne sont pas retenues.

7.7.2 CHOIX DES SUBSTANCES

▪ Démarche générale

La démarche adoptée a consisté à retenir l'ensemble des composés volatils *détectés* dans les Sols et disposant d'une valeur toxicologique de référence.

Cette approche est réaliste compte tenu des pollutions en présence et de l'unique voie d'exposition retenue (inhalation de vapeurs polluantes).

Les composés non détectés (teneurs inférieures aux limites de quantification) n'ont pas été retenues. Cette démarche reste réaliste au regard des limites de quantification proposées par le laboratoire, conformes aux exigences actuelles.

▪ Substances détectées, mais non retenues

Les HAP n'ont pas été retenus dans la présente analyse alors qu'ils ont été détectés sur brut. En effet, les concentrations détectées ne constituent que des traces peu significatives (somme des 16 HAP inférieure à 1 mg/kg). Ces concentrations faibles pour chaque composé sont associées à une faible volatilité de ces substances.

Or, la caractérisation des risques a mis en évidence des risques sanitaires globalement faibles malgré une exposition à des polluants toxiques et fortement volatils comme les hydrocarbures C8-C10. Ces risques faibles sont liés à un environnement qui limite le dégazage des substances volatiles (limons argileux fins en surface notamment).

Ainsi, la prise en compte des HAP, qui ne sont que faiblement volatiles, ne modifierait pas les résultats de l'étude.

7.7.3 CONCENTRATIONS RETENUES

On a retenu pour modéliser le dégazage de la source les concentrations maximales en polluants mesurées dans les sols. Cette approche se veut conservatoire, le sondage S47-4 semblant avoir été réalisé au droit-même des anciennes cuves à fioul.

Cependant, on ne peut exclure la possibilité qu'il existe des concentrations plus élevées en hydrocarbures sous l'extension (zone non investiguée).

Etudions l'impact de concentrations en hydrocarbures dans les sols plus élevées que celles relevées au sud de l'extension.

	Quotient de Danger (QD)
Scénario initial :	
HC C5-C40 = 9 748 mg/kg	QD _{TOTAL} = 0,0236
Scénario test n°1 :	
HC C5-C40 = 20 000 mg/kg	QD _{TOTAL} = 0,0236
Scénario test n°2 :	
HC C5-C40 = 50 000 mg/kg	QD _{TOTAL} = 0,0247

Tableau 15 : Analyse des incertitudes : concentrations en hydrocarbures

Les risques sanitaires calculés augmentent faiblement et restent donc largement inférieurs au seuil considéré pour les risques à seuil.

7.7.4 TOXICITE DES COMPOSES

▪ Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs les plus pertinentes de VTR ont été sélectionnées. Lorsque plusieurs valeurs toxicologiques sont disponibles, ces dernières ont été étudiées et les choix réalisés pour chaque substance sont présentés dans les "fiches de données physico-chimiques et toxicologiques" (en annexe).



L'extrapolation des VTR à partir d'études sur l'homme ou les animaux induit de nombreuses incertitudes. Pour les effets à seuil, le principe même de la dérivation des VTR induit l'utilisation de facteurs d'incertitudes qui atteignent 1000 dans le cas des substances retenues.

Dans l'état actuel des connaissances, l'application de ces VTR implique des estimations majorantes du risque.

D'autre part, nous avons privilégié les VTR issues d'études sur l'homme afin de réduire les incertitudes sur ce paramètre. Nous avons également retenu les VTR proposées par des organismes reconnus pour leur compétence dans ce domaine. Il s'agit notamment de l'ANSES (France), l'USEPA (base de données IRIS) et de l'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) aux Etats Unis, de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) et du RIVM aux Pays bas.

En l'absence de VTR pour une voie d'exposition et/ou pour un certain type d'effet, nous avons choisi de ne pas dériver les valeurs manquantes (notamment pour la voie inhalation) conformément aux recommandations ministérielles.

