

ETUDE DE MAITRE LOUIS HIROU

PRELEVEMENTS ET ANALYSES SUR LES EAUX SOUTERRAINES ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES (Missions A210 et A320 selon NF X 31-620-2)

Site à l'étude : Site RULLEAU de Saint-Magne (33)



DEKRA INDUSTRIAL SAS
Bât. C – 1 Avenue Neil Armstrong
33 700 Mérignac

Tél. 05 56 13 61 66
Fax 05 56 36 02 37

Affaire n° : 51993120

Chef de projet : Emmanuel LIENHARD

Modifications et évolutions

Date	Indice	Modifications apportées
17/11/2016	1	Validation

RESUME NON-TECHNIQUE DE L'ETUDE

<p>CONTEXTE DE LA MISSION</p>	<p>Dans le cadre de la liquidation judiciaire des établissements RULLEAU, la SELARL Hirou a mandaté DEKRA INDUSTRIAL pour la réalisation du mémoire de cessation d'activité du site de Saint-Magne, compte tenu de son classement ICPE sous le régime de l'Autorisation. Cette mission a fait l'objet d'un rapport en date du 23 septembre 2014. Par courrier en date du 2 décembre 2014, la préfecture de Gironde a demandé des compléments, dont notamment le démantèlement du bac de trempage encore présent sur le site. Par ordonnance du juge commissaire en date du 9 septembre 2015, la société OGD a été mandatée pour réaliser ce démantèlement (entre autres opérations d'évacuation des déchets encore présents) et DEKRA a été mandaté pour réaliser des prélèvements et analyses sur les sols sous-jacents. Cette mission a mis en évidence la présence de produits de traitements du bois sous l'ancien bac. Suite à ce constat, la DREAL a demandé en mars 2016 la réalisation d'une campagne de prélèvements, mesures, et analyses sur les eaux souterraines complémentaire et d'une analyse des enjeux sanitaires. Ces deux missions font l'objet du présent rapport.</p>
<p>MISSION A210</p>	<p>Une campagne complémentaire de suivi de la qualité des eaux souterraines a été réalisée le 1^{er} juillet 2016 sur les trois ouvrages présents sur le site. Les analyses ont porté sur les produits de traitement du bois historiquement utilisés (Pentachlorophénol, Propiconazole et Carbendazime). Les résultats des analyses ont montré l'absence de détection des composés recherchés sur les 3 ouvrages du site.</p>
<p>MISSION A320</p>	<p>L'analyse des enjeux sanitaires a été réalisée selon la méthodologie d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) et a porté sur un usage du site de type industriel. Les hypothèses générales retenues sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none">- La présence de bâtiments à usage industriel sur le site (de plain-pied),- La présence de zones non recouvertes au droit du site présentant des traces de produits de traitement du bois et d'hydrocarbures,- L'absence d'utilisation des eaux souterraines au droit du site et l'absence d'impact sur ce milieu,- L'absence de culture de denrées comestibles (ex : arbres fruitiers). <p>Les calculs ont porté sur un adulte travaillant sur le site exposé 8h par jour en intérieur et 2h par jour en extérieur. Les voies d'exposition retenues ont concerné l'inhalation de polluants volatils présents dans les sols à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment ainsi que les voies d'exposition liées aux sols superficiels non recouverts (ingestion de sols, contact cutané, inhalation de poussières). Les calculs réalisés et la prise en compte des mesures de terrain à disposition ont conclu que les risques sont inférieurs aux limites acceptables. Le site apparaît donc compatible avec un usage similaire à celui de la dernière période d'exploitation (usage industriel).</p>



<p>CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS</p>	<p>Sur la base des données disponibles, les impacts en pesticides identifiés ne remettent pas en cause la compatibilité du site avec un usage industriel dans la configuration actuelle du terrain.</p> <p>Des servitudes devront toutefois être mises en place afin de garder la mémoire des pollutions présentes et encadrer un éventuel changement d'usage du terrain.</p> <p>En cas de changement d'usage du site, et notamment en cas de reconversion en espace résidentiel, les données aujourd'hui disponibles n'apparaissent pas suffisantes pour statuer sur la compatibilité du site avec un tel usage et sur les mesures de gestion à mettre en œuvre.</p> <p>Dans ce cadre, DEKRA recommande la réalisation d'un Plan de Gestion incluant des investigations complémentaires au niveau des sols du site. Le dimensionnement de ces investigations serait alors à corrélérer avec le projet d'aménagement envisagé. Il conviendrait en particulier de connaître le positionnement des futurs logements (immeubles ou maisons individuelles) et des jardins ou espaces verts associés, ainsi que les éventuels travaux de terrassement nécessaires qui impliqueraient une gestion de déblais (potentiellement pollués).</p>
---	---

IDENTIFICATION

DONNEUR D'ORDRE	Etude de Maître Louis HIROU 6-7 boulevard Aristide Briand 33 500 LIBOURNE		
INTERLOCUTEUR	Me Louis HIROU		
SITE A L'ETUDE	Société RULLEAU 21 route de Béliet 33 125 SAINT-MAGNE		
TYPE D'ETUDE	Prélèvements et analyses d'eau souterraine, analyse des enjeux sanitaires		
MISSIONS (SELON NFX-31 620)	A210, A320		
N° D'AFFAIRE	51993120		
VERSIONS	-	05/08/2016	Création
	1	17/11/2016	Validation
SOUS-TRAITANCE	ALcontrol		
CHEF DE PROJET	Emmanuel LIENHARD	Visa : 	
INGENIEUR D'ETUDE MISSION A320	Marie GAULME	Visa : 	
SUPERVISEUR	Sibylle DERIEPPE	Visa : 	



SOMMAIRE

1	INTRODUCTION.....	7
2	RAPPELS SUR LE SITE.....	8
2.1	Localisation	8
2.2	Description du site d'étude	10
2.3	Description de l'environnement proche du site d'étude	10
2.4	Principales phases d'occupation et activités	12
2.5	Situation administrative et classement ICPE	12
2.6	Recensement national du site d'étude (BASIAS et BASOL)	14
2.7	Incidents et accidents répertoriés sur le site d'étude	14
2.8	Etudes antérieures sur le site d'étude	15
2.9	Contexte géologique	17
2.10	Contexte hydrogéologique	18
2.11	Contexte hydrographique	18
3	MISSION A210 : PRELEVEMENTS, MESURES, OBSERVATIONS ET/OU ANALYSES SUR LES EAUX SOUTERRAINES	19
3.1	Localisation des piézomètres	19
3.2	Mesures du niveau de la nappe	20
3.3	Prélèvements d'eau souterraine	20
3.4	Constats organoleptiques de terrain	21
3.5	Programme analytique	21
3.6	Choix des valeurs de référence	21
3.7	Resultats des analyses	21
3.8	Interprétation des Resultats	22
4	MISSION A320 : ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES	25
4.1	Rappel des principes d'une EQRS	26
4.2	Collecte et analyse des données	29
4.3	Evaluation des dangers	33
4.4	Evaluation des expositions	36
4.5	Caractérisation des risques	46
4.6	Conclusions de l'EQRS	55
5	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	56
6	LIMITES ET INCERTITUDES DE LA MISSION – JUSTIFICATION DES ECARTS	57
6.1	Incertitudes liées aux investigations de terrain	57
6.2	Incertitudes liées aux résultats d'analyses	57
6.3	Autres limites ou incertitudes	57
6.4	Justification des écarts	57



TABLEAUX

Tableau 1 : Activités classées au titre de la Nomenclature des Installations Classées pour la protection de l'Environnement présentées dans le dossier de réactualisation du DDAE daté du 06/11/2000	13
Tableau 2 : Niveaux d'eau mesurés le 1 ^{er} juillet 2016.....	20
Tableau 3 : Résultats des analyses sur les eaux souterraines prélevées le 1 ^{er} juillet 2016	22
Tableau 4 : Synthèse des données disponibles sur les eaux souterraines	23
Tableau 5 : Substances et concentrations retenues.....	38
Tableau 6 : Répartition des fractions d'hydrocarbures	39
Tableau 7 : Valeur des paramètres d'exposition pour la cible retenue.....	41
Tableau 8 : Valeur des paramètres pour le dégazage	42
Tableau 9 : Paramètres liés à l'inhalation de poussières	43
Tableau 10 : Concentrations de vapeurs modélisées dans l'air ambiant	44
Tableau 11 : Concentrations de poussières modélisées dans l'air ambiant	44
Tableau 12 : Doses Journalières d'Exposition liées à l'ingestion de sols	45
Tableau 13 : Résultats de la caractérisation des risques	48

FIGURES

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude	8
Figure 2 : Vue aérienne de la zone d'étude	9
Figure 3 : Occupation de la zone d'étude.....	11
Figure 4 : Localisation des investigations menées sur les sols et les eaux souterraines dans le cadre de l'ESR (2004)	16
Figure 5 : Localisation des piézomètres	19
Figure 6 : Synthèse des concentrations détectées dans les sols	30
Figure 7 : Schéma conceptuel.....	37
Figure 8 : Contribution des substances et des voies d'exposition au QD et à l'ERI.....	49

ANNEXES

Annexe 1 : Fiches de prélèvements des eaux souterraines (3 pages)
Annexe 2 : Bordereaux d'analyses du laboratoire (6 pages)
Annexe 3 : Evaluation des Dangers
Annexe 4 : Détail des équations



1 INTRODUCTION

Par jugement en date du 31 juillet 2013 le Tribunal de Commerce de Libourne a prononcé la liquidation judiciaire de la SAS ETABLISSEMENTS JEAN PIERRE RULLEAU. La SELARL HIROU - prise en la personne de Maître Louis HIROU - a été désignée comme liquidateur judiciaire.

Les sites RULLEAU étant soumis à Autorisation au titre de la réglementation sur les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), DEKRA a été mandaté pour constituer les mémoires de cessation d'activité des sites de Lansac, Cestas et Saint-Magne (33) par ordonnance du Juge-commissaire en date du 2 juillet 2014.

Cette mission a fait l'objet de trois rapports distincts (un par site) en date du 23 septembre 2014, qui ont été envoyés en préfecture de Gironde.

Par courrier en date du 2 décembre 2014, la préfecture de Gironde a demandé des compléments, dont notamment le démantèlement des bacs de trempage encore présents sur les sites. Par ordonnance du juge commissaire en date du 9 septembre 2015, la société OGD a été mandatée pour réaliser ce démantèlement (entre autres opérations d'évacuation des déchets encore présents) et DEKRA a été mandaté pour réaliser des prélèvements et analyses sur les sols sous-jacents.

Pour le site de Saint-Magne, le bac de trempage n'étant plus présent au moment de l'intervention de la société OGD, DEKRA est intervenu pour faire des prélèvements de sol sous la dalle béton le 26 octobre 2015. Un rapport de mission référencé 51814062 en date du 3 décembre 2015 a été établi, mettant en évidence la détection dans les sols sous-jacents à la dalle béton encore en place des produits de traitement utilisés au cours du temps (propiconazole et carbendazime principalement). DEKRA a donc recommandé soit d'évacuer les terres impactées pour pouvoir rendre le site propre à un nouvel usage sans servitude, soit de s'assurer de la compatibilité du site avec un nouvel usage (calculs de risque sanitaire), avec mise en place de servitudes pour garder en mémoire les concentrations présentes dans les sols et leur localisation. Une nouvelle campagne de prélèvements et analyses sur les piézomètres présents au droit du site a également été recommandée pour définir l'état actuel de la qualité des eaux souterraines

Suite à une réunion avec la DREAL le 2 mars 2016, ces préconisations ont été validées.

Le présent rapport comprend, d'après la norme NF X-31-620-2, les missions unitaires suivantes :

- Mission A210 : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines ;
- Mission A320 : Analyse des enjeux sanitaires ;

Cette étude est réalisée selon la méthodologie développée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE anciennement MEDAD) relative à la gestion des sites « potentiellement » pollués, introduite par la circulaire du 8 février 2007 et les textes associés.



2 RAPPELS SUR LE SITE

2.1 LOCALISATION

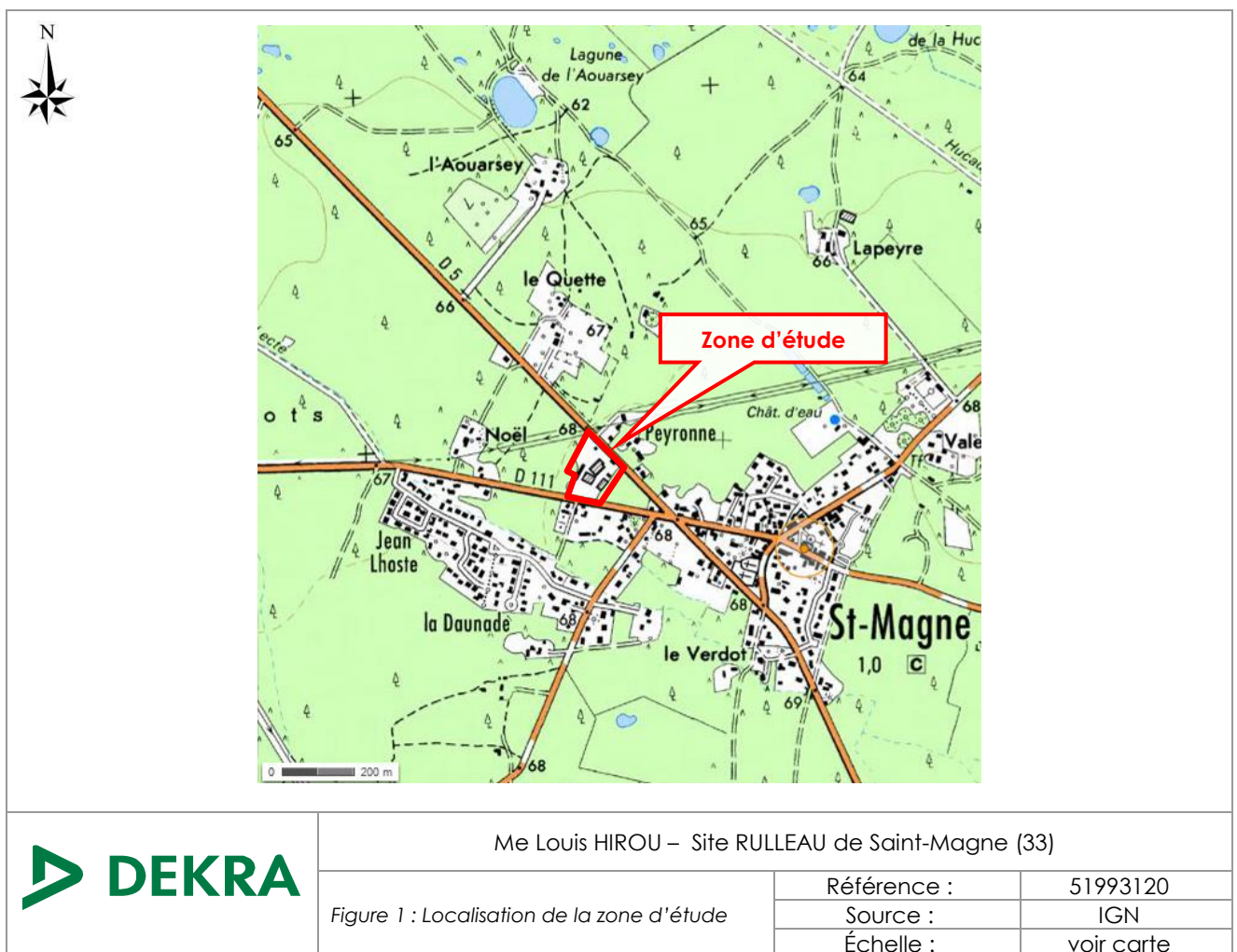
Le site à l'étude est localisé au 21, route de Beliet sur la commune de Saint-Magne (33), à l'Ouest du bourg.

