



EPFN

Ancien site Sonofoque « Champ de Foire »

Sites 1 et 2

FLERS (61)

Plan de gestion




Rapport RSSPNM00297-02

Date : 10/04/2013



EPFN

Plan de gestion

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction		Vérification		Validation	
			Nom	Signature	Nom	Signature	Nom	Signature
Création du document	01/06/2011	01	E. LANGARD		C. HUMBERT M. CARGOUËT		F.LORET	
Modifications suite à la réunion du 07/03/2013	10/04/2013	02	E. LANGARD		C. HUMBERT		F.LORET	
		03						
		04						

Numéro de rapport :	RSSPNM00297
Numéro d'affaire :	X00222
N° de contrat :	CSSPNM110817
Domaine technique :	SP11
Mots clé du thésaurus	Plan de gestion

BURGEAP AGENCE NORMANDIE

24, rue des Pâtis

76140 LE PETIT QUEVILLY

Téléphone : 33(0)2.32.81.45.00 - Télécopie : 33(0)2.32.10.37.33

e-mail : rouen@burgeap.fr

SOMMAIRE

1 Contexte de l'étude	6
1.1 Contexte et objectifs	6
1.2 Méthodologie générale	6
1.3 Documents consultés	7
2 Données liées au site	8
2.1 Présentation de la zone d'étude	8
2.2 Description du projet d'aménagement	9
2.3 Contexte environnemental	9
2.4 Usages des eaux	10
2.5 Synthèse de l'historique du site	11
2.6 Synthèse des études environnementales précédentes	13
3 Investigations de terrain (BURGEAP, avril 2011)	14
3.1 Stratégie d'investigation	14
3.2 Investigations sur les sols	14
3.3 Investigations sur l'air des sols	24
3.4 Bilan environnemental de la zone d'étude	28
4 Mesures de gestion	29
4.1 Les différentes modalités de gestion	29
4.2 Les principales techniques de traitement	30
4.3 Quelles mesures de gestion à retenir pour le site ?	33
4.4 Gestion des déblais	35
4.5 Mesures de gestion au droit de la parcelle n°187	37
5 Schéma conceptuel - Analyse des Risques Résiduels (ARR)	38
5.1 Schéma conceptuel	38
5.2 Paramètres des aménagements	40
5.3 Composés pris en compte	41
5.4 Evaluation des concentrations résiduelles de vapeurs dans l'air en intérieur et en extérieur	42
5.5 Evaluation des expositions par inhalation	43
5.6 Quantification des risques sanitaires résiduels	43
6 Conservation de la mémoire	45
6.1 Cadre et objectifs	45
6.2 Mise en place de restrictions d'usage	46
6.3 Suivi du chantier et récolement	46
7 Conclusions	48
7.1 Milieux impactés	48
7.2 Mesures de gestions	49
7.3 Analyse des risques résiduels (ARR)	49
FIGURES	50
ANNEXES	51

TABLEAUX

Tableau 1. Liste des captages AEP présents à proximité du site	10
Tableau 2. Liste des captages AEI présents à proximité du site	10
Tableau 3. Liste des captages AEA présents à proximité du site	11
Tableau 4. Recensement des sources potentielles sur la zone d'étude	12
Tableau 5. Caractéristiques des sondages réalisés au droit des futures zones terrassées du site 114	
Tableau 6. Programme analytique sur les échantillons de sols	15
Tableau 7. Indices macroscopiques observés	16
Tableau 8. Bruit de fond pour les métaux dans les sols	17
Tableau 9. Bruit de fond pour les HAP dans les sols	17
Tableau 10. Caractéristiques des différentes catégories de terres	19
Tableau 11. Résultats d'analyses sur les sols bruts (1/2)	20
Tableau 12. Résultats d'analyses sur les sols bruts (2/2)	21
Tableau 13. Résultats d'analyses au droit de la parcelle n°187	22
Tableau 14. Résultats d'analyses sur les éluats	23
Tableau 15. Caractéristiques des prélèvements d'air du sol	25
Tableau 16. Résultats des analyses sur l'air des sols	27
Tableau 17. Principales techniques de gestion des sols	31
Tableau 18. Classement des techniques de dépollution	32
Tableau 19. Polluants et techniques de dépollution associées	33
Tableau 20. Calcul des déblais/remblais du site	36
Tableau 21. Budget espace-temps des cibles considérées	39
Tableau 22. Voies d'exposition retenues	40
Tableau 23. Paramètres des aménagements retenus	42
Tableau 24. Risques sanitaires résiduels	44
Tableau 25. Restrictions d'usage à mettre en œuvre	46

FIGURES

Figure 1	Plan de localisation de la zone d'étude
Figure 2	Plan cadastral de la zone d'étude
Figures 3a, b	Plan du projet d'aménagement – Sites 1 et 2
Figure 4	Plan de principe du nivellement (site 1)
Figure 5	Plan de localisation des installations/activités à risques (site 1)
Figures 6a, b	Plan de localisation des investigations précédentes – Sites 1 et 2
Figures 7a, b	Plan de localisation des investigations – Projet – Sites 1 et 2
Figure 8	Plan de localisation des investigations – Nivellement – Site 1
Figure 9	Représentation graphique des épaisseurs de sables noirs et de mâchefers (site 1)
Figure 10	Schéma conceptuel

ANNEXES

Annexe 1 - Coupes de sol	52
Annexe 2 - Bordereaux d'analyses (sols)	53
Annexe 3 - Coupes des piézairs	54
Annexe 4 - Fiches de prélèvement d'air des sols	55
Annexe 5 - Bordereaux d'analyses du laboratoire (air des sols)	56
Annexe 6 - Toxicologie et physico-chimie des composés retenus	57
Annexe 7 - Paramètres retenus	76
Annexe 8 - Détail des calculs des concentrations, des doses (DJE) et des risques (QD et ERI) 83	
Annexe 9 - Analyse des incertitudes	84

1 Contexte de l'étude

1.1 Contexte et objectifs

Dans le cadre de la fin des activités de l'ancien site SONOFOQUE « Champ de Foire », localisé rue du Champ de Foire, avenue de Dijon et rue des Douets à FLERS (61), plusieurs études environnementales ont été réalisées depuis 2003 (par TAUW, ATI, EXCIPE/BURGEAP). Celles-ci ont mis en évidence, notamment, la présence de terres impactées par des hydrocarbures, ainsi que la présence de sables de fonderie dans les remblais.

Une partie de ces terres a été terrassée puis excavée lors de la démolition des bâtiments (il ne reste aujourd'hui qu'une partie des fondations).

L'ancien site Sonofoque « Champ de Foire » est décomposé en deux sites (sites 1 et 2). Un projet d'aménagement y prévoit la réalisation de logements, de commerces et d'espaces verts. Dans ce cadre, l'EPFN (Etablissement Public Foncier de Normandie), maître d'ouvrage de projet, a souhaité que BURGEAP réalise des investigations complémentaires afin de compléter les données de la zone d'étude, à savoir :

- 1) définir la qualité chimique des terres devant être évacuées sur le site 1 dans le cadre du projet d'aménagement ;
- 2) préciser la présence de vides sous les dalles des anciens bâtiments au droit du site 1 ;
- 3) confirmer les extensions des sables de fonderie sur le site 1 ;
- 4) définir la qualité environnementale des remblais composant le merlon localisé au droit du site 2.

L'objectif de cette étude est également de s'assurer de la compatibilité entre l'état attendu du site après travaux et le projet d'aménagement et son environnement global. L'objectif est également d'estimer les surcoûts potentiels liés à la gestion des terres dans le cadre de la réalisation du projet.

1.2 Méthodologie générale

La méthodologie utilisée par la société BURGEAP se conforme aux circulaires élaborées par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (M.E.E.D.D.M.), parues le 8 février 2007 :

- « Implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles ».
- une note ministérielle « Sites et sols pollués – modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués » dont l'annexe 2 constitue le guide méthodologique pour la gestion des sites et sols pollués ;

Ces textes s'appuient sur des évolutions :

- **réglementaires**, avec l'abrogation des textes fondateurs de la politique antérieure des sols pollués et la réécriture d'un cadre cohérent rénové ;
- **méthodologiques**, avec la mise en place de nouveaux outils (Évaluations Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS), plan de gestion et Analyse des Risques Résiduels (A.R.R.)) lorsque le plan de gestion ne permet pas de supprimer tout contact possible entre les pollutions et les usagers d'un site).

Enfin, nous rappelons que l'étude est réalisée sur la base des connaissances techniques et scientifiques disponibles à la date de réalisation du rapport.

1.3 Documents consultés

Plusieurs documents ont été consultés dans le cadre de cette étude :

- « diagnostic initial – Etape A », TAUW Environnement – Août 2003 ;
- « diagnostic initial – Etape B & Evaluation Simplifiée des Risques », ATI Services – Décembre 2005 ;
- « diagnostic approfondi - investigations complémentaire sur site », EXCIPE France – Mai 2006 ;
- « rapport de fin de travaux de désamiantage, déconstruction sélective et dépollution partielle des sols – Site 1 », EXCIPE France – Juin 2007 ;
- « Etude complémentaire de la qualité des sols – site de la fonderie Sonofoque à Flers (61) », EXCIPE France, rapport n°Rex00901/CEXZ070021 daté de juillet 2007 ;
- « diagnostic approfondi et évaluation détaillée des risques », EXCIPE France – Octobre 2007 ;
- plan projet version 3, LA FABRIQUE URBAINE (date et références non connues) ;
- projet sur les sites Sonofoque – Coupe transversale, LA FABRIQUE URBAINE (date et références non connues) ;
- « reconversion des sites Sonofoque », LA FABRIQUE URBAINE, présentation datée du 10/11/2011.

2 Données liées au site

2.1 Présentation de la zone d'étude

L'ancien site Sonofoque « Champ de Foire » est décomposé en deux sites (sites 1 et 2) pour une superficie totale d'environ 14 000 m². Ils sont localisés rue du Champ de Foire, avenue de Dijon et rue des Douets, à FLERS (61).

Site 1 :

Ce site était recouvert en quasi-totalité par des bâtiments avant leur démolition (de septembre 2006 à février 2007). Il s'agissait d'une fonderie de fonte.

Le site correspond aux parcelles cadastrales suivantes :

- parcelles AC 170, 171 et 172 : anciennement bureaux, locaux sociaux et parkings de surface (surface de 1 106 m²) ;
- parcelles AC 707, 708, 709 et 710 : anciennement fonderie (surface de 6 712 m²) ;
- parcelles AC 7 et 290 ;
- parcelle n°187 : habitation.

Sa cote altimétrique est comprise entre 203 m NGF (au sud) et 212 m NGF (au nord).



Image 1



Image 2

Site 2 :

Ce site correspondait à une ancienne aire de stockage. Il est cadastré en parcelle 501 (surface de 6 185 m²).

Sa cote altimétrique est comprise entre 214 m NGF (à l'ouest) et 221 m NGF (à l'est).

Le plan cadastral des sites 1 et 2 est présenté à la **figure 2**.

2.2 Description du projet d'aménagement

Le réaménagement des sites 1 et 2, tel que décrit par le cabinet d'urbanisme « la FABRIQUE URBAINE », prévoit la réalisation des aménagements suivants :

- logements individuels de plain-pied, comprenant des jardins privatifs ;
- logements collectifs de plain-pied ;
- des bureaux de plain-pied ;
- des voiries et des parkings aériens ;
- des espaces verts collectifs.

Le plan de masse du projet d'aménagement pour chaque site est présenté sur les **figures 3a et 3b**.

Afin de niveler le terrain sur le site 1, d'après la FABRIQUE URBAINE, des excavations de terres sont envisagées sur des épaisseurs variant de 50 cm à 1,7 m et des apports de terres sont prévus sur des épaisseurs variant de 50 cm à 2,7 m. Un excédent de déblais d'environ 1 100 m³ est envisagé car un total de 2 500 m³ déblais est prévu et 1 400 m³ de remblais seront nécessaires .

Le plan de nivellement du site 1 est présenté sur la **figure 4**.

Aucun projet n'est envisagé au droit de la parcelle n°187.

2.3 Contexte environnemental

2.3.1 Contexte géologique

D'après la carte géologique de Flers de l'Orne (n°211), on trouve de haut en bas la succession géologique suivante :

- les cornéennes du Briovérien, qui montrent une texture massive, sans schistosité. Elles sont généralement micacées ou feldspathiques résultant de la recristallisation de la formation schisteuse initiale. L'altération d'origine climatique et pédogénétique de cette formation a entraîné la formation d'une couche superficielle, d'une dizaine de mètres d'épaisseur, composée d'argiles et de sables en proportions variables ;
- les granodiorites à cordiérite : socle granitique présentant potentiellement des fractures. La présence de ce socle n'est cependant pas complètement certaine au droit du site.

Lors de la réalisation des sondages, les remblais ont été mis en évidence sur environ 0,5 à plus de 4 mètres de profondeur avant la rencontre du terrain naturel correspondant à des sables.

2.3.2 Contexte hydrogéologique

Concernant l'hydrogéologie locale, les granodiorites ne possèdent pas de porosité primaire. Elles peuvent constituer des réserves aquifères que si elles sont altérées ou fracturées. Classiquement, on considère que les arènes contiennent la « ressource » en eau et les roches saines fracturées la « perméabilité ».

Dans le secteur de l'étude, la profondeur du toit de la nappe est très hétérogène. Il est rencontré à des profondeurs variant de 170 à 190 m NGF, soit 20 à 40 m sous la zone d'étude.

Les formations briovériennes, quant à elles, métamorphisées ou non, n'offrent guère de possibilité d'aquifères importants.

2.3.3 Contexte hydrologique

Le pays de Flers compte de nombreux petits cours d'eau. Cependant, à proximité du site, aucun cours d'eau ni eaux superficielles n'a été recensé.

Un petit affluent de la Vère passe à près de 650 mètres au sud du site. La Vère passe, quant à elle, à près de 750 mètres au sud-ouest du site. Ils s'écoulent tous les deux dans le sens de la pente du sol au niveau des différentes zones d'activités de la fonderie de Flers.

Enfin, un dernier cours d'eau, également affluent de la Vère, s'écoule au nord du site à près de 500 m, mais dans le sens opposé de la pente.

2.4 Usages des eaux

Il faut noter que les captages d'eau, et plus particulièrement les captages pour l'alimentation en eau potable (AEP), sont des cibles potentielles par rapport à la pollution des sols et que les nappes sont aussi des voies de transfert possibles des pollutions.

2.4.1 Alimentation en eau potable

Les données liées aux captages à usage d'eau potable sont synthétisées dans le **tableau 1**.

Tableau 1. Liste des captages AEP présents à proximité du site

Nom du point	Nappe captée	Capacité de l'usine	Position par rapport au site	Distance au site
Flers Visance	Eaux de surface Etang de Visance Barrage de Landsisacq	180 m ³ /h	ouest	8 km
Auvilliers-Varenne	Eau de surface au fil de l'eau de la Varenne	280 m ³ /h	sud	15 km

2.4.2 Captages industriels

Les données liées aux captages à usage industriel sont synthétisées dans le **tableau 2**.

Tableau 2. Liste des captages AEI présents à proximité du site

N° POINT	Nom du point	Profondeur de la nappe captée	Position par rapport au site	Distance au site
02112X0010	Route de Domfront Flers	52 m	aval	2 km
02112X0001	Etablissement Cousin St Georges des Groseilles	47 m	Aval	3 km

2.4.3 Captages agricoles

Les données liées aux captages à usage agricole sont synthétisés dans le **tableau 3**.

Tableau 3. Liste des captages AEA présents à proximité du site

N° POINT	Nom du point	Profondeur de la nappe captée	Position par rapport au site	Distance au site
02113X0011	Hautes Foltières Flers	88 m	aval	2 km
02112X0011	La Fouillée La Bazoque	52 m	aval	8 km
02113X0012	Launay Echalou	47 m	latéral	6 km
02118X0002	La Chalière Bellou-en-Houlne	36 m	latéral	11 km
02112X0009	L'Hodienesnière Saint Paul	52 m	latéral	7 km

2.4.4 Synthèse sur la vulnérabilité/sensibilité des eaux souterraines

Au regard des données disponibles, les conclusions suivantes, relatives à la vulnérabilité/sensibilité des eaux souterraines, peuvent être établies :

- **Usage industriel ou agricole :** les eaux souterraines sont captées à une grande profondeur (entre 36 et 88 m). De plus, au regard de la position hydraulique des captages (latéral hydraulique), de la distance au site des captages localisés en aval, et de la présence d'une couche argileuse d'une épaisseur de 10 m environ au du site, ces captages ne sont pas vulnérables à des impacts sur site ;
- **Usages d'eau potable :** les 2 captages recensés prélèvent dans les eaux de surface (Varenne, étang de la Visance). Par ailleurs, au regard des distances au site de ces 2 captages, les eaux de surface considérées ne sont pas vulnérables à des impacts sur site.

2.5 Synthèse de l'historique du site

Le chapitre suivant fait état de l'historique succinct du site ainsi que des activités/installations à risques initialement présentes.

2.5.1 Description des installations

1895 : création de la fonderie de fonte sous le nom de la Fonderie LORFEUVRE puis QUEREL (1924).

1950 : à partir des années 1950, la société s'agrandit et se développe réellement.

1965-1966 : la production de produits en fonte et ses débouchés resteront jusqu'en 2002 quasiment inchangés, à savoir essentiellement des bouches d'égout pour voirie (assainissement) et des contrepoids et lests (quilles de bateaux, matériels de travaux publics).

1979 : le société QUEREL est vendue à SONOFOQUE SA (SOCIÉTÉ NORMANDE des FONDERIES QUEREL).

1988 : une partie de l'activité, comprenant les travaux de type peinture ainsi que l'expédition, est déplacée sur le site de la Blanchardière à Flers. Deux nouveaux points de stockage sont créés à proximité du champ de Foire, respectivement rue de Dijon et rue des Douets.

1997 : la société Format reprend la société Sonofoque. La Société Nouvelle Sonofoque est créée en août 1997.

1^{er} janvier 2003 : toutes les activités de la Société Nouvelle Sonofoque, sont suspendues par arrêté préfectoral en date du 27 décembre 2002.

27 juin 2003 : le Tribunal de Commerce d'Alençon prononce la liquidation judiciaire de la fonderie Société Nouvelle Sonofoque.

2.5.2 Activités/installations mises en évidence

La synthèse de l'étude historique a permis de mettre en évidence les activités potentiellement polluantes qui ont été exercées sur site depuis sa création jusqu'à nos jours.

Le **tableau 4** présente les sources potentielles de pollution qui ont été recensées sur le site.

Tableau 4. Recensement des sources potentielles sur la zone d'étude

Zones	Caractéristique de la source potentielle de pollution	Substances
1	Bâtiment entretien véhicules (fosses et cuves à huile)	HCT, HAP
2	Station de carburant (cuves fioul et gasoil)	HCT, BTEX
3	Stockage de ferrailles et métaux	Métaux
4	Usinage/entretien (machines et stockage produits entretien)	HCT, HAP, métaux, COHV
5	Sablerie à vert, ancienne zone ébarbage (machines)	Métaux, HCT, HAP
6	Noyautage : résines et catalyseurs	Métaux, indice phénol, BTEX
7	Chantier mécanisé (fonte en fusion)	Métaux, HCT, HAP, Cyanures
8	Ancien chantier de machines	Métaux, HCT, HAP
9	Décochage / grenailage (machines, sables phénoliques)	Métaux, HAP, phénols
10	Ebarbage / écroûtage (machines)	Métaux, HCT, HAP
11	Fosse pour vernis bitumineux	HCT, HAP, BTEX, métaux
12	Tunnel (stockage, alimentation cubilot GS)	Métaux, cyanures
13	Cubilot GS (fusion)	Métaux, indice phénol, cyanures, formaldéhydes
14	Cubilot (fusion)	Métaux, cyanures
15	Chantier contrepoids (moulage)	Métaux, indice phénol, cyanures, formaldéhydes
16	Cuve résine phénolique	Indice phénol, formaldéhyde
17	Parc à fonte	Métaux lourds
18	Zone compresseurs, transformateurs	PCB, HCT
19	Quai de chargement/déchargement	HCT, HAP, BTEX, métaux
	Parc à coke et matières premières	Métaux, HCT, HAP, BTEX, indice phénol
	Aire de stockage	Métaux, HCT, HAP, BTEX, indice phénol

La localisation de ces installations/activités est présentée à la **figure 5**.

2.6 Synthèse des études environnementales précédentes

Plusieurs séries d'investigations ont été réalisées sur la zone d'étude :

- ATI SERVICES : réalisation de 24 sondages sur le site 1 (S1 à S24) et de 4 sondages sur le site 2 (S28 à S313), à des profondeurs comprises entre 2 et 4 m ;
- EXCIPE : réalisation de 13 sondages sur le site 1 (T1 à T13) et de 2 sondages sur le site 2 (T14 et T15), à des profondeurs de 4 m. 3 piézaires ont également été réalisés sur le site 1 (PER1 à PER3) ;
- EXCIPE : réalisation de 3 sondages à 1 m (P1 à P3) au droit de la parcelle 187 (maison mitoyenne). Seules des analyses en plomb ont été réalisées.

Les résultats d'analyses ont mis en évidence :

- **Pour les sols :**
 - métaux (antimoine, arsenic, cadmium, chrome, cuivre, étain, mercure, nickel, plomb, zinc), globalement sur tout le site. On notera la présence de plomb au dans les sols de surface au droit de la parcelle n°187,
 - HCT : la concentration moyenne en HCT sur l'ensemble du site est de l'ordre de 690 mg/kg (max. de 12 000 mg/kg). Les concentrations supérieures à 500 mg/kg ont été mises en évidence au droit d'une zone qui a été dépolluée (source A) et à proximité de la fosse pour vernis bitumineux (source B) (sondage S14),
 - HAP : l'ensemble des concentrations totales (somme des 16 HAP) varie de 0,04 à 5,8 mg/kg, après dépollution,
 - des BTEX (éthylbenzène, xylènes, éthyltoluène total, pseudocumène et hémiméllitène) : au droit du sondage S14 (somme = 8,6 mg/kg),
 - ponctuellement des cyanures, des formaldéhydes, des phénols et des crésols.
- **Pour l'air des sols :** présence d'hydrocarbures, de BTEX (benzène et xylènes) et de formaldéhyde.

Des travaux de dépollution ont été réalisés en juin 2007 au droit du site 1. Les opérations suivantes ont été menées par la société IKOS :

- excavation, évacuation et élimination au sein du biocentre de la société IKOS à Pitres (27) de 410,78 tonnes de sols pollués au droit des deux zones de cuves :
 - 275,64 tonnes de matériaux provenant de la zone des cuves à carburants ;
 - 135,04 tonnes de matériaux provenant de la zone de la cuve à huile.
- caractérisation de la qualité des sols en bord et fond des 2 fouilles au terme des travaux de terrassement.

La localisation des sondages ainsi que de la zone de terres excavées est présentée aux **figures 6a et 6b**.

3 Investigations de terrain (BURGEAP, avril 2011)

Dans le cadre de la réalisation du projet d'aménagement, et suite aux incertitudes soulevées lors des diagnostics précédents, les milieux sols et air des sols ont été investigués.

3.1 Stratégie d'investigation

Les investigations réalisées ont eu pour objectifs :

- 1) de définir la qualité chimique des terres devant être excavées et évacuées sur le site 1 dans le cadre du projet d'aménagement ;
- 2) de préciser la présence de vides sous les dalles des anciens bâtiments au droit du site 1 ;
- 3) de confirmer les extensions des sables de fonderies sur le site 1 ;
- 4) de définir le degré de volatilité des composés volatils présents dans les sols au droit du site 1 ;
- 5) de définir la qualité environnementale des remblais composant le merlon localisé au droit du site 2.

Remarque : au regard de l'absence de vulnérabilité des eaux souterraines (cf. chapitre 2.4.4) d'une part, et de la présence d'une couche argileuse imperméable d'une épaisseur de 10 m environ au droit du site d'autre part, il n'a pas été jugé nécessaire de réaliser des investigations sur les eaux souterraines.

3.2 Investigations sur les sols

3.2.1 Nature des investigations

20 sondages (U1 à U20) ont été réalisés les 27 et 28 avril 2011 :

- sur le site 1 : sondages U1 à U15, réalisés jusqu'à 3 m de profondeur par la société NEOTERRA à l'aide d'une tarière mécanique ;
- sur le site 2 : sondages U15 à U20, réalisés à la tarière manuelle dans le talus bordant le site.

Sur le site 1, les sondages ont été réalisés en fonction des aménagements prévus (logements, espace verts...) ainsi que des terrassements liés au nivellement du terrain. Leurs caractéristiques sont présentées dans le **tableau 5**.

Tableau 5. Caractéristiques des sondages réalisés au droit des futures zones terrassées du site 1

Zone terrassée	Epaisseur terrassée	Superficie	Aménagement prévus	Sondages
Nord su site	60-70 cm	2 600 m ²	Logements, voirie, parkings aériens, jardins privatifs	S16 à S24 T9 à T13 U1 à U5, U14
Sud-ouest du site	60 à 70 cm	1 300 m ²	Logements, voirie, parkings aériens, jardins privatifs	S5, S7, S8 T4 U8 à U10
Sud-est du site	60 à 70 cm	150 m ²	Logements, jardins privatifs	S15-25

La localisation des sondages est présentée sur les **figures 7a et 7b** (projet) et sur la **figure 8** (nivellement).

3.2.2 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, le technicien de BURGEAP a procédé au prélèvement des échantillons de sols pour caractériser les sols.

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 1**.

3.2.3 Programme analytique

Une partie des échantillons prélevés a été envoyée au laboratoire d'analyses. Le programme analytique a été défini en fonction :

- de la localisation des sondages : future zone excavée, espaces verts collectifs et jardins privés ;
- de la présence d'indices macroscopiques particuliers.

Le **tableau 6** présente les échantillons analysés.

Tableau 6. Programme analytique sur les échantillons de sols

Echantillons	Indices macroscopiques	Analyses					Bilan ISDI ⁶ + 12 métaux + COHV
		8 Métaux ¹	HCT ²	BTEX ³	HAP ⁴	COHV ⁵	
U1-1	-						X
U3-1	-						X
U4-1	Sables noirs	X	X	X	X	X	
U5-1	-						X
U6-1	Sables noirs et mâchefers	X	X	X	X	X	
U7-1	Mâchefers	X	X	X	X	X	
U8-1	-						X
U10-1	-						X
U11-1	-	X	X	X	X	X	
U12-2	Mâchefers	X	X	X	X	X	
U16-1	-						X
U17-1	-						X
U18-1	-						X
U19-1	-						X
U20-1	-						X

¹ As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn

² Hydrocarbures totaux

³ Benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes

⁴ Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

⁵ Composés organo-halogénés volatils

⁶ Sur sol brut : matière sèche, HAP, BTEX, PCB, HCT, COT

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

3.2.4 Examen macroscopique

Pour chaque sondage réalisé, le technicien spécialisé de BURGEAP a reporté les coupes géologiques du terrain rencontré, les observations réalisées et les niveaux de sol prélevés sur des fiches fournies en **annexe 1**. Au regard de ces observations, la succession des formations géologiques au droit du site 1 est la suivante :

- **Remblais limoneux bruns**, de 0 à 2 m de profondeur en moyenne. Des sables de fonderie noirs et des mâchefers ont également été observés sur des épaisseurs variables (cf. page suivante) ;
- **sables et cailloutis** jusqu'à la base des sondages (3 m).

On notera l'absence de vides sous les dalles.

Le merlon du site 2 est composé quant à lui de limons bruns et cailloutis.

Des sables de fonderie noirs et des mâchefers ont été décelés au droit de plusieurs sondages réalisés au droit du site 1. La synthèse de ces indices est présentée dans le **tableau 7**. Les observations faites lors des investigations précédentes sont présentées pour mémoire.

Tableau 7. Indices macroscopiques observés

Bureau d'études	Sondages	Echantillons	Epaisseur	Observations
ATI SERVICES, 2004	S3	-	0,2 à + de 4 m	Remblais noirs Ferraille
	S4	-	0,4-2,5 m	Argile noire Odeurs d'hydrocarbures
	S10	-	0,2-0,8 m	Mâchefers
	S11	-	0,2 à + de 2 m	Mâchefers
	S12	-	0,2 à + de 2 m	Mâchefers
	S13	-	0,2 à + de 3 m	Mâchefers
	S14	-	0,2 à + de 3 m	Mâchefers
	S15/25	-	0,2-1,5 m	Sables noirs
	S16	-	0,3 à + de 2 m	Mâchefers
	S17/19	-	0,2-3,2 m	Mâchefers
	S18	-	0,2-1,5 m	Sables noirs
	S20	-	0,2 à + de 2 m	Mâchefers
	S21	-	0,2-1,5 m	Sables noirs
	S23	-	0,7 à + de 2 m	Sables noirs
S24	-	0,2 à + de 2 m	Sables noirs	
EXCIPE, 2006	PR1	-	0,2 à + de 2 m	Odeurs d'hydrocarbures
	PR2	-	0,2 à + de 2 m	Sables noirs
	PR3	-	0,15-0,8 m	Sables noirs
	T1	-	0,5-1 m	Sables noirs Mâchefers
	T2	-	0,1-1 m	Sables noirs
	T3	-	0,1-1 m	Sables noirs
	T4	-	0,2-0,6 m	Sables noirs
	T5	-	0,1-1,5 m	Sables noirs Mâchefers
	T6	-	0,45 à + de 2 m	Sables noirs Mâchefers
	T7	-	0,15 à + de 2 m	Sables noirs Mâchefers
	T8	-	0,25-1,5 m	Sables noirs Mâchefers
	T9	T9-1	0,2-0,6 m	Sables noirs
		T9-3	1,7 à + de 2 m	Sables noirs Mâchefers
	T10	-	0,1-1,5 m	Sables noirs
T11	-	0,1-1 m	Sables noirs	

Bureau d'études	Sondages	Echantillons	Epaisseur	Observations
				Mâchefers
	T12	-	0,1-0,2 m	Sables noirs
	T16	-	0,2-1 m	Sables noirs Mâchefers
BURGEAP, 2011	U4	U4-1	0,1-1 m	Sables noirs de fonderie
		U4-2	1-2,2 m	idem
	U6	U6-1	0,18-1 m	Sables noirs de fonderie Pépites de mâchefer
		U6-2	1-1,5 m	idem
	U7	U7-1	0-1 m	Blocs de mâchefer
		U7-3	1,8- 3 m	Sables noirs
	U12	U12-2	1-2 m	Pépites de mâchefers
	U13	U13-1	0,12-0,5 m	Sables noirs de fonderie
	U15	U15-1	0,02-1 m	Sables noirs de fonderie Pépites de mâchefer
	Pza1	Pza1-2	1-1,6 m	Sables noirs de fonderie
Pza2	Pza2-1	0,16-1 m	Sables noirs de fonderie	

Le plan de la **figure 9** présente une représentation graphique des épaisseurs de sables noirs et mâchefers sur le site 1, sur la base des observations faites lors des différentes investigations.

3.2.5 Valeurs de référence retenues

Les teneurs mesurées dans les sols ont été comparées aux valeurs de bruit de fond issues des documents suivants :

- pour les métaux : comparaison aux teneurs mises en évidence dans les sols naturels ordinaires (sans anomalie géochimique) par l'INRA⁷ (Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, 1997) (**tableau 8**) ;

Tableau 8. Bruit de fond pour les métaux dans les sols

Métaux	Valeur de référence utilisée (bruit de fond)
Arsenic (mg/kg MS)	25
Cadmium (mg/kg MS)	0,45
Chrome (mg/kg MS)	90
Cuivre (mg/kg MS)	20
Mercure (mg/kg MS)	0,2
Nickel (mg/kg MS)	60
Plomb (mg/kg MS)	50
Zinc (mg/kg MS)	100

- pour les HAP, comparaison au bruit de fond anthropique dans les sols urbains extrait de l'ATSDR (2005) (**tableau 9**) et comparées entre elles afin d'identifier les zones éventuelles d'anomalies ;

Tableau 9. Bruit de fond pour les HAP dans les sols

HAP	Valeur de référence utilisée (bruit de fond anthropique)
Naphtalène (mg/kg MS)	0,15
Somme des 16 HAP	25

⁷ Institut National de la Recherche Agronomique

- pour les autres substances, aucune valeur de référence n'est utilisée. Nos commentaires reposent donc sur le constat d'absence/présence en référence à des teneurs inférieures ou supérieures aux limites de quantification.

Par ailleurs, elles ont également été comparées :

- aux teneurs mentionnées dans le décret du 28 octobre 2010 fixant la liste des types de déchets inertes admissibles dans les installations de stockage de déchets inertes (ISDI) et les conditions d'exploitation de ces installations ;
- aux teneurs mentionnées dans la décision du Conseil n°2003/33/CE établissant des critères et des procédures d'admission des déchets dans les décharges, conformément à l'article 16 et à l'annexe II de la directive 99/31/UE ;
- aux seuils habituellement utilisés par les centres d'enfouissement technique. Il est rappelé que l'arrêté du 28 octobre 2010 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 sur brut. Ainsi, seuls les seuils indiqués en gras correspondent à des valeurs réglementaires, les autres seuils sont issus de notre connaissances des pratiques couramment rencontrées ;
- aux critères issus de l'expérience de maître d'œuvre de gestion de chantiers de terrassements de BURGEAP. Les terres destinées à être évacuées ont été classées en 4 catégories A (assimilable à une ISDI), B1 (assimilable à une ISDND⁸), B2 (assimilable à une filière de traitement biologique) et C (assimilable à une ISDD⁹) (**tableau 10** en page suivante).

⁸ Installation de stockage de déchets non dangereux

⁹ Installation de stockage de déchets dangereux

Tableau 10. Caractéristiques des différentes catégories de terres

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 28 octobre 2010	[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'UE 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'UE du 19/12/02	[Hg] < 100 et résultats de lixiviation conformes aux seuils définis pour les déchets dangereux dans la décision du conseil de l'UE du 19/12/02
Somme des 16 HAP	[16 HAP] < 50 mg/kg	[16 HAP] < 500 mg/kg	[16 HAP] < 5 000 mg/kg	[16 HAP] < 500 mg/kg
Somme des COHV	[COHV] < 2 mg/kg	[COHV] < 10 mg/kg	[COHV] < 100 000 mg/kg	[COHV] < 50 000 mg/kg
BTEX	[BTEX] < 6 mg/kg	[BTEX] < 30 mg/kg	[BTEX] < 100 000 mg/kg	[BTEX] < 100 mg/kg
HCT	[HCT] < 500 mg/kg	[HCT] < 5 000 mg/kg	[HCT] < 100 000 mg/kg	[HCT] < 50 000 mg/kg
PCB	[PCB] < 1 mg/kg	[PCB] < 50 mg/kg	[PCB] < 50 mg/kg	[PCB] < 50 mg/kg
COT	[COT] < 30 000 mg/kg	-	-	-
Autres paramètres sur éluats	[Fluorures] < 10 mg/kg [Indice phénols] < 1 mg/kg [COT] < 500 mg/kg [Fraction soluble] < 4 000 mg/kg* [Sulfates] < 1 000 mg/kg* [Chlorures] < 800 mg/kg*	[Fluorures] < 150 mg/kg [COT] < 800 mg/kg [Fraction soluble] < 60 000 mg/kg [sulfates] < 20 000 mg/kg	[Fluorures] < 150 mg/kg [COT] < 800 mg/kg [Fraction soluble] < 60 000 mg/kg [sulfates] < 20 000 mg/kg	[Fluorures] < 100 000 mg/kg [COT] < 1 000 mg/kg [Fraction soluble] < 100 000 mg/kg [sulfates] < 50 000 mg/kg
Conditions supplémentaires	Absence d'indices organoleptiques de pollution	-	-	-

[A – assimilable à une ISDI, B1 – assimilable à une ISDND, B2 – assimilable à une filière de traitement biologique, C – assimilable à une ISDD]

* Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission s'il respecte soit les valeurs associées au chlorure et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble

Rappelons que ces critères de définition des catégories ne sont pas toutes des valeurs réglementaires et l'acceptation des terres dans un centre de stockage ou de traitement dépend de l'exploitant. Notons que les terres évacuées devront avoir une siccité supérieure à 30 % (terres pelletables).

3.2.6 Résultats d'analyses

Les résultats d'analyses sont présentés dans les **tableaux 11, 12 et 13** (sols bruts) et le **tableau 14** (éluats) en pages suivantes. Les résultats obtenus lors des missions précédentes sont présentés pour mémoire.

Les bordereaux d'analyses du laboratoire sont donnés en **annexe 2**.

Tableau 13. Résultats d'analyses au droit de la parcelle n°187

Prélèvement	P1-0-15	P1-15-30	P1-30-100	Bruit de fond (mg/kg)
Date de prélèvement	07/06/07	07/06/07	07/06/07	
Profondeur	0 à 15 cm	15 à 30 cm	30 cm à 1 m	
Métaux lourds sur brut				
Plomb (mg/kg M.S)	230	60	25	50

Prélèvement	P2-0-15	P2-15-30	P2-30-100	Bruit de fond (mg/kg)
Date de prélèvement	07/06/07	07/06/07	07/06/07	
Profondeur	0 à 15 cm	15 à 30 cm	30 cm à 1 m	
Métaux lourds sur brut				
Plomb (mg/kg M.S)	780	240	70	50

Prélèvement	P3-0-15	P3-15-30	P3-30-100	Bruit de fond (mg/kg)
Date de prélèvement	07/06/07	07/06/07	07/06/07	
Profondeur	0 à 15 cm	15 à 30 cm	30 cm à 1 m	
Métaux lourds sur brut				
Plomb (mg/kg M.S)	330	160	12	50

En grisé: teneur supérieure au bruit de fond ou au seuil définissant les déchets inertes (arrêté du 15 mars 2006)

En gras : teneur supérieure au critère de catégorie B

Tableau 14. Résultats d'analyses sur les éluats

Paramètres	Localisation projet	Jardins privatifs		Voiries/pargings	Logements	Espaces verts collectifs	Merlon Site 2					Valeurs limites d'admission en CATEGORIE A	Valeurs limites d'admission en CATEGORIE B1	Valeurs limites d'admission en CATEGORIE C	
		U1-1 (0,15-1 m)	U8-1 (0,1-1 m)	U3-1 (0-1 m)	U5-1 (0-1 m)	U10-1 (0,1-1 m)	U16-1 (0-0,8 m)	U17-1 (0-0,8 m)	U18-1 (0-0,5 m)	U19-1 (0-0,8 m)	U20-1 (0-0,6 m)				
		Remblais limoneux	Remblais limoneux	Remblais sableux	Remblais sableux	Remblais limoneux	Limons bruns	Limons bruns	Limons bruns	Limons bruns	Limons bruns				
Paramètres physico-chimiques	pH	-	7.46	8.2	8.47	10.7	8.05	6.93	7.25	7.13	7.29	7.74	-	-	-
	Conductivité corrigée à 25°C	µS/cm	52	149	278	2 050	121	21	25	25	32	214	-	-	-
Indices de pollution	Carbone organique total	mg/kg MS	130	260	61	150	81	140	140	170	150	240	500	800	1 000
	Fluorures	mg/kg MS	0.0 - 1.0	2.5	24	2.9	4.8	0.0 - 1.0	0.0 - 1.0	0.0 - 1.0	0.0 - 1.0	3	10	150	500
	Chlorures	mg/kg MS	0.00 - 1.00	5.2	0.00 - 1.00	16	1.1	0.00 - 1.00	3.9	3.6	9.9	6.4	-	15 000	25 000
	Sulfates	mg/kg MS	150	330	1 100	13 000	69	0.0 - 50	0.0 - 50	0.0 - 50	52	0.0 - 50	-	20 000	50 000
	Fraction soluble sur éluat : résultat calculé	mg/kg MS	0.0 - 1000	1 600	2 200	22 000	0.0 - 1000	0.0 - 1000	0.0 - 1000	0.0 - 1000	0.0 - 1000	1 800	4 000	60 000	100 000
	Indice phénol	mg/kg MS	0.0 - 0.10	0.0 - 0.10	0.0 - 0.10	0.0 - 0.10	0.0 - 0.10	0.0 - 0.10	0.0 - 0.10	0.0 - 0.10	0.0 - 0.10	0.0 - 0.10	1	-	-
Métaux	Antimoine	mg/kg MS	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.06	0.7	5
	Arsenic	mg/kg MS	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.5	2	25
	Baryum	mg/kg MS	0.0 - 0.10	0.0 - 0.10	0.34	0.31	0.15	0.0 - 0.10	0.0 - 0.10	0.0 - 0.10	0.0 - 0.10	0.35	20	100	300
	Cadmium	mg/kg MS	0.0 - 0.0010	0.0 - 0.0010	0.0 - 0.0010	0.0 - 0.0010	0.0 - 0.0010	0.0 - 0.0010	0.0 - 0.0010	0.0 - 0.0010	0.0 - 0.0010	0.0 - 0.0010	0.04	1	5
	Chrome total	mg/kg MS	0.0 - 0.020	0.0 - 0.020	0.045	0.064	0.0 - 0.020	0.0 - 0.020	0.0 - 0.020	0.0 - 0.020	0.0 - 0.020	0.0 - 0.020	0.5	10	70
	Cuivre	mg/kg MS	0.0 - 0.020	0.066	0.0 - 0.020	0.18	0.0 - 0.020	0.029	0.0 - 0.020	0.039	0.025	0.12	2	50	100
	Mercurure	mg/kg MS	0.0 - 0.00030	0.0 - 0.00030	0.0 - 0.00030	0.0 - 0.00030	0.0 - 0.00030	0.0 - 0.00030	0.0 - 0.00030	0.00031	0.0 - 0.00030	0.00044	0.01	0.2	2
	Molybdène	mg/kg MS	0.0 - 0.050	0.05	0.066	0.057	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.5	10	30
	Nickel	mg/kg MS	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.4	10	40
	Plomb	mg/kg MS	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.18	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.5	10	50
	Sélénium	mg/kg MS	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.32	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.0 - 0.050	0.1	0.5	7
	Zinc	mg/kg MS	0.0 - 0.020	0.0 - 0.020	0.0 - 0.020	0.0 - 0.020	0.0 - 0.020	0.19	0.17	0.099	0.3	0.088	4	50	200

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

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

3.2.7 Commentaires sur les analyses

Les résultats d'analyses ont mis évidence :

Analyses sur sols bruts :

- la présence de métaux, HCT, HAP, BTEX, PCB à des concentrations supérieures au bruit de fond sur une grande majorité des sondages ;
- la présence de HCT à une concentration de 960 mg/kg dans l'échantillon 0,2-3 m. Cet impact semble néanmoins ponctuel.