En cas de difficulté à choisir parmi différentes valeurs toxicologiques de référence, la démarche introduite par la CIRCULAIRE DGS/SD 7B n°2006-234 du 30 mai 2006 prévoyait de retenir celles établies par certains organismes classés par ordre de préférence. La démarche recommandée par la récente NOTE D'INFORMATION N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 prévoit maintenant de privilégier la valeur la plus récente.

- Cumul des indices de risques des différentes voies d'exposition et des différents composés

L'ensemble des QD a été sommé. La sommation serait justifiée pour les composés sans seuil (cancérogènes) car on parle de cancer (en général) quels que soit la cause ou le mécanisme.

Pour les composés à seuil (non cancérogènes), ce n'est justifié qu'en première approche.

Cependant, dans le cas présent, une approche par substance ne modifierait pas les résultats de l'étude, les risques cumulés étant déjà inférieurs aux limites considérées.

7.7.5 PARAMETRES D'EXPOSITION

Les paragraphes suivants traitent de la stabilité des valeurs choisies pour les paramètres de calcul.

- Paramètres physiques caractérisant les récepteurs

Les paramètres utilisés pour caractériser physiquement les récepteurs (poids corporel, durée de vie et d'exposition) sont des valeurs standards, conservatoires et communément admises et utilisées par les groupes de travail et organismes internationaux : US EPA, OMS, INERIS, RIVM.

- Fréquences et durée d'exposition / temps passé en intérieur

La durée d'exposition a été estimée à 42 ans pour la Cible Employé/Travailleur. Cette hypothèse est réaliste à majorante (la personne travaille toute sa vie au même endroit).

La fréquence d'exposition retenue est de 218 jours/an, ce qui correspond au nombre légal de jours travaillés en France (réaliste). Les fractions de temps passé à l'intérieur et à l'extérieur sont respectivement de 8 heures et de 1 heure, ce qui est réaliste.

Rappelons que le cas d'un logement de fonction sur site n'a pas été retenu en première approche.



7.7.6 PARAMETRES RELATIFS A LA MODELISATION

▪ Modèle 1D (une dimension)

Pour modéliser la source sol, on a considéré que le dégazage sur les extérieurs est équivalent à celui attendu au droit du sondage le plus impacté, (S47-4).

Cette approche est inhérente au modèle à une Dimension et est majorante.

▪ Incertitudes liées au modèle utilisé

L'émission de polluants sous forme gazeuse depuis les sols a été estimée avec le modèle de *Johnson et Ettinger*, qui prend en compte la diffusion et la convection.

Le modèle permet de calculer les concentrations dans l'air à partir d'une source de pollution finie ou infinie.

Dans le cas présent, le modèle prend en compte le cas d'une source de pollution infinie, c'est-à-dire que la concentration en substance dans les sources reste identique en tout temps : la perte par évaporation n'est pas prise en considération.

Cette option n'a pas d'effet majeur sur l'évaluation du risque non cancérigène (effet à seuil) puisqu'on compare la plus forte concentration (généralement atteinte pour une durée simulée de moins de 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 qui permet d'évaluer le risque. Or, dans la réalité la concentration devrait diminuer au fil des années.

Une autre hypothèse majorante induite par le modèle de *Johnson et Ettinger* est que toutes les vapeurs arrivant sous les fondations vont passer dans le bâtiment, même si les dalles et les murs peuvent constituer des barrières étanches aux vapeurs.

→ **D'après les remarques citées ci-dessus, l'utilisation du modèle de *Johnson et Ettinger* constitue une approche majorante**, en particulier pour l'évaluation des risques sans seuil.

7.7.7 CARACTERISTIQUES DU BATI

Emprise retenue

L'emprise de dégazage retenue pour modéliser l'inhalation de vapeurs de polluants à l'intérieur de bâtiments a été fixée arbitrairement un bureau de petite dimension : 3m x 3m.

Ce choix se veut conservatoire, l'extension n'étant pas occupée par des bureaux au rez-de-chaussée mais uniquement par des locaux sociaux (sanitaires, vestiaires, temps de séjour moins important).

Hauteur sous plafond

La hauteur sous plafond retenue est de 2,5 m, ce qui est à peu près représentatif de la réalité.

