

HUB-Environnement
3 rue des entrepôts
69009 LYON

☎ 04.72.80.94.74

☎ 04.83.07.53.76

✉ contact@hub-
environnement.com



Plan de gestion de la qualité environnementale Lotissement parc à bois Freyming-Merlebach

Rapport 4 Juillet 2019
pour SODEVAM



AMÉNAGER | CONSTRUIRE | GÉRER

CERTIFIE



O . C . E . P .



Plan de gestion de la qualité environnementale des sols

Lotissement Parc à bois, Freyming-Merlebach

Affaire n° 20160429
Pour
SODEVAM
La Fabrique, 14 bis Bd Paixhans
CS 50 584 – 570011 METZ Cedex 01

Suivie
Par H. BONIN Tel : 0679 379 679
HUB Environnement – 3 Rue des Entrepôts 69004 LYON
Tel : 04 72 80 94 74

Version	Date	Statut	Auteur	Superviseur
V0	31 oct. 2018	Rapport prov.	N GARNIER PINEL	H BONIN
V1	26 fév. 2019	Rapport prov.	N GARNIER PINEL	H BONIN
V2	4 Juillet 2019	Rapport final	N. GARNIER PINEL	H BONIN

SOMMAIRE

SOMMAIRE	3
GLOSSAIRE.....	4
1. Objet de l'étude	5
2. Contexte réglementaire et normatif	5
3. Contexte de l'étude.....	6
3.1 Implantation du projet d'aménagement du Parc à Bois.....	6
3.2 Contexte environnemental et vulnérabilité du milieu.....	6
3.3 Consultation des inventaires BASIAS/BASOL/ICPE.....	7
3.4 Contexte historique	10
4. Synthèse des diagnostics « pollution ».....	11
4.1 Étude LECES (18/11/2013).....	11
4.2 Diagnostic complémentaire HUB-Environnement (22/12/2016).....	13
4.3 Diagnostic complémentaire HUB-Environnement (22-23/01/2019 et 6-7/02/2019).....	15
5. Synthèse des données d'entrée au plan de gestion	27
5.1 Synthèse des zones sources recensées	27
5.2 Cartographie des épaisseurs de remblais.....	31
5.3 Synthèse des données sur la présence de nappes souterraines.....	32
6. Description du projet d'aménagement	34
7. Plan de gestion.....	35
7.1 Généralités.....	35
7.2 Mesures par adaptation de l'usage à la qualité du sol (actions sur la cible).....	36
7.3 Mesures de traitement des sources induisant un risque	36
7.4 Gestion des risques sanitaires pour le personnel en phase chantier	41
7.5 Prescriptions constructives (action sur les voies de transfert).....	43
7.6 Les mesures de gestion organisationnelle (servitudes)	44
7.7 Description détaillée de la solution retenue.....	45

GLOSSAIRE

- **ARR** : Analyse des risques résiduels
- **BASIAS** : Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Services
- **BASOL** : Base de données des Sites pollués ou potentiellement pollués
- **BSS** : Base de données du Sous-Sol
- **BTEX** : Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes (Hydrocarbures aromatiques monocycliques)
- **CAV** : Composés Alcalins Volatils (BTEX + autres HAP)
- **COHV** : Composés Organo-Halogénés Volatils
- **EQRS** : Évaluation Qualitative des Risques Sanitaires
- **ERI** : Excès de risque individuel
- **HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
- **HCT** : Hydrocarbures Totaux C10-C40
- **ICPE** : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
- **IEM** : Interprétation de l'État des Milieux
- **ISDI** : Installation de Stockage des Déchets Inertes
- **PCB** : Polychlorobiphényle
- **PG** : Plan de Gestion
- **QD** : Quotient de danger (= Indice de risque [IR])

1. Objet de l'étude

- **Contexte** : Mme. BORDEREAU, chef de projet à SODEVAM, a missionné HUB-Environnement pour la réalisation d'un plan de gestion de la qualité environnementale des sols dans le cadre du réaménagement de l'ancien parc à bois de Freyming Merlebach (57). Ce présent rapport fait la synthèse des diagnostics de la qualité environnementale de cette zone, et présente les mesures de gestion à adopter pour assurer la compatibilité sanitaire vis-à-vis des futurs usagers.
- **Localisation** : Parc à Bois de Freyming-Merlebach (57)
- **Documents principaux à disposition** :
 - ➔ Diagnostic LECES de novembre 2013
 - ➔ ARR des sols des carreaux de Vouters et Cuvelette, 57800 Freyming-Merlebach
Rapport d'intervention R/6049166-V02a (Dreal) – Juillet 2011
 - ➔ Diagnostic HUB-Environnement de décembre 2016
 - ➔ Diagnostic HUB-Environnement de janvier-février 2019
 - ➔ Evaluation et avis du préfet sur le dossier de création de la ZAC
 - ➔ Plan de masse du projet d'aménagement

NB : Les documents LECES et TAUW ont été remis à la disposition de HUB Environnement que très tardivement entre la 1ère version du plan de gestion et l'actuelle dernière version

- **Coordonnées du client** :
 - SODEVAM, tel 03 87 66 0775 interlocuteur : Mme BORDEREAU
La Fabrique, 14 bis Bd Paixhans, 57011 METZ cedex
- **Contexte** : Réaménagement du site
- **Futur usage** : Changement d'usage : habitat avec un ensemble entre 18 et 27 logements
- **Risques identifiés** : Le site a un passé industriel chargé : extraction de charbon de 1933 à 2003. Le site a fait l'objet d'une fiche BASIAS « LOR5708642 » pour l'activité d'extraction de houille, avec des impacts potentiels en composés organiques divers et en métaux lourds (arsenic, plomb, cuivre, zinc). Le site est également recensé ICPE sous le régime de l'autorisation.

2. Contexte réglementaire et normatif

La démarche suivie pour cette prestation est basée sur :

- La méthodologie applicable aux sites et sols pollués du 08 février 2007,
- La norme AFNOR NF X 31-620 « Qualité du sol – Prestations de service relatives aux sites et sols pollués », (*Norme partiellement obsolète faisant l'objet d'un recours judiciaire pour cause de critères discriminatoires envers les structures unipersonnelles et TPE*)
- La norme NF ISO 10381-21 « Procédure d'investigation des sols contaminés »,
- La Norme AFNOR NF X50-110 de mai 2003 sur les « prescriptions générales de compétence pour une expertise », pouvant prévaloir sur les normes précédentes et notamment la norme NF X 31-620

Cette étude correspond à la mission A330 de la Norme NFX 31-620 (*Identifications des différentes options de gestion et réalisation d'un bilan coûts/avantages*).

3. Contexte de l'étude

3.1 Implantation du projet d'aménagement du Parc à Bois

Le projet d'aménagement du « Parc à bois » de Freyming Merlebach est situé sur l'ancien carreau inférieur Vouters, à savoir la zone accueillant des activités de stockage et logistique du matériel destiné au fond et aux ateliers d'entretien des différents services.



Figure 1 : Projet d'aménagement du Parc à Bois (INFRA Service)

- La présente étude concerne la parcelle cadastrale 1435 (d'après la consultation de cadastre.gouv.fr du 22/02/2019).

3.2 Contexte environnemental et vulnérabilité du milieu

Il semble qu'une nappe non continue (écoulements souterrains) et non pérenne soit présente à environ 3 m de profondeur. Les investigations de HUB-Environnement ont cependant montré qu'il n'y a pas de masse d'eau significative au niveau du site jusqu'à 10 m de profondeur. La présence d'écoulements de sub-surface au niveau de la falaise a cependant été mise en évidence à une profondeur d'environ 4m.

La masse d'eau souterraine répertoriée est la formation des « Grés du trias inférieur du bassin houiller » dont la profondeur est d'environ 100 m et le sens d'écoulement du Sud vers le Nord (des Vosges vers la Sarre).

HUB-Environnement avait, lors de son diagnostic précédent, consulté l'ARS, les Agences de l'eau, les bases de données BASIAS et BASOL et les différentes bases de données des risques naturels dans la zone pour déterminer

la vulnérabilité du milieu. Les résultats de la consultation des bases de données BASIAS et BASOL sont regroupés dans le tableau suivant. La consultation des différentes bases de données a permis à HUB d'établir les conclusions suivantes concernant la vulnérabilité du milieu :

Tableau 1 : Vulnérabilité des différents compartiments environnementaux de la zone

Milieu	Données	Statut
Eaux souterraines	- Ecoulements superficiels et discontinus au niveau du site (Vers 3 à 4 m) - Présence d'une nappe à 100 m de profondeur - Pas de captage AEP en aval hydraulique immédiat	Peu sensible
Eaux superficielles	La carte IGN de la zone montre que la Rosselle (affluent de la Sarre) coule au sud immédiat du site.	Sensible
Zones naturelles sensibles et sites potentiellement pollués	- Pas de zone naturelle sensible mais présence de la forêt à proximité immédiate du site (Nord-Ouest) - Passé industriel remontant au début des années 1930, trois sites BASIAS à moins d'1 km en aval hydraulique, le site est classé BASIAS	Peu sensible

- Parmi les milieux alentours, les zones naturelles ne sont pas sensibles aux potentielles pollutions du site. De plus l'absence de nappe significative à moins de 10 m de profondeur et la profondeur de la nappe des grès indiquent une très faible sensibilité des eaux souterraines aux pollutions du site.

3.3 Consultation des inventaires BASIAS/BASOL/ICPE

La consultation des bases de données BASIAS et BASOL le 10/10/2018 permet de mettre en évidence l'absence de sites BASOL sur site et la présence de 5 sites BASIAS dans un rayon de 500 m autour du site.



Figure 2 : Emplacement des sites BASIAS répertoriés autour du site (Infoterre, 22/02/2019)

Tableau 2 : Caractéristiques des sites BASIAS dans un rayon de 600 m

n° Fiche BASIAS	Date de la fiche	Adresse	Raison sociale	Activité	État de l'activité	Position par rapport au site
LOR5708174	18/11/2003	Freyding Merlebach 57240	HBL – Siege de Merlebach	Dépôt et stockage de gaz	Inconnu	250m au Sud-Est du site
LOR5708171	18/11/2003	Rue de la Merle F-M 57240	LEBON Jacques	Fabrication de coutellerie avec production et distribution de combustibles gazeux	Inconnu	200m au Sud du site
LOR5708642	28/11/2003	Siège Cuvelette F-M 57240	HBL	Extraction de houille	Activité terminée	200m au Nord-Ouest du site
LOR5708324	24/11/2003	Gare de Merlebach	Sté des HBL – Scé central du contentieux et des domaines	Dépôts de liquides inflammables	Inconnu	400m à l'Est du site
LOR5708168	18/11/2003	Freyding Merlebach 57240	HBL Groupe Sarre et Moselle	Dépôts de liquides inflammables	Inconnu	Sur le site

Rappelons également que le site étudié est recensé dans la base de données des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sous le régime de l'autorisation.

➔ **Le site étudié est donc localisé dans une zone présentant des activités minières anciennes potentiellement polluantes.**

3.4 Contexte historique

HUB-Environnement a réalisé une étude historique en consultant les photographies aériennes de l'IGN et la base de données BASIAS ainsi que la Préfecture, la DREAL et les données accordées par le maire de la commune. Les données obtenues leur ont permis de dresser une liste des zones sources potentielles.

Tableau 3 : Zones sources potentielles sur le site

Activité	Source potentielle	Profondeur	Polluants potentiels	Milieux potentiellement impactés	Surface (m²)
Carreau de la mine	Anciennes voies ferrées	Surface	Créosote et produits phytosanitaires	Sols	90
Carreau de la mine/autres sociétés présentes	Activités d'entretien mécanique, fosses	1,5-2,5 m	HCT, HAP, BTEX, COHV, métaux lourds	Sols	400
Carreau de la mine/autres sociétés présentes	Cuves d'hydrocarbures ou conduites ayant existé ou encore présentes	2-3 m	HCT, HAP, BTEX	Sols, eaux souterraines	100
Sablage	Stockage de grenaille	Surface	Métaux lourds	Sols	100
Peinture industrielle	Stockage de peinture – déversement et incendies relatifs	0-2 m	HAP, BTEX, COHV	Sols	1115
Carreau de la mine/autres sociétés présentes	Transformateur ?	Surface	PCB, chlorobenzènes	Sols	30
Mise en place des bâtiments et autres aménagements sur le site	Remblais	0 à 2 m	HCT, HAP, BTEX, métaux lourds	Sols	1,5 ha

L'étude historique de HUB Environnement (Décembre 2016) permet d'établir une carte des zones sources potentielles, carte présentée ci-dessous.

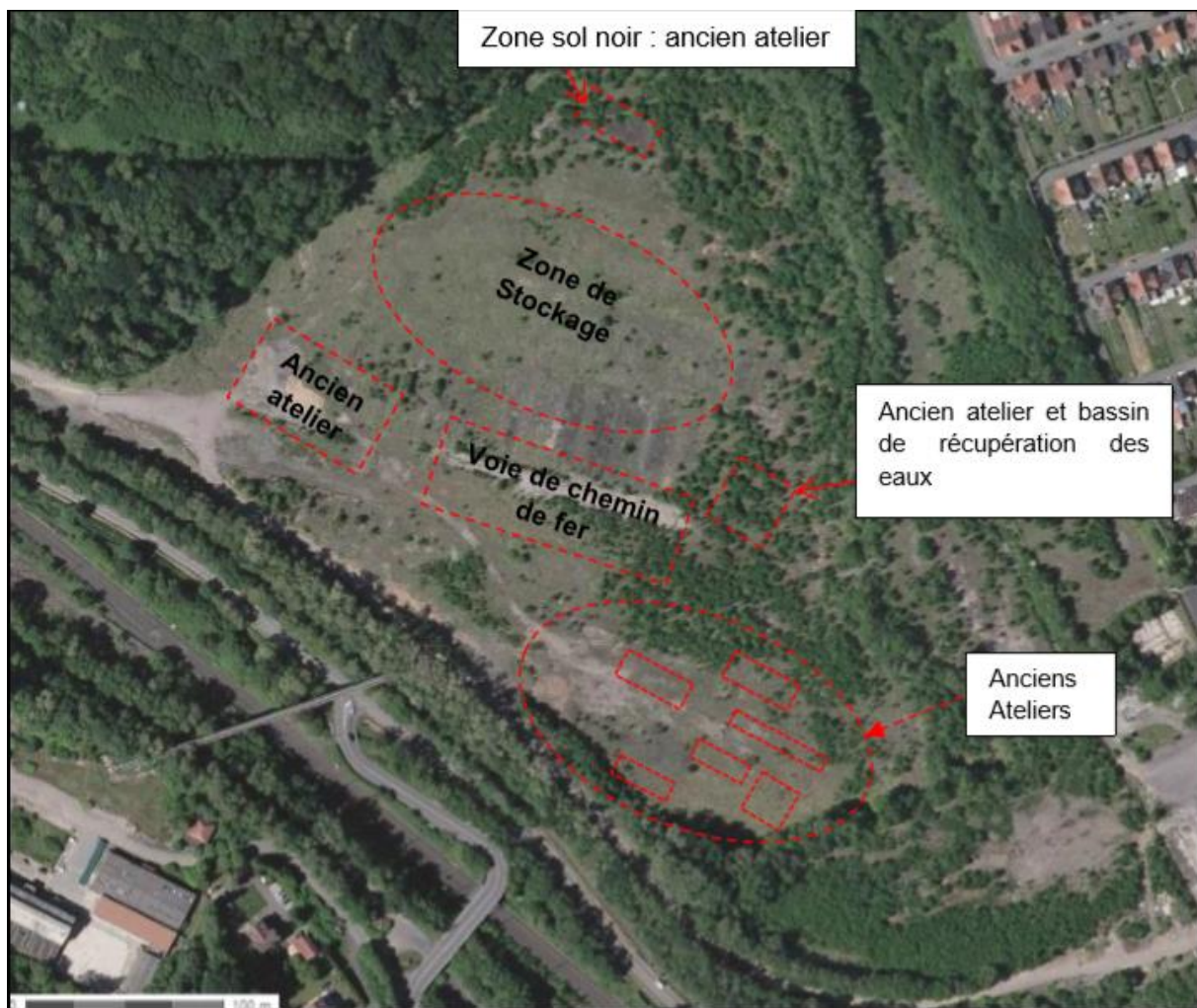


Figure 3 : Inventaires des activités anciennes et zones sources potentielles

4. Synthèse des diagnostics « pollution »

4.1 Étude LECES (18/11/2013)

La zone du « Parc à bois » a fait l'objet d'un diagnostic de pollution des sols par la société LECES en 2013 afin d'identifier les principales contraintes environnementales, techniques et structurelles de la zone.