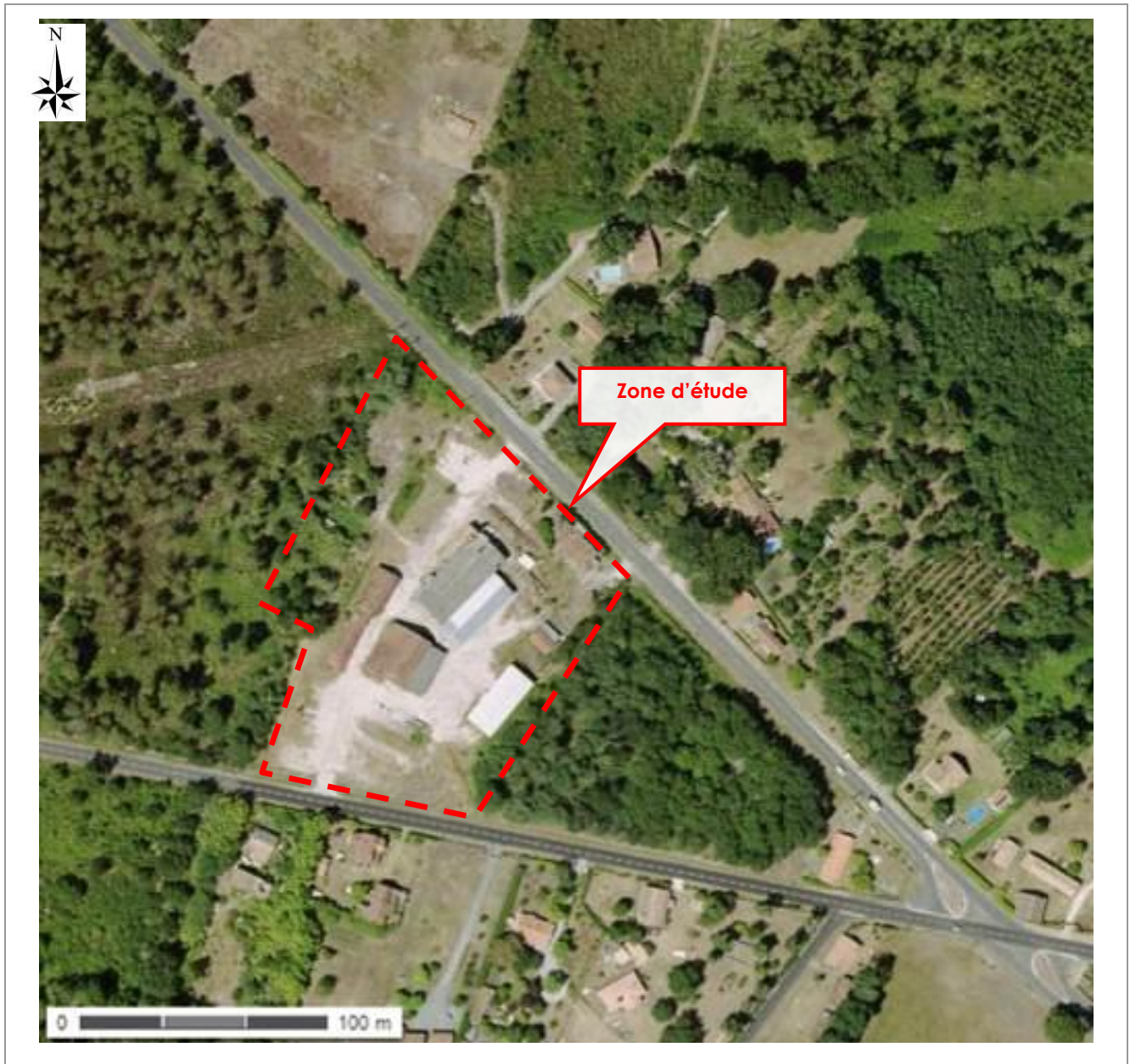
Le terrain est globalement plan, avec une altitude moyenne de 68 m NGF d'après la carte IGN.

Les coordonnées géographiques approximatives du centre du site sont les suivantes :

Longitude : 0°39'47'' O

Latitude : 44°31'41,5'' N





Me Louis HIROU – Site RULLEAU de Saint-Magne (33)

Figure 2 : Vue aérienne de la zone d'étude

Référence :	51993120
Source :	IGN
Échelle :	voir figure



2.2 DESCRIPTION DU SITE D'ETUDE

Le site RULLEAU (anciennement SOFA) à Saint-Magne est une ancienne scierie, qui traitait environ 11 000 m³ de bois par an.

Les installations comprenaient les différentes machines de coupe, un poste transformateur, un bac de trempage sous abri sur une aire bétonnée, différents bâtiments (hangar, atelier, bureaux / réfectoire). Le bois traité était stocké à proximité du bac de trempage en extérieur. Une partie des terrains au Nord-Est est clôturée et sert d'habitation.

Les produits dangereux utilisés du temps de l'activité du site étaient de 2 types :

- Produits de traitement du bois : pentachlorophénol (PCPNa) jusque dans les années 1980, puis Busan 1308 et Xylophène plus récemment, stockés en cuves à produit chimique de 1000 L,
- Hydrocarbures : cuve de fioul de 1500 L sur rétention, huiles en fûts de 200 L sur rétention, ancien stockage d'hydrocarbures dans le hangar.

2.3 DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT PROCHE DU SITE D'ETUDE

Les abords du site ont été visités dans un rayon de 200 m afin d'identifier les sites voisins de la zone d'étude.

Le site est bordé :

- A l'Ouest et à l'Est par des zones boisées ;
- Au Nord et au Sud par les D5 et D111, puis des habitations.

Le centre de Saint-Magne se trouve à environ 600 m à l'Est et regroupe de nombreuses habitations.





Me Louis HIROU – Site RULLEAU de Saint-Magne (33)

Figure 3 : Occupation de la zone d'étude

Référence :	51993120
Source :	IGN
Échelle :	voir figure



2.4 PRINCIPALES PHASES D'OCCUPATION ET ACTIVITES

D'après les informations recueillies, la présence d'une scierie au droit du site est très ancienne (début de l'activité en 1950 d'après la fiche BASIAS). Elle était la propriété de M. BAILLET jusqu'en 1987, puis a été rachetée par la SOFA.

Au niveau des modifications au droit du site :

- les produits utilisés pour le traitement du bois ont évolué : pentachlorophénol dans les années 1980 (traceur du produit : pentachlorophénol), Busan 1308 ensuite (traceur du produit : carbendazime), Xylophène plus récemment (traceur du produit : propiconazole).
- Le trempage du bois a toujours existé mais était situé du temps de M. BAILLET dans un hangar au Nord-Est du site. Ce hangar est toujours existant.

Plus aucune activité n'est exercée sur le site depuis un incendie survenu en 2008.

2.5 SITUATION ADMINISTRATIVE ET CLASSEMENT ICPE

Le site a fait l'objet d'un arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter en date du 14 décembre 1982. Une réactualisation du dossier d'autorisation d'exploiter a été engagée à plusieurs reprises dans les années 2000 mais à priori n'a jamais été finalisée. Le tableau page suivante est issu du dossier de réactualisation du dossier de demande d'autorisation d'exploiter daté du 06/11/2000.

Par courrier du 2 août 2011, l'exploitant a informé l'inspection des Installations Classées de la cessation d'activité du site depuis le 4 juillet 2008.

N°	Activités	Capacité de l'établissement	Classement du site
2410-1	Ateliers où l'on travaille le bois ou matériaux combustibles analogues Puissance installée pour alimenter l'ensemble des machines > 200 kW	251 kW	A
2415-1	Installations de mise en œuvre de produits de préservation du bois et matériaux dérivés Quantité susceptible d'être présente dans l'installation > 1 000 l	22 000 l	A
1530-2	Dépôts de bois, papier, carton ou matériaux combustibles analogues 1 000 m ³ < Quantité stockée < 20 000 m ³	1 350 m ³	D
2920	Installations de réfrigération ou compression fonctionnant à des pressions effectives supérieures à 10 ⁵ Pa Puissance absorbée < 50 kW	35 kW	NC
1432	Stockage de liquides inflammables visés à la rubrique 1430 Capacité équivalente totale < 10 m ³	0,35 m ³ (gasoil et huiles)	NC

Tableau 1 : Activités classées au titre de la Nomenclature des Installations Classées pour la protection de l'Environnement présentées dans le dossier de réactualisation du DDAE daté du 06/11/2000

A : Autorisation

D : Déclaration

NC : Non Classé

2.6 RECENSEMENT NATIONAL DU SITE D'ETUDE (BASIAS ET BASOL)

Le site est recensé dans la base de données BASOL des sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics à titre préventif ou curatif ; cette base est gérée par le Ministère chargé de l'Environnement.

Le numéro BASOL du site est 33.0149. Il est référencé comme « site sous surveillance après diagnostic, pas de travaux complets dans l'immédiat ». Ce référencement a été réalisé suite à un diagnostic initial et l'Evaluation Simplifiée des Risques du site en 2004, et à la mise en place d'une surveillance semestrielle des eaux souterraines ensuite. Il est précisé sur la fiche qu'aucune trace de pollution n'est décelée dans les prélèvements d'eau effectué sur les 3 piézomètres du site. La fiche BASOL du site est reprise en annexe 1.

Par ailleurs, le site est également recensé dans la base de données BASIAS des anciens sites industriels et d'activités de services, en activité ou non, pouvant avoir occasionné une pollution des sols. Cette base est alimentée par les inventaires historiques régionaux menés par les départements ; elle est gérée par le Ministère chargé de l'Environnement et le BRGM.

La référence BASIAS du site est AQI3300752. Les informations suivantes figurent sur la fiche :

- Date première activité : 1950 ;
- Produits utilisés ou générés : polychlorobi- et tri-phényles (PCB, PCT, Dioxines, Furanes) – Quantité – 0,02 tonnes / semaine ;
- Commentaire : Scierie avec traitement du bois à l'Albapin (pentachlorophénol) depuis 1982 – La scierie existe depuis plus longtemps (années 50 ou 60).

2.7 INCIDENTS ET ACCIDENTS REPERTORIES SUR LE SITE D'ETUDE

Un incendie est survenu en 2008 et a provoqué l'arrêt de l'activité au droit du site.

2.8 ETUDES ANTERIEURES SUR LE SITE D'ETUDE

Dans le cadre de l'action « diagnostic des scieries avec traitement des bois » lancée en 2003 par la DRIRE, l'arrêté du 10/09/2003 a prescrit le diagnostic initial et l'Evaluation Simplifiée des Risques (ESR) du site.

Le site a ainsi confié à la société Hydroconseil la réalisation d'une étude hydrogéologique pour la mise en place d'un réseau de surveillance et d'une ESR. Ces études ont été réalisées en 2003 et 2004 et ont conduit à :

- o La mise en place d'un réseau de 3 piézomètres au droit du site, 1 en amont et 2 en aval, profonds de 4,3 à 5,5 m ;
- o La réalisation d'une campagne de prélèvements et analyses des eaux souterraines le 1^{er} septembre 2004 sur les 3 piézomètres, portant sur les paramètres hydrocarbures totaux (HCT), pentachlorophénol (PCP), Carbendazime,
- o La réalisation d'une campagne de prélèvements et analyses des sols le 1^{er} septembre 2004, comprenant 4 sondages à la tarière manuelle, le premier à proximité du stockage d'huiles et la cuve FOD, le deuxième à proximité de l'ancien bac de trempage et stockage hydrocarbures et les 2 derniers à proximité du bac de trempage et container produit pur. Les analyses ont porté sur les paramètres HCT pour l'échantillon prélevé à proximité du stockage d'huiles et la cuve FOD, sur les paramètres HCT, PCP et Carbendazime pour l'échantillon prélevé au niveau de l'ancien bac de trempage et le stockage hydrocarbures, et sur les paramètres PCP et Carbendazime pour les échantillons à proximité du bac de trempage et container produit pur. Les échantillons analysés ont été prélevés à 30 cm de profondeur.

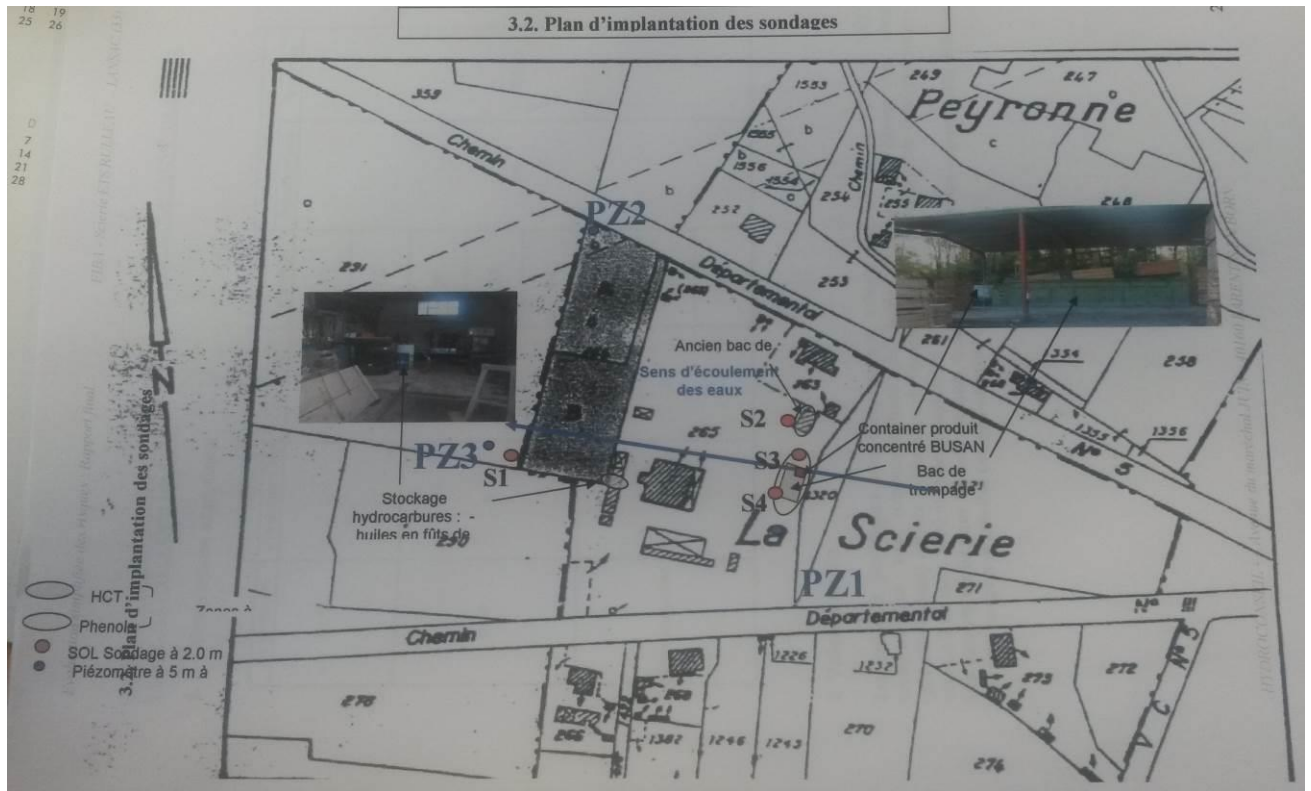
La localisation des investigations est reprise sur la figure en page suivante.