Taux de ventilation

Le taux de ventilation retenu est de 12 j^{-1} . Ce taux influence de manière inversement linéaire les concentrations dans les bâtiments et donc les risques induits.

Les valeurs dans la littérature sont comprises entre 6 et 30 jour^{-1} .



La valeur prise en compte correspond à celle proposée par défaut par le logiciel de calcul de risques sanitaires RISC pour une habitation ; ce choix est majorant pour la situation modélisée.

En effet, la ventilation recommandée pour un local de type industriel (et par extension tertiaire) est proche de 20 j^{-1} (soit un taux de ventilation quasiment deux fois plus important que celui pris en compte).

Les risques calculés varient de façon inversement linéaire avec ce paramètre. Donc, avec un taux ventilation presque deux fois supérieur, les risques sanitaires calculés pour l'exposition en intérieur seraient près de deux fois inférieurs à ceux calculés précédemment.

Epaisseur de la dalle

Une épaisseur de dalle de 0,05 m a été prise en compte. Il s'agit de d'une épaisseur minimale. L'hypothèse retenue se veut conservatoire.

Cependant, il faut rappeler ici que l'extension étudiée ne repose pas sur une semelle béton ; elle est constituée de modules métalliques entre eux. On atteint donc ici une limite du modèle utilisé, le transfert des vapeurs ne s'effectuant pas au travers de fissures dans un tel module.

On peut cependant s'attendre ce que le transfert des vapeurs soit encore plus limité par ce type de structures, du fait de l'absence de joints entre les modules.

Différence de pression

La littérature indique des valeurs variant de 10 à 200 g/cm.s^2 . Plus la différence de pression est importante, plus le dégazage est important. La valeur par défaut préconisée par le logiciel RISC est de 10 g/cm.s^2 . Le modèle VOLASOIL recommande pour l'estimation des flux vers un bâtiment de plain-pied une différence de pression de 40 g/cm.s^2 . Cette dernière valeur conservatoire a donc été retenue pour effectuer les modélisations.

7.7.8 CARACTERISTIQUES DES SOLS

Lors des investigations de terrain, les sols prélevés ont été décrits comme des limons entre 0 et 1,5 m (en moyenne), puis comme des marnes au-delà.

Aussi, une analyse granulométriques a décrit les limons de surface comme étant de nature limono-argileuse fins (Laf).

Deux analyses granulométriques ont décrit les marnes comme limoneux. Ce choix se veut donc réaliste.

Notons cependant que la prise en compte d'une zone de transfert comportant une fraction sableuse plus importante sous la dalle augmenterait significativement les risques calculés. En effet, la perméabilité aux vapeurs de la formation présente directement sous la dalle est un paramètre qui influence grandement le dégazage à l'intérieur du bâtiment).

Plus la formation est sableuse, voire grossière, plus sa perméabilité intrinsèque aux vapeurs est importante, et plus le dégazage est important dans le bâtiment sus-jacent.

Dans le cas présent, les limons argileux fins présentent une perméabilité intrinsèque basse, ce qui explique en partie que les risques soient si faibles.

Porosité totale

Les valeurs prises en compte sont celles proposées par défaut par l'US EPA pour les deux lithologies retenues. Dans l'absolu, ces valeurs sont sécuritaires au regard des données proposées dans la littérature.

Contenu en eau

Le contenu en eau des limons a été déduit des teneurs en matière sèche mesurées lors du diagnostic initial. Il s'agit d'une moyenne arithmétique sur un grand nombre d'échantillons. Pour les marnes, la moyenne a été réalisée sur les 13 échantillons analysés dans cette formation au voisinage de S47 ; les valeurs utilisées se veulent donc représentatives des terrains.

Carbone Organique Total

La teneur retenue pour le Carbone Organique Total est la valeur *minimale* parmi les mesures réalisées sur le terrain. Il s'agit d'une valeur réaliste à conservatoire.