4.1.1 Reconnaissance de la qualité des sols

La visite du site a été effectuée par un ingénieur du LECES. Les investigations ont consisté à répartir uniformément les points de prélèvement (Voir fig. 4). De nombreuses traces visuelles ont été repérées sur les sols, notamment dans le premier mètre, avec localement la présence de remblais noirâtres de type laitier.

Aucun autre indice organoleptique (Odeur) n'a été relevé sur l'ensemble des points de reconnaissance.

4.1.2 Résultats des analyses

LECES a réalisé un total de 15 prélèvements sur le site du projet, le « Parc à bois », sur une profondeur d'environ 1 m en moyenne. L'implantation des sondages est montrée sur la figure suivante.

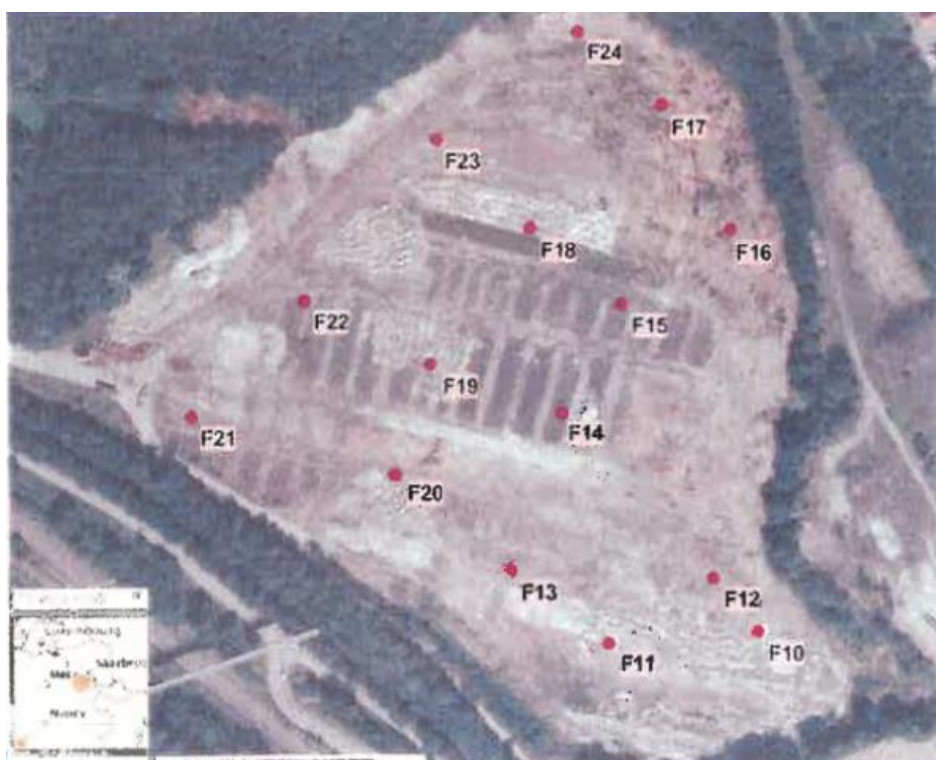


Figure 4 : Carte de répartition des sondages LECES (2013)

Les résultats obtenus en laboratoire agréé sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 4 : Résultats d'analyses sur brut (LECES, 2013)

	Seuil ISDI	FG Local	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16
Arsenic		20 à 50	26,7	16,8	11,5	18,6	7	25,8	4,9
Cadmium		5 à 10	0,47	0,7	0,4	0,4	0,3	0,8	0,3
Chrome		30 à 200	7,6	17,6	9,1	6,7	5,4	31,7	4,7
Cuivre		20 à 50	14,2	32,4	6,4	10,4	6,4	78,9	1,5
Nickel		20 à 100	3,2	17,7	5	2,3	2	72,9	2,1
Plomb		20 à 50	13,2	79,4	13,4	38,7	30,7	54,5	4,3
Zinc		60 à 200	84,3	332,7	77,5	47,9	62,2	279,5	65,3
Mercure		0,5 à 1	0,22	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
HCT	500		-	-	-	-	-	ND	-
HAP	50		-	-	-	-	-	<1,2	-
PCB	1		-	<0,07	-	-	ND	-	-
COHV	-		ND	ND	ND	ND	ND	-	ND
BTEX	6		ND	ND	ND	ND	ND	-	ND

	Seuil ISDI	FG Local	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23	F24
Arsenic		20 à 50	15,3	24,9	13,2	7,8	29,5	11,9	10,6	6,4
Cadmium		5 à 10	0,8	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,2	<0,2
Chrome		30 à 200	5,2	18,7	5,1	9,7	14,3	13,8	8,6	<1
Cuivre		20 à 50	11	84,1	8,8	9,8	71	24,4	8,4	2,6
Nickel		20 à 100	8,2	54,1	1,6	7,2	84,1	12,1	5,9	2,4
Plomb		20 à 50	220,3	30,1	17,6	24,3	39	57,5	13,9	20
Zinc		60 à 200	7,9	113,9	56,8	168,9	91,2	105,1	69,9	47,9
Mercure		0,5 à 1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
HCT	500		-	ND	-	<36	-	<55	-	<0,14
HAP	50		-	<10	-	0,7	-	82,1	-	-
PCB	1		ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
COHV	-		ND	-	ND	-	ND	-	ND	-
BTEX	6		ND	-	ND	-	ND	-	ND	-

Légende :

Teneur comprise entre la valeur maximale du fond géochimique local et le double de cette valeur

Teneur supérieure aux critères ISDI ou supérieure au double de la valeur du fond géochimique local

Les conclusions de LECES avaient mis en évidence des remblais noirs de type laitiers ou du sable rouge issu de l'altération du socle, une faible pollution des sols pour le cuivre, Zinc, Plomb et HAP.

Le bureau d'étude LECES avait recommandé un diagnostic complémentaire afin d'évaluer l'extension de la pollution dans le cadre d'un plan de gestion adapté.

4.2 Diagnostic complémentaire HUB-Environnement (22/12/2016)

Hub Environnement a été missionné pour le diagnostic complémentaire du « Parc à Bois » de Freyming-Merlebach. Cette phase a consisté en la réalisation d'une étude historique et de sondages sols afin de déterminer les extensions de pollutions relevées dans le diagnostic de LECES.

Au total, 10 nouveaux sondages ont été réalisés, comme montré sur la carte suivante. (A noter que le rapport LECES ne nous avait pas été transmis à l'époque)

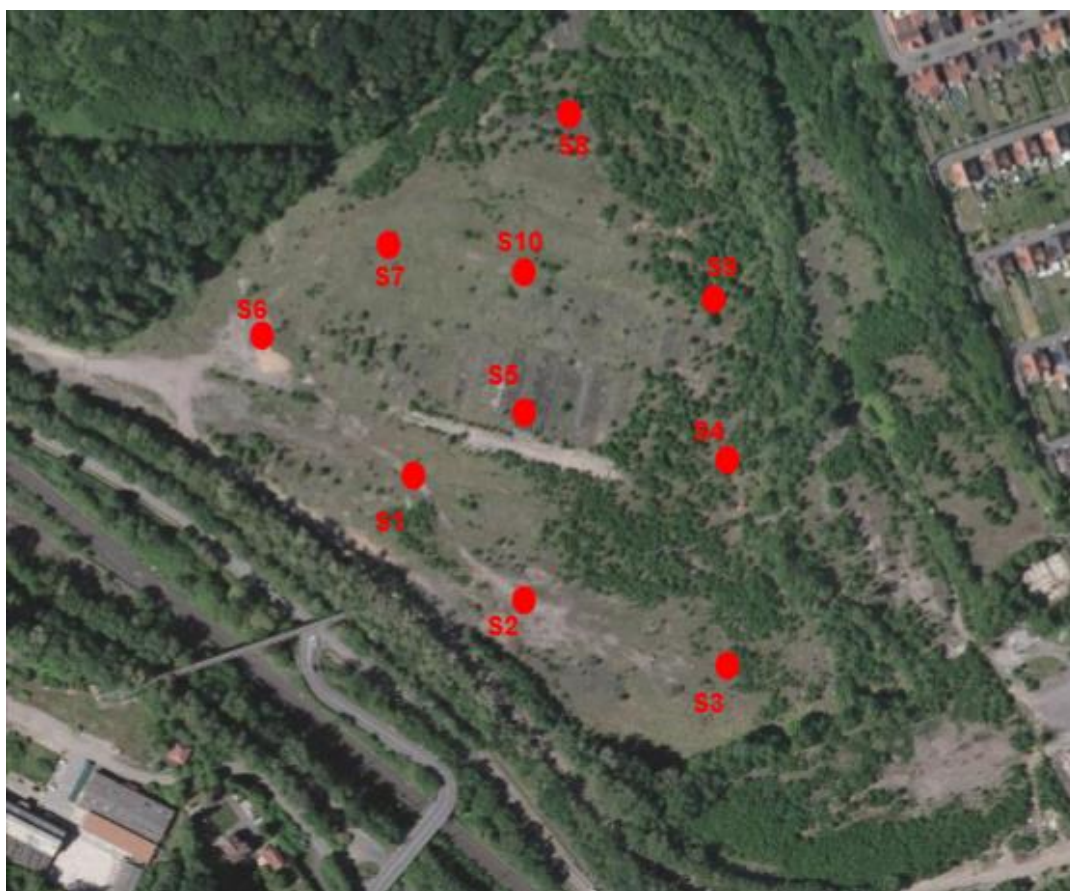


Figure 5 : Carte de répartition des sondages HUB (2016)

Ces sondages, réalisés à la pelle mécanique, ont été d'une profondeur de 1m pour caractériser les remblais, mais également la couche de sol naturel sous les remblais (non réalisés par le LECES). Les résultats d'analyse sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Résultats d'analyses des métaux su brut au XRF portatif (HUB-Environnement, 2016)

Métaux	Unité	Référence INRA	S1 - 0,30m	S1 - 1,00m	S2 - 0,30m	S2 - 1,0m	S3 - 0,30m	S3 - 0,50m	S4 - 0,80m	S4 - 1,00m	S5 - 0,30m	S6 - 0,40m	S7 - 0,80m	S8 - 0,50m	S9 - 0,50m	S10 - 0,50m
Arsenic (As)	mg/kg MS	30 à 60	136	4,3	11,7	nd	10,8	10,5	16,9	7,1	nd	25,6	14	13,1	19	4,1
Plomb (Pb)	mg/kg MS	60 à 90	103	30,5	52,9	12,4	40,8	16,2	35	21,8	1016	76	75,4	44,7	23,2	70
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0,70 à 2	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Chrome (Cr)	mg/kg MS	90 à 150	101	40	38	33	nd	nd	<42	nd	88	107	nd	44	101	44
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	20 à 62	72	11	37	nd	23	8	97	29	503	115	28	61	108	16
Nickel (Ni)	mg/kg MS	60 à 130	nd	13	36	8	17	16	88	21	68	90	nd	53	78	12
Zinc (Zn)	mg/kg MS	100 à 250	331	75,1	193	37,7	177	68,4	287	70,4	747	273	235	157	135	98
Mercure (Hg)	mg/kg MS	0,15 à 2,3	nd	nd	nd	nd	nd	nd	5,6	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Commentaires :

- Les dépassements des références INRA-ASPITET concernent l'Arsenic, le Plomb, le Cuivre, le Zinc et le Mercure pour les terres issues de l'horizon 0-0,30 m. (Couche de remblais noirâtre)
- Au-delà de 30 cm de profondeur, les sols (naturels) sont conformes au fond géochimique.

Les résultats d'analyses sur les substances organiques sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Résultats d'analyse sur les composés organiques (HUB-Environnement, 2016)

Désignation d'échantillon	Unité	Fond anthropique	Seuils ISDI	S1-S2-S3 (0,30m)	S4-0,80m	S5-0,30m	S8-0,50m	S9-0,50m
Indice hydrocarbure C10-C40	mg/kg MS	50	500	170	330	260	240	190
Somme des HAP (hors Naphtalène)	mg/kg MS	3,3	50	3,99	5,5	2	6,5	1,9
Naphtalène	mg/kg MS	25		0,71	2,4	2,5	1,1	1
Somme PCB - Polychlorobiphényles	mg/kg MS	0,0015	1	0,011	0,078	0,011	<sd	<sd
BTEX								
Benzène	mg/kg MS	0,05 par composé	6	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Toluène	mg/kg MS			<0,2	0,55	0,45	<0,1	0,81
Ethylbenzène	mg/kg MS			<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2
Xylène	mg/kg MS			<0,3	0,66	0,34	<0,1	0,81

Légende

Valeurs noires sur fond vert : Valeurs inférieures aux références.

Valeurs rouges sur fond vert : valeurs supérieures aux références « fond anthropique »

Valeurs rouges sur fond jaune : valeurs supérieures aux références « ISDI »

Sd : seuil de détection.

