

EPF NORMANDIE



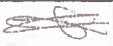
FRICHE SFAR RANDONNAI Plan de gestion Zones 1, 4 et HcT

Rapport

EPF Normandie

**Plan de gestion
Zones 1, 4 et HcT**

Friche SFAR Randonnai

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Rapport	08/06/09		P. BARBE		N. MONTIGNY		F. LORET	
		a		po		po		
		b						
		c						
		d						

Numéro de rapport :	RRn00143
Numéro d'affaire :	A20025
N° de contrat :	CRnZ090696
Domaine technique :	
Mots clé thésaurus :	Plan de gestion, bilan coûts-avantages, technique de réhabilitation

BURGEAP
51 rue de la république
76250 DEVILLE-LES-ROUEN
Téléphone : 33(0)2.35.76.47.25 Télécopie : 33(0)2.35.76.47.26
e-mail : rouen@burgeap.fr

SOMMAIRE

1	Introduction	6
1.1	Contexte et objectifs	6
1.2	Méthodologie générale et réglementation	7
2	Présentation du site et projet de reconversion	7
3	Contexte environnemental	8
4	Investigations préalablement menées	9
5	Investigations de sol réalisées en 2009	11
6	Mesures de gestion envisageables	25
6.2	Gestion des risques de migration de la pollution	26
6.3	Gestion des risques sanitaires	26
6.4	Définition des zones impactées	27
7	Détail du plan de gestion	28
7.1	Mesures de gestion à mettre en œuvre	28
7.2	Rappel du projet	28
7.3	Prescriptions relatives aux aménagements	29
7.4	Schéma conceptuel	29
7.5	Traitement des PCBS : Solutions techniques envisageables	30
7.6	Bilan « coûts-avantages » pour le traitement des PCBS	37
7.7	Traitement des hydrocarbures : Solutions techniques envisageables	38
7.8	Bilan « coûts-avantages » pour le traitement des hydrocarbures	40
8	Analyse des Risques Résiduels (ARR)	41
8.1	Schéma conceptuel	41
8.2	Composés à prendre en compte	44
8.3	Evaluation des concentrations résiduelles dans les milieux d'exposition	48
8.4	Quantification des risques sanitaires résiduels	49
8.5	Incertitudes et sensibilité	52
9	Conservations de la mémoire - Servitudes	57
9.1	Cadre et objectifs	57
9.2	Choix du type de servitude à mettre en œuvre	58
9.3	Contenu des servitudes d'usage à mettre en œuvre	58
9.4	Suivi du chantier et récolement	59
10	Conclusion générale	60

TABLEAUX

Tableau n°1 : Caractéristiques des différentes catégories	13
Tableau n°2 : Synthèse des analyses réalisées sur la zone PCB et le bâtiment Orne Habitat	14
Tableau n°2 bis : Synthèse des analyses réalisées sur la zone cuve enterrée	15
Tableau n°2 ter : Synthèse des analyses réalisées sur la zone 4	15
Tableau n°3 : Résultats d'analyse sur sol brut – zone PCB et Orne habitat	17
Tableau n°4 : Résultats d'analyse sur éluats – zone PCB et Orne Habitat	18
Tableau n°5 : Concentration en PCB Arochlor des sols les plus impactés sur la friche SFAR de Randonnai	19
Tableau n°6 : Résultats d'analyse sur sol brut – zone cuve enterrée	20
Tableau n°7 : Résultats d'analyse sur éluats – zone cuve enterrée	22
Tableau n°8 : Résultats d'analyse sur sol brut – zone 4	23
Tableau n°9 : Synthèse des quantités à traiter par filière	34
Tableau n°10 : Synthèse des quantités à traiter par filière	34
Tableau n°11 : Coût des solutions n°1 de traitement envisagées	35
Tableau n°12 : Coût des solutions n°2 de traitement envisagées	36
Tableau n°13 : Coût des différentes solutions de traitement	37
Tableau n°14 : Coût des différentes solutions de traitement de la zone HcT	39
Tableau n°15 : Bilan des solutions envisagées pour le traitement de la zone HcT	40
Tableau n°16 : Budget espace temps des cibles considérées	42
Tableau n°17 : Voies d'exposition retenues	43
Tableau n°18 : Paramètres des aménagements	44
Tableau n°19 : Choix des substances pour l'ARR	46
Tableau n°20 : Concentrations résiduelles retenues pour l'ARR	47
Tableau n°21 : Valeurs toxicologiques de référence retenues pour l'ARR	47
Tableau n°22 : Concentrations de vapeurs dans l'air en intérieur et en extérieur.	48
Tableau n°23 : Risques sanitaires résiduels	51
Tableau n°24 : Les différents types de servitudes possibles	58

FIGURES		Version
Figure n°1 :	Plan des installations de l'ancienne fonderie SFAR	
Figure n°2 :	Plan de principe AVP avril 2008	
Figure n°3 :	Plan de zonage	
Figure n°4 :	Localisation des investigations de terrain – Zone Orne habitat et local transformateur	
Figure n°5 :	Localisation des investigations de terrain – Zone de la cuve enterrée	
Figure n°6 :	Localisation des investigations de terrain – Zone 4 zone commerciale	
Figure n°7 :	Cartographie des résultats d'analyse en PCB supérieurs à la valeur de référence (1 mg/kg MS) – Zone Orne habitat et local transformateur	
Figure n°8 :	Cartographie des résultats d'analyse en polluants supérieurs au seuil de mise en centre de stockage pour déchets inertes – zone HcT	
Figure n°9 :	Cartographie des résultats d'analyse en polluants supérieurs aux valeurs de référence – zone 4	
Figure n°10 :	Schéma conceptuel	
Figure n°11 :	Plan d'implantation du merlon	

ANNEXES	
- Annexe 1 - Plan de localisation des sondages du diagnostic préliminaire de Ginger Environnement (mai 2004)	65
- Annexe 2 - Plan de localisation des sondages de l'étude complémentaire de pollution du sous-sol de SEMOFI (janvier 2008)	66
- Annexe 3 - Fiches d'échantillonnage de sols des zones 1 et HcT	67
- Annexe 4 - Certificats d'analyse de sol – Zones 1 et HcT	68
- Annexe 5 - Analyse du type d'Arochlor présent sur site	69
- Annexe 6 - Fiches d'échantillonnage de sols de la zone 4	70
- Annexe 7 - Certificats d'analyse de sol – Zone 4	71
- Annexe 8 - Limites d'une étude de pollution	72

1 Introduction

1.1 Contexte et objectifs

L'Établissement Public Foncier de Normandie et la Mairie de RANDONNAI, Maîtres d'ouvrages, se sont associés pour réaliser la réhabilitation du site de l'ancienne fonderie SFAR située à RANDONNAI (61) (cf. *figure 1*). Le site a été exploité de la fin du XIX^{ème} siècle à 1983, puis les superstructures ont été démantelées. Au commencement de la mission en 2007, c'était une friche industrielle recouverte des anciennes dalles et souterrains de la fonderie SFAR (cf. *figure 2*).

Le projet concerne la requalification du site de la SFAR de Randonnai (61) pour des activités tertiaires dont une zone d'activité commerciale l'aménagement de logements, d'aires engazonnées et de parkings.

Dans le cadre du réaménagement de cette friche, la société ATD été mandaté par l'EPF Normandie pour réaliser la déconstruction des infrastructures entre janvier et mai 2009.

Le projet d'aménagement utilisé pour l'étude est basé sur le plan de principe¹ (voir *figure 3*) fourni et daté de mars 2008 par INFRA SERVICES et acté par l'EPFN et la ville de Randonnai.

Lors des travaux de démolition, la société ATD a constaté de très fortes odeurs de pyralène au droit de l'ancien transformateur, localisé au nord-ouest du site de l'ancienne fonderie, et une ancienne cuve enterrée de 1 à 2 m³ a été identifiée lors des travaux de terrassement, comme présenté sur la *figure 3*.

Suite à ces découvertes, BURGEAP a conduit, à la demande de l'EPF Normandie, plusieurs campagnes d'investigations des sols au droit et au voisinage de l'ancien local transformateur, avec pour objectif final de délimiter l'extension de la contamination des sols par des PCB.

Par ailleurs, à la demande de l'EPF Normandie, BURGEAP a conduit des investigations complémentaires au droit de la zone 4, relative à l'emplacement d'une future plateforme commerciale ou de locaux de la mairie. L'objectif de ces investigations était d'évaluer la pollution résiduelle des sols en place dans le cadre du projet d'aménagement.

Ces investigations ayant mis en évidence un impact en PCB et en Hydrocarbures sur les sols, l'EPF Normandie a souhaité l'élaboration d'un plan de gestion de ces zones.

Le présent document, constituant le plan de gestion, présente le contexte environnemental du site, un historique de la zone impactée par des PCB, le schéma conceptuel de la zone impactée par des PCB, la définition des mesures de gestion de cette zone incluant une analyse des risques sur les zones PCB et HCT.

L'ensemble des données du plan de gestion objet du rapport BURGEAP, Rpe07057b du 26 mai 2009 sont utilisées, mais non reprises dans ce rapport, qui ne traite que des pollutions supplémentaires rencontrées lors des opérations de démantèlement du site.

Les paragraphes suivants présentent les résultats des différentes investigations réalisées par BURGEAP au droit et au voisinage de l'ancien poste transformateur au pyralène.

¹ Plan AVP – plan de principe de du nivellement de avril 2008

1.2 Méthodologie générale et réglementation

L'étude a été réalisée en s'appuyant sur les nouveaux textes et outils méthodologiques développés par le Ministère en charge de l'environnement relatifs à la prévention de la pollution des sols et à la gestion des sols pollués en France (note ministérielle du 8 février 2007 « sites et sols pollués – modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués ») et circulaires afférentes.

Enfin, l'étude a été réalisée sur la base des connaissances techniques et scientifiques à la date du rapport.

2 Présentation du site et projet de reconversion

Le projet concerne la requalification du site de la SFAR de Randonnai (61) pour des activités tertiaires dont une zone d'activité commerciale l'aménagement de logements, d'aires engazonnées et parkings.

Le projet d'aménagement basé sur le plan de principe¹ (voir *figure 3*) fourni et daté de mars 2008 par INFRA SERVICES et acté par l'EPFN et la ville de Randonnai, prévoit :

- une structure voirie-stationnement-trottoir dans le prolongement de la rue du Centre ;
- un bâtiment sans niveau de sous sol à usage de services publics (poste et maison médicale) et 5 logements ;
- élaboration d'un polygone de constructibilité en partie centre du site pour permettre l'accueil éventuel d'une supérette ou d'une mairie (dite zone 4) ;
- des espaces verts publics.

Une partie du site sera aménagée en espaces verts publics. A cet effet, des terres saines seront rapportées en remblaiement de surface.

Les cotes de terrassement ont été modifiées après la démolition des dalles en béton. Les cotes communiquées en mars 2008 (*voir figure 3*) étaient de :

- 244,61 m NGF en moyenne sous la voirie dans le prolongement de la rue du Centre ;
- 243,70 m NGF en moyenne correspondait au rez de chaussée prévisionnel du bâtiment d'une surface d'environ 440 m², divisé en trois parties : la poste, la maison médicale et 5 logements.

Compte tenu de la topographie du site (la cote du terrain étant comprise entre 248,60 m NGF et 244,50 m NGF), certaines zones devront être excavées et d'autres devront être remblayées afin d'atteindre un dénivelé acceptable en relation avec le projet. De ce fait, les hauteurs d'excavation varieront en fonction de la topographie du site.

Ce projet prévoit donc l'excavation des sols de surface actuellement présents sur une partie du site (principalement sous le bâtiment Orne Habitat en partie Nord et sous le futur polygone de constructibilité en partie centre du site), le déplacement des déblais dans les zones à remblayer et le recouvrement avec des matériaux rapportés sains au droit des futurs espaces verts et avec le revêtement spécifique au droit des voiries et des parkings.

¹ Plan AVP – plan de principe de du nivellement de avril 2008

3 Contexte environnemental

3.1 Situation géographique du site

Le site de l'ancienne fonderie SFAR est localisé sur la commune de Randonnai (61), le long de la route départementale RD 918 et s'étend sur 1 hectare environ. Il est la propriété de la commune de Randonnai et de la communauté de communes. Le site a été exploité de la fin du XIX^{ème} siècle à 1983, puis les superstructures ont été démantelées. . Au commencement de la mission en 2007, c'était une friche industrielle recouverte des anciennes dalles et souterrains de la fonderie SFAR (*cf. figure 2*).

3.2 Géologie et hydrogéologie

3.2.1 Contexte géologique

La série géologique rencontrée au droit du site sous les remblais est la suivante :

- limons à silex recouvrant les plateaux crayeux de la zone d'étude, son épaisseur est comprise entre 0,2 et 2 m. Cette couche est constituée de limons siltoargileux brun à silex géolifracés. Les limons à silex masquent souvent des limons ocres ou des limons très argileux plus anciens ;
- formation résiduelle à silex, constituée d'argile silteuse ou sableux ocre-rouge, grise, verte en couverture épaisse de 4 à 10 m ;
- sables du Perche : il s'agit de sables siliceux hétérométriques, blancs à ocres dont l'épaisseur peut atteindre 30 m. Cette formation constitue le principal réservoir d'eau souterraine de la région ;

On peut également noter la présence d'une faille traversant la commune de Randonnai au droit du site. Cette faille est orientée nord-ouest sud-est.

3.2.2 Rappel du contexte hydrogéologique et hydrologique

Le site est localisé en rive droite de l'Avre. D'après la Base de Données sur le Référentiel Hydrogéologique Français (BD RHF), elle appartient au système hydrogéologique « 036b1, la plaine de Saint André et Thimerais, entre l'Avre et l'Eure ». Ce système est constitué par la craie du Turonien.

D'un point de vue géologique, le site présente localement des remblais sur une épaisseur variable (comprise entre 0 et 3 mètres), puis de l'argile à silex sur une épaisseur d'environ 7 mètres. Les sables du Perche constituent le premier aquifère exploité dans la région. Ils renferment une nappe captive à semi-captive dont le toit au droit du site se situe vers 12 m de profondeur. La nappe des sables de Perche s'écoulerait vers la rivière l'Avre, soit dans une direction Nord-Nord Ouest.

Il existait deux puits de la SFAR sur le site exploités pour l'alimentation en eau industrielle, qui ont été neutralisés lors des travaux de déconstruction des bâtiments par ATD sous la maîtrise d'œuvre de BURGEAP, engagés de janvier à mai 2009.

La nappe des sables du Perche est peu vulnérable à une éventuelle contamination des sols au droit du site, compte tenu de la présence d'un horizon argileux sus-jacent.

3.3 Hydrologie

Le contexte hydrologique local se caractérise par la présence de la rivière l'Avre, qui s'écoule à 300 m au nord du site.

4 Investigations préalablement menées

Différentes études ont été conduites sur le site de la friche SFAR de Randonnai, préalablement à son démantèlement et désamiantage :

- Diagnostic préliminaire et Evaluation Simplifiée des Risques de la friche SFAR à Randonnai, dossier V002009CH/RN, Ginger Environnement, juillet 2004 ;
- Diagnostic approfondi et approche sanitaire des risques pour la santé humaine, rapport de synthèse VRN 6.0057 – B.06.02.0006, Ginger Environnement, 27 juin 2006 ;
- Etude complémentaire de pollution du sous-sol, dossier n°C08.2317, Sémofo, 17 avril 2008 ;
- Plan de gestion de l'ancienne fonderie SFAR de Randonnai, rapport Rpe07057b, BURGEAP, 26 mai 2008.

4.1 Présence potentielle de PCB

Le rapport de diagnostic préliminaire et l'Evaluation Simplifiée des Risques de la friche SFAR à Randonnai conduite par Ginger Environnement en juillet 2004 fait état de la présence d'un local transformateur. Ce dernier est situé à proximité du local compresseur dans lequel un sondage S1, profond de 4,5 m, a été réalisé en mai 2004 par Ginger Environnement. Les PCB ont été analysés dans l'échantillon de sol de ce sondage prélevé entre 2 et 3 m de profondeur, distant de 17 m environ du local transformateur. Les teneurs en PCB étaient inférieures à la limite de quantification du laboratoire d'analyse.

Le schéma d'implantation de ce sondage est présenté en **annexe 1**.

Lors de l'étude complémentaire de pollution du sous-sol de la friche SFAR de Randonnai par Sémofo en avril 2008, deux sondages dont l'un a été équipé en piézomètre ont été réalisés dans le bâtiment situé au sud de l'ancien local transformateur :

- SC1 jusqu'à la profondeur de 3 m ;
- Pz2 profond de 15 m.

Le schéma d'implantation de ces ouvrages est reporté en **annexe 2**.

Les paramètres PCB et métaux ont été analysés dans l'échantillon de sol du sondage SC1, prélevé entre 0,5 et 1 m de profondeur, présentant une texture limoneuse. Les teneurs en PCB de cet échantillon étaient inférieures à la limite de quantification du laboratoire (0,01 mg/Kg MS pour chaque PCB).

Les paramètres HcT¹, métaux², COHV³, CAV⁴, HAP⁵ et PCB⁶ ont été analysés dans l'échantillon d'eau souterraine prélevé dans le piézomètre Pz2. Les teneurs en ces différents composés étaient inférieures aux valeurs réglementaires (annexes I et II de l'arrêté du 11 janvier 2007) et/ou à la limite de quantification du laboratoire. Il n'a ainsi pas été détecté de PCB dans l'échantillon prélevé dans le piézomètre Pz2.

Les différents sondages réalisés au sud et à l'est de l'ancien poste transformateur lors du diagnostic préliminaire par Ginger Environnement en juillet 2004 et l'étude complémentaire de pollution du sous-sol par Sémofo en avril 2008, dont le plus proche est distant de 17 m de l'ancien local transformateur, n'ont pas mis en évidence de contamination du sol par des PCB ; les teneurs mesurées étant inférieures à la limite de quantification du laboratoire. **Toutefois aucun sondage n'a été réalisé dans ce local.**

1 HcT Hydrocarbures totaux

2 Métaux et métalloïdes (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Zn, Ni)

3 COHC Composés organo Halogénés Volatils

4 CAV Composés Aromatiques Volatils

5 HAP Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

6 Polychlorobiphényles

4.2 Origine des HcT

La Société des Fonderies et Ateliers de Randonnai (S.F.A.R.) disposait d'un récépissé de déclaration en date du 30 décembre 1955 l'autorisant à installer un dépôt de liquides inflammables de 2^{ème} catégorie d'une capacité totale de 9600 L constitué de 2 citernes de fioul de 1800 L et de 2 citernes de fioul de 3000 L (dépôt souterrain).

Le dossier de demande d'autorisation du 20 janvier 1976 par la SFAR visait entre autres à régulariser un dépôt de fioul domestique appartenant à la 2^{ème} classe des industries dangereuses, insalubres et incommodes (nomenclature définie par le décret du 20 mai 1953) et constitué de 3 cuves métalliques d'une capacité totale de 80 000 L.

Le fioul domestique utilisé sur le site de la SFAR servait à la production d'eau chaude destinée à la métallurgie, au chauffage des ateliers et des bureaux et à la production d'eau chaude sanitaire. Il était stocké jusqu'en 1960 dans 4 citernes enterrées de 9600 L. Elles ont ensuite été remplacées par 3 citernes de 80 000 L (2 de 25 000 L et 1 de 30 000 L) situées à proximité des bureaux. Elles étaient stockées dans un bac de rétention en béton.