Les résultats analytiques ont mis en évidence :

- o Pour les eaux souterraines : la détection de PCP sur le piézomètre amont et un des piézomètres aval. Les concentrations mesurées restent cependant proches du seuil de détection. Les autres paramètres recherchés ne sont pas détectés,
- o Pour les sols : Les hydrocarbures totaux sont détectés dans des concentrations relativement faibles, et n'indiquent pas à priori une pollution notable des sols là où ils ont été recherchés (concentrations mesurées de 461,5 et 54,5 mg/kg de MS). Le PCP a été détecté sur un sondage à proximité du bac de trempage avec une concentration faible (égale au seuil de détection des analyses : 0,1 mg/kg de MS). La carbendazime a été détectée sur un sondage à proximité du bac de trempage avec une concentration faible : 0,48 mg/kg de MS.

Le résultat de l'ESR menée par Hydroconseil a proposé un classement en classe III pour le site à savoir site banalisable.





Me Louis HIROU – Site RULLEAU de Lansac (33)



Figure 4: Localisation des investigations menées sur les sols et les eaux souterraines dans le cadre de l'ESR (2004)

Référence :	51993120
Source :	Hydroconseil
Échelle :	non précisée

Des campagnes de prélèvement des eaux souterraines ont par la suite été réalisées sur les 3 piézomètres à une fréquence semestrielle d'avril 2006 à novembre 2008. Suite à l'arrêt de l'activité en 2008, les campagnes ont été interrompues. Une nouvelle campagne a cependant été réalisée en avril 2013.

Les paramètres suivis sont :

- Les HCT depuis avril 2006,
- Pour les fongicides : la carbendazime jusqu'à mai 2007, puis le propiconazole depuis octobre 2007.

Les résultats analytiques ont mis en évidence :

- La détection des hydrocarbures totaux sur les campagnes d'octobre 2007 et novembre 2008 au droit de 2 piézomètres : PZ1 et PZ2. Les concentrations mesurées restent proches du seuil de détection en laboratoire, avec des concentrations variant de 50 à 70 µg/l. A titre de comparaison, la limite de qualité des eaux brutes de toutes origines utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine est de 1000 µg/l pour les hydrocarbures dissous ou émulsionnés,
- La faible détection de propiconazole lors de la campagne de mai 2008 sur le piézomètre localisé à proximité du bac de trempage. La valeur mesurée est de 0,013 µg/l pour un seuil de détection à 0,01 µg/l. Le propiconazole n'a plus été détecté sur les deux campagnes suivantes,
- La carbendazime n'a jamais été détectée sur les campagnes menées jusqu'à mai 2007.

Dans le cadre des compléments demandés par la DREAL vis-à-vis des bacs de trempages, DEKRA est intervenu le 26 octobre 2015 pour réaliser 2 sondages au droit de l'ancien emplacement du bac de trempage. Les résultats analytiques ont mis en évidence la détection dans les sols sous-jacents à la dalle béton encore en place des produits de traitement utilisés au cours du temps (propiconazole et carbendazime principalement).

2.9 CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'après les informations de la carte géologique de Belin au 1/50 000 (n° 850), le site étudié se trouve au droit de la formation dite des Sables des Landes. Il s'agit de sables éoliens sur une épaisseur d'environ 2,5 m. Ensuite viennent les alluvions anciennes de la Garonne constitué de gravillons sur 25 m, des argiles à lignite du Pliocène sur 7 à 10 m, des calcaires, du grès et des argiles du Miocène inférieur sur 8 m environ, puis la succession de terrain calcaires argileux, calcaires et calcaires crayeux sur plus de 40 m (Oligocène, Eocène supérieur et moyen).



2.10 CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

Du fait de la bonne perméabilité des terrains, la nappe superficielle est très peu profonde. Les niveaux d'eau mesurés au droit des 3 piézomètres suivis depuis 2004 montrent des niveaux d'eau globalement compris entre 1 et 2,5 m, avec des variations de niveau de l'ordre de 1 m entre les périodes de hautes et basses eaux. Le sens d'écoulement présumé de cette première nappe est vers le Nord-Ouest.

Le Miocène constitue un aquifère de faible importance et riche en fer. L'Oligocène, l'Eocène et la partie supérieure du Crétacé sont également aquifères.

Ces différents aquifères superposés sont plus ou moins en relation.

Les eaux souterraines sont considérées comme vulnérables du fait de la faible profondeur de la première nappe.

La sensibilité des eaux souterraines est localement considérée comme faible, du fait de l'absence d'usage référencé de la première nappe autour du site.

2.11 CONTEXTE HYDROGRAPHIQUE

Aucun cours d'eau permanent n'est présent dans un rayon d'1 km autour du site. Un ruisseau temporaire est localisé à environ 200 m au Sud du site, en amont hydraulique. Le site est entouré d'un réseau de fossés récoltant les eaux de pluie.

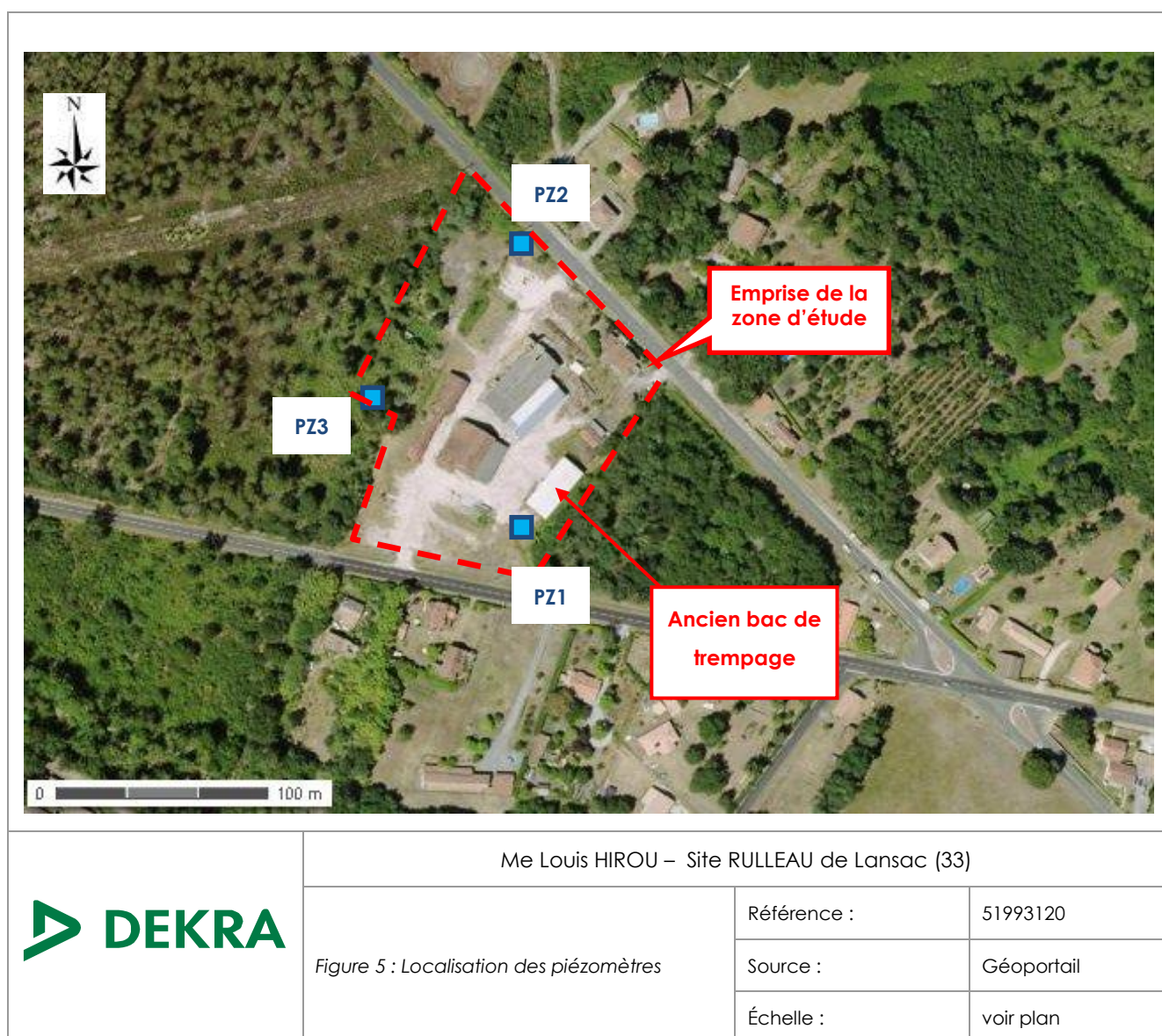
Les eaux superficielles apparaissent peu vulnérables et peu sensibles à une pollution provenant de la zone d'étude.



3 MISSION A210 : PRELEVEMENTS, MESURES, OBSERVATIONS ET/OU ANALYSES SUR LES EAUX SOUTERRAINES

3.1 LOCALISATION DES PIEZOMETRES

Dans le cadre du diagnostic de pollution du site réalisé en 2004, 3 piézomètres de contrôle de la qualité des eaux souterraines ont été mis en place. Le plan d'implantation de ces piézomètres est présenté sur la Figure 5.



3.2 MESURES DU NIVEAU DE LA NAPPE

L'intervention sur site a été effectuée le 1^{er} juillet 2016 par un technicien spécialisé de DEKRA Industrial.

Le niveau statique de la nappe a été relevé avant tout prélèvement au niveau des trois piézomètres. Les données sont reprises dans le tableau suivant. Aucune donnée de nivellement des piézomètres en place n'est cependant disponible. Aucune esquisse piézométrique n'a donc été réalisée.

Ouvrage	Niveau d'eau / sol en m
PZ1	1,69
PZ2	1,42
PZ3	1,84

Tableau 2 : Niveaux d'eau mesurés le 1^{er} juillet 2016

D'après les données de l'étude hydrogéologique établie par Hydroconseil en octobre 2003, le sens d'écoulement supposé des eaux souterraines est dirigé vers le Nord-Ouest, suivant la topographie et la direction générale de la nappe.

Le piézomètre PZ1 a été positionné pour représenter l'amont du site, tandis que les piézomètres PZ2 et PZ3 sont positionnés en aval, de part et d'autre du site, pour couvrir respectivement la zone du bac de trempage et la zone de stockage d'hydrocarbures.

3.3 PRELEVEMENTS D'EAU SOUTERRAINE

La qualité de la nappe circulant au droit du site a été évaluée au niveau des piézomètres PZ1 puis PZ3 mis en place en 2004. Le capot du piézomètre PZ2 est tordu suite à un choc et il n'a pas été possible de l'échantillonner (tubage plié ne permettant pas le passage du matériel de prélèvement).

Les prélèvements ont été réalisés selon la norme NF X-31-615 et la procédure technique interne n° DHSE-PT-SSP-02 relative à l'échantillonnage des eaux souterraines, après une purge de l'eau contenue dans les piézomètres. Le diamètre des piézomètres étant trop petit pour permettre le passage d'une pompe, la purge a été réalisée à l'aide d'un préleveur jetable changé pour chaque piézomètre, et limitée à une fois le volume d'eau contenu dans le piézomètre.

En fin de purge, des mesures de température, de pH, et de conductivité ont été effectuées et des échantillons d'eaux ont été prélevés sur chaque piézomètre.

Chaque échantillon a été conditionné dans les flacons fournis par le laboratoire d'analyse et adaptés aux paramètres recherchés. Les flacons ont été conditionnés en atmosphère réfrigérée et envoyés dans les plus brefs délais au laboratoire.

Une fiche de prélèvement a été remplie pour chaque piézomètre et est reprise en annexe 1.



3.4 CONSTATS ORGANOLEPTIQUES DE TERRAIN

Aucune observation particulière n'a été relevée lors de la réalisation des prélèvements.

3.5 PROGRAMME ANALYTIQUE

Les analyses ont été sous-traitées au laboratoire ALcontrol, accrédité équivalent COFRAC et agréé par le ministère en charge de l'environnement pour les analyses sur les eaux.

L'objectif étant de disposer d'un état actuel de la qualité des eaux souterraines, les paramètres recherchés sont les traceurs des produits de traitement utilisés au cours du temps :

- Pentachlorophénol (PCP),
- Carbendazime,
- Propiconazole.

3.6 CHOIX DES VALEURS DE REFERENCE

Les concentrations mesurées dans les eaux souterraines ont été comparées à différents référentiels :

- aux limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine définies par l'annexe 1 de l'arrêté ministériel du 11 janvier 2007 ;
- aux limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau potable définies par l'annexe 2 de l'arrêté ministériel du 11 janvier 2007.

3.7 RESULTATS DES ANALYSES

Le tableau page suivante présente les concentrations mesurées dans les eaux souterraines en comparaison aux valeurs précitées.

Les bordereaux des analyses sont disponibles en annexe 2.



Paramètre	Unité	Prélèvements du 1er juillet 2016			Limite de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine	Production d'eau de consommation humaine (Eaux brutes)
		PZ1	PZ2	PZ3		
Pesticides						
Pentachlorophénol	µg/l	<0,02	-	<0,02	0,1	2
Carbendazime	µg/l	<0,1	-	<0,1	0,1	2
Propiconazole	µg/l	<0,05	-	<0,05	0,1	2

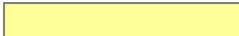

 Concentration > Limite de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine
 Concentration > Limite de qualité des eaux brutes pour la production d'eau de consommation
 - : Pas de prélèvement
 < : inférieure à la limite de quantification

Tableau 3 : Résultats des analyses sur les eaux souterraines prélevées le 1^{er} juillet 2016

Les résultats analytiques obtenus portant sur les prélèvements de PZ1 et PZ3 le 1^{er} juillet 2016 mettent en évidence :

- L'absence de détection de pentachlorophénol,
- L'absence de détection de carbendazime,
- L'absence de détection de propiconazole.

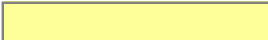

3.8 INTERPRETATION DES RESULTATS

Les résultats obtenus sur les campagnes de suivi semestriel ou annuel réalisées par Hydroconseil sont repris dans le tableau 4, avec les résultats de la présente campagne.