Les conclusions de ces études ont conduit aux remarques suivantes :

- Une couche de remblais de couleur grisâtre à noirâtre (ressemblant à du charbon), avec une épaisseur variant de 0,3 à 0,8 m.
- La couche de remblais superficiel n'est pas conforme aux références de fond géochimique (INRA ASPITET).
- Les résultats d'analyses des métaux lourds dans les sols sous les remblais, sont globalement conformes au fond géochimique national, et complètement conformes à partir de 1 m.

Les recommandations avaient été les suivantes :

- Soit l'enlèvement de la couche de remblais avec traitement ou un confinement des déblais sur une partie du site.
- Soit un recouvrement et un confinement de ces remblais laissés en place par une couche de terre saine au niveau des espaces vert, jardins, et par un film PEHD sous les bâtiments.

4.3 Diagnostic complémentaire HUB-Environnement (22-23/01/2019 et 6-7/02/2019)

Hub Environnement a été missionné pour le diagnostic complémentaire du « Parc à Bois » de Freyming-Merlebach. Cette phase a consisté en la réalisation de 18 fouilles supplémentaires à la pelle mécanique jusqu'à une profondeur maximale de 2 m, 5 prélèvements de gaz du sol et la mise en place de 5 piézomètres (4 à 5 m et 1 à 10 m [Pz4]). Les fouilles et les prélèvements de gaz ont été réalisés les 22 et 23 janvier, la mise en place des piézomètres a été faite les 6 et 7 février 2018.

L'implantation des sondages a été faite au niveau des anomalies précédentes mises en évidence afin de discerner s'il s'agit de véritables sources concentrées ou bien si les valeurs anormales sont le fait d'un total hasard due à un milieu particulièrement hétérogène (cf. remblais)

La localisation des investigations de ces deux campagnes 2019 est présentée sur la carte suivante.



Figure 6 : Localisation des investigations HUB-Environnement de 2019 (HUB, 01/2019)

5 échantillons moyens composés uniquement de remblais ont également été prélevés pour caractériser la mobilité des éléments présents dans les remblais. Ces prélèvements ont été faits à partir des fouilles selon le maillage suivant.



Figure 7 : Maillage des échantillons pour analyses ISDI

➤ **Caractéristiques des sondages**

Tableau 7 : Caractéristiques des sondages et échantillonnage

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 1 m	Remblais sableux	Noir, pas d'odeur Fragments de briques et ferraille	S101-1	0
1 – 2 m	Remblais sableux	Noir, pas d'odeur Présence de blocs	S101-2	0

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,2 m	Remblais sableux rouges (schistes)	Rougeâtre, pas d'odeur	S102-1	0,2
0,2 – 1 m	Résidus houillers	Noir, pas d'odeur Ferraille et tuyaux		
1 – 2 m	Sable gréseux et cailloux	Ocre orange, pas d'odeur Blocs de béton, ferraille	S102-2	0

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 1 m	Remblais sableux, graviers et cailloux	Noir, pas d'odeur	S103-1	0,4
1 – 1,4 m	Résidus houillers, graviers et cailloux	Noir, pas d'odeur	S103-2	0,1
1,4 – 2 m	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre brun, pas d'odeur	S103-3	0

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,2 m	Remblais sableux, graviers et cailloux	Noir, pas d'odeur	S104-1	0,3
0,2 – 1 m	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre orange, pas d'odeur	S104-2	0,2
1 – 2 m	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge, pas d'odeur	S104-3	0

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,2 m	Remblais sableux, graviers et cailloux	Noir, pas d'odeur	S105-1	0
0,2 – 1 m	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge, pas d'odeur Présence d'une conduite vers 0,6 m => décalage de la fouille	S105-2	0
1 – 2 m	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge, pas d'odeur	S105-3	0

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,25 m	Terre végétale	Brun, pas d'odeur	S106-1	0
0,25 – 0,5 m	Remblais sableux	Noir, pas d'odeur		
0,5 – 1 m	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge, pas d'odeur	S106-2	0
1 – 1,2 m (refus sur socle)	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge, pas d'odeur	S106-3	0

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,05 m	Terre végétale	Brun, pas d'odeur	S107	0
0,05 – 0,8 m (refus sur socle)	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge, pas d'odeur		

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,15 m	Remblais sableux, graviers	Noir, pas d'odeur	S108-1	0
0,15 – 0,55 m (refus sur socle)	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge, pas d'odeur	S108-2	0

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,15 m	Remblais sableux, graviers	Noir, pas d'odeur Remblais sur une seule paroi	S109-1	0
0,15 – 0,9 m (refus sur socle)	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge, pas d'odeur	S109-2	0

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,1 m	Terre végétale	Brun, pas d'odeur	S110	0
0,1 – 0,9 m (refus sur socle)	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge, pas d'odeur		

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,25 m	Terre végétale	Brun, pas d'odeur	S111	0
0,15 – 0,9 m (refus sur socle)	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge, pas d'odeur		

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,15 m	Terre végétale + remblais	Brun avec traces noires, pas d'odeur	S112-1	0
0,15 – 0,75 m (refus sur socle)	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge et jaune, pas d'odeur	S112-2	0,1

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,35 m	Remblais sableux, graviers	Noir, pas d'odeur	S113-1	0
0,35 – 1 m	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge, pas d'odeur	S113-2	0
1 – 1,8 m (refus sur socle)	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge, pas d'odeur Arrivée d'eau vers 1,6 m Présence d'un mur en tuile sur une paroi	S113-3, Eau S113	0

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,05 m	Enrobé	Noir, pas d'odeur	-/-	-/-
0,05 – 0,25 m	Terre végétale, cailloux	Brun, pas d'odeur Fragments de briques	S114	0
0,25 – 0,8 m (refus sur socle)	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge, pas d'odeur		

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,2 m (refus sur socle)	Terre végétale + rem- blais + sable	Mélange brun-ocre avec traces noirs, pas d'odeur	S115	0

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,1 m	Remblais sableux	Noir, pas d'odeur Couche avec pendage Câble électrique et cana- lisation	S116-1	0
0,25 – 1,2 m (refus sur socle)	Remblais sableux	Noir, pas d'odeur	S116-2	0

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,2 m	Remblais sableux	Noir, pas d'odeur	S117-1	0
0,2 – 1,05 m (refus sur socle)	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge, pas d'odeur	S117-2	0

Profondeur	Lithologie	Organoleptique	Échantillons	PID (ppm)
0 – 0,7 m (refus sur socle)	Sable gréseux, graviers et cailloux	Ocre rouge, pas d'odeur	S118	0

Échantillon	Sondages concernés	Lithologie	Organoleptique	PID (ppm)
ISDI 1	S101, S102, S104	Remblais sableux, graviers	Noir, pas d'odeur	0
ISDI 2	S108, S109			0
ISDI 3	S112, S113			1,5
ISDI 4	2 prélèvements non nommés			0
ISDI 5	S116, S117 + 1 prélèvement non nommé			0

Légende

COV > 1 ppm

Les mesures au PID révèlent des traces de COV dans certains échantillons de remblais, à l'exception de l'échantillon S112-2 qui est un échantillon de sable. Seul l'échantillon ISDI 3 montre une valeur supérieure à 1 ppm.

➤ Résultats des analyses ETM / sols sur brut (XRF portatif) :

Suite aux prélèvements tous les échantillons prélevés ont été analysés à l'aide d'un PID et d'un analyseur XRF portatifs pour orienter le choix des échantillons à envoyer en laboratoire. Les résultats d'analyses sur brut sont présentés dans les tableaux suivants et comparés aux références du fond géochimique « INRA ASPITET » :

Tableau 8 : Résultats d'analyse des sols au XRF (mg/kg)

Échantillon	Référence INRA	S101-1	S101-2	S102-1	S102-2	S103-1	S103-2	S103-3	S104-1	S104-2	S104-3
As	30-60	20	19	18	< 7	18	9	< 4	24	< 5	< 6
Cr	90-150	76	148	< 17	57	112	41	37	121	< 16	< 17
Cu	20-62	18	31	30	< 14	58	< 15	< 14	71	< 14	< 13
Ni	60-130	38	77	< 33	< 31	88	< 28	< 29	80	< 28	< 30
Pb	60-90	19	32	21	77	17	24	16	44	24	44
Zn	100-250	77	55	76	83	62	36	27	79	22	51

Échantillon	Référence INRA	S105-1	S105-2	S105-3	S106-1	S106-2	S106-3	S107	S108-1	S108-2
As	30-60	6	8	< 6	15	6	6	9	10	< 4
Cr	90-150	83	< 23	< 22	158	< 15	< 16	27	< 37	< 16
Cu	20-62	36	< 14	< 15	44	< 15	< 14	< 14	< 15	< 14
Ni	60-130	72	< 33	< 30	< 37	< 29	< 28	< 28	< 31	< 29
Pb	60-90	44	68	34	53	24	10	17	34	14
Zn	100-250	58	49	49	84	20	39	89	102	35

Échantillon	Référence INRA	S109-1	S109-2	S110	S111	S112-1	S112-2	S113-1	S113-2	S113-3	S114
As	30-60	8	< 4	< 5	8	< 7	6	62	< 4	< 4	< 5
Cr	90-150	45	< 16	< 15	43	66	< 22	149	< 21	< 16	51
Cu	20-62	45	< 13	< 13	< 15	42	< 14	309	< 13	< 14	< 15
Ni	60-130	< 32	< 29	< 29	< 30	< 31	< 28	< 43	< 29	< 27	40
Pb	60-90	17	9	25	17	59	8	445	17	22	15
Zn	100-250	68	84	57	95	296	56	625	38	38	52

Échantillon	Référence INRA	S115	S116-1	S116-2	S117-1	S117-2	S118	ISDI 1	ISDI 2	ISDI 3	ISDI 4	ISDI 5
As	30-60	5	8	11	14	5	< 4	9	< 5	< 18	10	11
Cr	90-150	36	< 27	< 22	63	< 16	17	158	66	63	100	31
Cu	20-62	< 15	48	< 15	29	< 13	< 14	20	18	249	60	< 16
Ni	60-130	< 30	< 15	< 29	43	< 28	< 29	62	< 32	< 41	48	61
Pb	60-90	17	22	15	46	17	12	37	28	472	21	30
Zn	100-250	46	61	53	138	29	42	53	103	412	34	43

Légende

Sol ordinaire
Anomalie modérée
Anomalie forte

Commentaires :

Les analyses aux XRF mettent en évidence :

- Des anomalies fortes, principalement en Cu, Pb et Zn sur 5 échantillons.
- Des anomalies modérées pour tous les métaux sur 17 échantillons.
- À l'exception de l'échantillon S105-2 tous les échantillons présentant des anomalies modérées ou fortes sont des échantillons de remblais.

Suite à ces analyses, 20 échantillons ont été envoyés en laboratoire pour analyses HCT, HAP, BTEX, COHV, PCB et ETM sur brut et les échantillons ISDI 1 à 5 ont été envoyés pour analyses de pack ISDI (HCT, HAP, BTEX, PCB sur brut, ETM et éléments inorganiques sur éluât).

➤ **Résultats des analyses ETM / sol sur brut (au laboratoire agréé)**

Les résultats d'analyses sur brut sont présentés dans les tableaux suivants et comparés aux références du fond géochimique « INRA ASPITET » :

Tableau 9 : Résultats d'analyses des métaux sur brut (mg/kg)

Échantillon	Référence INRA	S101-1	S101-2	S102-1	S102-2	S103-1	S103-2	S104-1	S104-2	S105-1	S105-2
As	30-60	20	26	12	9	29	12	21	3	14	14
Cd	0,7-2	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,6	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cr	90-150	13	14	9	4	15	12	18	3	14	7
Cu	20-62	51	65	23	4	55	35	70	3	44	9
Hg	0,15-2	0,2	0,2	< 0,1	< 0,1	0,2	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ni	60-130	51	69	16	3	70	30	48	3	30	7
Pb	60-90	26	29	25	80	26	20	56	17	61	90
Zn	100-250	100	94	90	84	150	79	120	28	100	90

Échantillon	Référence INRA	S106-1	S106-2	S107	S108-1	S109-1	S112-1	S113-1	S115	S116-1	S117-1
As	30-60	13	5	5	10	12	12	12	9	10	17
Cd	0,7-2	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,6	< 1,8	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cr	90-150	22	3	4	16	11	21	23	8	8	15
Cu	20-62	41	6	5	27	46	39	350	18	25	42
Hg	0,15-2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,3	0,1	< 0,1	< 0,1	0,1
Ni	60-130	34	3	3	18	28	22	36	11	17	32
Pb	60-90	47	20	< 10	29	20	49	18	30	17	52
Zn	100-250	170	45	79	120	100	390	440	120	49	130

Les analyses des métaux sur brut réalisés au laboratoire mettent en évidence :

- La présence d'anomalies modérées en Cu, Hg, Ni, Pb et Zn principalement sur tous les échantillons de remblais
- La présence d'anomalies fortes en Cu, Pb et Zn sur certains échantillons de remblais
- L'absence de problématique As, Cd et Cr
- Une bonne correspondance en termes de classification des sols par rapport aux analyses XRF

➤ **Résultats des analyses composés organiques / sol sur brut (au laboratoire agréé)**

Les résultats d'analyses sur brut sont présentés dans les tableaux suivants et comparés aux seuils « ISDI » (AM du 12/12/2014) :

Tableau 10 : Résultats d'analyses des composés organiques sur brut (mg/kg)

Échantillon	Seuil ISDI	S101-1	S101-2	S102-1	S102-2	S103-1	S103-2	S104-1	S104-2	S105-1	S105-2
HCT	500	420	390	110	< 20	440	160	180	< 20	82	< 20
HAP	50	5,9	5,9	2,3	0,14	7	3,6	7,9	< LD	3,9	< LD
BTEX	6	1,8	2,22	0,80	< LD	2,48	0,37	0,48	< LD	< LD	< LD
PCB	1	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
COHV	-	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD

Échantillon	Seuil ISDI	S106-1	S106-2	S107	S108-1	S109-1	S112-1	S113-1	S115	S116-1	S117-1
HCT	500	71	< 20	< 20	110	49	550	< 20	58	150	54
HAP	50	4,7	0,07	0,32	5,1	2,2	6	0,11	6,2	17,6	5,5
BTEX	6	0,57	< LD	< LD	0,11	< LD	< LD	< LD	0,33	0,13	0,35
PCB	1	0,14	< LD	< LD	0,05	< LD	0,75	< LD	0,09	< LD	0,01
COHV	-	0,34	< LD	< LD	< LD	< LD	0,23	< LD	1,53	< LD	< LD

Échantillon	Seuil ISDI	ISDI 1	ISDI 2	ISDI 3	ISDI 4	ISDI 5
HCT	500	120	35	< 20	< 20	250
HAP	50	2,1	2,1	1,1	0,24	14,7
BTEX	6	2,5	0,49	< LD	0,25	1,2
PCB	1	0,91	< LD	< LD	< LD	0,41

➤ **Commentaires :**

Les analyses des composés organiques sur brut mettent en évidence :

- La présence de composés organiques en concentrations inférieures aux seuils de l'arrêté ministériel du 12/12/2014 sur tous les échantillons ISD, excepté un léger dépassement du seuil ISDI en hydrocarbures au niveau de l'échantillon S112-1

➤ Résultats d'analyses sur éluât

Les résultats d'analyses sur éluât (Norme NF EN 12457-2) sont présentés dans les tableaux suivants et comparés aux seuils « ISDI » (AM du 12/12/2014).

