IMPACT
eau - environnement

Agence Aunis :
30 Cours Paul Doumer - 17100 SAINTES
Agence Saintonge :
Rue Bernadette Gorioux – ZI Ouest – 17700 SURGERES

Tél : 05 46 98 00 88 / 06 86 54 33 69
Mail : impactee17.secretariat@gmail.com

AMENAGEMENT D'UN LOTISSEMENT
ROUTE DE LA ROCHELLE
COMMUNE DE L'ILE D'ELLE

NOTE COMPLEMENTAIRE N°1

AU DOSSIER D'EXAMEN AU CAS PAR CAS ETABLI LE 12/05/2026

MAITRE D'OUVRAGE :	**Commune de l'Ile d'Elle** Mairie 1 Rue de la Mairie 85 770 ILE D'ELLE		
Date :	24 Juin 2026	**Version :**	Version n°1

Préambule

Dans le cadre de l'instruction du dossier d'examen au cas par cas relatif à l'aménagement d'un lotissement communal sur la commune de l'Ile d'Elle, la DREAL de Nouvelle Aquitaine a formulé une demande de complément en date du 04/06/2026.

Le présent document a pour objet d'apporter les compléments demandés.

Eléments de complétudes

1 Rubrique 4.3: Décrivez sommairement le projet dans:

1.1 Sa phase travaux (4.3.1)

Question DREAL :

Indiquer la durée et le calendrier des travaux tenant compte des différents enjeux écologiques, proximité de riverains et autres contraintes techniques.

Réponse :

La durée des travaux est d'environ 6 mois, de Septembre 2026 à fin Février 2027.

Pièce modifiée :

Diagnostic environnemental - Page 91

1.2 Sa phase exploitation (4.3.2) et de fin d'exploitation

Question DREAL :

Au regard de la situation du projet à proximité de zones résidentielles, indiquer les modalités d'exploitation des bâtiments selon les natures d'activités pressenties (jours, horaires d'ouverture…).

Réponse :

La destination des lot C1 et ilot C2 n'est pas encore précisée à ce stade mais ce sera du tertiaire.

Pièce modifiée :

Diagnostic environnemental - Page 66

2 Rubrique 4.5: Dimension et caractéristiques du projet et superficie globale de l'opération:

Question DREAL :

Indiquer la surface totale du terrain d'assiette du projet.

Réponse :

La surface totale du terrain d'assiette du projet est de 14 686 m², soit 1.4686 Ha.

Pièce modifiée :

Diagnostic environnemental - Page 14

3 Rubrique 4.6:

Question DREAL :

Rappeler le zonage du document d'urbanisme en vigueur sur le terrain d'implantation du projet.

Aux fins de comparaison, avant/après projet, rappeler les surfaces non imperméabilisées actuelles de la parcelle.

Réponse :

Le zonage du document d'urbanisme en vigueur est la zone Ub. La surface non imperméabilisée actuelle est d'environ 5000 m².

.

4 Rubrique 5:

4.1 Question n°1:

Question DREAL :

La commune de L'Île d'Elle appartient à un parc naturel régional. Il convient de rectifier votre réponse dans ce sens en rappelant le nom de celui-ci et, le cas échéant, en tenir compte dans l'analyse des impacts potentiels en rubrique 6.1.

Réponse :

Cf cerfa.

4.2 Question n°2:

Question DREAL :

Le terrain d'implantation du projet est concerné par un secteur identifié comme zone humide avérée par le réseau partenarial des données sur les zones humides. Cette zone humide est identifiée dans le cadre de l'inventaire SAGE, cf figure 11 de votre document intitulé « Diagnostic environnemental ». La réponse est à rectifier et il convient d'en tenir compte dans l'analyse des impacts potentiels en rubrique 6.1. Quand bien même le site était précédemment le siège d'une activité aujourd'hui démantelée à l'origine des remblaiements partiels du terrain, il convient de savoir si ces travaux de remblaiement ont donné lieu en leur temps à une autorisation au titre de la loi sur l'eau ou, dans le cas contraire, s'ils ont fait depuis l'objet d'une reconnaissance d'antériorité par le service en charge de la police de l'eau. Au cas présent, l'absence de sols aux caractéristiques de zones humides n'est pas démontrée. Le diagnostic environnemental annexé indique qu'aucun sondage relatif à l'identification des zones humides n'a pu être réalisé. Pourtant, des fosses destinées à établir la perméabilité des sols ont été réalisées. L'analyse des différents horizons de ces fosses est un moyen d'établir les caractéristiques des sols selon le référentiel GEPPA.