Paramètre	Unité	sept-04			avr-06			nov-06			mai-07			oct-07			Limite de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine	Production d'eau de consommation humaine (Eaux brutes)
		PZ1	PZ2	PZ3	PZ1	PZ2	PZ3	PZ1	PZ2	PZ3	PZ1	PZ2	PZ3	PZ1	PZ2	PZ3		
Mesures sur site																		
Prof. de l'eau	m/sol	2,23	1,95	2,41	1,42	1,10	1,57	2,18	2,07	1,89	1,50	1,13	1,59	2,50	2,32	2,64	-	-
pH	-							6,51	6,78	6,07	6,73	6,05	6,31	6,52	5,58	6,18	6,5-9	-
Température	°C							16,0	15,2	15,8	13,4	13,8	13,3	15,7	17,0	16,4	25	25
Conductivité	µS/cm							288	279	173	477	215	349	300	150	317	180-1000	-
Hydrocarbures totaux																		
Indice hydrocarbures	µg/l	<250	<250	<250	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	-	1000
Pesticides																		
Pentachlorophénol	µg/l	0,37	<0,05	0,55	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,1	2
Carbendazime	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	NA	NA	NA	0,1	2
Propiconazole	µg/l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	2

Paramètre	Unité	mai-08			nov-08			avr-13			juil-16			Limite de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine	Production d'eau de consommation humaine
		PZ1	PZ2	PZ3	PZ1	PZ2	PZ3	PZ1	PZ2	PZ3	PZ1	PZ2	PZ3		
Mesures sur site															
Prof. de l'eau	m/sol	1,50	1,13	1,60	2,36	2,24	2,47	1,30	0,98	1,46	2,55	1,42	1,84	-	-
pH	-	6,80	6,88	6,30	6,62	5,55	6,28	6,70	6,00	6,20	7,06	-	6,70	6,5-9	-
Température	°C	14,9	14,9	15,4	14,2	14,5	14,8	14,2	14,2	14,6	15,6	-	15,6	25	25
Conductivité	µS/cm	412	189	306	319	151	294	330	160	310	810	-	381	180-1000	-
Hydrocarbures totaux															
Indice hydrocarbures	µg/l	<50	<50	<50	60	50	<50	<100	<100	<100	NA	NA	NA	-	1000
Pesticides															
Pentachlorophénol	µg/l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<0,02	-	<0,02	0,1	2
Carbendazime	µg/l	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	<0,1	-	<0,1	0,1	2
Propiconazole	µg/l	0,013	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,02	<0,02	<0,02	<0,05	-	<0,05	0,1	2

 Concentration > Limite de qualité de l'eau destinée à la consommation humaine
 Concentration > Limite de qualité des eaux brutes pour la production d'eau de consommation

NA : Non Analysé

- : Pas de valeur limite

< : inférieure à la limite de quantification

Tableau 4 : Synthèse des données disponibles sur les eaux souterraines



Ces données montrent :

- L'absence de problématique pour les hydrocarbures totaux dans les eaux souterraines (absence de détection ou faible détection sur toutes les campagnes réalisées),
- L'absence de problématique pour le PCP dans les eaux souterraines (faible détection sur la campagne de septembre 2004, absence de détection sur la campagne de juillet 2016),
- L'absence de problématique pour le carbendazime dans les eaux souterraines (absence de détection sur toutes les campagnes réalisées),
- L'absence de problématique pour le propiconazole dans les eaux souterraines (absence de détection ou faible détection sur toutes les campagnes réalisées).

En synthèse, les données disponibles sur les eaux souterraines ne mettent pas en évidence de problématique de pollution de la première nappe au droit du terrain.

Le maintien sur site des terres en place est envisageable dans la mesure où les produits détectés dans les sols sont présents à l'état de traces et qu'aucun impact n'est identifié sur les eaux souterraines.

Ce maintien en place n'est cependant réalisable qu'en maîtrisant l'exposition sur site à ces traces de pollution.

Le chapitre 4 suivant présente l'analyse des enjeux sanitaires réalisée pour l'usage futur retenu à la cessation d'activité, à savoir un usage industriel.



4 MISSION A320 : ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES

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

Cette étude doit permettre de valider d'un point de vue sanitaire le maintien sur site des traces de produits de traitement du bois identifiées dans les sols.

L'usage proposé dans le cadre de la cessation d'activité est de type industriel, en cohérence avec le PLU actuel. Nous précisons toutefois que la Mairie, à la suite du courrier d'information transmis par l'étude de Maître HIROU visant à informer la commune de la cessation d'activité du site, a émis l'hypothèse d'une modification du PLU et d'un réaménagement du site en espace résidentiel. Cependant, aucune notification de la Préfecture modifiant le changement d'usage proposé n'a été transmise. Dans ce cadre, il convient de considérer l'usage proposé à la cessation d'activité, à savoir un usage industriel, similaire à la dernière période d'activité.

Des recommandations vis-à-vis de la réutilisation du site pour un usage résidentiel seront toutefois proposées par DEKRA.

Les hypothèses générales suivantes ont été retenues :

- usage du site de type industriel,
- maintien du site dans sa configuration actuelle,
- absence d'utilisation des eaux souterraines au droit du site.



4.1 RAPPEL DES PRINCIPES D'UNE EQRS

4.1.1 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).

4.1.2 RAPPEL DES 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.

Nous rappelons néanmoins que des mesures de gestion peuvent être proposées même si les niveaux de risques calculés apparaissent inférieurs aux limites acceptables.



4.1.3 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 cancérigènes (sans seuil) ou non cancérigènes (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.



4.1.4 LIMITES DE L'ETUDE

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



4.2 COLLECTE ET ANALYSE DES DONNEES

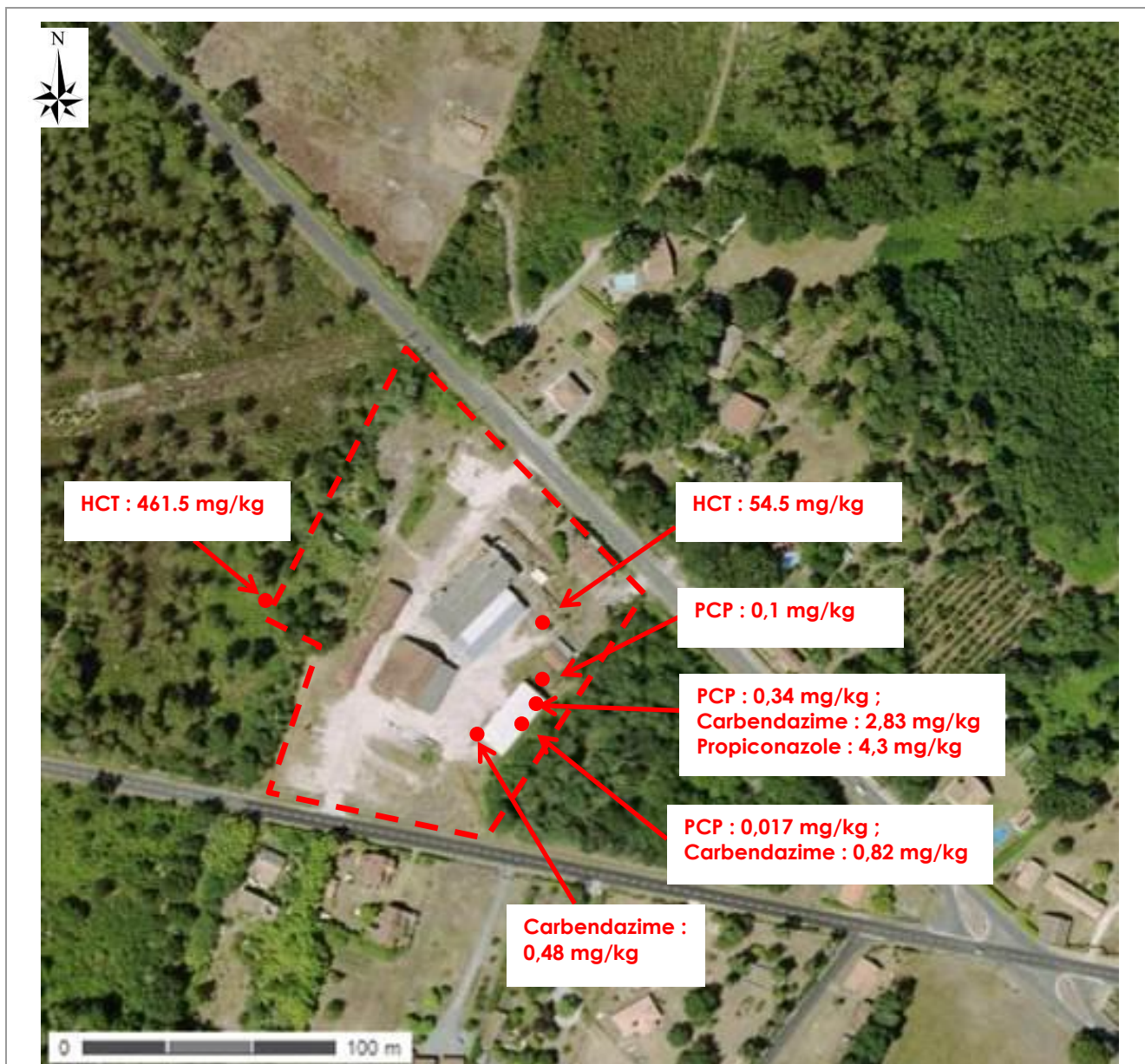
4.2.1 RAPPEL DES INVESTIGATIONS REALISEES

Plusieurs diagnostics portant sur les milieux sols et eaux souterraines ont été réalisés sur le site en 2009 par Hydroconseil et 2015 et 2016 par DEKRA.

Les résultats analytiques et mesures de terrain obtenus dans le cadre du présent rapport et des études précédentes mettent en évidence :

- Au niveau des sols : la présence en traces de composés de traitement du bois : PCP, carbendazime, propiconazole et d'hydrocarbures. Les concentrations détectées sont reprises sur la figure suivante.
 - o Les concentrations en produits de traitement du bois ont été mesurées autour de l'ancien bac de traitement du bois, sur une zone actuellement non revêtue.
 - o La plus forte teneur en hydrocarbures a été mesurée à proximité d'une ancienne zone de stockage d'huiles aujourd'hui démantelée. Cette zone n'est pas non plus recouverte.
- Au niveau des eaux souterraines : l'absence de problématique sur la première nappe d'après les données recueillies (voir Chapitre 3).





Me Louis HIROU – Site RULLEAU de Saint-Magne (33)

Figure 6 : Synthèse des concentrations détectées dans les sols

Référence :	51993120
Source :	IGN
Échelle :	voir figure



Nous rappelons que peu d'informations sont disponibles concernant les résultats obtenus par Hydroconseil en 2009. Notamment, les investigations ayant été réalisées à la tarière manuelle, les concentrations mesurées concernent donc uniquement la tranche superficielle des terrains et aucune coupe de sondage n'a été réalisée. Aussi, les bordereaux d'analyses ne nous ont pas été communiqués, la nature des hydrocarbures identifiée (répartition par fraction) n'est donc pas connue.

D'après les investigations réalisées par DEKRA, les sols au droit du site sont constitués :

- Au droit de la zone impactée aux pesticides, d'un remblai sablo-graveleux d'une épaisseur de 70 cm,
- Puis de terrains sableux, jusqu'au toit de la nappe.

Pour rappel, le niveau statique de la nappe a été identifié à 1,5 m de profondeur en moyenne par rapport au niveau du sol. Le sens d'écoulement supposé des eaux souterraines serait dirigé vers le Nord-Ouest.

4.2.2 USAGE RETENU

Comme précisé en introduction du présent chapitre, l'EQRS porte sur un usage industriel du site dans une configuration similaire à celle de la dernière période d'exploitation.

De manière plus précise, nous retenons :

- La présence de bâtiments à usage industriel sur le site (de plain-pied),
- La présence de zones non recouvertes au droit du site présentant des traces de produits de traitement du bois et d'hydrocarbures,
- L'absence d'utilisation des eaux souterraines au droit du site et l'absence d'impact sur ce milieu,
- L'absence de culture de denrées comestibles (ex : arbres fruitiers).



4.2.3 IDENTIFICATION DES CIBLES POTENTIELLES ET VOIES DE TRANSFERT

Les cibles sont les personnes susceptibles d'être exposées de manière chronique aux substances présentes au droit du site dans les sols.

Au vu de l'usage retenu du site (industriel), les cibles potentielles sur site sont les futurs travailleurs adultes sur site ainsi que les visiteurs (adultes) occasionnels.

Les voies de transfert possibles concernent :

- dégazage des substances volatiles depuis les sols vers l'atmosphère ;
- l'envol de poussières depuis les sols superficiels non recouverts ;
- le transfert vers la nappe (limité ici au regard de l'absence d'impact sur le milieu eaux souterraines).

Concernant le dégazage de substance vers l'atmosphère, ce transfert peut en théorie concerner l'extérieur et l'intérieur des bâtiments. Nous noterons ici qu'aucune zone située à l'intérieur des bâtiments n'a fait l'objet d'investigations. La présence d'hydrocarbures à l'intérieur du bâtiment de production semble peu probable, la seule zone susceptible de présenter des impacts en hydrocarbures est l'ancien stockage des huiles (où une concentration à 461 mg/kg MS a été mise en évidence). Cette zone est très éloignée du bâtiment. En revanche, pour les produits de traitement du bois, seule la zone de l'ancien bac a été investiguée. Il ne peut cependant être exclu que d'autres zones du site présentent des impacts sur ces composés. Les impacts attendus seraient en toute logique inférieurs à ceux de la zone investiguée qui est la plus sensible en termes de risque de pollution. En l'absence d'information, nous retiendrons par précaution la présence de produits de traitement du bois au droit du bâtiment en concentrations similaires à celles identifiées au niveau de l'ancien bac.

Par ailleurs, certains polluants organiques volatils ont la capacité de contaminer l'eau à transfert les canalisations. Ce phénomène de perméation ne sera toutefois pas étudié ici, les composés identifiés n'étant pas concernés par ce phénomène.



4.3 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 3 : Evaluation des dangers.

4.3.1 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'ANSES¹ 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-EPA², l'ASTDR³, ou l'OMS⁴, 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 Canada⁵, RIVM⁶, l'OEHHA⁷ ou l'EFSA⁸.

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.

¹ ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail : <http://www.anses.fr>

² US-EPA : United States – Environmental Protection Agency – <http://epa.gov/iris/>

³ ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Etats-Unis) – <http://atsdr.cdc.gov/>

⁴ OMS : Organisation Mondiale de la Santé

⁵ Santé Canada : <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/psl1-lsp1/index-fra.php>

⁶ RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Institut national de la santé publique et de l'environnement (Pays-Bas)
<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701025.pdf>

⁷ OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment (antenne californienne de l'US-EPA)
<http://www/oeaha.ca.gov/risk/ChemicalDB.index.asp>

⁸ EFSA : European Food Safety Authority – <http://www.efsa.europa.eu/fr/>



4.3.2 PROPRIÉTÉS 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)
Hydrocarbures aromatiques C12-C16	0,036 (faible)
Hydrocarbures aliphatiques C6-C8	48 (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.