Tableau 11 : Résultats d'analyses des métaux sur éluât (mg/kg)

Échantillon	Seuil ISDI	ISDI 1	ISDI 2	ISDI 3	ISDI 4	ISDI 5
As	0,5	< 0,03	0,05	< 0,03	< 0,03	< 0,04
Ba	20	< 0,2	< 0,25	< 0,2	< 0,2	< 0,15
Cd	0,04	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015	< 0,015
Cr	0,5	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cu	2	< 0,05	< 0,05	0,07	< 0,05	< 0,05
Hg	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Mo	0,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Ni	0,4	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Pb	0,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sb	0,06	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Se	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Zn	4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5

Ces résultats montrent que les métaux présents dans les remblais sont très peu mobilisables. Il n'y a donc pas de risques concernant ce point.

Tableau 12 : Résultats d'analyses des autres paramètres ISDI (mg/kg)

Échantillon	Seuil ISDI	ISDI 1	ISDI 2	ISDI 3	ISDI 4	ISDI 5
COT (brut)	30 000	89 000	110 000	95 000	69 000	65 000
COT (éluât)	500	11	20	16	14	17
Indice phénol	1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Sulfates	1000	130	< 100	< 100	< 100	< 100
Fluorures	10	13	8	3	8	4
Chlorures	800	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Fraction soluble	4000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000	< 1000

Légende

Valeur supérieure au seuil ISDI

Commentaires :

Ces analyses mettent en évidence :

- Un dépassement du seuil ISDI pour le COT sur brut pour tous les échantillons, mais une teneur conforme sur lixiviat pour les métaux lourds
- Un seul dépassement du seuil pour les fluorures pour l'échantillon ISDI 1 (la moyenne de tous les échantillons reste conforme)

➤ Résultats d'analyses des COV dans les gaz du sol

Suite à leur prélèvement les 5 échantillons de gaz du sol ont été envoyés en laboratoire pour analyses HCT, CAV et COHV. L'échantillon FM P3 a également été envoyé pour analyse de Hg. Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 13 : Résultats d'analyse des gaz du sol (µg/échantillon)

Analyse	FM P1- Couche de mesure	FM P1- Couche de contrôle	FM P2- Couche de mesure	FM P2- Couche de contrôle	FM P3- Couche de mesure	FM P3- Couche de contrôle	FM P4- Couche de mesure	FM P4- Couche de contrôle	FM P5- Couche de mesure	FM P5- Couche de contrôle
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS										
Benzène	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Toluène	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	1,1	<0,2	0,27	<0,2	< 0,2	<0,2
Éthylbenzène	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,39	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
p- et m-xylène	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	1,4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
o-Xylène	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,48	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Cumène	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
m-, p-Ethyltoluène	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,44	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,3,5-Triméthylbenzène (Mésitylène)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
o-Ethyltoluène	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,2,4-Triméthylbenzène (Pseudocumène)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,28	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Naphtalène	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Somme des CAV	-/-	-/-	-/-	-/-	4,07	-/-	0,27	-/-	-/-	-/-
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS										
Chlorure de vinyle	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dichloroéthylène	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Dichlorométhane	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
trans-1,2-Dichloroéthylène	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1-Dichloroéthane	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
cis-1,2-Dichloroéthylène	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Trichlorométhane	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Tétrachlorométhane	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1,1-Trichloroéthane	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Trichloroéthylène	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Tétrachloroéthylène	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Somme des COHV	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
HYDROCARBURES TOTAUX										
Hydrocarbures Aromatiques C6-C16	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures Aliphatiques C5-C16	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25	<25
MERCURE										
Mercure					< 0,005	< 0,005				

➤ **Commentaires :**

Ces analyses mettent en évidence la présence de CAV dans les gaz du sol au niveau des points FM P3 et FM P4 et l'absence des autres composés organiques étudiés. Ces analyses montrent également que le mercure présent dans les sols n'est pas volatil.

Les valeurs présentées dans le tableau précédent sont des valeurs en $\mu\text{g}/\text{échantillons}$. Pour pouvoir déterminer les risques posés par les éléments présents dans les gaz du sol il est nécessaire de calculer les concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ces éléments en sachant que le volume de gaz prélevé est de 15 l, soit **0,015 m³**. Une fois le calcul effectué nous avons pris comme référence les valeurs guides de l'air intérieur (VGAI) de l'ANSES (version d'octobre 2012 et juillet 2018 en fonction des composés) pour déterminer la présence ou non de risques sanitaires. Il n'existe pas de VGAI pour l'éthyltoluène et le pseudocumène.

Tableau 14 : Concentrations des gaz identifiés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Élément	VGAI	FM P3	FM P4
Toluène	20 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	73,3	18
Éthylbenzène	Court terme : 22 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	26	-/-
	Long terme : 1500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Xylènes	Court terme : 20 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	125*	-/-
	Long terme : 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		-/-

* Somme des m-, p- et o-xylènes

➔ **Les concentrations relevées dans les gaz du sol sont très inférieures aux VGAI et ne sont donc pas susceptibles d'induire un risque sanitaire pour les futurs usagers**

➤ **Résultats d'analyses sur les eaux souterraines**

Deux prélèvements d'eau souterraine ont pu être effectués sur le site :

- Le premier pendant la campagne de fouilles à la pelle mécanique au niveau du sondage S113, où de l'eau a été trouvée à environ 1,60 m de profondeur.
- Le second dans le piézomètre Pz1 à une profondeur de 4,07 m, les autres piézomètres étant secs.

Ces deux échantillons ont été envoyés en laboratoire pour analyses HCT, HAP, BTEX, COHV, PCB et ETM. Une erreur de manipulation au niveau du prélèvement de Pz1 a fait que les analyses de HAP et de PCB sont impossibles sur cet échantillon. Il était prévu de refaire une campagne de prélèvements pour vérifier la présence ou non d'eau dans les autres piézomètres et permettre de caractériser de façon appropriée les eaux de Pz1 mais l'accès au site était fermé lors du retour sur site.

Pour interpréter les valeurs nous avons pris comme valeurs de référence :

- Les directives de l'OMS de 2017 pour les métaux (sauf le zinc), l'éthylbenzène, le toluène et les xylènes.
- Les valeurs de l'annexe I de l'arrêté du 11/01/2017 pour les HAP, les COHV et le benzène.
- Les valeurs de l'annexe II de l'arrêté du 11/01/2017 pour les HCT.
- La limite légale du droit wallon pour le zinc.

Les résultats des analyses faites sur les échantillons sont regroupés dans le tableau suivant et comparées aux valeurs de l'arrêté du 11/01/2017 et autres références citées ci-dessus par défaut

Tableau 15 : Résultats d'analyses des eaux souterraines (µg/l)

Échantillon	Réf. « eaux potables »	Eau S113	Pz1
Composés organiques			
HCT	1000	< 50	< 50
HAP	0,1*	< LD	-/-
Benzène	1	< LD	< LD
Toluène	300	< LD	< LD
Éthylbenzène	700	< LD	< LD
Xylènes	500	< LD	< LD
PCB	-/-	< LD	-/-
COHV	10**	< LD	< LD
Métaux			
As	10	< 3	5
Cd	3	< 1,5	< 1,5
Cr	50	< 5	< 5
Cu	2000	< 5	< 5
Hg	6	< 0,1	< 0,1
Ni	70	< 10	< 10
Pb	10	< 10	< 10
Zn	200	63	53

* Somme benzo[a]fluoranthène+benzo[k]fluoranthène+benzo(g,h,i)pérylène+indéno(1,2,3-cd)pyrène

** Somme TCE+PCE

Commentaires :

Les résultats d'analyse mettent en évidence :

- La présence d'arsenic dans les eaux du piézomètre Pz1 en concentration inférieure au seuil de l'OMS
- La présence de zinc dans les deux échantillons d'eau en concentrations inférieures au seuil choisi
- L'absence d'autres métaux et de composés organiques dans les eaux des deux échantillons

5. Synthèse des données d'entrée au plan de gestion

5.1 Synthèse des zones sources recensées

La carte suivante montre l'emplacement de tous les sondages, prélèvements de gaz du sol et piézomètres réalisés à ce jour (cf. figure 6 pour les noms des sondages de HUB-Environnement de 2019).



Figure 8 : Localisation des investigations réalisées sur le site

Plusieurs cartes de synthèse ont été établies par HUB-Environnement à partir des données des études précédentes (LECES 2013 et HUB Environnement 2016 & 2019) :

- **Carte des zones impactées par les métaux lourds par rapport au fond géochimique INRA ASPITET :**
il apparaît que l'impact par les métaux lourds se fait sur la quasi-totalité du site, excepté quelques îlots. Il apparaît clairement que des remblais sont présents **sur la quasi-totalité du site (anomalie modérée) et en anomalie fortes de manière dispersée et aléatoire.**

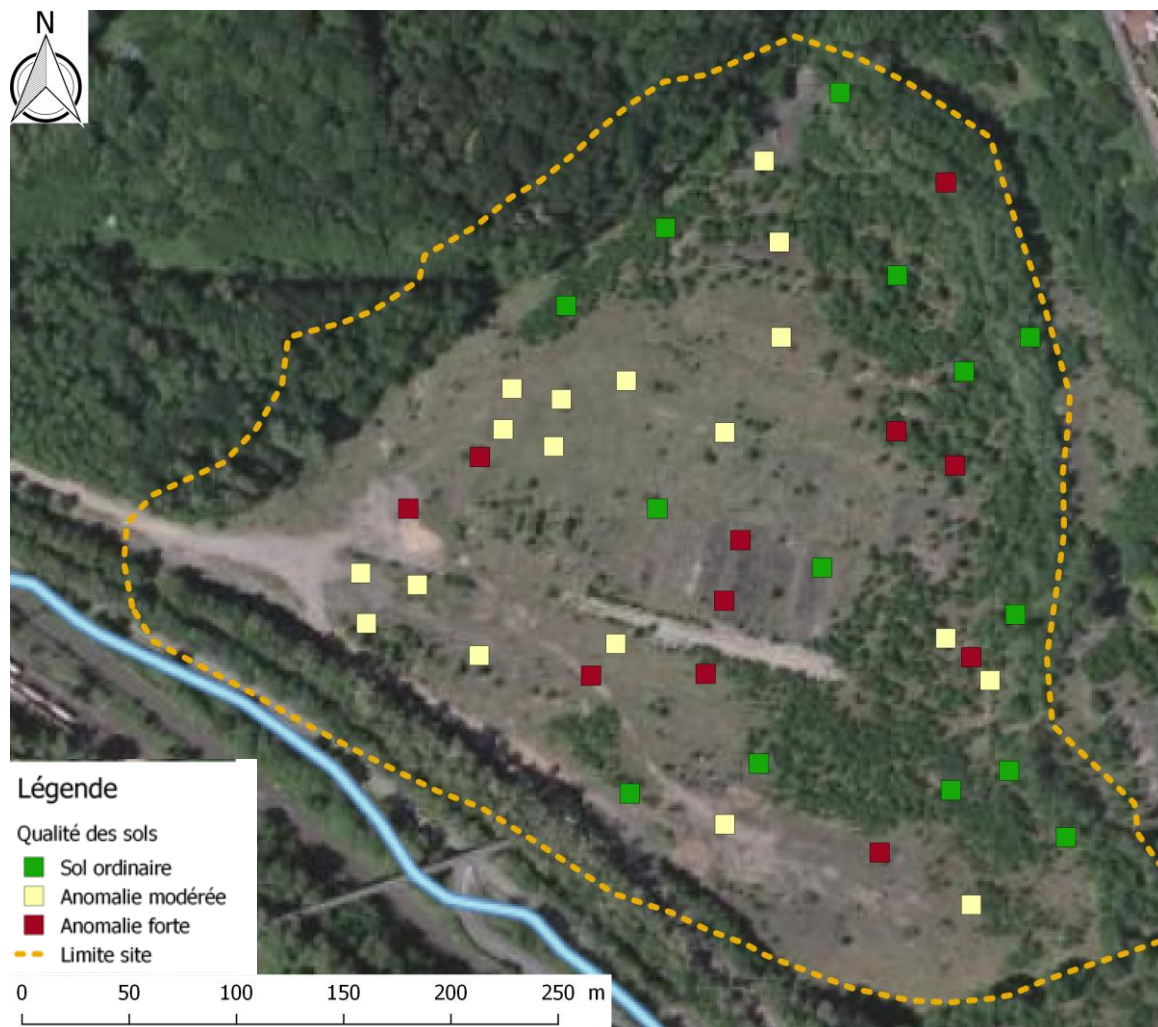


Figure 9 : Cartographie de la qualité des sols par rapport aux pollutions métalliques

- **Concernant les composés organiques :** La couche de remblais révèle des traces de composés organiques assez divers (HCT, HAP, BTEX, PCB) mais toutes les substances détectées sont soit conformes aux références de fond anthropique soit en teneurs significativement inférieures aux seuils relatifs au déchets inertes et ne sont pas susceptibles d'induire un risque sanitaire. À noter une valeur isolée en HAP (**F22 avec 93 ppm**) révélée par l'étude LECES et une valeur en HCT (**S112-1 avec 550 mg/kg**). Les données à disposition montrent cependant que la source de HAP au point F22 est une valeur isolée et sans doute aléatoire.