Une recherche documentaire complémentaire a été conduite par Ginger Environnement en juin 2006 qui **n'a pas permis de localiser les 4 cuves enterrées de fioul datant des années 50-60** et remplacées par 3 citernes aériennes d'une capacité de 80 000 L. Ce rapport fait également mention de cuves de fuel sur la partie du site exploitée par la société CHAUMIER, spécialisée dans la location de matériel pour réception.

5 Investigations de sol réalisées en 2009

5.1 Présentation du programme des investigations

Dans le cadre des travaux de déconstruction et désamiantage de la friche SFAR de Randonnai, réalisés sous maîtrise d'œuvre BURGEAP, pour le compte de l'EPF Normandie, ces deux zones potentiellement impactées par des polluants ont été confirmées par l'observation d'anomalies olfactives à diagnostiquer : odeurs de pyralène au droit de l'ancien local transformateur et présence d'une cuve enterrée sur le site.

Dans le même temps, l'EPF Normandie a demandé à BURGEAP de mener des investigations complémentaires au droit de la zone 4 actuellement engazonnée après couverture de terres végétales de 30 cm. L'objectif de ces investigations était d'évaluer la pollution résiduelle des sols en place sous la couverture de terres végétales au droit de la zone 4, vouée à terme à l'aménagement d'une plateforme commerciale.

BURGEAP est donc intervenue pour des prélèvements et analyses, au droit de chaque zone, puis au-delà des zones pour cerner l'extension de l'impact :

Au niveau du local transformateur (cf. figure 4) :

- le 16 février 2009 pour la conduite de 4 fouilles (à 2 m de profondeur) à la pelle mécanique (deux au droit du tas de terres impactées odorant et deux en périphérie immédiate) et 6 prélèvements de sol pour analyse des PCB ;
- le 31 mars 2009 pour la réalisation de :
 - ✓ 7 fouilles à la pelle mécanique autour de la zone impactée par des PCB et 10 prélèvements de sol pour analyse des PCB ;
- le 14 avril 2009 pour la conduite de 16 fouilles à la pelle mécanique au droit de la zone 1 « Orne Habitat » dont :
 - ✓ 8 fouilles (à 1 m de profondeur) au voisinage de la zone impactée par des PCB et 12 prélèvements de sol pour analyse des PCB ;
 - ✓ 8 fouilles à l'est de la zone 1 « Orne Habitat » sur son emprise, 5 prélèvements de sol pour analyse des hydrocarbures totaux (C10-C40), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), hydrocarbures aromatiques volatils (BTEX) et métaux et métalloïdes dont trois pour analyses des PCB ;

Au niveau de la zone HCT (cf. figure 5) :

- le 31 mars 2009 pour la conduite de :
 - ✓ 5 fouilles à la pelle mécanique au droit et à proximité de la zone impactée par des hydrocarbures (C10-C40) et 6 prélèvements de sol pour analyse des hydrocarbures totaux (C10-C40), Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV), composés aromatiques volatils (BTEX), métaux et métalloïdes.

Au niveau de la zone 4 : plate forme commerciale (cf. figure 5):

- le 14 avril 2009
 - ✓ 9 fouilles devaient être implantées selon un maillage régulier d'une fouille pour 225 m² (15 m x 15 m). Cependant du fait de la présence de la société d'espaces verts sur le site, seules 7 fouilles ont pu être réalisées (à 1,5 m de profondeur), pour prélèvement de sols et analyses des hydrocarbures totaux (C10-C40), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), hydrocarbures aromatiques volatils (BTEX), COHV, solvants polaire et métaux et métalloïdes. Notons qu'une fouille (S220) a été prolongée à 2 m compte tenu des indices organoleptiques (odeur) constatés à 1,5 m.

Les coupes de sol sont disponibles en **annexe 3 et 6**. La localisation de ces fouilles est disponible sur les **figures 4,5 et 6**.

5.2 Valeurs de références retenues

Les résultats d'analyses des échantillons de sol ont été comparés aux valeurs de référence suivantes :

- pour les métaux et métalloïdes : comparaison aux teneurs mises en évidence dans les sols naturels ordinaires (sans anomalie géochimique) par l'INRA¹ (Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, 1997),
- pour les HAP, en l'absence de données locales, les valeurs de référence utilisées correspondent aux remblais urbains et sont extraites de l'ATSDR (Toxicological profile for PAHs, 2005),
- pour les autres substances : aucune valeur de référence n'a été utilisée. Nos commentaires ont reposé sur le constat d'absence/présence des composés en référence à des teneurs inférieures ou supérieures aux limites de quantification.

Les résultats d'analyses ont également été comparés aux teneurs mentionnées dans :

- l'arrêté du 15 mars 2006 fixant la liste des types de déchets inertes admissibles dans les installations de stockage de déchets inertes et les conditions d'exploitation de ces installations ;
- aux seuils habituellement utilisés par les centres d'enfouissement technique (catégories de terres A, B, C définies dans le **tableau 1**). Il est rappelé que l'arrêté du 15 mars 2006 définissant la liste des déchets inertes ne fait aucune référence aux teneurs en métaux sur bruts pour la Catégorie A. Toutefois, certains centres de stockage se sont fixés des critères plus pénalisant.

¹

Institut National de la Recherche Agronomique

Tableau n°1 : Caractéristiques des différentes catégories

Filière	Catégorie A	Catégorie B1	Catégorie B2	Catégorie C
Métaux	Résultats de lixiviation conformes aux seuils définis pour les déchets inertes dans l'arrêté du 15 mars 2006 ¹	[As]<120, [Cd]<60, [Cr]<7000, [Cu]<950, [Hg]<600, [Ni]<900, [Pb]<2000, [Zn]<9000, et résultats de lixiviation conformes aux seuils définis pour les déchets non dangereux dans la décision du conseil de l'Union Européenne du 19/12/02	[As]<120, [Cd]<60, [Cr]<7000, [Cu]<950, [Hg]<600, [Ni]<900, [Pb]<2000, [Zn]<9000, et résultats de lixiviation conformes aux seuils définis pour les déchets non dangereux dans la décision du conseil de l'Union Européenne du 19/12/02	[As]>120, [Cd]>60, [Cr]>7000, [Cu]>950, [Hg]>600, [Ni]>900, [Pb]>2000, [Zn]>9000, et résultats de lixiviation conformes aux seuils définis pour les déchets dangereux dans la décision du conseil de l'Union Européenne du 19/12/02
Somme des 16 HAP	[16 HAP] < 50 mg/kg	[16HAP] < 50 mg/kg	[16HAP] > 50 mg/kg	[16HAP] > 50 mg/kg
Somme des COHV	[COHV] < 2 mg/kg	[COV] < 10 mg/kg	[COV] > 10 mg/kg	[COHV] > 10 mg/kg
HCT	[HCT] < 500 mg/kg	[HCT] < 2 500 mg/kg	[HCT] > 2 500 mg/kg	[HCT] > 2 500 mg/kg
PCB	[PCB] < 1 mg/kg	[PCB] < 1 mg/kg	[PCB] < 1 mg/kg	[PCB] < 50 mg/kg
Somme des BTEX	[BTEX] < 6 mg/kg	[BTEX] < 30 mg/kg	[BTEX] > 30 mg/kg	[BTEX] > 30 mg/kg
Conditions supplémentaires	Absence d'indices organoleptiques de pollution (couleur noire, odeurs...)			

Nota : Classe A assimilable au ISDI ; Classe B1 assimilable au CSD ND ; classe B2 assimilable au biocentre ; classe C assimilable au CSDU

5.2.1 Stratégie et mode opératoire de prélèvement

Pour chacun des sondages, après avoir décrit la nature (structure et texture) et les caractéristiques organoleptiques (odeurs et couleurs) des terrains traversés et complété la fiche d'échantillonnage, l'ingénieur d'études de BURGEAP a procédé au prélèvement des échantillons de sols entre 0 et 2 mètres de profondeur maximum, pour caractériser les sols. Lors des missions de mars et d'avril 2009, les passes d'échantillonnage ont été faites tous les 50 centimètres, afin de caractériser au mieux d'extension verticale de la pollution.

Un niveau de sol a été jugé suspect lorsqu'il présentait des traces de souillures, des caractéristiques organoleptiques anormales (couleur, odeur, texture) ou qu'il contenait des matériaux suspects (morceaux de briquettes, mâchefers, sables de fonderie, ...). Une fois prélevé, chaque échantillon a été conditionné dans des flacons en Polyéthylène de 250 ml.

Les fiches de prélèvements des échantillons de sol, reprenant l'ensemble des observations organoleptiques, les mesures de terrain, les profondeurs d'échantillonnage ainsi que les coupes des terrains rencontrés sont disponibles en **annexe 3**.

5.2.2 Conservation des échantillons

Après description, conditionnement et étiquetage, les échantillons ont été stockés en glacière (avec des pains réfrigérés) à l'abri de la lumière jusqu'à leur arrivée au laboratoire, ou stockés en chambre froide à +4°C dans les locaux de BURGEAP.

¹ L'arrêté du 15 mars 2006 fixe la liste des types de déchets inertes admissibles dans les installations de stockage de déchets inertes et les conditions d'exploitation de ces installations.

5.2.3 Programme analytique

Les analyses de sols, menées conformément aux normes actuellement en vigueur, ont été réalisées par le laboratoire EUROFINS (accrédité COFRAC) et le laboratoire AGROLAB (accrédité COFRAC). Le **tableau 2** présente les échantillons analysés ainsi que les paramètres recherchés.

Tableau n°2 : Synthèse des analyses réalisées sur la zone PCB et le bâtiment Orne Habitat

	Echantillons	Analyses réalisées sur zone PCB et Orne Habitat						
		8 métaux ¹	HCT ²	HAP ³	COHV ⁴	BTEX ⁵	PCB ⁶	Bilan ISDI ⁷ sur lixiviat
Zone PCB	S1-1 [0-0,8 m]		X				X	
	S1-2 [0,8-2 m]		X				X	
	S2-1 [0-1 m]		X				X	
	S2-2 [1-2 m]		X				X	
	S3-1 [0-1 m]		X				X	
	S4-1 [0-1 m]		X				X	
	S101-1 [0-0,5 m]						X	
	S101-2 [0,5-1 m]						X	
	S102-1 [0-0,5 m]	X	X	X	X	X	X	X
	S102-2 [0,5-1 m]						X	
	S103-1 [0-0,5 m]						X	
	S104-1 [0-0,5 m]						X	
	S105-1 [0-0,5 m]						X	
	S105-2 [0-0,5 m]						X	
	S105-2 [0,5-1 m]						X	
	S106-1 [0-0,5 m]						X	
S107-1 [0-0,5 m]						X		
Zone PCB	S201-1 [0-0,5 m]						X	
	S201-2 [0,5-1 m]						X	
	S202-1 [0-0,5 m]						X	
	S202-2 [0,5-1 m]						X	
	S203-1 [0-0,5 m]						X	
	S203-2 [0,5-1 m]						X	
	S204-1 [0-0,5 m]						X	
	S204-2 [0,5-1 m]						X	
	S205-1 [0-0,5 m]						X	
	S206-1 [0-0,5 m]						X	
	S207-1 [0-0,5 m]						X	
S208-1 [0-1 m]						X		
Zone Orne Habitat	S209-1 [0-1 m]	X	X	X		X	X	X
	S210-1 [0-1 m]	X	X	X		X	X	
	S211-1 [0-1 m]						X	
	S212-1 [0-1 m]	X	X	X		X	X	
	S213-1 [0-1 m]	X	X	X		X	X	

¹ Métaux et métalloïdes (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Zn, Ni)

² Hydrocarbures totaux

³ Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

⁴ Composés Organo-Halogénés Volatils

⁵ Benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes

⁶ Polychlorobiphényles

⁷ Sur sol brut : matière sèche, HAP, BTEX, PCB, HcT, COT

Sur éluats : bilan 12 métaux, chlorures, fluorures, sulfates, indice phénols, COT, fraction soluble

	S214-1 [0-1 m]					X	
	S215-1 [0-1 m]	X	X	X		X	X
	S216-1 [0-1 m]					X	

Tableau n°2 bis : Synthèse des analyses réalisées sur la zone cuve enterrée

Echantillons	Analyses réalisées sur la zone cuve enterrée						
	8 métaux ¹	HCT ²	HAP ³	COHV ⁴	BTEX ⁵	PCB ⁶	Bilan ISDI ⁷ sur lixiviat
S109-1 [0-1 m]	X	X	X	X	X		
S109-2 [1-2 m]	X	X	X	X	X		
S110-1 [0-1 m]	X	X	X	X	X	X	X
S111-1 [0-1 m]	X	X	X	X	X		
S112-1 [0-1 m]	X	X	X	X	X		

Sur la zone 4, le programme analytique était un peu différent du fait de la présence future de la zone commerciale, le programme a été axé sur la recherche des composés volatils.

Tableau n°2 ter : Synthèse des analyses réalisées sur la zone 4

Echantillons	Analyses réalisées					
	Solvants polaires	HCT ⁸	HAP ⁹	COHV ¹⁰	BTEX ¹¹	alcool
S220-2 [1-1,5 m]	X			X	X	X
S220-3 [1,5-2 m]	X			X	X	X
S221-2 [1-1,5 m]		X	X			
S222-2[1-1,5 m]		X	X			

¹ Métaux et métalloïdes (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Zn, Ni)

² Hydrocarbures totaux

³ Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

⁴ Composés Organo-Halogénés Volatils

⁵ Benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes

⁶ Polychlorobiphényles

⁷ Sur sol brut : matière sèche, HAP, BTEX, PCB, HcT, COT

⁸ Sur éluats : bilan 12 métaux, chlorures, fluorures, sulfates, indice phénols, COT, fraction soluble

⁸ Hydrocarbures totaux

⁹ Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

¹⁰ Composés Organo-Halogénés Volatils

¹¹ Benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes



5.3 Résultats des analyses & interprétation

5.3.1 Constat d'impact sur la zone PCB et Orne Habitat

Une synthèse des résultats des analyses de PCB sur les sols bruts et éluats est présentée respectivement dans **les tableaux 3 et 4** ci-après. Les bordereaux d'analyses des sols du laboratoire sont présentés en **annexe 4**.

Site	Profondeur (cm)	Matériau	PCB (µg/g)	Orne (µg/g)	Interprétation
1	0-5	Sol	...	...	...
1	5-10	Sol	...	...	...
1	10-15	Sol	...	...	...
1	15-20	Sol	...	...	...
1	20-25	Sol	...	...	...
1	25-30	Sol	...	...	...
1	30-35	Sol	...	...	...
1	35-40	Sol	...	...	...
1	40-45	Sol	...	...	...
1	45-50	Sol	...	...	...
1	50-55	Sol	...	...	...
1	55-60	Sol	...	...	...
1	60-65	Sol	...	...	...
1	65-70	Sol	...	...	...
1	70-75	Sol	...	...	...
1	75-80	Sol	...	...	...
1	80-85	Sol	...	...	...
1	85-90	Sol	...	...	...
1	90-95	Sol	...	...	...
1	95-100	Sol	...	...	...
2	0-5	Sol	...	...	...
2	5-10	Sol	...	...	...
2	10-15	Sol	...	...	...
2	15-20	Sol	...	...	...
2	20-25	Sol	...	...	...
2	25-30	Sol	...	...	...
2	30-35	Sol	...	...	...
2	35-40	Sol	...	...	...
2	40-45	Sol	...	...	...
2	45-50	Sol	...	...	...
2	50-55	Sol	...	...	...
2	55-60	Sol	...	...	...
2	60-65	Sol	...	...	...
2	65-70	Sol	...	...	...
2	70-75	Sol	...	...	...
2	75-80	Sol	...	...	...
2	80-85	Sol	...	...	...
2	85-90	Sol	...	...	...
2	90-95	Sol	...	...	...
2	95-100	Sol	...	...	...

Site	Profondeur (cm)	Matériau	PCB (µg/g)	Orne (µg/g)	Interprétation
1	0-5	Sol	...	...	...
1	5-10	Sol	...	...	...
1	10-15	Sol	...	...	...
1	15-20	Sol	...	...	...
1	20-25	Sol	...	...	...
1	25-30	Sol	...	...	...
1	30-35	Sol	...	...	...
1	35-40	Sol	...	...	...
1	40-45	Sol	...	...	...
1	45-50	Sol	...	...	...
1	50-55	Sol	...	...	...
1	55-60	Sol	...	...	...
1	60-65	Sol	...	...	...
1	65-70	Sol	...	...	...
1	70-75	Sol	...	...	...
1	75-80	Sol	...	...	...
1	80-85	Sol	...	...	...
1	85-90	Sol	...	...	...
1	90-95	Sol	...	...	...
1	95-100	Sol	...	...	...
2	0-5	Sol	...	...	...
2	5-10	Sol	...	...	...
2	10-15	Sol	...	...	...
2	15-20	Sol	...	...	...
2	20-25	Sol	...	...	...
2	25-30	Sol	...	...	...
2	30-35	Sol	...	...	...
2	35-40	Sol	...	...	...
2	40-45	Sol	...	...	...
2	45-50	Sol	...	...	...
2	50-55	Sol	...	...	...
2	55-60	Sol	...	...	...
2	60-65	Sol	...	...	...
2	65-70	Sol	...	...	...
2	70-75	Sol	...	...	...
2	75-80	Sol	...	...	...
2	80-85	Sol	...	...	...
2	85-90	Sol	...	...	...
2	90-95	Sol	...	...	...
2	95-100	Sol	...	...	...

Tableau n°4 : Résultats d'analyse sur éluats – zone PCB et Orne Habitat

Paramètres	Unité	Echantillon de sol			Valeurs limites d'admission en décharge CATEGORIE A	Valeurs limites d'admission en décharge CATEGORIE B1	Valeurs limites d'admission en décharge CATEGORIE C
		ZONE PCB	ZONE ORNE-HABITAT				
		S102-1	S209-1	S215-1			
pH	-	8,1	8,8	9,97	nd	nd	nd
Conductivité corrigée à 25°C	µS/cm	122	117	150	nd	nd	nd
Fraction soluble sur éluat : résultat calculé	mg/kg MS	10 400	110	1300	4 000	60 000	100 000
Résultats calculés : Indices de pollution							
Carbone organique total	mg/kg Ms	180	230	120	500	800	1 000
Fluorures	mg/kg Ms	<5,09	5,7	6,3	10	150	500
Chlorures	mg/kg Ms	n.a.	n.a.	n.a.	nd	15 000	25 000
Sulfates	mg/kg Ms	n.a.	n.a.	n.a.	nd	20 000	50 000
Indice phénol	mg/kg Ms	<0,10	< 0,010	<0,010	1	nd	nd
Résultats calculés : Métaux							
Antimoine	mg/kg Ms	0,038	<0,05	<0,05	0,06	0,7	5
Arsenic	mg/kg Ms	<0,20	<0,05	<0,050	0,5	2	25
Baryum	mg/kg Ms	2,94	<0,10	<0,10	20	100	300
Cadmium	mg/kg Ms	<0,002	<0,0010	<0,0010	0,04	1	5
Chrome total	mg/kg Ms	<0,10	<0,020	<0,020	0,5	10	70
Cuivre	mg/kg Ms	<0,20	0,047	0,045	2	50	100
Mercure	mg/kg Ms	<0,001	< 0,00030	<0,00030	0,01	0,2	2
Molybdène	mg/kg Ms	<0,10	< 0,050	<0,050	0,5	10	30
Nickel	mg/kg Ms	<0,10	< 0,050	<0,050	0,4	10	40
Plomb	mg/kg Ms	0,2	< 0,050	<0,050	0,5	10	50
Selenium	mg/kg Ms	<0,020	0,066	<0,050	0,1	0,5	7
Zinc	mg/kg Ms	1,46	<0,02	<0,02	4	50	200
nd = non définie ; pvl = pas de valeur limite Valeurs d'admission d'après les valeurs du Journal Officiel des Communautés Européennes du 19/12/02 et d'après la circulaire ministérielle du 15 mars 2006 relative aux déchets inertes							

 Concentrations supérieures aux critères d'acceptation des terres en catégorie A

 Concentrations supérieures aux critères d'acceptation des terres en catégorie B1

La présence de PBC a été mise en évidence sur 32 échantillons à des teneurs supérieures aux seuils de détection du laboratoire (sur 35 échantillons analysés), dont 16 sont supérieures au seuil de mise en décharge de déchets non dangereux (1 mg/kg).