Réponse :

Dans le cadre des travaux de démolition ayant eu lieu en 2020, aucune démarche au titre de la loi sur l'eau n'a été effectuée.

D'après le réseau partenarial des données sur les zones humides, le site est identifié comme zone humide avérée. Il est donc nécessaire de démontrer que le sol n'est pas caractéristique de zone humide. Pour ce faire, on va analyser les horizons relevés lors de la réalisation des fosses pour l'étude de sol et de perméabilité. Ci – après le tableau analytique.

Figure 1. Tableau d'analyse des horizons de sol

			Caractère rédoxique			Caractère réductique		Caractères histique			
N° Sondage	Prof (cm)	Texture / Couleur	Rédox	Prof (cm)	Peu marqué (g) / marqué g	Réduc	Prof (cm)	Hist	Prof (cm)	Classe GEPPA	Zone humide
S1	00-05	Remblais / Briques	-	-	-	-	-	-	-	V-c	Non
	05-10										
	10-15										
	15-20										
	20-25										
	25-30										
	30-40										
	40-50										
	50-60										
	60-70										
	70-80										
	80-90	Argile grise foncé / beige / brune	X	80-120	g						
	90-100										
	100-110										
	110-120										
	120	Arrêt du sondage									
S2	00-05	Argile légèrement limoneuse beige / grise	-	-	-	-	-	-	-	I-a	Non
	05-10										
	10-15										
	15-20										
	20-25										
	25-30										
	30-40										
	40-50										
	50-60										
	60-70										
	70-80										
	80-90										
	90-100										
	100-110	Argile beige									
	110-120										
	120	Arrêt du sondage - Refus									
S3	00-05	Argile légèrement limoneuse beige	-	-	-	-	-	-	-	III-b	Non
	05-10										
	10-15										
	15-20										
	20-25										
	25-30										
	30-40										
	40-50										
	50-60										
	60-70										
	70-80										
	80-90										
	90-100	Argile beige									
	100-110										
	110-120										
	120	Arrêt du sondage - Refus									

Figure 2. Tableau d'analyse des horizons de sol – Suite et Fin

			Caractère rédoxique			Caractère réductique		Caractères histique			
N° Sondage	Prof (cm)	Texture / Couleur	Rédox	Prof (cm)	Peu marqué (g) / marqué g	Réduc	Prof (cm)	Hist	Prof (cm)	Classe GEPPA	Zone humide
S4	00-05	Limon argileux brun	-	-	-	-	-	-	-	I-a	Non
	05-10										
	10-15										
	15-20										
	20-25										
	25-30										
	30-40										
	40-50										
	50-60										
	60-70										
	70-80										
	80-90	Argile légèrement limoneuse grise / beige									
	90-100										
	100-110										
	110-120										
	120	Arrêt du sondage - Refus									
S5	00-05	Remblais	-	-	-	-	-	-	-	I-a	Non
	05-10										
	10-15										
	15-20										
	20-25										
	25-30										
	30-40										
	40-50										
	50-60	Argile légèrement limoneuse grise / beige + blocs calcaires									
	60-70										
	70-80										
	80-90										
	90-100	Argile grise / verdâtre									
	100-110										
	110-120										
	120	Arrêt du sondage - Refus									

D'après les résultats des sondages réalisés à la pelle mécanique, seulement S1 présentent des traits rédoxiques à partir de 80 cm de profondeur, ce qui classe le sondage en classe GEPPA V-c, non caractéristique des sols humides. Les autres sondages ne présentent aucun trait rédoxique. Le terrain du projet n'est donc pas classé en zone humide.