Analyses sur éluats :

- la présence de fraction soluble au droit du sondage U51 à une concentration supérieure à la valeur d'acceptation des terres en ISDI ;
- la présence de fluorures et de sélénium sur éluats au droit du sondage U3 à des concentrations supérieures aux valeurs d'acceptation des terres en ISDI.

Par ailleurs, il a été mis en évidence la présence de sables noirs et de mâchefers, qui, en cas d'évacuation hors site, ne seraient probablement pas acceptés en ISDI.

3.3 Investigations sur l'air des sols

3.3.1 Objectifs

L'objectif de ces investigations est de confirmer ou d'infirmer la présence de composés volatils présents dans l'air des sols. Cette démarche est en totale adéquation avec l'annexe 2 de la nouvelle politique nationale de la gestion des sites et sols pollués « *la mesure directe de la qualité des milieux d'exposition est à privilégier. Ceci vaut en particulier lorsque des polluants susceptibles d'émettre des vapeurs toxiques sont en causes (hydrocarbures chlorés par exemple)* ». Les résultats d'analyses permettront de répondre à la problématique de la compatibilité sanitaire entre la qualité du sous-sol et la future utilisation du site.

3.3.2 Localisation

Dans le but de déterminer la qualité de l'air du sol au droit du site 1, 5 piézairs (Pza1 à Pza5) ont été installés le 28 avril 2011 par la société NEOTERRA.

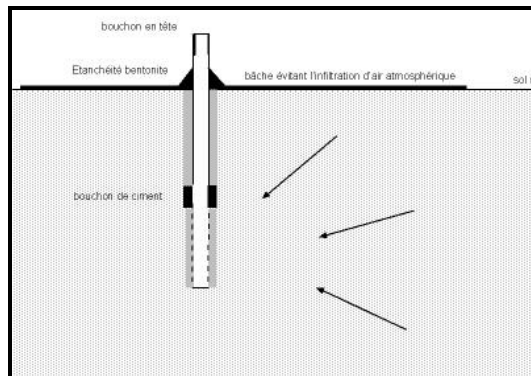
Ils ont été localisés :

- Au droit des futurs logements (Pza1, Pza2, Pza3, Pza5) ;
- Au droit des futurs voiries/parkings (Pza4).

Un piézair est un ouvrage composé d'un tube PVC, en partie crépiné et entouré de massif filtrant afin de permettre la réalisation de prélèvements d'air des sols.

La coupe schématique de l'ouvrage est présentée sur le **schéma 1** en page suivante.

Schéma 1. Coupe schématique d'un piézair



Les piézairs, de diamètre 1 pouce, ont été implantés à l'aide d'un carottier portatif, puis équipé d'un tube crépiné sur une hauteur de 0,5 m à partir du fond, et d'un tube plein jusqu'à la surface du sol. Leur profondeur a été de 1 m (Pza2 à Pza5) et 1,6 m (Pza1).

La localisation des piézairs est présentée à la **figure 7a**.

Les coupes des piézairs réalisés sont présentées à l'**annexe 3**.

3.3.3 Prélèvements d'air des sols

Les prélèvements d'air du sol ont été réalisés le 30 avril 2011 sur des supports de type charbon actif à l'aide d'une pompe à débit calibré.

Les caractéristiques des prélèvements réalisés dans les piézairs sont présentées dans le **tableau 15**.

Tableau 15. Caractéristiques des prélèvements d'air du sol

Nom du prélèvement	Temps de pompage (mn)	Débit moyen (l/mn)	Volume total d'air pompé (m ³)
Pza1	145	0,372	0,054
Pza2	204	0,267	0,054
Pza3	190	0,289	0,055
Pza4	163	0,315	0,051
Pza5	217	0,320	0,069

Les fiches de prélèvements d'air des sols sont disponibles en **annexe 4**.

3.3.4 Programme analytique

Les supports de prélèvement ont été envoyés en laboratoire Agrolab pour des analyses de types composés volatils :

- COHV,
- BTEX,
- Hydrocarbures par TPH,
- MTBE¹⁰,
- Naphtalène.

¹⁰ Methyl tert-butyl ether

3.3.5 Valeurs de référence retenues

Nous ne disposons pas de valeur réglementaire, ni de valeur de bruit de fond pour l'interprétation des concentrations dans l'air des sols. Ainsi, dans les limites exposées ci-après, les valeurs de comparaison retenues seront des valeurs définies pour l'air atmosphérique.

Cette comparaison est réalisée dans le seul objectif de hiérarchiser la pollution de l'air des sols au regard de ses impacts sanitaires, l'air des sols ne pouvant être assimilé à l'air atmosphérique.

En cas de dépassement de ces valeurs guides, une estimation des transferts vers l'air ambiant sera nécessaire pour conclure quant aux incidences sanitaires de la présence de telles concentrations. Par contre, en cas de non dépassement ou pour des concentrations du même ordre de grandeur entre l'air des sols et les valeurs guides pour l'air atmosphérique, on peut conclure que les concentrations mesurées ne sont pas susceptibles de présenter des risques pour la santé des futurs utilisateurs du site. En effet, lors d'un transfert de gaz entre les sols et l'air atmosphérique, un abattement d'au minimum 1 à 2 ordres de grandeur (en fonction du contexte) est attendu.

En France, le décret 2002-213 de février 2002 donne la transposition en droit français des directives 1999/30/CE du conseil du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du parlement européen et du conseil du 16 novembre 2000. Il s'agit des deux premières directives filles de la directive 96/62/CE du 27 septembre 1996 de la Communauté européenne qui fixe le cadre actuel de la législation communautaire sur la qualité de l'air. Les troisième et quatrième directives filles sont les directives 2002/3/CE et 2004/107/CE qui concernent l'ozone pour l'une, et l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et le benzo(a)pyrène pour l'autre. Ces valeurs réglementaires françaises et européennes sont établies pour l'air ambiant ; elles sont dans la pratique appliquées pour l'air extérieur. Pour les composés pour lesquelles elles sont disponibles, ces valeurs seront retenues comme valeur de référence dans cette étude.

Par ailleurs, l'OMS (Air Quality Guidelines for Europe, 2000) propose également des valeurs guides, ainsi que le projet INDEX (Critical Appraisal of the setting and implementation of indoor exposures limits in the EU, 2005). En l'absence de valeur réglementaire, ces valeurs pourront être utilisées comme valeurs de référence car elles sont établies sur des bases sanitaires.

Pour les composés pour lesquels aucune valeur réglementaire ou valeur guide n'est disponible, les valeurs de référence retenues seront des valeurs de bruit de fond. Nous nous baserons sur la campagne de mesures de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) dans les logements français ; une campagne de recueil d'informations et d'analyses chimiques a été menée dans 567 résidences principales, réparties sur 55 départements et 74 communes de la France continentale métropolitaine ; les centiles 95 des concentrations mesurées seront retenus comme valeurs de référence.

3.3.6 Résultats d'analyses

Les résultats d'analyses sont présentés dans le **tableau 16** en page suivante. Les bordereaux d'analyses du laboratoire sont donnés en **annexe 5**.

3.3.7 Commentaires sur les analyses

Les résultats d'analyses ont mis en évidence dans l'air du sol, la présence de benzène à des concentrations supérieures aux valeurs de comparaison au droit du Pza1 et du Pza2.

On notera par ailleurs la présence d'hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, ainsi que la présence d'éthylbenzène, composés pour lesquels il n'existe pas de valeurs de comparaison.

Tableau 16. Résultats des analyses sur l'air des sols

		Localisation projet	Logements	Logements	Logements	Voirie/parking	Logements
		Valeurs de référence (µg/m ³)	Pza1	Pza2	Pza3	Pza4	Pza5
Naphtalène		10 (3)	<1.9	<1.8	<1.8	<1.9	<1.4
BTEX	Benzène	2 (1)	7.6	2.0	1.8	<1.95	1.58
	Toluène	260 (2)	50.1	14.3	23.7	44.8	33.12
	Ethylbenzène	-	9.8	2.9	5.5	2.3	7.49
	m,p-Xylène	-	40.8	12.3	23.7	12.3	40.32
	o-Xylène	-	12.6	4.0	7.5	3.9	11.95
	Somme Xylènes	200 (3)	53.8	16.3	31.0	16.2	51.84
MTBE		-	<92.7	<91.8	<91.1	<97.4	<72.0
COHV	1,1-Dichloroéthène	-	<1.85	<0.18	<18.2	<1.95	<1.44
	Chlorure de Vinyle	10 (2)	<1.85	<0.18	<18.2	<1.95	<1.44
	Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
	Dichlorométhane	450 (2)	<9.27	<9.18	<9.11	<9.74	<7.20
	Trans-1,2-Dichloroéthylène	-	<3.71	<3.67	<3.64	<3.90	<2.88
	1,1-Dichloroéthane	-	<3.71	<3.67	<3.64	<3.90	<2.88
	cis-1,2-Dichloroéthène	-	<3.71	<3.67	<3.64	<3.90	<2.88
	Trichlorométhane	-	<3.71	<3.67	<3.64	<3.90	<2.88
	1,2-Dichloroéthane	700 (2)	<3.71	<3.67	<3.64	<3.90	<2.88
	1,1,1-Trichloroéthane	-	<3.71	<3.67	<3.64	<3.90	<2.88
	Tétrachlorométhane	-	<3.71	<3.67	<3.64	<3.90	<2.88
	Trichloroéthylène	23 (2)	<3.71	<3.67	<3.64	<3.90	<2.88
	1,1,2-Trichloroéthane	-	<3.71	<3.67	<3.64	<3.90	<2.88
	Tétrachloroéthylène	250 (2)	26.0	40.4	120.2	<3.90	2.88
	TPH	Somme Hydrocarbures aliphatiques	-	1 465	367	528	876
Somme Hydrocarbures aromatiques		-	204	57	164	93	173
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6		-	370.8	51.4	<36.4	<39.0	<28.8
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8		-	852.8	130.4	38.2	876.4	119.53
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10		-	142.8	49.6	74.7	<39.0	<28.8
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12		-	102.0	141.4	418.9	<39.0	43.20
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16		-	<37.1	<36.7	<36.4	<39.0	<28.8
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7		-	<37.1	<36.7	<36.4	<39.0	<28.8
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8		-	50.1	<36.7	<36.4	44.8	33.12
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10		-	159.4	56.9	114.7	48.7	144.01
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12		-	<37.1	<36.7	49.2	<39.0	<28.8
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16		-	<37.1	<36.7	<36.4	<39.0	<28.8

(1) valeurs réglementaires (objectif qualité)
 (2) valeurs issues de l'OMS
 (3) Projet INDEX

Concentrations supérieures aux valeurs de comparaison

En gras Concentrations supérieures aux limites de quantification du laboratoire

3.4 Bilan environnemental de la zone d'étude

A l'issue de l'ensemble des campagnes d'investigations, il apparaît que, dans le cadre du projet de réaménagement du site 1, des composés indésirables sont présents et devront faire l'objet d'une étude spécifique en termes de compatibilité avec l'usage, de mesures de gestion et de conditions particulières d'élimination en cas de déblais à éliminer.

Etat en termes de compatibilité avec les usages :

On remarque que :

- les terres de surface sur le premier mètre contiennent globalement des métaux et des HAP, notamment au droit des futurs espaces verts et jardins privatifs. Ces teneurs peuvent induire un risque pour la santé des futurs usagers (contact direct) ;
- les remblais analysés pour la totalité présentent des teneurs en HCT et en métaux. Une teneur ponctuelle en HCT a été détectée ;
- la présence dans l'air des sols de benzène à des concentrations supérieures à la valeur de comparaison retenue. On notera par ailleurs la présence d'hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, ainsi que la présence d'éthylbenzène, composés pour lesquels il n'existe pas de valeurs de comparaison. Ces composés sont susceptibles de s'accumuler dans les bâtiments et de générer des risques sanitaires pour les futurs usagers.

La présence de ces composés est susceptible de générer des risques sanitaires. L'analyse des risques résiduels (ARR) réalisée (cf. chapitre 5) a pour objectifs de valider la compatibilité du site avec le projet.

Etat vis-à-vis de la réglementation des déchets, gestion des terres en déblais (vis-à-vis du projet de construction) :

Il a été mis en évidence la présence d'indices visuels, présence de sables noirs, qui peuvent se voir refuser l'accès en ISDI.

Compte tenu des caractéristiques de ces terres, une grande partie des terres ne pourra pas être orientée en ISDI, engendrant des surcoûts dans le cas de leur évacuation. L'objectif est donc de pouvoir réutiliser ces terres sur le site (en confinement).

4 Mesures de gestion

4.1 Les différentes modalités de gestion

4.1.1 Principes

A l'issue du bilan environnemental dressé précédemment, il sera nécessaire de prendre des mesures de gestion des pollutions des sols. D'une manière générale, ces mesures peuvent consister en :

- des travaux de traitement des sources, qui seront mis en œuvre au droit des différentes sources sols recensées ;
- des mesures organisationnelles (gestion en phase chantier, surveillance) pour veiller à la bonne mise en œuvre de ces prescriptions ;
- des mesures de surveillance des milieux : suivi de la qualité de l'eau sur site et hors site ;
- la proposition des restrictions d'usage éventuelles.

Le site 1 va connaître un réaménagement complet qui suppose un fort remodelage du sol. Ces travaux nécessitent la prise en compte des pollutions chimiques des sols mises en évidence et donc leur « dépollution ».

La « dépollution d'un site » n'a pas pour objectif d'éliminer toute trace de polluants dans les sols et dans les eaux souterraines mais de ramener la qualité du sous-sol dans un état compatible avec sa reconversion, ce qui suppose la détermination d'objectifs de traitement réalisée tant sur le plan technique que sur le plan économique. En effet, lorsqu'ils ne sont pas techniquement irréalisables, ces objectifs ne doivent pas engendrer des investissements financiers disproportionnés par rapport à la valeur foncière du site.

On définira donc la « dépollution d'un site » comme l'objectif de réhabilitation de ce site en vue de son usage futur. Il s'agira alors d'admettre de conserver sur le site une pollution résiduelle qui n'induera pas de risques sanitaires inacceptables pour les futurs usagers du site ou pour son environnement.

4.1.2 Notion de source-transfert-cible

Pour qu'il y ait un risque sanitaire, il faut qu'existent simultanément une source de pollution, un moyen de transfert de celle-ci et une cible (ou enjeu).

Généralement une source de pollution peut être un dépôt de déchets ou de produits liquides, des sols ou un aquifère pollués, des rejets aqueux ou atmosphériques.

Le transfert d'une pollution entre la source et la cible peut se faire par écoulement gravitaire, par percolation des pluies, par ruissellement de surface, par migration suivant l'écoulement des nappes phréatiques, par dispersion du vent, par dégazage dans l'air.

Enfin la cible (ou l'enjeu) d'une pollution sera :

- soit une population, exposée directement au contact de la pollution ou indirectement via un captage d'eau potable par exemple ;
- soit une ressource naturelle à protéger (nappe phréatique, réserve écologique,..).

Pour supprimer le risque sanitaire, donc réhabiliter un site, il est possible d'agir sur la source et/ou la voie de transfert et/ou la cible :

- agir sur la source consiste à réduire ou éliminer le stock de polluants en éliminant des déchets, en traitant les sols ou la nappe phréatique, en contrôlant les rejets.

- supprimer une voie de transfert, cela peut être par exemple confiner une pollution dans un « sarcophage » étanche ou étancher un sol pollué avec de la terre saine, un revêtement de bitume, ou construire un sous-sol ou un vide sanitaire.
- éliminer une cible consiste à modifier les choix d'aménagement d'un site et ainsi déterminer les types de populations (adultes, enfants) et les durées d'exposition aux pollutions, donc les niveaux de risques sanitaires.

4.1.3 « Spots » de pollution

Sur la base des principes édictés dans les circulaires ministérielles de février 2007 relatives à la gestion des sites pollués, la réhabilitation d'un site nécessitera dans tous les cas de procéder à des travaux de dépollution minimaux, ayant pour objectif de traiter les « sources de pollution concentrées » ou « spots » à savoir :

- les cuves, canalisations, cavités, dans lesquelles ont pu s'accumuler des produits polluants ;
- les hydrocarbures surnageant sur la nappe sous forme de phase libre ;
- les sols présentant de « fortes concentrations » en polluants.

La notion de « forte concentration » dépendra de la qualité générale du site. On définira une forte concentration comme étant une valeur significativement plus élevée que la moyenne observée sur le site.

Une « forte concentration » peut également définir un seuil à partir duquel les risques sanitaires deviennent inacceptables. Ainsi, une concentration de plus de 5000 mg/kg en hydrocarbures (HCT) sera considérée comme forte.

4.1.4 Etablissements sensibles

Conformément aux recommandations ministérielles, il sera toujours préférable d'éviter la construction d'établissement sensible (ETS) (crèches, écoles,..) au droit de sites pollués. Si cela n'est pas possible, le maître d'ouvrage devra motiver la localisation de cet ETS et justifier l'impossibilité pour des raisons urbanistiques de le placer au droit de terrains moins ou pas impactés. Dans ce cas, des travaux de dépollution devront être menés pour éliminer les spots de pollution et les moyens de transferts des pollutions devront être supprimés (par exemple par un vide sanitaire). Enfin une EQRS devra valider l'absence de risques sanitaires résiduels.

4.2 Les principales techniques de traitement

Les techniques de traitement sont de trois types :

- in-situ : traitement de la pollution en place dans le milieu où elle se trouve ;
- sur site : traitement sur le site après avoir extrait le matériau pollué (sol) ;
- hors site : traitement dans une filière spécialisée agréé du matériau pollué extrait.

Dans la plupart des cas, il n'existe pas de schéma type de traitement mais diverses techniques éprouvées pourront être associées pour obtenir un résultat quantifiable. Le traitement pourra être adapté en cours de réhabilitation pour optimiser son efficacité.

Le choix d'une technique pour traiter et maîtriser les sources et les impacts est guidé par :

- les conditions d'accès à la source : certaines sources sont facilement accessibles, d'autres beaucoup moins parce que situées dans des zones d'activité, ou à proximité de nombreux réseaux enterrés ;
- les conditions physico-chimiques du milieu à traiter : oxygénation, pH, porosité et perméabilité à l'air des couches géologiques, niveau statique de la nappe ;

- la nature des polluants : les molécules chimiques polluantes ont des propriétés physico-chimiques très variées auxquelles les techniques de dépollution doivent s'adapter ;
- les objectifs à atteindre (qualitatif, quantitatif) : ils correspondent à la pollution résiduelle admissible, compatible avec les projets d'aménagement;
- la durée du traitement : celle-ci doit être compatible avec les échéances du projet d'aménagement;
- les risques sanitaires et nuisances engendrés par le traitement : les traitements proposés doivent permettre de garantir une maîtrise des risques sanitaires pour les opérateurs et de maîtriser toute émission. Ils s'attachent à générer le moins de nuisances possibles ou de façon ponctuelle compte tenu du contexte du site ;
- le coût : certaines techniques sont rapidement écartées car elles nécessitent la mobilisation d'installations coûteuses qui ne peuvent se justifier ;
- la simplicité de mise en œuvre : une technique simple et éprouvée est toujours préférable à une technique sophistiquée qui limiterait le nombre d'entreprises répondant à une consultation et qui complexifierait la maintenance du dispositif.

Le **tableau 17** présente les principales techniques de gestion des sols.

Tableau 17. Principales techniques de gestion des sols¹¹

Réhabilitation potentielle	Milieu concerné	Hydrocarbures non halogénés	HAP
Confinement			
Confinement – couverture	S	+	+
Confinement hydraulique	W	+	+
Confinement vertical	S, W	+	+
Excavation et enfouissement	S	+	+
Procédés biologiques			
Atténuation naturelle	W	+	+
Biotertre	S	+	+
Bioventing	S	+	+
Biosparging	S, W	+	+
Landfarming	S	+	+
Traitement sous forme de boue	S	+	+
Andain	S	+	+
Procédés chimiques			
Oxydation chimique	S, W	+	+
Déhalogénéation chimique	S	-	-
Lavage chimique	S	+	+
Extraction par solvants	S	+	+
Amendements en surface	S	-	-
Procédés physiques			
Extraction multiphase	S, W	+	-
Air sparging	W	+	-
Venting	S	+	-
Barrière perméable réactive	W	+	+
Lavage	S	+	+
Procédés de solidification et de stabilisation			
Liants hydrauliques (ciment...)	S	?	+
Vitrification	S	+	+
Procédés thermiques			
Incinération	S	+	+
Désorption thermique	S	+	+

+ : envisageable
- : non envisageable

S : zone non saturée et sédiments
W : zone saturée et eaux superficielle

¹¹ Source : BRGM/RP – 58609 – FR, Quelles techniques pour quels traitements – Analyses coûts bénéfiques, Juin 2010

Les polluants chimiques ont des propriétés physico-chimiques propres. Ainsi les hydrocarbures pétroliers sont volatils, biodégradables, moyennement solubles dans l'eau et moins denses que l'eau. Les COHV sont également volatils, généralement peu biodégradables et solubles dans l'eau mais ils sont plus denses que l'eau. Glycols, alcools, phénols ou additifs de carburants sont eux très volatils, dégradables et solubles dans l'eau. A l'inverse HAP, PCB et métaux sont peu volatils et peu solubles dans l'eau.

Ces propriétés physico-chimiques combinées aux caractéristiques des sols (sols sableux, sols argileux, roches fracturées,..) ou des nappes d'eau souterraines (vitesses d'écoulement, saturation en oxygène,..) font que les polluants ont des comportements très variables dans les sols et les nappes. Par exemple des hydrocarbures ou des solvants répandus au sol s'infiltreront rapidement. L'infiltration des hydrocarbures, moins denses que l'eau sera bloquée par la première nappe rencontrée alors que les solvants, plus denses que l'eau, continueront à se diffuser en profondeur et s'accumuleront à la base de l'aquifère.

Ces diversités de propriétés physico-chimiques et de comportement dans le sol ou dans les nappes phréatiques entraînent une diversité de solutions de traitement des polluants. On peut classer les principes de traitements selon 2 catégories principales.

La première catégorie regroupe les traitements physico-chimiques. Certains de ces traitements consistent à extraire les polluants par pompage, excavation, ou volatilisation. Il s'agit de techniques dites de « venting, sparging, pompe and treat, écrémage ou lavage ». D'autres modifient les paramètres physiques du polluant pour le détruire : il s'agit des techniques d'oxydation ou thermiques. D'autres techniques enfin permettent d'isoler le polluant de son environnement : on parle alors de confinement, de stabilisation ou de mise en décharge.

La seconde catégorie regroupe les traitements utilisant la voie biologique. Il s'agit d'utiliser les capacités métaboliques d'un microorganisme ou d'un consortium microbien pour détruire le polluant. L'atténuation naturelle utilise les microorganismes naturellement présents dans le milieu pollué. Ce principe est utilisé dans les techniques de « biotertre, bioventing, ou biosparging » et par les « Biocentres ». Lorsqu'on utilise des plantes pour réaliser un traitement biologique, on parle alors de « phytoremediation ».

Les traitements des sols peuvent être réalisés hors du site pollué, par exemple par excavation puis transport vers une plate-forme spécialisée avec pour objectif un traitement ou un stockage des sols contaminés.

Les traitements de sols peuvent être réalisés sur le site pollué. Les sols contaminés sont excavés, traités puis remblayés sur site.

Enfin les sols et principalement les nappes d'eau souterraines peuvent être traités in situ.

Le **tableau 18** propose un classement des techniques de dépollution mentionnées précédemment.

Tableau 18. Classement des techniques de dépollution

Traitements	Hors site	Sur site	In situ
Suivant un principe Physico-chimique	Mise en décharge/ stockage Traitement thermique Lavage par solvants	Stripping Lavage	Pump&treat Écrémage Sparging Venting Extraction sous vide Oxydation Confinement
Par voie biologique	Biocentre	Biotertre Landfarming Phytoremediation	Atténuation naturelle Bioventing Biosparging

Le **tableau 19** présente les différentes techniques de dépollution en fonction des polluants présents.

Tableau 19. Polluants et techniques de dépollution associées

	HC	BTEX	COHV	HAP	glycols, alcools, phénols, MTBE	PCB	Métaux
Mise en décharge, stockage, confinement	+	0	0	+	0	++	++
Traitement thermique	++	++	++	++	++	++	0
Lavages	0	0	0	++	0	++	++
Biocentre, biotierre, bioventing, biosparging, atténuation naturelle	++	++	++	+	++	0	0
Phytoremediation	+	+	+	0	+	0	+
Pump and treat écrémage	++	+	0	+	+	0	0
Sparging, venting, stripping	++	++	++	0	++	0	0
Extraction sous vide	++	++	++	0	++	0	0
Oxydation	+	++	++	+	+	0	0

++ = adapté
+ = possible
0 = inadapté

4.3 Quelles mesures de gestion à retenir pour le site ?

4.3.1 Principes

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

Des composés (HAP, métaux) ont été détectés dans les sols de surface. Ces composés sont susceptibles de générer des risques sanitaires pour les futurs usagers (jardinier, habitants, travailleurs par exemple). Cependant, compte tenu de l'absence de pollution volatile importante, la qualité des remblais impactés est globalement compatible avec les projets d'aménagement du site, dans la mesure où ils ne seront pas en contact direct avec les futurs usagers du site. En pratique, ceci signifie qu'il n'est pas nécessaire de terrasser ou de traiter plus de terres que celles nécessaires à déplacer pour réaliser les projets d'aménagement (bâtiments, espaces publics,..).

D'après la FABRIQUE URBAINE le nivellement du terrain sur le site 1 nécessitera des excavations de terres sur des épaisseurs variant de 50 cm à 1,7 m soit environ 2 500 m³ et des apports de terres sur des épaisseurs variant de 50 cm à 2,7 m soit environ 1 400 m³. Il restera alors un excédent de déblais d'environ 1 100 m³.

L'enjeu de dépollution concernera donc essentiellement les 2 500 m³ de terres polluées excavées par nécessité d'aménagement et l'excédent de 1 100 m³.

Vu les quantités et vu la nature des polluants, deux solutions sont envisageables pour gérer ces terres :

- la réutilisation des terres en remblais sur site ;
- l'évacuation en stockage de déchets (ISD).

4.3.2 Réutilisation de terres en remblais sur site

En l'absence de contact direct, les polluants mis en évidence ne sont donc pas dangereux.

Au niveau des voiries, la couche de forme peut donc directement être posée sur les terres polluées, la voirie faisant office d'écran entre celles-ci et les futurs usagers du site.

Au niveau des espaces verts, nous recommandons généralement une couverture d'environ 30 cm de terre végétale. Cette épaisseur peut être augmentée au niveau des zones de plantations d'arbres pour que les jardiniers n'aient pas à terrasser de terres polluées. Dans ce cas, nous recommandons une épaisseur d'un mètre de terre végétale. De même, nous recommandons une épaisseur de 50 cm de terres végétales dans les jardins privatifs.

Nous préconisons que les réseaux enterrés soient posés dans des sections de terres inertes (du sablon par exemple) pour que lors d'interventions futures sur ces réseaux (par exemple pour des réparations), les terrassements ne touchent pas de terres impactées.



D'une manière générale, nous recommandons de poser systématiquement un grillage avertisseur entre les terres polluées et les matériaux inertes rapportés pour bien matérialiser la limite entre les deux.

4.3.3 Installations de stockage de déchets (ISD)

La réalisation des projets d'aménagement peut cependant générer des surplus de terres impactées qu'il faut alors évacuer hors site. L'orientation de ces terres se fera selon la législation en vigueur, et en particulier selon les critères du décret du 15 mars 2006, modifié le 28 octobre 2010, fixant la liste des types de déchets admissibles dans les installations de stockage de déchets inertes (ISDI) et les conditions d'exploitation de ces installations. Les terres non admissibles en décharges de terres inertes seront orientées vers des décharges spécialisées de type ISDND ou ISDD ou traitées sur des installations spécialisées de type Biocentre.

On soulignera que l'ISDND et l'ISDD sont soumises à la TGAP (taxe générale sur les activités polluantes) qui est amenée à fortement augmenter ces prochaines années. Ainsi le projet de Loi des Finances français prévoit une évolution de la TGAP de 18 € en 2011, 24 € en 2012, 28 € en 2013, 32 € en 2014 pour finir à 40 € en 2015.

Les éliminations de terres polluées seront suivies par des bordereaux de suivis de déchets (BSD) pour en garantir la traçabilité. Les terres polluées seront stockées dans un centre de stockage définitif, sécurisé, contrôlé et en accord avec la réglementation.

Ces centres proposent notamment :

- 1 : une pesée
- 2 : le stockage dans des casiers imperméables
- 3 : une collecte et un traitement des lixiviats
- 4 : la réutilisation des biogaz
- 5 : une revégétalisation après exploitation



Remarque : on soulignera la politique française est de privilégier, dans le cadre d'excavations, la réutilisation sur site des terres (voir hors site, si la réglementation évolue dans ce sens) comme indiqué dans les circulaires élaborées par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer (M.E.E.D.D.M.), parues le 8 février 2007 : « compte tenu des caractéristiques des sols, les terres polluées excavées seront préférentiellement réutilisées sur site (le plan de gestion définit alors les modalités de réutilisation de ces terres dans le cadre du projet global de réhabilitation du site) ».

4.4 Gestion des déblais

4.4.1 Principes

Sur la base de ces éléments et du projet d'aménagement, nous proposons donc de réutiliser les terres noires et mâchefers sur le site en confinement :

- sous la voirie et/ou sous les parkings et/ou sous les bâtiments,
- sous une couche de terres saines d'au moins 50 cm au droit des futurs jardins privés,
- sous une couche de terres saines d'au moins 30 cm au droit de l'espace vert collectif.

4.4.2 Estimation des volumes de déblais/remblais

Un calcul des volumes de déblais, et de remblais a été réalisé par la FABRIQUE URBAINE. Il est présenté dans le **tableau 20**.

Tableau 20. Calcul des déblais/remblais du site

Zone projet	Déblais/remblais	Surface totale	Epaisseur	Volume (m ³)
Jardins privatifs	Déblais	930 m ²	de 0,7 à 1 m	370
	Remblais	460 m ²	de 0,9 à 1,8 m	300
Espace vert collectif	Déblais	420 m ²	1 m	420
	Remblais	1 050 m ²	de 1,6 à 2,7 m	1000
Maisons individuelles	Déblais	730 m ²	1,3 m	490
	Remblais	210 m ²	de 0,5 à 0,6 m	70
	Maintien	1 130 m ²	-	-
Nouvelle voie	Déblais	1 640 m ²	de 1,3 à 1,7 m	1100
	Remblais	-	-	-
Immeuble + logements	Déblais	560 m ²	0,5 m	140
	Remblais	-	-	-
Parking	Déblais	-	-	-
	Remblais	70 m ²	1,7 m	60
	Maintien	720 m ²	-	-
TOTAL		7 910 m²		déblais = 2 520 m³ remblais = 1 430 m³

4.4.3 Hypothèses de calcul

Afin d'évaluer les volumes de terres non inertes, les hypothèses suivantes ont été formulées :

Concernant les volumes :

- les extensions horizontales et verticales des contaminations ont été définies sur la base des résultats d'analyses et des indices macroscopiques notés lors des investigations ;
- sont considérées comme non inertes, les terres qui ne remplissent pas tous les critères énoncés dans le chapitre 3.2.5 ;
- concernant les volumes de terres, il a été considéré des m³ en place (terres non foisonnées) ;
- la masse volumique retenue pour les terres est de 1,8 t/m³ ;
- aucune contrainte technique de terrassement telle que des talutages, les rampes d'accès... n'est prise en compte.

Concernant les coûts d'élimination :

Pour information, et d'après notre connaissance du marché normand actuel (mai 2011), les coûts selon les différentes filières d'élimination sont les suivantes (hors transport, hors terrassement, TGAP¹² incluse) :

- **7 € hors taxes (HT). la tonne** pour une ISDI (installation de stockage de déchets inertes),
- **80 € H.T. la tonne** pour une ISDND (installation de stockage de déchets non dangereux),
- **120 € H.T. la tonne** pour une ISDD (installation de stockage de déchets dangereux).

Nous rappelons que les exploitants des centres d'enfouissement restent les derniers décisionnaires quant aux coûts d'acceptation de ces terres.

4.4.4 Gestion des terres non inertes

Afin de limiter au maximum des sorties de terres en ISDND, nous proposons de réutiliser les terres non inertes au droit de l'espace vert collectif (présence de terres inertes) sur la base des mesures suivantes :

- rehausse de 30 cm de l'espace vert collectif et de 50 cm des jardins privatifs ;
- dans les zones en remblais de l'espace vert collectif : décapage sur 1,5 m de terres inertes en place, puis évacuation en ISDI, soit **1 600 m³** environ ;
- remblaiement par 3,1 à 4,2 m de terres non inertes issues des terrassements du site (soit 2 600 m³) ;
- mise en place de 30 cm de terres saines au droit de l'ensemble de l'espace vert et de 50 cm au droit de l'ensemble des jardins privatifs soit **1 150 m³** environ.

4.4.5 Estimation des coûts de gestion des terres

Sur la base des éléments indiqués ci-dessus, **l'ensemble des terres non inertes pourra être réutilisé sur site**. Seules des terres inertes devront être orientées hors site.

En considérant l'évacuation de 1 600 m³ à 7 €HT la tonne, le coût d'élimination de ces terres serait de l'ordre de **20 k€HT** (hors terrassements et maîtrise d'œuvre).

Par ailleurs, en prenant un prix unitaire à 20 €HT la tonne, le coût lié à la mise en place de 1 150 m³ (soit 2 070 tonnes) de terres végétales pour un recouvrement de 50 cm au droit des jardins privatifs et de 30 cm au droit de l'espace vert collectif serait de l'ordre de **40 k€HT** (hors coûts de maîtrise d'œuvre).

Le coût de maîtrise d'œuvre est estimé à 10% du montant des travaux soit 6 k€

Le coût total de gestion des terres polluées est donc de l'ordre de 66 k€ (hors terrassements).

4.5 Mesures de gestion au droit de la parcelle n°187

Compte tenu de la présence de plomb dans les sols de surface, un recouvrement 50 cm minimum de terres saines devra être réalisé.

¹² Taxe générale sur les activités polluantes.

5 Schéma conceptuel - Analyse des Risques Résiduels (ARR)

Afin de valider la compatibilité de l'état du site avec les usages futurs, il est nécessaire d'évaluer le risque sanitaire pour les futurs usagers.

5.1 Schéma conceptuel

5.1.1 Méthodologie

Sur la base de l'ensemble des investigations réalisées et du projet d'aménagement envisagé sur le site 1, le schéma conceptuel a été élaboré.

Il est présenté de façon à visualiser :

- les zones impactées ;
- les cibles potentielles ;
- les voies de transferts possibles ;
- les voies d'exposition.

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

5.1.2 Sources résiduelles de contamination

BURGEAP a réalisé l'analyse des risques résiduels prédictive en considérant que l'ensemble des terres sur site est recouvert par 30 cm et 50 cm terres saines et/ou de bitume et/ou de béton, évitant ainsi toute exposition par contact direct.

A l'issue des travaux de terrassement et d'aménagement de la zone, et après réagencement des terres réutilisées sur site, le composé résiduel susceptible d'être présent au droit du site est le benzène, détecté dans l'air des sols. On notera par ailleurs la présence d'hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, ainsi que la présence d'éthylbenzène, composés pour lesquels il n'existe pas de valeurs de comparaison.

5.1.3 Cibles

Compte tenu du projet d'aménagement (logements et bureaux), les cibles à considérer sont :

- des adultes et enfants résidant dans les logements, fréquentant les parkings/voiries et les espaces verts collectifs/jardins privés.
- des adultes travaillant dans les bureaux, fréquentant les parkings/voiries et les espaces verts collectifs.

Le budget espace-temps pour les cibles considérées est détaillé ci-après. Nous ne considérerons, dans la présente étude que des expositions chroniques. En effet, l'annexe 2 de la Politique nationale des sites et sols pollués stipule que « *La problématique des sites et sols pollués relève pour la population générale, du domaine des risques chroniques et non des risques accidentels dont les effets potentiels sont, par contre, très rapidement observables* ».

Les paramètres d'exposition considérés sont présentés dans le **tableau 21**.

Tableau 21. Budget espace-temps des cibles considérées

	Adultes résidents	Enfants résidents	Adultes travailleurs
Durée d'exposition (T)	40 ans	6 ans	40 ans
Fréquence d'exposition (F1 en jour/an)	330 j/an	330 j/an	220 j/an
Fréquence en intérieur – Logements / commerces (F2-int en heure/jour)	19 h/j	20 h/j	8 h/j
Fréquence en extérieur – parkings/voiries (F2-ext en heure/jour)	0,5 h/j	0,5 h/j	0,5 h/j
Fréquence en extérieur – espaces verts/jardins privés (F2-ext en heure/jour)	1 h/j	2 h/j	1 h/j

La durée d'exposition de 40 années correspond au centile 98 des valeurs présentées par l'US-EPA (EFH, 1997) ; la variabilité de cette durée d'exposition est cependant importante. Compte tenu des incertitudes associées à la durée d'exposition, l'approche retenue (40 ans) répond au principe de prudence.

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).

5.1.4 Modes de transfert de la source résiduelle vers les autres milieux

Compte tenu des contaminations résiduelles mises en évidence et du projet de réaménagement du site, les modes de transfert de la source vers les autres milieux sont les suivants :

- la volatilisation depuis les sols et la nappe et dispersion atmosphérique ou le transfert au travers des parois du bâtiment. Le milieu d'exposition est l'air atmosphérique intérieur du bâtiment et l'air 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 de l'ensemble du site (30 cm et 50 cm de terres saines, bitume, béton, bâtiments) ;
- le transfert des composés présents dans les sols vers les racines de fruits et légumes compte tenu du recouvrement de l'ensemble des jardins privés par 50 cm de terres saines ;
- 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 ;
- l'utilisation des eaux souterraines, la réalisation de puits n'étant pas autorisée ;
- la migration via les eaux souterraines, non étudiée dans le cadre de la présente étude.

5.1.5 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 22**.