Par ailleurs, des odeurs de pyridine et/ou de pyralène ont été détectées dans les échantillons de sol S1-1 à une profondeur comprise entre 0 et 0,5 m, et S205 à une profondeur comprise entre 0,5 et 1 m. Seuls 4 échantillons présentent des teneurs supérieures aux seuils d'acceptation en centre de classe C (CSDU).

Des dépassements des valeurs de bruit de fond ont également été mis en évidence :

- **en hydrocarbures (HcT : C10-C40) sur 11 échantillons parmi les 12 analysés**, cependant toutes les teneurs sont inférieures au seuil de mise en centre de stockage pour déchets inertes (500 mg/kg MS) ;
- **en métaux (cuivre et/ou plomb) sur 4 des 6 échantillons analysés**, , avec des concentrations en cuivre et plomb, comprises respectivement entre 30 et 53 mg/kg MS et entre 52 et 58 mg/kg MS.

Les teneurs en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP – 16 de la liste US-EPA), composés organo-halogénés volatils (COHV), BTEX prélevés et analysés sont inférieures aux valeurs de référence retenues.

Les résultats des analyses sur lixiviat de trois échantillons de sol ont mis en évidence :

- aucun dépassement des seuils sur éluats de mise en centre de stockage pour déchets inertes pour les échantillons S209-1 et S215-1 ;

- un dépassement du seuil de mise en centre de stockage pour déchets inertes sur le paramètre fraction soluble pour l'échantillon S102-1, sans dépassement du seuil de mise en centre de stockage pour déchets non dangereux.

Le congénère PCB 153 est présent majoritairement dans les échantillons analysés, ceci indique la présence d'un mélange de PCB à teneurs en chlore élevées sur le site de la SFAR de Randonnai ; à savoir des PCB très peu solubles et peu volatils.

Par ailleurs une analyse du type d'Arochlor du mélange de PCB présent sur le site de la SFAR de Randonnai à partir d'un algorithme prenant en compte l'analyse des 7 congénères réglementaires a été conduite (les résultats sont présentés en annexe 5. Une synthèse est présentée dans le tableau 5 ci-après pour les terres les plus impactées en PCB.

Tableau n°5 : Concentration en PCB Arochlor des sols les plus impactés sur la friche SFAR de Randonnai

Echantillon	S2-1	S102-1	S104-1	S205-1	S207-1
Profondeur (m)	0-1	0-0,5	0-0,5	0-0,5	0-0,5
PCB 7 congénères (mg/kg)	100	70	67	78	37
Type d'Arochlor : algorithme à partir de l'analyse des 7 congénères					
PCB Arochlor 1242 (mg/kg)	1,8	5,1	6,4	13	3,9
PCB Arochlor 1254 (mg/kg)	53	<0,10	5,1	<0,1	6,8
PCB Arochlor 1260 (mg/kg)	300	190	180	240	100

La proportion de PCB Arochlor 1260 est prépondérante ; elle représente entre 84,6 % et 97,3 % des types de mélanges Arochlor identifiés sur le site.

Une cartographie des résultats des analyses en PCB supérieures au seuil de mise en centre de stockage pour déchets inertes (1 mg/kg MS) au droit et dans l'environnement de l'ancien local transformateur est reportée sur la figure 7.

5.3.2 Constat d'impact sur la zone de la cuve enterrée

Une synthèse des résultats des analyses de sol sur brut et éluats est présentée dans le tableau 6 ci-après. Les bordereaux d'analyses des sols du laboratoire sont présentés en annexe 3.

Tableau n°6 : Résultats d'analyse sur sol brut – zone cuve enterrée

Prélèvements	Unité	Echantillons prélevés					Valeur de référence				
		S109-1	S109-2	S110-1	S111-1	S112-1	Bruit de fond	Valeur limite de catégorie A (mg/kg)	Valeur limite de catégorie B1 (mg/kg)	Valeur limite de catégorie B2 (mg/kg)	Valeur limite de catégorie C (mg/kg)
Profondeur d'échantillonnage	m	0-1	1-2	0-1	0-1	0-1					
Lithologie		Argile grise et sable marron	Argile grise légèrement sableuse, très nombreux sites	Argile verte à noire d'hydrocarbures	Terre argileuse à sable marron	Terre argileuse très compacte et très humide, très nombreux sites					
Paramètres	%	83,5	79,8	77,5	82,6	79,8					
Matière sèche	%	83,5	79,8	77,5	82,6	79,8					
Hydrocarbures totaux											
C10-C16	mg/kg MS	20,3	<4	160	25,3	12,2	L.O.	-	-	-	-
C16-C22	mg/kg MS	49,9	12,8	5490	88,6	491	L.O.	-	-	-	-
C22-C30	mg/kg MS	85,8	68,9	33700	245	2670	L.O.	-	-	-	-
C30-C40	mg/kg MS	96,7	38,7	17900	208	1510	L.O.	-	-	-	-
HC (C10-C40)	mg/kg MS	253	121	57300	567	4690	L.O.	v<500	500 cv<2 500	v>2 500	v>2 500
COV											
Dichlorométhane	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	L.O.	-	-	-	-
Trichlorométhane	mg/kg MS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	L.O.	-	-	-	-
Tétrachlorométhane	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	L.O.	-	-	-	-
Trichloroéthylène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	L.O.	-	-	-	-
Tétrachloroéthylène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	L.O.	-	-	-	-
1,1-dichloroéthane	mg/kg MS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	L.O.	-	-	-	-
1,2-dichloroéthane	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	L.O.	-	-	-	-
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg MS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	L.O.	-	-	-	-
1,1,2-trichloroéthane	mg/kg MS	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	L.O.	-	-	-	-
Cis-1,2-dichloroéthylène	mg/kg MS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	L.O.	-	-	-	-
Trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg MS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	L.O.	-	-	-	-
Chlorure de vinyle	mg/kg MS	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	L.O.	-	-	-	-
1,1-dichloroéthylène	mg/kg MS	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	L.O.	-	-	-	-
Bromochlorométhane	mg/kg MS	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	L.O.	-	-	-	-
Dibromométhane	mg/kg MS	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	L.O.	-	-	-	-
Bromodichlorométhane	mg/kg MS	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	L.O.	-	-	-	-
Dibromochlorométhane	mg/kg MS	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	L.O.	-	-	-	-
1,2-dibromométhane	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	L.O.	-	-	-	-
Tribromométhane	mg/kg MS	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	L.O.	-	-	-	-
Benzène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	L.O.	-	-	-	-
Toluène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	L.O.	-	-	-	-
Ethylbenzène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	L.O.	-	-	-	-
p-xylyène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	L.O.	-	-	-	-
m-p-xylyène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	L.O.	-	-	-	-
BTEX totaux	mg/kg MS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.a.	L.O.	v<6	6 cv<30	v>30	v>30
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)											
Naphthalène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,05	0,99	<0,05	0,15	-	-	-	-
Acénaphthylène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-	-	-	-
Acénaphthène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-	-	-	-
Fluorène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	0,06	<0,05	<0,05	-	-	-	-	-
Phénanthrène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	0,25	0,21	<0,05	-	-	-	-	-
Anthracène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	0,08	0,07	<0,05	-	-	-	-	-
fluoranthène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,05	0,24	<0,05	-	-	-	-	-
pyrène	mg/kg MS	<0,05	0,05	<0,05	0,24	<0,05	-	-	-	-	-
benzo(a)anthracène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,26	0,17	<0,31	-	-	-	-	-
chryène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,26	0,2	<0,31	-	-	-	-	-
benzo(a)pyrène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,26	0,18	<0,31	-	-	-	-	-
dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,26	<0,05	<0,31	-	-	-	-	-
benzo(g)hépérylène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,26	0,1	<0,31	-	-	-	-	-
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	<0,26	0,11	<0,31	-	-	-	-	-
benzo(b+k)fluoranthène	mg/kg MS	<0,10	<0,10	<0,52	0,43	<0,63	-	-	-	-	-
HAP totaux	mg/kg MS	<0,8	0,8	2,72	2,24	<2,89	25	v<50	v<50	v>50	v>50
Métaux											
Arsenic	mg/kg MS	9,11	9,82	10	12,6	12,3	1-25	-	-	v>120	v>120
Cadmium	mg/kg MS	<1,0	<1,0	<1,01	<0,1	<1,0	0,05<0,45	-	-	v>60	v>60
Chrome	mg/kg MS	29,6	30,1	72,7	27,9	31,7	10-90	-	-	v>7000	v>7000
Cuivre	mg/kg MS	13,1	<5	14,8	43,3	<5,0	2-20	-	-	v>950	v>950
Nickel	mg/kg MS	7,02	3,1	19,7	13,2	5,03	2-60	-	-	v>900	v>900
Piomb	mg/kg MS	43,9	15,5	57,7	88,7	27,4	9-50	-	-	v>2000	v>2000
Zinc	mg/kg MS	50,4	6,15	136	163	12,4	10-100	-	-	v>9000	v>9000
Mercur	mg/kg MS	0,2	<0,1	<0,10	0,16	0,14	0,02-0,2	-	-	v>600	v>600
Polychlorobiphényles											
PCB 28	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,02	n.a.	n.a.	L.O.	-	-	-	-
PCB 52	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,02	n.a.	n.a.	L.O.	-	-	-	-
PCB 101	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,05	n.a.	n.a.	L.O.	-	-	-	-
PCB 118	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,02	n.a.	n.a.	L.O.	-	-	-	-
PCB 153	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,08	n.a.	n.a.	L.O.	-	-	-	-
PCB 138	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,06	n.a.	n.a.	L.O.	-	-	-	-
PCB 180	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,05	n.a.	n.a.	L.O.	-	-	-	-
Somme des PCB	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,3	n.a.	n.a.	L.O.	v<1	v<1	v<1	1 cv<50

- Présence d'indices organoélétriques
- Concentrations supérieures au bruit de fond
- Concentrations supérieures aux critères d'acceptation des terres en catégorie A
- Concentrations supérieures aux critères d'acceptation des terres en catégorie B1
- Concentrations supérieures aux critères d'acceptation des terres en catégorie B2
- Concentrations supérieures aux critères d'acceptation des terres en catégorie C

L'examen et l'analyse de l'ensemble de ces résultats sur brut mettent en évidence des constats d'impact en hydrocarbures totaux (C10-C40) :

- **au droit de la zone de l'ancienne cuve d'hydrocarbures (S110)**, à une profondeur comprise entre 0 et 1 m, à des teneurs en HcT de 57 300 mg/kg MS ;
- **au nord de l'ancien stockage (S112)**, à une profondeur comprise entre 0 et 1 m, à des teneurs en HcT de 4690 mg/kg MS ;
- **à l'ouest de l'ancien stockage (S111)**, à une profondeur comprise entre 0 et 1 m, à des teneurs en HcT de 567 mg/kg MS.

L'analyse de la coupe pétrolière des hydrocarbures des échantillons met en évidence la présence majoritaire des coupes pétrolières C22-C30 et C30-C40 (fractions lourdes), laissant supposer la présence de fioul.

Par ailleurs, des dépassements des valeurs de bruit de fond ont été mis en évidence :

- en métaux (cuivre et/ou plomb et zinc) au droit des sondages S110-1 et S111-2, au droit et au nord de l'ancienne cuve d'hydrocarbures;
- en PCB sur l'échantillon S110-1, au droit de l'ancienne cuve d'hydrocarbures.

Les teneurs en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP – 16 de la liste US-EPA), composés organo-halogénés volatils (COHV), BTEX prélevés et analysés sont inférieures aux valeurs de référence retenues.

Le tableau suivant présente les résultats d'analyses obtenus sur l'analyse du lixiviats de l'échantillon 110-1, le seul de cette zone présentant un impact manifeste par les hydrocarbures et les métaux.

Tableau n°7 : Résultats d'analyse sur éluats – zone cuve enterrée

Paramètres	Unité	Echantillon de sol	Valeurs limites d'admission en décharge CATEGORIE A	Valeurs limites d'admission en décharge CATEGORIE B1	Valeurs limites d'admission en décharge CATEGORIE C
		S110-1			
pH	-	8,9	nd	nd	nd
Conductivité corrigée à 25°C	µS/cm	278	nd	nd	nd
Fraction soluble sur éluat : résultat calculé	mg/kg MS	2980	4 000	60 000	100 000
Résultats calculés : Indices de pollution					
Carbone organique total	mg/kg Ms	200	500	800	1 000
Fluorures	mg/kg Ms	6,65	10	150	500
Chlorures	mg/kg Ms	n.a.	nd	15 000	25 000
Sulfates	mg/kg Ms	n.a.	nd	20 000	50 000
Indice phénol	mg/kg Ms	0,23	1	nd	nd
Résultats calculés : Métaux					
Antimoine	mg/kg Ms	0,024	0,06	0,7	5
Arsenic	mg/kg Ms	<0,20	0,5	2	25
Baryum	mg/kg Ms	1,79	20	100	300
Cadmium	mg/kg Ms	<0,002	0,04	1	5
Chrome total	mg/kg Ms	<0,10	0,5	10	70
Cuivre	mg/kg Ms	<0,20	2	50	100
Mercure	mg/kg Ms	<0,001	0,01	0,2	2
Molybdène	mg/kg Ms	<0,10	0,5	10	30
Nickel	mg/kg Ms	<0,10	0,4	10	40
Plomb	mg/kg Ms	<0,10	0,5	10	50
Selenium	mg/kg Ms	<0,020	0,1	0,5	7
Zinc	mg/kg Ms	<0,50	4	50	200
nd = non définie ; pvl = pas de valeur limite Valeurs d'admission d'après les valeurs du Journal Officiel des Communautés Européennes du 19/12/02 et d'après la circulaire ministérielle du 15 mars 2006 relative au déchets inertes					

 Concentrations supérieures aux critères d'acceptation des terres en catégorie A

 Concentrations supérieures aux critères d'acceptation des terres en catégorie B1

Les résultats des analyses sur lixiviat entreprises sur un échantillon au droit de la zone d'implantation de l'ancienne cuve (S110-1) n'ont pas mis en évidence des dépassements des seuils de mise en centre de stockage pour déchets inertes sur ces paramètres. Néanmoins, les teneurs élevées sur brut en HcT de 57300 mg/kg MS autoriseraient leur acceptation en centre de revalorisation, de stockage pour déchets dangereux ou en centre de désorption thermique.

Une nappe perchée a été mise en évidence au droit du radier de l'ancienne cuve d'hydrocarbures qui présente des irisations d'hydrocarbures.

Une cartographie des résultats d'analyse dépassant les seuils de mise en centre de stockage pour déchets inerte est présentée à la **figure 8**.

5.3.3 Qualité des sols sur la zone 4

Une synthèse des résultats des analyses de sol est présentée dans **le tableau 8** ci-après. Les bordereaux d'analyses des sols du laboratoire sont présentés en **annexe 7**. Une cartographie des résultats d'analyse dépassant les seuils de mise en centre de stockage pour déchets inerte est présentée à la **figure 9**.

Tableau n°8 : Résultats d'analyse sur sol brut – zone 4

Cf. page suivante.

Prélèvements	Unité	Echantillons prélevés				Bruit de fond	Valeur de référence			
		S220-2	S220-3	S221-2	S222-2		Valeur limite de catégorie A (mg/kg)	Valeur limite de catégorie B1 (mg/kg)	Valeur limite de catégorie B2 (mg/kg)	Valeur limite de catégorie C (mg/kg)
Profondeur d'échantillonnage	m	1-1,5	1,5-2	1-1,5	1-1,5					
Lithologie		Argile limoneuse à très nombreux silex	Argile limoneuse à très nombreux silex	sable et limon légèrement humide	sable et limon					
Paramètres										
Matière sèche	%	81,6	81,4	81,9	83					
Hydrocarbures totaux										
C10-C12	mg/kg MS	n.a.	n.a.	13	7	L.Q.	-	-	-	-
C12-C16	mg/kg MS	n.a.	n.a.	110	42	L.Q.	-	-	-	-
C16-C20	mg/kg MS	n.a.	n.a.	130	88	L.Q.	-	-	-	-
C20-C24	mg/kg MS	n.a.	n.a.	110	140	L.Q.	-	-	-	-
C24-C28	mg/kg MS	n.a.	n.a.	43	200	L.Q.	-	-	-	-
C28-C32	mg/kg MS	n.a.	n.a.	46	190	L.Q.	-	-	-	-
C32-C36	mg/kg MS	n.a.	n.a.	31	120	L.Q.	-	-	-	-
C36-C40	mg/kg MS	n.a.	n.a.	12	49	L.Q.	-	-	-	-
HCT (C10-C40)	mg/kg MS	n.a.	n.a.	496	649	L.Q.	v<500	500<v<2 500	v>2 500	v>2 500
COV										
Dichlorométhane	mg/kg MS	<0,10	<0,05	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Trichlorométhane	mg/kg MS	<0,10	<0,10	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Tétrachlorométhane	mg/kg MS	<0,10	<0,05	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Trichloroéthylène	mg/kg MS	<0,10	<0,05	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Tétrachloroéthylène	mg/kg MS	<0,10	<0,05	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
1,1-dichloroéthane	mg/kg MS	<0,10	<0,10	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
1,2-dichloroéthane	mg/kg MS	<0,10	<0,05	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg MS	<0,10	<0,10	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
1,1,2-trichloroéthane	mg/kg MS	<0,10	<0,20	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Cis-1,2-dichloroéthylène	mg/kg MS	<0,10	<0,10	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg MS	<0,10	<0,10	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Chlorure de vinyle	mg/kg MS	<0,02	<0,02	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
1,1-dichloroéthylène	mg/kg MS	<0,10	<0,10	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Benzène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Toluène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Ethylbenzène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
o-xylène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
m+p-xylène	mg/kg MS	<0,20	<0,05	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
BTEX totaux	mg/kg MS	n.d.	n.d.	n.a.	n.a.	L.Q.	v<6	6<v<30	v>30	v>30
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)										
Naphtalène	mg/kg MS	<0,20	<0,10	0,11	0,25	0,15	-	-	-	-
Acénaphthylène	mg/kg MS	n.a.	n.a.	<0,05	<0,5	-	-	-	-	-
Acénaphthène	mg/kg MS	n.a.	n.a.	<0,05	<0,05	-	-	-	-	-
Fluorène	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,083	0,036	-	-	-	-	-
Phénanthrène	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,59	0,34	-	-	-	-	-
Anthracène	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,065	0,051	-	-	-	-	-
fluoranthène	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,33	0,25	-	-	-	-	-
pyrène	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,24	<0,50	-	-	-	-	-
benzo(a)anthracène	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,13	<0,20	-	-	-	-	-
chrysène	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,21	<0,20	-	-	-	-	-
benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,16	0,24	-	-	-	-	-
benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,073	0,088	-	-	-	-	-
benzo(a)pyrène	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,11	0,14	-	-	-	-	-
di(benzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,016	0,028	-	-	-	-	-
benzo(ghi)peryène	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,09	0,13	-	-	-	-	-
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	mg/kg MS	n.a.	n.a.	0,088	0,13	-	-	-	-	-
HAP totaux	mg/kg MS	n.a.	n.a.	2,3	1,7	25	v<50	v<50	v>50	v>50
Alcools										
Ethanol	mg/kg MS	<0,50	<0,50	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Isobutanol	mg/kg MS	<0,10	<0,10	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Isopropanol	mg/kg MS	<0,20	<0,20	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Méthanol	mg/kg MS	<2,0	<2,0	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
sec-Butanol	mg/kg MS	<0,10	<0,10	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
n-Butanol	mg/kg MS	<0,10	<0,10	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
n-Propanol	mg/kg MS	<0,20	<0,20	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
tert-Butanol	mg/kg MS	<0,10	<0,10	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Solvants polaires										
Acétonitrile	mg/kg MS	<0,20	<0,20	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Acétone	mg/kg MS	<0,10	<0,10	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Diéthyléther	mg/kg MS	<0,10	<0,10	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Méthyl-Ethyl-Cétone	mg/kg MS	<0,10	<0,10	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Tétrahydrofurane	mg/kg MS	<0,10	<0,10	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
1,4-Dioxane	mg/kg MS	<0,20	<0,20	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-
Méthyl-isobutyl-cétone	mg/kg MS	<0,10	<0,10	n.a.	n.a.	L.Q.	-	-	-	-