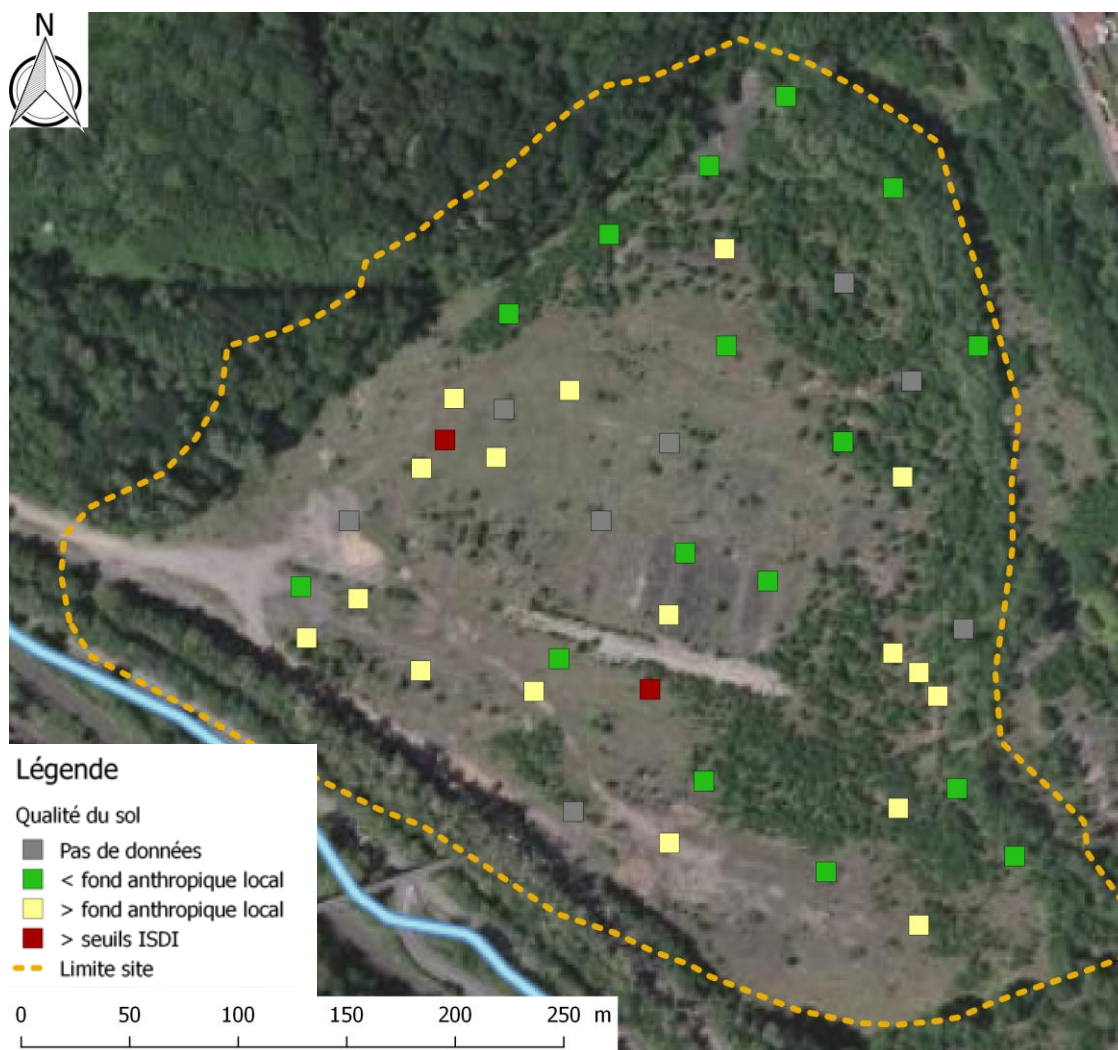


Figure 10 : Cartographie de la qualité des sols par rapport aux composés organiques

- ➔ **Il n'y a pas de source concentrée inventoriée sur ce site ;** a noter toutefois un dépassement systématique du seuil ISDI pour le COT sur brut pour tous les échantillons, rendant le sol superficiel non acceptable en ISDI
- **Les concentrations en COV relevées dans les gaz du sol sont très inférieures aux VGAI et ne sont pas susceptibles d'induire un quelconque risque sanitaire.** (Traces de Toluène, Ethylbenzène et Xylènes)

5.2 Cartographie des épaisseurs de remblais

Suite aux trois études du LECES- 2013 et de HUB Environnement 2016-2019, il a été possible de réaliser une carte de l'épaisseur des remblais sur le site

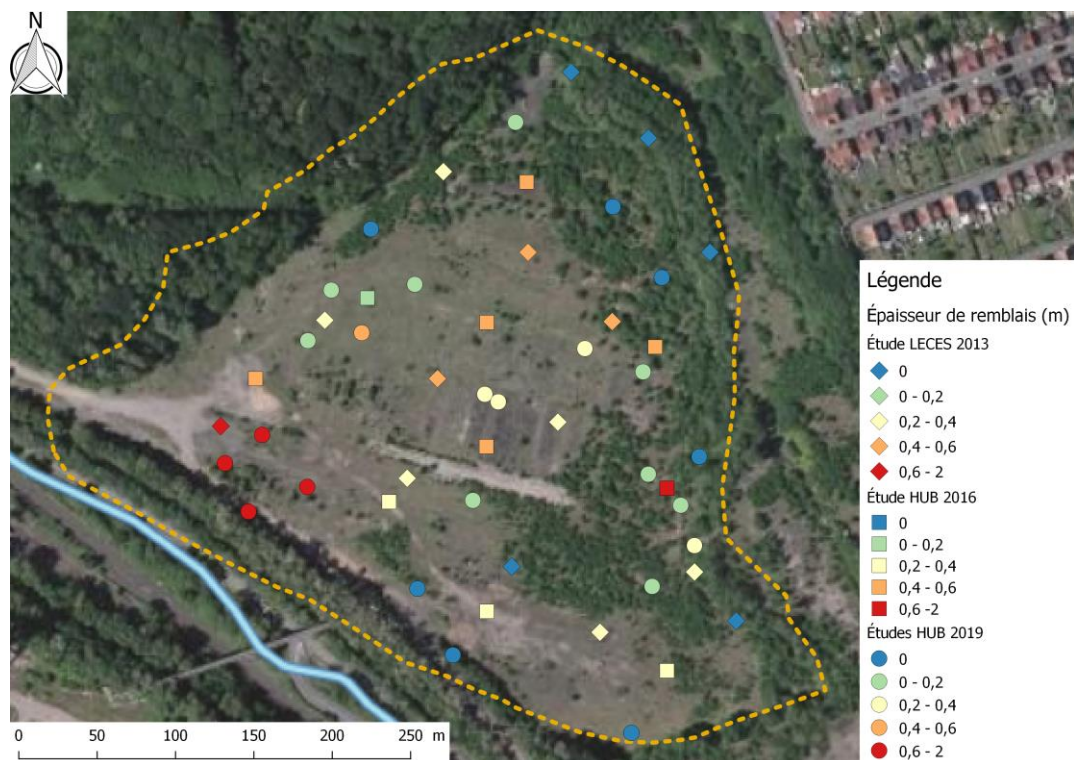


Figure 11 : Carte des épaisseurs de remblais rencontrées pendant les investigations



Figure 12 : Carte d'iso-épaisseur des remblais (interpolation faite sur QGIS 2.18)

Ces cartes montrent que les épaisseurs de remblais sur le site sont variables (généralement entre 30 et 50 cm), avec toutefois l'existence d'une zone avec une épaisseur de remblais entre 1 et 2 m dans le coin sud-ouest du site. On remarque qu'il n'y a pas de remblais en bordure Nord et Nord-Est du site.

Les analyses sur lixiviats de ces remblais mettent en évidence des teneurs **tout à fait conformes sur lixiviat.** (**Absence de métaux lourds lixiviables**) ; Seul un dépassement du seuil pour les fluorures est à noter pour l'échantillon ISDI 1 ; **Toutefois, ils ne sont pas classés « ISDI » mais « ISDND » compte tenu de leur teneur en COT**

5.3 Synthèse des données sur la présence de nappes souterraines

Les piézomètres réalisés ont été faits à 5 m de profondeur en prenant en compte la présence supposée d'une nappe superficielle à 3 – 4 m de profondeur. Suite à la réalisation des piézomètres Pz2, Pz3 et Pz5 au plus près de la rivière, les trois piézomètres se sont révélés secs. Le piézomètre Pz4 réalisé à 10 m de profondeur et situé dans la partie la plus basse du site s'est révélé sec également. Au final, seul le piézomètre Pz1 a montré la présence d'eau souterraine à une profondeur de 4,07 m.

Les données obtenues ne mettent pas en évidence la présence d'une nappe superficielle continue sur le site.

Les données à disposition montrent que le site se situe sur la nappe des Grès du Trias inférieur, ou Grès Vosgiens. Cette nappe est majoritairement captive, sauf au niveau des Vosges où se trouve sa zone d'alimentation et du bassin houiller lorrain où se trouve le site d'étude, et son écoulement se fait globalement du Sud vers le Nord (des Vosges vers la Sarre). La perméabilité de l'aquifère est d'environ $3,3 \cdot 10^{-5}$ m/s au niveau du bassin houiller, ce qui est relativement élevé pour des grès.

L'exploitation minière de la région a nécessité le pompage de la nappe pendant plusieurs décennies afin d'éviter de noyer les galeries de mines, ce qui couplé aux pompages pour d'autres utilisations a entraîné une chute importante du niveau de la nappe (jusqu'à plus de 100 m).

L'arrêt des exploitations minières en 2006 a entraîné l'arrêt du pompage des eaux d'exhaure, ce qui permet à la nappe de remonter. Cette remontée de la nappe reste cependant ralentie par l'exploitation de la nappe pour d'autres activités.

Ce rabattement des eaux de la nappe a également rompu le lien entre la nappe alluviale de la Rosselle et la nappe des Grès. Il est attendu que la continuité hydraulique entre ces deux nappes soit reconstituée quand la nappe des Grès sera remontée à son niveau naturel. Plusieurs études de la DREAL et de GEODERIS montrent cependant que la profondeur attendue de la nappe est supérieure à 5 m au droit du site.

Les données obtenues ont permis de réaliser le schéma conceptuel suivant, qui regroupe les connaissances actuelles sur les eaux souterraines de ce site

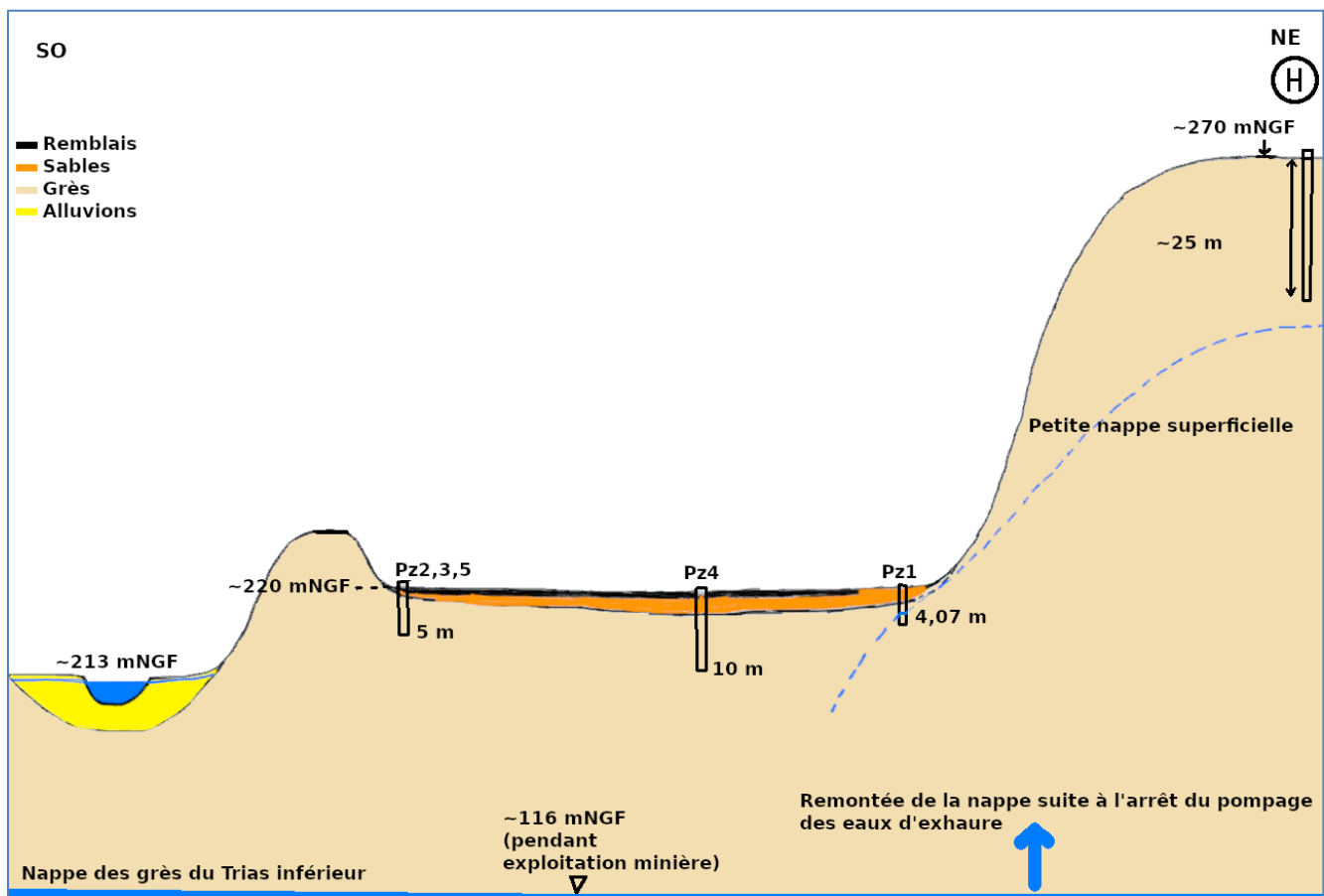


Figure 13 : État des lieux des connaissances sur l'hydrogéologie du site

6. Description du projet d'aménagement

Toute la zone sera reconvertie en zone d'habitat individuel.

Le terrain sera divisé en plusieurs petites parcelles avec des surface comprises entre 500 m² et 1000 m² réservées à la construction de maisons individuelles.

La carte suivante présente le projet d'aménagement au 13/12/2017.



Figure 14 : Projet d'aménagement de la zone (13/12/2017)

7. Plan de gestion

7.1 Généralités

Sur la base des conclusions présentées dans les chapitres précédents, il apparaît que les terrains ayant accueilli des activités polluantes ont été identifiées comme impactées par des composés organiques et des métaux lourds :

- La quasi-totalité des sols superficiels du site peuvent être classés comme anomalies modérées et ponctuellement en anomalies fortes. Les métaux présentant les dépassements les plus importants sont le plomb, l'arsenic, le cuivre et le zinc, avec une variabilité importante dans l'espace.
- Pour les composés organiques, les remblais révèlent des traces de HCT, HAP, PCB et BTEX à des teneurs très faibles, excepté pour les HAP et les HCT où deux valeurs très ponctuelles ont été mises en évidence (F22 avec 93 ppm de HAP et S112 avec 550 ppm de HCT).

Au regard de ces anomalies identifiées lors des diagnostics précédents, la compatibilité de l'état des milieux avec **l'usage projeté (habitat individuel) a été validée par l'étude ARR de TAUW (Juillet 2011)**. Toutefois et vu certaines valeurs certes très ponctuelles en HAP et ETM, un plan de gestion et vivement recommandé pour assurer la gestion des risques résiduels et surtout assurer la bonne gestion des déblais qui seront issus et générés par l'aménagement du site ;

Pour rappel la notion de risque comporte trois éléments : la source, le vecteur (ou voie de transfert) et la cible. Ces trois éléments doivent être présents simultanément pour qu'un risque existe, ce qui offre donc trois possibilités d'action pour réduire le risque en agissant soit sur la source (purge ou traitement in situ), sur la voie de transfert (confinement), ou sur la cible (limitation d'usage avec servitudes).