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

Tableau 22. Voies d'exposition retenues

VOIES D'EXPOSITION	Scénarios	RAISON DE LA SELECTION
Inhalation de polluant sous forme gazeuse	Oui	Du fait de la présence de composés volatils dans l'air des sols
Inhalation de polluant adsorbé sur les poussières du sol	Non	Recouvrement de l'ensemble du site
Inhalation de vapeur d'eau polluée	Non	Pas de puits privés réalisé sur le site, par ailleurs les canalisations seront mises dans une tranchée de terres propres rapportées ou seront métalliques
Ingestion directe de sol et/ou de poussières	Non	Recouvrement de l'ensemble du site
Ingestion d'aliments d'origine végétale cultivés sur le site	Non	Recouvrement de l'ensemble du site
Ingestion d'aliments d'origine animale à partir d'animaux élevés, chassés ou pêchés sur le site	Non	Absence d'élevages
Ingestion d'eau contaminée	Non	Les canalisations seront mises dans une tranchée de terres propres rapportées ou seront métalliques

5.2 Paramètres des aménagements

Les paramètres pris en compte correspondent aux valeurs communiquées par la maîtrise d'ouvrage et les différents BET consultés dans le cadre de la réalisation des structures. Ils sont résumés dans le **tableau 23**.

5.3 Composés pris en compte

5.3.1 Sélection des composés et concentrations retenues

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. La sélection des composés à prendre en compte est basée sur les éléments suivants :

- les concentrations résiduelles mesurées dans les différents milieux (air du sol et sols),
- les concentrations du bruit de fond géochimique si elles sont disponibles,
- les valeurs guides de concentrations dans l'air (décret 2002-213 ou OMS, 2000 et également si elles sont disponibles les concentrations habituellement mesurées dans l'air intérieur et extérieur par les observatoires français de la qualité de l'air),
- les principales propriétés physico-chimiques des composés : volatilité et solubilité.

Les composés volatils détectés dans l'air des sols à des concentrations supérieures aux valeurs de comparaison ont été retenus (benzène). Par ailleurs, compte tenu de l'absence de valeurs de comparaison pour l'éthylbenzène, les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, le 1,1,1-trichloroéthane et le tétrachlorométhane, et dans une approche sécuritaire, nous avons également retenu ces composés, détectés dans l'air des sols.

Les concentrations maximales ont été retenues.

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

Les relations dose-réponse des composés présents dans les différents milieux sont données en **annexe 7**. Cette annexe présente :

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

La sélection des Valeur Toxicologique de Référence est basée sur la circulaire DGS/SD 7B n°2006-234 en date du 30 mai 2006 relative « aux modalités de sélection des substances chimiques et du choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations de risques sanitaires dans le cadre des études d'impact ».

Cependant, en complément à ce document, pour chaque substance, les différentes VTR actuellement disponibles seront recherchées de façon à discuter le choix réalisé sur les critères suivants :

- valeurs issues d'études chez l'homme ou valeurs dérivées à partir d'études sur les animaux ;
- la qualité de l'étude pivot (protocole, taille de l'échantillon, ...) ;
- les modes de calcul (degré de transparence dans l'établissement de la VTR) et les facteurs de sécurité appliqués.

5.4 Evaluation des concentrations résiduelles de vapeurs dans l'air en intérieur et en extérieur

La modélisation des transferts de l'air des sols vers l'air intérieur est associée au développement d'outils relativement récents (début des années 90). Ces outils sont très peu nombreux, les principaux utilisés en France qui intègrent et le transport diffusif et le transport convectif sont VOLASOIL¹³ (Waitz et al, 1996) et le modèle dit de « Johnson and Ettinger »¹⁴ (Johnson and Ettinger, 1991). D'autres outils plus simplifiés comme HESP® ne sont plus utilisés car ils ne considèrent que le flux diffusif à travers le dallage et peuvent donc dans certaines configurations sous-estimer le transfert.

Dans l'air extérieur, la modélisation des expositions est conduite sur la base des équations de Millington and Quirk et de l'équation de Fick. La dilution par le vent est ensuite calculée dans une boîte de taille fixée. 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 sont présentés en **annexe 7**.

Les caractéristiques des futurs bâtiments sont rappelées dans le **tableau 23**. Elles correspondent aux valeurs communiquées par la maîtrise d'ouvrage et les différents BET consultés dans le cadre de la réalisation des structures.

Tableau 23. Paramètres des aménagements retenus

Paramètres	Valeurs prises en compte	Sources
Porosité totale du béton et des fondations	12%, constituée de 5% d'air et de 7% d'eau	Données bibliographiques
Épaisseur de la dalle	10 cm	Données bibliographiques
Surface des fissures du béton	$2 \cdot 10^{-4}$	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
Surfaces	25 m ²	Taille d'une dalle d'un seul tenant, correspondant à une petite pièce (logement et bureau)
Périmètre associé	20 m	
Hauteur sous plafond	3 m	Projet d'aménagement
Taux de ventilation	Logements : 12 fois/jour Bureaux : 24 fois/jour	Valeurs réglementaires

Les concentrations dans l'air ainsi calculées sont présentées dans les fichiers de calculs de **l'annexe 9**.

¹³ Waitz *et al.*, 1996. The VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds. M.F.W. Waitz; J.I. Freijer; F.A. Swartjes. May 1996. RIVM. Report n° 7581001.

¹⁴ Johnson PC and Ettinger RA, 1991. Heuristic model for predicting the intrusion rate of contaminant vapors into buildings. Env. Sci. Technol. 25, p 1445-1452

5.5 Evaluation des expositions par inhalation

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

$$CI_i = [C_j \times T \times F / T_m]_{\text{intérieur}} + [C_j \times T \times F / T_m]_{\text{extérieur}}$$

avec : CI_i : concentration moyenne inhalée du composé i (en mg/m^3).
 C_j : concentration du composé j dans l'air inhalé en intérieur ou extérieur (mg/m^3).
 T : durée d'exposition (années).
 F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an).
 T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours).

Le détail des calculs est donné en **annexe 8**.

5.6 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 6**) et des CI (concentrations inhalées) et DJE (doses journalières d'exposition). Le détail du calcul est donné en **annexe 8**.

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.

5.6.1 Méthodologie

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 :

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

Les ERI s'expriment sous la forme mathématique 10^{-n} . 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 cancérogènes.

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 cancérogène global qui pèse sur la population exposée.

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 :

$$QD_{i,INH} = \frac{CI_{i,INH}}{RfCi}$$

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.

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.

5.6.2 Calculs des risques sanitaires résiduels

Les risques sanitaires QD et ERI calculés sont synthétisés dans le **tableau 24**.

Tableau 24. Risques sanitaires résiduels

SCENARIO	Effets non cancérogènes Quotient de danger (QD)			Effets cancérogènes Excès de risque individuel (ERI)		
	Adulte travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Adulte travailleur	Adulte résident	Enfant résident
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR - Bureaux	2.60E-02	-	-	3.05E-07	-	-
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR - Logements	-	7.71E-02	8.11E-02	-	9.05E-07	1.43E-07
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR - Espaces verts	4.13E-06	4.13E-06	1.86E-05	4.40E-11	4.40E-11	2.97E-11
INHALATION VAPEURS EN EXTERIEUR - Parkings	1.70E-07	1.70E-07	3.83E-07	1.82E-12	1.82E-12	6.13E-13
CUMUL DES RISQUES	0.026	0.0771	0.0812	3.05E-07	9.05E-07	1.43E-07

Le **tableau 18** montre que, pour les l'ensemble des cibles considérées (adultes et enfants résidents, adultes travailleurs), avec les hypothèses constructives retenues, les teneurs mesurées dans les différents milieux sont compatibles avec les usages prévus.

En effet, les quotients de danger (QD) sont de l'ordre de 0,08 au maximum, et sont donc tous inférieurs à la valeur considérée comme acceptable (QD=1).

De même, les excès de risques individuels (ERI) sont de l'ordre de $9,1.10^{-7}$ au maximum, et sont donc tous inférieurs à la valeur considérée comme acceptable (ERI= 10^{-5}).

L'étude de sensibilité est présentée en **annexe 8**.

6 Conservation de la mémoire

Afin de garantir l'adéquation entre les usages et l'état des milieux, la nécessité de la conservation de la mémoire des pollutions résiduelles, par la mise en œuvre de servitudes ou de restrictions d'usage, devra être examinée après la fin des opérations de réaménagement du site.

Toute nouvelle construction devra prendre en compte les pollutions résiduelles qui subsisteront éventuellement et, le cas échéant, mettre en œuvre des mesures constructives appropriées.

6.1 Cadre et objectifs

En lien avec les mesures de gestion retenues et en fonction des seuils de remise en état qu'il sera possible d'atteindre techniquement, des servitudes devront probablement être envisagées **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 du propriétaire 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 de la qualité des eaux sur site tant qu'elle est requise.

Les restrictions d'usage concernent :

- l'utilisation des sols sur site en définissant les autorisations et interdictions concernant le type d'activité et de construction ou la nécessité de réaliser des études complémentaires (absence de potagers, couverture des sols contenant des HAP, etc.) ;
- l'utilisation du sous-sol en définissant les procédures à respecter en cas d'affouillements, de plantations, de pose de canalisation (etc.) ;
- l'utilisation des eaux souterraines sur site.

6.2 Mise en place de restrictions d'usage

Pour ce projet, nous proposons que ces servitudes soient de type « restrictions d'usage conventionnelles instituées entre deux parties ». Elles seront portées aux actes notariés et aux hypothèques pour garantir leur pérennité. Les restrictions d'usage retenues sont synthétisées dans le **tableau 25**.

Tableau 25. Restrictions d'usage à mettre en œuvre

Restrictions relatives aux <u>usages des sols</u>	Restrictions relatives aux <u>usages du sous-sol</u>	Restrictions relatives aux <u>usages des eaux souterraines</u>
<p>Usage autorisé :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Logements et bureaux de plain-pied ; - Espaces verts collectifs ; -- jardins privés. <p>Usages interdits :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tout autre usage que celui étudié dans le cadre de la présente étude. <p>D'une manière générale, tout changement d'usage nécessitera l'actualisation de l'étude des risques sanitaires et le cas échéant la rédaction d'un nouveau plan de gestion.</p>	<p>Usages interdits :</p> <p>Passage des canalisations d'eau potable dans les sols impactés restant sur site, sauf si ces canalisations sont métalliques ou mises en place dans une tranchée d'une section minimale de 1 m² remplie de terres propres rapportées.</p> <p>Prescriptions particulières :</p> <p>Mise en place d'un grillage avertisseur entre les terres impactées restant sur site et les terres saines qui seront apportées.</p> <p>Gestion appropriée des déblais en cas de terrassement et traçabilité du devenir des déblais et maintien du recouvrement des terres impactées.</p> <p>Information des entreprises en cas de travaux (maintenance par exemple).</p>	<p>Usages interdits :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utilisation des eaux de la nappe quel que soit l'usage.

6.3 Suivi du chantier et récolement

Compte tenu des impacts constatés, nous préconisons le strict respect des consignes habituelles d'hygiène et de sécurité du domaine du BTP lors de la réalisation du chantier de gestion des terres impactées, afin de réduire, autant que possible le contact avec les sols et les polluants dispersés dans l'air. Les recommandations en termes d'équipements de protection individuelle en présence de sols potentiellement pollués sont les suivantes :

- port de chaussures ou bottes de sécurité ;
- port de gants ;
- si besoin, port de masque respiratoire filtrant pour limiter l'inhalation de poussières et de composés organiques volatils.

Les équipements de protection individuelle seront mis à la disposition des différents intervenants. Leurs modalités d'utilisation feront l'objet d'une séance d'information spécifique donnée à chaque intervenant sur site.

Pour les sols, à l'issue des travaux d'élimination de la source S3 et des opérations de réaménagement du site, un dossier de récolement sera rédigé ; il comprendra, à minima, les éléments suivants :

- le détail des opérations réalisées,
- le bilan précis des mouvements de terres effectués (excavation, remblaiement, réutilisation sur site...),
- le plan altimétrique coté qui repositionnera précisément l'ensemble des excavations, des zones de confinement et des apports éventuels de terres saines,
- 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,
- la mise à jour éventuelle de l'ARR, en fonction des résultats en bords et fonds de fouilles.

7 Conclusions

Dans le cadre de la fin des activités de l'ancien site SONOFOQUE « Champ de Foire » (ancienne fonderie, composée de deux sites nommés 1 et 2) à FLERS (61), plusieurs études environnementales ont été réalisées depuis 2003 (TAUW, ATI, EXCIPE/BURGEAP). Celles-ci ont mis en évidence, notamment, la présence de terres impactées par des hydrocarbures, ainsi que la présence de sables de fonderie dans les remblais.

Une partie de ces terres a été terrassée puis excavée lors de la démolition des bâtiments (il ne reste aujourd'hui qu'une partie des fondations). Néanmoins, l'EPFN a souhaité que BURGEAP réalise des investigations complémentaires afin de compléter les données de la zone d'étude :

- 1) définir la qualité chimique des terres devant être évacuées sur le site 1 dans le cadre du projet d'aménagement ;
- 2) préciser la présence de vides sous les dalles des anciens bâtiments au droit du site 1 ;
- 3) confirmer les extensions des sables de fonderies sur le site 1 ;
- 4) définir la qualité environnementale des remblais composant le merlon localisé au droit du site 2.

L'objectif de cette étude est également de s'assurer de la compatibilité entre l'état attendu du site après travaux et le projet d'aménagement et son environnement global. L'objectif est également de dimensionner les surcoûts potentiels liés à la problématique d'évacuation des terres dans le cadre de la réalisation du projet.

7.1 Milieux impactés

Les différents diagnostics réalisés ont mis en évidence :

- dans les sols :

Au droit du site1 :

- la présence de métaux, HCT, HAP, BTEX, PCB à des concentrations supérieures au bruit de fond sur une grande majorité des sondages. On notera la présence de plomb dans les sols de surface de la parcelle n°187 (habitation) ;
- la présence de HCT à une concentration de 960 mg/kg dans l'échantillon 0,2-3 m. Cet impact semble néanmoins ponctuel ;
- la présence de fluorures et de sélénium sur éluats au droit du sondage U3 à des concentrations supérieures aux valeurs d'acceptation des terres en ISDI ;
- la présence de sables noirs et de mâchefers.

Au droit du site2 :

- la présence de composés à des concentrations inférieures aux valeurs d'acceptation des terres en ISDI.
- dans l'air des sols (au droit du site 1) : la présence de benzène à des concentrations supérieures à la valeur de comparaison.

On notera par ailleurs que nos sondages n'ont pas mis en évidence de vides sous les dalles béton au droit du site 1.

7.2 Mesures de gestions

Afin de gérer de façon optimale les terres non inertes du site, nous proposons les mesures suivantes :

- rehausse de 30 cm de l'espace vert collectif et de 50 cm des jardins privatifs ;
- dans les zones en remblais de l'espace vert collectif : décapage sur 1,5 m de terres inertes en place, puis évacuation en ISDI (soit 1 600 m³ environ) ;
- remblaiement par 3,1 à 4,2 m de terres non inertes issues des terrassements du site (soit 2 600 m³) ;
- mise en place de 30 cm de terres saines au droit de l'ensemble de l'espace vert et de 50 cm au droit de l'ensemble des jardins privatifs ;
- mise en place de 50 cm minimum de terres saines au droit de la parcelle n°187.

Ainsi, seules des terres inertes devront être orientées hors site, pour un coût d'élimination de l'ordre de 20 k€ (hors transport, terrassements et maîtrise d'œuvre).

Le coût lié à la mise en place d'un recouvrement au droit des jardins privatifs (50 cm) et de l'espace vert collectif (30 cm) serait de l'ordre de (hors terrassements) 20 k€ environ.

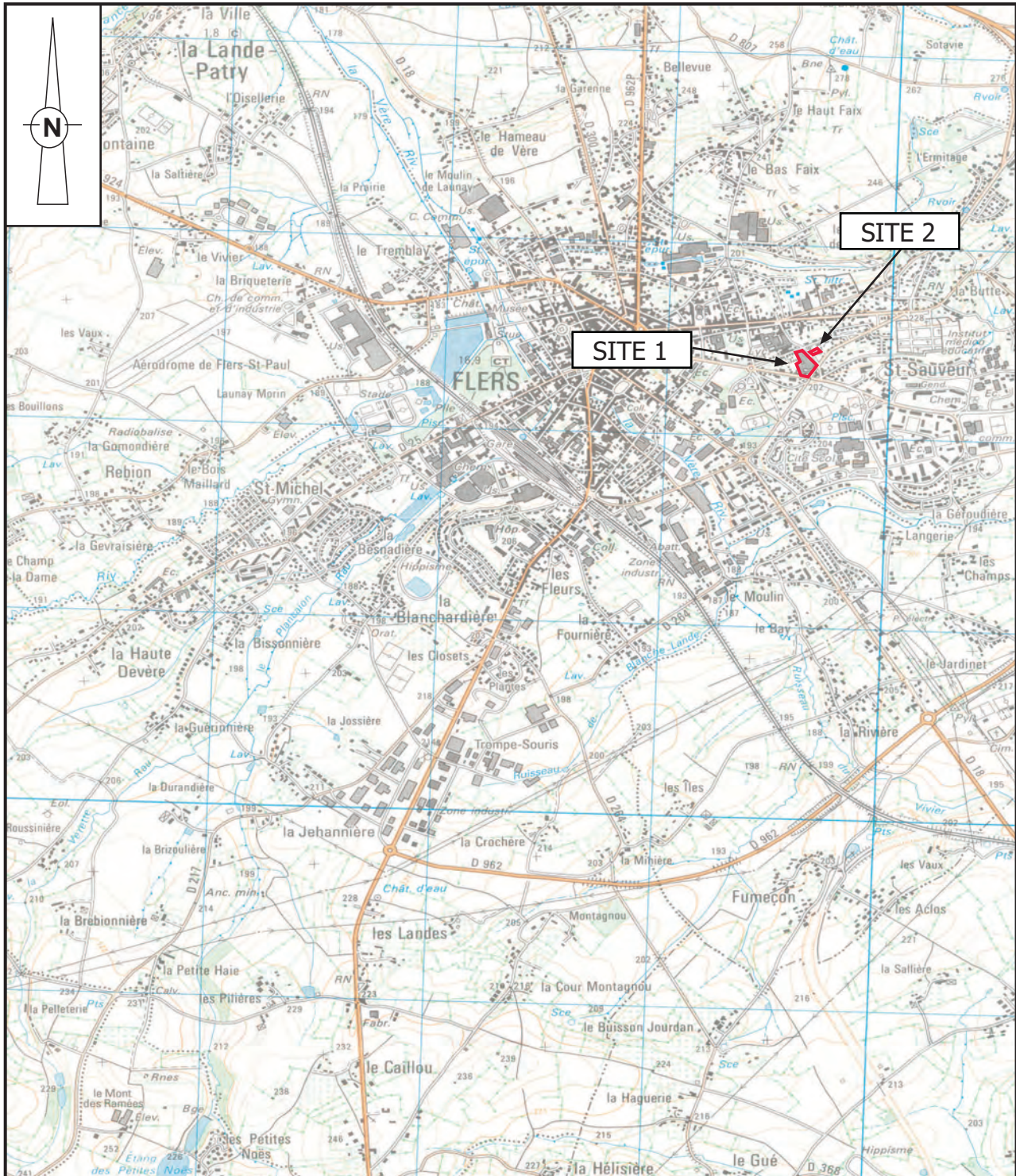
En comptant un coût de maîtrise d'œuvre à 10% du montant des travaux soit 6 k€, le coût total de gestion des terres polluées est donc de l'ordre de 66 k€ (hors coûts de terrassements).

7.3 Analyse des risques résiduels (ARR)

Sur la base des connaissances actuelles, des pratiques communément admises de la gestion du risque sanitaire, et pour les hypothèses constructives retenues, nous considérons comme fondé de retenir la compatibilité des teneurs du site avec l'usage envisagé dans le cadre du projet, au sens des circulaires ministérielles du 8 février 2007.

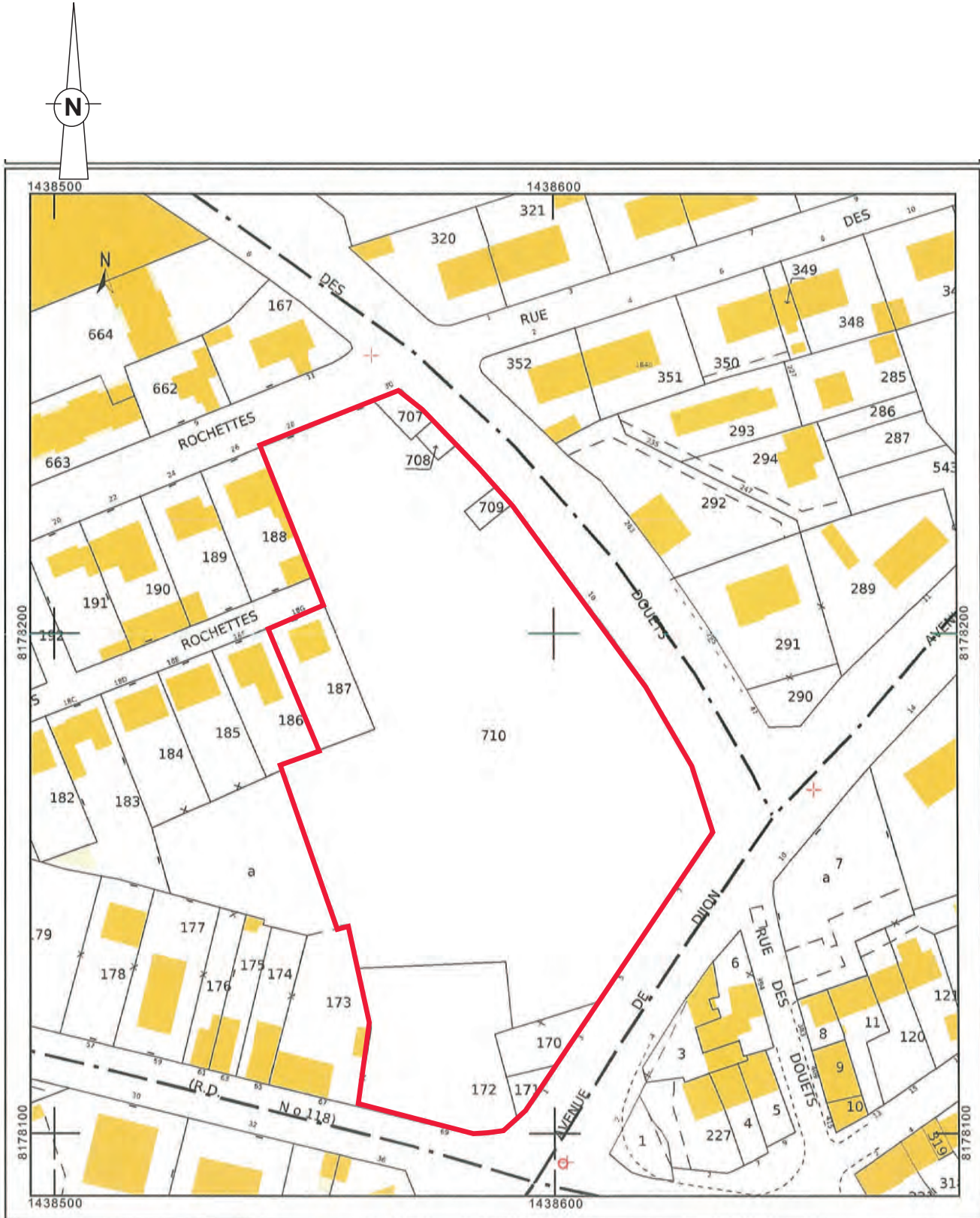
FIGURES

PLAN DE LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

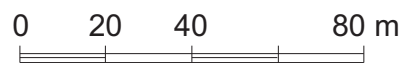


Echelle : 0 250 500 1 000 m

© IGN 1:25 000 - n° 1515 O



Echelle :





LEGENDE

Limites du site



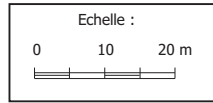
EPFN - SITE SONOFOQUE - CHAMP DE FOIRE - FLERS (61) - X00222

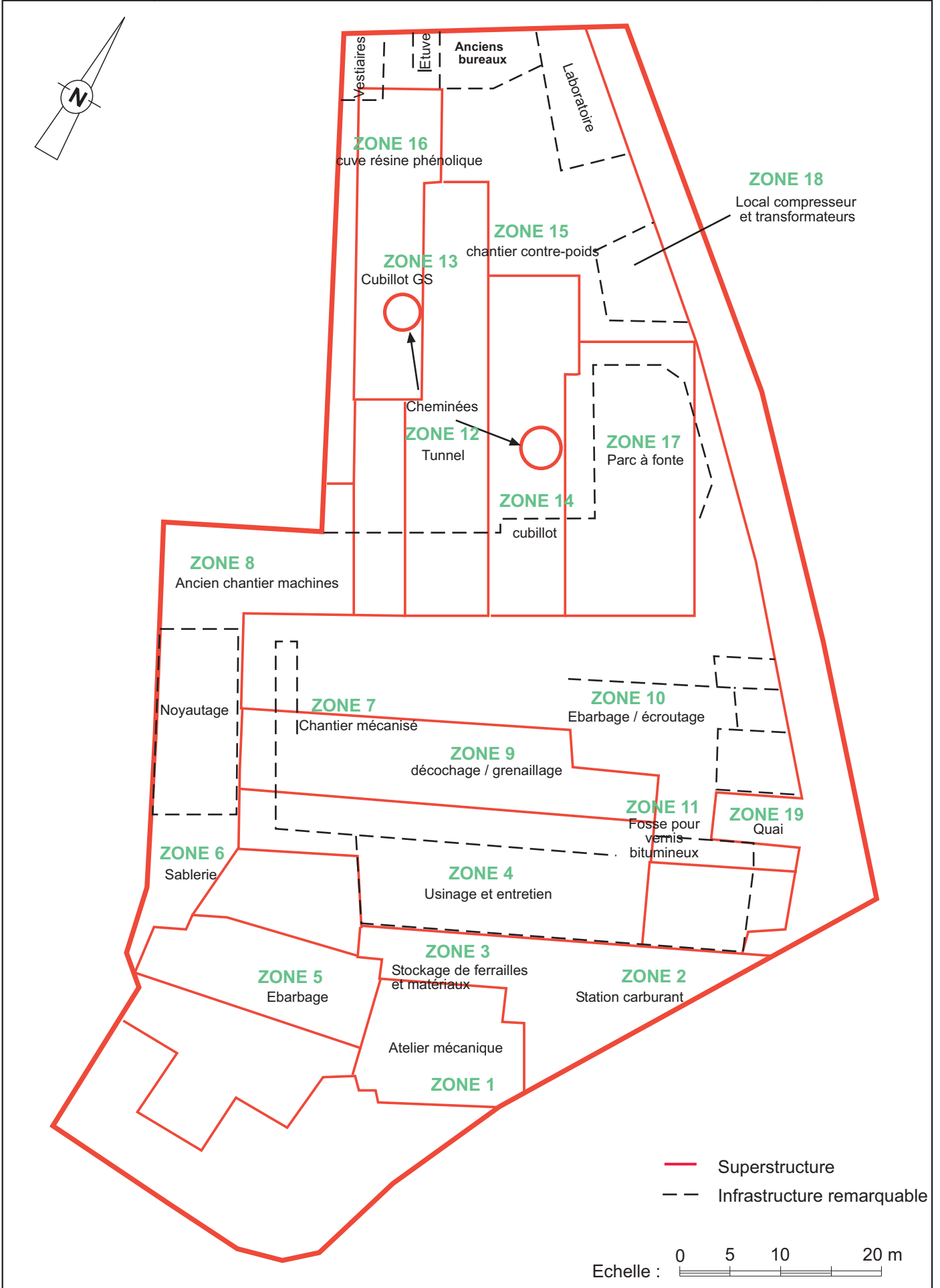
PLAN DU PROJET D'AMENAGEMENT - SITE 2



RSSP/NUM00297
CSSP/NUM110817

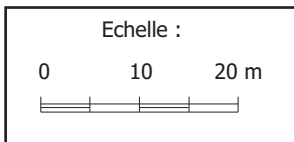
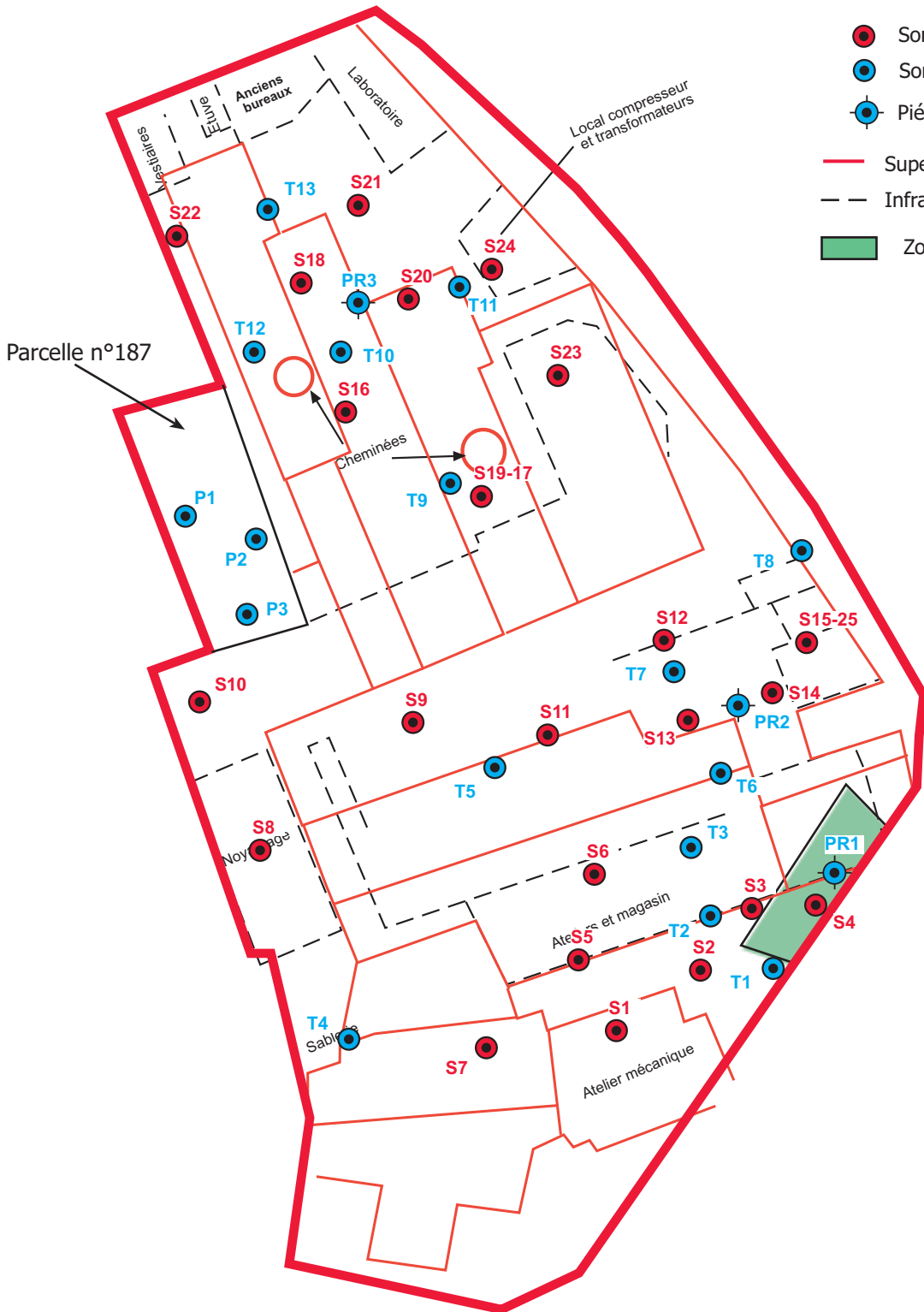
Fig. 3b

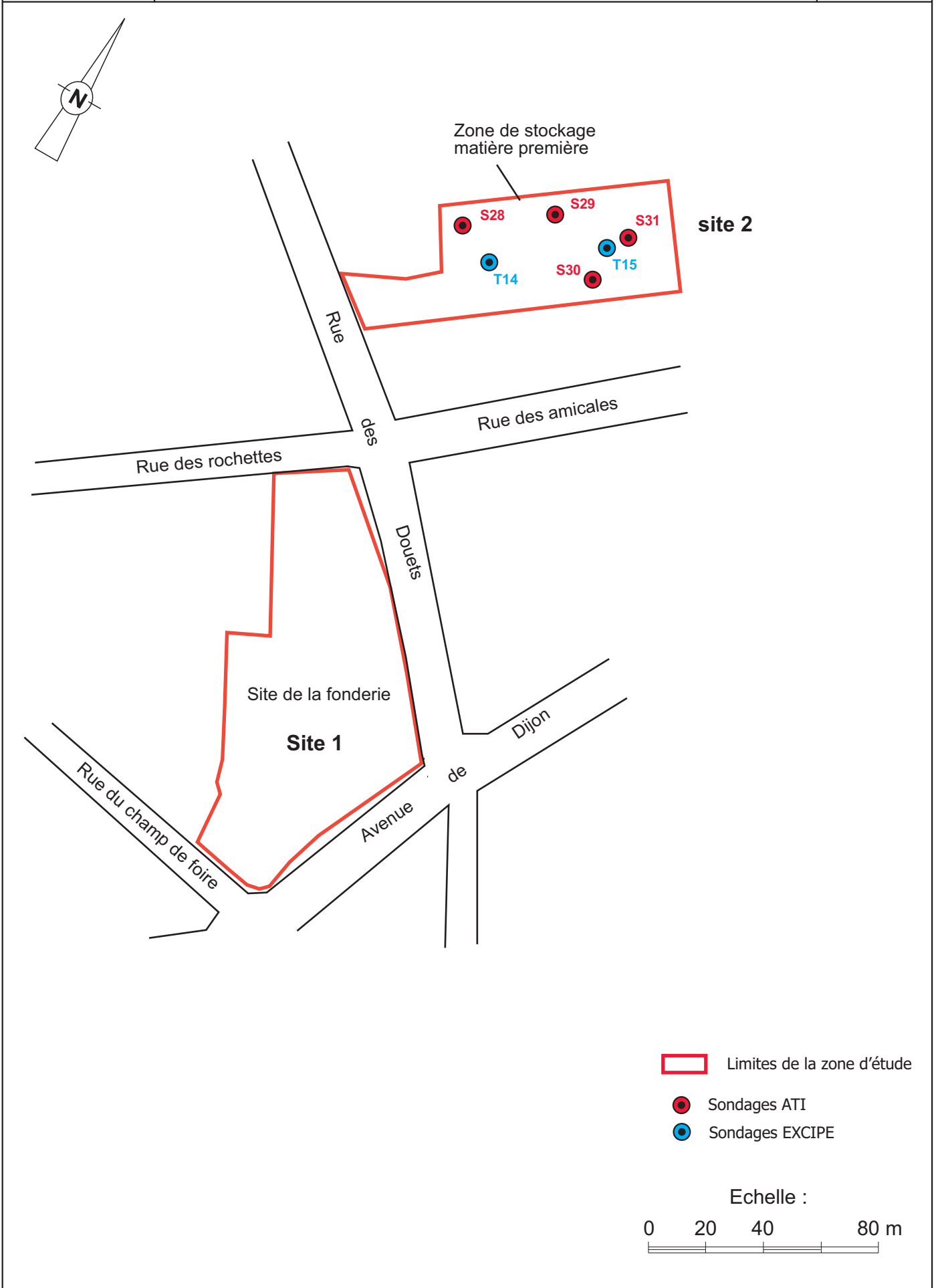


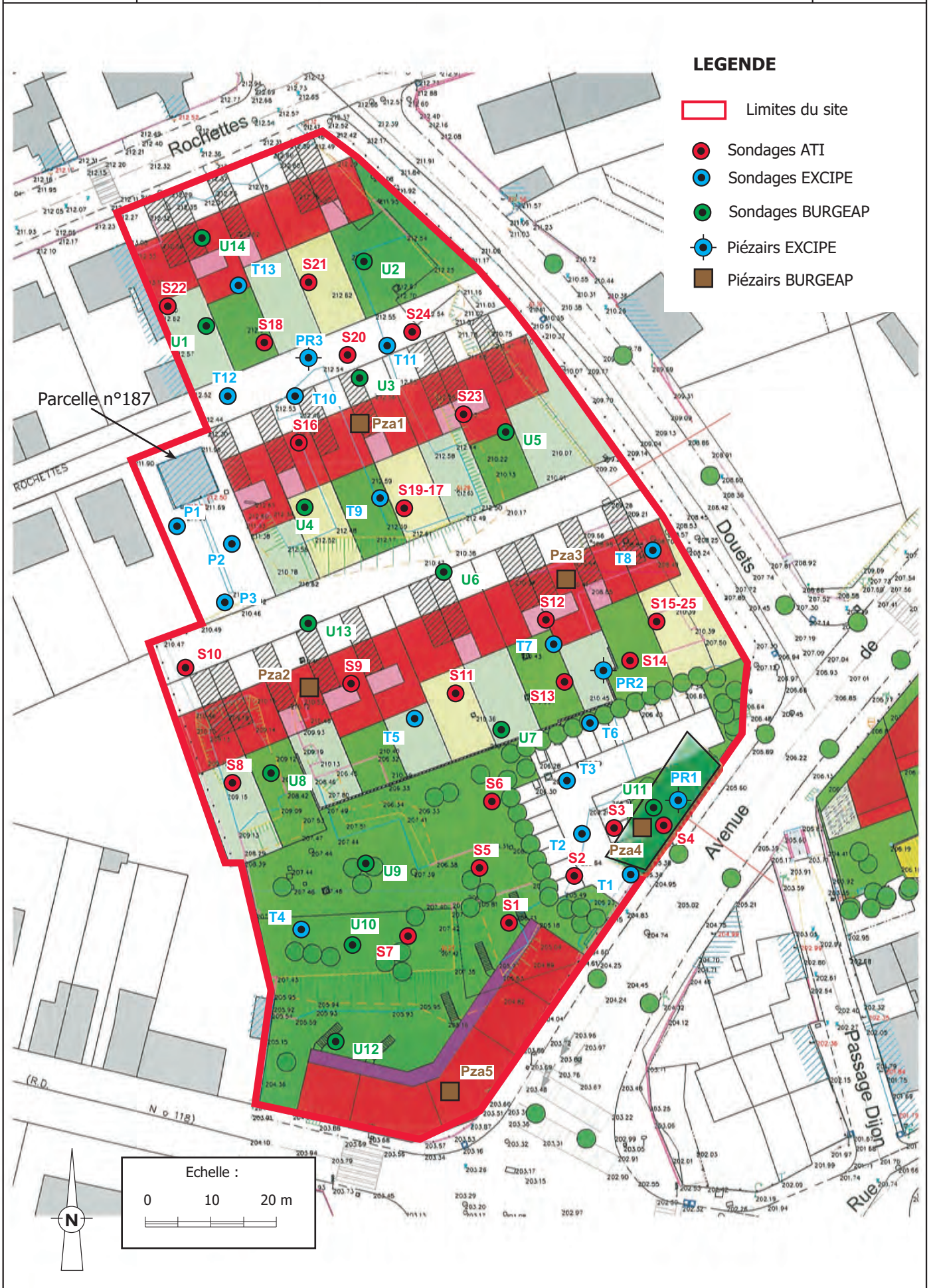


LEGENDE

- Limites du site
- Sondages ATI
- Sondages EXCIPE
- ⊙ Piézairs EXCIPE
- Superstructure
- Infrastructure remarquable
- Zone de terres tassées









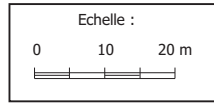
EPFN - SITE SONOFOQUE - CHAMP DE FOIRE - FLERS (61) - X00222