Pièce modifiée :

Diagnostic environnemental - Pages 61 à 63

4.3 Question n°3:

Question DREAL :

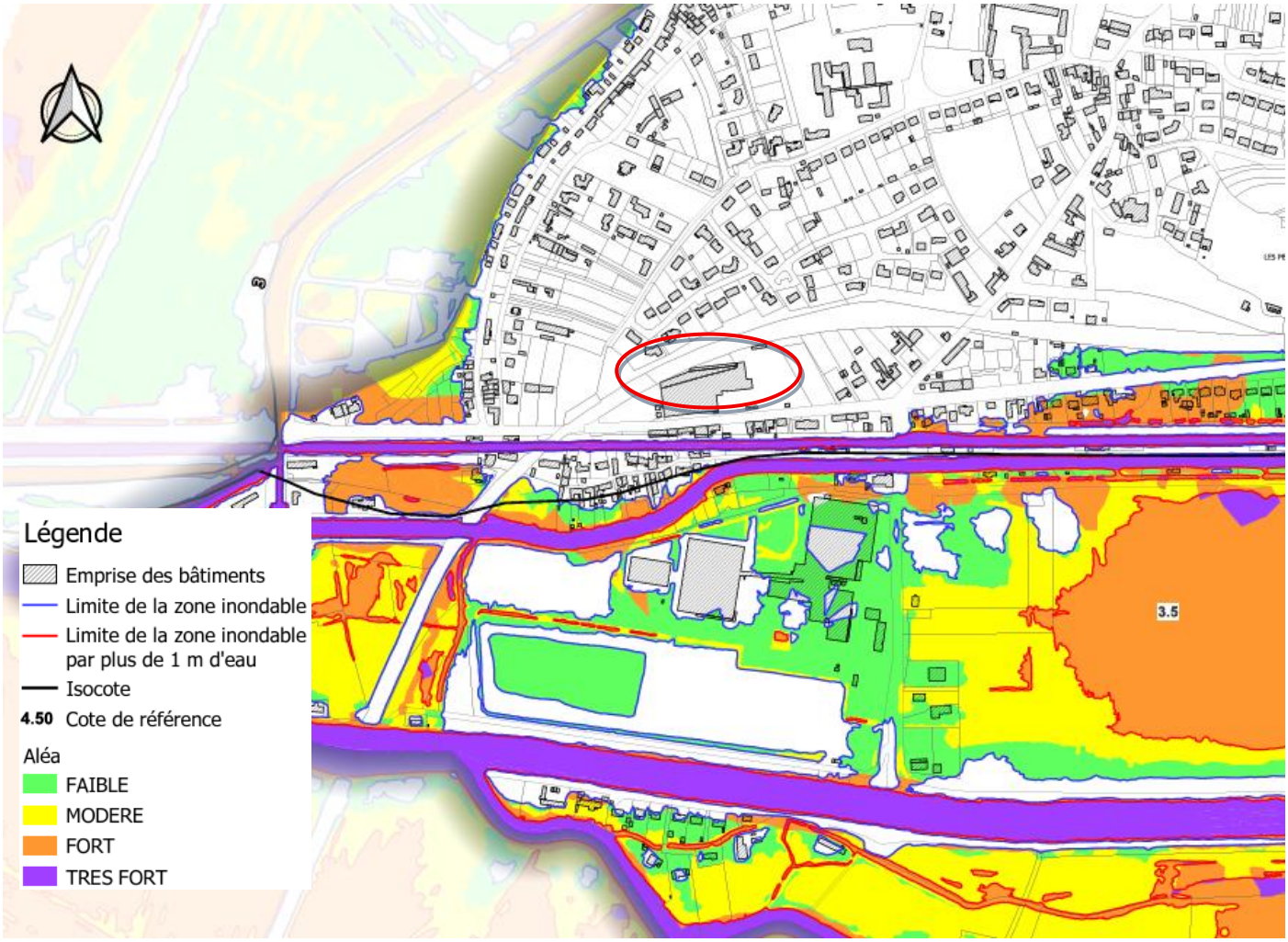
La commune de L'Île d'Elle est concernée par un plan de prévention du risque inondation dont la révision a été prescrite. Il convient de rectifier votre réponse en précisant le nom du PPRi, sa date de prescription et, le cas échéant, d'en tenir compte dans l'analyse des impacts potentiels en rubrique 6.1.