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
Hydrocarbures aromatiques C12-C16	0,053
Hydrocarbures aliphatiques C6-C8	50 (très 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
Hydrocarbures aromatiques C12-C16	3.9	5010
Hydrocarbures aliphatiques C6-C8	4	3900



4.4 EVALUATION DES EXPOSITIONS

4.4.1 SCHÉMA CONCEPTUEL

Le schéma conceptuel est présenté de façon à visualiser :

- la ou les sources de pollution ;
- les voies de transfert possibles ;
- les cibles potentielles ;
- les milieux d'exposition.

➤ **Voies et milieux d'exposition**

Un risque est défini par :

- une source de contamination ;
- un milieu d'exposition ;
- une cible.

Si l'un de ces éléments n'existe pas, alors aucun risque n'est caractérisable.

→ Dans notre cas, les voies d'expositions liées à l'inhalation de vapeurs de polluants volatils depuis les sols seront étudiées ainsi que les voies d'exposition liées aux sols superficiels non recouverts (inhalation de poussières, contact cutané et ingestion de sols).

Les voies d'expositions suivantes sont en revanche exclues :

- L'inhalation de vapeur lié au dégazage de la nappe sur site ou en aval du site, en l'absence d'impact sur ce milieu,
- L'utilisation des eaux de la nappe sur ou en aval du site, en l'absence d'impact et d'usage de ces dernières sur ou à l'extérieur du site.
- L'ingestion d'eau contaminée par perméation de polluants organiques volatils à travers les canalisations (les substances détectées n'étant pas concernées par ce type de transfert).

➤ **Sélection des cibles et des substances à prendre en compte**

La cible principale retenue est un travailleur sur le site. Il sera considéré dans la suite de l'étude un scénario mixte d'exposition à l'intérieur et en extérieur.

Les substances retenues en première approche correspondent à l'ensemble des composés disposants disposant d'une VTR pour une exposition par inhalation et/ou ingestion, présents dans les sols.



➤ **Composés non retenus**

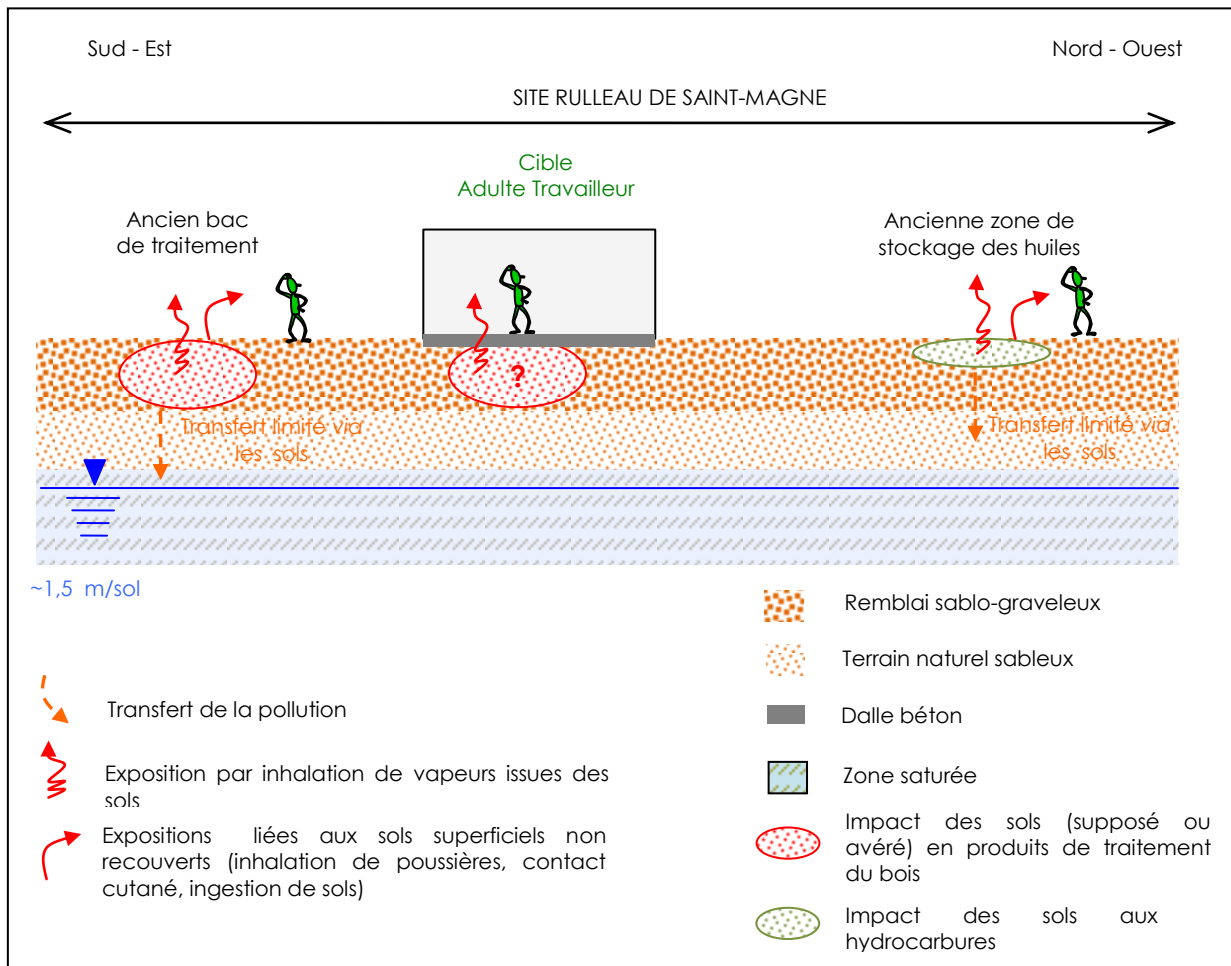
Absence de valeurs toxicologiques de référence

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.

De la même manière, le Propiconazole ne dispose pas de VTR pour une exposition par inhalation, il ne sera donc retenu que pour les expositions par contact et ingestion.

Le Carbendazime ne dispose pas de VTR pour une exposition par ingestion ou par inhalation, il ne sera donc pas retenu dans la suite de l'étude.

Le schéma conceptuel, pour le scénario étudié est présenté sur la figure suivante.




	Ancien site RULLEAU – Saint-Magne	
	Source :	DEKRA
	Echelle :	[sans]

Figure 7 : Schéma conceptuel



► Sélection des concentrations à prendre en compte

Les concentrations retenues correspondent aux concentrations maximales mesurées dans les sols. Nous rappelons que les investigations menées ne concernent que la tranche superficielle des sols (< 1 m).

Ainsi, les substances et concentrations retenues sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 5 : Substances et concentrations retenues

Substance	Concentrations retenues		
	Exposition par contact direct	Exposition par inhalation de vapeur en intérieur	Exposition par inhalation de vapeur en extérieur
Pentachlorophénol	0,34	0,34	0,34
Propicanazole	4,3	*	*
HCT (C10-C40)	461,5	461,5	**

* substance non concernée par cet effet

** hydrocarbures non retenus pour une exposition en intérieur

► Choix de la répartition des fractions d'hydrocarbures :

Concernant les hydrocarbures totaux en extérieur, on ne dispose d'aucune analyse *sur brut* relative à la répartition des différentes coupes d'hydrocarbures et à la spéciation entre composés aliphatiques et aromatiques.

D'après les informations en notre possession, les seuls hydrocarbures utilisés sur le site auraient été des huiles, éventuellement du fioul.

Nous retiendrons donc une répartition théorique⁹ correspondant à un « gasoil dégradé » pour définir la composition des hydrocarbures identifié en extérieur.

Le tableau suivant présente ainsi les fractions d'hydrocarbures retenues.

⁹ D'après Hun Seak Park and Charles San Juan, *Soil and Sediment Contamination*, 9(6) :611-632 (2000)



Tableau 6 : Répartition des fractions d'hydrocarbures

	Répartition théorique pour un gasoil dégradé (-)	Concentration correspondante (mg/kg)
Aliphatiques > C5-C6	0,001	0,5
Aliphatiques > C6-C8	0,001	0,5
Aliphatiques > C8-C10	0,011	5,1
Aliphatiques > C10-C12	0,06	28,0
Aliphatiques > C12-C16	0,3	140,1
Aliphatiques > C16-C35	0,37	172,8
Aromatiques > C6-C8 (BTEX)	0	0,0
Aromatiques > C8-C10	0,001	0,5
Aromatiques > C10-C12	0,006	2,8
Aromatiques > C12-C16	0,032	14,9
Aromatiques > C16-C21	0,188	87,8
Aromatiques > C21-C35	0,032	14,9
Somme HCT C10-C40	0,988	462
Somme HCT C6-C40	1	467

4.4.2 DÉFINITION 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.

4.4.2.1 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 :

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

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 $D_{vie} = 70$ 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 :

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

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

ti : fraction de temps exposé à la concentration Ci pendant une journée (sans unité)

F : fréquence d'exposition (jour/an)

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

Dexp : durée d'exposition (unité : an) ; 6 ans / enfant et 30 ans / adulte

Dmoy : durée sur laquelle l'exposition est moyennée (unité : jours) ; c'est-à-dire Dexp pour le calcul de la dose d'exposition pour un effet à seuil et Dvie = 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.

4.4.2.2 EVALUATION LIÉE À 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 eaux souterraines ou l'air du sol.

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, à partir de l'air du sol, des sols ou des eaux, 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 4 : Détails 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 du prélèvement, 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

Une seule cible est retenue, il s'agit d'un travailleur du site présentant une exposition mixte intérieur/extérieur.

Tableau 7 : Valeur des paramètres d'exposition pour la cible retenue.

Paramètres		unité	Adulte travaillant sur site
Dexp	durée d'exposition	an	42
Dvie	durée de vie	an	70
P	poids	kg	70
F _{exp}	fréquence d'exposition	j/an	220
ti	taux d'exposition en intérieur	-	8h/24h
te	taux d'exposition en extérieur	-	2h/24h

Durée d'exposition :

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

Fréquence d'exposition :

La fréquence d'exposition a été choisie de 220j/an (nombre de jours légalement travaillés en moyenne en France par an).

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

Nous avons pris en compte une exposition en intérieur de 8h/jour ce qui correspond au temps de travail moyen journalier en France cumulé à une exposition en extérieur de 2h/jour, soit un temps d'exposition total de 10h/jour.



► Valeurs des paramètres de modélisation

Les valeurs des paramètres utilisés pour la modélisation du transfert de vapeur depuis les sols vers l'air ambiant sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 8 : Valeur des paramètres pour le dégazage

Paramètre	unité	Valeur	Origine de la valeur
Caractéristiques de la zone source (0-1 m)			
Distance de la source aux extérieurs / fondations	m	0,1	Impacts identifiés dans les sols de surface entre 0 et 1 m de profondeur
Épaisseur de la zone source au droit du site	m	0,9	
Porosité totale	cm ³ /cm ³	0,375	Valeur par défaut pour des Sables (sand - EPA)
Contenu en eau	cm ³ /cm ³	0,09	Valeur déterminée par analyse d'après les taux de matières sèches mesurés sur site dans cette tranche de sols
Fraction de carbone organique	mg/mg	0,002	Valeur par défaut pour des grav es sableuses (sandy gravel - RISC)
Densité du sol	g/cm ³	1,66	Valeur par défaut pour des Sables (sand - EPA)
Caractéristiques du bâtiment (hypothèse d'un bureau de 20 m² (5m x 4m))			
Superficie des fondations	m ²	20	Hypothèse de l'aménagement d'un bureau de 20 m ² (5 m x 4 m)
Volume du bâtiment	m ³	50	Hypothèse d'une hauteur sous plafond de 2,5 m
Périmètre du bâtiment	m	18	Périmètre du bureau de 20 m ²
Nombre d'échange d'air par jour dans le bâtiment	échange/j	20	Valeur par défaut pour un usage tertiaire ou industriel (RISC)
Épaisseur des fondations	m	0,1	Faible épaisseur (hypothèse majorante)
Différence de pression	g/cm.s ²	40	Valeur par défaut du logiciel RISC
Perméabilité des sols sous le bâtiment	cm ²	1,00E-06	Valeur par défaut pour des grav es sableuses (RISC)
Fraction de fissure des fondations	/	2,00E-04	Valeur par défaut de J&E pour un bâtiment de plein pied
Porosité dans les fissures	cm ³ /cm ³	0,12	Valeur par défaut US EPA
Contenu en eau dans les fissures	cm ³ /cm ³	0,07	Valeur par défaut US EPA
Caractéristiques de la zone de respiration ("box model")			
Hauteur	m	1,5	Hauteur de respiration communément utilisée dans ce type de modélisation (sécuritaire)
Longueur	m	100	Largeur du site dans le sens du vent
Vitesse du vent	m/s	4	Vitesse moyenne du vent à Bordeaux (2009 à 2015)

Pour ce scénario, nous avons considéré que les deux zones de pollution identifiées étaient présentes depuis la surface jusqu'à 1 m de profondeur. Cette hypothèse est réaliste pour l'impact au droit de l'ancien bac de traitement mais a priori majorante pour l'impact aux hydrocarbures (sondages à la tarière manuelle).

Aussi, nous avons considéré que le premier mètre de sol était constitué de remblais sablo-graveleux (plus perméables que des sables car plus grossiers). Cette approche apparaît majorante d'autant que la couche de remblai a été identifiée sur les 70 premiers centimètres de sols au droit de l'ancien bac, mais leur présence n'est pas avérée sur le reste du site (absence de données).

Enfin, en l'absence de données sur un éventuel réaménagement intérieur du bâtiment existant, nous avons considéré l'emprise d'un bureau de 20 m² pour effectuer la modélisation du transfert de vapeurs vers l'air intérieur. Cette approche reste majorante dans la mesure où plus l'espace considéré est restreint (plus le volume est faible), plus la concentration modélisée dans l'air ambiant sera élevée.



4.4.2.3 EVALUATION LIÉE À L'INGESTION DE SOL

► Outil de l'évaluation

L'équation permettant de déterminer les DJE (doses journalières d'exposition) présenté au paragraphe 4.4.2.1 a été utilisée pour l'évaluation des expositions liées à l'ingestion de sol.

Le détail de l'équation utilisée pour déterminer les apports quotidiens en polluant à partir de l'ingestion de particules de sols et de poussières est présenté en Annexe 4.

► Valeurs des paramètres

Les quantités de sol ingérées retenues pour l'adulte sur site sont celles proposées par l'INERIS¹⁰ d'après l'US EPA, à savoir 50 mg/j, cette valeur est préconisée dans le cadre d'un scénario mixte intérieur / extérieur.

4.4.2.4 EVALUATION LIÉE AU CONTACT CUTANÉ

L'exposition liée au contact cutané avec des sols contaminés ne sera pas quantifiée du fait de l'absence de VTR adaptée et conformément aux recommandations de la note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 qui déconseille l'extrapolation des VTR de la voie orale à la voie cutanée.