7.7.9 INFLUENCE SUR LES RISQUES ESTIMES

La principale incertitude porte sur l'absence de données analytiques au droit-même du bâtiment. Cependant, cette discussion sur les incertitudes a montré que la démarche générale adoptée va dans le sens d'une estimation majorante des risques calculés. La présente analyse des incertitudes confirme donc les résultats obtenus.

Le voisinage de S47 apparaît donc compatible - sur le plan sanitaire- avec son usage actuel de type industriel.

7.8 SYNTHÈSE ET CONCLUSION A320

La présente annexe a concerné la réalisation d'une analyse des enjeux sanitaires (mission A320 de la Norme NF X 31-620-2, juin 2011).

L'objectif était de vérifier la compatibilité de la qualité des sols au voisinage de S47 avec le rétablissement d'un usage industriel sur site.

La présente analyse a été menée selon la méthodologie d'une EQRS et conformément à la démarche nationale suivant les textes et outils méthodologiques développés dans les circulaires du 8 février 2007.

La cible étudiée est un employé du site travaillant au voisinage de S47.

La source modélisée est constituée de sols pollués historiquement par les hydrocarbures entre 1,5 et 6 m de profondeur.

Les hypothèses suivantes ont été retenues pour modéliser l'exposition des employés :

- Usage industriel ;
- Exposition dans l'extension dans un bureau de 3m x 3m ;
- Pas d'usage d'eaux souterraines sur site, ni de culture de végétaux ;
- Présence de sols nus sur les extérieurs.

Dans ce scénario, l'exposition aux polluants présents dans les sols se limite à l'inhalation de vapeurs de polluants en atmosphère intérieure (bâtiment) et extérieure.

Les calculs réalisés et l'analyse des incertitudes ont conclu que les risques sanitaires sont acceptables.

Le voisinage de S47 apparaît donc compatible avec son usage actuel et pour les hypothèses retenues.

Ces résultats devront être intégrés à l'échelle du site dans son ensemble. Par ailleurs, en cas de changement de configuration du projet ou des usages et/ou de mise à jour de contamination non reconnue ou non portée à la connaissance de DEKRA dans le cadre de la présente étude, les conclusions de cette dernière pourraient devenir caduques.



ANNEXE A : EVALUATION DES DANGERS



Propriétés physico-chimiques des hydrocarbures ALIPHATIQUES										
Substance	Source	Masse Molaire g/mol	Densité g/m ³	Solubilité dans l'eau g/m ³	log Kow	Koc cm ³ /g	Coef. de diffusion dans l'eau cm ² /s	Coef. de diffusion dans l'air cm ² /s	Tension de vapeur mmHg	Constante de Henry
C5-C6	RISC - TPHWGC	81	0,64	36	3,3	790	1,00E-05	0,1	270	34
C>6-C8	RISC - TPHWGC	100	0,68	54	4	3900	1,00E-05	0,1	48	50
C>8-C10	RISC - TPHWGC	130	0,72	0,43	4,8	3,16E+04	1,00E-05	0,1	4,8	80
C>10-C12	RISC - TPHWGC	160	0,74	0,034	5,6	2,51E+05	1,00E-05	0,1	0,49	120
C>12-C16	RISC - TPHWGC	200	0,76	0,00076	6,8	5,01E+06	1,00E-05	0,1	0,036	520
C>16-C21	RISC - TPHWGC	270	-	2,50E-06	-	6,30E+08	1,00E-05	0,1	1,10E-06	4900
C>16-C35	RISC - TPHWGC	270	0,79	1,30E-06	8,9	1,00E+09	1,00E-05	0,1	5,80E-03	6400
- : données non disponibles										