PLAN DE LOCALISATION DES INVESTIGATIONS - PROJET - SITE 2



RSSP/PM00297
CSSP/PM110817

Fig. 7b



LEGENDE

Limites du site

Sondages ATI

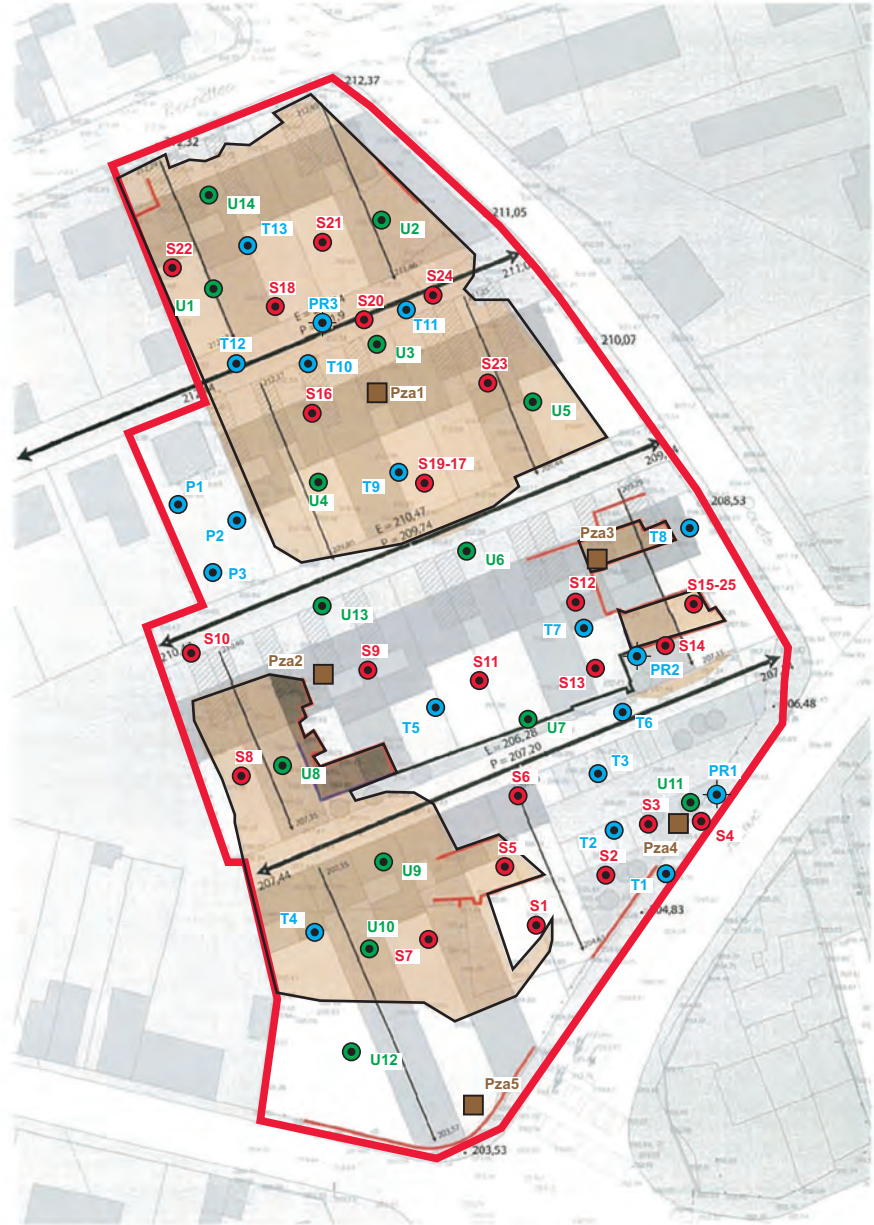
Sondages EXCIPE

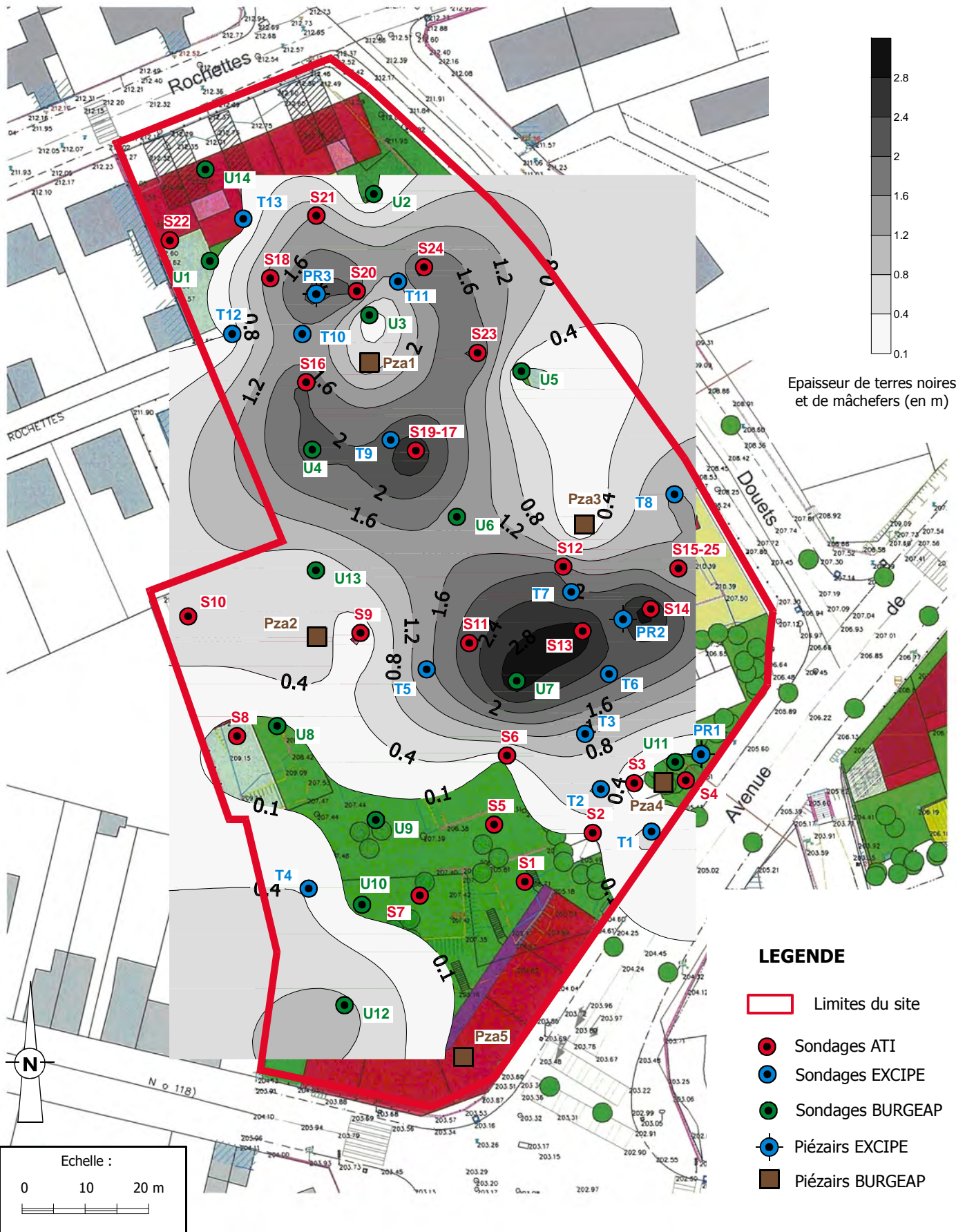
Sondages BURGEAP

Piézairs EXCIPE

Piézairs BURGEAP

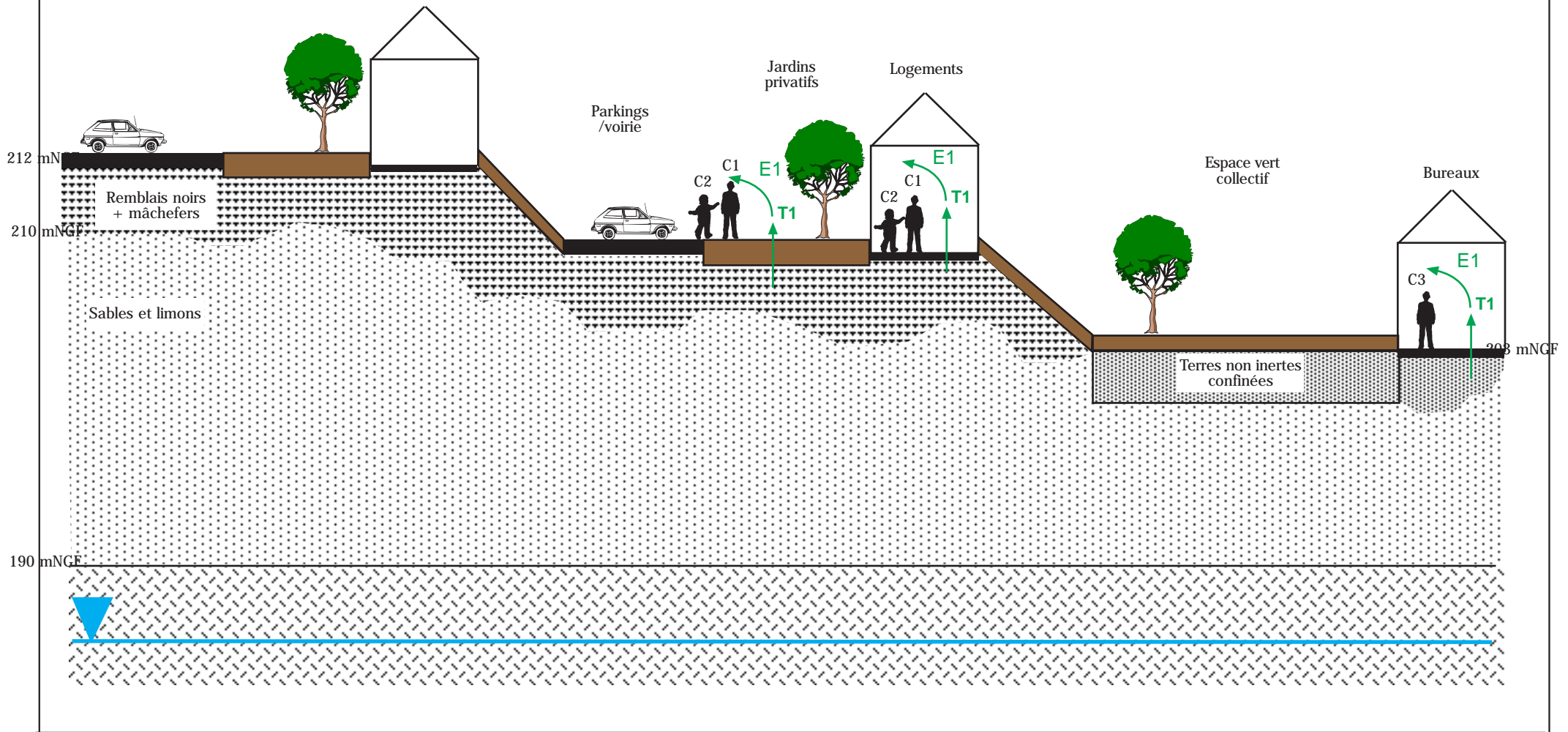
- Mur de soutènement détruit
- Mur de soutènement rajouté
- Mur de soutènement conservé
- Terre / Talus déblayé
- Talus remblayé
- Pente retravaillée





C1 Futurs résidents adultes
 C2 Futurs résidents enfants
 C3 Futurs travailleurs adultes
 Voies de transfert : T1 : Volatilisation des composés volatils
 Voies d'exposition : E1 : Inhalation de composés volatils

■ Bitume / béton ■ Terres saines



EPFN - SITE SONOFOQUE - CHAMP DE FOIRE - FLERS (61) - X00222

SHEMA CONCEPTUEL

RSSPMM00297
 CSSPMM110817


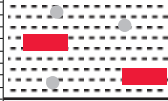


Fig. 10

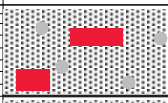
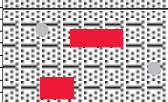

ANNEXES

Annexe 1 - Coupes de sol

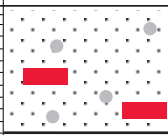

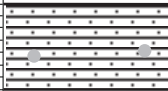
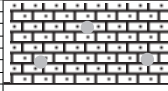
RSSPNM00297-02/CSSPNM110817	
EL - CH - FLO	
10/04/2013	Annexes


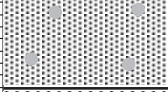
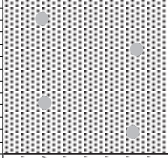
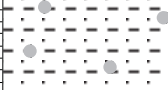
FICHE D'ECHANTILLONNAGE DE SOLS

Sondage n° : U1 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 3 m				Auteur : TDA Date : 28/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	Observations (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Dalle béton			
0.5			Remblais bruns limoneux, cailloutis et briques	U1-1		
1.5			Sable beige et cailloutis	U1-2		
2.5			Sable beige et cailloutis	U1-3		
3						
4						
5						

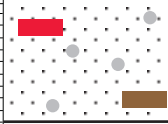

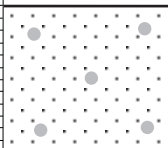
Sondage n° : U2 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 3 m				Auteur : TDA Date : 28/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	OBSERVATIONS (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Remblais sable brun à noir, cailloutis et briques	U2-1		
0.5			Schiste gris			
1.5			Remblais sable brun à noir limoneux, cailloutis et briques	U2-2		
2.5			Remblais sable jaune beige, cailloutis et briques	U2-3		
3						
4						
5						


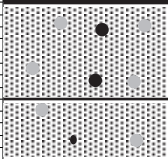
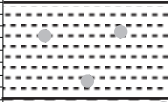
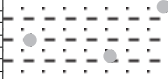
FICHE D'ÉCHANTILLONNAGE DE SOLS

Sondage n° : U3 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 3 m				Auteur : TDA Date : 28/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	Observations (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Remblais sable brun à rouge, cailloutis et briques	U3-1		
1			Remblais sable brun, cailloutis et briques	U3-2		
2			Argile sableuse jaune beige et cailloutis	U3-3		
3			Sable beige calcaire et cailloutis	U3-4		
4						
5						

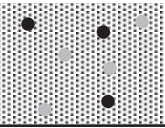
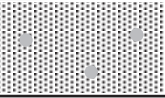
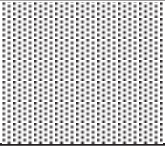
Sondage n° : U4 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 3 m				Auteur : TDA Date : 28/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	OBSERVATIONS (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Dalle béton			
1			Remblais sable noir et quelques cailloutis	U4-1	noir	PID = 0,4 ppm
2			Sable noir et cailloutis	U4-2	noir	
3			Sable limoneux jaune beige et cailloutis	U4-3		
4						
5						


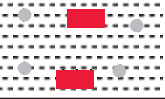
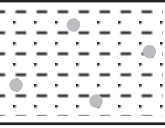
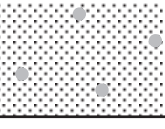
FICHE D'ÉCHANTILLONNAGE DE SOLS

Sondage n° : U5 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 3 m				Auteur : TDA Date : 28/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	Observations (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Remblais sableux marron clair, cailloutis, briques et bois	U5-1		
1			Sable brun et cailloutis	U5-2		
2			Sable beige calcaire et cailloutis	U5-3		
3						
4						
5						


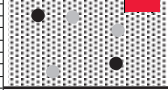
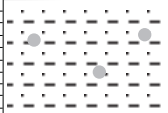
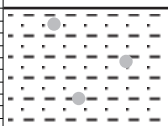
Sondage n° : U6 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 3 m				Auteur : TDA Date : 28/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	OBSERVATIONS (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Dalle béton			
1			Remblais sable brun à noir, cailloutis et pépites mâchefers	U6-1	noir + pépites mâchefers	
2			Limons bruns et cailloutis	U6-3		
3			Sable légèrement limoneux jaune et cailloutis	U6-3		
4						
5						



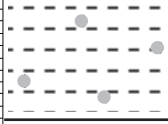
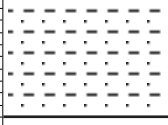
FICHE D'ÉCHANTILLONNAGE DE SOLS

Sondage n° : U7 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 3 m				Auteur : TDA Date : 28/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	Observations (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Remblais sable gris foncé + blocs mâchefers et cailloutis,	U7-1	Gris foncé + mâchefers	
1			Remblais sable gris foncé + cailloutis	U7-2		
2			Remblais sable noir	U7-3	noir	
3						
4						
5						

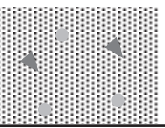
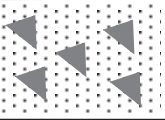
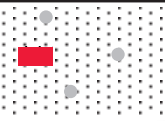
Sondage n° : U8 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 3 m				Auteur : TDA Date : 28/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	OBSERVATIONS (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Sable gris et cailloutis			
			Remblais limons bruns + cailloutis et briques	U8-1		
1			Sables limoneux gris/vert + cailloutis	U8-2		
2			Sable gris/vert + cailloutis	U8-3		
3						
4						
5						

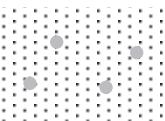
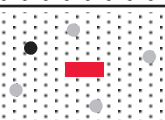
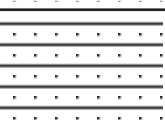
FICHE D'ÉCHANTILLONNAGE DE SOLS

Sondage n° : U9 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 3 m				Auteur : TDA Date : 27/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	Observations (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Dalle béton			
0			Remblais sable gris à beige + cailloutis, briques et pépites noires	U9-1		
1			Remblais sables limoneux beige + cailloutis	U9-2		
2			Remblais sables limoneux beige à vert + cailloutis	U9-3		
3						
4						
5						

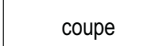

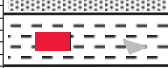
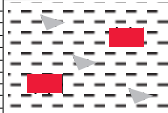
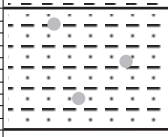
Sondage n° : U10 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 3 m				Auteur : TDA Date : 27/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	OBSERVATIONS (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Dalle béton			
0			Remblais limono-sableux bruns + cailloutis et briques	U10-1		
1			Limons bruns / beiges + cailloutis	U10-2		
2			Limons sableux jaune beige	U10-3		
3						
4						
5						



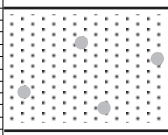
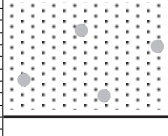
FICHE D'ÉCHANTILLONNAGE DE SOLS

Sondage n° : U11 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 3 m				Auteur : TDA Date : 27/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	Observations (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Remblais sable beige + cailloutis et blocs de schistes	U11-1		
1			Remblais blocs de schistes et sable beige	U11-2		
2			Remblais sable beige + cailloutis, briques	U11-3		
3						
4						
5						


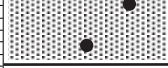
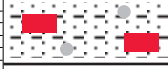
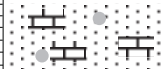

Sondage n° : U12 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 3 m				Auteur : TDA Date : 27/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	OBSERVATIONS (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Remblais sable beige + cailloutis	U12-1		
1			Remblais sable beige + briques, cailloutis silex et pépites noires	U12-2		
2			Sables argileux beige	U12-3		
3						
4						
5						

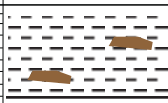
FICHE D'ÉCHANTILLONNAGE DE SOLS

Sondage n° : U13 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 3 m				Auteur : TDA Date : 27/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	Observations (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Dalle béton			
			Remblais sable noirs + briques	U13-1	noir	
			Remblais limons brun + silex et briques	U13-2		
1			Remblais limons brun + silex et briques	U13-3		
2			Limons sableux beige + cailloutis	U13-4		
3						
4						
5						

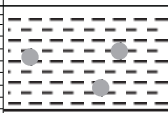
Sondage n° : U14 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 3 m				Auteur : TDA Date : 28/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	OBSERVATIONS (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Dalle béton			
			Remblais limoneux jaune beige + cailloutis	U14-1		
1			Sable beige + cailloutis	U14-2		
2			Sables gris beige + cailloutis	U14-3		
3						
4						
5						

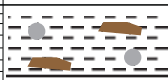
FICHE D'ÉCHANTILLONNAGE DE SOLS

Sondage n° : U15 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 3 m				Auteur : TDA Date : 28/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	Observations (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Dalle béton désagrégée			
0.5			Remblais sable noirs + mâchefers	U15-1	noir	
1			Remblais briques et sable brun limoneux + cailloutis	U15-2		
1.5			Remblais sable beige calcaire + cailloutis	U15-3		
2			Remblais sable limoneux jaune calcaire + traces de briques et cailloutis	U15-4		
3						
4						
5						

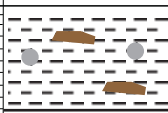
Sondage n° : U16 Technique de sondage : Tarière manuelle Profondeur : 0,7 m				Auteur : TDA Date : 29/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	OBSERVATIONS (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Limons bruns + racines	U16-1		
1						
2						
3						
4						
5						

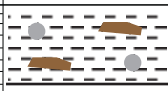
FICHE D'ÉCHANTILLONNAGE DE SOLS

Sondage n° : U17 Technique de sondage : Tarière manuelle Profondeur : 0,8 m				Auteur : TDA Date : 29/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	Observations (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Limons bruns + cailloutis	U17-1		
1						
2						
3						
4						
5						

Sondage n° : U18 Technique de sondage : Tarière manuelle Profondeur : 0,5 m				Auteur : TDA Date : 29/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	OBSERVATIONS (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Limons bruns + cailloutis et racines	U18-1		
1						
2						
3						
4						
5						

FICHE D'ECHANTILLONNAGE DE SOLS

Sondage n° : U19 Technique de sondage : Tarière manuelle Profondeur : 0,8 m				Auteur : TDA Date : 29/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	Observations (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Limons bruns + racines et cailloutis	U19-1		
1						
2						
3						
4						
5						

Sondage n° : U20 Technique de sondage : Tarière manuelle Profondeur : 0,6 m				Auteur : TDA Date : 29/04/2011 Niveau statique :		
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	POLLUTION	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	OBSERVATIONS (aspect, odeur, couleur)	Tube réactif
0			Limons marron foncés + cailloutis et racines	U20-1		
1						
2						
3						
4						
5						

Annexe 2 - Bordereaux d'analyses (sols)

RSSPNM00297-02/CSSPNM110817	
EL - CH - FLO	
10/04/2013	Annexes



AL-West B.V.

Handelskade 39, 7417 DE Deventer
Postbus 693, 7400 AR Deventer
Tel. +31(0)570 699765, Fax +31(0)570 699761
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

BURGEAP
24 RUE DES PÂTIS
ZI DES PÂTIS
76140 LE PETIT QUEVILLY
FRANCE

Date 09.05.2011
N° Client 35004318
N° commande 246055

RAPPORT D'ANALYSES

N° Cde 246055 Solide / Eluat

Client 35004318 BURGEAP
Référence Rn11105 - E. LANGARD
Réceptionné 02.05.11
Prélèvement par: Client

Madame, Monsieur

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Sauf avis contraire, les analyses accréditées selon la norme EN ISO CEI 17025 ont été effectuées conformément aux méthodes de recherche citées dans les versions les plus actuelles de nos listes de prestations des Comités d'Accréditation Néerlandais (RVA), reconnus Cofrac, sous les numéro L005.

Si vous désirez recevoir de plus amples informations concernant le degré d'incertitudes d'une méthode de mesure déterminée, nous pouvons vous les fournir sur demande.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Respectueusement,

AL-West B.V. Mlle. Marika Dauvergne, Tel. +33/380680156
Service clientèle

Copies

BURGEAP , Monsieur Etienne LANGARD


N° Cde 246055 Solide / Eluat

N° échant.	Prélèvement	Nom d'échantillon
385887	Inconnu	U4-1
385888	Inconnu	U6-1
385889	Inconnu	U7-1
385890	Inconnu	U11-1
385891	Inconnu	U12-2

	Unité	385887 U4-1	385888 U6-1	385889 U7-1	385890 U11-1	385891 U12-2
Prétraitement des échantillons						
Homogénéisation		++	++	++	++	++
Matière sèche	%	89,6	89,2	95,1	94,8	88,8

Lixiviation

Lixiviation (EN 12457-2)		--	--	--	--	--
--------------------------	--	----	----	----	----	----

Calcul des Fractions solubles

Antimoine cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Arsenic cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Baryum cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
COT cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Cadmium cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Chlorures cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Chrome cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Cuivre cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Fluorures cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Indice phénol cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Mercure cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Molybdène cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Nickel cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Plomb cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Sulfates cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Sélénium cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Zinc cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Fraction soluble cumulé	mg/kg Ms	--	--	--	--	--

Analyses Physico-chimiques

pH-H2O		--	--	--	--	--
--------	--	----	----	----	----	----

Prétraitement pour analyses des métaux

Minéralisation à l'eau régale		++	++	++	++	++
-------------------------------	--	----	----	----	----	----

Métaux

Antimoine (Sb)	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Arsenic (As)	mg/kg Ms	30	170	5,4	15	13
Baryum (Ba)	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	0,12	0,22	<0,10	<0,10	<0,10
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	32	96	29	42	26
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	26	260	26	24	27
Mercure (Hg)	mg/kg Ms	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Molybdène (Mo)	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	16	79	11	20	13
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	54	48	39	10	14


N° Cde 246055 Solide / Eluat

N° échant.	Prélèvement	Nom d'échantillon
385892	Inconnu	U1-1
385893	Inconnu	Eluat issu de U1-1
385894	Inconnu	U3-1
385895	Inconnu	Eluat issu de U3-1
385896	Inconnu	U5-1

Unité	385892 U1-1	385893 Eluat issu de U1-1	385894 U3-1	385895 Eluat issu de U3-1	385896 U5-1
-------	----------------	------------------------------	----------------	------------------------------	----------------

Prétraitement des échantillons

Homogénéisation	--	--	--	--	--
Matière sèche	%	84,7	--	91,0	90,1

Lixiviation

Lixiviation (EN 12457-2)	++	--	++	--	++
--------------------------	----	----	----	----	----

Calcul des Fractions solubles

Antimoine cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050
Arsenic cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050
Baryum cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,10	--	0,34	--	0,31
COT cumulé	mg/kg Ms	130	--	61	--	150
Cadmium cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,0010	--	0,0 - 0,0010	--	0,0 - 0,0010
Chlorures cumulé	mg/kg Ms	0,00 - 1,00	--	0,00 - 1,00	--	16,0
Chrome cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,020	--	0,045	--	0,064
Cuivre cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,020	--	0,0 - 0,020	--	0,18
Fluorures cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 1,0	--	24	--	2,9
Indice phénol cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,10	--	0,0 - 0,10	--	0,0 - 0,10
Mercure cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,00030	--	0,0 - 0,00030	--	0,0 - 0,00030
Molybdène cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,050	--	0,066	--	0,057
Nickel cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050
Plomb cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050
Sulfates cumulé	mg/kg Ms	150	--	1100	--	13000
Sélénium cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,050	--	0,32	--	0,0 - 0,050
Zinc cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,020	--	0,0 - 0,020	--	0,0 - 0,020
Fraction soluble cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 1000	--	2200	--	22000

Analyses Physico-chimiques

pH-H ₂ O		5,4	--	8,2	--	9,1
---------------------	--	------------	----	------------	----	------------

Prétraitement pour analyses des métaux

Minéralisation à l'eau régale		++	--	++	--	++
-------------------------------	--	----	----	----	----	----

Métaux

Antimoine (Sb)	mg/kg Ms	5,0	--	15	--	1,9
Arsenic (As)	mg/kg Ms	24	--	21	--	9,5
Baryum (Ba)	mg/kg Ms	130	--	150	--	110
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	<0,10	--	4,1	--	0,18
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	37	--	56	--	26
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	20	--	71	--	15
Mercure (Hg)	mg/kg Ms	0,06	--	0,18	--	0,06
Molybdène (Mo)	mg/kg Ms	<1,0	--	2,3	--	<1,0
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	14	--	37	--	10
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	11	--	830	--	35



AL-West B.V.

Handelskade 39, 7417 DE Deventer
 Postbus 693, 7400 AR Deventer
 Tel. +31(0)570 699765, Fax +31(0)570 699761
 e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

N° Cde 246055 Solide / Eluat

N° échant.	Prélèvement	Nom d'échantillon
385897	Inconnu	Eluat issu de U5-1
385898	Inconnu	U8-1
385899	Inconnu	Eluat issu de U8-1
385900	Inconnu	U10-1
385901	Inconnu	Eluat issu de U10-1

Unité	385897 Eluat issu de U5-1	385898 U8-1	385899 Eluat issu de U8-1	385900 U10-1	385901 Eluat issu de U10-1
-------	------------------------------	----------------	------------------------------	-----------------	-------------------------------

Prétraitement des échantillons

Homogénéisation	--	--	--	--	--
Matière sèche	%	--	87,5	--	83,5

Lixiviation

Lixiviation (EN 12457-2)	--	++	--	++	--
--------------------------	----	----	----	----	----

Calcul des Fractions solubles

Antimoine cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050
Arsenic cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050
Baryum cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,10	--	0,15
COT cumulé	mg/kg Ms	--	260	--	81
Cadmium cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,0010	--	0,0 - 0,0010
Chlorures cumulé	mg/kg Ms	--	5,20	--	1,10
Chrome cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,020	--	0,0 - 0,020
Cuivre cumulé	mg/kg Ms	--	0,066	--	0,0 - 0,020
Fluorures cumulé	mg/kg Ms	--	2,5	--	4,8
Indice phénol cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,10	--	0,0 - 0,10
Mercure cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,00030	--	0,0 - 0,00030
Molybdène cumulé	mg/kg Ms	--	0,050	--	0,0 - 0,050
Nickel cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050
Plomb cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,050	--	0,18
Sulfates cumulé	mg/kg Ms	--	330	--	69
Sélénium cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050
Zinc cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,020	--	0,0 - 0,020
Fraction soluble cumulé	mg/kg Ms	--	1600	--	0,0 - 1000

Analyses Physico-chimiques

pH-H2O	--	7,8	--	7,7	--
--------	----	-----	----	-----	----

Prétraitement pour analyses des métaux

Minéralisation à l'eau régale	--	++	--	++	--
-------------------------------	----	----	----	----	----

Métaux

Antimoine (Sb)	mg/kg Ms	--	0,75	--	<6,0 ^{pe)}
Arsenic (As)	mg/kg Ms	--	27	--	16
Baryum (Ba)	mg/kg Ms	--	45	--	190
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	--	28	--	64
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	--	20	--	37
Mercure (Hg)	mg/kg Ms	--	<0,05	--	<0,05
Molybdène (Mo)	mg/kg Ms	--	<1,0	--	<1,0
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	--	19	--	23
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	--	19	--	45



AL-West B.V.

Handelskade 39, 7417 DE Deventer
Postbus 693, 7400 AR Deventer
Tel. +31(0)570 699765, Fax +31(0)570 699761
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

N° Cde 246055 Solide / Eluat

N° échant.	Prélèvement	Nom d'échantillon
386005	Inconnu	Pza1-2
386007	Inconnu	Pza2

	Unité	386005 Pza1-2	386007 Pza2
Prétraitement des échantillons			
Homogénéisation		--	--
Matière sèche	%	89,2	89,3

Lixiviation			
Lixiviation (EN 12457-2)		--	--

Calcul des Fractions solubles			
Antimoine cumulé	mg/kg Ms	--	--
Arsenic cumulé	mg/kg Ms	--	--
Baryum cumulé	mg/kg Ms	--	--
COT cumulé	mg/kg Ms	--	--
Cadmium cumulé	mg/kg Ms	--	--
Chlorures cumulé	mg/kg Ms	--	--
Chrome cumulé	mg/kg Ms	--	--
Cuivre cumulé	mg/kg Ms	--	--
Fluorures cumulé	mg/kg Ms	--	--
Indice phénol cumulé	mg/kg Ms	--	--
Mercure cumulé	mg/kg Ms	--	--
Molybdène cumulé	mg/kg Ms	--	--
Nickel cumulé	mg/kg Ms	--	--
Plomb cumulé	mg/kg Ms	--	--
Sulfates cumulé	mg/kg Ms	--	--
Sélénium cumulé	mg/kg Ms	--	--
Zinc cumulé	mg/kg Ms	--	--
Fraction soluble cumulé	mg/kg Ms	--	--

Analyses Physico-chimiques			
pH-H2O		--	--

Prétraitement pour analyses des métaux			
Minéralisation à l'eau régale		--	--

Métaux			
Antimoine (Sb)	mg/kg Ms	--	--
Arsenic (As)	mg/kg Ms	--	--
Baryum (Ba)	mg/kg Ms	--	--
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	--	--
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	--	--
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	--	--
Mercure (Hg)	mg/kg Ms	--	--
Molybdène (Mo)	mg/kg Ms	--	--
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	--	--
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	--	--



AL-West B.V.

Handelskade 39, 7417 DE Deventer
 Postbus 693, 7400 AR Deventer
 Tel. +31(0)570 699765, Fax +31(0)570 699761
 e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

N° Cde 246055 Solide / Eluat

	Unité	385887 U4-1	385888 U6-1	385889 U7-1	385890 U11-1	385891 U12-2
Métaux						
Sélénium (Se)	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	89	160	74	49	100
HAP						
<i>Naphtalène</i>	mg/kg Ms	<0,050	<0,050	0,091	<0,050	0,070
<i>Acénaphtylène</i>	mg/kg Ms	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
<i>Acénaphène</i>	mg/kg Ms	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
<i>Fluorène</i>	mg/kg Ms	<0,050	0,071	<0,050	<0,050	0,088
<i>Phénanthrène</i>	mg/kg Ms	0,076	0,11	0,094	<0,050	0,42
<i>Anthracène</i>	mg/kg Ms	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,088
<i>Fluoranthène</i>	mg/kg Ms	<0,050	0,27	0,075	<0,050	0,35
<i>Pyrène</i>	mg/kg Ms	<0,050	0,21	0,077	<0,050	0,24
<i>Benzo(a)anthracène</i>	mg/kg Ms	<0,050	0,15	<0,050	<0,050	0,14
<i>Chrysène</i>	mg/kg Ms	0,058	0,13	0,056	<0,050	0,12
<i>Benzo(b)fluoranthène</i>	mg/kg Ms	<0,050	0,22	0,063	<0,050	0,17
<i>Benzo(k)fluoranthène</i>	mg/kg Ms	<0,050	0,082	<0,050	<0,050	0,059
<i>Benzo(a)pyrène</i>	mg/kg Ms	<0,050	0,13	<0,050	<0,050	0,11
<i>Dibenzo(a,h)anthracène</i>	mg/kg Ms	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
<i>Benzo(g,h,i)pérylène</i>	mg/kg Ms	<0,050	0,065	<0,050	<0,050	<0,050
<i>Indéno(1,2,3-cd)pyrène</i>	mg/kg Ms	<0,050	0,12	<0,050	<0,050	0,097
HAP (6 Borneff) - somme	mg/kg Ms	n.d.	0,89	0,14 ^{xj}	n.d.	0,79 ^{xj}
HAP (VROM) - somme	mg/kg Ms	0,13 ^{xj}	1,1 ^{xj}	0,32 ^{xj}	n.d.	1,5 ^{xj}
HAP (EPA) - somme	mg/kg Ms	0,13 ^{xj}	1,6 ^{xj}	0,46 ^{xj}	n.d.	2,0 ^{xj}
Composés aromatiques						
BTX total	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Benzène	mg/kg Ms	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Toluène	mg/kg Ms	0,17	<0,05	0,05	<0,05	<0,05
Ethylbenzène	mg/kg Ms	0,06	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
<i>m,p-Xylène</i>	mg/kg Ms	0,46	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
<i>o-Xylène</i>	mg/kg Ms	0,10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Naphtalène	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Somme Xylènes	mg/kg Ms	0,56	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
COHV						
Chlorure de Vinyle	mg/kg Ms	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Dichlorométhane	mg/kg Ms	<0,10	<0,1 ^{m)}	<0,10	<0,10	<0,10
Trichlorométhane	mg/kg Ms	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Tétrachlorométhane	mg/kg Ms	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Trichloroéthylène	mg/kg Ms	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tétrachloroéthylène	mg/kg Ms	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg Ms	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
1,1,2-Trichloroéthane	mg/kg Ms	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
1,1-Dichloroéthane	mg/kg Ms	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
1,2-Dichloroéthane	mg/kg Ms	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
1,1-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
<i>cis-Dichloroéthylène</i>	mg/kg Ms	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10



N° Cde 246055 Solide / Eluat

	Unité	385892 U1-1	385893 Eluat issu de U1-1	385894 U3-1	385895 Eluat issu de U3-1	385896 U5-1
Métaux						
Sélénium (Se)	mg/kg Ms	1	--	35	--	<1
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	52	--	1200	--	110
HAP						
Naphtalène	mg/kg Ms	<0,050	--	0,058	--	<0,050
Acénaphtylène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
Acénaphène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
Fluorène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
Phénanthrène	mg/kg Ms	<0,050	--	0,14	--	0,081
Anthracène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
Fluoranthène	mg/kg Ms	<0,050	--	0,20	--	0,12
Pyrène	mg/kg Ms	<0,050	--	0,16	--	0,074
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	<0,050	--	0,076	--	0,071
Chrysène	mg/kg Ms	<0,050	--	0,11	--	0,097
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	<0,050	--	0,14	--	0,12
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	0,080
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg Ms	<0,050	--	0,082	--	0,083
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg Ms	<0,050	--	0,077	--	0,073
HAP (6 Borneff) - somme	mg/kg Ms	n.d.	--	0,50 ^{xj}	--	0,48 ^{xj}
HAP (VROM) - somme	mg/kg Ms	n.d.	--	0,74 ^{xj}	--	0,61 ^{xj}
HAP (EPA) - somme	mg/kg Ms	n.d.	--	1,0 ^{xj}	--	0,80 ^{xj}
Composés aromatiques						
BTX total	mg/kg Ms	n.d.	--	n.d.	--	n.d.
Benzène	mg/kg Ms	<0,05	--	<0,05	--	<0,05
Toluène	mg/kg Ms	<0,05	--	<0,05	--	<0,05
Ethylbenzène	mg/kg Ms	<0,05	--	<0,05	--	<0,05
<i>m,p</i> -Xylène	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10
<i>o</i> -Xylène	mg/kg Ms	<0,05	--	<0,05	--	<0,05
Naphtalène	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Somme Xylènes	mg/kg Ms	n.d.	--	n.d.	--	n.d.
COHV						
Chlorure de Vinyle	mg/kg Ms	<0,03	--	<0,03	--	<0,03
Dichlorométhane	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10
Trichlorométhane	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10
Tétrachlorométhane	mg/kg Ms	<0,1	--	<0,1	--	<0,1
Trichloroéthylène	mg/kg Ms	<0,1	--	<0,1	--	<0,1
Tétrachloroéthylène	mg/kg Ms	<0,1	--	<0,1	--	<0,1
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg Ms	<0,1	--	<0,1	--	<0,1
1,1,2-Trichloroéthane	mg/kg Ms	<0,1	--	<0,1	--	<0,1
1,1-Dichloroéthane	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10
1,2-Dichloroéthane	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10
1,1-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10
<i>cis</i> -Dichloroéthylène	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10



	Unité	385897 Eluat issu de U5-1	385898 U8-1	385899 Eluat issu de U8-1	385900 U10-1	385901 Eluat issu de U10-1
Métaux						
Sélénium (Se)	mg/kg Ms	--	<1	--	<1	--
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	--	58	--	89	--
HAP						
Naphtalène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	0,065	--
Acénaphthylène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	<0,050	--
Acénaphthène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	<0,050	--
Fluorène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	<0,050	--
Phénanthrène	mg/kg Ms	--	0,062	--	0,16	--
Anthracène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	<0,050	--
Fluoranthène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	0,18	--
Pyrène	mg/kg Ms	--	0,066	--	0,17	--
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	0,10	--
Chrysène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	0,14	--
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	0,14	--
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	<0,050	--
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	0,13	--
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	<0,050	--
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	0,12	--
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	0,11	--
HAP (6 Borneff) - somme	mg/kg Ms	--	n.d.	--	0,68 ^{xj}	--
HAP (VROM) - somme	mg/kg Ms	--	0,06 ^{xj}	--	1,0 ^{xj}	--
HAP (EPA) - somme	mg/kg Ms	--	0,13 ^{xj}	--	1,3 ^{xj}	--
Composés aromatiques						
BTX total	mg/kg Ms	--	n.d.	--	n.d.	--
Benzène	mg/kg Ms	--	<0,05	--	<0,05	--
Toluène	mg/kg Ms	--	<0,05	--	<0,05	--
Ethylbenzène	mg/kg Ms	--	<0,05	--	<0,05	--
<i>m,p</i> -Xylène	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--
<i>o</i> -Xylène	mg/kg Ms	--	<0,05	--	<0,05	--
Naphtalène	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Somme Xylènes	mg/kg Ms	--	n.d.	--	n.d.	--
COHV						
Chlorure de Vinyle	mg/kg Ms	--	<0,03	--	<0,03	--
Dichlorométhane	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--
Trichlorométhane	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--
Tétrachlorométhane	mg/kg Ms	--	<0,1	--	<0,1	--
Trichloroéthylène	mg/kg Ms	--	<0,1	--	<0,1	--
Tétrachloroéthylène	mg/kg Ms	--	<0,1	--	<0,1	--
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg Ms	--	<0,1	--	<0,1	--
1,1,2-Trichloroéthane	mg/kg Ms	--	<0,1	--	<0,1	--
1,1-Dichloroéthane	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--
1,2-Dichloroéthane	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--
1,1-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--
<i>cis</i> -Dichloroéthylène	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--


N° Cde 246055 Solide / Eluat

	Unité	386005 Pza1-2	386007 Pza2
Métaux			
Sélénium (Se)	mg/kg Ms	--	--
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	--	--
HAP			
<i>Naphtalène</i>	mg/kg Ms	--	--
<i>Acénaphtylène</i>	mg/kg Ms	--	--
<i>Acénaphène</i>	mg/kg Ms	--	--
<i>Fluorène</i>	mg/kg Ms	--	--
<i>Phénanthrène</i>	mg/kg Ms	--	--
<i>Anthracène</i>	mg/kg Ms	--	--
<i>Fluoranthène</i>	mg/kg Ms	--	--
<i>Pyrène</i>	mg/kg Ms	--	--
<i>Benzo(a)anthracène</i>	mg/kg Ms	--	--
<i>Chrysène</i>	mg/kg Ms	--	--
<i>Benzo(b)fluoranthène</i>	mg/kg Ms	--	--
<i>Benzo(k)fluoranthène</i>	mg/kg Ms	--	--
<i>Benzo(a)pyrène</i>	mg/kg Ms	--	--
<i>Dibenzo(a,h)anthracène</i>	mg/kg Ms	--	--
<i>Benzo(g,h,i)pérylène</i>	mg/kg Ms	--	--
<i>Indéno(1,2,3-cd)pyrène</i>	mg/kg Ms	--	--
HAP (6 Borneff) - somme	mg/kg Ms	--	--
HAP (VROM) - somme	mg/kg Ms	--	--
HAP (EPA) - somme	mg/kg Ms	--	--
Composés aromatiques			
BTX total	mg/kg Ms	--	--
Benzène	mg/kg Ms	<0,05	<0,05
Toluène	mg/kg Ms	0,16	<0,05
Ethylbenzène	mg/kg Ms	<0,05	<0,05
<i>m,p-Xylène</i>	mg/kg Ms	<0,10	<0,10
<i>o-Xylène</i>	mg/kg Ms	<0,05	<0,05
Naphtalène	mg/kg Ms	<0,10	<0,10
Somme Xylènes	mg/kg Ms	n.d.	n.d.
COHV			
Chlorure de Vinyle	mg/kg Ms	<0,03	<0,03
Dichlorométhane	mg/kg Ms	<0,10 ^{m)}	<0,10
Trichlorométhane	mg/kg Ms	<0,10	<0,10
Tétrachlorométhane	mg/kg Ms	<0,1	<0,1
Trichloroéthylène	mg/kg Ms	<0,1	<0,1
Tétrachloroéthylène	mg/kg Ms	<0,1	<0,1
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg Ms	<0,1	<0,1
1,1,2-Trichloroéthane	mg/kg Ms	<0,1	<0,1
1,1-Dichloroéthane	mg/kg Ms	<0,10	<0,10
1,2-Dichloroéthane	mg/kg Ms	<0,10	<0,10
1,1-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	<0,10	<0,10
<i>cis-Dichloroéthylène</i>	mg/kg Ms	<0,10	<0,10



AL-West B.V.