- Concentrations supérieures au bruit de fond
- Concentrations supérieures aux critères d'acceptation des terres en catégorie A
- Concentrations supérieures aux critères d'acceptation des terres en catégorie B1
- Concentrations supérieures aux critères d'acceptation des terres en catégorie B2
- Concentrations supérieures aux critères d'acceptation des terres en catégorie C

Des indices organoleptiques de contamination ont été mis en évidence dans la partie centrale de la zone 4 :

- Forte odeur de solvants (S220 [1-1,5 m]) ;
- Très légère odeur et couleur d'hydrocarbures (S221 [1-1,5 m]) ;
- Très légère odeur d'hydrocarbures (S222 [1-1,5 m]).

L'examen et l'analyse de l'ensemble de ces résultats sur brut mettent en évidence la présence d'hydrocarbures totaux (C10-C40) :

- **au droit du sondage S222**, dans la partie centre est de la zone 4, à une profondeur comprise entre 1 et 1,5 m, à une teneur de **849 mg/kg MS**, supérieure au seuil de mise en centre de stockage pour déchets inertes (ISDI) mais inférieure à la saturation résiduelle (près de 5 à 10 fois inférieure) ;
- **au droit du sondage S221**, dans la partie centrale de la zone 4, à une profondeur comprise entre 1 et 1,5 m, à une teneur en **HcT de 496 mg/kg MS**, très proche du seuil de mise en centre de stockage pour déchets inertes (ISDI).

Par ailleurs, des dépassements des valeurs de bruit de fond ont été mis en évidence en naphthalène, au droit du sondage S222, dans la partie centre est de la zone 4, à une profondeur comprise entre 1 et 1,5 m, à une teneur de 0,25 mg/kg MS.

Les teneurs en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP – 16 de la liste US-EPA), composés organo-halogénés volatils (COHV), BTEX, solvants polaires et alcools prélevés et analysés sont inférieures aux valeurs de référence retenues.

6 Mesures de gestion envisageables

6.1 Schéma conceptuel

La combinaison entre l'état de pollution du site, son environnement, ses impacts et le projet de réaménagement prévu conduit à l'établissement du schéma conceptuel initial présenté en **figure 10**. Seule la présence concomitante d'une source, d'un vecteur et d'une cible pouvant conduire à un risque.

Le schéma conceptuel constitue le point de départ du plan de gestion dans la mesure où l'objectif d'une telle démarche est de gérer les pollutions et les risques potentiels induits. Il repose sur le plan d'aménagement envisagé détaillé ci-après.

Le projet prévu par la société EPF Normandie comprend la réalisation d'un ensemble d'immeubles d'habitations collectives, d'une agence postale, d'un cabinet médical, de parking et d'aires engazonnées. Globalement on peut retenir la présence de polluants superficiels localisés en deux zones sur le site :

- présence probable d'une source primaire de PCBs dans les sols au droit de l'ancien transformateur et du bâtiment de la zone Orne,
- présence avérée d'une source d'hydrocarbures à faible profondeur, au droit de l'ancienne cuve enterrée.

La circulaire du 8 février 2007, relative aux « modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués » précise que lors de la mise à l'arrêt définitif des installations, « les dispositions introduites par la loi du 30 juillet 2003 organisent une concertation entre l'exploitant, les collectivités et le propriétaire pour le choix de l'usage futur du site des installations définitivement mises à l'arrêt. Pour les sites industriels isolés enclavés

dans un tissu urbanisé, l'objectif est, de prévoir les types d'usage sur l'espace ainsi libéré pour permettre de le rendre cohérent avec le tissu urbain »²⁹.

Le paragraphe 4.1.1 de l'annexe 2³⁰, relatif à la maîtrise des sources de pollution, stipule en outre que « lorsque des pollutions concentrées sont identifiées [...], la priorité consiste d'abord à extraire ces pollutions concentrées, généralement circonscrites à des zones limitées, et non pas à engager des études pour justifier leur maintien en place. ».

Dans ce cadre, ce plan de gestion prévoit l'excavation de la zone polluée par du PCBs à proximité du local transformateur et l'élimination des hydrocarbures à proximité de la cuve enterrée. Les paragraphes suivants détaillent les mesures de gestion proposées ; l'analyse des risques résiduels permettra de proposer des seuils de réhabilitation cohérents avec le projet envisagé.

6.2 Gestion des risques de migration de la pollution

Il n'est pas prévu dans cette étude de réaliser une étude de la qualité des eaux souterraines.

6.3 Gestion des risques sanitaires

Une analyse des risques a été conduite par BURGEAP en mai 2008 pour le site de la SFAR de Randonnai, prenant en compte les concentrations maximales en hydrocarbure volatils mesurées dans l'air du sol (la concentration maximale en hydrocarbures dans les sols est de 1700 mg/kg MS) et le projet d'aménagement consistant en des logements avec jardins collectifs et parking (rapport BURGEAP RPe07057b/A20025/CPeZ071306 du 26 mai 2008).

L'analyse des risques a conduit à des risques sanitaires acceptables pour le scénario « habitation » avec la prise en compte des concentrations maximales mesurées au droit de l'ensemble du site et avec les hypothèses constructives retenues (couverture totale du site en surface (dallage des bâtiments, voiries, couche de terre végétale de 30 cm).

Cette étude ne prenait pas en compte la présence des PCB dans les sols.

Selon notre expérience, il n'est pas nécessaire de réaliser une évaluation des risques sanitaires pour conclure à la nécessité d'éliminer les deux zones d'impact par PCBs et par Hydrocarbures.

L'ensemble des dispositions constructives et d'aménagement exposé dans le rapport BURGEAP Rpe07057 devront être strictement respectées, et notamment une couche de terres saines de 10cm sera disposée sur l'ensemble des zones non couvertes sur l'ensemble du site.

Des servitudes d'usage seront proposées notamment de ne pas disposer de jardins potagers, d'arbres fruitiers, sur les zones traitées. Si les arbres fruitiers devaient être plantés, ils le seraient dans une fosse de terres saines rapportées et les terres issues de la fosse devront faire l'objet d'une élimination particulière.

Le schéma conceptuel montre que conformément à la directive du 8 février 2007, les sources de contamination devront être éliminées. Des seuils de réhabilitation sont proposés dans ce document. Ils sont réalistes d'un point de vue technique et doivent permettre une utilisation du site vis-à-vis de l'usage envisagé.

²⁹ page 4 de la circulaire du 8 février 2007

³⁰ page 4 de la circulaire du 8 février 2007

Une analyse des risques résiduels a été menée afin de vérifier que les seuils proposés induisent des risques sanitaires acceptables par rapport au projet de construction.

Compte tenu des résultats de cette étude, une teneur résiduelle en hydrocarbures de 1700 mg/kg MS et de 4 mg/kg en PCBs ne présenteraient pas de risque pour la santé humaine pour les futurs usagers des sites, à titre sécuritaire BURGEAP propose d'extraire toutes les teneurs supérieures à 1 mg/kg (corespondant au seuil de déchets inerte).

En fin de traitement l'analyse des risques résiduels (A.R.R.) sera remise à jour à l'aide des teneurs résiduelles en polluants mesurés sur site après traitement pour confirmer que les risques sont acceptables.

Cette A.R.R. ainsi que ses conclusions (compatibilité des seuils proposés avec le projet prévu) sont présentées au paragraphe 8.

6.4 Définition des zones impactées

La zone des PCBs

La zone impactée couvre une superficie de 520 m² sur une épaisseur moyenne de 1 m pour les sol en place et de 1 m en moyenne pour le tas de PCB (10 m³ environ) au droit de l'ancien poste transformateur au pyralène, soit un volume total de 530 m³.

Pour les 530 m³ de terres concernées, la moyenne arithmétique des teneurs en PCB sur l'ensemble de la zone concernée a été calculée à 24, 38 mg/kg, l'écart type est voisin de 30, le centile 75 est inférieur à 50 mg/kg.

La zone des Hydrocarbures

A partir du seuil de dépollution fixé à 1700 mg/kg MS, la zone impactée par des hydrocarbures et à traiter couvre une superficie de 30 m² environ (8 m de longueur sur 3,5 m de largeur³¹) sur une profondeur de 1 m environ, représentant un volume totale de 30 m³ soit 50 tonnes, en prenant en compte une masse volume de 1,7 t/m³.

³¹ Mi-distance entre la dalle du parking mitoyen et le sondage S111.

7 Détail du plan de gestion

7.1 Mesures de gestion à mettre en œuvre

Ce chapitre présente les mesures de gestion techniques et organisationnelles proposées pour la gestion des pollutions du site. Celles-ci est à ce jour définies dans les grands principes et non arrêtées dans le détail des dispositions constructives.

Ces mesures de gestions sont déduites des chapitres précédents et comprennent :

- des prescriptions relatives aux futurs aménagements sur le site (prescriptions de dispositions constructives, servitudes d'usages) ;
- des mesures organisationnelles (gestion en phase chantier, récolement, surveillance) pour veiller à la bonne mise en œuvre de ces prescriptions.

7.2 Rappel du projet

L'aménagement prévu à ce stade et fourni par la société INFRA SERVICE en mars 2008 et pris en compte dans le cadre de cette étude est représenté en **figure 3**. Il comprend :

- un bâtiment sans niveau de sous sol et divisé en trois parties : maison médicale, la poste et 5 logements ;
- un polygone de constructibilité accueillant le futur centre commercial ou la mairie ;
- des parkings ;
- des espaces verts publics ;
- une voirie dans le prolongement de la rue du centre composée par des trottoirs des deux côtés de la voie de circulation.

Le projet d'aménagement prévoit des excavations de terres sous les voiries et la réutilisation du béton concassé des dalles en couche de fondation sous réserve de faisabilité géotechnique.

7.3 Prescriptions relatives aux aménagements

En lien avec les travaux projetés, les aménagements répondront aux prescriptions suivantes :

- l'excavation au droit des voiries et des zones à niveler, des terres de surface sur une épaisseur comprise entre 0 et 1 m ;
- l'excavation des terres impactées sous le bâtiment Orne Habitat (au nord du site) et sous le futur polygone de constructibilité accueillant potentiellement un futur centre commercial ou la mairie ;
- l'apport de terres propres au droit des espaces verts publics d'environ 30 cm d'épaisseur, avec la pose d'un grillage avertisseur entre cette couverture et les sols qui resteraient en place ;
- l'absence de cultures de type potager au droit de futurs jardins ;
- l'interdiction d'implanter des arbres fruitiers ;
- la mise en place des canalisations dans une tranchée remplie de terres propres ou remblais inertes (par exemple, les bétons concassés) ;

7.4 Schéma conceptuel

L'ensemble des données du plan de gestion objet du rapport BURGEAP, Rpe07057b du 26 mai 2009 sont utilisées dans ce rapport, qui ne traite que des pollutions supplémentaires rencontrées lors des opérations de démantèlement du site.

La combinaison entre l'état de pollution du site, son environnement, ses impacts, les mesures de gestion détaillées dans les paragraphes ci-avant et le projet d'aménagement prévu conduit à l'établissement du schéma conceptuel présenté en **figure 10**.

Le schéma conceptuel constitue le point de départ du plan de gestion dans la mesure où l'objectif d'une telle démarche est de gérer les pollutions et les risques potentiels induits. Il illustre la combinaison entre les sources de pollution, les vecteurs de transfert de cette pollution et les cibles avérées ou potentielles, seule la présence concomitante d'une source, d'un vecteur et d'une cible pouvant conduire à un risque.

Sur ce schéma figurent les sources résiduelles, les voies de transfert et d'exposition résiduelles qui n'ont pu être éliminées mais qui sont maîtrisées aussi bien sur le plan sanitaire qu'environnemental.

Ainsi les pollutions résiduelles peuvent conduire à une exposition par inhalation.

Le projet prévu comprend la réalisation d'un bâtiment à usage résidentiel et de services publics, de voiries et parkings, d'espaces verts publics, et d'une plateforme d'accueil d'un potentiel futur centre commercial ou la mairie (cf. plan de principe d'aménagement de mars 2008 – **figure 3**).

Globalement, on peut retenir sur le site aménagé la présence des sources de pollution suivantes :

- présence générale en surface de métaux ;
- présence d'une source comprenant des hydrocarbures et des BTEX au droit de la zone des anciens stockages de fuel (au sud ouest du site) ;
- présence d'une source d'hydrocarbures et de traces de PCB au droit de l'ancienne zone de noyautage (au centre du site).

L'ensemble du site étant recouvert en surface (terres végétales saines, enrobé, dalle béton), la seule voie résiduelle d'exposition aux polluants sera l'inhalation des vapeurs.

L'ARR exposée dans le paragraphe 8 prend en compte la voie d'exposition par inhalation pour confirmer que ces teneurs résiduelles sont compatibles avec l'usage ultérieur envisagé.

Le projet prévoit :

- l'excavation des terres impactées sous le bâtiment Orne Habitat (au nord du site) et sous le futur polygone de constructibilité accueillant un potentiel centre commercial ou la mairie ;
- l'excavation des terres impactées dans la zone de l'ancien transformateur PCB ;
- l'excavation des terres impactées aux hydrocarbures au droit de l'ancienne cuve enterrée ;
- la mise en place d'une couverture de sols soit par des terres saines au droit des espaces verts, soit par de l'enrobé au droit des voiries. Les risques liés au contact direct (ingestion de sol, contact cutané et inhalation de poussières) sont donc maîtrisés ;
- le maintien de la couverture de surface en bon état au droit des espaces verts et des voiries ;
- en cas de travaux sur les réseaux ou la voirie, la gestion spécifique des déblais (évacuation en filières adaptées) et la réfection de la couverture de surface ;
- l'interdiction de cultures potagères sur le site et des arbres fruitiers ou leur plantation ;
- l'interdiction des puits au droit du site (pas d'usage de la nappe).

Des servitudes d'usage consisteront à l'interdiction de creuser au-delà du grillage avertisseur (absence d'arbres fruitiers).

7.5 Traitement des PCBS : Solutions techniques envisageables

Les solutions techniques envisageables pour le traitement des sols impactés par des PCB sont :

- une élimination des terres impactées par des PCB dans des filières agréées hors site ;
- un confinement sur site des terres impactées par des PCB.

Ces différentes techniques sont présentées dans les paragraphes suivants.

7.5.1 Elimination des terres impactées par des PCB dans des filières agréées

Traitement hors site en plate forme de revalorisation

Les limites d'acceptation des terres en biocentre sont de 50 mg/kg en PCB, ce qui autorise l'acceptation des terres en biocentre, sur la base de la moyenne arithmétique des teneurs.

Pour assurer la prise en charge des terres en biocentre, un échantillonnage statistique par la méthode des quartages pourrait être mené pour préparer un certificat d'acceptation, et sur la base de la moyenne calculée, l'ensemble des terres seront recevable en biocentre.

L'ensemble des autres paramètres mesurés autorise l'acceptation en biocentre.

Avantages : l'ensemble des terres seront éliminées dans une filière agréée de revalorisation.

Inconvénients : trafic routier lié au transport des terres en centre spécialisé.. La méthode des quartages peut ne pas être acceptée par le centre consulté. En outre la capacité d'acceptation des biocentres (volumes et concentrations) et leur distance par rapport au site sont à vérifier.

Traitement hors site dans une unité de désorption thermique

Le traitement par désorption thermique est adapté aux polluants semi-volatils et volatils. Cette technique peut s'appliquer sur site pour des tonnages importants ou hors site.

Ce mode de traitement comporte deux étapes :

- une phase de désorption thermique des polluants du sol, après traitement mécanique, dans un four rotatif entre 300 °C et 600 °C ;
- une phase de traitement du flux gazeux dans un four à postcombustion.

Le dispositif le plus couramment mis en œuvre correspond à une circulation des gaz et des sols à contre courant. Le sol traité est ensuite refroidi et réhumidifié en sortie de four. La qualité géotechnique du sol traité permet une réutilisation comme matériau de remblai.

La région Haute Normandie dispose d'un centre de traitement des terres polluées par désorption thermique à Sotteville-lès-Rouen (3L Normandie). La nuisance liée au transport des terres vers le centre de traitement cité restera donc limitée.

Cette solution, hormis le fait qu'elle est plutôt adaptée à la prise en charge de tonnages importants, présente peu d'inconvénients. Son avantage est la possibilité de réemploi des matériaux traités comme matériau de remblai.

Les contraintes dans la mise en œuvre du traitement de sols contaminés par des polluants semi-volatils et volatils sont :

- le taux de polluants organiques qui doit rester limité à 5 % (50 000 mg/kg MS) ;
- des teneurs élevées en eau, matières organiques naturelles (humus), azote organique et fines particules ;
- des teneurs en métaux lourds élevées.