Propriétés physico-chimiques des hydrocarbures AROMATIQUES										
Substance	Source	Masse Molaire g/mol	Densité g/m ³	Solubilité dans l'eau g/m ³	log Kow	Koc cm ³ /g	Coef. de diffusion dans l'eau cm ² /s	Coef. de diffusion dans l'air cm ² /s	Tension de vapeur mmHg	Constante de Henry
C5-C6	RISC - TPHWGC	78	0,88	1800	2,1	79,4	1,00E-05	0,1	99	0,23
C>6-C8	RISC - TPHWGC	92	0,87	520	2,5	251	1,00E-05	0,1	2,9	0,27
C>8-C10	RISC - TPHWGC	120	0,88	65	3,1	1,58E+03	1,00E-05	0,1	4,8	0,48
C>10-C12	RISC - TPHWGC	130	0,88	25	3,5	2,51E+03	1,00E-05	0,1	0,48	0,14
C>12-C16	RISC - TPHWGC	150	1	5,8	3,9	5,01E+03	1,00E-05	0,1	0,036	0,053
C>16-C21	RISC - TPHWGC	190	1,1	6,50E-01	4,7	1,58E+04	1,00E-05	0,1	5,80E-03	0,013
C>21-C35	RISC - TPHWGC	240	1,2	6,60E-03	6,1	1,26E+05	1,00E-05	0,1	3,30E-06	6,70E-04



Hydrocarbures aliphatiques			Effets non cancérigènes						Effets cancérigènes				
Substance	CAS	Organe(s) cible(s)	Inhalation			Ingestion			Classe de cancérogénicité			Inhalation	Ingestion
			RfC µg/m ³	Source	Espèce Critère Facteur de sécurité	RfD mg/kg.j	Source	Espèce Critère Facteur de sécurité	UE	CIRC IARC	US EPA	ERUi (µg/m ³ .j) ⁻¹	ERUo (mg/kg.j) ⁻¹
C5-C6	-	Système neurologique	18,4.10 ³	TPHCWG 1997	-	5	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
			17,5.10 ³	RISC	-								
C>6-C8	-		18,4.10 ³	TPHCWG 1997	-	5	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
			17,5.10 ³	RISC	-								
C>8-C10	-	Système hépatique et circulatoire	1000	TPHCWG 1997	-	0,1	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
			960	RISC	-								
C>10-C12	-		1000	TPHCWG 1997	-	0,1	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
			960	RISC	-								
C>12-C16	-		1000	TPHCWG 1997	-	0,1	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
			960	RISC	-								
C>16-C21	-	Système hépatique	-	-	-	2	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
C>21-C35	-		-	-	-	2	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
>C35	-		-	-	-	20	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-

- : données non disponibles

*

Hydrocarbures aromatiques			Effets non cancérigènes						Effets cancérigènes				
Substance	CAS	Organe(s) cible(s)	Inhalation			Ingestion			Classe de cancérogénicité			Inhalation	Ingestion
			RfC µg/m ³	Source	Espèce Critère Facteur de sécurité	RfD mg/kg.j	Source	Espèce Critère Facteur de sécurité	UE	CIRC IARC	US EPA	ERUi (µg/m ³ .j) ⁻¹	ERUo (mg/kg.j) ⁻¹
C5-C6	-	Système hépatique et rénal	400	TPHCWG 1997	-	0,2	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
			390	RISC	-								
C>6-C8	-		400	TPHCWG 1997	-	0,2	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
			390	RISC	-								
C>8-C10	-	Diminution du poids corporel	200	TPHCWG 1997	-	0,04	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
			193	RISC	-								
C>10-C12	-		200	TPHCWG 1997	-	0,04	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
			193	RISC	-								
C>12-C16	-		200	TPHCWG 1997	-	0,4	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
			193	RISC	-								
C>16-C21	-	Système rénal	-	-	-	0,3	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
C>21-C35	-		-	-	-	0,03	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
			-	-	-	1,03	RISC	-	-	-	D	-	-

- : données non disponibles



ANNEXE B : DETAIL DES CALCULS



INHALATION DE VAPEURS DANS L'AIR INTERIEUR BATIMENT DE PLAIN PIED OU AVEC NIVEAUX DE SOUS-SOL

Choix de l'outil de modélisation

La modélisation des transferts de l'air des sols vers l'air intérieur est associée au développement d'outils relativement récents (début des années 90). Ces outils sont très peu nombreux, les principaux utilisés en France qui intègrent et le transport diffusif et le transport convectif sont VOLASOIL¹⁰ (Waitz et al, 1996) et le modèle dit de « Johnson and Ettinger »¹¹ (Johnson and Ettinger, 1991). D'autres outils plus simplifiés comme HESP® ne sont plus utilisés car ils ne considèrent que le flux diffusif à travers le dallage et peuvent donc dans certaines configurations sous-estimer le transfert.