Handelskade 39, 7417 DE Deventer
 Postbus 693, 7400 AR Deventer
 Tel. +31(0)570 699765, Fax +31(0)570 699761
 e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

Page 10 de 18

N° Cde 246055 Solide / Eluat

	Unité	385887 U4-1	385888 U6-1	385889 U7-1	385890 U11-1	385891 U12-2
COHV						
<i>Trans-Dichloroéthylène</i>	mg/kg Ms	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	mg/kg Ms	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hydrocarbures totaux						
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg Ms	<20	67	123	<20	24
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	<4	<4	<4	<4	<4
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	5	<4	<4	<4	<4
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	<2	6	6	<2	3
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	<2	13	15	<2	5
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	<2	18	24	2	5
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	<2,0	16	31	<2,0	2,6 ^{x)}
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	<2	8	25	<2	3
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	<2	5	20	<2	<2
Polychlorobiphényles						
Somme 7 PCB (Ballschmiter)	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Somme PCB (STI) (ASE)	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
PCB (28)	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
PCB (52)	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
PCB (101)	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
PCB (118)	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
PCB (138)	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
PCB (153)	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
PCB (180)	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Composés volatils						
Hydrocarbures volatils C6-C10	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Analyses sur éluat après lixiviation						
Conductivité électrique	µS/cm	--	--	--	--	--
pH		--	--	--	--	--
L/S cumulé	ml/g	--	--	--	--	--
Température	°C	--	--	--	--	--
Analyses Physico-chimiques sur éluats						
Résidu à sec	mg/l	--	--	--	--	--
Chlorures (Cl)	mg/l	--	--	--	--	--
Indice phénol	mg/l	--	--	--	--	--
Sulfates (SO4)	mg/l	--	--	--	--	--
Fluorures (F)	mg/l	--	--	--	--	--
COT	mg/l	--	--	--	--	--
Metaux sur éluats						
Arsenic (As)	µg/l	--	--	--	--	--
Baryum (Ba)	µg/l	--	--	--	--	--
Cadmium (Cd)	µg/l	--	--	--	--	--
Chrome (Cr)	µg/l	--	--	--	--	--
Cuivre (Cu)	µg/l	--	--	--	--	--
Mercure (Hg)	µg/l	--	--	--	--	--
Molybdène (Mo)	µg/l	--	--	--	--	--



N° Cde 246055 Solide / Eluat

	Unité	385892 U1-1	385893 Eluat issu de U1-1	385894 U3-1	385895 Eluat issu de U3-1	385896 U5-1
COHV						
Trans-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	mg/kg Ms	n.d.	--	n.d.	--	n.d.
Hydrocarbures totaux						
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg Ms	<20	--	110	--	47
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	<4	--	<4	--	<4
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	<4	--	<4	--	<4
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	<2	--	4	--	<2
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	<2	--	13	--	5
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	<2	--	31	--	9
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	<2,0	--	36	--	11
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	<2	--	19	--	11
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	<2	--	5	--	10
Polychlorobiphényles						
Somme 7 PCB (Ballschmiter)	mg/kg Ms	n.d.	--	0,085	--	0,017 ^{xj}
Somme PCB (STI) (ASE)	mg/kg Ms	n.d.	--	0,075	--	0,014 ^{xj}
PCB (28)	mg/kg Ms	<0,0010	--	0,015	--	<0,0010
PCB (52)	mg/kg Ms	<0,0010	--	0,016	--	0,0028
PCB (101)	mg/kg Ms	<0,0010	--	0,015	--	0,0051
PCB (118)	mg/kg Ms	<0,0010	--	0,010	--	0,0033
PCB (138)	mg/kg Ms	<0,0010	--	0,013	--	<0,0010
PCB (153)	mg/kg Ms	<0,0010	--	0,011	--	0,0040
PCB (180)	mg/kg Ms	<0,0010	--	0,0047	--	0,0017
Composés volatils						
Hydrocarbures volatils C6-C10	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Analyses sur éluat après lixiviation						
Conductivité électrique	µS/cm	--	51,7	--	278	--
pH		--	7,46	--	8,47	--
L/S cumulé	ml/g	--	10,0	--	10,0	--
Température	°C	--	21,2	--	21,3	--
Analyses Physico-chimiques sur éluats						
Résidu à sec	mg/l	--	<100	--	220	--
Chlorures (Cl)	mg/l	--	<0,10	--	<0,10	--
Indice phénol	mg/l	--	<0,010	--	<0,010	--
Sulfates (SO4)	mg/l	--	15	--	110	--
Fluorures (F)	mg/l	--	<0,10	--	2,4	--
COT	mg/l	--	13	--	6,1	--
Metaux sur éluats						
Arsenic (As)	µg/l	--	<5,0	--	<5,0	--
Baryum (Ba)	µg/l	--	<10	--	34	--
Cadmium (Cd)	µg/l	--	<0,1	--	<0,1	--
Chrome (Cr)	µg/l	--	<2,0	--	4,5	--
Cuivre (Cu)	µg/l	--	<2,0	--	<2,0	--
Mercure (Hg)	µg/l	--	<0,030	--	<0,030	--
Molybdène (Mo)	µg/l	--	<5,0	--	6,6	--



	Unité	385897 Eluat issu de U5-1	385898 U8-1	385899 Eluat issu de U8-1	385900 U10-1	385901 Eluat issu de U10-1
COHV						
Trans-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	mg/kg Ms	--	n.d.	--	n.d.	--
Hydrocarbures totaux						
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg Ms	--	<20	--	<20	--
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	--	<4	--	<4	--
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	--	<4	--	<4	--
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	--	3	--	<2	--
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	--	4	--	<2	--
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	--	5	--	3	--
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	--	5,5	--	<2,0	--
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	--	<2	--	4	--
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	--	<2	--	3	--
Polychlorobiphényles						
Somme 7 PCB (Ballschmiter)	mg/kg Ms	--	0,097	--	n.d.	--
Somme PCB (STI) (ASE)	mg/kg Ms	--	0,078	--	n.d.	--
PCB (28)	mg/kg Ms	--	0,0072	--	<0,0010	--
PCB (52)	mg/kg Ms	--	0,011	--	<0,0010	--
PCB (101)	mg/kg Ms	--	0,023	--	<0,0010	--
PCB (118)	mg/kg Ms	--	0,019	--	<0,0010	--
PCB (138)	mg/kg Ms	--	0,019	--	<0,0010	--
PCB (153)	mg/kg Ms	--	0,014	--	<0,0010	--
PCB (180)	mg/kg Ms	--	0,0033	--	<0,0010	--
Composés volatils						
Hydrocarbures volatils C6-C10	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Analyses sur éluat après lixiviation						
Conductivité électrique	µS/cm	2050	--	149	--	121
pH		10,7	--	8,20	--	8,05
L/S cumulé	ml/g	10,0	--	10,0	--	10,0
Température	°C	21,2	--	21,2	--	21,4
Analyses Physico-chimiques sur éluats						
Résidu à sec	mg/l	2200	--	160	--	<100
Chlorures (Cl)	mg/l	1,6	--	0,52	--	0,11
Indice phénol	mg/l	<0,010	--	<0,010	--	<0,010
Sulfates (SO4)	mg/l	1300	--	33	--	6,9
Fluorures (F)	mg/l	0,29	--	0,25	--	0,48
COT	mg/l	15	--	26	--	8,1
Metaux sur éluats						
Arsenic (As)	µg/l	<5,0	--	<5,0	--	<5,0
Baryum (Ba)	µg/l	31	--	<10	--	15
Cadmium (Cd)	µg/l	<0,1	--	<0,1	--	<0,1
Chrome (Cr)	µg/l	6,4	--	<2,0	--	<2,0
Cuivre (Cu)	µg/l	18	--	6,6	--	<2,0
Mercuré (Hg)	µg/l	<0,030	--	<0,030	--	<0,030
Molybdène (Mo)	µg/l	5,7	--	5,0	--	<5,0



AL-West B.V.

Handelskade 39, 7417 DE Deventer
 Postbus 693, 7400 AR Deventer
 Tel. +31(0)570 699765, Fax +31(0)570 699761
 e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

N° Cde 246055 Solide / Eluat

Page 13 de 18

	Unité	386005 Pza1-2	386007 Pza2
COHV			
<i>Trans-Dichloroéthylène</i>	mg/kg Ms	<0,10	<0,10
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	mg/kg Ms	n.d.	n.d.
Hydrocarbures totaux			
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg Ms	--	--
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	--	--
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	--	--
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	--	--
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	--	--
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	--	--
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	--	--
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	--	--
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	--	--
Polychlorobiphényles			
Somme 7 PCB (Ballschmiter)	mg/kg Ms	--	--
Somme PCB (STI) (ASE)	mg/kg Ms	--	--
PCB (28)	mg/kg Ms	--	--
PCB (52)	mg/kg Ms	--	--
PCB (101)	mg/kg Ms	--	--
PCB (118)	mg/kg Ms	--	--
PCB (138)	mg/kg Ms	--	--
PCB (153)	mg/kg Ms	--	--
PCB (180)	mg/kg Ms	--	--
Composés volatils			
Hydrocarbures volatils C6-C10	mg/kg Ms	1,2	<1,0
Analyses sur éluat après lixiviation			
Conductivité électrique	µS/cm	--	--
pH		--	--
L/S cumulé	ml/g	--	--
Température	°C	--	--
Analyses Physico-chimiques sur éluats			
Résidu à sec	mg/l	--	--
Chlorures (Cl)	mg/l	--	--
Indice phénol	mg/l	--	--
Sulfates (SO4)	mg/l	--	--
Fluorures (F)	mg/l	--	--
COT	mg/l	--	--
Metaux sur éluats			
Arsenic (As)	µg/l	--	--
Baryum (Ba)	µg/l	--	--
Cadmium (Cd)	µg/l	--	--
Chrome (Cr)	µg/l	--	--
Cuivre (Cu)	µg/l	--	--
Mercure (Hg)	µg/l	--	--
Molybdène (Mo)	µg/l	--	--


N° Cde 246055 Solide / Eluat

	Unité	385887 U4-1	385888 U6-1	385889 U7-1	385890 U11-1	385891 U12-2
Metaux sur éluats						
Nickel (Ni)	µg/l	--	--	--	--	--
Plomb (Pb)	µg/l	--	--	--	--	--
Zinc (Zn)	µg/l	--	--	--	--	--
Autres analyses						
COT Carbone Organique Total	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Antimoine - EL	µg/l	--	--	--	--	--
Sélénium - EL	µg/l	--	--	--	--	--
Fraction C6-C8	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Fraction C8-C10	mg/kg Ms	--	--	--	--	--


N° Cde 246055 Solide / Eluat

	Unité	385892 U1-1	385893 Eluat issu de U1-1	385894 U3-1	385895 Eluat issu de U3-1	385896 U5-1
Metaux sur éluats						
Nickel (Ni)	µg/l	--	<5,0	--	<5,0	--
Plomb (Pb)	µg/l	--	<5,0	--	<5,0	--
Zinc (Zn)	µg/l	--	<2,0	--	<2,0	--
Autres analyses						
COT Carbone Organique Total	mg/kg Ms	5000	--	16000	--	7500
Antimoine - EL	µg/l	--	<5,0	--	<5,0	--
Sélénium - EL	µg/l	--	<5,0	--	32	--
Fraction C6-C8	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Fraction C8-C10	mg/kg Ms	--	--	--	--	--


N° Cde 246055 Solide / Eluat

	Unité	385897 Eluat issu de U5-1	385898 U8-1	385899 Eluat issu de U8-1	385900 U10-1	385901 Eluat issu de U10-1
Metaux sur éluats						
Nickel (Ni)	µg/l	<5,0	--	<5,0	--	<5,0
Plomb (Pb)	µg/l	<5,0	--	<5,0	--	18
Zinc (Zn)	µg/l	<2,0	--	<2,0	--	<2,0
Autres analyses						
COT Carbone Organique Total	mg/kg Ms	--	10000	--	5400	--
Antimoine - EL	µg/l	<5,0	--	<5,0	--	<5,0
Sélénium - EL	µg/l	<5,0	--	<5,0	--	<5,0
Fraction C6-C8	mg/kg Ms	--	--	--	--	--
Fraction C8-C10	mg/kg Ms	--	--	--	--	--



AL-West B.V.

Handelskade 39, 7417 DE Deventer
Postbus 693, 7400 AR Deventer
Tel. +31(0)570 699765, Fax +31(0)570 699761
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

N° Cde 246055 Solide / Eluat

Page 17 de 18

	Unité	386005 Pza1-2	386007 Pza2
Metaux sur éluats			
Nickel (Ni)	µg/l	--	--
Plomb (Pb)	µg/l	--	--
Zinc (Zn)	µg/l	--	--
Autres analyses			
COT Carbone Organique Total	mg/kg Ms	--	--
Antimoine - EL	µg/l	--	--
Sélénium - EL	µg/l	--	--
Fraction C6-C8	mg/kg Ms	<1,0	<1,0
Fraction C8-C10	mg/kg Ms	<1,0	<1,0

Explication: "<" n.d. : non détecté, en dessous de la limite de quantification.

x) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

pe) Etant donné l'influence perturbatrice de l'échantillon, une dilution de l'échantillon a occasionnée une augmentation des limites de quantification.

m) Etant donné l'influence perturbatrice de l'échantillon, les limites de quantification ont été relevées.

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons. Les analyses ont été effectuées entre la date d'enregistrement des échantillons au laboratoire et la date d'édition du rapport. La plausibilité du résultat est difficilement vérifiable sur des échantillons dont le laboratoire n'a aucune donnée sur les origines, l'historique....

AL-West B.V. Mlle. Marika Dauvergne, Tel. +33/380680156
Service clientèle

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé. Ceci est en accord avec les prescriptions de la NF EN ISO/IEC 17025:2005 pour les rapports simplifiés et sont validés sans signature.

Copies

BURGEAP , Monsieur Etienne LANGARD



AL-West B.V.

Handelskade 39, 7417 DE Deventer
Postbus 693, 7400 AR Deventer
Tel. +31(0)570 699765, Fax +31(0)570 699761
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

N° Cde 246055 Solide / Eluat**Liste des méthodes****Matière solide****EN 12457:** Lixiviation (EN 12457-2)**EN 13657:** Minéralisation à l'eau régale**EN-ISO 11885:** Antimoine (Sb) Arsenic (As) Baryum (Ba) Plomb (Pb) Cadmium (Cd) Chrome (Cr) Cuivre (Cu) Molybdène (Mo) Nickel (Ni)
Sélénium (Se) Zinc (Zn)**ISO 10390:** pH-H₂O**ISO 10694/EN 13137:** COT Carbone Organique Total**ISO 16772:** Mercure (Hg)**ISO 22155:** Benzène Toluène Ethylbenzène Naphtalène Somme Xylènes Chlorure de Vinyle Dichlorométhane Trichlorométhane
Tétrachlorométhane Trichloroéthylène Tétrachloroéthylène 1,1,1-Trichloroéthane 1,1,2-Trichloroéthane 1,1-Dichloroéthane
1,2-Dichloroéthane 1,1-Dichloroéthylène Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes Hydrocarbures volatils C6-C10**ISO 22155: n)** Fraction C6-C8 Fraction C8-C10**ISO 22155:** BTX total**ISO11465; EN12880:** Matière sèche**méthode interne:** Hydrocarbures totaux C10-C40 HAP (6 Borneff) - somme HAP (VROM) - somme HAP (EPA) - somme
Somme PCB (STI) (ASE) Somme 7 PCB (Ballschmitter)**méthode interne: n)** Fraction C10-C12 Fraction C12-C16 Fraction C16-C20 Fraction C20-C24 Fraction C24-C28 Fraction C28-C32
Fraction C32-C36 Fraction C36-C40**méthode interne:** Homogénéisation**Sans objet:** Antimoine cumulé Arsenic cumulé Baryum cumulé Plomb cumulé Cadmium cumulé Chlorures cumulé Chrome cumulé
Fluorures cumulé Cuivre cumulé Molybdène cumulé Nickel cumulé Indice phénol cumulé Mercure cumulé Sélénium cumulé
Sulfates cumulé COT cumulé Zinc cumulé Fraction soluble cumulé**Eluat****Conforme ISO 10359-1 et conforme NEN-EN 13370:** Fluorures (F)**Conforme NEN 6604:** Sulfates (SO₄)**Conforme NEN-EN 15216:** Résidu à sec**EN 12506:** Arsenic (As) Baryum (Ba) Plomb (Pb) Cadmium (Cd) Chrome (Cr) Cuivre (Cu) Molybdène (Mo) Nickel (Ni) Zinc (Zn)**EN 13370:** Mercure (Hg)**EN 1484:** COT**EN 17294-2:** Antimoine - EL Sélénium - EL**EN-ISO 13370:** Indice phénol**équivalamment NEN-EN-ISO 10304-1 et EN-ISO 15682:** Chlorures (Cl)**ISO 10523:** pH Température**ISO 7888, EN13370:** Conductivité électrique**méthode interne:** L/S cumulé**n) Non accrédité**



AL-West B.V.

Handelskade 39, 7417 DE Deventer
Postbus 693, 7400 AR Deventer
Tel. +31(0)570 699765, Fax +31(0)570 699761
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

BURGEAP
24 RUE DES PÂTIS
ZI DES PÂTIS
76140 LE PETIT QUEVILLY
FRANCE

Date 11.05.2011
N° Client 35004318
N° commande 246027

RAPPORT D'ANALYSES

N° Cde 246027 Solide / Eluat

Client 35004318 BURGEAP
Référence Rn11108 - E. LANGARD
Réceptionné 04.05.11
Prélèvement par: Client

Madame, Monsieur

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Sauf avis contraire, les analyses accréditées selon la norme EN ISO CEI 17025 ont été effectuées conformément aux méthodes de recherche citées dans les versions les plus actuelles de nos listes de prestations des Comités d'Accréditation Néerlandais (RVA), reconnus Cofrac, sous les numéro L005.

Si vous désirez recevoir de plus amples informations concernant le degré d'incertitudes d'une méthode de mesure déterminée, nous pouvons vous les fournir sur demande.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Respectueusement,

AL-West B.V. Mlle. Marika Dauvergne, Tel. +33/380680156
Service clientèle

Copies

BURGEAP , Monsieur Etienne LANGARD

**N° Cde 246027 Solide / Eluat**

N° échant.	Prélèvement	Nom d'échantillon
385643	Inconnu	U16-1
385644	Inconnu	Eluat issu de U16-1
385645	Inconnu	U17-1
385646	Inconnu	Eluat issu de U17-1
385647	Inconnu	U18-1

Unité	385643 U16-1	385644 Eluat issu de U16-1	385645 U17-1	385646 Eluat issu de U17-1	385647 U18-1
-------	-----------------	-------------------------------	-----------------	-------------------------------	-----------------

Prétraitement des échantillons

Matière sèche	%	89,0	--	89,4	--	89,7
---------------	---	------	----	------	----	------

Lixiviation

Lixiviation (EN 12457-2)		++	--	++	--	++
--------------------------	--	----	----	----	----	----

Calcul des Fractions solubles

Antimoine cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050
Arsenic cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050
Baryum cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,10	--	0,0 - 0,10	--	0,0 - 0,10
COT cumulé	mg/kg Ms	140	--	140	--	170
Cadmium cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,0010	--	0,0 - 0,0010	--	0,0 - 0,0010
Chlorures cumulé	mg/kg Ms	0,00 - 1,00	--	3,90	--	3,60
Chrome cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,020	--	0,0 - 0,020	--	0,0 - 0,020
Cuivre cumulé	mg/kg Ms	0,029	--	0,0 - 0,020	--	0,039
Fluorures cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 1,0	--	0,0 - 1,0	--	0,0 - 1,0
Indice phénol cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,10	--	0,0 - 0,10	--	0,0 - 0,10
Mercure cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,00030	--	0,0 - 0,00030	--	0,00031
Molybdène cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050
Nickel cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050
Plomb cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050
Sulfates cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 50	--	0,0 - 50	--	0,0 - 50
Sélénium cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050
Zinc cumulé	mg/kg Ms	0,19	--	0,17	--	0,099
Fraction soluble cumulé	mg/kg Ms	0,0 - 1000	--	0,0 - 1000	--	0,0 - 1000

Analyses Physico-chimiques

pH-H2O		5,6	--	5,5	--	5,8
--------	--	-----	----	-----	----	-----

Prétraitement pour analyses des métaux

Minéralisation à l'eau régale		++	--	++	--	++
-------------------------------	--	----	----	----	----	----

Métaux

Antimoine (Sb)	mg/kg Ms	0,86	--	0,60	--	1,3
Arsenic (As)	mg/kg Ms	8,3	--	6,0	--	9,3
Baryum (Ba)	mg/kg Ms	120	--	41	--	70
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	37	--	35	--	41
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	25	--	24	--	29
Mercure (Hg)	mg/kg Ms	0,24	--	0,07	--	0,10
Molybdène (Mo)	mg/kg Ms	<1,0	--	<1,0	--	<1,0
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	27	--	26	--	29
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	44	--	31	--	43
Sélénium (Se)	mg/kg Ms	1	--	<1	--	<1



AL-West B.V.

Handelskade 39, 7417 DE Deventer
 Postbus 693, 7400 AR Deventer
 Tel. +31(0)570 699765, Fax +31(0)570 699761
 e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

N° Cde 246027 Solide / Eluat

N° échant.	Prélèvement	Nom d'échantillon
385648	Inconnu	Eluat issu de U18-1
385649	Inconnu	U19-1
385650	Inconnu	Eluat issu de U19-1
385651	Inconnu	U20-1
385652	Inconnu	Eluat issu de U20-1

Unité	385648 Eluat issu de U18-1	385649 U19-1	385650 Eluat issu de U19-1	385651 U20-1	385652 Eluat issu de U20-1
-------	-------------------------------	-----------------	-------------------------------	-----------------	-------------------------------

Prétraitement des échantillons

Matière sèche	%	--	82,8	--	86,1	--
---------------	---	----	------	----	------	----

Lixiviation

Lixiviation (EN 12457-2)		--	++	--	++	--
--------------------------	--	----	----	----	----	----

Calcul des Fractions solubles

Antimoine cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--
Arsenic cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--
Baryum cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,10	--	0,35	--
COT cumulé	mg/kg Ms	--	150	--	240	--
Cadmium cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,0010	--	0,0 - 0,0010	--
Chlorures cumulé	mg/kg Ms	--	9,90	--	6,40	--
Chrome cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,020	--	0,0 - 0,020	--
Cuivre cumulé	mg/kg Ms	--	0,025	--	0,12	--
Fluorures cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 1,0	--	3,0	--
Indice phénol cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,10	--	0,0 - 0,10	--
Mercure cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,00030	--	0,00044	--
Molybdène cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--
Nickel cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--
Plomb cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--
Sulfates cumulé	mg/kg Ms	--	52	--	0,0 - 50	--
Sélénium cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 0,050	--	0,0 - 0,050	--
Zinc cumulé	mg/kg Ms	--	0,30	--	0,088	--
Fraction soluble cumulé	mg/kg Ms	--	0,0 - 1000	--	1800	--

Analyses Physico-chimiques

pH-H ₂ O		--	5,7	--	7,4	--
---------------------	--	----	-----	----	-----	----

Prétraitement pour analyses des métaux

Minéralisation à l'eau régale		--	++	--	++	--
-------------------------------	--	----	----	----	----	----

Métaux

Antimoine (Sb)	mg/kg Ms	--	0,75	--	<8,0 ^{pe)}	--
Arsenic (As)	mg/kg Ms	--	6,5	--	7,3	--
Baryum (Ba)	mg/kg Ms	--	79	--	95	--
Cadmium (Cd)	mg/kg Ms	--	<0,10	--	0,32	--
Chrome (Cr)	mg/kg Ms	--	43	--	35	--
Cuivre (Cu)	mg/kg Ms	--	26	--	68	--
Mercure (Hg)	mg/kg Ms	--	0,07	--	0,10	--
Molybdène (Mo)	mg/kg Ms	--	<1,0	--	2,2	--
Nickel (Ni)	mg/kg Ms	--	36	--	23	--
Plomb (Pb)	mg/kg Ms	--	70	--	160	--
Sélénium (Se)	mg/kg Ms	--	<1	--	1	--



	Unité	385643 U16-1	385644 Eluat issu de U16-1	385645 U17-1	385646 Eluat issu de U17-1	385647 U18-1
N° Cde 246027 Solide / Eluat						
Métaux						
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	130	--	95	--	120
HAP						
Naphtalène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
Acénaphthylène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
Acénaphthène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
Fluorène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
Phénanthrène	mg/kg Ms	0,13	--	<0,050	--	<0,050
Anthracène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
Fluoranthène	mg/kg Ms	0,33	--	0,13	--	0,11
Pyrène	mg/kg Ms	0,28	--	0,11	--	0,078
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	0,15	--	0,065	--	<0,050
Chrysène	mg/kg Ms	0,16	--	0,070	--	0,062
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	0,21	--	0,097	--	0,074
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	0,097	--	<0,050	--	<0,050
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	0,16	--	0,074	--	0,058
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg Ms	0,11	--	0,058	--	<0,050
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg Ms	0,15	--	0,074	--	0,076
HAP (6 Borneff) - somme	mg/kg Ms	1,1	--	0,43 ^{xj}	--	0,32 ^{xj}
HAP (VROM) - somme	mg/kg Ms	1,3 ^{xj}	--	0,47 ^{xj}	--	0,31 ^{xj}
HAP (EPA) - somme	mg/kg Ms	1,8 ^{xj}	--	0,68 ^{xj}	--	0,46 ^{xj}
Composés aromatiques						
BTX total	mg/kg Ms	n.d.	--	n.d.	--	n.d.
Benzène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
Toluène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
Ethylbenzène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
m,p-Xylène	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10
o-Xylène	mg/kg Ms	<0,050	--	<0,050	--	<0,050
Somme Xylènes	mg/kg Ms	n.d.	--	n.d.	--	n.d.
COHV						
Chlorure de Vinyle	mg/kg Ms	<0,03	--	<0,03	--	<0,03
Dichlorométhane	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10
Trichlorométhane	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10
Tétrachlorométhane	mg/kg Ms	<0,05	--	<0,05	--	<0,05
Trichloroéthylène	mg/kg Ms	<0,05	--	<0,05	--	<0,05
Tétrachloroéthylène	mg/kg Ms	<0,05	--	<0,05	--	<0,05
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg Ms	<0,05	--	<0,05	--	<0,05
1,1,2-Trichloroéthane	mg/kg Ms	<0,05	--	<0,05	--	<0,05
1,1-Dichloroéthane	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10
1,2-Dichloroéthane	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10
1,1-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10
cis-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10
Trans-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	<0,10	--	<0,10	--	<0,10



	Unité	385648 Eluat issu de U18-1	385649 U19-1	385650 Eluat issu de U19-1	385651 U20-1	385652 Eluat issu de U20-1
Métaux						
Zinc (Zn)	mg/kg Ms	--	150	--	280	--
HAP						
Naphtalène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	<0,050	--
Acénaphthylène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	<0,050	--
Acénaphthène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	<0,050	--
Fluorène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	<0,050	--
Phénanthrène	mg/kg Ms	--	0,064	--	0,22	--
Anthracène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	0,062	--
Fluoranthène	mg/kg Ms	--	0,18	--	0,42	--
Pyrène	mg/kg Ms	--	0,12	--	0,33	--
Benzo(a)anthracène	mg/kg Ms	--	0,079	--	0,19	--
Chrysène	mg/kg Ms	--	0,092	--	0,19	--
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg Ms	--	0,14	--	0,26	--
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	0,10	--
Benzo(a)pyrène	mg/kg Ms	--	0,097	--	0,17	--
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	<0,050	--
Benzo(g,h,i)pérylène	mg/kg Ms	--	0,066	--	0,14	--
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg Ms	--	0,097	--	0,55	--
HAP (6 Borneff) - somme	mg/kg Ms	--	0,58 ^{x)}	--	1,6	--
HAP (VROM) - somme	mg/kg Ms	--	0,68 ^{x)}	--	2,0 ^{x)}	--
HAP (EPA) - somme	mg/kg Ms	--	0,94 ^{x)}	--	2,6 ^{x)}	--
Composés aromatiques						
BTX total	mg/kg Ms	--	n.d.	--	n.d.	--
Benzène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	<0,050	--
Toluène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	<0,050	--
Ethylbenzène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	<0,050	--
m,p-Xylène	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--
o-Xylène	mg/kg Ms	--	<0,050	--	<0,050	--
Somme Xylènes	mg/kg Ms	--	n.d.	--	n.d.	--
COHV						
Chlorure de Vinyle	mg/kg Ms	--	<0,03	--	<0,03	--
Dichlorométhane	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--
Trichlorométhane	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--
Tétrachlorométhane	mg/kg Ms	--	<0,05	--	<0,05	--
Trichloroéthylène	mg/kg Ms	--	<0,05	--	<0,05	--
Tétrachloroéthylène	mg/kg Ms	--	<0,05	--	<0,05	--
1,1,1-Trichloroéthane	mg/kg Ms	--	<0,05	--	<0,05	--
1,1,2-Trichloroéthane	mg/kg Ms	--	<0,05	--	<0,05	--
1,1-Dichloroéthane	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--
1,2-Dichloroéthane	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--
1,1-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--
cis-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--
Trans-Dichloroéthylène	mg/kg Ms	--	<0,10	--	<0,10	--



	Unité	385643 U16-1	385644 Eluat issu de U16-1	385645 U17-1	385646 Eluat issu de U17-1	385647 U18-1
COHV						
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	mg/kg Ms	n.d.	--	n.d.	--	n.d.
Hydrocarbures totaux						
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg Ms	<20	--	<20	--	<20
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	<4	--	<4	--	<4
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	<4	--	<4	--	<4
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	<2	--	<2	--	4
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	<2	--	<2	--	3
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	2	--	<2	--	<2
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	<2,0	--	<2,0	--	<2,0
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	<2	--	<2	--	<2
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	<2	--	<2	--	<2
Polychlorobiphényles						
Somme 7 PCB (Ballschmiter)	mg/kg Ms	0,38 ^{xj}	--	0,074 ^{xj}	--	0,036 ^{xj}
Somme PCB (STI) (ASE)	mg/kg Ms	0,38 ^{xj}	--	0,072 ^{xj}	--	0,036 ^{xj}
PCB (28)	mg/kg Ms	<0,0010	--	<0,0010	--	<0,0010
PCB (52)	mg/kg Ms	<0,0010	--	<0,0010	--	<0,0010
PCB (101)	mg/kg Ms	0,026	--	0,0049	--	0,0027
PCB (118)	mg/kg Ms	0,0073	--	0,0016	--	<0,0010
PCB (138)	mg/kg Ms	0,10	--	0,021	--	0,010
PCB (153)	mg/kg Ms	0,12	--	0,023	--	0,012
PCB (180)	mg/kg Ms	0,13	--	0,023	--	0,011
Analyses sur éluat après lixiviation						
Conductivité électrique	µS/cm	--	20,9	--	25,4	--
pH		--	6,93	--	7,25	--
L/S cumulé	ml/g	--	10,0	--	10,0	--
Température	°C	--	21,6	--	21,6	--
Analyses Physico-chimiques sur éluats						
Résidu à sec	mg/l	--	<100	--	<100	--
Chlorures (Cl)	mg/l	--	<0,10	--	0,39	--
Indice phénol	mg/l	--	<0,010	--	<0,010	--
Sulfates (SO4)	mg/l	--	<5,0	--	<5,0	--
Fluorures (F)	mg/l	--	<0,10	--	<0,10	--
COT	mg/l	--	14	--	14	--
Metaux sur éluats						
Arsenic (As)	µg/l	--	<5,0	--	<5,0	--
Baryum (Ba)	µg/l	--	<10	--	<10	--
Cadmium (Cd)	µg/l	--	<0,1	--	<0,1	--
Chrome (Cr)	µg/l	--	<2,0	--	<2,0	--
Cuivre (Cu)	µg/l	--	2,9	--	<2,0	--
Mercure (Hg)	µg/l	--	<0,030	--	<0,030	--
Molybdène (Mo)	µg/l	--	<5,0	--	<5,0	--
Nickel (Ni)	µg/l	--	<5,0	--	<5,0	--
Plomb (Pb)	µg/l	--	<5,0	--	<5,0	--



	Unité	385648 Eluat issu de U18-1	385649 U19-1	385650 Eluat issu de U19-1	385651 U20-1	385652 Eluat issu de U20-1
COHV						
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes	mg/kg Ms	--	n.d.	--	n.d.	--
Hydrocarbures totaux						
Hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg Ms	--	33	--	108	--
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	--	<4	--	<4	--
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	--	<4	--	<4	--
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	--	3	--	<2	--
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	--	5	--	6	--
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	--	5	--	20	--
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	--	7,2	--	32	--
Fraction C32-C36	mg/kg Ms	--	5	--	28	--
Fraction C36-C40	mg/kg Ms	--	<2	--	22	--
Polychlorobiphényles						
Somme 7 PCB (Ballschmiter)	mg/kg Ms	--	0,041 ^{x)}	--	0,039 ^{x)}	--
Somme PCB (STI) (ASE)	mg/kg Ms	--	0,039 ^{x)}	--	0,037 ^{x)}	--
PCB (28)	mg/kg Ms	--	<0,0010	--	<0,0010	--
PCB (52)	mg/kg Ms	--	<0,0010	--	<0,0010	--
PCB (101)	mg/kg Ms	--	0,0033	--	0,0048	--
PCB (118)	mg/kg Ms	--	0,0013	--	0,0023	--
PCB (138)	mg/kg Ms	--	0,011	--	0,011	--
PCB (153)	mg/kg Ms	--	0,013	--	0,011	--
PCB (180)	mg/kg Ms	--	0,012	--	0,010	--
Analyses sur éluat après lixiviation						
Conductivité électrique	µS/cm	25,2	--	32,1	--	214
pH		7,13	--	7,29	--	7,74
L/S cumulé	ml/g	10,0	--	10,0	--	10,0
Température	°C	21,6	--	21,2	--	21,6
Analyses Physico-chimiques sur éluats						
Résidu à sec	mg/l	<100	--	<100	--	180
Chlorures (Cl)	mg/l	0,36	--	0,99	--	0,64
Indice phénol	mg/l	<0,010	--	<0,010	--	<0,010
Sulfates (SO4)	mg/l	<5,0	--	5,2	--	<5,0
Fluorures (F)	mg/l	<0,10	--	<0,10	--	0,30
COT	mg/l	17	--	15	--	24
Metaux sur éluats						
Arsenic (As)	µg/l	<5,0	--	<5,0	--	<5,0
Baryum (Ba)	µg/l	<10	--	<10	--	35
Cadmium (Cd)	µg/l	<0,1	--	<0,1	--	<0,1
Chrome (Cr)	µg/l	<2,0	--	<2,0	--	<2,0
Cuivre (Cu)	µg/l	3,9	--	2,5	--	12
Mercure (Hg)	µg/l	0,031	--	<0,030	--	0,044
Molybdène (Mo)	µg/l	<5,0	--	<5,0	--	<5,0
Nickel (Ni)	µg/l	<5,0	--	<5,0	--	<5,0
Plomb (Pb)	µg/l	<5,0	--	<5,0	--	<5,0


N° Cde 246027 Solide / Eluat

	Unité	385643 U16-1	385644 Eluat issu de U16-1	385645 U17-1	385646 Eluat issu de U17-1	385647 U18-1
Metaux sur éluats						
Zinc (Zn)	µg/l	--	19	--	17	--
Autres analyses						
COT Carbone Organique Total	mg/kg Ms	18000	--	17000	--	17000
Antimoine - EL	µg/l	--	<5,0	--	<5,0	--
Sélénium - EL	µg/l	--	<5,0	--	<5,0	--



AL-West B.V.

Handelskade 39, 7417 DE Deventer
Postbus 693, 7400 AR Deventer
Tel. +31(0)570 699765, Fax +31(0)570 699761
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

N° Cde 246027 Solide / Eluat

Page 9 de 10

Unité	385648 Eluat issu de U18-1	385649 U19-1	385650 Eluat issu de U19-1	385651 U20-1	385652 Eluat issu de U20-1	
Metaux sur éluats						
Zinc (Zn)	µg/l	9,9	--	30	--	8,8
Autres analyses						
COT Carbone Organique Total	mg/kg Ms	--	30000	--	62000	--
Antimoine - EL	µg/l	<5,0	--	<5,0	--	<5,0
Sélénium - EL	µg/l	<5,0	--	<5,0	--	<5,0

Explication: "<" n.d. : non détecté, en dessous de la limite de quantification.

x) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

pe) Etant donné l'influence perturbatrice de l'échantillon, une dilution de l'échantillon a occasionnée une augmentation des limites de quantification.

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons. Les analyses ont été effectuées entre la date d'enregistrement des échantillons au laboratoire et la date d'édition du rapport. La plausibilité du résultat est difficilement vérifiable sur des échantillons dont le laboratoire n'a aucune donnée sur les origines, l'historique....

AL-West B.V. Mlle. Marika Dauvergne, Tel. +33/380680156**Service clientèle**

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé. Ceci est en accord avec les prescriptions de la NF EN ISO/IEC 17025:2005 pour les rapports simplifiés et sont validés sans signature.