Réponse :

D'après la care de l'état d'avancement des Plans de Prévention des Risques Naturels de Mars 2025, le PPRI a été prescrit mais non approuvé sur la commune de l'Ile d'Elle. Il a été prescrit le 3 Févier 2025. Son nom est : « PPRi Autise Sèvre Niortaise ». Le PPRi est donc en cours d'élaboration, il a été seulement établi des cartes d'aléa.

Une étude d'aléas naturels a donc été réalisée sur le Sud – Est de la Vendée – Marais Poitevin en Décembre 2024.

Figure 3. Extrait de la carte d'aléa – Commune de l'Ile d'Elle



D'après la carte ci-dessus, le projet n'est pas concerné par des aléas.

Pièce modifiée :

Diagnostic environnemental - Page 68

4.4 Question n°3:

Question DREAL :

La commune de L'Île d'Elle est concernée par une zone de répartition des eaux. Il convient de rectifier votre réponse en précisant le nom de cette ZRE et, le cas échéant, d'en tenir compte dans l'analyse des impacts potentiels en rubrique 6.1.

Réponse :

Le projet est concerné par la zone de répartition des eaux « Bassin de la Sèvre Niortaise ».

.

Pièce modifiée :

Diagnostic environnemental - Page 32

5 Rubrique 6.1: Caractéristiques de l'impact potentiel du projet sur l'environnement et a santé humaine au vue des informations disponibles

5.1 Question n°1:

Question DREAL :

Le projet sera raccordé aux réseaux communaux. Il convient notamment d'apporter des précisions en ce qui concerne les capacités et performances de la station d'épuration en regard de la nouvelle charge d'effluents qui sera générée à terme par le projet.

Réponse :

Le système d'assainissement de la commune de l'Ile d'Elle est un lagunage avec une capacité nominale de 1200 EH, un débit nominal de 180 m3/j et une charge organique de 72 kg DBO5/j. Le système a été mis en service le 01/04/1985 et se situe Route de Marans.

D'après le rapport annuel de 2025, la charge hydraulique entrante était de 268.44 m3/j et la charge organique entrante était de 44.88 kg DBO5/j en moyenne. Le taux de charge hydraulique était donc de 150 % en 2025 et le taux de charge organique de 62 % environ.

La surcharge hydraulique est liée à un réseau majoritairement sensible aux eux parasites et aux épisodes pluvieux. En effet, le taux de charge hydraulique évolue avec la pluviométrie.

Le diagnostic effectué dans le cadre du schéma directeur en 2025 a mis en évidence plusieurs déversoirs d'orage et identifié un programme de travaux visant à réduire les intrusions d'eaux claires parasites et à améliorer le fonctionnement global du système.

Malgré une charge hydraulique moyenne qui peut parfois être supérieur à la capacité nominale, les performances épuratoires de la station demeurent satisfaisantes et les normes de rejet sont globalement respectées.

Les travaux projetés par notre collectivité pour les années à venir (PPI en cours d'élaboration) ont donc principalement pour objet la mise en conformité et l'amélioration du fonctionnement du système d'assainissement existant, sans augmentation notable de la capacité de traitement ni modification des rejets au milieu naturel.

.

Pièce modifiée :

Diagnostic environnemental - Page 67

5.2 Question n°2:

Question DREAL :

Vous affirmez qu'« Aucune faune protégée ou remarquable n'a été identifiée ». Préciser sur quelle méthodologie d'observations cette affirmation repose. Indiquer à quand remonte la démolition des bâtiments de l'ancienne activité du site.

Réponse :

Lors des investigations de terrain réalisées en date du 12/12/2025, la végétation n'était pas développée en raison de la période et plus particulièrement suite aux travaux de démolition qui ont eu lieu en 2020.