VOLASOIL qui prend en compte un écoulement à travers les fissures des bétons de type POISSEUILLE, est utilisable pour des bâtiments avec vide sanitaire, il n'est pas adapté à la modélisation des transferts vers un bâtiment de plain pied. Johnson and Ettinger qui prend en compte une fissuration périphérique du dallage et un écoulement de type DARCY à travers ces fissures, est utilisable pour des bâtiments de plain pied.

→ Compte tenu du projet utilisé (bâtiment de plain-pied avec un niveau de sous-sol partiel), le modèle de Johnson et Ettinger a été retenu.

Description du modèle utilisé

La modélisation des expositions aux vapeurs est conduite sur la base des équations de Johnson & Ettinger (1991), dont la description est donnée ci-dessous. Les équations présentées dans la norme ASTM E 1739-95 et dans le logiciel intégré RISC v 4.0 (octobre 2001, Distribué par Waterloo hydrogeologic, développé par Lynn R.Spence et BP oil International) ont été réécrites par nos soins sous excel, les phénomènes considérés sont synthétisés ci-après.

La diffusion (équations de Millington and Quirck et équation de Fick) entraîne les polluants à travers le sol jusqu'à la zone d'influence du bâtiment où le phénomène convectif intervient. Le mouvement convectif, dû à une différence de pression entre l'air du sol et l'air intérieur des bâtiments (occasionnée par la combinaison du vent, du chauffage et des mécanismes de ventilation), transporte les vapeurs par les fissures des fondations et de la dalle béton.

La concentration dans l'air intérieur en régime permanent (source infinie) est calculée à partir de la concentration dans l'air des sols à la source comme suit:

$$C_{\text{int}} = \alpha \cdot C_{\text{vs}} \quad (1)$$

avec

$$\alpha = \frac{\left[\frac{D_{\text{eff}} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right] \times \left[\exp\left(\frac{Q_{\text{sol}} \times L_{\text{crack}}}{D_{\text{crack}} \times A_{\text{crack}}}\right) \right]}{\left[\exp\left(\frac{Q_{\text{sol}} \times L_{\text{crack}}}{D_{\text{crack}} \times A_{\text{crack}}}\right) + \left[\frac{D_{\text{eff}} \times A_B}{Q_B \times L_T} \right] + \left[\frac{D_{\text{eff}} \times A_B}{Q_{\text{sol}} \times L_T} \right] \times \left[\exp\left(\frac{Q_{\text{sol}} \times L_{\text{ceack}}}{D_{\text{crack}} \times A_{\text{crack}}}\right) - 1 \right] \right]} \quad (2)$$

D_{eff} : coefficient de diffusion effectif (cm²/s) calculé à partir de la porosité et de la teneur en eau des différents horizons de sols entre la source de pollution et le dallage par application des équations de Millington et Quirck détaillées ci-après

C_{vs} : concentration de vapeur dans la source (g/cm³)

¹⁰ Waitz *et al.*, 1996. The VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds. M.F.W. Waitz; J.I. Freijer; F.A. Swartjes. May 1996. RIVM. Report n° 7581001.

¹¹ Johnson PC and Ettinger RA, 1991. Heuristic model for predicting the intrusion rate of contaminant vapors into buildings. Env. Sci. Technol. 25, p 1445-1452.