Copies

BURGEAP , Monsieur Etienne LANGARD



AL-West B.V.

Handelskade 39, 7417 DE Deventer
Postbus 693, 7400 AR Deventer
Tel. +31(0)570 699765, Fax +31(0)570 699761
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

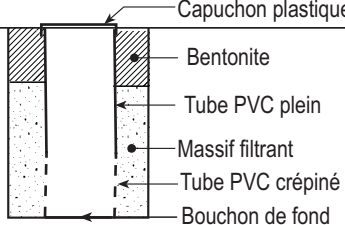
Page 10 de 10

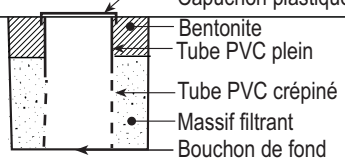
N° Cde 246027 Solide / Eluat**Liste des méthodes****Matière solide****EN 12457:** Lixiviation (EN 12457-2)**EN 13657:** Minéralisation à l'eau régale**EN-ISO 11885:** Antimoine (Sb) Arsenic (As) Baryum (Ba) Plomb (Pb) Cadmium (Cd) Chrome (Cr) Cuivre (Cu) Molybdène (Mo) Nickel (Ni)
Sélénium (Se) Zinc (Zn)**ISO 10390:** pH-H₂O**ISO 10694/EN 13137:** COT Carbone Organique Total**ISO 16772:** Mercure (Hg)**ISO 22155:** Somme Xylènes Chlorure de Vinyle Dichlorométhane Trichlorométhane Tétrachlorométhane Trichloroéthylène Tétrachloroéthylène
1,1,1-Trichloroéthane 1,1,2-Trichloroéthane 1,1-Dichloroéthane 1,2-Dichloroéthane 1,1-Dichloroéthylène
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes**ISO 22155:** BTX total**ISO11465; EN12880:** Matière sèche**méthode interne:** Hydrocarbures totaux C10-C40 HAP (6 Borneff) - somme HAP (VROM) - somme HAP (EPA) - somme
Somme PCB (STI) (ASE) Somme 7 PCB (Ballschmitter)**méthode interne: n)** Fraction C10-C12 Fraction C12-C16 Fraction C16-C20 Fraction C20-C24 Fraction C24-C28 Fraction C28-C32
Fraction C32-C36 Fraction C36-C40**Sans objet:** Antimoine cumulé Arsenic cumulé Baryum cumulé Plomb cumulé Cadmium cumulé Chlorures cumulé Chrome cumulé
Fluorures cumulé Cuivre cumulé Molybdène cumulé Nickel cumulé Indice phénol cumulé Mercure cumulé Sélénium cumulé
Sulfates cumulé COT cumulé Zinc cumulé Fraction soluble cumulé**Eluat****Conforme ISO 10359-1et conforme NEN-EN 13370:** Fluorures (F)**Conforme NEN 6604:** Sulfates (SO₄)**Conforme NEN-EN 15216:** Résidu à sec**EN 12506:** Arsenic (As) Baryum (Ba) Plomb (Pb) Cadmium (Cd) Chrome (Cr) Cuivre (Cu) Molybdène (Mo) Nickel (Ni) Zinc (Zn)**EN 13370:** Mercure (Hg)**EN 1484:** COT**EN 17294-2:** Antimoine - EL Sélénium - EL**EN-ISO 13370:** Indice phénol**équivalentement NEN-EN-ISO 10304-1 et EN-ISO 15682:** Chlorures (Cl)**ISO 10523:** pH Température**ISO 7888, EN13370:** Conductivité électrique**méthode interne:** L/S cumulé**n) Non accrédité**

Annexe 3 - Coupes des piézairs

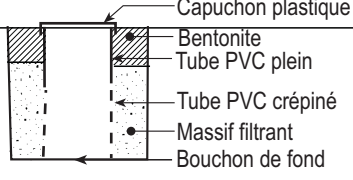


RSSPNM00297-02/CSSPNM110817	
EL - CH - FLO	
10/04/2013	Annexes

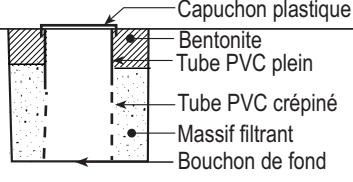
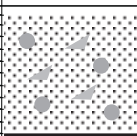
COUPES TECHNIQUES DES PIEZAIRES

Sondage n° : Pza1 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 1,5 m				Auteur : TDA Date : 28/04/11 Niveau statique :	
COUPE GEOLOGIQUE			ECHANTILLON	COUPE TECHNIQUE	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	
0			Dalle béton		
0.5			Remblais sable brun à noir + cailloutis		
1			Remblais sable noir + cailloutis		
1.5					

Sondage n° : Pza2 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 1 m				Auteur : TDA Date : 27/04/11 Niveau statique :	
COUPE GEOLOGIQUE			ECHANTILLON	COUPE TECHNIQUE	
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	
0			Dalle béton		
0.5			Sable noir		
1					
1.5					

COUPES TECHNIQUES DES PIEZAIRES

Sondage n° : Pza3 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 1 m				Auteur : TDA Date : 28/04/11 Niveau statique :	
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	COUPE TECHNIQUE
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	
0			Dalle béton		
			Blocs et cailloutis		
			Dalle béton		
1			Blocs et cailloutis		
2					
3					
4					
5					

Sondage n° : Pza4 Technique de sondage : Carottier portatif Profondeur : 1 m				Auteur : TDA Date : 27/04/11 Niveau statique :	
COUPE GEOLOGIQUE				ECHANTILLON	COUPE TECHNIQUE
Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°	
0			Sable beige + cailloutis et schistes		
1					
2					
3					
4					
5					



**EPF NORMANDIE - SITE SONOFOQUE - CHAMPS DE FOIRE
- FLERS (61) - X00222**

Annexe 4

RSSPNM00297
CSSPNM110817

COUPES TECHNIQUES DES PIEZAIRES

Sondage n° : Pza5

Technique de sondage : Carottier portatif

Profondeur : 1 m

Auteur : TDA

Date : 28/04/11

Niveau statique :

COUPE GEOLOGIQUE

ECHANTILLON

COUPE TECHNIQUE

Prof. (m)	coupe	NS	Observations	N°
0			Bitume gravillonné + sable beige	
1			Limons brun + cailloutis	
2				
3				
4				
5				

Capuchon plastique
Bentonite
Tube PVC plein
Tube PVC crépiné
Massif filtrant
Bouchon de fond

Annexe 4 - Fiches de prélèvement d'air des sols

RSSPNM00297-02/CSSPNM110817	
EL - CH - FLO	
10/04/2013	Annexes

Nom du site : EPFN - SONOFOQUE - Champs de foire - Flers (61)		N° Affaire : X00222		N° Contrat : C SSPNM110817		Date : 30/04/2011	
Nom station : Pza1				Nom opérateur : TDA			
Description de l'accès au point de mesure :							
<i>Description des conditions atmosphériques</i>							
Ciel nuageux, clair, etc : Nuageux							
Etat d'humidité des sols : sec							
Dates des dernières pluies :							
<i>Description du point de mesure</i>							
type de dispositif (canne-gaz ou piez-air) : Piézair							
Profondeur de prélèvement (m/sol) : 1 m 30							
correspondant soit à la base de la canne-gaz soit à la hauteur crépinée du piez-air							
Nature de la couverture du sol (densité de végétation, bitume sain, béton sain ou fissuré, etc.)							
Béton désagrégé							
Coupe géologique des sols dans lesquels la canne-gaz ou le piez-air sont mis en place :							
Remblais sable noir et cailloutis							
Ordre de grandeur de la perméabilité des sols (si connue) :							
Profondeur de la nappe par rapport aux sols (si connue) :							
Description de la pollution suspectée (type de polluant et concentrations mesurées si existe, réf. du point de mesure) : COV et COHV							
<i>Caractéristiques de la mise en place de la canne-gaz ou piez-air</i>							
Nature de l'étanchéité en bord du piez-air (naturelle?, bentonite?) : Ciment et bentonite							
sans objet pour les canne-gaz							
Mise en place d'une bache de couverture pour des prélèvements à faible profondeur (taille? Etanchéité?):							
Type d'analyse à réaliser : BTEX, naphthalène, hydrocarbures par TPH, MTBE, COHV							
Nom du tube (ou volume du sac) mis en sortie : SKC Small Anasorb 226-01							
Seuil de détection du tube (µg/tube) :							
Débit calé avant la mise en place du système (sur le terrain) : 2 l/min							
Durée du prélèvement en min : 145							
<i>Vidange du piez-air ou canne-gaz (5 fois le volume de l'ouvrage)</i>							
volume du piez-air (l) :		1.5		Débit de vidange (l/min):		1	
Mesures DRAGER avant vidange:						durée (min): 15	
<i>Mesures in situ</i>							
	t0 (début du prélèvement)	t1 (en cours)	t2 (en cours)	t3 (en cours)	tfin (arrêt prélèvement)		
Heure, minutes	13 h 40	-	15 h 12	-	16 h 05		
Débit mesuré (l/min)	0.38	-	0.377	-	0.36		
Tair (°C)	12	-	11	-	11		
Vitesse du vent (m/s)*	-	-	-	-	-		
Pression (Pa) dans l'air atmosphérique*	-	-	-	-	-		
Humidité de l'air (%)	-	-	-	-	-		
Humidité dans la canne-gaz (si mesurée)	-	-	-	-	-		
Température dans la canne-gaz (si mesurée)	-	-	-	-	-		
Pression(Pa) dans la canne-gaz (si mesurée)	-	-	-	-	-		
* informations non nécessaires pour des prélèvements à une profondeur supérieure à 1 mètre							
<i>Flaconnage, conservation et transport</i>							
N° d'identification de l'échantillon (étiquetage) : Pza1							
méthode de stockage : Glacière avec pains de glace							
nom du laboratoire : Agrolab							
date et heure de remise du prélèvement au laboratoire : 03/05/11							
T° à l'arrivée au laboratoire : -							

Nom du site : EPFN - SONOFOQUE - Champs de foire - Fiers (61)		N° Affaire : X00222		N° Contrat : C SSPNM110817		Date : 30/04/2011	
Nom station : Pza2				Nom opérateur : TDA			
Description de l'accès au point de mesure :							
<i>Description des conditions atmosphériques</i>							
Ciel nuageux, clair, etc : Nuageux							
Etat d'humidité des sols : sec							
Dates des dernières pluies :							
<i>Description du point de mesure</i>							
type de dispositif (canne-gaz ou piez-air) : Piézair							
Profondeur de prélèvement (m/sol) : 0,8 m							
correspondant soit à la base de la canne-gaz soit à la hauteur crépinée du piez-air							
Nature de la couverture du sol (densité de végétation, bitume sain, béton sain ou fissuré, etc.)							
Dalle béton							
Coupe géologique des sols dans lesquels la canne-gaz ou le piez-air sont mis en place :							
Remblais sable noir							
Ordre de grandeur de la perméabilité des sols (si connue) :							
Profondeur de la nappe par rapport aux sols (si connue) :							
Description de la pollution suspectée (type de polluant et concentrations mesurées si existe, réf. du point de mesure) : COV et COHV							
<i>Caractéristiques de la mise en place de la canne-gaz ou piez-air</i>							
Nature de l'étanchéité en bord du piez-air (naturelle?, bentonite?) : Ciment et bentonite							
sans objet pour les canne-gaz							
Mise en place d'une bache de couverture pour des prélèvements à faible profondeur (taille? Etanchéité?):							
Type d'analyse à réaliser : BTEX, naphthalène, hydrocarbures par TPH, MTBE, COHV							
Nom du tube (ou volume du sac) mis en sortie : SKC Small Anasorb 226-01							
Seuil de détection du tube (µg/tube) :							
Débit calé avant la mise en place du système (sur le terrain) : 2 l/min							
Durée du prélèvement en min : 204							
<i>Vidange du piez-air ou canne-gaz (5 fois le volume de l'ouvrage)</i>							
volume du piez-air (l) :		1		Débit de vidange (l/min):		1.5	
Mesures DRAGER avant vidange:						durée (min): 10	
<i>Mesures in situ</i>							
	t0 (début du prélèvement)	t1 (en cours)	t2 (en cours)	t3 (en cours)	tfin (arrêt prélèvement)		
Heure, minutes	11 h 18	-	12 h 08	-	14 h 42		
Débit mesuré (l/min)	0.28	-	0.25	-	0.271		
Tair (°C)	12	-	12	-	12		
Vitesse du vent (m/s)*	-	-	-	-	-		
Pression (Pa) dans l'air atmosphérique*	-	-	-	-	-		
Humidité de l'air (%)	-	-	-	-	-		
Humidité dans la canne-gaz (si mesurée)	-	-	-	-	-		
Température dans la canne-gaz (si mesurée)	-	-	-	-	-		
Pression(Pa) dans la canne-gaz (si mesurée)	-	-	-	-	-		
* informations non nécessaires pour des prélèvements à une profondeur supérieure à 1 mètre							
<i>Flaconnage, conservation et transport</i>							
N° d'identification de l'échantillon (étiquetage) : Pza2							
méthode de stockage : Glacière avec pains de glace							
nom du laboratoire : Agrolab							
date et heure de remise du prélèvement au laboratoire : 03/05/11							
T° à l'arrivée au laboratoire : -							

Nom du site : EPFN - SONOFOQUE - Champs de foire - Fiers (61)		N° Affaire : X00222		N° Contrat : C SSPNM110817		Date : 30/04/2011	
Nom station : Pza3				Nom opérateur : TDA			
Description de l'accès au point de mesure :							
<i>Description des conditions atmosphériques</i>							
Ciel nuageux, clair, etc : Nuageux							
Etat d'humidité des sols : sec							
Dates des dernières pluies :							
<i>Description du point de mesure</i>							
type de dispositif (canne-gaz ou piez-air) : Piézair							
Profondeur de prélèvement (m/sol) : 0,8 m							
correspondant soit à la base de la canne-gaz soit à la hauteur crépinée du piez-air							
Nature de la couverture du sol (densité de végétation, bitume sain, béton sain ou fissuré, etc.)							
Dalle béton							
Coupe géologique des sols dans lesquels la canne-gaz ou le piez-air sont mis en place :							
Blocs et cailloutis							
Ordre de grandeur de la perméabilité des sols (si connue) :							
Profondeur de la nappe par rapport aux sols (si connue) :							
Description de la pollution suspectée (type de polluant et concentrations mesurées si existe, réf. du point de mesure) : COV et COHV							
<i>Caractéristiques de la mise en place de la canne-gaz ou piez-air</i>							
Nature de l'étanchéité en bord du piez-air (naturelle?, bentonite?) : Ciment et bentonite							
sans objet pour les canne-gaz							
Mise en place d'une bache de couverture pour des prélèvements à faible profondeur (taille? Etanchéité?):							
Type d'analyse à réaliser : BTEX, naphthalène, hydrocarbures par TPH, MTBE, COHV							
Nom du tube (ou volume du sac) mis en sortie : SKC Small Anasorb 226-01							
Seuil de détection du tube (µg/tube) :							
Débit calé avant la mise en place du système (sur le terrain) : 2 l/min							
Durée du prélèvement en min : 190							
<i>Vidange du piez-air ou canne-gaz (5 fois le volume de l'ouvrage)</i>							
volume du piez-air (l) :		1		Débit de vidange (l/min):		1	
Mesures DRAGER avant vidange:						durée (min): 10	
<i>Mesures in situ</i>							
	t0 (début du prélèvement)	t1 (en cours)	t2 (en cours)	t3 (en cours)	tfin (arrêt prélèvement)		
Heure, minutes	11 h 40	-	12 h 12	-	14 h 50		
Débit mesuré (l/min)	0.295	-	0.291	-	0.28		
Tair (°C)	12	-	12	-	12		
Vitesse du vent (m/s)*	-	-	-	-	-		
Pression (Pa) dans l'air atmosphérique*	-	-	-	-	-		
Humidité de l'air (%)	-	-	-	-	-		
Humidité dans la canne-gaz (si mesurée)	-	-	-	-	-		
Température dans la canne-gaz (si mesurée)	-	-	-	-	-		
Pression(Pa) dans la canne-gaz (si mesurée)	-	-	-	-	-		
* informations non nécessaires pour des prélèvements à une profondeur supérieure à 1 mètre							
<i>Flaconnage, conservation et transport</i>							
N° d'identification de l'échantillon (étiquetage) : Pza3							
méthode de stockage : Glacière avec pains de glace							
nom du laboratoire : Agrolab							
date et heure de remise du prélèvement au laboratoire : 03/05/11							
T° à l'arrivée au laboratoire : -							

Nom du site : EPFN - SONOFOQUE - Champs de foire - Flers (61)		N° Affaire : X00222		N° Contrat : C SSPNM110817		Date : 30/04/2011	
Nom station : Pza4				Nom opérateur : TDA			
Description de l'accès au point de mesure :							
<i>Description des conditions atmosphériques</i>							
Ciel nuageux, clair, etc : Nuageux							
Etat d'humidité des sols : sec							
Dates des dernières pluies :							
<i>Description du point de mesure</i>							
type de dispositif (canne-gaz ou piez-air) : Piézair							
Profondeur de prélèvement (m/sol) : 0,8 m							
correspondant soit à la base de la canne-gaz soit à la hauteur crépinée du piez-air							
Nature de la couverture du sol (densité de végétation, bitume sain, béton sain ou fissuré, etc.)							
Dalle béton							
Coupe géologique des sols dans lesquels la canne-gaz ou le piez-air sont mis en place :							
Remblais sableux + cailloutis							
Ordre de grandeur de la perméabilité des sols (si connue) :							
Profondeur de la nappe par rapport aux sols (si connue) :							
Description de la pollution suspectée (type de polluant et concentrations mesurées si existe, réf. du point de mesure) : COV et COHV							
<i>Caractéristiques de la mise en place de la canne-gaz ou piez-air</i>							
Nature de l'étanchéité en bord du piez-air (naturelle?, bentonite?) : Ciment et bentonite							
sans objet pour les canne-gaz							
Mise en place d'une bache de couverture pour des prélèvements à faible profondeur (taille? Etanchéité?):							
Type d'analyse à réaliser : BTEX, naphthalène, hydrocarbures par TPH, MTBE, COHV							
Nom du tube (ou volume du sac) mis en sortie : SKC Small Anasorb 226-01							
Seuil de détection du tube (µg/tube) :							
Débit calé avant la mise en place du système (sur le terrain) : 2 l/min							
Durée du prélèvement en min : 163							
<i>Vidange du piez-air ou canne-gaz (5 fois le volume de l'ouvrage)</i>							
volume du piez-air (l) :		1		Débit de vidange (l/min):		1	
Mesures DRAGER avant vidange:						durée (min): 20	
<i>Mesures in situ</i>							
	t0 (début du prélèvement)	t1 (en cours)	t2 (en cours)	t3 (en cours)	tfin (arrêt prélèvement)		
Heure, minutes	11 h 20	-	11 h 50	-	13 h 03		
Débit mesuré (l/min)	0.32	-	0.315	-	0.31		
Tair (°C)	9	-	12	-	12		
Vitesse du vent (m/s)*	-	-	-	-	-		
Pression (Pa) dans l'air atmosphérique*	-	-	-	-	-		
Humidité de l'air (%)	-	-	-	-	-		
Humidité dans la canne-gaz (si mesurée)	-	-	-	-	-		
Température dans la canne-gaz (si mesurée)	-	-	-	-	-		
Pression(Pa) dans la canne-gaz (si mesurée)	-	-	-	-	-		
* informations non nécessaires pour des prélèvements à une profondeur supérieure à 1 mètre							
<i>Flaconnage, conservation et transport</i>							
N° d'identification de l'échantillon (étiquetage) : Pza4							
méthode de stockage : Glacière avec pains de glace							
nom du laboratoire : Agrolab							
date et heure de remise du prélèvement au laboratoire : 03/05/11							
T° à l'arrivée au laboratoire : -							

Nom du site : EPFN - SONOFOQUE - Champs de foire - Fiers (61)		N° Affaire : X00222		N° Contrat : C SSPNM110817		Date : 30/04/2011	
Nom station : Pza5		Nom opérateur : TDA					
Description de l'accès au point de mesure :							
<i>Description des conditions atmosphériques</i>							
Ciel nuageux, clair, etc : Nuageux							
Etat d'humidité des sols : sec							
Dates des dernières pluies :							
<i>Description du point de mesure</i>							
type de dispositif (canne-gaz ou piez-air) : Piézair							
Profondeur de prélèvement (m/sol) : 0,8 m							
correspondant soit à la base de la canne-gaz soit à la hauteur crépinée du piez-air							
Nature de la couverture du sol (densité de végétation, bitume sain, béton sain ou fissuré, etc.)							
Bitume							
Coupe géologique des sols dans lesquels la canne-gaz ou le piez-air sont mis en place :							
Limos bruns + cailloutis							
Ordre de grandeur de la perméabilité des sols (si connue) :							
Profondeur de la nappe par rapport aux sols (si connue) :							
Description de la pollution suspectée (type de polluant et concentrations mesurées si existe, réf. du point de mesure) : COV et COHV							
<i>Caractéristiques de la mise en place de la canne-gaz ou piez-air</i>							
Nature de l'étanchéité en bord du piez-air (naturelle?, bentonite?) : Ciment et bentonite							
sans objet pour les canne-gaz							
Mise en place d'une bache de couverture pour des prélèvements à faible profondeur (taille? Etanchéité?):							
Type d'analyse à réaliser : BTEX, naphthalène, hydrocarbures par TPH, MTBE, COHV							
Nom du tube (ou volume du sac) mis en sortie : SKC Small Anasorb 226-01							
Seuil de détection du tube (µg/tube) :							
Débit calé avant la mise en place du système (sur le terrain) : 2 l/min							
Durée du prélèvement en min : 197							
<i>Vidange du piez-air ou canne-gaz (5 fois le volume de l'ouvrage)</i>							
volume du piez-air (l) :		1		Débit de vidange (l/min):		1	
Mesures DRAGER avant vidange:		durée (min): 10					
<i>Mesures in situ</i>							
	t0 (début du prélèvement)	t1 (en cours)	t2 (en cours)	t3 (en cours)	tfin (arrêt prélèvement)		
Heure, minutes	10 h 45	-	11 h 57	-	14 h 22		
Débit mesuré (l/min)	0.315	-	0.32	-	0.325		
Tair (°C)	10	-	12	-	12		
Vitesse du vent (m/s)*	-	-	-	-	-		
Pression (Pa) dans l'air atmosphérique*	-	-	-	-	-		
Humidité de l'air (%)	-	-	-	-	-		
Humidité dans la canne-gaz (si mesurée)	-	-	-	-	-		
Température dans la canne-gaz (si mesurée)	-	-	-	-	-		
Pression(Pa) dans la canne-gaz (si mesurée)	-	-	-	-	-		
* informations non nécessaires pour des prélèvements à une profondeur supérieure à 1 mètre							
<i>Flaconnage, conservation et transport</i>							
N° d'identification de l'échantillon (étiquetage) : Pza5							
méthode de stockage : Glacière avec pains de glace							
nom du laboratoire : Agrolab							
date et heure de remise du prélèvement au laboratoire : 03/05/11							
T° à l'arrivée au laboratoire : -							

Annexe 5 - Bordereaux d'analyses du laboratoire (air des sols)

RSSPNM00297-02/CSSPNM110817	
EL - CH - FLO	
10/04/2013	Annexes



AL-West B.V.

Handelskade 39, 7417 DE Deventer
Postbus 693, 7400 AR Deventer
Tel. +31(0)570 699765, Fax +31(0)570 699761
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

BURGEAP
24 RUE DES PÂTIS
ZI DES PÂTIS
76140 LE PETIT QUEVILLY
FRANCE

Date	06.05.2011
N° Client	35004318
N° commande	246014

RAPPORT D'ANALYSES

N° Cde 246014 Air

<i>Client</i>	35004318 BURGEAP
<i>Référence</i>	Rn11108 - E. LANGARD
<i>Réceptionné</i>	04.05.11
<i>Prélèvement par:</i>	Client

Madame, Monsieur

Nous avons le plaisir de vous adresser ci-joint le rapport définitif des analyses chimiques provenant du laboratoire pour votre dossier en référence.

Sauf avis contraire, les analyses accréditées selon la norme EN ISO CEI 17025 ont été effectuées conformément aux méthodes de recherche citées dans les versions les plus actuelles de nos listes de prestations des Comités d'Accréditation Néerlandais (RVA), reconnus Cofrac, sous les numéro L005.

Si vous désirez recevoir de plus amples informations concernant le degré d'incertitudes d'une méthode de mesure déterminée, nous pouvons vous les fournir sur demande.

Nous signalons que le certificat d'analyses ne pourra être reproduit que dans sa totalité.

Nous vous informons que seules les conditions générales de AL-West, déposées à la Chambre du Commerce et de l'Industrie de Deventer, sont en vigueur.

Au cas où vous souhaiteriez recevoir des renseignements complémentaires, nous vous prions de prendre contact avec le service après-vente.

En vous remerciant pour la confiance que vous nous témoignez, nous vous prions d'agréer, Madame, Monsieur l'expression de nos sincères salutations.

Respectueusement,

AL-West B.V. Mlle. Marika Dauvergne, Tel. +33/380680156
Service clientèle

Copies

BURGEAP , Monsieur Etienne LANGARD



N° Cde 246014 Air

N° échant.	Nom d'échantillon	Prélèvement	Site du prélèvement
385624	Pza1 (zone de mesure)	Inconnu	
385625	Pza1 (zone de contrôle)	Inconnu	
385626	Pza2 (zone de mesure)	Inconnu	
385627	Pza2 (zone de contrôle)	Inconnu	
385628	Pza3 (zone de mesure)	Inconnu	

	Unité	385624 Pza1 (zone de mesure)	385625 Pza1 (zone de contrôle)	385626 Pza2 (zone de mesure)	385627 Pza2 (zone de contrôle)	385628 Pza3 (zone de mesure)
Composés aromatiques						
Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Benzène (tube)	µg/tube	0,41	<0,10	0,11	<0,10	0,10
Toluène (tube)	µg/tube	2,7	<0,10	0,78	<0,10	1,3
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	0,53	<0,10	0,16	<0,10	0,30
<i>m,p</i> -Xylène (tube)	µg/tube	2,2	<0,10	0,67	<0,10	1,3
<i>o</i> -Xylène (tube)	µg/tube	0,68	<0,10	0,22	<0,10	0,41
Somme Xylènes (tube)	µg/tube	2,9	n.d.	0,89	n.d.	1,7
Solvants autres						
MTBE (tube)	µg/tube	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
COHV						
1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube)	µg/tube	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	1,4	<0,20	2,2	<0,20	6,6
TPH						
Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube)	µg/tube	79 ^{x)}	<2,0	20 ^{x)}	<2,0	29 ^{x)}
Somme Hydrocarbures aromatiques (tube)	µg/tube	11 ^{x)}	<2,0	3,1 ^{x)}	<2,0	9,0 ^{x)}
<i>Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube)</i>	µg/tube	20	<2,0	2,8	<2,0	<2,0
<i>Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube)</i>	µg/tube	46	<2,0	7,1	<2,0	2,1
<i>Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube)</i>	µg/tube	7,7	<2,0	2,7	<2,0	4,1
<i>Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube)</i>	µg/tube	5,5	<2,0	7,7	<2,0	23
<i>Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube)</i>	µg/tube	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0



N° Cde 246014 Air

N° échant.	Nom d'échantillon	Prélèvement	Site du prélèvement
385629	Pza3 (zone de contrôle)	Inconnu	
385630	Pza4 (zone de mesure)	Inconnu	
385631	Pza4 (zone de contrôle)	Inconnu	
385632	Pza5 (zone de mesure)	Inconnu	
385633	Pza5 (zone de contrôle)	Inconnu	

	Unité	385629 Pza3 (zone de contrôle)	385630 Pza4 (zone de mesure)	385631 Pza4 (zone de contrôle)	385632 Pza5 (zone de mesure)	385633 Pza5 (zone de contrôle)
Composés aromatiques						
Naphtalène (tube)	µg/tube	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Benzène (tube)	µg/tube	<0,10	<0,10	<0,10	0,11	<0,10
Toluène (tube)	µg/tube	<0,10	2,3	<0,10	2,3	<0,10
Ethylbenzène (tube)	µg/tube	<0,10	0,12	<0,10	0,52	<0,10
<i>m,p</i> -Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,63	<0,10	2,8	<0,10
<i>o</i> -Xylène (tube)	µg/tube	<0,10	0,20	<0,10	0,83	<0,10
Somme Xylènes (tube)	µg/tube	n.d.	0,83	n.d.	3,6	n.d.
Solvants autres						
MTBE (tube)	µg/tube	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
COHV						
1,1-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Chlorure de Vinyle (tube)	µg/tube	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube)	µg/tube	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Dichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
<i>Trans</i> -1,2-Dichloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
1,1-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
<i>cis</i> -1,2-Dichloroéthène (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Trichlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
1,2-Dichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
1,1,1-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Tétrachlorométhane (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Trichloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
1,1,2-Trichloroéthane (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Tétrachloroéthylène (tube)	µg/tube	<0,20	<0,20	<0,20	0,20	<0,20
TPH						
Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube)	µg/tube	<2,0	45 ^{xj}	<2,0	11 ^{xj}	<2,0
Somme Hydrocarbures aromatiques (tube)	µg/tube	<2,0	4,8 ^{xj}	<2,0	12 ^{xj}	<2,0
<i>Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6 (tube)</i>	µg/tube	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
<i>Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8 (tube)</i>	µg/tube	<2,0	45	<2,0	8,3	<2,0
<i>Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10 (tube)</i>	µg/tube	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
<i>Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12 (tube)</i>	µg/tube	<2,0	<2,0	<2,0	3,0	<2,0
<i>Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16 (tube)</i>	µg/tube	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0



AL-West B.V.

Handelskade 39, 7417 DE Deventer
Postbus 693, 7400 AR Deventer
Tel. +31(0)570 699765, Fax +31(0)570 699761
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

N° Cde 246014 Air

Page 4 de 5

	Unité	385624 Pza1 (zone de mesure)	385625 Pza1 (zone de contrôle)	385626 Pza2 (zone de mesure)	385627 Pza2 (zone de contrôle)	385628 Pza3 (zone de mesure)
TPH						
Hydrocarbures aromatiques >C6- C7 (tube)	µg/tube	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Hydrocarbures aromatiques >C7- C8 (tube)	µg/tube	2,7	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Hydrocarbures aromatiques >C8- C10 (tube)	µg/tube	8,6	<2,0	3,1	<2,0	6,3
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube)	µg/tube	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	2,7
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube)	µg/tube	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0



AL-West B.V.

Handelskade 39, 7417 DE Deventer
Postbus 693, 7400 AR Deventer
Tel. +31(0)570 699765, Fax +31(0)570 699761
e-Mail: info@al-west.nl, www.al-west.nl

N° Cde 246014 Air

Page 5 de 5

Unité	385629 Pza3 (zone de contrôle)	385630 Pza4 (zone de mesure)	385631 Pza4 (zone de contrôle)	385632 Pza5 (zone de mesure)	385633 Pza5 (zone de contrôle)
TPH					
Hydrocarbures aromatiques >C6- C7 (tube) µg/tube	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Hydrocarbures aromatiques >C7- C8 (tube) µg/tube	<2,0	2,3	<2,0	2,3	<2,0
Hydrocarbures aromatiques >C8- C10 (tube) µg/tube	<2,0	2,5	<2,0	10	<2,0
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12 (tube) µg/tube	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16 (tube) µg/tube	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0

Explication: "<" n.d. : non détecté, en dessous de la limite de quantification.

x) Les résultats ne tiennent pas compte des teneurs en dessous des seuils de quantification.

Les résultats d'analyses ne concernent que ces échantillons. Les analyses ont été effectuées entre la date d'enregistrement des échantillons au laboratoire et la date d'édition du rapport. La plausibilité du résultat est difficilement vérifiable sur des échantillons dont le laboratoire n'a aucune donnée sur les origines, l'historique....

AL-West B.V. Mlle. Marika Dauvergne, Tel. +33/380680156**Service clientèle**

Ce rapport transmis électroniquement a été vérifié et validé. Ceci est en accord avec les prescriptions de la NF EN ISO/IEC 17025:2005 pour les rapports simplifiés et sont validés sans signature.

Copies

BURGEAP , Monsieur Etienne LANGARD

Liste des méthodes

méthode interne: MTBE (tube) Naphtalène (tube) Somme cis/trans-1,2-Dichloroéthylènes (tube) Chlorure de Vinyle (tube) Benzène (tube)
Toluène (tube) Ethylbenzène (tube) Somme Xylènes (tube) Dichlorométhane (tube) 1,1-Dichloroéthane (tube)
Trichlorométhane (tube) 1,2-Dichloroéthane (tube) 1,1,1-Trichloroéthane (tube) Tétrachlorométhane (tube)
Trichloroéthylène (tube) 1,1,2-Trichloroéthane (tube) Tétrachloroéthylène (tube)

méthode interne: n) Somme Hydrocarbures aliphatiques (tube) Somme Hydrocarbures aromatiques (tube) 1,1-Dichloroéthène (tube)

n) Non accrédité

Annexe 6 - Toxicologie et physico-chimie des composés retenus

1. APPROCHE METHODOLOGIQUE

A) Identification des dangers

En termes sanitaires, un danger désigne tout effet toxique, c'est-à-dire un dysfonctionnement cellulaire ou organique lié à l'interaction entre un organisme vivant et un agent chimique, physique ou biologique. La toxicité d'un composé dépend de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme vivant.

Tous les modes d'exposition seront traités pour les **effets chroniques**, correspondant à de longues durées d'exposition (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

B) Types d'effets distingués

Pour chaque substance, différents effets toxiques peuvent être considérés. On distinguera dans le présent document les effets cancérogènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (ou tératogènes consistant à la modification de l'ADN en particulier), les effets sur la reproduction (reprotoxicité) des autres effets toxiques.

Différents organismes internationaux (l'OMS, l'Union Européenne et l'US-EPA) ont classés les effets suscités en catégories ou classes. Seule la classification de l'Union Européenne a un caractère réglementaire. C'est également la seule qui classe les substances chimiques quant à leur caractère mutagène et reprotoxique.

Les phrases de risques des substances sont présentées en préambule ainsi que les symboles (T, F, Xn, Xi, N) qui les représentent. Ces phrases de risques sont liées au classement établi par l'Union Européenne. Le classement établi au sein de l'Union Européenne (ECB) par confrontation des avis d'experts, de tous les pays membres, a une portée beaucoup plus générale que les fiches de sécurité, qui reprennent seulement ces classements pour définir les conditions de sécurité sur les lieux de travail.

Classification en termes de cancérogénicité

UE	US-EPA	CIRC
Carc.1 : Substance que l'on sait être cancérogène pour l'homme. (R45 ou R49)	A : Preuves suffisantes chez l'homme	1 : Agent ou mélange cancérogène pour l'homme
Carc.2 : Substance devant être assimilée à des substances cancérogènes pour l'homme. (R45 ou R49)	B1 : Preuves limitées chez l'homme B2 : Preuves non adéquates chez l'homme et preuves suffisantes chez l'animal	2A : Agent ou mélange probablement cancérogène pour l'homme
Carc.3 : Substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles (R40)	C : Preuves inadéquates chez l'homme et preuves limitées chez l'animal	2B : Agent ou mélange peut-être cancérogène pour l'homme
Substance non classée en matière de cancérogénicité	D : Preuves insuffisantes chez l'homme et l'animal E : Indications d'absence de cancérogénicité chez l'homme et chez l'animal	3 : Agent ou mélange inclassables quant à sa cancérogénicité pour l'homme 4 : Agent ou mélange probablement non cancérogène chez l'homme -

Classification en termes de mutagénicité

UE
Muta.1
<p>Substances que l'on sait être mutagènes pour l'homme.</p> <p>L'introduction de la substance dans la catégorie 1, repose sur des études épidémiologiques qui établissent l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à de telles substances et les défauts génétiques héréditaires.</p> <p style="text-align: center;">(R46 : peut causer des altérations génétiques héréditaires)</p>
Muta.2
<p>Substances devant être assimilées à des substances mutagènes pour l'homme.</p> <p>On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut entraîner des défauts génétiques héréditaires. Cette présomption est en général fondée sur : les études appropriées sur l'animal ; d'autres informations appropriées.</p> <p style="text-align: center;">(R46 : peut causer des altérations génétiques héréditaires)</p>
Muta. 3
<p>Substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets mutagènes possibles.</p> <p>Des études appropriées de mutagénicité ont fourni des éléments, mais ils sont insuffisants pour classer ces substances dans la deuxième catégorie.</p> <p style="text-align: center;">(R68 : possibilité d'effets irréversibles)</p>

Classification en termes d'effets reprotoxiques

La toxicité pour la reproduction comprend l'altération des fonctions ou de la capacité de reproduction chez l'homme ou la femme et l'induction d'effets néfastes non héréditaires sur la descendance.

Les effets sur la fertilité masculine ou féminine recouvrent les effets néfastes sur :

- sur la libido,
- le comportement sexuel,
- les différents aspects de la spermatogenèse ou de l'oogénèse,
- l'activité hormonale ou la réponse physiologique qui perturberaient la fécondation
- la fécondation elle même ou le développement de l'ovule fécondé.

La toxicité pour le développement est considérée dans son sens le plus large, perturbant le développement normal aussi bien avant qu'après la naissance.

Les produits chimiques les plus préoccupants sont ceux qui sont toxiques pour la reproduction à des niveaux d'exposition qui ne donnent pas d'autres signes de toxicité.

UE
Repro.1
<p>substances altérant la fertilité ou causant des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine.</p> <p>La classification de substance dans la première catégorie repose sur des données épidémiologiques. On dispose de suffisamment d'éléments pour établir l'existence d'une relation de cause à effet entre l'exposition de l'homme à la substance et une altération de la fertilité, ou des effets toxiques ultérieurs sur le développement.</p> <p style="text-align: center;">(R60 : peut altérer la fertilité et R61 : risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant)</p>
Repro.2
<p>Substances devant être assimilées à des substances altérant la fertilité ou causant des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine.</p> <p>On dispose de suffisamment d'éléments pour justifier une forte présomption : la nette mise en évidence dans des études sur l'animal, d'une altération de la fertilité ou d'effets sur le développement soit en absence d'effets toxiques, soit à des niveaux de doses proches des doses toxiques, mais qui n'est pas un effet non spécifique secondaire aux effets toxiques. d'autres informations pertinentes.</p> <p style="text-align: center;">(R60 : peut altérer la fertilité et R61 : risque pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant)</p>
Repro.3
<p>Substances préoccupantes pour la fertilité dans l'espèce humaine ou préoccupantes en raison d'effets toxiques possibles sur le développement,</p> <p>La classification de substance dans la troisième catégorie s'effectue au vue : de résultats d'études appropriées sur l'animal fournissent suffisamment d'éléments pour entraîner une forte suspicion, les preuves étant toutefois insuffisantes pour classer la substance dans la deuxième catégorie, d'autres informations pertinentes.</p> <p style="text-align: center;">(R62 : risque possible d'altération de la fertilité et R63 : risque possible pendant la grossesse d'effets néfastes pour l'enfant)</p>

C) Relations dose-effet/dose-réponse

La dose est la quantité d'agent dangereux mise en contact avec un organisme vivant. Elle s'exprime généralement en milligramme par kilo de poids corporel et par jour (mg/kg/j).

La relation entre une dose et son effet est représentée par une grandeur numérique appelée Valeur Toxicologique de Référence (VTR). Etablies par diverses instances internationales ou nationales¹⁵ sur l'analyse des connaissances toxicologiques animales et épidémiologiques, ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une dose et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose).

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu et pour des expositions chroniques, deux grands types d'effets sanitaires peuvent être distingués : **les effets à seuil** de dose (effets non cancérogènes et effets cancérogènes à seuil¹⁶ et **les effets sans seuil** de dose (substances cancérogènes génotoxiques). Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

Pour les **effets à seuil de dose**, on dispose en pratique et dans le meilleur des cas :

¹⁵ ATSDR Toxicological Profiles (US Agency for Toxic Substances and Disease Registry)
IRIS US-EPA (Integrated Risk Information System ; US Environmental Protection Agency)
OMS. Guidelines for drinking-water quality.