Le plan de gestion qui est présenté ici propose des moyens de gestion avec ces 3 possibilités d'actions, sur la source, sur la cible et sur la voie de transfert.

Le plan de gestion présente ainsi les mesures techniques et organisationnelles à retenir pour la maîtrise des risques liés à la présence de substances indésirables dans les sols. Ces mesures de gestion comprennent :

- **Des mesures sur la cible avec adaptation de l'aménagement** à la configuration de la pollution et mise en place de restrictions d'usage des sols afin de construire et d'aménager le site sans générer de risques sanitaires, l'objectif étant d'adapter la sensibilité de l'usage à la pollution des terrains ; Ces mesures sont définies en concertation avec l'aménageur et les architectes.
- **Des mesures de traitement des sources concentrées** : Ces traitements de sols seront conçus de manière à prévenir au mieux la production de déchets, en évitant l'envoi de terres polluées en filières externes. Les techniques de traitement sur site seront ainsi privilégiées.
- **Des prescriptions constructives (actions sur les voies de transfert)** relatives aux futurs aménagements sur le site consistant le plus souvent à confiner les terres impactées sous une couche de terres saines, ou supprimer le transfert des composés volatils par la construction d'un vide sanitaire ou la pose de film étanche sous les futures maisons.
- **Des prescriptions relatives à l'hygiène et à la sécurité du personnel pendant la phase chantier**, et notamment pendant les travaux de terrassement liés à l'aménagement de la ZAC.
- **Des mesures organisationnelles** (récolement, surveillance, conservation de la mémoire) pour veiller à la bonne mise en œuvre de l'ensemble de ces prescriptions et pour assurer la sécurité sanitaire sur le long terme.

7.2 Mesures par adaptation de l'usage à la qualité du sol (actions sur la cible)

Ce chapitre concerne l'aménageur qui a ainsi la possibilité d'adapter son projet à la qualité environnementale des sols

La présence d'un remblai superficiel présentant un risque sanitaire potentiel (bien que très modéré, cf ARR TAUW 2011) , il aurait été souhaitable de limiter l'usage du site à un habitat de type « collectif » ;

Toutefois, c'est l'usage « habitat individuel » avec jardins potagers qui a été retenu (il paraît difficile de les interdire) ; Vu le choix d'un usage sensible non restrictif, les sols actuellement en place devront faire l'objet d'autres mesures de gestion : soit être isolés et recouverts d'une couche de terre saine (voir mesures constructives), ou bien être purgés (Voir mesures de traitement)

➔ Ainsi, aucune mesure d'adaptation ni restriction de l'usage n'est a priori prévue sur ce site.

7.3 Mesures de traitement des sources induisant un risque

Ce chapitre concerne la MOE et l'entreprise de terrassement qui aura la charge de la gestion des mouvements de terres et de la mise en conformité sanitaire du site

Pour rappel, les différents diagnostics complémentaires n'ont pas mis en évidence de véritables « sources concentrées » de pollution sur ce site ; les quelques une existantes ont été purgées à l'occasion de la cessation d'activité. **Seule , la présence d'une couche superficielle de remblais noirâtres est à gérer**

7.3.1 La couche de remblais superficiels – solutions envisageables

L'ensemble des remblais noirs mis en évidence sur le site qui sont impactés en métaux lourds et HAP de manière modérée et très dispersée pourra être géré de différentes façons :

- **Confinement en place** de l'ensemble de la couche de remblais superficiels du site par mise en place d'une couche de 50 cm de terre saine pour les espaces verts et les jardins. Un recouvrement artificiel peut être envisagé pour les autres surfaces (bitume, pavés, ...). Cette solution serait à envisager aussi bien pour les lots privés que pour les espaces publics.
- **L'excavation de la totalité de la couche de remblais avec confinement classique** en merlon placé en alvéole étanche sur le site sous une membrane PEHD.
- **L'excavation de la totalité de la couche de remblais avec mis en merlon sur site en structure « multicouches »** associée à de la phytoremédiation ; (à confirmer par tests laboratoire et essais complémentaires).
- **L'excavation de la totalité de la couche de remblais avec évacuation des déblais en filière** extérieure (ISND et ISDI)

➤ Solution « Confinement en place »

L'ensemble de la superficie du site sera recouvert par une couche de terre végétale minimale de 50 cm ou bien recouvert par du revêtement artificiel (bitume, pavés, ...) sur les zones de voirie. Cette solution a l'avantage de demandé peu de terrassement et de remaniement de terres. En revanche, elle demande l'amené d'une grande quantité de terre saine sur le site. De plus, il y aura nécessité d'imposer des servitudes pour sécuriser la couche de remblais restant en place :

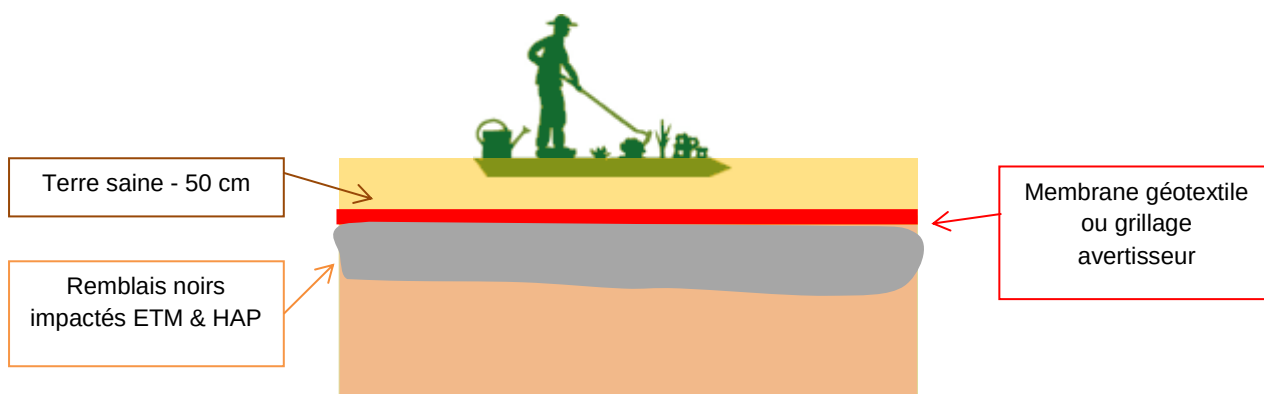


Figure 15 : Dispositif de confinement des sols

Vu l'usage sensible « habitat individuel », la solution de recouvrir le remblai en place sur la totalité du site apparaît difficile surtout en termes d'acceptabilité pour les futurs usagers du site avec des contraintes et servitudes qui seront peu compatibles avec l'usage.

- ➔ **Compte tenu de la relative faible épaisseur de la couche de remblais pollués, il a été convenu de ne pas retenir cette solution de confinement en place et d'opter directement vers une solution d'excavation de cette couche indésirable.**

➤ **Solution « Excavation et création d'un confinement en merlon sous membrane PEHD »**

La solution retenue est l'excavation de l'ensemble des remblais présents sur le site pour gérer les déblais produits. Le scénario d'évacuation des terres en décharge a été envisagé mais serait trop coûteux.

La solution alternative à la mise en décharge est le confinement sur site en alvéole étanche sous une membrane PEHD. Cette solution offre l'avantage d'éviter le transport par la route et de se limiter à du terrassement sur site. L'étanchéité est assurée avec un film PEHD posé à la base et en couverture constituant ainsi un stockage fiable et permanent. Le film étanche de couverture est recouvert d'une couche de terres saines pour assurer la végétalisation du merlon. Le stockage de ces déblais pollués pourra aussi être utilisé en confortement de talus (Voir schémas d'implantation des stockages ci-après).

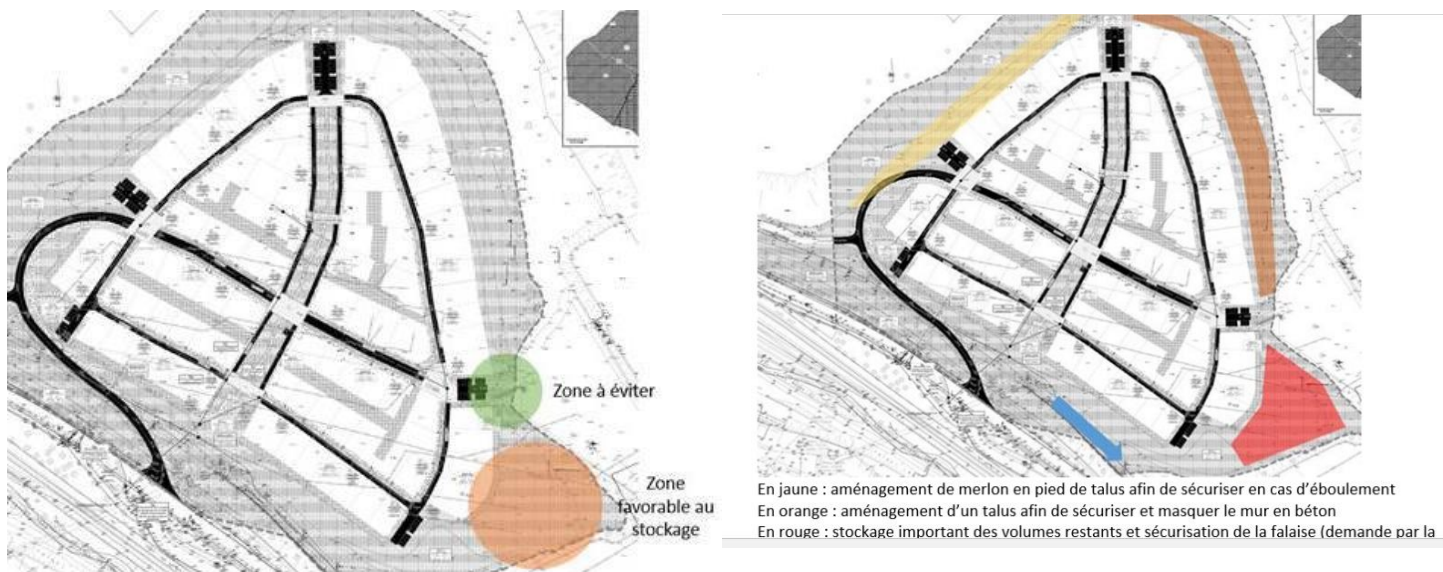
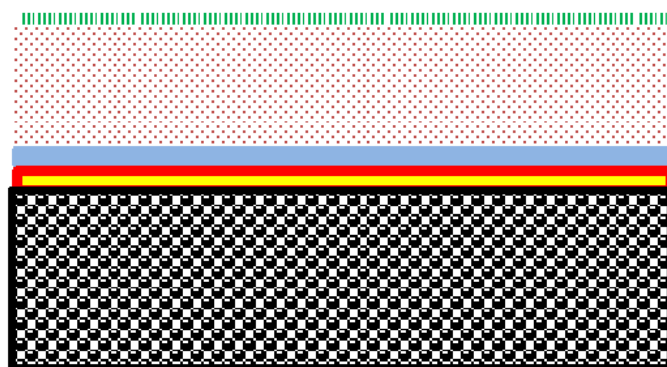


Figure 16 : Zones de stockage possible

Attention : en cas d'utilisation en confortement de talus, il faudra veiller aux arrivées d'eau d'infiltration en pied de talus qui devront être collectées séparément et être isolées du stockage.

Le détail de la conception de la couverture est précisée ci-dessous :



Couverture végétale (herbes)

Couche terre végétale (0,30 m)

Géotextile drainant

Liner PEHD avec géotextile de protection de part et d'autre

Déblais impactés à confiner

Figure 17 : Schéma de la couverture des stockages

➤ Solution dispositif « multi-couches » associé à de la phytostabilisation

En alternative au stockage des déblais pollués en alvéole étanche, nous proposons un stockage sécurisé avec un ensemble de dispositifs permettant chacun de contribuer à la sécurité du stockage. Ces dispositifs sont :

- Constitution de la zone de stockage avec tri préalable des déblais, en séparant au mieux les lots les plus impactés de ceux en anomalies modérés. (voir schéma ci-dessous).
- Confinement des terres en anomalies fortes, notamment en Plomb, et des sources organiques (zones rouges des figures 10 et 11) au plus profond et en position centrale dans le merlon.
- Ce stock en anomalies fortes sera compacté au mieux et protégé par un géotextile drainant permettant d'évacuer les eaux d'infiltration et protéger ainsi la couche sous-jacente la plus impactée.
- Recouvrement par une seconde couche de déblais impactés en anomalies modérées. Le principe est donc de créer un merlon « multicouches » qui permettra d'isoler naturellement les terres les plus impactées par un dispositif de type « cage de faraday »
- Couverture végétale finale avec couche de terre végétale et avec plantation spécifique afin d'assurer une phytostabilisation de ces déblais superficiels en anomalie modérée ; de nombreuses plantes sont reconnues performantes pour une stabilisation (Cf. peupliers, saules, aulnes, graminées telles que *Festucarubra*, ...). Le choix des plantes portera en priorité sur des espèces locales afin de s'assurer de la compatibilité des plantes avec le climat. L'épaisseur de la couche superficielle en anomalie modérée permettra un enracinement profond de la couverture végétale constituant une garantie pour la pérennité de la plantation
- Un bassin de récupération des lixiviats avec filtration par lit de sable avec plantes sélectionnées sera mis en place pour traiter si besoin est, les lixiviats de fond d'alvéole, les eaux issues du géotextile drainant et les eaux de ruissellement superficiels

Le schéma de ce stockage est visualisé sur la figure suivante :