Q_{sol} : débit de gaz en provenance du sol dans le bâtiment (cm^3/s), calculé à partir de la différence de pression et de la perméabilité des sols sous dallage

D_{crack} : coefficient de diffusion effectif dans les fondations (cm^2/s), calculé à partir de la porosité et de la teneur en eau des sols sous dallage par application des équations de Millington et Quirk détaillées ci-après

A_{crack} : surface de fissures à travers lesquelles les vapeurs rentrent dans le bâtiment (cm^2), correspondant au produit entre le taux de fissuration et la surface du dallage

L_{crack} : épaisseur de la dalle (cm)

A_B : surface des bâtiments (cm^2)

L_T : distance de la source au dallage (cm)

Q_b : Débit de renouvellement d'air du bâtiment (m^3/s), calculé à partir du nombre d'échanges d'air par jour et du volume du bâtiment

Le débit Q_{sol} est calculé à partir de l'équation suivante :

$$Q_{sol} = \frac{2 \times \pi \times (\Delta P) \times k_v \times X_{crack}}{\mu \ln[2 \times Z_{crack} / r_{crack}]} \quad (3)$$

avec ΔP : gradient de pression entre le bâtiment et l'extérieur ($g/cm^2 \cdot s^2$)

k_v : perméabilité intrinsèque des sols (cm^2)

μ : viscosité des vapeurs ($g/cm \cdot s$)

X_{crack} : longueur du cylindre représentant la fissure, correspondant au périmètre du bâtiment considéré

r_{crack} : rayon équivalent de la fissure, calculé par le rapport entre (fraction des fissures dans le dallage x surface du dallage) et le périmètre du bâtiment considéré

Z_{crack} : profondeur des fissures sous le sol, correspondant à l'épaisseur du dallage considéré

π : 3.14159

Le terme en exponentiel dans l'équation (2) suivant :

$$\left(\frac{Q_{sol} \times L_{crack}}{D_{crack} \times A_{crack}} \right)$$

représente le nombre de Péclet Equivalent pour le transport à travers les fondations du dallage, quand ce terme tend vers l'infini, la résolution de l'équation (2) approche :

$$\alpha = \frac{\left[\frac{D_{eff} \times A_B}{Q_b \times L_T} \right]}{\left[\left[\frac{D_{eff} \times A_B}{Q_{sol} \times L_T} \right] + 1 \right]}$$

Calcul des coefficients de diffusion

Le coefficient de diffusion réel (appelé diffusion effective, D_{sa} dans l'air et D_w dans l'eau) est calculé par la solution analytique développée par Millington and Quirk (1981) à partir de la porosité des sols, de la teneur en air et en eau et des coefficients de diffusion de la substance dans l'air et dans l'eau.

$$D_{sa} = D_{air} \times \theta_{air} \times \theta_{air}^{-1} \quad (1)$$

$$D_w = (D_{eau} / H) \times \theta_{eau} \times \theta_{eau}^{-1} \quad (2)$$

Le coefficient de diffusion dans le milieu poreux est ensuite défini comme la somme des deux termes précédents.



le coefficient de tortuosité (θ^{-1}) est défini de la manière suivante : dans l'air du sol : $\theta_{air}^{-1} = \theta_{air}^{7/3} / \theta^2$ et dans la phase aqueuse du sol : $\theta_{eau}^{-1} = \theta_{eau}^{7/3} / \theta^2$, avec :

H	constante de Henry adimensionnelle,
θ	porosité totale,
θ_{eau}	teneur en eau du sol,
θ_{air}	teneur en gaz du sol.

La concentration dans l'air du sol est calculée correspond à la valeur minimale issue des équations suivantes :

$$C_{vs} = (C_t \times \rho_b \times K_H) / (\theta_a \times K_H + \theta_w + \rho_b \times F_{oc} \times K_{oc})$$

Equation utilisée quand $C_w < \text{Solubilité effective}$

Avec	C_t : concentration en polluant dans le sol (mg/kg)
	ρ_b : densité du sol (g/cm^3)
	F_{oc} : fraction de carbone organique dans le sol (g co/g sol)
	K_{oc} : coefficient de partition du carbone organique (mg/l/g)
	K_H : constante de Henry ((mg/l)/(mg/l))
	θ_a : teneur en air dans les sols (cm^3 d'air/ cm^3 de sol)
	θ_w : teneur en eau dans les sols (cm^3 d'eau/ cm^3 de sol)

$$C_{wi} = X \cdot S \quad \text{et} \quad C_{eaudusol} = \frac{C_{airdusol}}{H}$$