Traitement hors site dans un centre d'incinération

Les mélanges arochlor 1242 à 1260 ayant des températures d'ébullition comprises entre 325 et 420 °C, l'incinération est une technique adaptée au traitement de sols pollués par des PCB. Compte tenu du coût élevé de cette solution, celle-ci est en générale mise en œuvre pour des teneurs en PCB supérieures à 50 mg/kg MS, qui correspond au seuil d'acceptation des solutions alternatives que sont la désorption thermique et l'enfouissement en centre de stockage pour déchets dangereux.

Le principe du procédé est le suivant : le sol excavé, séché, tamisé éventuellement après broyage, est porté à environ 400 °C dans un four rotatif où est réalisée la volatilisation des polluants. Les gaz volatilisés sont entraînés par un flux d'air vers une chambre de combustion à haute température (900 °C à 1300 °C) où les polluants organiques sont détruits (transformation en CO₂ et H₂O). Entre ces deux unités sont placés des cyclones afin de collecter les matières solides fines. Certains gaz produits lors de l'incinération tels que le soufre ou le chlore sont piégés dans des solutions alcalines, préalablement au rejet des gaz de combustion dans l'atmosphère. Lorsque le sol contient des métaux volatilisables tels que Zn, Cd, Pb, Hg, ceux-ci sont entraînés dans les gaz, oxydés et concentrés (REFIOM).

L'inconvénient de cette technique outre son coût élevé reste les impacts environnementaux liés au transport pour l'acheminement des terres vers le centre d'incinération.

Traitement par lavage physico-chimique

Le traitement des sols par lavage consiste à laver le sol pollué à l'aide d'un liquide (solvant) afin d'en extraire la partie polluante, de la concentrer puis de la traiter.

Le procédé proposé est le procédé SOLVIS® développé par TERIS dont une unité semi-mobile est implantée sur le centre de stockage de classe 1 de Jeandelaincourt (54).

Les terres impactées par des PCB à des teneurs supérieures à 50 mg/kg MS (seuil limite d'acceptation en centre de stockage pour déchets dangereux) ainsi que le spot à 37 mg/kg MS seraient traités par lavage physico-chimique (procédé SOLDIS) sur le site SITA de Jeandelaincourt (54),

Cette technique permet de traiter tous les types de pollution organique (hydrocarbures, goudrons et huiles, solvants chlorés et non chlorés, phénols, **PCB**, pesticides) et tous types de terres quel que soit le pourcentage de fines (argiles, sables, limons).

Cette solution peut être mise en place sur site (pour des tonnages importants) ou sur le centre de stockage de classe 1 de Jeandelaincourt (54).

L'avantage d'une telle solution est qu'elle s'inscrit totalement dans la politique de développement durable en favorisant la valorisation à l'élimination. Les terres traitées peuvent en effet être directement valorisées sur site ou hors site, avec la production de résidus polluants ultimes en faible quantité.

L'inconvénient de cette technique si elle devait être mise en place hors site reste les impacts environnementaux liés au transport pour l'acheminement des terres vers le centre de Jeandelaincourt (54). En outre, la mise en place de l'unité semi-mobile SOLVIS® sur site nécessite de la place et des contraintes d'aménagement.

7.5.2 Confinement des terres impactées par des PCB sur site

Une autre solution alternative à l'élimination des terres impactées par des PCB dans des filières agréées est le confinement de ces terres sur site.

BURGEAP propose le confinement des terres impactées par des PCB via leur mise en place dans un merlon périphérique en limite sud du site (cf. schéma d'implantation à la **figure 11**). Pour le dimensionnement du merlon, il sera pris en compte un coefficient de foisonnement de 20.

Les terres impactées par des PCB à des teneurs comprises entre 1 et 100 mg/kg MS seront encapsulées dans une géomembrane en PEHD. Le profilage du merlon et son insertion dans l'environnement seront établis par un paysagiste. L'aménagement final du merlon périphérique, comprenant les terres impactées encapsulées dans une géomembrane en PEHD, pourra consister en une couverture de 50 cm de terres végétales.

La zone concernée par la mise en place du merlon devra gelée ad-vitam-eternam, ou jusqu'à la décision de réaménager cette zone, et dans ce cas la problématique sera remise ré-étudiée. Il faudra de nouveau mobiliser des fonds pour le traitement du stock de terres pollués.

La méthode la plus sûre pour « geler » la zone serait la mise en place de servitudes d'utilité publiques adossées au PLU, et la clôture de la zone, à l'aide d'un grillage et/ou d'une clôture végétalisée (par exemple de buissons ardents).

Pour ces aménagements, BURGEAP propose une variante consistant en :

RRn00143/A20025/CRnZ090696	
PBA – NMO - FLO	
03/07/2009	Page : 32/59

- le terrassement, chargement, transport et élimination des terres impactées par des PCB à des teneurs comprises entre 37 et 100 mg/kg MS, représentant 100 m³ (spot de pollution à 37 mg/kg MS, 2 spots de pollution à 67-78 mg/kg MS, et tas de terres impactées à 100 mg/kg MS) dans une filière agréée (centre d'incinération ou lavage physico-chimique) ;
- le terrassement et confinement dans la partie sud du site, de 420 m³ de terres impactées par des PCB, à des teneurs comprises entre 1 et 37 mg/kg MS (encapsulage dans une géomembrane en PEHD et couverture de 50 cm de terres végétales).

Avantages : pas de trafic

Inconvénients : Difficulté de communication lors de l'enquête publique des servitudes d'utilités publiques et lien juridique qui perdure dans le temps. Le problème n'est que temporairement maîtrisé. La surface gelée doit être correctement entretenue.

7.5.3 Coûts des différentes solutions envisagées

7.5.3.1 Solution n°1 : terrassement, chargement, transport et élimination vers des filières agréées

Les coûts et durée des différentes techniques de traitement envisagées pour les terres impactées par des PCB de la friche SFAR de Randonnai sont issus d'une consultation d'entreprises de dépollution sans négociation.

➤ **SOLUTION ATD**

La solution envisagée et pour laquelle une évaluation financière a été faite avec ATD consiste en un terrassement des zones impactées par gamme de concentration, le chargement, le transport et l'élimination vers des filières agréées.

Un récapitulatif des zones concernées, volume, tonnage et filière d'élimination est reporté dans **le tableau 9** ci-après.

Tableau n°9 : Synthèse des quantités à traiter par filière

Zone concernée	Teneurs en PCB	Volume	Tonnage	Filière
Sondages S102, S104, S205, S2, S207	37-100 mg/kg MS	100	170	Centre d'incinération TREDI à Saint-Vulbas (01)
Sondages S103, S105, S201, S203, S204, S206, S208, S209, S1, S3	> à 1 mg/kg MS	420	720	Désorption thermique 3L Normandie à Sotteville-lès-Rouen (76)

Les terres impactées par des PCB à des teneurs supérieures ou égales à 37 mg/kg MS seront éliminées en centre d'incinération.

Les terres impactées par des PCB à des teneurs comprises entre 1 et 37 mg/kg MS seront éliminées en centre de désorption thermique.

➤ **SOLUTION BIOGENIE**

La solution envisagée et pour laquelle une évaluation financière a été faite auprès de Biogénie consiste en un terrassement des zones impactées par gamme de concentration, le chargement, le transport et l'élimination vers des filières agréées.

Un récapitulatif des zones concernées, volume, tonnage et filière d'élimination est reporté dans le **tableau 10** ci-après.

Tableau n°10 : Synthèse des quantités à traiter par filière

Zone concernée	Teneurs en PCB	Volume	Tonnage	Filière
Sondages S102, S103, S104, S105, S201, S203, S204, S205, S206, S207, S208, S209, S1, S2, S3	> 1 mg/kg MS	530	900	Biocentre de BIOGENIE à Echarcon (91)

Les terres impactées par des PCB à des teneurs supérieures à 1 mg/kg MS seront traitées dans le biocentre de BIOGENIE à Echarcon (91).

Les **tableaux n°11** présentent les couts des solutions de traitement par élimination hors site.

Tableau n°11 : Coût des solutions n°1 de traitement envisagées

Solution n°1a (ATD)		Terrassement, chargement, transport et élimination vers des filières agréées			
N°	Poste	U	Quantité	P.U. en € H.T.	Total en € H.T.
1	Terrassement, transport et désorption thermique des terres polluées aux PCB (teneurs > 1 et jusqu'à 37 mg/kg MS)	t	725	152	110 000
2	Terrassement, transport et incinération des terres polluées aux PCB (teneurs > 37 mg/kg MS)	t	175	880	150 000
Sous-total terrassement, transport et élimination en € H.T.					260 000
3	Maîtrise d'œuvre (phases DET, AOR) et analyses				10 000
TOTAL DES TRAVAUX, MAITRISE D'ŒUVRE INCLUSE en € H.T.					270 000

Solution n°1b (BIOGENIE)		Terrassement, chargement, transport et élimination vers des filières agréées			
N°	Poste	U	Quantité	P.U. en € H.T.	Total en € H.T.
1	Excavation, transport et Traitement en biocentre des terres polluées (PCB > 1 mg/kg MS)	t	900	100	90 000
Sous-total terrassement, transport et élimination en € H.T.					90 000
3	Maîtrise d'œuvre (phases DET, AOR) et analyses,				10 000
TOTAL DES TRAVAUX, MAITRISE D'ŒUVRE INCLUSE en € H.T.					100 000

La durée de mise en œuvre des **solutions n°1** de traitement de la contamination des sols par des PCB est estimée à **5 jours**.

7.5.3.2 Solution n°2 : confinement des terres impactées par des PCB sur site

La seconde solution consiste en un terrassement des terres impactées par des PCB, l'encapsulation dans une membrane en PEHD et la mise en place d'une couverture de terres végétales finale de 50 cm.

Pour le chiffrage approximatif de l'encapsulation de 625 m³ de terres, le confinement est envisagé dans une configuration relativement simple.

La surface de confinement sera nivelée, un merlon périphérique sera constitué à l'aide des terres du site, l'ensemble sera recouvert d'un géotextile puis d'une géomembrane étanche soudée. La membrane sera recouverte de nouveau d'un géotextile pour limiter les percements lors du remplissage.

Puis les terres seront disposées en couche de 30 cm et compactées en donnant à la zone une forme de dôme, lui permettant une relative intégration dans l'environnement. Elles seront recouvertes d'une géomembrane soudée et d'un géotextile avant l'apport de 30 cm de terres saines.

L'ensemble sera clos par un grillage ou par des buissons ardents. La pose de la cloture et le verdisement du caveau sont inclus dans le prix.

Pour le dimensionnement de cette solution, il a été pris en compte un coefficient de foisonnement de 20 %.

La solution de base (2a) consiste en un confinement de la totalité des terres impactées par des PCB à des teneurs supérieures à 1 mg/kg MS, soit 520 m³ à terrasser et 624 m³ à confiner pour la constitution du merlon prenant en compte le coefficient de foisonnement de 20 %.

La variante (2b) consiste en :

- un confinement des terres impactées par des PCB à des teneurs comprises entre 1 et 37 mg/kg MS soit 428 m³ à terrasser et 514 m³ à confiner pour la constitution du merlon prenant en compte un coefficient de foisonnement de 20 % ;
- un terrassement, chargement, transport et élimination des terres impactées à des teneurs comprises entre 37 et 100 mg/kgMS vers d'autres filières (incinération (2b1) ou lavage physico-chimique (2b2)).

Le bilan financier de la solution n°2 (2a, 2b1 et 2b2) est présenté dans **les tableaux 12** ci-après.

Tableau n°12 : Coût des solutions n°2 de traitement envisagées

Solution n°2a		Terrassement et confinement des terres impactées par des PCB > 1 mg/kg MS			
N°	Poste	U	Quantité	P.U. en € H.T.	Total en € H.T.
1	Excavation, transport et Confinement des terres impactées par des PCB > 1 mg/kg	m3	625	115	70 000
2	Maîtrise d'œuvre (phases DET, AOR) et analyses				10 000
TOTAL DES TRAVAUX, MAITRISE D'ŒUVRE INCLUSE, en € H.T.					80 000

Solution n°2b1		Terrassement, confinement des terres PCBs 1 < x < 37 mg/kg MS) et incinération des terres > 37 mg/Kg MS)			
N°	Poste	U	Quantité	P.U. en € H.T.	Total en € H.T.
1	Excavation, transport et Confinement des terres impactées par PCB < 37 mg/kg MS	m3	520	115	60 000
2	Terrassement, transport et incinération des terres polluées aux PCB (teneurs > 37 mg/kg MS)	T	175	880	150 000
3	Maîtrise d'œuvre (phases DET, AOR) et analyses				15 000
TOTAL DES TRAVAUX, MAITRISE D'ŒUVRE INCLUSE, en € H.T.					225 000

Solution n°2b2		Terrassement, confinement des terres impactées par des PCB (1 < PCB < 37 mg/kg MS) et lavage physico-chimique PCB > 37mg/Kg MS			
N°	Poste	U	Quantité	P.U. en € H.T.	Total en € H.T.
1	Excavation, transport et Confinement des terres impactées par des PCB > 1 et jusqu'à 37 mg/kg MS	m3	520	115	60 000
2	Terrassement, transport et lavage physico chimique des terres polluées aux PCB (teneurs > 37 mg/kg MS)	T	175	590	100 000
3	Maîtrise d'œuvre (phases DET, AOR) et analyses				15 000
TOTAL DES TRAVAUX, MAITRISE D'ŒUVRE INCLUSE, en € H.T.					175 000

La durée de mise en œuvre de la **solution n°2** de traitement de la contamination des sols par des PCB par confinement ou confinement/élimination est estimée à **6 jours**.

7.6 Bilan « coûts-avantages » pour le traitement des PCBs

Une synthèse des coûts et avantages/inconvénients de chacune de ces solutions techniques est présentée dans le **tableau 13** ci-dessous.

Tableau n°13 : Coût des différentes solutions de traitement

Solution	Avantage	Inconvénient	Coût travaux (H.T.)	Coût MOE (H.T.)	Coût total (H.T.)
N°1	Terrassement, chargement, transport et élimination dans des filières agréées				
Filières d'élimination : Désorption thermique et incinération	Traitement immédiat des terres impactées Acceptabilité des terres assurée à 100 %	Coût élevé Nuisances liées au transport	260 k€	10 k€	270 k€
Filière d'élimination : Biocentre	Traitement immédiat des terres impactées Filières de valorisation	Nuisances liées au transport Méthode des quartages pas forcément acceptée : refus possible de terres en biocentre	90 k€	10 k€	100 k€
N°2a	Terrassement, encapsulage et couverture de terres végétales du merlon périphérique				
Confinement	Réduction des nuisances environnementales	Pérennité du confinement + SUP	70 k€	10 k€	80 k€
N°2b	Terrassement, encapsulage et couverture de terres végétales (PCB = 1-37 mg/kg MS) et Terrassement, chargement, transport et élimination dans des filières agréées (PCB > 37 mg/kg MS)				
N°2b1 confinement & élimination (incinération)	Réduction des nuisances environnementales (confinement) Traitement immédiat des terres fortement impactées (incinération)	Pérennité du confinement SUP Coût élevé Nuisances liées au transport	60 k€ (confinement) 150 k€ (incinération)	15 k€	225 k€
N° 2b2 Confinement & élimination (lavage physico-chimique)	Réduction des nuisances environnementales (confinement) Traitement immédiat des terres fortement impactées (lavage physico-chimique)	Pérennité du confinement SUP Nuisances liées au transport	60 k€ (confinement) 100 k€ (lavage phy-chimique)	15 k€	175 k€

Le confinement des terres impactées par des PCB sur le site de la SFAR de Randonnai reste la meilleure solution économique, cependant ce choix ne permet pas un traitement à proprement parlé de la problématique, il s'agit de maîtriser les risques et de rendre pérenne cette mesure. Pour ce faire il est indispensable de mettre en place des Servitudes d'utilités publiques, de clôturer le merlon et de l'entretenir (pas de développement d'arbres à grandes racines).

BURGEAP recommande de faire évacuer les terres en plate forme de revalorisation les terres impactées par les PCBs, statistiquement les terres étant recevables en biocentre. Cette mesure est de nature à résoudre définitivement la problématique, sous réserve de l'acceptation de la méthode des quartages et de la disponibilité des biocentres. En cas de situation défavorable, les terres devront être acheminées vers un centre d'incinération.

7.7 Traitement des hydrocarbures : Solutions techniques envisageables

7.7.1 Mesures de gestion

Les solutions envisagées pour le traitement des 30 m³ de terres de la zone de la cuve enterrée impactées par des hydrocarbures sont le terrassement, le chargement, le transport et l'élimination dans des filières agréées parmi lesquels :

- un centre de revalorisation par biodégradation ;
- centre de désorption thermique ;
- un centre de stockage pour déchets dangereux (CSDU).

7.7.2 Elimination des terres impactées par des HcT dans des filières agréées

Traitement hors site en centre de revalorisation : biocentre

Les limites d'acceptation des terres en biocentre sont de 100 000 mg/kg en HCT, ce qui autorise l'acceptation des terres en biocentre, sur la base de la moyenne arithmétique des teneurs.

Pour assurer la prise en charge des terres en biocentre, un échantillonnage statistique par la méthode des quartages pourrait être mené pour préparer un certificat d'acceptation, et sur la base de la moyenne calculée, l'ensemble des terres seront redevable de biocentre.

L'ensemble des autres paramètres mesurés autorise l'acceptation en biocentre.

**Avantages : l'ensemble des terres seront éliminées dans une filière agréée de revalorisation.
Inconvénients : trafic routier lié au transport des terres en centre spécialisé.**

Traitement hors site dans une unité de désorption thermique

Le traitement par désorption thermique est adapté aux polluants semi-volatils et volatils. Cette technique peut s'appliquer sur site pour des tonnages importants ou hors site.

Ce mode de traitement comporte deux étapes :

- une phase de désorption thermique des polluants du sol, après traitement mécanique, dans un four rotatif entre 300 °C et 600 °C ;

- une phase de traitement du flux gazeux dans un four à postcombustion.

Le dispositif le plus couramment mis en œuvre correspond à une circulation des gaz et des sols à contre-courant. Le sol traité est ensuite refroidi et réhumidifié en sortie de four. La qualité géotechnique du sol traité permet une réutilisation comme matériau de remblai.

La région Haute Normandie dispose d'un centre de traitement des terres polluées par désorption thermique à Sotteville-lès-Rouen (3L Normandie).

Cette solution, hormis le fait qu'elle est plutôt adaptée à la prise en charge de tonnages importants, présente peu d'inconvénients. Son avantage est la possibilité de réemploi des matériaux traités comme matériau de remblai. Les sols impactés sont évacués hors site, offrant la possibilité de contrôle des teneurs résiduelles (c'est important pour les projets sensibles).

Elimination des terres en centre de stockage pour déchets

La solution radicale de traitement de terres impactées par des polluants est l'excavation et la mise en centre de stockage de déchets agréé.

Compte tenu des concentrations en HcT des sols (supérieure à 2500 mg/kg MS), le centre de stockage envisagé est le centre de stockage pour déchets dangereux (classe 1).

L'avantage de cette solution est l'élimination de la source de pollution avec libération rapide du terrain sans contrainte de temps pour le projet d'aménagement. Les sols impactés sont évacués hors site, offrant la possibilité de contrôle des teneurs résiduelles (c'est important pour les projets sensibles).

L'inconvénient reste l'impact d'une telle solution sur l'environnement lié au transport terrestre. Cette solution est également contraire à la politique de développement durable qui privilégie la valorisation à l'élimination.