INCHEM-IPCS (International Program on Chemical Safety, OMS)

En France, le conseil supérieur d'Hygiène et de santé publique (CSHSP) et l'AFSSA pour l'alimentation peuvent également produire des VTR

¹⁶ Cancérogènes non génotoxiques

- d'un niveau d'exposition sans effet observé (NOEL : no observed effect level),
- d'un niveau d'exposition sans effet néfaste observé (NOAEL : no observed adverse effect level),
- d'un niveau d'exposition le plus faible ayant entraîné un effet (LOEL : lowest observed effect level),
- le niveau d'exposition le plus faible auquel un effet néfaste apparaît (LOAEL : lowest observed adverse effect level).

Ces seuils sont issus d'expérimentations animales, d'études épidémiologiques ou d'essais de toxicologie clinique. A partir de ces seuils, des DJT (dose journalière tolérable) ou des CA (concentration admissible) applicables à l'homme sont définies en divisant les seuils précédents par des facteurs de sécurité liés aux types d'expérimentations ayant permis d'obtenir ces données. Les DJT et CA sont habituellement qualifiées de « valeur toxicologiques de références » (VTR).

Les **effets sans seuil de dose** sont exprimés au travers d'un indice représentant un excès de risque unitaire (ERU) qui traduit la relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer l'effet. Les ERU sont définis à partir d'études épidémiologiques ou animales. Les niveaux d'exposition appliqués à l'animal sont convertis en niveaux d'exposition équivalents pour l'homme.

Pour les toxiques non cancérigènes, les VTR sont exprimées en mg/kg/j pour l'ingestion et en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'inhalation, avec des dénominations variables selon les pays et les organismes, les principales dénominations sont reprises ci-dessous :

- DJT (dose journalière tolérable - France)
- RfD (Reference Dose – US-EPA)
- RfC (Reference Concentration – US-EPA)
- ADI (Acceptable Daily Intake – US-EPA)
- MRL (Minimum Reasonable Level - ATSDR)
- REL (Reference Exposure Level – OEHHA)
- TDI (Tolerable Daily Intake –RIVM)
- CAA (Concentration dans l'Air Admissible – OMS)

Pour les toxiques cancérigènes, les VTR seront présentées sous formes d'excès de risque unitaire (ERU). Cet ERU représente la probabilité de survenue d'un effet cancérigène pour une exposition à une unité de dose donnée. Les dénominations proposées les plus classiques sont les suivantes :

- l'excès de risque unitaire lié à la voie d'exposition orale : ERUo en $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$,
- l'excès de risque unitaire par inhalation : ERUi en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$.

D) Critères de choix des VTR

La circulaire DGS/SD. 7B n° 2006-234 du 30 mai 2006 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations de risques sanitaires dans le cadre des études d'impact est prise en compte pour la sélection des VTR.

En complément à ce document de référence, pour chaque substance, les différentes VTR actuellement disponibles seront recherchées de façon à discuter le choix réalisé sur les critères suivants :

- les valeurs issues d'études chez l'homme par rapport à des valeurs dérivées à partir d'études sur les animaux. Par ailleurs, la qualité de l'étude pivot sera également prise en compte (protocole, taille de l'échantillon, ...),
- les modes de calcul (degré de transparence dans l'établissement de la VTR) et les facteurs de sécurité appliqués constitueront également un critère de choix.

- les valeurs représentatives issues d'organismes reconnus (européens ou autres). Lorsqu'aucun critère toxicologique ne permet de privilégier une valeur plutôt qu'une autre, la VTR sera retenue selon l'ordre de priorité des BDD défini par la circulaire DGS/SD. 7B n° 2006-234 du 30 mai 2006 à savoir :
 - pour les substances à effets toxiques à seuil successivement US EPA puis ATSDR puis OMS/IPCS puis Health Canada puis RIVM et en dernier lieu OEHHA ;
 - pour les substances à effets toxiques sans seuil successivement US EPA puis OMS/IPCS puis RIVM puis OEHHA.

E) Transposition voie à voie des VTR

Il n'existe des VTR que pour quelques centaines de substances chimiques et parmi elles, on ne dispose pas d'indice pour toutes les voies et durées d'exposition pertinentes. Pour ne pas éluder le risque lié à certaines voies d'exposition et ainsi sous évaluer le risque total, on pourra avoir recours au procédé de dérivation voie à voie des VTR. Quand les arguments toxicologiques l'autorisent et quand il existe des données utiles à la prise en compte de la biodisponibilité relative de la substance, l'analyse du risque peut être menée en transposant d'une voie à l'autre. Ce type d'extrapolation n'a bien sûr de sens que si le risque d'un effet lié à une voie d'exposition ne peut être exclu et si l'absorption par cette voie est possible. Lorsqu'ils sont disponibles, les facteurs d'absorption sont à prendre en considération. Dans le cas contraire, on considérera une absorption à 100 % du composé pour la voie considérée.

2. COMPOSES RETENUS

Benzène



A) Propriétés intrinsèques de la substance

Le benzène (CAS n° 71-43-2) est un liquide plus léger que l'eau (densité=0,88 à 15°C), incolore, d'odeur aromatique, perceptible à l'odorat à partir de 4.68 ppmV (INRS, 2004). Le facteur de conversion est 1ppmV = 3,25 mg/m³.

La présence de benzène dans l'environnement est naturelle (feux de forêts, volcans) ou anthropique. L'automobile est en grande partie responsable de la pollution atmosphérique par le benzène (gaz d'échappement, émanation lors du remplissage des réservoirs), comme sous produit du pétrole, il entre dans la composition des essences. La fabrication du benzène et ses diverses utilisations libèrent également du benzène à l'atmosphère.

Parmi les composés des hydrocarbures, le benzène est rangé parmi les COV (composés organiques volatils) et plus précisément parmi les HAM (hydrocarbures aromatiques monocycliques). Il est soluble (1860 mg/l à 10°C), volatil : pression de vapeur de 6031 Pa (10°C) et constante de Henry de 0.56 kPa.m³/mol (25°C) et biodégradable en milieu aérobie.

Voies d'exposition et absorption

La principale voie d'exposition au benzène est l'inhalation, puis dans une moindre mesure, l'ingestion et le contact cutané.

Les taux d'absorption sont de 50% par inhalation (donnée sur l'homme), 97% du benzène ingéré est absorbé (donnée sur animaux), tandis que par contact cutané l'absorption est limitée (0,4 mg/cm²/h donnée sur l'homme) et reste secondaire par rapport à d'autres voies d'exposition.

Métabolisation

Non renseigné

B) Valeurs guides

Valeurs guides

La concentration admissible dans les eaux de boisson en France est de 1 µg/l (décret n°2007-49 et arrêté du 11 janvier 2007). En Europe, l'OMS en 2006 donne pour valeur guide dans les eaux de boisson une concentration en benzène de 10 µg/l.

L'objectif de qualité de l'air correspond en France à une concentration de 2 µg/m³ (décret 2002-213 de février 2002). La commission européenne dans le rapport du projet INDEX (critical Appraisal of the setting and implementation of indoor exposure limits in the EU) recommande un objectif de concentration dans l'air intérieur aussi bas que possible sans fixer de valeur.

Les valeurs guide air intérieur VGAI définies par l'AFSSET sont les suivantes, celle en gras doit être retenue pour la prise en compte de l'ensemble des effets chroniques :

- VGAI long terme, pour les effets hématologiques non cancérogènes : 10 µg/m³ pour une durée d'exposition supérieure à 1 an,
- **VGAI long terme, pour les effets hématologiques cancérogènes : 2 µg/m³ (durée d'exposition "vie entière"), correspondant à un excès de risque de 10⁻⁵,**

- VGAI long terme, pour les effets hématologiques cancérigènes : $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une durée d'exposition "vie entière", correspondant à un excès de risque de 10^{-6} ,
- VGAI intermédiaire : $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 1 an pour les effets hématologiques non cancérigènes prenant en compte des effets cumulatifs du benzène,
- VGAI court terme : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 14 jours pour les effets hématologiques non cancérigènes prenant en compte des effets cumulatifs du benzène,

Dans les sols on ne dispose pas de valeur guide réglementaire.

C) Profil toxicologique

Classement

Les symboles classant le benzène sont **F** (facilement inflammable) et **T** (toxique).

Les phrases de risque¹⁷ qui le représentent sont : **R45** (peut causer le cancer), **R11** (inflammable), **R48/23/24/25** (toxique : risque d'effets graves en cas d'exposition prolongée, par contact avec la peau et par ingestion).

Effets cancérigènes

Le benzène est actuellement le seul hydrocarbure aromatique monocycliques (HAM) considéré comme cancérigène pour l'homme. Il a été placé dans le **groupe 1** par le CIRC-IARC en 1987, dans la **classe A** par l'US-EPA en 1998 et en **catégorie 1** par l'UE.

D) Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR) dont la définition est donnée dans le chapitre 1 du présent document. Les tableaux ci-après présentent dans un premier temps les VTR correspondant aux effets sans seuil du benzène et dans un second temps les VTR correspondant aux effets toxiques hors cancer.

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (ATSDR, OMS, US-EPA, OEHHA, RIVM, Santé Canada) et tiennent compte des valeurs réglementaires appliquées en France. La plupart d'entre elles figurent dans la fiche toxicologique de l'INERIS : version 2, janvier 2004).

Benzène (Cas n°71-43-2) – Effets toxiques sans seuil				
Voie d'exposition	Type d'effets considérés	Observations portant sur	Valeur	Source
Inhalation	Leucémies	homme	ERUi = $2,2 \text{ à } 7,8 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	US EPA (2000)
		homme	ERUi = $6 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	OMS (1997)
		homme	CR = $5 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	RIVM (2001)
		homme	ERUi = $2,9 \cdot 10^{-5} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	OEHHA (2002)
		homme	CT _{0.05} = $15 \text{ mg}/\text{m}^3$, correspond à ERUi = $3 \cdot 10^{-6} (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$	Santé Canada (1991)
Ingestion	Leucémies	homme	ERUo = $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ à } 5,5 \cdot 10^{-2} (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	US EPA (2000)
		homme	ERUo = $0,1 (\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$	OEHHA (2002)

¹⁷ La définition de ces phrases de risques est donnée dans le chapitre général méthodologique (chapitre 1)

Benzène (Cas n°71-43-2) – Effets toxiques à seuil						
Exposition	Voie d'exposition	Organe Critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
Chronique	Inhalation	immunitaire	homme	10	MRL (0.003 ppm)= 10 µg.m ⁻³	ATSDR (2007)
		Cellules sanguines	homme	300	RfC = 30 µg.m⁻³	US EPA (2003)
		Cellules sanguines, nerveux, immunitaire	homme	10	REL = 60 µg.m ⁻³	OEHHA (2002)
Chronique	Ingestion	Cellules sanguines	homme	300	RfD = 4 .10⁻³ mg/kg/j	US EPA (2003)
		immunitaire	homme	30	MRL = 5.10 ⁻⁴ mg/kg/j	ATSDR (2007)

E) Valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques

La sélection des VTR se base sur les principes évoqués au chapitre 1.

La VTR retenue pour les risques chroniques cancérogènes par ingestion est la borne haute de l'US-EPA, soit un ERUo de $5,5 \cdot 10^{-2} \text{ (mg/kg/j)}^{-1}$ qui correspond à la valeur la plus prudente disponible.

La VTR retenue pour les risques chroniques cancérogènes par inhalation est la borne haute de l'US-EPA, soit un ERUi de $7,8 \cdot 10^{-6} \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}^{-1}$ qui correspond à la valeur la plus prudente disponible. On rappellera néanmoins que l'ERUi de l'OMS ($6 \cdot 10^{-6} \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}^{-1}$) a été retenue en France sur recommandation du CSHPF, pour définir l'objectif de qualité de l'air fixé par le décret 2002-213 de février 2002 à $2 \mu\text{g/m}^3$ valeur considérée par le CSHPF comme non différente de la concentration de $1,7 \mu\text{g/m}^3$ dans l'air ambiant, susceptible de conduire à une probabilité d'excès de risque $1 \cdot 10^{-5}$.

La VTR retenue pour les risques chroniques non cancérogènes par inhalation est la valeur de $30 \mu\text{g/m}^3$ établie par l'US-EPA (2003). Cette valeur est retenue car elle est relative aux effets toxiques non cancérogènes du benzène les plus graves (effets sur la moelle osseuse et les lignées sanguines) à partir d'observations chez l'homme et qu'elle apparaît conservatrice par le facteur de sécurité retenu.

La VTR retenue pour les risques chroniques non cancérogènes par ingestion est de $4 \cdot 10^{-3} \text{ mg/kg/j}$ établie par l'US-EPA (2003) à partir de la même étude et issue de la dérivation voie à voie.

Ethylbenzène

A) Propriétés intrinsèques de la substance

L'éthylbenzène (CAS n°100-41-4) est un liquide plus léger que l'eau (densité=0,87 à 15°C), incolore, d'odeur aromatique, perceptible à l'odorat à partir de 2.3 ppmV (INRS, 2004), Le facteur de conversion est 1ppmV = 4.42 mg/m³. Dans les eaux, le seuil olfactif est de 2,4 µg/l (INERIS, 2003).

L'éthylbenzène est un solvant utilisé dans le nombreux produits, y compris de consommation courante : diluants, adhésifs, peintures, vernis, encres, laques ou en tant que matière première en synthèse organique. Il est ajouté à l'essence automobile (environ 2 % en poids) pour son rôle antidétonant.

La fabrication de l'éthylbenzène et ses diverses utilisations le libèrent à l'atmosphère (trafic automobile, raffinage du pétrole, préparation et au transport d'asphalte chaud, rejets des incinérateurs, etc.).

Parmi les composés des hydrocarbures, l'éthylbenzène est rangé parmi les COV (composés organiques volatils) et plus précisément parmi les HAM (hydrocarbures aromatique monocyclique). Il est soluble (180 mg/l à 10°C), volatil : pression de vapeur de 510 Pa (10°C) et constante de Henry de 0.82 kPa.m³/mol (25°C) et biodégradable.

Voies d'exposition et absorption

La principale voie d'exposition à l'éthylbenzène est l'inhalation, puis dans une moindre mesure, l'ingestion et le contact cutané.

Les taux d'absorption sont : par inhalation 49 à 64% de l'éthylbenzène inhalé est absorbé (donnée sur l'homme pour une exposition de 8 h) ; par voie orale, chez l'animal, l'éthylbenzène est rapidement et facilement absorbé (absence de données sur l'homme). Par contact cutané avec les sols, aucune donnée n'est disponible.

Métabolisation

Non renseigné

B) Valeurs guides

Valeurs guides

La réglementation française (décret n°2007-49 et arrêté du 11 janvier 2007) ne donne pas de valeur guide pour l'éthylbenzène dans les eaux de boisson. Par contre l'OMS (Guidelines for drinking-water quality, first addendum to third edition, 2006) donne une concentration admissible dans les eaux de boisson de 300 µg/l. On notera que l'OMS précise que la plus petite concentration à laquelle des odeurs peuvent être notée est de 2 µg/l, soit nettement en deçà de la valeur guide proposée.

En France le décret 2002-213 de février 2002 sur les objectifs de qualité de l'air ne propose pas de valeur guide pour l'ethylbenzène. L'OMS (Air quality Guidelines for Europe, 2000) ne propose pas non plus de valeur guide.

Dans les sols on ne dispose pas de valeur guide réglementaire.

C) Profil toxicologique

Classement

Le symbole classant l'éthylbenzène est **Xn** (nocif).

Les phrases de risque¹⁸ qui le représentent sont : **R11** (facilement inflammable) et **R20** (nocif par inhalation).

¹⁸ La définition de ces phrases de risques est donnée dans le chapitre général méthodologique (chapitre 1)

Effets cancérogènes

En fonction des résultats d'études récentes le CIRC-IARC a placé l'éthylbenzène dans le groupe **2B** en considérant qu'il n'y a pas de preuves d'effets cancérogènes chez l'homme mais que les preuves sont suffisantes chez l'animal (aout 2000). La seule position connue de l'US-EPA (**classement en D**) est obsolète puisqu'elle date de 1991, et l'éthylbenzène n'est pas classé actuellement au sein de l'Union Européenne pour ses éventuels effets cancérogènes chez l'homme.

D) Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR) dont la définition est donnée dans le chapitre 1 du présent document. Le tableau ci-après présente les VTR correspondant aux effets toxiques hors cancer.

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (ATSDR, OMS, US-EPA, OEHHA, RIVM, Santé Canada) et tiennent compte des valeurs réglementaires appliquées en France. La plupart d'entre elles figurent dans la fiche toxicologique de l'INERIS : version 1, juin 2003).

Ethylbenzène (Cas n°100-41-4) – Effets toxiques sans seuil				
Voie d'exposition	Type d'effets considérés	Observations portant sur	Valeur	Source
Inhalation	Cancer du rein	rat	ERUi = 2,5 10⁻⁶ (µg/m³)⁻¹	OEHHA (2007)
Ingestion	Cancer du rein	rat	ERUo = 0,011 (mg/kg/j)⁻¹	OEHHA (2007)

Ethylbenzène (Cas n°100-41-4) – Effets toxiques à seuil						
Exposition	Voie d'exposition	Organe ou effet critique	Observations portant sur	Facteur de sécurité	Valeur	Source
chronique	Inhalation	Effets sur le développement	Rat et lapin	300	RfC = 1000 µg/m³	US EPA (1991)
		Syst. rénal	rat	300	MRL = 0,3 ppm soit 1300 µg/m ³	ATSDR (DRAFT – 2007)
		Systèmes rénal et hépatique	animale	30	REL = 2 mg/m ³	OEHHA (2002)
animale	100		TCA = 0.77 mg/m ³	RIVM (2001)		
chronique	Ingestion	Systèmes rénal et hépatique	rat	1000	RfD = 0,1 mg/kg/j	US EPA (1991)
			rat	1000	TDI = 0,1 mg/kg/j	RIVM (2001)

E) Valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques

La sélection des VTR repose sur les principes évoqués au chapitre 1.

La VTR retenue pour l'exposition chronique par inhalation à l'éthylbenzène est celle de l'US-EPA soit une RfC de 1 mg/m³, Cette valeur est peu différente de celle établie par le RIVM et plus protectrice que celle de l'OEHHA, cependant, on notera que l'US-EPA considère que cette valeur présente une fiabilité faible.

La VTR retenue pour l'exposition chronique par ingestion à l'éthylbenzène est celle de l'US EPA soit une RfD de 0.1 mg/kg/j. On notera que l'US-EPA considère que cette valeur présente une fiabilité faible.

La VTR retenue pour les risques chroniques cancérogènes par ingestion est la valeur de l'OEHHA, soit un ERUo de 0,011 (mg/kg/j)⁻¹ qui correspond à la seule valeur actuellement disponible.

La VTR retenue pour les risques chroniques cancérogènes par inhalation est la valeur de l'OEHHA, soit un ERUi de 2,5.10⁻⁶ (µg/m³)⁻¹ qui correspond à la seule valeur actuellement disponible.



Pour les effets CMR, nous ne retiendrons pas d'ERU compte tenu des incertitudes trop importantes sur les valeurs proposées par l'OEHHA.

Néanmoins, si les concentrations dans l'air calculées ou mesurées dépassent les valeurs du bruit de fond, un calcul de risque pourra être réalisé en incertitude en tenant compte de l'ERU de l'OEHHA. Dans ce cas, un approfondissement vis-à-vis des concentrations effectives des pollutions gérées par ailleurs permettra de conclure sur les mesures de gestion nécessaires.

RSSPNM00297-02/CSSPNM110817	
EL – CH – FLO	
10/04/2013	Annexes

Les hydrocarbures (approche du TPHCWG et MADEP)

A) Propriétés intrinsèques

Le terme « hydrocarbures » constitue un nom générique pour rendre compte de nombreux mélanges de substances présentant des chaînes carbone-hydrogène. Les mélanges tels que les essences, fioul, huiles, etc. sont composés de plusieurs hydrocarbures en proportions différentes ; les propriétés physico-chimiques et toxicologiques de ces mélanges dépendent ainsi des proportions dans le mélange considéré.

Les hydrocarbures sont des liquides visqueux souvent odorants qui peuvent migrer dans les différents compartiments du système écologique. Le seuil olfactif dépend également de la composition des hydrocarbures, pour les solvants (de type white spirit à partir de C8), il est de l'ordre du ppm (INRS, fiche toxicologique FT94), soit entre 4 et 8 mg/m³. Pour l'hexane, l'heptane, etc (hydrocarbures aliphatiques inférieurs à C8), le seuil olfactif est plus élevé : de l'ordre de 150 ppm (INRS) soit l'ordre de 600 mg/m³.

Dans le cas d'une pollution complexe par des hydrocarbures les risques sanitaires non cancérogènes potentiellement induits peuvent être traités de deux manières :

- soit par substance (par exemple le méthane, les BTEX, etc.) mais les composés présents dans la famille de produits que constitue les hydrocarbures (avec des nombre de carbones allant de 6 à plus de 40) ne peuvent tous être analysés, les identifications de danger ne sont pas toutes étudiées ;
- soit en appliquant la méthode du TPHCWG¹⁹ qui considère que les produits de nature chimique proche (aliphatiques ou aromatiques) ayant les mêmes températures d'ébullition se comporteront de manière similaire. Cette méthode permet de traiter conjointement des ensembles de composés et non chaque produit pris séparément.

Les familles de produits sont définies (6 familles pour les aliphatiques et 7 pour les aromatiques – dont le benzène et le toluène pris séparément). Pour chacune d'elle le TPHCWG a établi des caractéristiques physico-chimiques (une solubilité, une constante de Henry, etc.) et des valeurs toxicologiques pour les voies orale et inhalation.

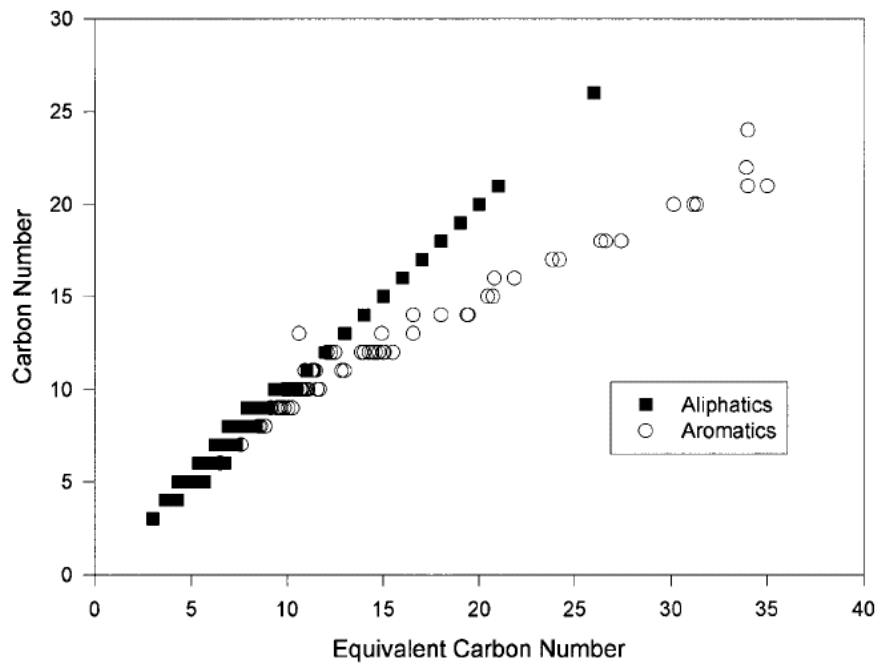
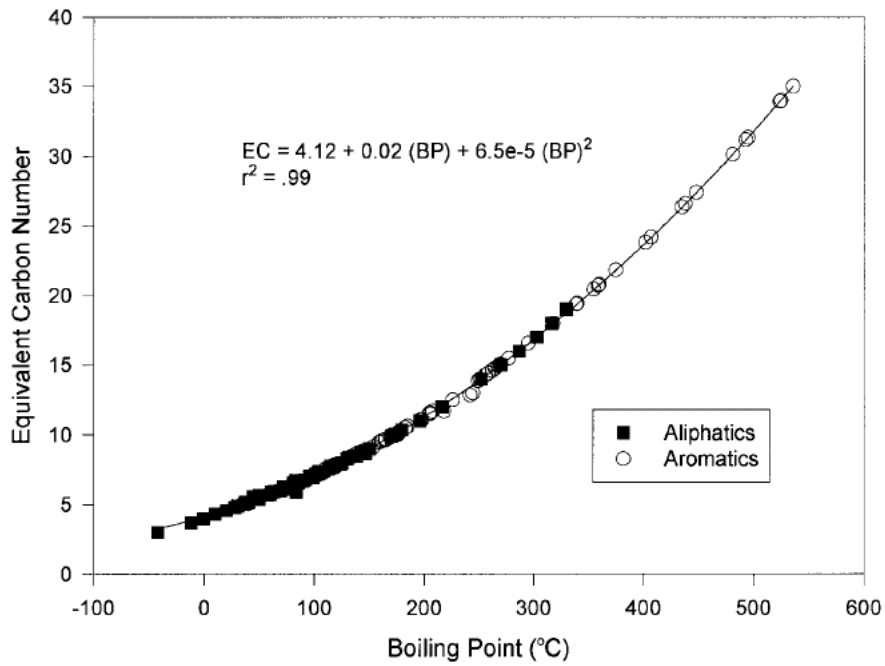
Caractéristiques des classes d'hydrocarbures du TPHCWG

Les classes d'hydrocarbures sont définies à partir du nombre de carbones équivalents « nC » des substances considérées. Le tableau ci-dessous présente une synthèse non exhaustive des substances prises en compte dans chaque fraction (volume 3 du TPHWG).

Les deux figures ci-après donnent la méthode de calcul du nombre de carbone équivalent (en référence à la température d'ébullition de la substance) et la corrélation entre nombre de carbones (C) et nombre de carbone équivalent (EC). Par la suite BURGEAP utilise l'abréviation « nC » à la place de « EC ».

Le tableau donné à la suite reprend pour les différentes classes définies par le TPHCWG les principales substances contenues dans ces classes.

¹⁹ Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group



Classes définies par le TPHCWG en nombre de carbone equivalent	Substances associées aux classes définies (C= nombre de carbone; nC= nombre de carbone équivalent)
Aliphatic nC>5-nC6	n-pentane (C= 5; nC=5), n-hexane (C=6 ; nC=6), penten , methyl-butane
Aliphatic nC>6-nC8	N-heptane, n-octane, hexen, heptene, methyl-butane, methyl-pentane, methyl-hexane, methyl-heptane,
Aliphatic nC>8-nC10	N_nonane, n-decane, octene, nonene, decene, methyl-hexane, methyl-heptane,ethyl-heptane, ethyl-heptane, merthyl-octane, methyl-nonane
Aliphatic nC>10-nC12	n-undenane, n-docecane,
Aliphatic nC>12-nC16	n-tridecane, jqa n-hexadecane
Aliphatic nC>16-nC35	Heptan, nona, octa-decane, eicosane, hen et hex- eicosane,
Aliphatic >nC35	Non définis
Aromatic nC>5-nC7 benzène	Benzène (C= 6; nC=6.5)
Aromatic nC>7-nC8 toluène	Toluène (C= 7; nC=7.58)
Aromatic nC>8-nC10	Ethylbenzène (C= 8; nC=8.5), xylènes (C= 8; nC=8.6 à 8.8), isopropyl-benzène (C= 9; nC=9.13), qq méthyl- ,1.2.3, 1.2.4 et 1.3.5 triméthyl-benzène (C=9 ; nC=9.5 à 9.8), qq butyl-benzènes (C=10 ; nC=9.8 à 9.9)
Aromatic nC>10-nC12	Naphtalène (C= 10; nC=11.7), methyl-lindan (C= 11; nC=11.3), Indan (C=9 ; nC=10.3) 1.2.3Trimethyl-benzène (C=9 ; nC=10.1), Methyl-propyl-benzène (C=10 ; nC=10.1), Diethyl-benzène (C= 10; nC=10.4), Dimethyl-ethyl-benzène (C= 10; nC=10.5 à 10.9), methyl-butyl-benzène (C= 11; nC=10.9), tetramethyl-benzène (C= 10; nC=11.1 à 11.6), n-pentyl-benzène (C=11 ; nC=11.5)
Aromatic nC>12-nC16	Methyl-naphtalène (C= 11; nC=12.9), Ethyl-naphtalène (C=12 ; nC=14 à 14.4), Dimethylnaphtalène (C=12 ; nC=13 à15) Acenaphtylène (C=12 ; nC=15.1), Acénaphtène (C=12 ; nC=15.5) Triethyl-benzène (C= 12; nC=12.1 à 12.3), n-hexyl-benzène (C= 12; nC=12.5), Biphenyl (C= 12; nC=14.3), Methyl-biphenyl (C=13 ; nC=14.9),
Aromatic nC>16-nC21	Fluorene(C= 13; nC=16.55), Phenantrene(C=14 ; nC=19.4), Anthracene(C= 14; nC=19.4), methyl-fluorene(C= 14; nC=18), Methyl-anthracene(C= 15; nC=20.5), methyl-phenantrene (C= 15; nC=20.7), Pyrene(C=16 ; nC=20.8),
Aromatic nC>21-nC35	Fluoranthene (C=16 ; nC=21.9), BenzoFluorene (C= 17; nC=24), Benzo(a)Anthracene (C=18 ; nC=26.4), Chrysene (C= 18; nC=27.4), Benzo(b)Fluornathène (C= 20; nC=30.1), Benzo(k)Fluoranthène (C= 20; nC=30.1), Perylene (C= 20; nC=31.3), BaP (C= 20; nC=31.3), Indeno(1,2,3,cd)pyrene (C=21; nC=35), B(ghi)P (C= 21; nC=34), Dibenz-anthracene (C= 22; nC=34),

Les caractéristiques physicochimiques définies par le TPHCWG sont propres à chacune des classes prédéfinies.

Voies d'exposition et absorption

Les voies d'exposition principales varient en fonction de la classe d'hydrocarbures considérée. En effet, pour les plus volatils, la voie principale est l'inhalation, tandis que pour les familles d'hydrocarbures à nombre de carbone supérieur à 16, la voie principale d'exposition est l'ingestion et le contact cutané.

Les taux d'absorption ne sont pas connus par classes d'hydrocarbures, nous considérerons que le taux d'absorption par voie orale est de 100% et de 10% par voie cutanée (en référence à la base de donnée de RISC 4.0). On notera cependant que le MADEP fournit des taux pour le contact cutané en fonction des classes qui varient de 10% à 100%.

B) Valeurs guides

Valeurs guides

Il n'existe pas de valeur guide pour les eaux de boisson en France ou en Europe (décret n°2007-49 et arrêté du 11 janvier 2007 et guidelines for drinking-water quality first addendum to third edition 2006). Dans le précédent décret français (décret 89-3), la concentration admissible dans les eaux de boisson en France était de 10 µg/l.

Dans les sols et l'air, on ne dispose pas de valeur guide réglementaire.

C) Profil toxicologique

Classement

Les symboles classant les hydrocarbures de type white spirit, essences spéciales, solvants aromatiques légers, pétroles lampants (kérosène) dans les fiches INRS respectives FT94, FT96, FT106 et FT140 sont **Xn** (nocif) et **F** pour les essences (facilement inflammable).

Les phrases de risque²⁰ qui les représentent sont tout type d'hydrocarbures confondu : **R10/11** (inflammable), **R65** (nocif), **S23, S24, S62**

D) Relation Dose-réponse et valeurs toxicologiques de référence

Les relations doses – réponses se traduisent par des valeurs toxicologiques de référence (VTR) dont la définition est donnée dans le chapitre 1 du présent document. Le tableau ci-après présente les VTR correspondant aux effets toxiques hors cancer.

Ces VTR sont issues d'une recherche, actualisée régulièrement auprès des principales bases de données disponibles (TPHCWG, MADEP).

On notera que le TPHCWG est constitué de représentant de divers horizons (militaires, industries du gaz et du pétrole, des agences de régulations et des agences des différents états des USA. L'approche est proposée pour l'ensemble des états des USA. Le MADEP (département de protection de l'environnement du Massachusetts) présente quant à lui des valeurs guides pour son état.

Valeurs toxicologiques du TPHCWG

TPHCWG risk assessment methodology a établi des valeurs toxicologiques de équivalentes (RfD et RfC) pour les familles de produits précédemment cités. Celles-ci sont présentées dans le tableau ci-dessous qui reprend par ailleurs les liens entre les valeurs toxicologiques équivalentes et celles propres aux différentes substances choisies pour représenter la classe entière.

TPHCWG	RfD équivalente (1997)	Substance de la classe ayant cette VTR	RfC équivalente (1997)	Substance de la classe ayant cette VTR	Effets
Aliphatic nC>5-nC6	5 mg/kg/j	<i>Hexane commercial</i>	18.4 mg/m3	<i>Hexane commercial</i>	neurotoxique

²⁰ La définition de ces phrases de risques est donnée dans le chapitre général méthodologique (chapitre 1)

Aliphatic nC>6-nC8	(SF = 1000)	(dérivé de RfC)	(SF : 100)		
Aliphatic nC>8-nC10	0.1 mg/kg/j (SF = 1000)	C10-C13	1 mg/m3 (SF = 1000)	White spirit desaromatisé C7- C11, isoparaffines C10-C11 et Fuel JP- 8	Hepatoxique et neurotoxique
Aliphatic nC>10-nC12					
Aliphatic nC>12-nC16					
Aliphatic nC>16-nC35	2 mg/kg/j (SF=100)	huiles	Non volatil	Non volatil	Tumeurs hépatiques
Aliphatic >nC35	20 mg/kg/j (SF=100)	huiles	Non volatil	Non volatil	Tumeurs hépatiques
Aromatic nC>5-nC7	Classe correspondant au benzène a prendre en tant que tel				
Aromatic nC>7-nC8	0.2 mg/kg/j (SF = 1000)	styrène	0.4 mg/m3 (SF = 300)	Toluène	Hepa et nephrotoxiques
Aromatic nC>8-nC10	0.04 mg/kg/j (SF = 10000)	Isopropylbenzene, naphthalène, fluoranthene, fluorene	0.2 mg/m3 (SF = 1000)	C9-aromatiques	Diminution du poids
Aromatic nC>10-nC12					
Aromatic nC>12-nC16					
Aromatic nC>16-nC21	0.03 mg/kg/j (SF = 3000)	pyrene	Non volatil	Non volatil	nephrotoxiques
Aromatic nC>21-nC35					

MADEP	RfD équivalente (2003)	Substance de la classe ayant cette VTR	RfC équivalente (2003)	Substance de la classe ayant cette VTR	Effets
Aliphatic C5-C6	0.04 mg/kg/j (SF=10000)	n-hexane	0.2 mg/m3 (SF= 300)	n-hexane	neurotoxicité
Aliphatic C6-C8					
Aliphatic C8-C10	0.1 mg/kg/j (SF = 1000)	Isoparaffines, alcanes, naphtésens	0.2 mg/m3 (SF = 3000)	White spirit desaromatisé C7- C11, isoparaffines C10-C11	Cellules sanguines, liver, kidney (ing°) neurotoxique (inh°)
Aliphatic C10-C12					
Aliphatic C12-C18					
Aliphatic C19-C36	2 mg/kg/j (SF=100)	huiles	Non défini	-	Tumeurs hépatiques
Aliphatic >C36	20 mg/kg/j présenté mais non considéré (SF=100)	huiles	Non défini	-	Tumeurs hépatiques
Aromatic C5-C8	Faire référence aux BTEX				
Aromatic C9-C10	0.03 mg/kg/j (SF = 3000)	Pyrène (C16) ** en considérant que la valeur retenue est protectrice /rapport aux RfD des autres composés de C9 à C16	0.05 mg/m3 (SF=3000)	Naphta aromatiques	Kidney effects (ing°) CNS effect, diminution du poids, rein, développement (inh°)
Aromatic C11-C12					
Aromatic C12-C16					
Aromatic C16-C22			Non défini	-	-
Aromatic >C22	Non défini				

E) Valeurs toxicologiques de référence retenues pour les effets chroniques

Les deux approches du TPHCWG et du MADEP sont différentes et complémentaires. Une des différences repose sur la prise en compte par le MADEP des nombres de carbones (C) et par le TPHCWG de nombre de carbones équivalent (nC ou EC). Par ailleurs, l'approche du TPHCWG est plus complète, basée à la fois sur les propriétés physico-chimiques et l'ensemble des données toxicologiques disponibles à l'époque (1997).

Globalement on peut conclure que l'approche du MADEP est vraisemblablement plus adaptée pour la prise en compte d'un contact direct avec des hydrocarbures et que l'approche développée par le TPHCWG est plus appropriée quand il s'agit de rendre compte d'un transfert de ces hydrocarbures vers les différents milieux (air, eaux).

Dans une approche prudence et proportionnelle, nous retiendrons les caractéristiques physico-chimiques des classes définies par le TPHCWG et les valeurs toxicologiques présentées dans le tableau suivant. Les raisons des choix y font référence aux points suivants :

1. pour l'ensemble des classes, les facteurs de sécurité appliqués aux NOAEL ou LOAEL sont parfois élevés (SF variant de 100 à 10000), nous jugeons que la prise en compte d'un facteur de 10000 rend la confiance dans la valeur affichée très faible et la valeur douteuse n'est pas retenue ;
2. pour les composés aromatiques la principale raison est le fait que les BTEX et HAP sont considérés dans les études de risques sanitaires de manière distincte (substance par substance) compte tenu de leur potentiel cancérigène non pris en compte par les deux approches ici présentées ;
3. pour les composés aromatiques à nombre de carbone équivalent supérieur à 21, compte tenu de la présence uniquement de HAP dans l'approche du TPHCWG pour lesquels les principaux effets sont cancérigènes et compte tenu du point 2. ci-dessus, nous ne retiendrons pas de VTR ;
4. l'établissement de nouvelles valeurs toxicologiques de référence par l'US-EPA en 2005.

En 2005, l'US-EPA dans la base de données IRIS donne pour le n-hexane une RfC de 0,7 mg/m³, cette valeur repose sur les observations d'anciennes et de plus récentes études et sur le fait que le principal effet est la neurotoxicité de cette substance. Le facteur de sécurité de 300 appliqué au LOAEL tient compte de la variabilité intra-espèce, de l'utilisation d'un LOAEL et du manque de données pour les effets par voie inhalation. La valeur présentée de 18,4 mg/m³ pour l'hexane commercial retenue que nous avons retenu par le passé est remplacé par cette nouvelle RfC.

Dans cette fiche IRIS, l'US-EPA précise que la transposition de la toxicité voie inhalation à la voie orale n'est pas adaptée en l'absence totale d'étude des effets de l'exposition par voie orale au n-hexane. Ainsi, nous n'avons pas retenu de RfD pour les aliphatiques nC5 à nC8. Cette approche a été retenue en l'absence d'information, elle est cependant sans impact sur les risques qui sont généralement tirés par la voie inhalation. (NB la dérivation de la RfC donnerait une RfD de 0.2 mg/kg/j pour les adultes).

CHOIX DE VTR réalisé par BURGEAP	RfD équivalente (mg/kg/j)	Raison du choix	RfC équivalente (mg/m3)	Raison du choix	Effets
Aliphatic nC>5-nC6	-	<i>Commentaire IRIS (4.)</i>	0.7	<i>Nouvelle estimation (4.) (SF : 300)</i>	neurotoxique
Aliphatic nC>6-nC8					
Aliphatic nC>8-nC10	0.1	<i>Approches TPHCWG et MADEP (SF =1000)</i>	1	<i>Approche TPHCWG (1.) (SF = 1000)</i>	Hepatotoxique et neurotoxique
Aliphatic nC>10-nC12					
Aliphatic nC>12-nC16					
Aliphatic nC>16-nC35	2	<i>Approches TPHCWG et MADEP (SF =100)</i>	Dérivation pour poussières si nécessaire	<i>Approches TPHCWG et MADEP Non volatils</i>	Tumeurs hépatiques
Aliphatic >nC35	20	<i>Approches TPHCWG et MADEP (SF =100)</i>	Dérivation pour poussières si nécessaire	<i>Approches TPHCWG et MADEP Non volatils</i>	Tumeurs hépatiques
Aromatic nC>5-nC7	<i>Classe correspondant au benzène a prendre en tant que tel</i>				
Aromatic nC>7-nC8	<i>Classe correspondant au toluène a prendre en tant que tel</i>				
Aromatic nC>8-nC10	0.03	<i>Approche MADEP (et 2.)</i>	0.2	<i>Approche TPHCWG (C9 aromatiques) (SF = 1000)</i>	Diminution du poids
Aromatic nC>10-nC12					
Aromatic nC>12-nC16					
Aromatic nC>16-nC21	0.03	<i>Approches TPHCWG et MADEP (SF =3000)</i>	Dérivation pour poussières si nécessaire	<i>Approches TPHCWG et MADEP Non volatils</i>	nephrotoxiques
Aromatic nC>21-nC35	-	<i>Approche MADEP (3.)</i>	-	<i>Approches MADEP (3.)</i>	-

SF : facteur de sécurité appliqué aux NOAEL ou autre valeurs pour établissement de la VTR sélectionnée

Annexe 7 - Paramètres retenus

RSSPNM00297-02/CSSPNM110817	
EL - CH - FLO	
10/04/2013	Annexes

1) Inhalation de vapeurs dans l'air extérieur

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

où :

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

- le coefficient de diffusion effectif (D_{eff} en m^2/j) dans le sol prend en considération à la fois la diffusion dans la phase aqueuse et dans la phase gazeuse²¹ est donné ci-après.