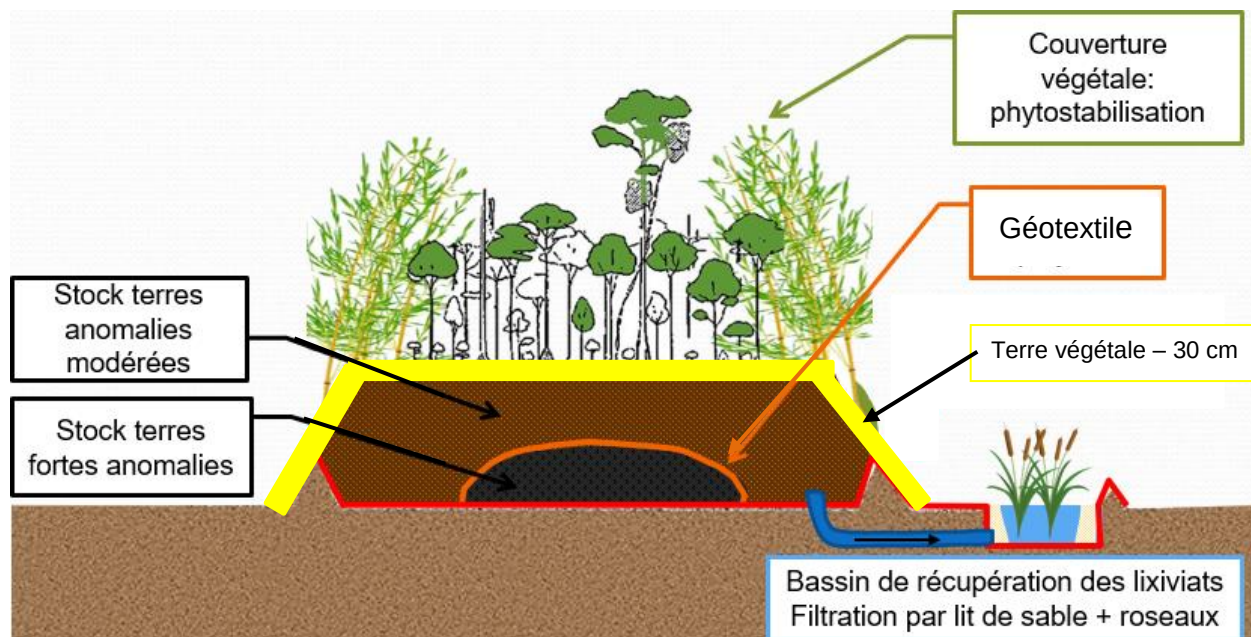


Figure 18 : Schéma du stockage « durable » avec multicouches et phytostabilisation

Cette solution a pour avantage de s'inscrire dans une démarche de développement durable et de respect de l'environnement, avec un stockage qui progressivement s'intégrera dans le site après un suivi de l'atténuation naturelle. Le stockage pourra ensuite « s'autogérer » sans le moindre entretien (à la grande différence d'une couverture classique sous PEHD)

Les tests de lixiviation montrent que les métaux présents dans les remblais sont très peu mobilisables. Le bassin de récupération et traitement par filtration n'apparaît pas indispensable à terme et pourra être supprimé après une période de suivi d'environ un an

Le stockage et ses abords seront clôturés et interdit d'accès

➤ **Solution « Excavation et exportation des déblais en filière externe (Décharge ISDND)**

Cette solution consiste en l'excavation de la totalité de la couche de remblais avec évacuation des déblais en filière extérieure (ISND) et peut être en ISDI pour une part sous réserve d'acceptation des centres agréés. La mise en œuvre de cette solution nécessitera un tri à l'excavation et un suivi analytique des déblais avant envoi en filière ; La procédure normale en matière de transport de déchet et d'évacuation en filière devra être respectée avec production de CAP (Certificat d'acceptation préalable) et suivi par BSD (Bordereau de suivi de déchets)

- ➔ **Cette solution est écartée d'office pour des raisons environnementales (exportation de déchets par camions), et compte tenu des coûts d'acceptation en filière hors travaux et suivi (Coût filières évalués entre 1 000 à 2 000 k€, voire au-delà en fonction des conditions d'acceptation des centres**

7.3.2 Bilan coût/avantage :

➤ Bilan coût/avantage

Pour l'approche coûts/avantages, nous avons retenu les 2 méthodes les plus adaptées au contexte pour assurer la gestion de la couche de remblais impactés de manière très aléatoire en métaux lourds et HAP :

- Excavation et confinement sur site en merlon classique (avec film PEHD)
- Excavation et confinement sur site en merlon « multicouches » avec phytostabilisation

Les remblais à gérer ainsi selon ces 2 scénarios représentent un volume d'environ **33 000 m³**

Le bilan cout/avantages de ces 2 scénarios est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 16 : Bilan comparatif des deux solutions de traitement des terres impactées

	Confinement classique film PEHD	Multicouches & Phytostabilisation
Principe et description du procédé	Excavation des remblais à la pelle mécanique ; Mise en merlon de ces terres, puis confinement en alvéole étanche avec film PEHD.	Excavation des remblais à la pelle mécanique ; Tri entre les anomalies fortes et modérées, puis mise en merlon en suivant le schéma Figure 11. Recouvrement par un toit végétal adapté, contrôle des lixiviats
Facilité de mise en œuvre	Grande facilité de mise en œuvre	Facilité de mise en œuvre mais un tri des remblais est nécessaire ; Moins de facilité à la mise en place du système multicouche avec nécessité d'analyses des déblais ; Sélection des plantes et mise en place du toit végétal et du bassin de récupération des lixiviats plus délicate
Nuisances chantier	Nuisances induites par le transport sur site des déblais pollués → Prévoir mesures de suivi	Nuisances induites par le transport sur site des déblais pollués → Prévoir mesures de suivi
Principe de proportionnalité des mesures par rapport aux risques	Solution apparemment adaptée en termes de volumétrie et de place disponible, mais pas forcément en adéquation avec la nature du matériau à stocker qui est assez peu lixiviable	Solution apparemment adaptée et proportionnée au contexte environnemental, notamment concernant la nature des déblais à stocker qui sont finalement peu lixiviables
Garantie Fiabilité Pérennité	Solution moins fiable sur le long terme, avec nécessité d'une maintenance pour garantir la pérennité du film étanche de couverture, et problème de stabilité de la couche de terre végétale ...Nécessité d'une servitude pour l'entretien et la maintenance	Les matériaux impactés sont stabilisés sur le site et le stockage va s'autogérer sans nécessité d'une maintenance importante → atténuation naturelle progressive avec retour à l'équilibre
Bilan déchets	Solution attrayante avec AUCUNE PRODUCTION DE DÉCHETS (pas d'exportation en filière externe)	Solution attrayante avec AUCUNE PRODUCTION DE DÉCHETS (pas d'exportation en filière externe)
Bilan environnemental global et bilan carbone	Bilan acceptable en termes de travaux mais pas très satisfaisante sur le long terme, maintenance à prévoir	Bilan acceptable en termes de travaux et très satisfaisante sur le long terme -> pratiquement pas de maintenance excepté un suivi les premières années
Bilan « accidentogène »	Bilan acceptable en termes de travaux → Attention à l'excavation	Bilan acceptable en termes de travaux → Attention à l'excavation
Acceptabilité sociétales et administrative	Acceptabilité moyenne ; attention aux craintes des riverains pour ce stockage qui sera plus perçu comme un stock de déchet	Acceptabilité très bonne pour les riverains, sous réserve de l'acceptation par les autorités compétentes (DREAL) – projet innovant pouvant provoquer des réserves de l'administration
Bilan financier	Plus faible coût immédiat, attention à la maintenance	Faible coût, s'ajoute le coût du toit végétal et la surveillance dans les premières années
Risque financier	Peu de risque de surcoût excepté dégât sur la couverture sur le moyen - long terme	Peu de risque de surcoût
Délais	Immédiat	Immédiat

Les tarifs estimatifs de ces deux scénarios sont montrés dans le tableau suivant, en prenant en compte une densité théorique de **1,8 t/m³** pour la terre.

Tableau 17 : Coûts estimatifs des opérations de dépollution

Prestations	Prix unitaire	Unité	Quantité	Solution 1	Solution 2
Excavation et mouvement des déblais	5 €/t	t	59 400	297 000	297 000
Mesures de confinement et drainage	30 €/m ²	m ²	22 000	660 000	0
Tri des terres (analyses)	200 €	u	330	0	66 000
Mise en place du recouvrement terre végétale	10 €/m ² (1)	m ²	11 000	110 000	110 000
Mise en place plantes phytostabilisation	20 €/m ² *	m ²	11 000	0	220 000
Surveillance après travaux et contrôle efficacité	50 000 (1)	F	1	0	50 000
COÛT TOTAL ESTIME				1 067 k€	743 k€

**le cout de la phytostabilisation est à confirmer, cette solution n'étant pas encore standardisée*

La solution 2 (Stockage « durable ») est significativement moins onéreuse avec une économie de 30 % par rapport à la solution classique de confinement total sous membrane PEHD. La grande différence se fera sur le long terme. La solution avec le confinement sous film PEHD demandera un entretien régulier pour éviter la pousse d'une végétation haute et un entretien différé au bout de quelques années (non comptabilisé dans le présent bilan), augmentant le coût sur le long terme, alors que la solution 2 « multicouches avec phytostabilisation » ne demandera pas d'entretien sur le moyen – long terme (retour à la nature progressif avec atténuation naturelle).

7.4 Gestion des risques sanitaires pour le personnel en phase chantier

Ce chapitre est à destination du terrassier chargé des travaux d'aménagement dans un premier temps, puis les constructeurs et leur terrassier, puis les propriétaires chargé des travaux d'entretien et maintenance

Il faut discerner 3 étapes :

7.4.1. La phase aménagement :

Le personnel des entreprises amenées à effectuer les travaux de construction et d'aménagement s'exposent à un risque dû à leur contact direct avec les sols et/ou avec l'inhalation des poussières contaminées par les métaux lourds en cas de découverte de pollution résiduelle → **Le personnel devra donc être informé de cette possibilité de pollution résiduelle et devront le signaler**

Cette information devra obligatoirement leur être transmise avec les règles de prévention des risques qui en découlent.

Des règles de protection individuelle simple devront être prévues (gants, bottes, combinaisons, masques anti-poussières si la poussière est au-delà du seuil du visible). Le personnel sera sensibilisé pour une hygiène rigoureuse avec changement de vêtements régulier, lavage régulier des mains, déjeuner hors de la zone de travaux...

Une attention toute particulière devra être portée pour éviter les poussières sur le chantier avec arrosage ou brumisation des stocks et des surfaces de terres à nu susceptibles de générer des envols ainsi que les pistes des camions, la vitesse de ces camions étant réduite et contrôlée.

Un contrôle des COV (par PID portatif) dans les fouilles et les excavations sera prévu et réalisé systématiquement.

7.4.2. La phase travaux construction :

Vu que la couche de remblais aura été entièrement purgée il n'y aura plus aucun risque et donc plus de contrainte.

Toutefois il y a lieu de rester prudent et de maintenir un minimum de vigilance en cas de pollution résiduelle

Compte tenu de la purge totale des remblais impactés, les mesures habituelles à mettre en œuvre dans le cadre de terrassement sur site pollué seront allégées et consisteront uniquement à :

- Informer les terrassiers de la présence possible de pollution résiduelle
- Terrassement des terres, qui devra faire l'objet d'une surveillance visuelle par le personnel qui sera préalablement informé du risque d'excaver d'éventuels sols impactés résiduels et localisés
- Stockage temporaire d'éventuelles terres impactées décaissées sur le site (sur aire étanche en cas de forts doutes sur leur qualité), avec un minimum de traçabilité en enregistrant la zone de provenance des déblais impactés ; Contrôle analytique des terres stockées par un prestataire spécialisé en sols pollués
- Le contrôle environnemental d'éventuels déblais impactés permettra leur orientation et déterminera la possibilité de les réutiliser sur site ou de les diriger en filière agréée (ISDND ou ISDD -, biocentre, stockage sur site ...).

7.4.3. La phase après construction :

Ce chapitre est à destination de l'aménageur et des constructeurs et doit être retranscrit dans les documents d'utilisation d'exploitation et de maintenance des bâtiments (DUEM) ou dans le règlement de la copropriété pour les lots concernés.

Ce chapitre concerne les travaux de maintenance et d'entretien susceptibles de générer des déblais générés par les futurs propriétaires (après livraison des parcelles individuelles)

Vu que la couche de remblais aura été entièrement purgée et qu'une couche de terre végétale recouvrira l'ensemble des lots privés et des espaces publics, il n'y aura plus aucune contrainte.

7.5 Prescriptions constructives (action sur les voies de transfert)

Ce chapitre est à destination de l'aménageur et des constructeurs et doit être retranscrit dans les documents d'utilisation d'exploitation et de maintenance des bâtiments (DUEM) ou dans le règlement de la copropriété

Vu que la couche de remblais aura été entièrement purgée et qu'une couche de terre végétale recouvrira l'ensemble des lots privés et des espaces publics, il n'y aura plus aucune contrainte sur les surfaces non bâties :

Pour les surfaces bâties, il n'y a aucune obligation de vide sanitaires : les vide sanitaires ne seront pas obligatoires d'un point de vue « risque pollution » du sol, pour la bonne raison que toutes les analyses de gaz du sol conduites ne révèlent aucun COV ; l'étude de risque sanitaire faite par TAUW valide l'usage résidentiel sans prescrire de vide sanitaire ; un contrôle des COV dans les sols sera effectué lors de l'excavation afin de confirmer ce point ; en cas de doute, nous préconiserons plutôt la pose d'un film plastique étanche à l'air sous bâtiment en alternative au vide sanitaire bien plus coûteux

Dans les cas où des restes de remblais seraient laissés en place au niveau des espaces publics, les mesures suivantes sont rappelées pour mémoire :

- Mise en place dans les niveaux impactés de canalisations d'eau potable en tranchées remblayées par des matériaux sains d'épaisseur suffisante de 30 cm à minima de part et d'autre de la tranchée, et avec géotextile anti contaminant pour séparer le remblai sain des terres contaminées avoisinantes, selon le schéma ci-dessous.