Equation utilisée en présence de phase résiduelle dans les sols ($C_w > \text{Solubilité}$)

Avec	C_{wi} : concentration de la substance i dans l'eau du sol (mg/l),
	H : constante de Henry (-)
	X : fraction molaire de la substance i dans le mélange (-)
	S : solubilité de la substance i (mg/l)

*Les équations du modèle en source finie ou infinie de Johnson et Ettinger utilisées sont consultables dans le document suivant : **USER'S GUIDE FOR EVALUATING SUBSURFACE VAPOR INTRUSION INTO BUILDINGS, U.S. EPA OFFICE OF EMERGENCY AND REMEDIAL RESPONSE ; EPA Contract Number: 68-W-01-058 ; June 19, 2003***



INHALATION DE VAPEURS DANS L'AIR EXTERIEUR

Dans l'air extérieur, la modélisation des expositions est conduite sur la base des équations de Millington and Quirck et de l'équation de Fick. La dilution par le vent est ensuite calculée dans une boîte de taille fixée. Comme pour l'air intérieur, la source de pollution est considérée comme infinie.

Le calcul des concentrations diluées par le vent est effectué à l'aide de l'équation générique utilisée dans le logiciel RISC (modèle boîte) :

$$C_{i,air-ext} = \frac{F}{v} \cdot \frac{L}{H}$$

avec $C_{i, air-ext}$: concentration moyenne dans l'air extérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à la hauteur de l'organe respiratoire (H)

F : flux de polluant à l'interface sol/air extérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)

L : longueur de la zone de mélange (correspondant à la longueur de la zone polluée) (en m)

v : vitesse moyenne du vent (m/s).

H : hauteur de la zone de mélange (m) correspondant à la hauteur de l'organe respiratoire de la cible

Le flux vers l'air extérieur est calculé à partir de l'équation de FICK (flux diffusif seul) suivante :

$$\phi(g / m^2 - j) = D_{eff} * \frac{\partial C}{\partial z}$$

où :

- dC/dz : gradient de concentration ($\text{g}/\text{m}^3\text{-m}$) entre la concentration à la source (la concentration dans les gaz à l'équilibre avec les sols pollués ou les eaux de la nappe polluée).

- le coefficient de diffusion effectif (D_{eff} en m^2/j) dans le sol prend en considération à la fois la diffusion dans la phase aqueuse et dans la phase gazeuse¹² est donné ci-après.

Le coefficient de diffusion réel (appelé diffusion effective, D_{sa} dans l'air et D_w dans l'eau) est calculé par la solution analytique développée par Millington and Quirck (1981) à partir de la porosité des sols, de la teneur en air et en eau et des coefficients de diffusion de la substance dans l'air et dans l'eau.

$$D_{sa} = D_{air} \times \theta_{air} \times \theta_{air}^{-1} \quad (1)$$

$$D_w = (D_{eau} / H) \times \theta_{eau} \times \theta_{eau}^{-1} \quad (2)$$

Le coefficient de diffusion dans le milieu poreux est ensuite défini comme la somme des deux termes précédents. Le coefficient de tortuosité (τ^{-1}) est défini de la manière suivante :

dans l'air du sol : $\theta_{air}^{-1} = \theta_{air}^{7/3} / \theta^2$ et dans la phase aqueuse du sol : $\theta_{eau}^{-1} = \theta_{eau}^{7/3} / \theta^2$, avec :

H constante de Henry adimensionnelle,

θ porosité totale,

θ_{eau} teneur en eau du sol,

θ_{air} teneur en gaz du sol.

La concentration dans l'air du sol à la source est calculée à l'aide des équations génériques présentées dans le premier chapitre dédié aux équations de Millington et Quirck « description du modèle utilisé ».

¹² Dans la notice d'utilisation de VOLASOII, il est souligné qu' zone non saturée, le coefficient de diffusion dans la phase gazeuse est approximativement 10^4 fois plus grand que le coefficient de diffusion dans la phase aqueuse (Glottely & Schomburg, 1991).