7.7.3 Coûts des différentes solutions envisagées

Les coûts des mesures de gestion envisageables sont présentés dans le **tableau 14** ci-après.

La maîtrise d'œuvre inclut le suivi du chantier de terrassement et d'élimination des 50 tonnes de terres impactées par des hydrocarbures avec traçabilité par mise en place de bordereaux de suivi de déchets (BSD), 4 prélèvements en fond et paroi de fouilles pour analyse des hydrocarbures totaux (C10-C40) afin de vérifier d'atteinte des objectifs de dépollution.

Tableau n°14 : Coût des différentes solutions de traitement de la zone HcT

Solution n°1		Terrassement, chargement, transport et élimination vers des filières agréées			
N°	Poste	U	Quantité	P.U. en € H.T.	Total en € H.T.
Solution n°1a : filière de revalorisation					
1	Terrassement, transport et traitement des terres polluées aux hydrocarbures (désorption thermique)	t	50	100	5 000
2	Maîtrise d'œuvre (phases DET, AOR) et analyses (opération simultanée avec PCB)				2 000
TOTAL DES TRAVAUX, MAITRISE D'ŒUVRE INCLUSE en € H.T.					7 000

Solution n°1b : filière de traitement désorption thermique					
1	Terrassement, transport et traitement des terres polluées aux hydrocarbures (désorption thermique)	t	50	400	20 000
2	Maîtrise d'œuvre (phases DET, AOR) et analyses (opération simultanée avec PCB)				2 000
TOTAL DES TRAVAUX, MAITRISE D'ŒUVRE INCLUSE en € H.T.					22 000

Solution n°1c : filière d'élimination en centre de stockage de déchets dangereux (CSDU)					
1	Terrassement, transport et élimination des terres polluées aux hydrocarbures en centre de stockage pour déchets dangereux (CSDU)	t	50	300	15000
2	Maîtrise d'œuvre (phases DET, AOR) et analyses				2 000
TOTAL DES TRAVAUX, MAITRISE D'ŒUVRE INCLUSE en € H.T.					17 000

La durée de mise en œuvre de la **solution** de traitement de la contamination des sols par des hydrocarbures (C10-C40) par terrassement, chargement, transport et élimination vers des filières agréées est estimée à **1 jour**.

7.8 Bilan « coûts-avantages » pour le traitement des hydrocarbures

Une synthèse du plan de gestion de la zone HcT est présentée dans le **tableau 15** ci-après.

Tableau n°15 : Bilan des solutions envisagées pour le traitement de la zone HcT

Solution	Avantage	Inconvénient	Coût des travaux (H.T.)	Coût MOE (H.T.)	Coût total (H.T.)
N°1	Terrassement, chargement, transport et élimination dans des filières agréées				
Filières d'élimination : biocentre	Traitement immédiat des terres impactées Revalorisation des terres	Nuisances liées au transport	5 k€	2 k€	7 k€
Filières d'élimination : Désorption thermique	Traitement immédiat des terres impactées Possibilité de réutiliser les terres traitées (valorisation)	Nuisances liées au transport	20 k€	2 k€	22 k€
Filière d'élimination : CSDU	Traitement immédiat des terres impactées	Nuisances liées au transport	15 k€	2 k€	17 k€

La solution de traitement des terres en centre de revalorisation est la plus appropriée compte tenu de la nature de la contamination et des teneurs en HCT mises en évidence.

BURGEAP recommande donc de mettre en œuvre comme mesure de gestion au droit de la zone HcT, l'excavation des terres impactées, leur chargement, transport et élimination dans un centre

de revalorisation. Le coût de cette solution technique a été estimée à 7 000 euros H.T. environ, maîtrise d'œuvre incluse.

La durée de mise en œuvre du plan de gestion de la zone HcT est de un jour.

NOTA : l'ensemble de ces coûts n'inclut pas le rebouchage éventuel des fouilles, le reverdissement ou la remise en état des surfaces éventuelles.

8 Analyse des Risques Résiduels (ARR)

L'analyse des risques résiduels réalisée dans le cadre de ce plan de gestion a pour objectifs de valider la compatibilité des contaminations résiduelles présentes au droit du site (sous les logements et sous le merlon) avec les usages projetés.

8.1 Schéma conceptuel

8.1.1 Méthodologie

Le projet d'aménagement du site communiqué par l'EPF Normandie prévoit la réalisation d'une agence postale, d'un cabinet médical, de logements collectifs, d'un parking et d'aires engazonnées. Par ailleurs, tel que défini dans la partie « plan de gestion » de la présente étude, un merlon sera réalisé au sud du site, sous les espaces verts, à l'aide de terres contenant des PCB et des hydrocarbures.

Le schéma conceptuel est présenté de façon à visualiser :

- les éventuelles pollutions, qui peuvent générer des impacts pour les futurs usagers ;
- les cibles potentielles ;
- les voies de transferts possibles ;
- les voies d'exposition.

Il est présenté à la **figure 10** et discuté dans les paragraphes suivants.

8.1.2 Sources de contamination

Une partie des terres impactées identifiées au droit du site sera déplacée et confinée sous un merlon, sous les espaces verts. Ainsi, nous retiendrons les sources de contamination suivantes :

- PCB dans les sols : dans le merlon et au droit des futurs logements collectifs ;
- HCT dans les sols : dans le futur merlon.

8.1.3 Cibles et scénarios

Les cibles retenues sont des enfants et des adultes habitant dans les logements collectifs et fréquentant les espaces verts. Deux scénarios seront étudiés :

- **Scénario 1 :** adultes habitant dans les logements collectifs en rez-de-chaussée 18 h/jour et fréquentant les espaces verts (merlon) 1h/jour, 330 j/an (référence étude INSEE, 1999) ;

- **Scénario 2 :** enfants habitant dans les logements collectifs en rez-de-chaussée 19 h/jour et fréquentant les espaces verts (merlon) 2h/jour, 330 j/an (référence étude INSEE, 1999).

8.1.4 Budget espace-temps et caractéristiques des cibles

Le budget espace-temps pour les cibles considérées est détaillé dans le **tableau 16**. Seules les expositions chroniques sont considérées dans la présente étude.

Les sources de données utilisées pour les fréquences d'exposition sont d'une part les valeurs considérées par l'INERIS pour le calcul des Valeurs de Constat d'Impact pour un usage sensible d'un site (en particulier pour les fréquences de présence en intérieur et extérieur, et d'autre part des valeurs issues de l'Exposure Factor Handbook (US-EPA, EFH, 1997 et 2001) et de la base de données CIBLEX (ADEME, 2003).

Tableau n°16 : Budget espace temps des cibles considérées

	Scénario 1	Scénario 2
	Adultes sédentaires, résidents	Enfants sédentaires, résidents
Durée d'exposition (T)	40 ans	6 ans
Fréquence d'exposition (F1 en jour/an)	330 j/an	330 j/an
Fréquence en intérieur - logements (F2-int en heure/jour)	18 h/j	19 h/j
Fréquence en extérieur - Espaces verts (merlon) (F2-ext en heure/jour)	1 h/j	2 h/j

Les périodes de temps sur lesquelles l'exposition est moyennée (T_m) sont prises égales à :

- 70 ans (correspondant à la durée de vie considérée par l'ensemble des organismes nationaux et internationaux pour l'établissement de valeurs toxicologiques et l'évaluation des risques) pour les effets cancérogènes quelle que soit la cible considérée,
- T (correspondant à durée d'exposition) pour les effets toxiques non cancérogènes quelle que soit la cible considérée.

Les volumes respiratoires moyens sont pris égaux à 20 m³/jour pour les adultes et les enfants à partir de 7 ans en référence aux débits considérés par les organismes internationaux pour la dérivation des valeurs toxicologiques. Pour les enfants de 0 à 7 ans, le volume respiratoire considéré est de 10 m³/jour (moyenne entre les garçons et les filles en période active à partir des données de CIBLEX).

Rappelons que ces volumes respiratoires ne sont pris en compte que pour la dérivation des valeurs toxicologiques de la voie orale à la voie inhalation ; en l'absence de dérivation, ils n'interviennent pas dans les calculs des risques sanitaires.

Le poids corporel moyen d'un adulte est fixé à 60 kg pour les adultes à partir de 17 ans (INSERM et OMS), 15 kg pour les enfants d'âge inférieur à 7 ans (CIBLEX) et 31 kg pour les enfants de 7 à 12 ans (CIBLEX).

8.1.5 Modes de transfert de la source vers les autres milieux

Compte tenu des sources de contamination mises en évidence d'une part et des mesures de gestion envisagées d'autre part, le mode de transfert de la source vers les autres milieux est le suivant :

- la volatilisation depuis les sols et dispersion atmosphérique et le transfert au travers des parois des bâtiments et du merlon, puis le transfert respectivement vers l'air intérieur et extérieur. Le milieu d'exposition est l'air atmosphérique intérieur et extérieur.

Ont été exclus :

- le contact direct avec les sols impactés (inhalation des poussières en intérieur et en extérieur, ingestion des sols, contact cutané), compte tenu du recouvrement du merlon par 50 cm de terres saines et d'une membrane PEHD, ainsi que de la présence d'une dalle de béton au droit des logements ;
- l'ingestion de végétaux autoproduits (absence de jardins potagers sur le site) ;
- la perméation au travers de conduites d'amenée d'eau potable car les canalisations seront mises en place dans une tranchée de terres propres rapportées ou seront métalliques ;
- la migration via les eaux souterraines, non étudiée dans le cadre de la présente étude.

8.1.6 Milieux d'exposition

Les voies d'administration des polluants dans l'organisme sont de trois types : inhalation, ingestion et contact cutané. Les voies retenues pour chaque cible et pour chacun des 10 modes d'exposition proposés par le guide EDR du Ministère en charge de l'environnement/BRGM/INERIS, version 2000 sont détaillées dans le **tableau 17**.

Ces modes d'exposition sont repris à la **figure 10** qui présente le schéma conceptuel.

Tableau n°17 : Voies d'exposition retenues

VOIES D'EXPOSITION	Scénario 1	Scénario 2	RAISON DE LA SELECTION
Inhalation de polluant sous forme gazeuse	Oui	Oui	Présence de composés volatils détectés dans les sols (HCT, PCB)
Inhalation de polluant adsorbé sur les poussières du sol	Non	Non	Pas de contact direct possible car couverture de terres saines en surface au droit du merlon (épaisseur de 50 cm) et présence de béton au droit des logements
Inhalation de vapeur d'eau polluée	Non	Non	Les canalisations seront mises dans une tranchée de terres propres rapportées ou seront métalliques
Ingestion directe de sol et/ou de poussières	Non	Non	Pas de contact direct possible car couverture de terres saines en surface au droit du merlon (épaisseur de 50 cm) et présence de béton au droit des logements
Ingestion d'aliments d'origine végétale cultivés sur le site	Non	Non	Pas de jardins potagers
Ingestion d'aliments d'origine animale à partir d'animaux élevés, chassés ou pêchés sur le site	Non	Non	Absence d'élevages
Ingestion d'eau contaminée	Non	Non	Les canalisations seront mises dans une tranchée de terres propres rapportées ou seront métalliques
Absorption cutanée de sols et/ou de poussières	Non**	Non**	Absence de valeurs toxicologiques de référence pour les effets toxiques des substances par exposition cutanée dans la littérature scientifique, donc voie d'exposition non retenue.
Absorption cutanée d'eau contaminée (bain, douche, baignade en gravière)	Non	Non	Les canalisations seront mises dans une tranchée de terres propres rapportées ou seront métalliques
Absorption cutanée de polluant sous forme gazeuse	Non**	Non**	Voie d'exposition négligeable devant la voie inhalation de vapeur. Elle est de plus classiquement négligée dans les études de ce type.

**absence de relations dose-réponse dans la littérature scientifique.

8.1.7 Paramètres des aménagements

Les paramètres d'aménagement pris en compte correspondent au projet. Néanmoins, dans une approche majorante, certains paramètres ont été volontairement modifiés. Ils sont résumés dans le **tableau 18**.

Tableau n°18 : Paramètres des aménagements

Paramètre	Valeurs prises en compte		Source
	Logements	Merlon	
Porosité totale du béton et des fondations et de la terre recouvrant le merlon	12 %, constituée de 5 % d'air et de 7% d'eau	30 %, constituée de 15 % d'air et de 15% d'eau	Données bibliographiques
Épaisseur de la dalle / recouvrement	20 cm	50 cm	EPFN / INFRA SERVICES
Surface des fissures du béton	2.10^{-4}	-	Valeur par défaut proposée par l'US-EPA et le RIVM
Différence de pression entre l'air des bâtiments et l'air du sol	40 g/cm-s ²	-	Valeur conservatoire définie par Johnson et Ettinger
Surface des logements	25 m ²	-	Taille d'une dalle d'un seul tenant (5 x 5 m)
Périmètre associé des logements	20 m	-	Taille d'une dalle d'un seul tenant (5 x 5 m)
Hauteur sous plafond des logements	3 m	-	
Taux de ventilation des logements	12 fois/jour	-	Valeur réglementaire
Longueur de la zone polluée	-	150 m	Dimension maximale du site
Vitesse du vent	-	2 m/s	Vitesse moyenne de vent à Rouen

8.2 Composés à prendre en compte

8.2.1 Sélection des composés

La synthèse des investigations sur le site combinée aux scénarios d'expositions choisis permet de réaliser la sélection des composés à prendre en compte pour les milieux d'exposition considérés.

Dans le cadre de cette étude, seuls les PCB et les HCT détectés lors des différentes campagnes d'investigations ont été pris en compte.

Le **tableau 19** en page suivante reprend l'ensemble des éléments de choix des composés.

Cas des PCB : le PCB 153 est présent majoritairement dans les échantillons analysés, indiquant la présence d'un mélange de PCB à teneurs élevées en chlore, à savoir des PCB très peu solubles et peu volatils.

Une analyse du type d'Arochlor du mélange de PCB présents a été réalisée à partir d'un algorithme prenant en compte l'analyse des 7 congénères réglementaires par le laboratoire d'analyses.

D'après le laboratoire d'analyses, les PCB majoritairement en présence sont de type Aroclor 1260.

Cas des hydrocarbures : dans un souci de ne pas sous-estimer le risque, et compte tenu de l'absence d'analyses selon la méthode des TPH, nous considérerons que l'ensemble des hydrocarbures C10-C12 correspond à des hydrocarbures aromatiques de type C10-C12, les hydrocarbures aromatiques présentant des Valeurs Toxicologiques de Référence plus contraignantes pour les voies directes.

Notons que les concentrations en hydrocarbures lourds ($nC > 16$) interviennent dans la modélisation puisque le modèle simule un équilibre entre les différentes classes d'hydrocarbures, chacune se solubilisant et se volatilisant moins en présence du mélange d'hydrocarbures que si cette classe se trouvait seule dans les sols à une concentration équivalente.



Tableau n°19 : Choix des substances pour l'ARR

CAS n°R	Volatilité Pv	solubilité S	Classement symboles	Phrase de risque	classement cancérogénéicité			Valeurs de référence dans les sols (mg/kg) * bruit de fond naturel	Concentration mesurée dans les sols (mg/kg) maximale	SELECTION et argumentaire Voie inhalation de gaz
					UE	CIRC (IARC)	EPA			

HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH

Aromatic nC10-nC12	non adéquat	+	+					LQ	160	OUI (merlon)
--------------------	-------------	---	---	--	--	--	--	----	-----	-----------------

POLLUANTS ORGANIQUES PERSISTANTS

PCB (VTR associées a l'arodior 1254)	non adéquat	- à -	-	Xn	R33, R50/53	-	2A	B2	LQ	100	OUI (logements + merlon)
--------------------------------------	-------------	-------	---	----	-------------	---	----	----	----	-----	-----------------------------

LEGENDE Volatilité :

- ++ : Pv > 1000 Pa (COV)
- + : 1000 Pa > Pv > 10 Pa (COV)
- : 10 Pa > Pv > 10-2 Pa (non COV)
- : 10-2 Pa > Pv > 10-5 Pa (non COV)

LEGENDE Solubilité :

- ++ : S > 100 mg/l
- + : 100 > S > 1 mg/l
- : 1 > S > 0.01 mg/l
- : S < 0.01 mg/l

LEGENDE Risques :

voir annexe 1 toxicologique

LEGENDE Valeurs de références

- * valeur réglementaire
- ** valeur guide non réglementaire
- *** valeur de bruit de fond

LEGENDE Concentrations :

Concentrations supérieures aux valeurs de références

RRn00143/A20025/CRnZ090696	
PBA – NMO - FLO	
03/07/2009	Page : 46/59

8.2.2 Concentrations résiduelles retenues

L'ensemble des concentrations résiduelles retenues pour l'étude est récapitulé dans le **tableau 20**.

Tableau n°20 : Concentrations résiduelles retenues pour l'ARR

	Substances	Sols (mg/kg MS)	
		Logements	Merlon
Hydrocarbures par TPH	Hydrocarbures aromatiques C10-C12	-	160
PCB	Somme des 7 PCB	1 *	100

* concentration seuil considérée sous la dalle des logements, définie dans la partie « plan de gestion »

Pour les PCB, les 7 congénères réglementaires ont été analysés. Or la somme des 7 congénères représente 31% en masse de l'Aroclor 1260³². Nous supposons donc, en première approche, une concentration en Aroclor 1260 de **300 mg/kg MS pour le merlon et de 3 mg/kg MS sous le bâtiment**.

8.2.3 Relations dose-réponse des polluants retenus pour l'ARR

Les relations dose-réponse des composés présents dans les différents milieux sont données en **annexe 8**. Cette annexe présente :

- la cancérogénicité des composés,
- les valeurs toxicologiques retenues (pour les différents types d'effet),
- les caractéristiques physico-chimiques des composés.

Ces paramètres seront utilisés dans le cadre des calculs des expositions dans les parties suivantes du rapport. Les valeurs toxicologiques retenues sont synthétisées dans le **tableau 21**.

Tableau n°21 : Valeurs toxicologiques de référence retenues pour l'ARR

	EFFETS TOXIQUES SANS SEUIL			EFFETS TOXIQUES A SEUIL			
	ERUI (µg/m3)-1	type de cancer voie inh°	Source	RfC (inh°) (µg/m3)	Organe cible (inh°)	Source	Facteur de sécurité (inh°)
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH							
Aromatic nC>10-nC12	-	-	-	200	poids	TPHCWG, 1997	1000
PCB							
Arochlor 1254	5.70E-04	hépatique	US-EPA 1997	1	marginiaux	RIVM, 2000	300

Remarque : il n'existe pas de VTR spécifique pour l'Aroclor 1260. Les VTR de l'Aroclor 1254 ont donc été retenues.

³² Source : Frame et al. (1996)

8.3 Evaluation des concentrations résiduelles dans les milieux d'exposition

8.3.1 Concentrations de vapeurs dans l'air en intérieur et en extérieur

Le logiciel RISC 4.0 (octobre 2001) a été utilisé pour l'évaluation des expositions dans l'air. Distribué par Waterloo hydrogeologic, ce logiciel a été développé par Lynn R.Spence et BP oil International.