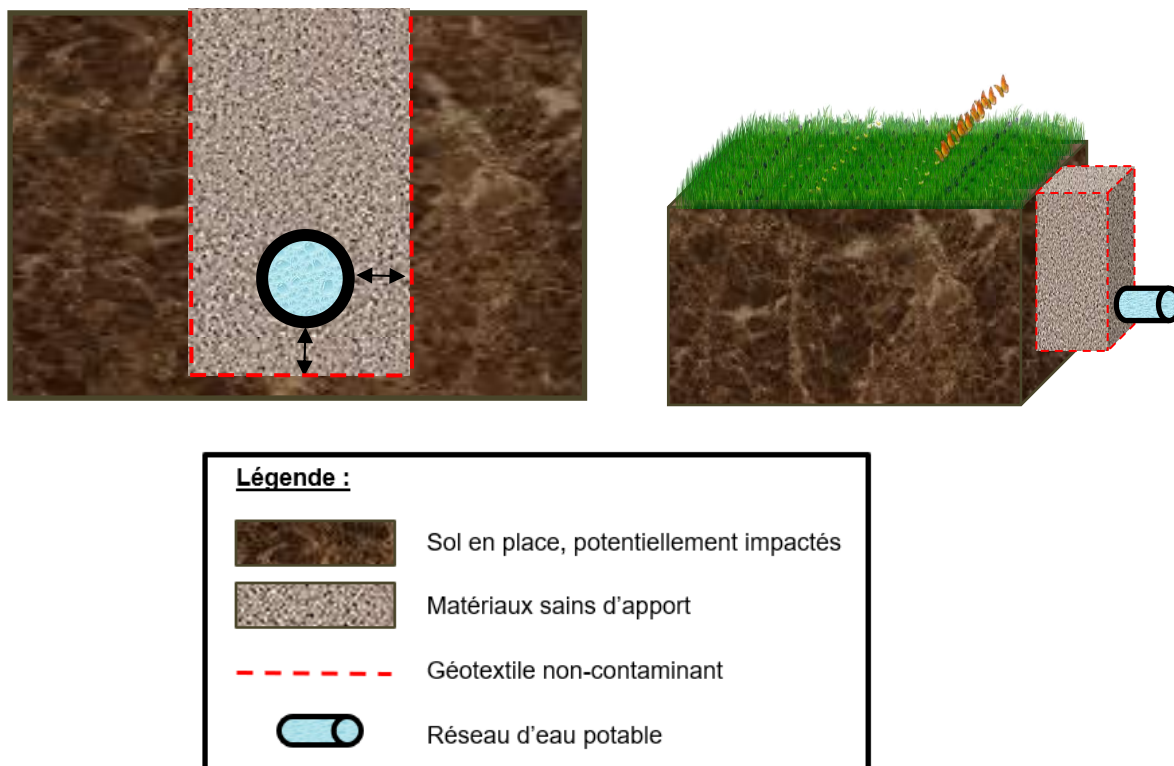


Figure 19 : Dispositif de protection des adductions d'eau potable

- **Mise en place de système d'infiltration des eaux pluviales** : au niveau de noues ou de puisards d'infiltration des eaux pluviales, il y aura lieu de vérifier la qualité environnementale des sols et de vérifier la purge totale de tout remblais impacté résiduel

7.6 Les mesures de gestion organisationnelle (servitudes)

Ce chapitre est à destination de l'aménageur, des notaires, et des futurs propriétaires

7.6.1 Cadres et objectifs

En lien avec les mesures constructives mentionnées avec les prescriptions du Plan Local d'Urbanisme et les mesures de gestion ci-dessus retenues, des servitudes peuvent être instituées afin de garantir dans le temps le respect de ces règles et recommandations. Les objectifs de ces servitudes sont les suivants :

- L'assurance de la protection de la santé humaine et de l'environnement au cours du temps (dont éventuelles précautions pour la réalisation de travaux d'affouillement, passage de canalisations d'eau...).
- L'assurance qu'une éventuelle modification de l'usage ne sera possible que si elle est conforme aux définitions des servitudes ou que si elle s'accompagne d'études et /ou de travaux garantissant la compatibilité avec cet usage.
- La pérennité de la maintenance ou la surveillance du site.

7.6.2 Servitudes à mettre en œuvre

- **La zone de stockage des déblais impactés** devra faire l'objet d'une servitude dans le cas de la solution 1 (confinement classique) ; pour cette solution, il y a en effet obligation d'un entretien régulier et d'un suivi ; Dans le cas du confinement par multicouches et phytoremediation, cette servitude ne s'impose pas et l'obligation de surveillance sera limitée jusqu'à un retour à un état stable et éco compatible
- **Interdiction de l'accès aux talus et bassin par les acquéreurs** : il y a nécessité, par principe de précaution, de mettre une barrière grillagée pour limiter l'accès avec un portail avec serrure ; un accès par véhicule au niveau du bassin pour procéder à l'entretien; est à notre avis inutile, car il ne s'agit pas d'un traitement d'effluents domestiques mais d'eaux d'infiltration qui seront limpides et peu chargées ;

7.6.3 Suivi, Contrôles, Analyse des Risques Résiduels et Récolement

- **Etude ARR après travaux** : À l'issue de la mise en œuvre du plan de gestion, l'ensemble des teneurs résiduelles devra être contrôlé et faire l'objet d'une actualisation et vérification de l'analyse des risques résiduels (ARR) permettant de conclure à la compatibilité entre l'état de contamination résiduelle du site et l'usage envisagé, en disposant des données acquises à l'occasion des travaux.
- **Un dossier de récolement** décrivant l'ensemble des travaux et mesures de gestion mises en œuvre et intégrant les résultats des contrôles et de l'analyse des risques résiduels, ainsi que l'ensemble des documents justificatifs relatifs aux travaux (notamment BST, CR de travaux...) devront être réalisés et transmis éventuellement à l'administration compétente.
- **Exploitation du bassin et des plantes dans le cadre de la phytostabilisation** : à priori, les eaux ne seront pas polluées et respecteront les normes de rejets ; l'entretien pourra se faire dans le cadre de l'entretien des espaces verts : Des tests de percolation seront réalisés pour vérifier exactement la nature des effluents et mieux anticiper et prévoir la qualité future des effluents

7.6.4 Conservation de la mémoire de site

Dès lors que des matériaux contaminés sont laissés sur site, la conservation de la mémoire du site doit être organisée de manière pérenne. Dans le cas présent, la pérennisation de la mémoire du stockage sur site des remblais impactés devra être assuré.

Cette mémoire peut être inscrite sous forme de restriction d'usage conventionnelle au niveau de la zone de stockage, et être mentionnée dans le règlement d'une association syndicale de copropriétaires,

7.7 Description détaillée de la solution retenue

➤ *La solution retenue – description :*

La solution retenue est donc l'excavation de la totalité des remblais présents sur site afin de ne pas avoir la contrainte de servitudes trop lourdes ; les déblais classés « ISDND » (Cf la teneur en COT) devront être stockés sur site avec une technique plus légère que le stockage classique sous membrane PEHD, lequel est plus coûteux à mettre en œuvre (environ 30 %) et bien plus exigeant en entretien et maintenance ;

Le stockage sur site des déblais excavés classés ISDND se fera en appliquant la solution « stockage durable » ; cette solution consiste en un stockage en multicouches (les déblais les plus impactés sont triés et concentrés au cœur du stock), complété par une couche de terre végétale et une couverture végétale adaptée à la nature de la contamination ; cette solution est mieux proportionnée à la problématique du site, du fait du faible pouvoir de lixiviation des déblais à sécuriser (seul le fluorure est non conforme ISDI et dans une faible proportion, car en moyenne le lixiviat est conforme ISDI pour ce paramètre)

A noter que les stockages seront finalement recouverts d'une couche de terre végétale (20 cm) qui permettra d'éliminer totalement les envols de poussières contaminées (mais allègera le dispositif « phyto »)

Un schéma de présentation de cette solution est donné en fig. 8 ; il est difficile à ce stade des études d'aller plus en avant dans la description. Il y aura nécessité de préciser cette solution et de passer par des essais complémentaires, avec notamment des essais en colonnes afin de mieux anticiper la nature des eaux de percolation à travers la conception du stockage en multicouches dont le cœur plus impacté sera protégé par un géotextile drainant ; ce dispositif permettra de diminuer considérablement la charge polluante ; Les études de faisabilité comprendront des essais de percolation (5) selon la norme NF 14405 (Juillet 2005) afin de déterminer l'évolution du pouvoir de migration dans le temps.

En fonction des résultats de ces essais préalables, les stockages seront équipés d'un drain à la base pour contrôler la nature des effluents infiltrés, et nous confirmerons l'infiltration de ces eaux sur place, ou bien nous installeront un bassin tampon avec lit de sable et plantes (roseaux) pour assurer l'atténuation de la charge avant rejet au milieu naturel

➤ *La solution retenue – chiffrage :*

Les premiers chiffrages réalisés à l'occasion du bilan coûts avantages ont permis de préciser les écarts de prix entre les différentes solutions ; il s'agit ici de préciser le coût de la solution retenue en tenant compte des adaptations résultant des diverses consultations (administration notamment) et des contraintes de commercialisation avec la nécessité d'un phasage des opérations (a priori l'opération immobilière sera divisée en 4 Tranches) ;

Pour ce faire, la cartographie de l'épaisseur des remblais a été affinée et un calcul des volumes par tranche a été réalisé - voir plan suivant

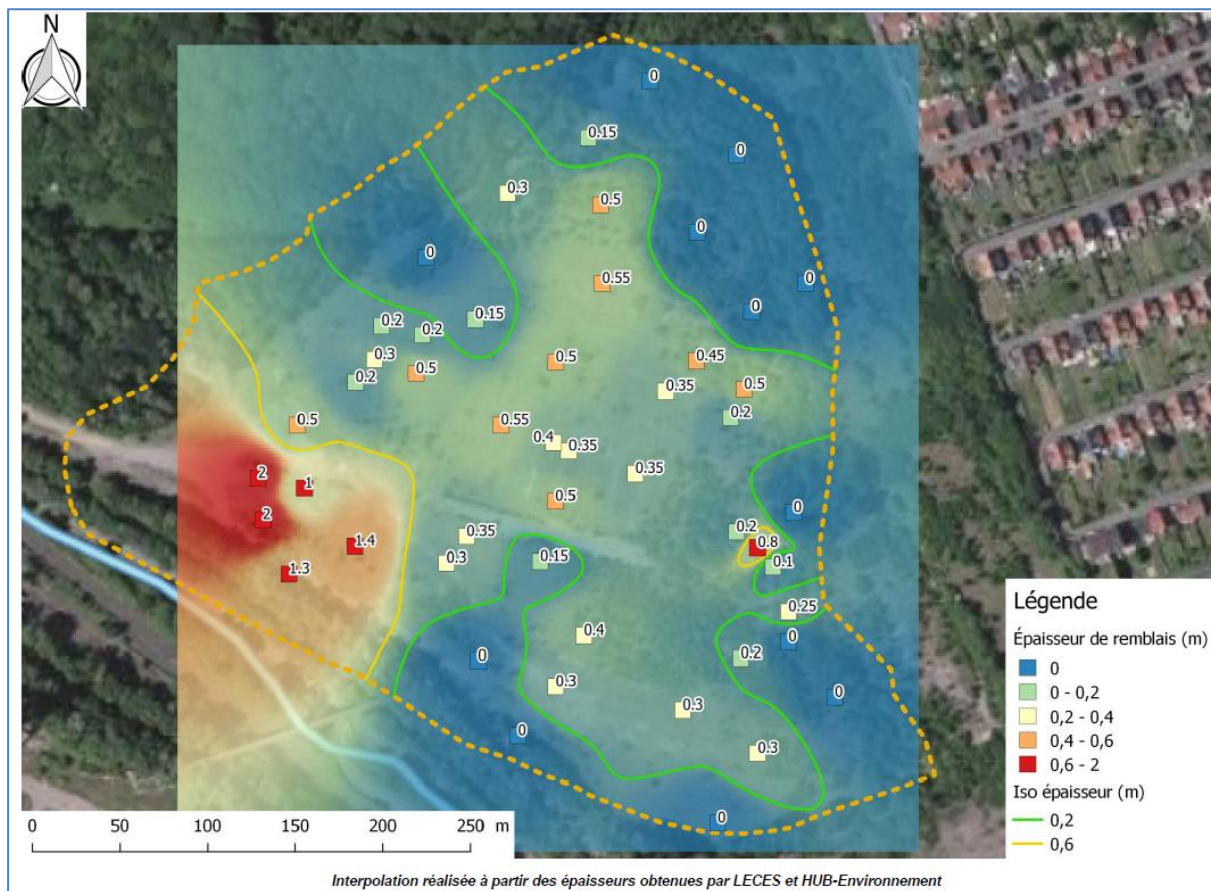


Figure 20 : Carte des épaisseurs de remblais à enlever

Les volumes de remblais calculés par tranche sont les suivants :

Phase 1 : 20 000 m³

Phase 2 : 4 400 m³

Phase 3 : 4 700 m³

Phase 4 : 5 200 m³

Total : 34 300 m³

L'estimatif du coût de cette solution de stockage a ainsi été revue par la MOE Infraservices (voir annexe 1) avec des prix plus actualisés et locaux ; voir tableaux ci-après :

- **Coût estimé de la tranche 1 :**

<i>Solution "phytostabilisation" par tranche</i>	Tranche 1: 15 lots			
	U	Qte	PRIX/U	TOTAL HT
excavation et mouvement des déblais	T	36 000	6,00 €	216 000,00 €
mesures de confinement et drainage	m²	5 000	15,00 €	75 000,00 €
tri des terres	u	195	200,00 €	39 000,00 €
mise en place du recouvrement de terres végétales	m²	6 500	7,00 €	45 500,00 €
mise en place plantes de phytostabilisation	m²	3 500	20,00 €	70 000,00 €
surveillance et contrôle efficacité				50 000,00 €
				495 500,00 €

- Cout estimé toutes tranches confondues (1 à 4)

<i>Solution "phytostabilisation" par tranche</i>	TOTAL		
	Qte	PRIX/U	TOTAL HT
excavation et mouvement des déblais	61 740	6,00 €	370 440,00 €
mesures de confinement et drainage	8 600	15,00 €	129 000,00 €
tri des terres	330	200	66 000,00 €
mise en place du recouvrement de terres végétales	10 100	7,00 €	70 700,00 €
mise en place plantes de phytostabilisation	6 900	20,00 €	138 000,00 €
surveillance et contrôle efficacité	1	50 000,00 €	50 000,00 €
			824 140,00 €

- ➔ Il en résulte, que pour des raisons commerciales et budgétaires la nécessité de phaser l'opération induit évidemment un surcout ;
- Le cout de la première tranche (pour laquelle l'épaisseur de remblais est la plus importante) est évalué à 500 k€
- Le cout total toutes tranches confondues est évalué à 825 k€

➤ *Le Plan de Conception des Travaux (PCT) :*

Un « Plan de Conception de Travaux » est désormais préconisé par la note ministérielle du 19 Avril 2017 ; cette prestation n'est peut-être pas vraiment appropriée dans le cas présent, car ce document fera doublon avec le programme de travaux et le cahier des charges de la MOE (Nécessité de se coordonner avec la MOE) ; de plus ce site n'est pas affectée par des « sources de pollution concentrées » nécessitant une attention toute particulière

Dans tous les cas, le PCT ou le CCTP à venir intégreront les données complémentaires à recueillir à l'issu des essais préconisés pour préciser un peu plus la solution mise en avant dans le présent plan de gestion

Avertissement

- ✓ *Le présent rapport et ses annexes constituent un ensemble indissociable. La mauvaise utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle sans l'accord écrit de HUB-ENVIRONNEMENT ne saurait engager la responsabilité de celui-ci.*
- ✓ *Les conclusions du présent rapport sont limitées à l'analyse des seules informations qui ont pu être recueillies auprès de l'Administration ou du Client et de la reconnaissance ponctuelle des sols selon la démarche officielle à partir de l'identification de zones sources potentielles. Il faut avoir conscience que le faible nombre d'analyses donne une idée partielle de la situation et que l'obtention de données précises passe par des investigations très approfondies et successives*
- ✓ *La responsabilité de HUB-ENVIRONNEMENT ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.*
- ✓ *HUB-ENVIRONNEMENT ne saurait être rendu responsable des modifications apportées à son étude que dans la mesure où il aurait donné, par écrit, son accord sur lesdites modifications.*
- ✓ *HUB-ENVIRONNEMENT ne peut être tenu responsable des décisions prises en application de ses préconisations ou des conséquences engendrées par le non-respect et ou l'interprétation erronée de ses recommandations.*

ANNEXE 1