4.4.2.5 EVALUATION LIÉE À L'INHALATION DE POUSSIÈRES

► Outil de l'évaluation

L'exposition via l'inhalation de polluants adsorbés sur des poussières a été calculée à partir des concentrations estimées en polluants dans l'air ambiant et sur la base des formules présentées en Annexe 4.

► Valeur des paramètres

Tableau 9 : Paramètres liés à l'inhalation de poussières

Paramètres		unité	Adulte travaillant sur site
TSP e	part. en suspension à l'extérieur	kg/m ³	7,00E-08
TSP i	part. en suspension à l'intérieur	kg/m ³	5,25E-08
frs e	fraction de sol dans les particules à l'extérieur	-	0,5
frs i	fraction de sol dans les particules à l'intérieur	-	0,8
fr	facteur de rétention dans les poumons	-	0,75

Ces valeurs sont issues des données par défaut du modèle intégré CSOIL (RIVM).

¹⁰Méthode de calcul des VCI dans les sols (2001), INERIS



4.4.2.6 RÉSULTATS DES DOSES JOURNALIÈRES D'EXPOSITION ET DES CONCENTRATIONS DANS L'AIR

Les résultats des concentrations modélisées dans l'air ambiant et des doses journalières d'exposition pour l'ingestion de sols sont présentés dans les tableaux suivants.

Tableau 10 : Concentrations de vapeurs modélisées dans l'air ambiant

Concentrations moyennes de vapeurs modélisées dans l'air ambiant (mg/m ³)	En extérieur	En intérieur
Aliphatiques > C5-C6	3,81E-01	*
Aliphatiques > C6-C8	1,03E-01	
Aliphatiques > C8-C10	1,11E-01	
Aliphatiques > C10-C12	5,82E-02	
Aliphatiques > C12-C16	2,26E-02	
Aromatiques > C8-C10	9,89E-03	
Aromatiques > C10-C12	6,15E-03	
Aromatiques > C12-C16	2,50E-03	
PCP	2,26E-07	4,36E-08

* Hydrocarbures non retenus pour une exposition en intérieur

Tableau 11 : Concentrations de poussières modélisées dans l'air ambiant

Concentrations moyennes de poussières dans l'air ambiant (mg/m ³)	
Aliphatiques > C5-C6	3,60E-08
Aliphatiques > C6-C8	3,60E-08
Aliphatiques > C8-C10	3,96E-07
Aliphatiques > C10-C12	2,16E-06
Aliphatiques > C12-C16	1,08E-05
Aromatiques > C8-C10	3,60E-08
Aromatiques > C10-C12	2,16E-07
Aromatiques > C12-C16	1,15E-06
PCP	2,62E-08



Tableau 12 : Doses Journalières d'Exposition liées à l'ingestion de sols

Dose journalière d'exposition (mg/kg/j)	Ingestion de sols (effets à seuils)	Ingestion de sols (effets sans seuils)
Aliphatiques > C5-C6	2,01E-07	1,21E-07
Aliphatiques > C6-C8	2,01E-07	1,21E-07
Aliphatiques > C8-C10	2,21E-06	1,33E-06
Aliphatiques > C10-C12	1,21E-05	7,24E-06
Aliphatiques > C12-C16	6,03E-05	3,62E-05
Aliphatiques > C16-C35	7,44E-05	4,46E-05
Aromatiques > C8-C10	2,01E-07	1,21E-07
Aromatiques > C10-C12	1,21E-06	7,24E-07
Aromatiques > C12-C16	6,44E-06	3,86E-06
Aromatiques > C16-C21	3,78E-05	2,27E-05
Aromatiques > C21-C35	6,44E-06	3,86E-06
PCP	1,46E-07	8,78E-08
Propiconazole	1,85E-06	1,11E-06

4.5 CARACTÉRISATION DES RISQUES

La caractérisation des risques est l'étape finale d'un calcul de risque. Les résultats de l'évaluation de l'exposition et des dangers sont intégrés sous la forme d'une expression quantitative du risque.

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 cancérigènes et les substances non cancérigènes.

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.

4.5.1 PRINCIPES DE L'ÉVALUATION

4.5.1.1 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.



4.5.1.2 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} .



4.5.2 RÉSULTATS DE LA CARACTÉRISATION DES RISQUES

Les résultats de la caractérisation des risques sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 13 : Résultats de la caractérisation des risques

QD ou ERI	QD					ERI				
	Inhalation de vapeur en extérieur	Inhalation de vapeur en intérieur	Inhalation de poussières	Ingestion de sols	Total	Inhalation de vapeur en extérieur	Inhalation de vapeur en intérieur	Inhalation de poussières	Ingestion de sols	Total
Aliphatiques > C5-C6	1,04E-03	**	1,94E-10	4,02E-08	1,04E-03	*	**	*	*	*
Aliphatiques > C6-C8	2,80E-04		1,94E-10	4,02E-08	2,80E-04	*		*	*	*
Aliphatiques > C8-C10	5,56E-03		3,93E-08	2,21E-05	5,58E-03	*		*	*	*
Aliphatiques > C10-C12	2,92E-03		2,14E-07	1,21E-04	3,04E-03	*		*	*	*
Aliphatiques > C12-C16	1,13E-03		1,07E-06	6,03E-04	1,74E-03	*		*	*	*
Aliphatiques > C16-C35	*		*	3,72E-05	3,72E-05	*		*	*	*
Aromatiques > C8-C10	2,48E-03		1,79E-08	5,03E-06	2,49E-03	*		*	*	*
Aromatiques > C10-C12	1,54E-03		1,07E-07	3,02E-05	1,57E-03	*		*	*	*
Aromatiques > C12-C16	6,27E-04		5,72E-07	1,61E-05	6,43E-04	*		*	*	*
Aromatiques > C16-C21	*		*	1,26E-04	1,26E-04	*		*	*	*
Aromatiques > C21-C35	*		*	*	2,15E-04	2,15E-04		*	*	*
PCP	*	*	*	1,46E-04	1,46E-04	3,13E-13	2,42E-13	7,18E-14	1,05E-08	1,05E-08
Propiconazole	*	*	*	1,42E-04	1,42E-04	*	*	*	*	*
Somme	1,56E-02		2,02E-06	1,46E-03	1,71E-02	3,13E-13	2,42E-13	7,18E-14	1,05E-08	1,05E-08

* : substance non concernée par cet effet

** : hydrocarbures non retenus pour une exposition en intérieur

$$QD = 0,02 < 1$$

$$ERI = 1.10^{-8} \ll 1.10^{-5}$$

Sur la base des résultats des différents diagnostics effectués sur le site et pour un usage futur du site de type industriel, les résultats mettent en évidence des risques toxiques et cancérigènes inférieurs aux limites acceptables.

Les figures suivantes présentent la contribution de chaque substance et voies d'exposition aux niveaux de risques ainsi calculés.



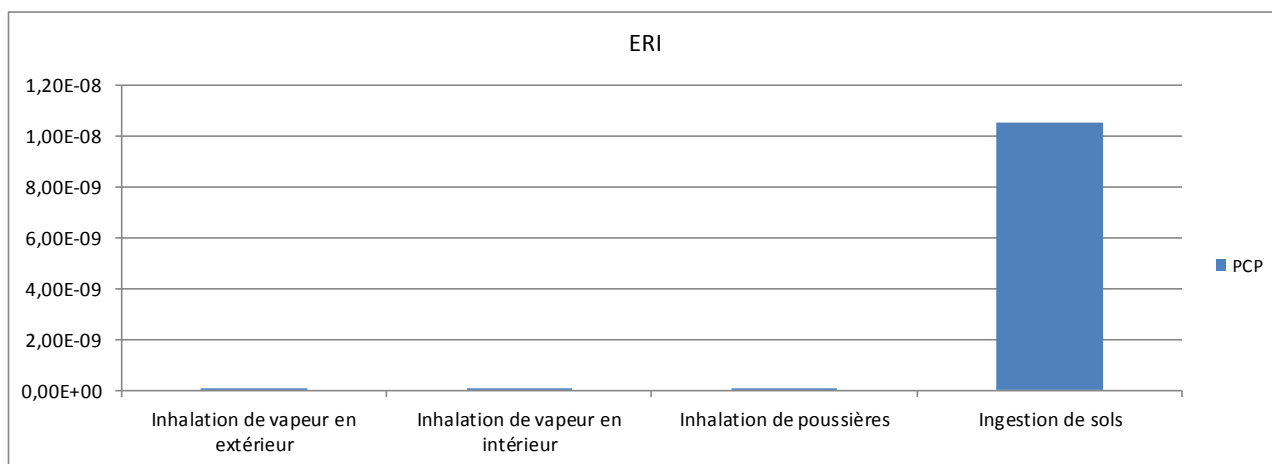
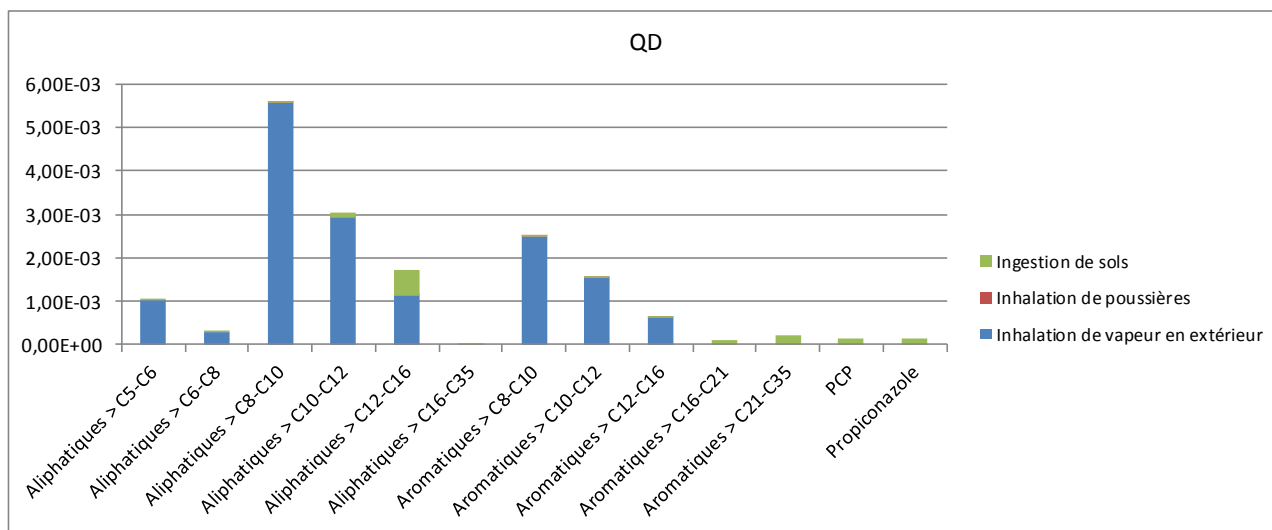


Figure 8 : Contribution des substances et des voies d'exposition au QD et à l'ERI

→ Les risques toxiques sont principalement liés à l'inhalation de vapeurs d'hydrocarbures aliphatiques C8-C10 et C10-C12 en extérieur.

Les risques cancérogènes sont exclusivement liés au PCP (aucun autre composé ne dispose de VTR pour des effets sans seuil) et en particulier à l'ingestion de sols.



4.5.3 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.

Les choix qui ont été faits sur les valeurs à attribuer à certains paramètres ou sur le comportement des individus sont entachés d'une incertitude. L'ensemble des paramètres déterminants est discuté dans ce chapitre, et notamment les concentrations de référence et les paramètres descriptifs de l'exposition.

L'approche générale se veut sécuritaire et conduit à des valeurs du risque majorantes (quotients de danger et excès de risque unitaire). Ce chapitre permettra d'apprécier la sensibilité des paramètres et de vérifier l'influence sur le résultat du calcul.

4.5.3.1 CHOIX DU SCENARIO

L'EQRS est basée sur un scénario d'usage futur de type industriel.

Au regard du peu d'informations disponibles sur le site certaines hypothèses volontairement majorantes ont été considérées, notamment :

- La présence de remblais sur 1 m d'épaisseur et sur tout le site,
- La présence de PCP au droit du bâtiment,
- Le cloisonnement du bâtiment en espace de travail de 20 m².

Aussi, comme précisé en introduction du présent chapitre, un usage de type résidentiel sera peut-être envisagé à moyen terme sur le site. Nous rappelons que l'usage résidentiel n'est aujourd'hui pas compatible avec le PLU.

Dans le cadre d'un usage résidentiel du site, il apparaîtrait difficile de se prononcer sur la compatibilité du site avec ce nouvel usage et sur les éventuelles mesures de gestion à mettre en place au regard des données disponibles sur la qualité des sols.

DEKRA proposera donc des recommandations particulières dans le cas où une réhabilitation ultérieure du site pour un usage sensible du site serait envisagée.

4.5.3.2 CHOIX DES SUBSTANCES

L'ensemble des composés détectés les sols et disposant d'une VTR (pour une exposition par ingestion ou inhalation) a en première approche été retenu. Ce choix apparaît cohérent avec les pratiques en vigueur.



4.5.3.3 CONCENTRATIONS RETENUES

Les concentrations retenues pour effectuer les calculs de risques correspondent aux concentrations maximales mesurées sur le site. Ce choix apparaît donc majorant.

4.5.3.4 TOXICITÉ DE COMPOSÉS

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 est justifiée pour les composés cancérigènes car on parle de cancer (en général) quels que soit la cause ou le mécanisme.

Pour les composés non cancérigènes, 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 acceptables.



4.5.3.5 PARAMÈTRES 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 (durée de vie et d'exposition) sont des valeurs standards, conservatoires et communément admises et utilisées par les groupes de travail et organismes internationaux : USEPA, OMS, INERIS, RIVM.

Quantité de sols ingérée

La quantité de sols ingérée est la valeur par défaut retenue par plusieurs organismes nationaux et internationaux pour des populations adultes exposées en intérieur et en extérieur. Compte tenu de la faible contribution de cette voie d'exposition au risque final (moins de 10% du QD et ERI très largement acceptable), une prise en compte d'un taux d'ingestion plus élevé ne modifierait pas le résultat de l'étude.

Fréquences et durée d'exposition

La fréquence d'exposition retenue est de 220 j/an, ce qui correspond au nombre de jour légalement travaillé en France. Cette hypothèse est réaliste.

La durée d'exposition a été estimée à 42 ans pour un travailleur. Cette hypothèse reste majorante puisqu'on considère que la personne travaillera toute sa carrière au même endroit.

Concernant le temps de travail sur une journée, nous avons retenu une exposition de 10h/jour en intérieur cumulé à une exposition de 2h par jour en extérieur. Cette hypothèse reste majorante puisqu'on considère que le salarié restera 12h/jour sur site contre 8h en moyenne.

4.5.3.6 PARAMÈTRES RELATIFS À LA MODÉLISATION

Incertitudes liées au modèle utilisé

L'émission de polluants sous forme gazeuse depuis l'air du sol a été estimée avec le modèle de Johnson et Etfinger, 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 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.