Dans l'air intérieur (logements), la modélisation des expositions est conduite sur la base des équations de Johnson & Ettinger (1991) utilisées avec une source de pollution infinie (pas de diminution au cours du temps). Les équations du logiciel sont répertoriées dans la norme ASTM E 1739-95. 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 la mise en dépression du bâtiment (effet de la ventilation).

Dans l'air extérieur (merlon), 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.

Les équations et l'ensemble des paramètres de calcul utilisés pour la modélisation dans l'air intérieur et extérieur sont présentés en **annexe 9**.

Les concentrations dans l'air ainsi calculées (présentées dans les fichiers de calculs de l'**annexe 10**) sont synthétisées dans le **tableau 22**.

Tableau n°22 : Concentrations de vapeurs dans l'air en intérieur et en extérieur.

	Substances	Valeurs de comparaison dans l'air atmosphérique (mg/m3)	AIR INTERIEUR (mg/m3)	AIR EXTERIEUR (mg/m3)
			Logements	Merlon
Hydrocarbures par TPH	Hydrocarbures aromatiques C10-C12	-	-	4.93E-02
PCB	Aroclor 1260	-	1.47E-05	1.49E-06

A la lecture de ce tableau, il apparaît que les concentrations de vapeurs calculées pour l'air en intérieur en PCB sont supérieures aux concentrations calculées pour l'air en extérieur.

8.3.2 Evaluation de l'exposition par inhalation

Le calcul de la concentration moyenne inhalée a été réalisé avec l'équation générique suivante (guide EDR du Ministère en charge de l'environnement/BRGM/INERIS, version 2000) :

$$CI_j = [C_j \times t_j \times T \times F / T_m]$$

avec : CI_j : concentration moyenne inhalée du composé j (en mg/m³).
 C_j : concentration du composé j dans l'air inhalé (mg/m³).
 T : durée d'exposition (années).
 F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an).
 t_j : fraction du temps d'exposition à la concentration C_j pendant une journée (-)
 T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours).

Les concentrations moyennes inhalées sont calculées à partir des concentrations dans les sols présentées dans le **tableau 20**.

Le détail des calculs est donné en **annexe 10**.

8.4 Quantification des risques sanitaires résiduels

Les quotients de danger (QD) et excès de risques individuels (ERI) liés aux différentes expositions ont été calculés à partir des valeurs toxicologiques de référence (**annexe 8**) et des CI (concentrations inhalées) et DJE (doses journalières d'exposition). Le détail du calcul est donné en **annexe 10**.

La méthodologie adoptée est celle préconisée par le guide EDR du Ministère en charge de l'environnement/BRGM/INERIS, version 2000 et reprise par les circulaires ministérielles de février 2007. L'évaluation du risque nécessite la prise en compte simultanée d'expositions par différentes voies et concerne l'ensemble des composés pour lesquels l'additivité des risques sera ici considérée.

8.4.1 Méthodologie

8.4.1.1 Estimation du risque pour les effets toxiques sans seuil

Pour les effets toxiques sans seuil, et pour des faibles expositions, l'excès de risque individuel (ERI) est calculé de la façon suivante :

$$\text{ERI (inhalation)} = \text{CI} \times \text{ERUI}$$

Les ERI s'expriment sous la forme mathématique 10^{-n} . Par exemple, un excès de risque de 10^{-5} présente la probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer pour 100 000 personnes exposées durant la vie entière.

Pour chaque scénario d'exposition, un ERI global est ensuite calculé en faisant :

- pour chaque composé, la somme des risques liés à chacune des voies d'exposition,
- la somme des risques liés à chacun des composés cancérigènes.

Il n'existe pas de niveau d'excès de risque individuel universellement acceptable. La Circulaire du ministère en charge de l'environnement datée du 8 février 2007, relative aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, considère que le niveau de risque « usuellement [retenue] au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de 10^{-5} est acceptable.

En cas d'exposition conjointe à plusieurs agents dangereux, l'Environmental Protection Agency des Etats-Unis (US-EPA) recommande de sommer l'ensemble des excès de risque individuels (ERI), quels que soient le type de cancer et l'organe touché, de manière à apprécier le risque cancérigène global qui pèse sur la population exposée.

8.4.1.2 Estimation du risque pour les effets toxiques à seuil

Pour les effets toxiques à seuil, un quotient de danger (QD) est défini pour chaque voie d'exposition de la manière suivante :

$$QD_{i,ING} = \frac{DJE_{i,ING}}{RfDi} \quad \text{et} \quad QD_{i,INH} = \frac{CI_{i,INH}}{RfCi}$$

Un QD inférieur ou égal à 1 signifie que l'exposition de la population n'atteint pas le seuil de dose à partir duquel peuvent apparaître des effets indésirables pour la santé humaine. A l'inverse, un ratio supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer dans la population, sans qu'il soit possible d'estimer la probabilité de survenue de cet événement.



Malgré la position récente de l'Environmental Protection Agency des Etats-Unis (US-EPA) qui recommande l'additivité des QD uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique et le même organe cible, en l'absence de doctrine unique sur l'additivité des risques et compte tenu de la méconnaissance à l'heure actuelle des mécanismes d'action pour la majorité des substances, nous procéderons à l'additivité des quotients de danger.

2.1.1. Introduction

2.1.2. Description du projet de loi

Le projet de loi vise à modifier le régime de l'additivité des risques pour les substances...

2.1.3. Objectifs

L'objectif principal est de garantir la protection de la santé humaine et de l'environnement...

2.1.4. Méthodologie

La méthodologie adoptée est basée sur une approche scientifique et prudente...

Les données disponibles ont été soigneusement évaluées et les incertitudes ont été prises en compte...

Les résultats de l'évaluation ont permis de conclure que l'additivité des risques est la méthode la plus prudente...

2.1.5. Conclusion

En conclusion, l'additivité des risques est recommandée pour les substances en question...

$$\frac{QD_1}{QD_2} = \frac{D_1}{D_2} \times \frac{R_2}{R_1}$$

Il est important de noter que cette approche est destinée à être utilisée de manière prudente et que des études supplémentaires sont nécessaires pour certaines substances...

Document confidentiel
Version 1.0
Date de publication : 03/07/2009

RRn00143/A20025/CRnZ090696	
PBA – NMO - FLO	
03/07/2009	Page : 50/59

8.4.2 Calculs des risques sanitaires résiduels

Les voies d'exposition retenues sont l'inhalation de vapeurs depuis les sols et la nappe d'eaux souterraines. Les risques sanitaires QD et ERI sont synthétisés dans le **tableau 23**.

Tableau n°23 : Risques sanitaires résiduels

SCENARIO	Effets non cancérogènes Quotient de danger (QD)			Effets cancérogènes Excès de risque individuel (ERI)		
	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque
Inhalation de gaz intérieur - Logements	9.9E-03	1.1E-02	PCB	3.24E-06	5.13E-07	PCB
Inhalation de gaz extérieur - Merlon	6.2E-03	1.9E-02	PCB	1.22E-06	5.48E-09	PCB
TOTAL	0.016	0.029		3.25E-06	5.19E-07	

Le tableau ci-dessus montre que pour les l'ensemble des cibles considérées (adultes et enfants résidents), en prenant en compte les concentrations explicitées dans le **tableau 20**, et avec les hypothèses constructives retenues, **les risques sanitaires résiduels sont acceptables, tant pour les effets non cancérogènes (QD) que pour les effets cancérogènes (ERI)**.

En effet, les quotients de danger (QD) sont de l'ordre de 0,03 au maximum, et sont donc tous inférieurs à la valeur considérée comme acceptable (QD=1). De même, pour les effets cancérogènes, les excès de risques individuels (ERI) sont de l'ordre de $3,25 \cdot 10^{-6}$ au maximum, et sont donc inférieurs à l'excès de risque considéré comme acceptable (ERI= 10^{-5} , 08/02/2007).

Les composés qui tirent le risque sont les PCB.

8.5 Incertitudes et sensibilité

8.5.1 Introduction

L'analyse des incertitudes d'une évaluation des risques et la sensibilité des paramètres retenus pour cette évaluation est une partie intégrante de l'ARR. Afin de ne pas alourdir cette analyse tout en restant suffisant, les paramètres clés de l'évaluation réalisée sont ici discutés ainsi que leur incidence sur les résultats de l'évaluation. Ces paramètres clés sont dépendants des scénarios d'exposition et des substances retenues. Le chapitre ci-dessous reprend dans le cadre de la présente étude les paramètres dont les incertitudes jouent un rôle majeur dans les calculs menés.

8.5.2 Choix des composés

Dans le cadre de cette étude, seuls les PCB et les HCT détectés lors des différentes campagnes d'investigations ont été pris en compte.

Cas des PCB : le PCB 153 est présent majoritairement dans les échantillons analysés, indiquant la présence d'un mélange de PCB à teneurs en chlore élevées, à savoir des PCB très peu solubles et peu volatils.

Une analyse du type d'Arochlor du mélange de PCB présents a été réalisée à partir d'un algorithme prenant en compte l'analyse des 7 congénères réglementaires par le laboratoire d'analyses.

D'après le laboratoire d'analyses, les PCB majoritairement en présence sont de types Aroclor 1260.

Cas des hydrocarbures : dans un souci de ne pas sous-estimer le risque, et compte tenu de l'absence d'analyses selon la méthode des TPH, nous considérerons que l'ensemble des hydrocarbures C10-C12 correspond à des hydrocarbures aromatiques de type C10-C12, les hydrocarbures aromatiques présentant des Valeurs Toxicologiques de Référence plus contraignantes pour les voies directes.

Notons que les concentrations en hydrocarbures lourds ($nC > 16$) interviennent dans la modélisation puisque le modèle simule un équilibre entre les différentes classes d'hydrocarbures, chacune se solubilisant et se volatilissant moins en présence du mélange d'hydrocarbures que si cette classe se trouvait seuls dans les sols à une concentration équivalente.

8.5.3 Concentrations dans les sols

Les concentrations prises en compte sous le merlon correspondent aux valeurs maximales mesurées sur le site.

Les concentrations prises en compte sous les bâtiments correspondent à la valeur définie dans le plan de gestion.

Compte tenu de l'acceptabilité des risques sanitaires pour les aménagements retenus avec de telles concentrations, l'analyse de la répartition spatiale des concentrations associées aux calculs réalisés n'est pas nécessaire, la conclusion de l'étude étant valable quelle que soit la localisation des aménagements sur les lots.

8.5.4 Toxicité des composés

8.5.4.1 Cumul des ERI et des QD

Il convient de rappeler la limite méthodologique des évaluations de risques sanitaires lorsque plusieurs substances peuvent avoir entre elles des effets synergiques ou antagonistes. A l'heure actuelle, les éléments qui permettraient de déterminer si les effets se cumulent ou non ne sont pas disponibles et il n'y a pas de consensus sur une méthode pour prendre en compte les effets de mélanges.

Cumul des ERI

Les ERI ont été sommés quels que soient les organes cibles, les types de cancer et les voies d'exposition.

La sommation est justifiée pour les ERI (composés sans seuil d'effet) parce qu'on parle de cancer en général quelle que soit la cause ou le mécanisme. Cette approche suit le consensus des organismes internationaux.

Cumul des QD

Pour les composés à seuil d'effet, la sommation de l'ensemble des QD est discutable, néanmoins l'approche retenue (par organe cible si la somme brute des QD était supérieure à 1), paraît la plus proche des consensus national et international.

8.5.4.2 Incertitude sur les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)

Voie orale et inhalation

Les valeurs toxicologiques de référence retenues dans la présente étude sont issues d'une synthèse réalisée par BURGEAP à la date **de mars 2009 (annexe 8)**.

Ci-dessous, les VTR des PCB, tirant le risque, sont analysées.

- Les PCB :

Pour la voie inhalation, l'ERUi est issu d'une dérivation de la VTR par voie orale à la voie inhalation, en fonction du type d'exposition (vapeurs ou poussières), l'ERUi ne sera pas le même. Pour la prise en compte de toutes les voies d'exposition et l'estimation d'un risque de manière conservatoire l'ERUi est de $0.00057 [\mu\text{g}/\text{m}^3]^{-1}$.

Concernant les effets à seuil de dose, nous retiendrons la RfD établie par l'US-EPA, le RIVM et l'ATSDR de 2.10^{-5} mg/kg/j portant sur l'immunologie, le système oculaire et cutané. Pour la voie inhalation, la seule valeur disponible : TCA de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du RIVM sera retenue, malgré les effets marginaux cités par le RIVM

Ces VTR sont associées à la concentration totale en PCB de type aroclor 1254, les concentrations en PCB congénères indicateurs (7) devront donc être retraduites en une concentration en aroclor 1254 pour l'utilisation de ces VTR.

Enfin, concernant la présence d'autres congénères, dans les aliments les PCB "dioxin-like" pourront être recherchés (avis AFSSA, 2003). La toxicité de ces PCB sera alors à considérer de manière séparée (il s'agit de facteur d'équivalent toxiques : FET).

8.5.5 Transport de vapeurs vers l'air extérieur et intérieur

8.5.5.1 Transferts vers l'air extérieur

Compte tenu des niveaux de risques évalués pour l'exposition en air extérieur, les incertitudes sur les paramètres de cette évaluation (vitesse du vent, longueur de la zone contaminée) ne modifient pas les conclusions. Toutefois, il est à noter que les paramètres « vitesse du vent » et « taille de la zone de mélange » jouent de manière directement proportionnelle sur les risques calculés.

8.5.5.2 Taille des bâtiments considérés

Pour la remontée de vapeurs (en provenance d'air du sol) au droit des logements, il a été considéré un logement de 25 m² (5x5 m).

Dans une approche majorante, nous avons considéré un aménagement plus petit pour évaluer les risques sanitaires liés à l'accumulation des vapeurs de polluants dans les espaces clos de petite taille.

8.5.5.3 Taux de ventilation

Le taux de ventilation retenu pour les logements est de 0,5 h⁻¹ ou encore 12 j⁻¹, valeur habituelle rencontrée dans les modèles intégrés de calcul de risque³³. Dans l'arrêté du 24 mars 1982, le taux de renouvellement d'air minimal moyen modulé en fonction des pièces de l'habitat est de 0.5 vol/h (soit 12 j⁻¹). L'arrêté modifié du 28 octobre 1983 permet dans le cas où un dispositif mécanique module automatiquement le renouvellement d'air d'abaisser la ventilation moyenne à 0,3 vol/h (soit 7,2 j⁻¹) ;

La prise en compte d'un taux de ventilation de 6 j⁻¹ ne modifierait pas les conclusions de l'étude.

8.5.5.4 Caractéristiques des recouvrements

Dallage sous les logements :

Les paramètres du dallage sous les logements sont les suivants :

- porosité du béton : 12 % ;
- teneur en eau : 7 % ;
- épaisseur du dallage : 10 cm.

Ces paramètres permettent de calculer un ratio Deff/D, qui correspond à l'inverse de la tortuosité, de l'ordre de 100. Ce ratio varie dans la littérature de 103 (valeur minimale pour un béton de rapport E/C 0.5) à 1855 (valeur maximale pour un béton de rapport E/C 0.2).

Il apparaît que les caractéristiques retenues pour le béton sont conservatoires pour l'estimation du flux diffusif et impactent peu sur les niveaux de risques évalués.

³³ Le rapport RIVM/CLARINET (report 711701030/2002, « Variation in calculated human exposure. Comparaison of calculations with seven European human exposure models ») montre que 3 modèles prennent en compte un renouvellement d'air de 0,5 h⁻¹, deux d'entre eux prennent un taux de 1,25 h⁻¹, et l'un d'entre eux prend un taux de 0,3 h⁻¹.

Terres saines au droit du merlon :

Les paramètres des terres saines apportées sur les terres impactées, stockées dans le merlon sont les suivants :

- porosité des terres saines : 30 % ;
- teneur en eau : 15 % ;
- épaisseur du dallage : 50 cm.

Il apparaît que les caractéristiques retenues pour les terres saines sont conservatoires pour l'estimation du flux diffusif et impactent peu sur les niveaux de risques évalués.

8.5.5.5 Taux de fissuration

Le taux de fissuration retenu pour le calcul est de 2.10^{-4} , valeur proposée par défaut par l'US-EPA et le RIVM. La prise en compte d'un taux de fissuration de 10^{-3} (valeur par défaut proposée initialement par Johnson & Ettinger, 1991 et considérée comme la meilleure estimation de ce paramètre par Johnson & Ettinger, 2002) conduit à des expositions augmentées d'un facteur 1,2. Les QD et ERI ainsi calculés restent nettement inférieurs aux critères d'acceptabilité des circulaires ministérielles de février 2007.

En l'absence de connaissance plus approfondi de ce paramètre, toutes choses égales par ailleurs, nous jugeons que les incertitudes induites ne sont pas d'ordre à remettre en cause les conclusions formulées sur l'acceptabilité des risques.

8.5.5.6 Choix du logiciel en source de type fini ou infini

Compte tenu du projet étudié (bâtiment de plain pied), la modélisation des transferts de vapeurs dans l'air intérieur est conduite sur la base des équations de Johnson & Ettinger (1991) utilisées avec une source de pollution infinie (pas de diminution au cours du temps). Les équations du logiciel sont répertoriées dans la norme ASTM E 1739-95. Le transfert de vapeur est conditionné par un mouvement diffusif (équations de Millington and Quirk et équation de Fick) et un mouvement convectif induit par la mise en dépression du bâtiment (effet de la ventilation).

La source sol sous les bâtiments est donc considérée comme infinie, c'est-à-dire que le logiciel ne prend pas en compte une atténuation des teneurs dans la zone source des sols en fonction du temps de part la volatilisation des composés de la source vers l'intérieur des bâtiments. Ce choix est fortement conservatoire pour les composés les plus volatils.

8.5.6 Perméabilité des sols

La perméabilité intrinsèque retenue pour le calcul, estimée à partir de la bibliographie, est de 1.10^{-8} cm² (correspondant à une perméabilité à l'eau de 1.10^{-5} m/s). Des variations de cette perméabilité peuvent exister dans l'espace. La prise en compte d'une perméabilité à l'eau plus faible (1.10^{-3} m/s) conduit à des expositions augmentées d'un facteur 10 au droit des lots H et I (pas de modification au droit du lot M, compte tenu que seul le dégazage depuis les sols et la nappe en extérieur a été retenu). Les QD et les ERI ainsi calculés restent respectivement inférieurs à 1 et à 10^{-5} .

Ainsi, la prise en compte d'une perméabilité des terrains plus forte ne conduirait pas à la modification des conclusions de cette étude.

8.5.7 Paramètres d'exposition

8.5.7.1 Durées d'exposition

Les durées d'exposition retenues ont été choisies en prenant en compte les futurs aménagements :

- des adultes résidant dans les logements et fréquentant les espaces verts (merlon). Nous considérerons une exposition de 23 h/j à leur domicile et 1 h/j en extérieur, 330 jours par an, pendant 40 ans (référence étude INSEE, 1999) ;
- des enfants résidant dans les logements, fréquentant les espaces verts et les parkings intérieurs en rez-de-chaussée. Nous considérerons une exposition de 22 h/j à leur domicile et 2 h/j en extérieur, 330 jours par an, pendant 6 ans (référence étude INSEE, 1999).