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

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

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

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

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

H constante de Henry adimensionnelle,

θ porosité totale,

θ_{eau} teneur en eau du sol,

θ_{air} teneur en gaz du sol.

²¹ Dans la notice d'utilisation de VOLASOII, il est souligné qu' zone non saturée, le coefficient de diffusion dans la phase gazeuse est approximativement 10^4 fois plus grand que le coefficient de diffusion dans la phase aqueuse (Glottely & Schomburg, 1991).

Les paramètres suivants ont été utilisés :

- la longueur de la zone polluée considérée est de 200 mètres correspondant à la dimension maximale du site ;
- la vitesse du vent est de 4,1 m/s à 10 mètres de haut (valeur moyenne du vent sur la station de Rouen-Boos sur une période de 10 ans), nous retiendrons une vitesse de vent à 1,5 mètre de 2 m/s (hypothèse sécuritaire) (voir ci-après).

Les vitesses moyennes du vent à différentes hauteurs sont calculées à partir de la formule suivante :

$$\frac{u_z}{u_g} = \left(\frac{h_z}{h_g} \right)^n$$

u_z (m/s): vitesse du vent à une altitude z

u_g (m/s): vitesse du vent à une altitude g

h_z (m) : altitude z

h_g (m) : altitude g

n : fonction des classes de stabilité de Pasquill et du type de terrain.

Le site étudié est situé en zone urbaine, par conséquent l'exposant n est compris entre 0,15 et 0,3 (US-EPA, 92) et la vitesse corrigée à 1 mètre est donc comprise entre 2 et 2,9 m/s ;

- H : hauteur de respiration des cibles : 1,5 mètre pour les adultes et 1 m pour les enfants ;
- la profondeur de la source sol, L_t sous le sol, est prise égale à :
 - au droit des espaces verts : 30 cm ;
 - au droit des parkings/voiries : 10 cm (béton).

2) Inhalation de vapeurs dans l'air intérieur - bâtiment de plain-pied

Choix de l'outil de modélisation

La modélisation des transferts de l'air des sols vers l'air intérieur est associée au développement d'outils relativement récents (début des années 90). Ces outils sont très peu nombreux, les principaux utilisés en France qui intègrent et le transport diffusif et le transport convectif sont VOLASOIL²² (Waitz et al, 1996) et le modèle dit de « Johnson and Ettinger »²³ (Johnson and Ettinger, 1991). VOLASOIL qui prend en compte un écoulement à travers les fissures des bétons de type POISSEUILLE, est utilisable pour des bâtiments avec vide sanitaire, il n'est pas en l'état adapté à la modélisation des transferts vers un bâtiment de plain-pied. Johnson and Ettinger qui prend en compte une fissuration périphérique du dallage et un écoulement de type DARCY à travers ces fissures, est utilisable pour des bâtiments de plain-pied.

Compte tenu du projet utilisé (bâtiments de plain-pied), le modèle de Johnson et Ettinger a été retenu.

Description du modèle utilisé

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

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

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

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

avec

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

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

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

Q_{sol} : débit de gaz en provenance du sol dans le bâtiment (cm³/s), calculé à partir de la différence de pression et de la perméabilité des sols sous dallage

D_{crack} : coefficient de diffusion effectif dans les fondations (cm²/s), calculé à partir de la porosité et de la teneur en eau des sols sous dallage par application des équations de Millington et Quirck détaillées ci-après

A_{crack} : surface de fissures à travers lesquelles les vapeurs rentrent dans le bâtiment (cm²), correspondant au produit entre le taux de fissuration et la surface du dallage

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

A_B : surface des bâtiments (cm²)

L_T : distance de la source au dallage (cm)

Q_b : Débit de renouvellement d'air du bâtiment (m³/s), calculé à partir du nombre d'échanges d'air par jour et du volume du bâtiment

²² Waitz *et al.*, 1996. The VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds. M.F.W. Waitz; J.I. Freijer; F.A. Swartjes. May 1996. RIVM. Report n° 7581001.

²³ Johnson PC and Ettinger RA, 1991. Heuristic model for predicting the intrusion rate of contaminant vapors into buildings. Env. Sci. Technol. 25, p 1445-1452

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

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

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

k_v : perméabilité intrinsèque des sols (cm^2)

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

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

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

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

π : 3.14159

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

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

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

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

Calcul des coefficients de diffusion

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

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

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

Le coefficient de diffusion dans le milieu poreux est ensuite défini comme la somme des deux termes précédents. Le coefficient de tortuosité (τ^{-1}) est défini de la manière suivante : dans l'air du sol : $\tau_{air}^{-1} = \theta_{air}^{7/3} / \theta^2$ et dans la phase aqueuse du sol : $\tau_{eau}^{-1} = \theta_{eau}^{7/3} / \theta^2$, avec :

H constante de Henry adimensionnelle,

θ porosité totale,

θ_{eau} teneur en eau du sol,

θ_{air} teneur en gaz du sol.

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

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

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

Avec C_t : concentration en polluant dans le sol (mg/kg)
 ρ_b : densité du sol (g/cm³)
 F_{oc} : fraction de carbone organique dans le sol (g co/g sol)
 K_{oc} : coefficient de partition du carbone organique (mg/g)
 K_H : constante de Henry ((mg/l)/(mg/l))
 θ_a : teneur en air dans les sols (cm³ d'air/ cm³ de sol)
 θ_w : teneur en eau dans les sols (cm³ d'eau/ cm³ de sol)

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

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

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

Choix des paramètres :

Pour l'exposition dans l'air intérieur les paramètres suivants ont été retenus.

Les paramètres des sols et bâtiments :

- paramètres des sols :

Formations	Porosité totale	Teneur en eau	Perméabilité intrinsèque (cm ²)	Fraction de carbone organique
Remblais sableux	0,3 *	0,18 *	1.10 ⁻⁶ **	0,002 *

* valeurs par défaut RISC 4.0

** valeurs issues de la littérature scientifique générale (Hydrogéologie quantitative, De MARSILY, 1981 ; Contaminant Hydrogeology, FETTER, 1999 ; La gestion active des aquifères, DETAY, 1997, etc.)

- densité du sol ρ_b : **1,8 g/cm³** ;
- le coefficient de diffusion D_{eff} dans les sols est calculé à partir de :
 - o coefficients de diffusion dans l'eau et l'air,
 - o la constante de Henry,
 - o les porosités et teneurs en gaz et eau ci-dessus ;
- le coefficient de diffusion D_{eff} dans les structures (béton et fondations) est calculé à partir d'une porosité totale de 12 %²⁴, constituée de 5 % d'air et de 7% d'eau ;
- surface des fissures du béton A_{crack} : **2.10⁻⁴** (valeur par défaut proposée par l'US-EPA et le RIVM) ;
- la différence de pression entre l'air des bâtiments et l'air du sol ΔP : **40 g/cm-s²** (valeur conservatoire définie par Johnson et Ettinger). Cette différence de pression varie dans la littérature de 0 à 20 Pa (1 Pa = 10 g/cm-s²). L'effet du vent et de la température (chauffage) induit des variations de pression comprises typiquement entre 4 et 5 Pa (Loureiro et al. 1990 ; Grimsrud et

²⁴ Cette valeur est déterminée pour un béton ordinaire de rapport E/C = 0,48, d'après « Caractérisation des pâtes de ciments et des bétons – Méthodes, analyse, interprétation ». Véronique BAROGHEL-BOUNY. LCPC, 1994.

al. 1983). Johnson et Ettinger considère qu'un ΔP de 4 Pa est conservatoire. On notera qu'en présence d'un vide sanitaire, le RIVM préconise de prendre une différence de pression entre le vide sanitaire et le sol de 1 Pa (report n°711701021 de mars 2001, Evaluation and revision of the CSOIL parameter set) ;

- la perméabilité des alluvions sableuses du sous-sol a été estimée à 1.10^{-3} m/s (données bibliographiques).
- la perméabilité intrinsèque est obtenue à partir de la formule ci-dessous :

$$k_i = \frac{K \times \mu}{\rho \times g}$$

avec μ : viscosité dynamique de l'eau ($1,002. 10^{-3}$ Pa.s)

ρ : masse volumique de l'eau ($1\ 000$ kg/m³)

g : accélération de la pesanteur (m/s²)

La valeur ainsi obtenue est de 1.10^{-6} cm².

- Tailles des espaces clos : nous avons considéré la surface totale d'un bureau et d'une petite pièce, soit environ 25 m² ;
- Taux de ventilation : nous avons considéré un taux de ventilation :
 - o de 24 j⁻¹ pour les bureaux ;
 - o de 12 j⁻¹ pour les logements.

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

Annexe 8 - Détail des calculs des concentrations, des doses (DJE) et des risques (QD et ERI)

CONSTANTES DU BATIMENT (J&E et/ou VOLASOIL)			
Xcrack Périmètre du bati (m)	20		J&E
Zcrack Prof des fissures sous le sol (m)	0.1	profondeur du dallage par rapport au sol = épaisseur du dallage pour un RDC = hauteur du sous-sol pour un niveau-1	J&E
Lcrack épaisseur de la dalle pour bâtiment sans vide sanitaire (m)	0.1		J&E
Epaisseur de la dalle entre le vide sanitaire et l'intérieur (m)	0.1	valeur par défaut VOLASOIL	VOLASOIL
nombre de fissures dans la dalle par unité de surface (/m ²)	2.00E-01	valeur par défaut VOLASOIL	VOLASOIL
delpa P sol -> intérieur (sans vide sanitaire) (g/cm/s ²)	40	valeur conservatoire par défaut J&E	J&E
delpa P sol -> vide sanitaire (g/cm/s ²)	20	valeur par défaut VOLASOIL	VOLASOIL
delpa P vide sanitaire -> intérieur (g/cm/s ²)	20	valeur par défaut VOLASOIL	VOLASOIL
Acraack taux de fissuration de la dalle pour bâtiment sans vide sanitaire (-)	2.00E-04	valeur par défaut US-EPA	J&E
Fof taux de fissuration de la dalle entre le vide sanitaire et l'intérieur (-)	1.00E-06	valeur par défaut VOLASOIL pour une dalle de bonne qualité	VOLASOIL
Perméabilité à l'air de la dalle entre le vide sanitaire et l'intérieur (m ² /Pa/s)	9.80E-04	calculé à partir du nbe de fissures et du taux de fissuration ou saisi directement (base de	VOLASOIL
surface du bati (m ²)	2.50E+01		J&E
surface de contact entre le vide sanitaire et le Rdc (m ²)	5.00E+01		VOLASOIL
hauteur vide sanitaire (m)	0.4		VOLASOIL
hauteur du bati (m)	3	hauteur du Rdc	J&E et VOLASOIL
taux de ventilation du vide sanitaire (par jour)	30	valeur par défaut CSOIL	VOLASOIL
taux de ventilation du bati (par jour)	12	voir base de donnée excel (par défaut habitat ventilation du Rdc	J&E et VOLASOIL
porosité du dallage	0.12	/r au vol sol calc à partir des teneurs en eau et en gaz du sol	J&E
teneur en gaz du dallage	0.05	/r au vol sol	J&E
teneur en eau du dallage	0.07	/r au vol sol	J&E
tortu air (Millington)	6.40E-02	calculé	J&E
tortu eau (Millington)	1.40E-01	calculé	J&E
Qbuilding (ventilation en m ³ /s)	1.04E-02	calculé	J&E
visc gaz (g/cm/s)	1.75E-04	calculé	J&E et VOLASOIL
visc gaz (Pa.h)	4.87E-09	calculé	J&E et VOLASOIL

CONSTANTES DE LA COUVERTURE (DALLAGE) pour l'AIR EXTERIEUR			
type de dallage		bitume pour mémoire	
Epaisseur du dallage	0.1	mètres (mettre 0 en l'absence de dallage)	
porosité totale	0.02	/r au vol sol	
teneur en gaz du sol	0.01	/r au vol sol	
teneur en eau du sol	0.01	/r au vol sol	
tortu air (Millington)	5.39E-02	calculé	
tortu eau (Millington)	5.39E-02	calculé	

CONSTANTES DE DILUTION pour l'AIR EXTERIEUR			
Hauteur de la boîte	1	mètres, organe respiratoire	
Longueur de la boîte	200	mètres, dans la direction principale du vent	
Vitesse moyenne du vent	2	m/s	

CONSTANTES DE SOL GENERALES			
fraction de carbone organique (foc)	Kg(CO ₂)/Kg(MS)	0.002	repris de l'onglet Cair-sol
densité du sol	(g/cm ³)	1.8	repris de l'onglet Cair-sol
température du sol	(°C)	10	sert à calculer la viscosité, 25° par défaut RISC 4.0
perméabilité intrinsèque du sol sous construction	(cm ²)	1.00E-06	attention unité

CONSTANTES DE SOL					
Epaisseurs sous le sol nu (en l'absence de bâtiment) ou sous le bâtiment (sous vide sanitaire ou sous dalle de plain-pied)					
	de haut en bas	COUCHE 1	COUCHE 2	COUCHE 3	COUCHE 4
type de sol	-	Remblais sableux	HORIZON X	HORIZON Y	HORIZON Z
épaisseur totale de la couche i (cm)	jusqu'au toit de la couche i+1	200	0	0	0
porosité totale	/r au vol sol	0.3	0.45	0.5	0.5
teneur en gaz du sol	/r au vol sol	0.18	0.05	0.4	0.05
teneur en eau du sol	/r au vol sol	0.12	0.4	0.1	0.45
tortu air (Millington)	calculé	2.03E-01	4.55E-03	4.72E-01	3.68E-03
tortu eau (Millington)	calculé	7.89E-02	5.82E-01	1.86E-02	6.21E-01

Epaisseur initiale de la pollution (pour l'air intérieur) en mètres	1.99	Valeur prise en compte dans le calcul "source finie"	
---	------	--	--

Profondeur initiale du toit de la source de pollution (mètres) soit : - sous le sol nu (en l'absence de dallage) - sous le dallage (que ce soit extérieur ou intérieur)	0.01	test d'erreur sur caractérisation terrain pour l'extérieur	RAS
---	------	--	-----

CONSTANTES DE SOL APPLIQUEES POUR LE TRANSFERT VERS L'AIR dépend de la prof. de la source et des différentes couches ci-dessus					
type de sol	-	Remblais sableux	HORIZON X	HORIZON Y	HORIZON Z
hauteur de terrain au dessus du toit de la source	cm	1	0	0	0
porosité totale	/r au vol sol	0.3	0.45	0.5	0.5
teneur en gaz du sol	/r au vol sol	0.18	0.05	0.4	0.05
teneur en eau du sol	/r au vol sol	0.12	0.4	0.1	0.45
tortu air (Millington)	calculé	2.03E-01	4.55E-03	4.72E-01	3.68E-03
tortu eau (Millington)	calculé	7.89E-02	5.82E-01	1.86E-02	6.21E-01

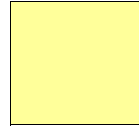
CONSTANTES DE SOL A LA SOURCE	
Remblais sableux	
	0.3
	0.18
	0.12
	2.03E-01
	9.47E-03

**CONCENTRATION DANS L'AIR DU SOL
A PARTIR D'UNE SOURCE SOL - Bureaux**

valeurs reprises de l'onglet "param"

foc	0.002	Kg(CO)/Kg(MS)
densité du sol sec en place	1.8	(g/cm3)
teneur en air dans le sol	0.18	L(air)/L(sol)
teneur en eau dans le sol	0.12	L(eau)/L(sol)

Pour calcul multiconstituants (substance faisant partie d'un mélange) cocher ci-contre



PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES
BASE DE DONNEE PHYSICO-CHIMIQUE valeurs rentrées version R&Dly032b du 4/04/05
MISE A JOUR PAR STR si BD modifiée

Concentration dans les sols		
Substances		Concentration retenue
BTEX		
Benzène	mg/kg	
concentration totale de l'huile dans le sol		
	mg/kg	0

Conc° dans l'air du sol à la source (mg/m3)
7.60E-03

Conc° dans l'eau du sol (mg/l)
0.00E+00

Constante de Henry H (adim)	Coef. de partage mat. org/ eau Koc (mg/kg)/(mg/l)	Solubilité S (mg/l)	Masse molaire (g/mol)	Diffusion dans l'air (m²/j)	Diffusion dans l'eau (m²/j)
0.228820241	83	1755	78.11	7.60E-01	8.47E-05

#DIV/0!

Coef. De partage eau/sol Kd (mg/kg)/(mg/l)	fraction molaire (adim)	Conc° W (équilibre triphasique) (mg/l)	Solubilité effective (mg/l)
1.66E-01	0	0.00E+00	1.76E+03

0

**SYNTHESE
FLUX ET CONCENTRATIONS CALCULEES - Bureaux**

Type de sol au niveau de la source	Remblais sableux
porosité totale (Vv/Vtot)	0.3
teneur en gaz du sol (Vg/Vtot)	0.18
teneur en eau (Ve/Vtot)	0.12

PROFONDEUR DE LA CONTAMINATION SOUS LE BATIMENT / DALLAGE / SOL (mètres)	0.01
--	------

HAUTEUR DE LA ZONE DE MELANGE ext. (m)	1
LONGUEUR DU MELANGE ext. (m)	200

SURFACE DU BATIMENT (m²)	25	TAUX DE VENTILATION (PAR JOUR)	12
PERIMETRE DU BATIMENT (m)	20	PERMEABILITE INTRINSEQUE DES SOLS SOUS BATIMENT (cm²)	1.00E-06

SURFACE DU VIDE SANITAIRE (m²)	5.00E+01	TAUX DE VENTILATION DU VIDE SANITAIRE (PAR JOUR)	30
HAUTEUR DU VIDE SANITAIRE (m)	0.4	PERMEABILITE INTRINSEQUE DE LA DALLE (cm²)	1.99E-09
		PERMEABILITE INTRINSEQUE DES SOLS SOUS BATIMENT (cm²)	1.00E-06

Substances	SOURCE		EXTERIEUR AVEC DALLAGE		EXTERIEUR SANS DALLAGE		INTERIEUR BATIMENT PLAIN PIED		INTERIEUR BATIMENT SUR VIDE SANITAIRE			
	Concentration dans le sol (mg/kg) à t=0	Concentration dans l'air du sol à la source (mg/m3)	Flux en régime permanent (mg/m²/j) source infinie	Concentration Air extérieur (mg/m3) source infinie	Flux en régime permanent (mg/m²/j) source infinie	Concentration Air extérieur (mg/m3) source infinie	Flux en régime permanent (mg/m²/j) source infinie	Concentration Air Intérieur (mg/m3) source infinie	Flux vers le vide sanitaire en régime permanent (mg/m²/j) source infinie	Concentration Vide Sanitaire (mg/m3) source infinie	Flux vers l'air intérieur en régime permanent (mg/m²/j) source infinie	Concentration Air Intérieur (mg/m3) source infinie
BTEX												
Benzène	0	7.60E-03	3.11E-05	3.60E-08	2.11E-02	2.45E-05	7.35E-03	2.04E-04	7.49E-01	6.23E-02	1.22E-03	3.39E-05

CONSTANTES DU BATIMENT (J&E et/ou VOLASOIL)			
Xcrack Périmètre du bati (m)	20		J&E
Zcrack Prof des fissures sous le sol (m)	0.1	profondeur du dallage par rapport au sol = épaisseur du dallage pour un RDC = hauteur du sous-sol pour un niveau-1	J&E
Lcrack épaisseur de la dalle pour bâtiment sans vide sanitaire (m)	0.1		J&E
Epaisseur de la dalle entre le vide sanitaire et l'intérieur (m)	0.1	valeur par défaut VOLASOIL	VOLASOIL
nombre de fissures dans la dalle par unité de surface (/m²)	2.00E-01	valeur par défaut VOLASOIL	VOLASOIL
delpa P sol -> intérieur (sans vide sanitaire) (g/cm/s²)	40	valeur conservatoire par défaut J&E	J&E
delpa P sol -> vide sanitaire (g/cm/s²)	20	valeur par défaut VOLASOIL	VOLASOIL
delpa P vide sanitaire -> intérieur (g/cm/s²)	20	valeur par défaut VOLASOIL	VOLASOIL
Acraack taux de fissuration de la dalle pour bâtiment sans vide sanitaire (-)	2.00E-04	valeur par défaut US-EPA	J&E
Fof taux de fissuration de la dalle entre le vide sanitaire et l'intérieur (-)	1.00E-06	valeur par défaut VOLASOIL pour une dalle de bonne qualité	VOLASOIL
Perméabilité à l'air de la dalle entre le vide sanitaire et l'intérieur (m²/Pa/s)	9.80E-04	calculé à partir du nbe de fissures et du taux de fissuration ou saisi directement (base de	VOLASOIL
surface du bati (m²)	2.50E+01		J&E
surface de contact entre le vide sanitaire et le Rdc (m²)	5.00E+01		VOLASOIL
hauteur vide sanitaire (m)	0.4		VOLASOIL
hauteur du bati (m)	3	hauteur du Rdc	J&E et VOLASOIL
taux de ventilation du vide sanitaire (par jour)	30	valeur par défaut CSOIL	VOLASOIL
taux de ventilation du bati (par jour)	6	voir base de donnée excel (par défaut habitat ventilation du RDC	J&E et VOLASOIL
porosité du dallage	0.12	/r au vol sol calc à partir des teneurs en eau et en gaz du sol	J&E
teneur en gaz du dallage	0.05	/r au vol sol	J&E
teneur en eau du dallage	0.07	/r au vol sol	J&E
tortu air (Millington)	6.40E-02	calculé	J&E
tortu eau (Millington)	1.40E-01	calculé	J&E
Qbuilding (ventilation en m³/s)	5.21E-03	calculé	J&E
visc gaz (g/cm/s)	1.75E-04	calculé	J&E et VOLASOIL
visc gaz (Pa.h)	4.87E-09	calculé	J&E et VOLASOIL

CONSTANTES DE LA COUVERTURE (DALLAGE) pour l'AIR EXTERIEUR			
type de dallage		terre pour mémoire	
Epaisseur du dallage	0.3	mètres (mettre 0 en l'absence de dallage)	
porosité totale	0.02	/r au vol sol	
teneur en gaz du sol	0.01	/r au vol sol	
teneur en eau du sol	0.01	/r au vol sol	
tortu air (Millington)	5.39E-02	calculé	
tortu eau (Millington)	5.39E-02	calculé	

CONSTANTES DE DILUTION pour l'AIR EXTERIEUR			
Hauteur de la boîte	1	mètres, organe respiratoire	
Longueur de la boîte	200	mètres, dans la direction principale du vent	
Vitesse moyenne du vent	2	m/s	

CONSTANTES DE SOL GENERALES			
fraction de carbone organique (foc)	Kg(CO)/Kg(MS)	0.002	repris de l'onglet Cair-sol
densité du sol	(g/cm3)	1.8	repris de l'onglet Cair-sol
température du sol	(°C)	10	sert à calculer la viscosité, 25° par défaut RISC 4.0
perméabilité intrinsèque du sol sous construction	(cm²)	1.00E-06	attention unité

CONSTANTES DE SOL					
Epaisseurs sous le sol nu (en l'absence de bâtiment) ou sous le bâtiment (sous vide sanitaire ou sous dalle de plain-pied)					
	de haut en bas	COUCHE 1	COUCHE 2	COUCHE 3	COUCHE 4
type de sol	-	Remblais sableux	HORIZON X	HORIZON Y	HORIZON Z
épaisseur totale de la couche i (cm)	jusqu'au toit de la couche i+1	200	0	0	0
porosité totale	/r au vol sol	0.3	0.45	0.5	0.5
teneur en gaz du sol	/r au vol sol	0.18	0.05	0.4	0.05
teneur en eau du sol	/r au vol sol	0.12	0.4	0.1	0.45
tortu air (Millington)	calculé	2.03E-01	4.55E-03	4.72E-01	3.68E-03
tortu eau (Millington)	calculé	7.89E-02	5.82E-01	1.86E-02	6.21E-01
Epaisseur initiale de la pollution (pour l'air intérieur) en mètres	1.99	Valeur prise en compte dans le calcul "source finie"			
Profondeur initiale du toit de la source de pollution (mètres) soit : - sous le sol nu (en l'absence de dallage) - sous le dallage (que ce soit extérieur ou intérieur)	0.01	test d'erreur sur caractérisation terrain pour l'extérieur		RAS	

CONSTANTES DE SOL APPLIQUEES POUR LE TRANSFERT VERS L'AIR dépend de la prof. de la source et des différentes couches ci-dessus					
type de sol	-	Remblais sableux	HORIZON X	HORIZON Y	HORIZON Z
hauteur de terrain au dessus du toit de la source	cm	1	0	0	0
porosité totale	/r au vol sol	0.3	0.45	0.5	0.5
teneur en gaz du sol	/r au vol sol	0.18	0.05	0.4	0.05
teneur en eau du sol	/r au vol sol	0.12	0.4	0.1	0.45
tortu air (Millington)	calculé	2.03E-01	4.55E-03	4.72E-01	3.68E-03
tortu eau (Millington)	calculé	7.89E-02	5.82E-01	1.86E-02	6.21E-01

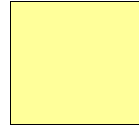
CONSTANTES DE SOL A LA SOURCE	
Remblais sableux	
	0.3
	0.18
	0.12
	2.03E-01
	9.47E-03

**CONCENTRATION DANS L'AIR DU SOL
A PARTIR D'UNE SOURCE SOL - Logements**

valeurs reprises de l'onglet "param"

foc	0.002	Kg(CO)/Kg(MS)
densité du sol sec en place	1.8	(g/cm3)
teneur en air dans le sol	0.18	L(air)/L(sol)
teneur en eau dans le sol	0.12	L(eau)/L(sol)

Pour calcul multiconstituants (substance faisant partie d'un mélange) cocher ci-contre



PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES
BASE DE DONNEE PHYSICO-CHIMIQUE valeurs rentrées version R&Dly032b du 4/04/05
MISE A JOUR PAR STR si BD modifiée

Concentration dans les sols		
Substances		Concentration retenue
BTEX		
Benzène	mg/kg	
concentration totale de l'huile dans le sol		
	mg/kg	0

Conc° dans l'air du sol à la source (mg/m3)
7.60E-03

Conc° dans l'eau du sol (mg/l)
0.00E+00

Constante de Henry H (adim)	Coef. de partage mat. org/ eau Koc (mg/kg)/(mg/l)	Solubilité S (mg/l)	Masse molaire (g/mol)	Diffusion dans l'air (m²/j)	Diffusion dans l'eau (m²/j)
0.228820241	83	1755	78.11	7.60E-01	8.47E-05

#DIV/0!

Coef. De partage eau/sol Kd (mg/kg)/(mg/l)	fraction molaire (adim)	Conc° W (équilibre triphasique) (mg/l)	Solubilité effective (mg/l)
1.66E-01	0	0.00E+00	1.76E+03

0

**SYNTHESE
FLUX ET CONCENTRATIONS CALCULEES - Logements**

Type de sol au niveau de la source	Remblais sableux
porosité totale (Vv/Vtot)	0.3
teneur en gaz du sol (Vg/Vtot)	0.18
teneur en eau (Ve/Vtot)	0.12

PROFONDEUR DE LA CONTAMINATION SOUS LE BATIMENT / DALLAGE / SOL (mètres)	0.01
--	------

HAUTEUR DE LA ZONE DE MELANGE ext. (m)	1
LONGUEUR DU MELANGE ext. (m)	200

SURFACE DU BATIMENT (m²)	25	TAUX DE VENTILATION (PAR JOUR)	6
PERIMETRE DU BATIMENT (m)	20	PERMEABILITE INTRINSEQUE DES SOLS SOUS BATIMENT (cm²)	1.00E-06

SURFACE DU VIDE SANITAIRE (m²)	5.00E+01	TAUX DE VENTILATION DU VIDE SANITAIRE (PAR JOUR)	30
HAUTEUR DU VIDE SANITAIRE (m)	0.4	PERMEABILITE INTRINSEQUE DE LA DALLE (cm²)	1.99E-09
		PERMEABILITE INTRINSEQUE DES SOLS SOUS BATIMENT (cm²)	1.00E-06

Substances	SOURCE		EXTERIEUR AVEC DALLAGE		EXTERIEUR SANS DALLAGE		INTERIEUR BATIMENT PLAIN PIED		INTERIEUR BATIMENT SUR VIDE SANITAIRE			
	Concentration dans le sol (mg/kg) à t=0	Concentration dans l'air du sol à la source (mg/m3)	Flux en régime permanent (mg/m²/j) source infinie	Concentration Air extérieur (mg/m3) source infinie	Flux en régime permanent (mg/m²/j) source infinie	Concentration Air extérieur (mg/m3) source infinie	Flux en régime permanent (mg/m²/j) source infinie	Concentration Air Intérieur (mg/m3) source infinie	Flux vers le vide sanitaire en régime permanent (mg/m²/j) source infinie	Concentration Vide Sanitaire (mg/m3) source infinie	Flux vers l'air intérieur en régime permanent (mg/m²/j) source infinie	Concentration Air Intérieur (mg/m3) source infinie
BTEX												
Benzène	0	7.60E-03	1.04E-05	1.20E-08	2.11E-02	2.45E-05	7.35E-03	4.08E-04	7.49E-01	6.23E-02	1.22E-03	6.77E-05

	Unités	Adulte travailleur
P=Poids corporel	Kg	60
T=Durée d'exposition	an	40
F1 intérieur=féquence d'exposition en intérieur	jour/an	220
F2 intérieur=féquence d'exposition en intérieur	heures/jour	8
Tm=période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (cancérogène)	an	70
Tm=période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (non canc.)	an	40
Hauteur du bâtiment (identique pour toutes cibles)	m	3
Taux de ventilation (identique pour toutes cibles)	l ⁻¹	12

* : le calcul du flux de vapeur vers l'air intérieur est réalisé par ailleurs.
Les hypothèses et paramètres retenus sont détaillés par ailleurs.

Concentration dans les sols		
Substance	Unités	Concentrat ^o retenue
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES		
benzène	mg/kg	

Conc ^o dans l'air du sol à la source (mg/m ³)	Flux de vapeurs vers l'air intérieur* (mg/m ² /j)	Conc ^o dans l'air intérieur (mg/m ³)
	7.35E-03	2.45E-04

Concentration moyenne de VAPEUR inhalée			
Substance	Unités	Effets toxiques à seuil	Effets cancérogènes (sans seuil)
		Adulte travailleur	Adulte travailleur
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES			
benzène	mg/m ³	4.92E-05	2.81E-05

Quotient de danger ou Exces de risque individuel		
Substance	Quotient de danger (QD)	Exces de risques individuel (ERI)
	Adulte travailleur	Adulte travailleur
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES		
benzène	4.9E-03	2.2E-07
Somme des QD & ERI INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR - Bureaux		
	4.9E-03	2.2E-07

	Unités	Adulte résident	Enfant résident
P=Poids corporel	Kg	60	15
T=Durée d'exposition	an	40	6
F1 intérieur=féquence d'exposition en intérieur	jour/an	330	330
F2 intérieur=féquence d'exposition en intérieur	heures/jour	15	20
Tm=période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (cancérogène)	an	70	70
Tm=période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (non canc.)	an	40	6
Hauteur du bâtiment (identique pour toutes cibles)	m	3	3
Taux de ventilation (identique pour toutes cibles)	h ⁻¹	6	6

* : le calcul du flux de vapeur vers l'air intérieur est réalisé par ailleurs.
Les hypothèses et paramètres retenus sont détaillés par ailleurs.

Concentration dans les sols		
Substance	Unités	Concentrat° retenue
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES		
benzène	mg/kg	

Conc° dans l'air du sol à la source (mg/m ³)	Flux de vapeurs vers l'air intérieur* (mg/m ² /j)	Conc° dans l'air intérieur (mg/m ³)
	7.35E-03	4.08E-04

Concentration moyenne de VAPEUR inhalée					
Substance	Unités	Effets toxiques à seuil		Effets cancérogènes (sans seuil)	
		Adulte résident	Enfant résident	Adulte résident	Enfant résident
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES					
benzène	mg/m ³	2.92E-04	3.07E-04	1.67E-04	2.64E-05

Quotient de danger ou Exces de risque individuel				
Substance	Quotient de danger (QD)		Exces de risques individuel (ERI)	
	Adulte résident	Enfant résident	Adulte résident	Enfant résident
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES				
benzène	2.9E-02	3.1E-02	1.3E-06	2.1E-07
Somme des QD & ERI				
INHALATION VAPEURS EN INTERIEUR - Logements				
	2.9E-02	3.1E-02	1.3E-06	2.1E-07

Annexe 9 - Analyse des incertitudes

7.3.1 Introduction

Les paramètres clés de cette étude sont ici discutés ainsi que leur incidence sur les résultats des calculs sanitaires. Ces paramètres clés sont dépendants des scénarios d'exposition et des substances retenues. Le chapitre ci-dessous reprend les paramètres dont les incertitudes jouent un rôle majeur dans les calculs menés.

7.3.2 Non prise en compte de l'exposition au bruit de fond

Dans la mesure où le bruit de fond et ses incidences sanitaires n'ont pas à ce jour fait l'objet d'une procédure de gestion nationale, la présente étude a été menée en ne considérant que la compatibilité vis-à-vis des composés présents en concentrations supérieures au bruit de fond sur le site. Cette pratique correspond à ce qui est couramment réalisé dans ce type d'étude.

Cependant, il faut rappeler que :

- la présence potentielle de composés organiques volatils (benzène, solvants, etc.) ou de poussières dans l'air atmosphérique de certaines agglomérations (suivis parfois par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air), non liée au site, n'est pas prise en compte ;
- la présence potentielle dans l'air intérieur de composés organiques volatils (solvants, formaldéhydes, etc.) issus des aménagements et activités dans les locaux, non liée au site, n'est pas prise en compte.

7.3.3 Choix des composés

Les composés volatils détectés dans l'air des sols à des concentrations supérieures aux valeurs de comparaison ont été retenus (benzène). Par ailleurs, compte tenu de l'absence de valeurs de comparaison pour l'éthylbenzène et les hydrocarbures aliphatiques et aromatiques, et dans une approche sécuritaire, nous avons également retenu ces deux composés, détectés dans l'air des sols.

Les concentrations maximales ont été retenues, à la fois pour l'air intérieur et pour l'air extérieur.

Il s'agit donc d'une approche sécuritaire

7.3.4 Toxicité des composés

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 pathologie et les voies d'exposition.

La sommation est justifiée pour les ERI (composés sans seuil d'effet) parce qu'on parle des pathologies 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.

7.3.5 Transport de vapeurs vers l'air extérieur et intérieur

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 résultats des calculs.

Taille des bâtiments considérés

Pour la remontée de vapeurs dans les bâtiments, il a été considéré des bureaux et des logements de 25 m², pour une hauteur sous-plafond de 3 m.

Le fait de prendre des petits espaces clos a tendance à majorer le risque, du fait du confinement des vapeurs. Il s'agit donc d'une approche sécuritaire.

Taux de ventilation

Logements : le taux de ventilation retenu pour les bâtiments τ_i est de 0,5 h⁻¹ ou encore 12 j⁻¹, valeur habituelle rencontrée dans les modèles intégrés de calcul de risque pour les logements²⁵. 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).

Bureaux : le taux de ventilation conservatoire retenu pour les bureaux (usage tertiaire) est de 1 h⁻¹ ou encore 24 j⁻¹. Cette valeur est retenue compte tenu des usages de ces lieux de travail en référence à l'article R232-5-3 du décret n°84-1093 qui donne pour les bureaux ou locaux sans travail physique une aération de 25 m³/h/occupant (soit pour un espace de 25 m³ par travailleur, le taux de ventilation serait de 1 h⁻¹ ou encore 24 j⁻¹). Cette **valeur retenue est donc réglementaire**.

De la même façon que la superficie du bâtiment, le taux de ventilation influence de manière inversement linéaire les concentrations dans les bâtiments et donc les risques induits. Compte tenu des niveaux de risques calculés, l'incertitude sur les taux de ventilation futurs (dans la limite de taux raisonnables et pérennes) n'est pas de nature à modifier les conclusions de l'étude.

Différence de pression entre air du sol et air intérieur

La différence de pression retenue entre l'air du sol et l'air des sous-sols de 4 Pa joue un rôle dans le transfert convectif de la pollution vers l'air des sous-sols. La littérature montre que cette différence de pression peut varier entre 0 et 20 Pa mais l'US-EPA, le RIVM et l'article de Johnson & Ettinger sur lequel repose l'estimation des flux considèrent qu'une différence de pression de 4 Pa est conservatoire.

La prise en compte d'un ΔP de 1 Pa induit une diminution du flux de polluant vers le bâtiment. Cette diminution est toutefois faible et n'entraîne pas de variation significative des ERI et QD calculés.

Ainsi, l'incertitude sur la différence de pression n'est pas de nature à modifier les conclusions formulées.

²⁵ 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.

Caractéristiques du dallage

Les paramètres du bâtiment retenus 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.

Taux de fissuration

Le taux de fissuration retenu pour le calcul est de $2 \cdot 10^{-4}$, 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 de moins de 1%. Les QD et ERI ainsi calculés restent donc 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 la compatibilité des teneurs pour les usages étudiés.

Choix du logiciel en source de type fini ou infini

Compte tenu du projet étudié, 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.

7.3.6 Perméabilité des sols

La perméabilité intrinsèque retenue pour le calcul, estimée à partir de la bibliographie, est de $1 \cdot 10^{-6}$ cm² (remblais sableux), correspondant à une perméabilité à l'eau de $1 \cdot 10^{-3}$ m/s. Des variations de cette perméabilité peuvent exister dans l'espace. La prise en compte d'une perméabilité à l'eau plus forte ($1 \cdot 10^{-2}$ m/s) n'est pas de nature à modifier les conclusions de l'étude. Les QD et ERI ainsi calculés restent donc inférieurs aux critères d'acceptabilité des circulaires ministérielles de février 2007.

7.3.7 Paramètres d'exposition

Durées d'exposition

Compte tenu des incertitudes quant aux durées d'exposition dans le cadre de l'habitat et du travail, l'approche retenue (40 ans) répond au principe de prudence ; elle est néanmoins discutée ci-dessous.

Pour les durées d'exposition dans le contexte de l'habitat, 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.

Pour les durées d'exposition dans le contexte du travail, le cas le plus défavorable a été considéré pour les adultes qui travailleraient pendant 40 ans au même endroit (correspondant à la durée totale de la période de travail et à la valeur retenue par l'INERIS (2001) pour l'établissement des Valeurs de Constat d'Impact). La variabilité de cette durée d'exposition est cependant importante. En effet, l'US-EPA (EFH, 1997) considère que la durée moyenne dans une même entreprise est de 6,6 ans, cette durée varie de 2 à 20 années en moyenne en fonction de l'âge des personnes interrogées (16 à 69 ans) et varie, pour les personnes de plus de 70 ans, de 19 à 30 ans (respectivement pour les femmes et les hommes). Cette durée d'exposition est donc conservatoire.

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

De nombreux facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués. Pour certains d'entre eux, les connaissances actuelles ne permettent pas de réduire ces incertitudes (ex : valeurs toxicologiques de référence). Cependant, la majorité des facteurs utilisés sont considérés comme les plus adaptés et réalistes ou sinon fondés sur des hypothèses majorantes (ex : durée d'exposition, temps d'exposition, concentrations retenues, ...).

Ainsi, sur la base des connaissances actuelles, des pratiques communément admises de la gestion du risque sanitaire, et pour les hypothèses constructives retenues, nous considérons comme fondé de retenir la compatibilité des teneurs du site avec l'usage envisagé dans le cadre du projet au sens des circulaires ministérielles du 8 février 2007.