D'après les remarques citées ci-dessus, l'utilisation du modèle de Johnson et Ettinger constitue une approche majorante, en particulier pour l'évaluation du risque cancérigène.

Caractéristiques des sols

Porosité totale

La valeur prise en compte est celle proposée par défaut par l'EPA pour des Sables, en l'absence de valeur de la littérature pour des graves sableuses. Ce choix est majorant au regard des données de la littérature.

Contenu en eau

Les valeurs prises en compte sont issues de la moyenne des taux de matières sèches mesurés sur site dans la couche de remblais. Ce choix apparaît réaliste.

Densité du sol

La valeur prise en compte est celle proposée par défaut par l'EPA pour des Sables, en l'absence de valeur de la littérature pour des graves sableuses. Ce paramètre influence de manière peu significative le risque final.

Caractéristiques du bâtiment

Nous avons choisi de retenir la présence d'un bureau de 20 m² à l'intérieur du bâtiment.

Nous rappelons ici que plus le volume d'un bâtiment est faible, plus la concentration modélisée dans l'air ambiant sera élevée. → Cette hypothèse est donc très majorante compte tenu des dimensions nettement supérieures du bâti existant.

Taux de ventilation

Le taux de ventilation retenu est de 20 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 des usages tertiaires ou industriels. Ce choix reste réaliste.

Épaisseur de la dalle

En l'absence de données, l'épaisseur retenue de la dalle à l'intérieur du bâtiment est de 10 cm. Cette hypothèse reste majorante car elle correspond à une dalle de faible épaisseur.



Taux de fissures

Le taux de fissure de la dalle a été choisi égal à 0,0002. Cette valeur est réaliste elle correspond à la valeur par défaut de J&E pour des bâtiments de plein pied.

Différence de pression

La littérature indique des valeurs variant de 10 à 200 g/cm.s². 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.s². Le modèle VOLASOIL recommande pour l'estimation des flux vers un bâtiment de plein pied une différence de pression de 40 g/cm.s². Cette dernière valeur conservatoire a donc été retenue pour effectuer les modélisations.

4.5.3.7 INFLUENCE SUR LES RISQUES ESTIMÉS

Cette discussion sur les incertitudes a montré que la démarche générale adoptée va dans le sens d'une estimation probable des risques voir d'une surestimation.

En effet, les calculs sont basés sur des hypothèses sécuritaires et des comportements réalistes ou raisonnablement majorants des récepteurs.

Les risques étant inférieurs aux limites acceptables avec les hypothèses majorantes retenues, une variation des paramètres les plus sensibles ne permettrait pas de ramener les risques à un niveau supérieur aux limites acceptables. L'analyse des incertitudes confirme que le site, sur la base des données disponibles, est compatible avec l'usage industriel qui en est fait.



4.6 CONCLUSIONS DE L'EQRS

Ce chapitre a présenté les résultats de l'analyse des enjeux sanitaires réalisée dans le cadre de la cessation d'activité du site des anciens établissements RULLEAU de Saint-Magne (33).

La présente Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) a porté sur un usage du site de type industriel.

Les hypothèses générales retenues sont les suivantes :

- La présence de bâtiments à usage industriel sur le site (de plain-pied),
- La présence de zones non recouvertes au droit du site présentant des traces de produits de traitement du bois et d'hydrocarbures,
- L'absence d'utilisation des eaux souterraines au droit du site et l'absence d'impact sur ce milieu,
- L'absence de culture de denrées comestibles (ex : arbres fruitiers).

Les calculs ont porté sur un adulte travaillant sur le site exposé 8h par jour en intérieur et 2h par jour en extérieur.

Les voies d'exposition retenues ont concerné l'inhalation de polluants volatils présents dans les sols à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment ainsi que les voies d'exposition liées aux sols superficiels non recouverts (ingestion de sols, contact cutané, inhalation de poussières).

L'étude a été menée selon la méthodologie d'une EQRS et conformément à la démarche nationale suivant textes et outils méthodologiques développés par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, relatifs à la prévention de la pollution des sols pollués en France (note ministérielle du 8 février 2007 et les deux circulaires du 8 février 2007).

Les calculs réalisés et la prise en compte des mesures de terrain à disposition ont conclu que les risques sont inférieurs aux limites acceptables.

Le site apparaît donc compatible avec un usage similaire à celui de la dernière période d'exploitation (usage industriel).



5 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Suite à l'enlèvement du bac de trempage sur le site Rulleau de Saint-Magne, DEKRA est intervenu le 26 octobre 2015 pour réaliser deux prélèvements de sol sous la dalle encore présente.

Les résultats analytiques obtenus montrent la pénétration des produits de traitement du bois utilisés au cours du temps dans les sols sous-jacents au bac de trempage.

Les concentrations mesurées restent relativement faibles et les données disponibles sur les eaux souterraines et notamment la campagne réalisée dans le cadre du présent rapport, tendent à indiquer l'absence d'impact sur ce milieu.

L'étude menée historiquement par Hydroconseil avait également mis en évidence la présence d'hydrocarbures, en faibles concentrations, à l'extrémité Ouest du site, à proximité d'un ancien local de stockage des huiles aujourd'hui démantelé.

Sur la base des données disponibles, les impacts en pesticides et hydrocarbures identifiés ne remettent pas en cause la compatibilité du site avec un usage industriel dans la configuration actuelle du terrain.

Des servitudes devront toutefois être mises en place afin de garder la mémoire des pollutions présentes et encadrer un éventuel changement d'usage du terrain.

En effet, en cas de changement d'usage du site, et notamment en cas de reconversion en espace résidentiel, les données aujourd'hui disponibles n'apparaissent pas suffisantes pour statuer sur la compatibilité du site avec un tel usage et sur les mesures de gestion à mettre en œuvre.

Dans l'hypothèse d'un changement d'usage, DEKRA recommande la réalisation d'un Plan de Gestion incluant des investigations complémentaires au niveau des sols du site. Le dimensionnement de ces investigations serait alors à corréliser avec le projet d'aménagement envisagé. Il conviendrait en particulier de connaître le positionnement des futurs logements (immeubles ou maisons individuelles) et des jardins ou espaces verts associés ainsi que les éventuels travaux de terrassement nécessaires qui impliqueraient une gestion de déblais (potentiellement pollués).



6 LIMITES ET INCERTITUDES DE LA MISSION – JUSTIFICATION DES ECARTS

6.1 INCERTITUDES LIEES AUX INVESTIGATIONS DE TERRAIN

Incertitudes liées à l'appréciation des intervenants terrain (constats et observations, lithologie,...).

6.2 INCERTITUDES LIEES AUX RESULTATS D'ANALYSES

Du fait des techniques de laboratoire, les résultats d'analyses sont soumis à une certaine incertitude.

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 ;
- Des éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution des travaux, a posteriori de la mission confiée à DEKRA 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

La présente étude a été conduite et réalisée sans écart avec la mission décrite dans la proposition référencée 2016-2490-5009-Version 2.



ANNEXE 1 : FICHES DE PRELEVEMENTS DES EAUX SOUTERRAINES (3 PAGES)



Client : Me HIROU
 Site / Lieu : Saint-Magne
 N° affaire : 51993120

 Opérateur : Loïc SCHNEIDER
 Date d'intervention : 01/07/2016
 Conditions climatiques : Ensoleillé

Caractéristique de l'ouvrage

 Profondeur de l'ouvrage (m) : 2,55
 Diamètre de l'ouvrage (mm) : 50
 Tubage : PVC
 Colmatage piézomètre : Oui Non

Référentiel de mesure

-
- Surface du sol
-
-
- Sommet du tubage
-
-
- Sommet de la tête de protection
-
-
- Autres :

Mesure du niveau d'eau

 Heure de mesure du niveau statique : 10h
 Niveau statique (m) : 1,69
 Phase organique (flottant / plongeant) : non
 Epaisseur (mm) : SO

Laboratoire d'analyses

-
- Pas d'analyses
-
-
- ALCONTROL
-
-
- AGROLAB
-
-
- Autres :

Analyses prévues

-
- HCT
-
- HAP
-
- BTEX
-
-
- Phénols
-
- MTBE
-
- COHV
-
-
- Métaux lourds
-
- Autres : Pesticides

Type de purge

-
- STATIQUE
-
-
- DYNAMIQUE

Purge

 Heure début de pompage : 10h05 Heure fin de pompage : 10h15
 Temps de pompage (mn) : 10 Profondeur de pompage (m) : SO
 Débit de la pompe (L/mn) : SO Volume pompé (L) : SO
 Hauteur de la colonne d'eau : 0,86 Type de pompe : SO

Caractéristique du prélèvement

 Temps de purge
 pH :
 Température (°C) :
 Potentiel RedOX (mV) :
 Conductivité (µs/cm) :
 O₂ dissous (%) :
 Niveau statique (m) lors du prélèvement :
 Equipement de prélèvements (pompe / bailers) :

			Fin
			7,06
			15,6
			57
			810
			17
			SO
			Bailer

Photographie de l'ouvrage (repère visuel)



Autres / commentaires

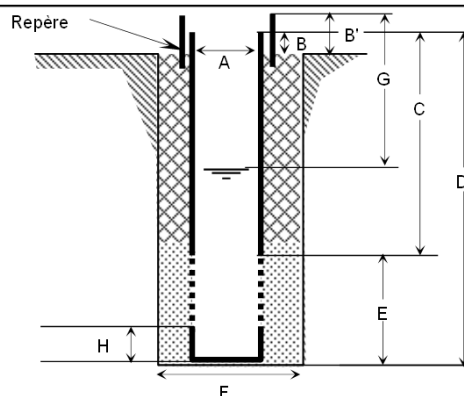
- Evacuation des eaux de purges
-
-
- Prise en charge par le client (EU/EP)
-
-
- Prise en charge par DEKRA hors site

Piézomètre obstrué à 2,55 m. Tubage non adapté au passage d'une pompe. Une purge manuelle effectuée puis prélèvement.

Date et conditions de transports

 Date d'envoi : 01/07/2016
 Conditions de transport : Glacières réfrigérées Autres :

Coupe technique de l'ouvrage

 A : 50 mm
 B : SO m
 B' : SO m
 C : SO m
 D : 2,55 m
 E : SO m
 F : SO mm
 G : 1,52 m
 H : SO
 V total : 2,02 L
 Volume / m : 1,96 L/m


Client : Me HIROU
 Site / Lieu : Saint-Magne
 N° affaire : 51993120

 Opérateur : Loïc SCHNEIDER
 Date d'intervention : 01/07/2016
 Conditions climatiques : Ensoleillé

Caractéristique de l'ouvrage

 Profondeur de l'ouvrage (m) : 4,85
 Diamètre de l'ouvrage (mm) : 50
 Tubage : PVC
 Colmatage piézomètre : Oui Non

Référentiel de mesure

-
- Surface du sol
-
-
- Sommet du tubage
-
-
- Sommet de la tête de protection
-
-
- Autres :

Mesure du niveau d'eau

 Heure de mesure du niveau statique : 10h30
 Niveau statique (m) : 1,84
 Phase organique (flottant / plongeant) : non
 Epaisseur (mm) : SO

Laboratoire d'analyses

-
- Pas d'analyses
-
-
- ALCONTROL
-
-
- AGROLAB
-
-
- Autres :

Analyses prévues

-
- HCT
-
- HAP
-
- BTEX
-
-
- Phénols
-
- MTBE
-
- COHV
-
-
- Métaux lourds
-
- Autres : Pesticides

Type de purge

-
- STATIQUE
-
-
- DYNAMIQUE

Purge

 Heure début de pompage : 10h30 Heure fin de pompage : 10h40
 Temps de pompage (mn) : 10 Profondeur de pompage (m) : SO
 Débit de la pompe (L/mn) : SO Volume pompé (L) : SO
 Hauteur de la colonne d'eau : 3,01 Type de pompe : SO

Caractéristique du prélèvement

 Temps de purge
 pH :
 Température (°C) :
 Potentiel RedOX (mV) :
 Conductivité (µs/cm) :
 O₂ dissous (%) :
 Niveau statique (m) lors du prélèvement :
 Equipement de prélèvements (pompe / bailers) :

			Fin
			6,7
			15,6
			85
			381
			28
			SO
			Bailer

Photographie de l'ouvrage (repère visuel)



Autres / commentaires

- Evacuation des eaux de purges
-
-
- Prise en charge par le client (EU/EP)
-
-
- Prise en charge par DEKRA hors site

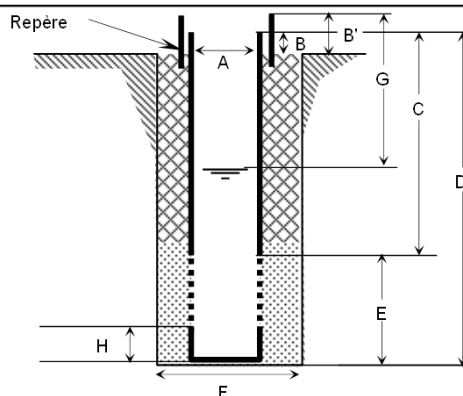
Tubage non adapté au passage d'une pompe. Une purge manuelle effectuée puis prélèvement.

Date et conditions de transports

 Date d'envoi : 01/07/2016
 Conditions de transport : Glacières réfrigérées Autres :

Coupe technique de l'ouvrage

A :	50	mm
B :	SO	m
B' :	SO	m
C :	SO	m
D :	4,85	m
E :	SO	m
F :	SO	mm
G :	1,84	m
H :	SO	
V total :	5,91	L
Volume / m :	1,96	L/m



*ANNEXE 2 : BORDEREAUX D'ANALYSES DU LABORATOIRE (6
PAGES)*





Rapport d'analyse

DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP Toulouse

Loic SCHNEIDER

Immeuble Aurelien

29 Avenue Champollion

F-31000 TOULOUSE

Page 1 sur 6

Votre nom de Projet : A210
Votre référence de Projet : ETS RULLEAU - ST MAGNE - A210 - JUILLET 2016
Référence du rapport ALcontrol : 12334958, version: 1

Rotterdam, 19-07-2016

Cher(e) Madame/ Monsieur,

Veillez trouver ci-joint les résultats des analyses effectuées en laboratoire pour votre projet ETS RULLEAU - ST MAGNE - A210 - JUILLET 2016.

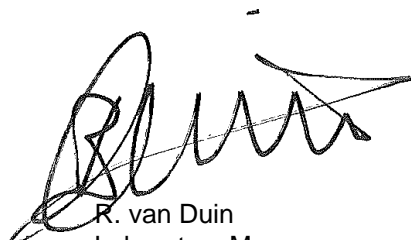
Le rapport reprend les descriptions des échantillons, le nom de projet et les analyses que vous avez indiqués sur le bon de commande. Les résultats rapportés se réfèrent uniquement aux échantillons analysés.