Pour les durées d'exposition dans les logements, pour les adultes, nous avons considéré une durée de 40 années. Elle correspond au centile 98 des valeurs présentées par l'US-EPA (EFH, 1997). La variabilité de cette durée d'exposition est cependant importante. En effet, les valeurs issues de l'Exposure Factor Handbook (US-EPA, EFH, 1997) sont fortement variables : de 12 ans en moyenne, la médiane (centile 50) est de 9 ans, le centile 95 de 33 ans et le centile 99 de 47 ans. Cette variabilité se retrouve également en France comme l'a montré l'étude des abonnements EDF (Nedellec, 1998) avec une durée médiane de 10 ans et un centile 90 de 30 ans. La valeur retenue de 40 ans est plus conservatoire que la valeur utilisée dans le cadre de l'établissement des Valeurs de Constat d'Impact (INERIS, 2001) pour un usage sensible ; elle est cependant dans la gamme protectrice de celles proposées par l'US-EPA.

Cela renforce les conclusions de l'étude en termes d'acceptabilité des risques.

8.5.7.2 Poids des cibles

Le poids corporel moyen d'un adulte est fixé à 60 kg pour les adultes à partir de 17 ans, 15 kg pour les enfants d'âge inférieur à 7 ans et 31 kg pour les enfants jusqu'à 12 ans. Les données ayant permis de faire ce choix sont les suivantes :

- une moyenne de 62,55 kg pour les adultes (CIBLEX), le minimum et maximum étant respectivement de 42 et 83 kg,
- une moyenne de 14,4 kg pour les enfants âgés de 0 à 7 ans (CIBLEX), le minimum et maximum étant respectivement de 2 et 30 kg,
- une moyenne de 17,2 kg pour les enfants âgés de 2 à 7 ans (CIBLEX), le minimum et maximum étant respectivement de 12 et 21 kg,
- une moyenne de 30,6 kg pour un enfant âgé de 7 à 12 ans (CIBLEX), le minimum et maximum étant respectivement de 19 et 42 kg,
- une moyenne de 51,7 pour un adolescent âgé de 12 à 17 ans (CIBLEX), le minimum et maximum étant respectivement de 33 et 71 kg,
- 60 kg pour les adultes (INSERM et l'OMS),
- 70 kg pour les adultes (US-EPA).

8.5.7.3 Volumes respiratoires

Les volumes respiratoires moyens sont pris égaux à 20 m³/jour pour les adultes et les enfants à partir de 7 ans en référence aux débits considérés par les organismes internationaux pour la dérivation des valeurs toxicologiques. Il est cependant à noter que les moyennes établies pour les hommes et les femmes adultes à

partir des données de CIBLEX sont de 25,7 m³/jour en période active et 17,5 m³/jour en période de sommeil. On notera l'absence d'impact lié à ce paramètre, du fait qu'il n'intervient pas ou très peu dans les calculs des QD et des ERI.

8.5.8 Conclusions sur les incertitudes et la sensibilité de l'évaluation

On constate que plusieurs facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués. Pour la majorité d'entre eux, les connaissances actuelles ne permettent pas de réduire ces incertitudes. Les hypothèses retenues sont généralement sécuritaires.

Ainsi, sur la base des connaissances actuelles, des pratiques communément admises de la gestion du risque sanitaire, en considérant la mise en œuvre des mesures de gestion préconisées et pour les hypothèses d'aménagements retenues, nous considérons comme fondé de retenir des niveaux de risques acceptables pour les futurs usagers du site.

Ces conclusions ne sont valables que pour les conditions précisées ci-dessus. Toute modification de l'usage du site, du projet de réaménagement, des hypothèses d'aménagement retenues entraînera une révision de ces conclusions.

9 Conservations de la mémoire - Servitudes

9.1 Cadre et objectifs

En lien avec les mesures constructives ci-dessus mentionnées dans le rapport BURGEAP, Rpe07057 du 26 mai 2008 qui s'appliquent, avec les prescriptions des documents d'urbanisme en vigueur sur la ville de Randonnai et les mesures de gestions ci-dessus retenues, des servitudes doivent être instituées **afin de garantir dans le temps le respect de ces règles et recommandations**. Les objectifs de ces servitudes sont les suivants :

- l'assurance de la protection de la santé humaine et de l'environnement au cours du temps (dont les éventuelles précautions pour la réalisation de travaux d'affouillement, passage de canalisations d'eau, etc.) ;
- l'assurance qu'une éventuelle modification de l'usage ne sera possible que si elle est conforme aux définitions des servitudes ou si elle s'accompagne de nouvelles études et/ou de travaux garantissant la compatibilité avec cet usage ;
- la protection de l'exploitant du site lors d'éventuels changements d'usage des sols qui ne seraient pas de son fait. Ces éventuels changements d'usage de site pourraient résulter par exemple de modifications de la politique locale d'urbanisme ou de décisions de propriétaires successifs du site ;
- la pérennité de la maintenance ou la surveillance du site.

Les servitudes relatives à la découverte de la présence des PCBS concernent :

- la présence, la surveillance et l'entretien du merlon d'encapsulation des terres impactées par les PCBs .

9.2 Choix du type de servitude à mettre en oeuvre

Les différents types de servitudes existantes dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau suivant sont :

- la servitude d'utilité publique (S.U.P.) ;
- le projet d'intérêt général (P.I.G.) ;
- la servitude conventionnelle de droit privé ;
- la servitude conventionnelle au profit de l'état ;
- les restrictions d'usage conventionnelles instituées entre deux parties.

Tableau n°24 : Les différents types de servitudes possibles

Type de servitude	Demandeur	Documents nécessaires	procédure	Transcription obligatoire
S.U.P.	Exploitant de l'I.C. Maire Préfet	Dossier	Enquête publique et arrêté préfectoral	- Annexion au P.O.S. - Conservation aux hypothèques - Mentionnées dans le certificat d'urbanisme
P.I.G.	Mis en place uniquement en cas d'utilité publique Etc.	Projet définitif nécessaire et non de déclaration d'intention Etc.	1- délibération ou décision de l'Etat 2- mise à disposition du publique pendant 1 mois	- dans les documents d'urbanisme - Prévaut sur les documents d'urbanismes locaux et le P.O.S.
Servitude conventionnelle de droit privé	Code civil	Document contractuel d'obligations perpétuelles ou limitées dans le temps	Contrat (forme authentique) conclu devant notaire	- Publiée à la conservation des hypothèques, - Doit être déclarée en cas de vente
Servitude conventionnelle au profit de l'état	Etablie en liaison avec les services fiscaux du départ, propriétaire, préfet, directeur des services fiscaux			
Restrictions d'usage conventionnelles entre deux parties	Conclues entre 2 personnes (propriétaires successifs ou exploitant/propriétaire)			

Compte tenu de la nature des polluants concernés, les PCBs, et de la nature de l'aménagement prévu, logements, le choix se porte sur la mise en oeuvre de servitudes d'utilité publique (S.U.P.).

9.3 Contenu des servitudes d'usage à mettre en oeuvre

Les servitudes d'usage à mettre en oeuvre et qui seront portées aux actes notariés et aux hypothèques pour garantir leur pérennité sont celles reportées dans le rapport BURGEAP, Rpe07057 du 26 mai 2008.

9.4 Suivi du chantier et récolement

Le suivi des travaux sera réalisé par un assistant à maîtrise d'ouvrage.

A l'issue des travaux d'excavation et de traitement ou d'élimination des terres impactées ou à l'issue de création du merlon d'encapsulage, un dossier de récolement au regard des objectifs de réhabilitation sera rédigé ; il comprendra, à minima, les éléments suivants :

- le plan altimétrique coté qui repositionnera précisément l'ensemble des excavations, des zones de confinement et des apports de terres saines,
- les BSD (Bordereaux de Suivi de Déchets) pour les terres impactées évacuées hors site,
- les bons de pesée et le récapitulatif des bons de pesée,
- les types d'analyses effectuées sur les bords et les fonds de fouille, ainsi que les localisations précises des prélèvements de contrôle,
- les résultats d'analyses associés,
- mise à jour éventuelle de l'ARR.



10 Conclusion générale

La ville de Randonnai et l'EPF Normandie envisagent le projet d'aménagement suivant sur l'ancienne fonderie SFAR implantée sur la commune de Randonnai :

- un bâtiment à usage résidentiel et de services publics (la poste, maison médicale, 5 logements) sans niveau de sous-sol,
- un polygone de constructibilité d'accueil pour le futur centre commercial (partie centre du site),
- des espaces verts publics,
- des voiries et des éventuels parkings.

Notons qu'il n'est pas prévu de jardins privatifs et de plantation d'arbres fruitiers au droit des espaces verts publics.

Suite à la découverte de nouvelles contaminations des sols lors des travaux de requalification du site de la SFAR de Randonnai (61), à la demande de l'EPF Normandie et BURGEAP a conduit des investigations complémentaires :

- au droit et à proximité de la zone 1 dite « Orne habitat » où des odeurs de pyralène ont été identifiées à l'ouest ;
- au droit de l'ancienne cuve d'hydrocarbures découverte dans la partie centre est du site.

BURGEAP a également conduit des investigations au droit de la zone 4, afin d'évaluer la pollution résiduelle des sols, compte tenu de son aménagement en plateforme commerciale ou mairie.

Ces investigations complémentaires ont été conduites de mi-février à mi-avril 2009.

Elles ont permis :

- de mettre en évidence une contamination des sols par des PCB à l'ouest de la zone 1, au droit et au voisinage de l'ancien local transformateur, sur une superficie de 520 m² et une profondeur d'un mètre ;
- de mettre en évidence une contamination des sols par des hydrocarbures au droit de l'ancienne cuve de fioul domestique, couvrant une superficie de 30 m² sur une profondeur d'un mètre, jusqu'au niveau du radier ;
- de mettre en évidence, au droit de la zone 4, des impacts sur le milieu sol par des hydrocarbures, proches et/ou supérieures au seuil de mise en centre de stockage de déchets inertes (K3), à des profondeurs comprises entre 1 et 1,5 m.

Un plan de gestion des secteurs impactés par des PCB (ouest de la zone 1) et par des hydrocarbures (zone HcT) a été établi sur la base d'un bilan « coûts-avantages ».

En lien avec les travaux projetés, et compte tenu de la présence de pollution sur le site, les aménagements prévus devront respecter les règles suivantes :

- l'excavation et la mise en sécurité des terres présentant des teneurs en PCBs supérieures à 4 mg/kg, et même à titre sécuritaire 1 mg/kg dans la zone de l'ancien local des transformateurs,

RRn00143/A20025/CRnZ090696	
PBA – NMO - FLO	
03/07/2009	Page : 60/59

- l'excavation et la mise en sécurité des terres présentant des teneurs en Hydrocarbures supérieures à 1700mg/kg,
- des mouvements de terres de surface (remblais/déblais) afin d'atteindre la cote de projet ;
- l'excavation des terres de surface sur le premier mètre au droit des futures voiries, sous le futur bâtiment Orne Habitat et sous la plateforme d'accueil du futur centre commercial potentiel ou la mairie (zone 4) ;
- la mise en place des canalisations dans une tranchée de terres propres rapportées ;
- la mise en place de terres propres en surface sur les terres en place impactées par des métaux au droit des futurs espaces verts ;
- l'absence d'éventuels arbres fruitiers ;
- la mise en place d'un grillage avertisseur entre les terres impactées restant sur site et les terres saines qui seront rapportées ;
- dans le cas où des terres impactées étaient confinées sous des zones dédiées à un usage sensible (type résidentiel ou de services), des prélèvements et des analyses d'air ambiant serait à réaliser dans les milieux d'exposition des usagers, à savoir en rez-de-chaussée du bâtiment. Nous préconiserons également la surveillance de la qualité de la nappe avec une campagne quadriennale. Par ailleurs, des prélèvements et des analyses de gaz du sol seront effectués au droit des zones cibles potentielles à réception des travaux de terrassement.

Le suivi des travaux devra être réalisé par un maître d'œuvre. Compte tenu de la pollution constatée, le plan général de coordination devra comprendre des consignes spéciales de sécurité, notamment vis-à-vis des poussières pouvant être occasionnées par les sables de fonderie et des émissions de gaz et d'éventuels problèmes d'odeurs (HCT et BTEX) et de PCBS lors des travaux de terrassement.

A l'issue de ces travaux, des terres impactées resteront en place sur site, sous les aménagements prévus (parkings) sous réserve de faisabilité géotechnique. Les teneurs résiduelles seront toutefois compatibles avec l'usage envisagé sur site (habitat) tel que décrit dans le présent rapport.

L'analyse des risques résiduels confirme que les niveaux de risque sont acceptables sur le site réaménagé selon le plan de gestion au sens de la circulaire ministérielle du 8 février 2007 « sites et sols pollués - modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués ».

Par conséquent, la qualité des sols au droit du projet est compatible avec les usages prévus (habitat, équipements publics).

Au vue de l'ARR, les sables sont susceptibles de pouvoir rester en place sous les bâtiments, mais pour pallier à toute contrainte liée à la présence et la gestion des terres impactées en phase chantier, il a été décidé par le comité de pilotage que les sables de fonderie seraient excavés au droit des bâtiments et du polygone de constructibilité.

Rappelons également que **les mesures de gestion suivantes s'appliquent :**

Concernant les risques induits par la présence de pollution au droit du site

L'analyse des risques résiduels a permis de conclure à des risques acceptables pour les futurs usagers du site si les sols présentant des PCBs à des teneurs supérieures à 4 mg/kg et même, à titre sécuritaire supérieures à 1mg/kg au droit de l'ancienne zone des transformateurs sont excavées et confinées sur site, et si les terres dont les teneurs en HCT dépassent 1700 mg/kg sont éliminées.

Si le choix du confinement sur la parcelle des terres impactées par des PCBs était fait, des servitudes d'utilités publiques devront être posées pour conserver la mémoire du site et pour assurer l'entretien régulièrement le merlon de confinement pour assurer sa pérennité.



Les hypothèses constructives suivantes devront par ailleurs être respectées :

- se **conformer au présent projet d'aménagement** (plan de principe d'aménagement de la société INFRASERVICES de mars 2008, voir **figure 2**) ;
- la **couverture de l'ensemble du site** par un bâtiment, des voiries et parkings, de l'enrobé et des espaces verts publics recouvert de terre végétale saine de 30 cm d'épaisseur ;

De plus, des **prélèvements et analyses de fond de fouille** au droit du bâtiment devront être réalisés à l'issue des travaux de terrassement afin de confirmer que les concentrations mesurées sont conformes aux concentrations retenues. En cas de dépassement des concentrations retenues, une mise à jour de cette étude devra être réalisée.

Concernant les contraintes d'usage

L'usage de la nappe par l'intermédiaire de puits au droit du site devra être proscrit.

Concernant les canalisations enfouies d'amené d'eau potable sur le site

Le calcul de risque mené sur les substances disposant de paramètres de perméation montre que l'usage de l'eau issue des canalisations traversant la zone impactée ne présenterait pas de risque pour la santé humaine. Toutefois, BURGEAP recommande:

- soit de mettre en place des canalisations métalliques ;
- soit d'enterrer les canalisations dans une section minimale de 1 m² de terres propres rapportées. Le sable sain devra être séparé des terres en place par un grillage avertisseur.

Concernant les mesures d'hygiène et sécurité en phase chantier

Compte tenu de la pollution constatée (en métaux et en hydrocarbures), nous préconisons le strict respect des consignes habituelles d'hygiène et de sécurité du domaine du BTP lors de la réalisation du chantier, afin de réduire, autant que possible le contact avec les sols impactés et les poussières. Les règles d'hygiène et sécurité spécifiques au chantier seront définies par le coordonnateur SPS.

La protection de l'exploitant du site lors d'éventuels changements d'usage des sols qui ne seraient pas de son fait. Ces éventuels changements d'usage de site pourraient résulter par exemple de modifications de la politique locale d'urbanisme ou de décisions de propriétaires successifs du site lors d'éventuels changements d'usage des sols (établissements sensibles, jardins privatifs) qui ne seraient pas de son fait et le rendraient responsable des coûts supplémentaires (modifications du PLU ou de décisions de propriétaires successifs du site);

Les terres impactées par des teneurs en métaux sont peu à pas lixiviables et ne présentent pas d'impact sur la nappe, nous préconisons au vue des risques sanitaires acceptables que **les terres principalement impactées par des métaux restent en place au droit des futurs espaces verts**. Au droit de la voirie et des tranchées des réseaux, ces terres seront excavées sur 1 m à 1,2 m de profondeur maximum et réutilisées en remblais sur le site.

Par ailleurs, les terres impactées par des PCBs seront soit traitées hors site soit encapsulées sur le site dans un merlon clos et parfaitement entretenu pour éviter tout développement de végétaux à grandes racines.

FIGURES



ANNEXES

- Annexe 1 -
Plan de localisation des
sondages du diagnostic
préliminaire de Ginger
Environnement (mai 2004)

Cette annexe contient 1 page

**- Annexe 2 -
Plan de localisation des
sondages de l'étude
complémentaire de pollution du
sous-sol de SEMOFI (janvier
2008)**

Cette annexe contient 1 page

- Annexe 3 -
Fiches d'échantillonnage de sols
des zones 1 et HcT

Cette annexe contient 12 pages



- Annexe 4 -
Certificats d'analyse de sol –
Zones 1 et HcT

Cette annexe contient 39 pages

- Annexe 5 -
Analyse du type d'Arochlor
présent sur site

Cette annexe contient 3 pages



- Annexe 6 -
Fiches d'échantillonnage de sols
de la zone 4

Cette annexe contient 4 pages

- Annexe 7 -
Certificats d'analyse de sol –
Zone 4

Cette annexe contient 4 pages



- Annexe 8 -
Limites d'une étude de pollution

Cette annexe contient 1 page

1° Une étude de la pollution du milieu souterrain, ou d'un site de stockage de déchets a pour seule fonction de renseigner sur la qualité des sols, des eaux ou des déchets contenus dans le milieu souterrain. Toute utilisation en dehors de ce contexte, dans un but géotechnique par exemple, ne saurait engager la responsabilité de notre société.

2° Il est précisé que le diagnostic repose sur une reconnaissance du sous-sol réalisée au moyen de sondages répartis sur le site, soit selon un maillage régulier, soit de façon orientée en fonction des informations historiques ou bien encore en fonction de la localisation des installations qui ont été indiquées par l'exploitant comme pouvant être à l'origine d'une pollution. Ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas, dont l'extension possible est en relation inverse de la densité du maillage de sondages, et qui sont liés à des hétérogénéités toujours possibles en milieu naturel ou artificiel. Par ailleurs, l'inaccessibilité de certaines zones peut entraîner un défaut d'observation non imputable à notre société.

3° Le diagnostic rend compte d'un état du milieu à un instant donné. Des événements ultérieurs au diagnostic (interventions humaines ou phénomènes naturels) peuvent modifier la situation observée à cet instant.

The first part of the report is a general introduction to the subject of the study. It discusses the importance of the research and the objectives of the study. It also mentions the scope of the study and the methods used.

The second part of the report is a detailed description of the methodology used in the study. It includes a description of the data collection methods, the sample size, and the statistical methods used to analyze the data.

The third part of the report is a discussion of the results of the study. It compares the findings with previous research and discusses the implications of the results.

The fourth part of the report is a conclusion and a list of references. The conclusion summarizes the main findings of the study and provides recommendations for future research. The references list the sources used in the study.