Le terrain peut être classé comme zone rudérale en voie d'embroussaillement : terrains en friche x ronciers – Code Corine Biotope 87.2 x 31.131 – Code EUNIS E5.12 x F3.131. Ces habitats sont communs et non menacés. Sur le terrain, il a été relevé les espèces suivantes :

- Dipsacus fullonum (C) - Cardère sauvage
- Rubus ulmifolius (C) - Ronce à feuilles d'Orme
- Laurus nobilis (C) – le Laurier Noble
- Taraxacum officinale (C)
- Lotus tenuis (AC) - le Lotier à feuilles étroites
- Poa annua (C) - Le pâturin annuel
- Geranium molle (C) - Géranium à feuilles molles
- Bellis perennis (C) - La Pâquerette
- Schedonorus arundinaceus (C) - Fétuque élevée
- Helminthoteca echioides (C) - la Picride fausse vipérine
- Hedera helix (C) – le Lierre grimpant
- Cirsium vulgare (C) – le Cirse commun
- Mentha suaveolens (C) – la Menthe odorante
- Artemisia vulgaris (C) – l'Armoise commune
- Erigeron canadensis – l'Erigéron du Canada

Les espèces relevées ci-dessus sont communes à assez communes, sans enjeu particulier avec un seule espèce invasive.

.

Pièce modifiée :

Diagnostic environnemental - Page 39

5.3 Question n°3:

Question DREAL :

S'agissant d'un terrain identifié comme site ou sols pollués, il est attendu des précisions en ce qui concerne l'état de pollution des sols et les éventuelles opérations de dépollutions ou autres mesures nécessaires réglementairement au regard de la destination des terrains destinés à accueillir des habitations.

Réponse :

Un plan de gestion a été établi par la société Socotec le 19/05/2026 en y intégrant des résultats de l'essai en laboratoire et des essais de terrain.

En 2017, 2019, 2021 et 2025, des diagnostics sur les milieux (sols, eaux souterraines et gaz de sols) ont été réalisés par EODD et SOCOTEC Environnement. Deux types de contamination ont été identifiés :

- Contamination concentrée : HCT / Impact en hydrocarbures aromatiques / Métaux et anomalie en BTEX
- Contamination ponctuelle localisée : Anomalies significatives ponctuelles en HAP et HCT

Aucune contamination n'a été mise en évidence dans les eaux souterraines. De plus les études montrent que les eaux prélevées correspondraient davantage à des eaux de ruissellement à travers les remblais présents sur le site qu'à une nappe d'eaux souterraines à proprement parler. La ressource en eau n'est ainsi pas jugée vulnérable.

Des solutions de gestion ont donc été envisagées.

Cf le rapport complet en Annexe.

Pièces modifiées :

Diagnostic environnemental - Page 68

Annexe n°1

5.4 Question n°4:

Question DREAL :

Concernant l'évaluation des masses polluantes rejetées, le document annexé à la demande s'appuie sur des éléments applicables dans le département de la Charente Maritime alors que le projet se situe en Vendée.

Réponse :

Les éléments présents dans le corps du dossier du document d'incidence seront modifiés.

Pièce modifiée:

Diagnostic environnemental - Page 76

5.5 Question n°5:

Question DREAL :

Au regard de la situation du projet exposé aux remontées de nappes, il convient d'aborder comment cette problématique et prise en compte notamment du point de vue des incidences pour l'aménagement du site et pour les futures constructions ainsi qu'en ce qui concerne le caractère réaliste et les limites quant à envisager certains ouvrages enterrés comme des cuves de récupération des eaux de pluies ou des tranchées d'infiltration.

Réponse :

Pour la gestion des eaux pluviales des lots privatifs, il sera aménagé des ouvrages de faible profondeur, de type noues d'infiltration, tranchées avec une profondeur utile maximale de 0.80 m. Des cuves de récupération des eaux de pluie pourront être mises en œuvre, cependant, il faudra des systèmes en béton, bien étanches.

Pour vérifier la hauteur de la nappe, il pourra être conservé un ou plusieurs piézomètres installés lors de la réalisation de l'étude de pollution. Cela sera effectuer en fonction de leur implantation sur le futur projet d'aménagement.

Pièce modifiée :

Diagnostic environnemental - Pages 79 et 93

6 Rubrique 6.5: Description, le cas échéant, des mesures et caractéristiques du projet susceptibles d'être retenues ou mises en œuvre pour éviter ou réduire les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine (en y incluant les scénarios alternatifs éventuellement étudiés) et permettant de s'assurer de l'absence d'impacts résiduels notables. Il convient de préciser et de détailler ces mesures (type de mesures, contenu, mise en œuvre, suivi, durée).