Ce rapport est constitué de 6 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



DEKRA INDUSTRIAL SAS - SSP Toulouse
Loic SCHNEIDER

Rapport d'analyse

Page 2 sur 6

Projet A210
Référence du projet ETS RULLEAU - ST MAGNE - A210 - JUILLET 2016
Réf. du rapport 12334958 - 1

Date de commande 04-07-2016
Date de début 04-07-2016
Rapport du 19-07-2016

Code	Matrice	Réf. échantillon
001	Eau souterraine	PZ1
002	Eau souterraine	PZ3

Analyse	Unité	Q	001	002
<i>CHLOROPHENOLS</i>				
pentachlorophénol	µg/l	Q	<0.02	<0.02
Propiconazole	µg/l		<0.05	<0.05
<i>ANALYSES SOUS-TRAITÉES</i>				
Carbendazime			voir annexe	voir annexe

Les analyses notées Q sont accréditées par le RvA.

Paraphe :





Projet A210
Référence du projet ETS RULLEAU - ST MAGNE - A210 - JUILLET 2016
Réf. du rapport 12334958 - 1

Date de commande 04-07-2016
Date de début 04-07-2016
Rapport du 19-07-2016

Analyse	Matrice	Référence normative
pentachlorophénol	Eau souterraine	Méthode interne, analyse par GCMS après dérivation
Propiconazole	Eau souterraine	Méthode interne, LVI GCMS
Carbendazime	Eau souterraine	Analyse sous-traitée

Code	Code barres	Date de réception	Date prélèvement	Flaconnage
001	F5773911	04-07-2016	04-07-2016	ALC227
001	F5773907	04-07-2016	04-07-2016	ALC227
001	G8988640	04-07-2016	04-07-2016	ALC236
001	S0798019	04-07-2016	04-07-2016	ALC237
002	F5773910	04-07-2016	04-07-2016	ALC227
002	F5773906	04-07-2016	04-07-2016	ALC227
002	G8988623	04-07-2016	04-07-2016	ALC236
002	S0798020	04-07-2016	04-07-2016	ALC237

Paraphe :





2 Shaftesbury Industrial Centre, Icknield Way, Letchworth Garden City, Hertfordshire, SG6 1HE
T +44 (0)1462 480 400, F +44 (0)1462 480 403, E rpsmh@rpsgroup.com, W rpsgroup.com

Certificate of Analysis

Report No.: 16-54131-1

Issue No.: 1
Date of Issue 18/07/2016

Customer Details: ALcontrol, 99-101 avenue Louis Roche, 92230 Gennevilliers, FRANCE

Customer Contact: Justine Boulanger

Customer Order No.: P40897

Customer Reference: 12334958

Quotation Reference: 160615/05

Description: 2 water samples

Date Received: 07/07/2016

Date Started: 14/07/2016

Date Completed: 15/07/2016

Test Methods: Details available on request (refer to SOP code against relevant result/s)

Notes: None

Approved By: Matthew Hickson, Laboratory Manager

This certificate is issued in accordance with the accreditation requirements of the United Kingdom Accreditation Service.
Observations and interpretations are outside of the scope of UKAS accreditation.
Results reported herein relate only to the items supplied to the laboratory for testing.



2 Shaftesbury Industrial Centre, Icknield Way, Letchworth Garden City, Hertfordshire, SG6 1HE
T +44 (0)1462 480 400, F +44 (0)1462 480 403, E rpsmh@rpsgroup.com, W rpsgroup.com

Results Summary

Report No.: 16-54131-1

Customer Reference: 12334958

Customer Order No: P40897

Customer Sample No	Pz1	Pz3
RPS Sample No	301240	301241
Sample Type	WATER	WATER
Sampling Date	04/07/2016	04/07/2016

Determinand	CAS No	Codes	SOP	Units	RL		
carbendazim	10605-21-7		in house	ug/l	0.1	< 0.10	< 0.10



2 Shaftesbury Industrial Centre, Icknield Way, Letchworth Garden City, Hertfordshire, SG6 1HE
T +44 (0)1462 480 400, F +44 (0)1462 480 403, E rpsmh@rpsgroup.com, W rpsgroup.com

Report Information

Key to Report Codes

U	UKAS Accredited
M	MCERTS Accredited
S	Subcontracted to approved laboratory
US	Subcontracted to approved laboratory UKAS Accredited for the test
MS	Subcontracted to approved laboratory MCERTS/UKAS Accredited for the test
SI	Subcontracted to internal RPS Group laboratory
USI	Subcontracted to internal RPS Group laboratory UKAS Accredited for the test
MSI	Subcontracted to internal RPS Group laboratory MCERTS/UKAS Accredited for the test
I/S (in results)	Insufficient Sample
U/S (in results)	Unsuitable Sample
S/C (in results)	See Comments
ND (in results)	Not Detected
DW (in units)	Results are expressed on a dry weight basis

Sample Retention and Disposal

Samples will generally* be retained for the following times prior to disposal:

Perishables, e.g. foodstuffs	1 month (if frozen) from the issue date of this report
Waters	2 weeks from the issue date of this report
Other Liquids	1 month from the issue date of this report
Solids (including Soils)	1 month from the issue date of this report

*Sample retention may be subject to agreement with the customer for particular projects

ANNEXE 3 : EVALUATION DES DANGERS (8 PAGES)



Hydrocarbures aliphatiques			Effets non cancérogènes						Effets cancérogènes				
			Inhalation			Ingestion			Classe de cancérogénicité			Inhalation	Ingestion
Substance	CAS	Organe(s) cible(s)	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) ⁻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	-		-	-	-	2	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
C>21-C35	-		-	-	-	2	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-
>C35	-	-	-	-	20	TPHCWG 1997	-	-	-	D	-	-	

- : données non disponibles



Hydrocarbures aromatiques			Effets non cancérogènes						Effets cancérogènes				
			Inhalation			Ingestion			Classe de cancérogénicité			Inhalation	Ingestion
Substance	CAS	Organe(s) cible(s)	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) ⁻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							

- : données non disponibles



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	TPHWGC	270	-	2,50E-06	-	6,30E+08	1,00E-05	0,1	1,10E-06	4900
C>16-C35	RISC	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

- : données non disponibles



Substance N° CAS		Pentachlorophénol 87-86-5						
Valeurs toxicologiques de référence								
Nature du risque	Voie d'exposition	Valeur	Source	Espèce	Critère	Facteur de sécurité	Date d'actualisation	Organe(s) cible(s)
NC	Ingestion (mg/kg/j)	0,005	US EPA	chien	LOAEL	300	2010	Système hépatique et gastrique
		0,001	ATSDR*	vison	LOAEL	1000	2009	
	Inhalation (µg/m³)	-	-	-	-	-	-	
C	Ingestion (mg/kg/j) ⁻¹	0,12	US EPA	souris	-	-	2010	
	Inhalation (µg/m³) ⁻¹	4,6.10 ⁻⁶	OEHHA	souris	-	-	2009	
Classe de cancérogénicité		UE	CIRC - IARC	US EPA				
		-	-	-				

* valeur retenue par l'ANSES en 2015



Substance N° CAS	Pentachlorophénol 87-86-5	
Paramètres physico-chimiques		
Paramètre	Valeur	Référence
Masse Molaire (g/mol)	266,35	INERIS, ATSDR, INRS
Densité (g/cm³)	1,978	INERIS, ATSDR, HSDB
Pression de vapeur (mmHg)	3.10 ⁻⁶	INERIS, INRS, HSDB
Solubilité (mg/L)	2000	INERIS
Constante de Henry (-)	1,15.10 ⁻⁹	HSDB, INERIS
Koc (mL/g)	145	INERIS, ATSDR
Log Kow	5,1	HSDB, INERIS RAIS
Coef. de diffusion dans l'air (cm²/s)	5,4.10 ⁻²	INERIS
Coef. de diffusion dans l'eau (cm²/s)	5,9.10 ⁻⁶	INERIS
Coef. de diffusion à travers le PEHD (m²/j)	-	
Perméabilité cutanée Kp (cm/h)	-	
Tx d'absorption cutané par contact avec les sols ABS sol (-)	0,65	USEPA
Tx d'absorption cutané par contact avec les eaux ABS eaux (-)	-	



Substance		Propiconazole						
N° CAS		60207-90-1						
Valeurs toxicologiques de référence								
Nature du risque	Voie d'exposition	Valeur	Source	Espèce	Critère	Facteur de sécurité	Date d'actualisation	Organe(s) cible(s)
NC	Ingestion (mg/kg/j)	0,04	Health Canada	Rats	NOEL	100	2000	Système hépatique et gastrique
		0,013	US EPA	Chien	NOEL	100	1992	
	Inhalation (µg/m³)	-	-	-	-	-	-	
C	Ingestion (mg/kg/j) ⁻¹	-	-	-	-	-	-	
	Inhalation (µg/m³) ⁻¹	-	-	-	-	-	-	
Classe de cancérogénicité		UE	CIRC - IARC	US EPA				
		-	-	-				



Substance N° CAS	Propiconazole 60207-90-1	
Paramètres physico-chimiques		
Paramètre	Valeur	Référence
Masse Molaire (g/mol)	342,2	HSDB, Health Canada, RAIS
Densité (g/cm ³)	1,27	Health Canada
Pression de vapeur (mmHg)	1.10 ⁻⁸	RAIS, HSDB
Solubilité (mg/L)	100	HSDB
	110	Health Canada, RAIS
Constante de Henry (-)	1,68.10 ⁻⁷	HSDB, RAIS
Koc (mL/g)	5564	RAIS
	1900	HSDB
Log Kow	3,5	HSDB
	3,65	Health Canada
	3,72	RAIS
Coef. de diffusion dans l'air (cm ² /s)	-	
Coef. de diffusion dans l'eau (cm ² /s)	-	
Coef. de diffusion à travers le PEHD (cm ² /s)	-	
Perméabilité cutanée Kp (cm/h)	-	
Tx d'absorption cutané par contact avec les sols ABS sol (-)	0,01	RAIS
Tx d'absorption cutané par contact avec les eaux ABS eaux (-)	-	



ANNEXE 4 : DETAIL DES EQUATIONS (9 PAGES)



Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur - bâtiment 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 VOLASOIL¹¹ (Waitz et al, 1996) et le modèle dit de « Johnson and Ettinger »¹² (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 (bâtiments de plain pied), 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 :

¹¹ 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.

¹² 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



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

avec

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

D_{eff} : coefficient de diffusion effectif (cm^2/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/cm^3)

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 Quirck 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 :

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

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

k_v : perméabilité intrinsèque des sols (cm^2)

μ : viscosité des vapeurs ($\text{g}/\text{cm}\text{-s}$)

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 :

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

Calcul des coefficients de diffusion

Le coefficient de diffusion réel (appelé diffusion effective, Dsa dans l'air et Dw 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/cm³)

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 (cm³ d'air/ cm³ de sol)

θ_w : teneur en eau dans les sols (cm³ d'eau/ cm³ de sol)



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

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)



Inhalation de vapeurs dans l'air extérieur

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 ($\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{m}$) 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 gazeuse¹³ 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.

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

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

¹³ Dans la notice d'utilisation de VOLASOII, il est souligné qu' zone non saturée, le coefficient de diffusion dans la phase gazeuse est approximativement 104 fois plus grand que le coefficient de diffusion dans la phase aqueuse (Glottfely & Schomburg,1991).



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 Quirk « description du modèle utilisé ».



Inhalation de substances adsorbées sur les poussières

L'exposition via l'inhalation de polluants adsorbés sur des poussières a été calculée à partir des concentrations estimées en polluants dans l'air ambiant et sur la base des formules ci-dessous.

Calcul de la concentration inhalée

$$CI (mg/m^3) = (C_{dustext} \cdot t_e + C_{dustint} \cdot t_i) \cdot \frac{F \cdot fr \cdot D_{exp}}{D_{moy}}$$

avec $C_{dust.int}$: concentration en polluant dans les poussières dans l'air intérieur (mg/m^3),

$C_{dust.ext}$: concentration en polluant dans les poussières dans l'air extérieur (mg/m^3),

t_i : fraction de temps passé à l'intérieur, par jour de présence (sans unité),

t_e : fraction de temps passé à l'extérieur, par jour de présence (sans unité).

F : fréquence d'exposition (jour/an)

fr : facteur de rétention des poussières dans les poumons (sans unité)

D_{exp} : durée d'exposition en années (an)

D_{moy} : durée sur laquelle l'exposition est moyennée (jour)

Concentration en polluants dans les poussières

Le calcul de la concentration de polluant adsorbé sur les poussières en suspension dans l'air tient compte de trois paramètres ; deux sont issus de la littérature et sont utilisés par le GTSP¹⁴ et le troisième représente la concentration en polluant dans le sol.

¹⁴ Groupe de Travail Sols Pollués, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable



$$C_{\text{dust}} = \text{TSP} \cdot \text{frs} \cdot C_{\text{sol}}$$

- avec TSP : concentration des particules en suspension dans l'air (kg/m³)
frs : fraction de sol dans les particules en suspension dans l'air (sans unité)
C_{sol} : concentration moyenne en polluant dans le sol de surface (mg/kg)

La concentration des particules en suspension dans l'air est estimée à 70.10⁻⁹ kg/m³ en extérieur et à 52,5.10⁻⁹ kg/m³ en intérieur (GTSP d'après HESP¹⁵).

La fraction de sol dans les particules en suspension dans l'air, est estimée à 0,5 en extérieur et de 0,8 en intérieur (GTSP d'après HESP).

Dans une première approche sécuritaire, nous avons considéré que les particules de sol en intérieur sont de même composition chimique que les sols de l'extérieur (pas d'apports extérieurs en particule induisant une « dilution »).

Inhalation de poussières, formule condensée

La formule condensée applicable à tous les récepteurs est la suivante :

$$CI \text{ (mg/m}^3\text{)} = (\text{frs}_e \cdot \text{TSP}_e \cdot t_e + \text{frs}_i \cdot \text{TSP}_i \cdot t_i) \cdot \frac{C_{\text{sol}} \cdot \text{fr} \cdot F \cdot D_{\text{exp}}}{D_{\text{moy}}}$$

- avec t_{e,i} : fraction de temps passé à l'extérieur/intérieur (sans unité),
TSP_{e,i} : concentration de particules en suspension dans l'air extérieur/intérieur (kg/m³)
frs_{e,i} : fraction de sol dans les particules en suspension, dans l'air ambiant à l'extérieur/intérieur (sans unité)
C_{sol} : concentration moyenne en polluant dans le sol de surface (mg/kg)
fr : facteur de rétention des poussières dans les poumons (sans unité)
F : fréquence d'exposition (jours/an)
D_{exp} : durée d'exposition en années (an)
D_{moy} : durée sur laquelle l'exposition est moyennée (jour)

¹⁵ Human Exposure to Soil Pollutants

Ingestion de sols

Le calcul de la dose d'exposition a été réalisé avec l'équation générique suivante (guide EDR MEDD/BRGM/INERIS, 2000) :

$$DJE_{i,s} = \frac{C_{i,s} * Q_{sol} * T * F}{P * T_m}$$

avec : $DJE_{i,s}$: dose journalière du composé i liée à l'ingestion de sols (en mg/kg/j)

$C_{i,s}$: concentration du composé i dans les sols (mg/kg)

Q_{sol} : taux d'ingestion de sols (kg/j)

T : durée d'exposition (années)

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

P : poids corporel de la cible (kg)

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