Question DREAL :

Les mesures destinées à éviter et réduire les incidences du chantier identifiées en partie 6 du diagnostic environnemental annexé sont à préciser.

Réponse :

Pendant la phase travaux et d'exploitation, il sera mis en œuvre les mesures suivantes :

Mesure R-1: Balisage préventif de la zone de travaux

Type de mesure : Réduction

Phase de l'opération concernée : Phase travaux

Intervenants : Responsable : Maître d'œuvre / Balisage : Géomètre / Application : Entreprises travaux /

Objectif : Limiter la destruction ou dégradation des habitats hors périmètre d'aménagement (zone humide)

Description de l'action :

Les zones de chantier seront délimitées à l'aide de clôtures souples de chantier. La délimitation a pour objectif de préserver les zones évitées par le chantier.

Etapes de réalisation : Pose des barrières avant le début des travaux

Mesure R-2: Création d'ouvrages pluviaux à faible profondeur

Type de mesure : Réduction

Phase de l'opération concernée : Phase d'exploitation

Intervenants : Responsable : Maître d'œuvre / Balisage : Géomètre / Application : Entreprises travaux

Objectif : Création d'ouvrages pluviaux communs et privatifs

Description de l'action :

Dans le cadre de l'aménagement du lotissement, il sera mis en œuvre des ouvrages de rétention afin de collecter les eaux de ruissellement issues de la voirie, des places de stationnement. Cela permettra de réduire les impacts sur la masse d'eau souterraine, et ainsi éviter de polluer cette masse d'eau. Les ouvrages seront de faible profondeur afin d'éviter la nappe.

Etapes de réalisation : A la réalisation des accès / réseaux collectifs pour les ouvrages communs / les ouvrages privés seront réalisés par l'acquéreur du lot

Mesure R-3: Protocole d'entretien pour les ouvrages pluviaux

Type de mesure : Réduction

Phase de l'opération concernée : Phase d'exploitation

Intervenants : Services communaux

Objectif : Elaboration d'un protocole d'entretien des ouvrages pluviaux

Description de l'action : Pour le contrôle des ouvrages, il a été défini un protocole d'entretien en fonction des ouvrages (réseau, regard, ouvrage de rétention, régulateur…) :

Type d'ouvrage	Opération	Fréquence	Date de l'opération			
			Année n+0	Année n+1	Année n+2	Année n+3
Réseau EP	Hydrocurage	1 fois / 4 ans				
Grilles / Avaloirs / Aquodrains	Nettoyage et hydrocurage	3 fois / an				
Bassins de rétention / infiltration	*Bassin aérien* Espace vert à entretenir : fauche ou faucardage des roseaux et des autres plantes	1 fois / 4 ans				
	Partie enterrée Hydrocurage drain	1 fois / 4 ans				
	Partie enterrée Nettoyage regard décanteur, filtre et/ou regard avec régulateur de débit	1-2 fois / an				

Etapes de réalisation : Après chaque épisode pluvieux ou selon le protocole d'entretien

Pièce modifiée :

Diagnostic environnemental - Pages 91, 93 et 95

7 Rubrique 8: Annexes obligatoires

7.1 Question n°1:

Question DREAL :

- Préciser les dates des prises de vues.

Réponse :

L'annexe en question est annexée à la présente note.

Pièce modifiée :

Pièce n°4 – « Annexe – Photographies du terrain »

7.2 Question n°2:

Question DREAL :

Présenter un plan des abords du projet (100 mètres au minimum) pouvant prendre la forme de photos aériennes datées et complétées si nécessaire selon les évolutions récentes, à une échelle comprise entre 1/2 000 et 1/5 000. Ce plan devra préciser l'affectation des constructions et terrains avoisinants ainsi que les boisements, canaux, plans d'eau et cours d'eau.

Réponse :

Ci – après les vues aériennes datées avec les destinations de chaque construction et terrains avoisinants.

Pièce modifiée :

Pièce n°4 – « Annexe – Photographies du terrain »

Figure 4. Plan des abords du projet – Photographie aérienne datant de 2018



Figure 5. Plan des abords du projet – Photographie aérienne datant de 2003



Figure 6. Plan des abords du projet – Photographie aérienne datant de 1982

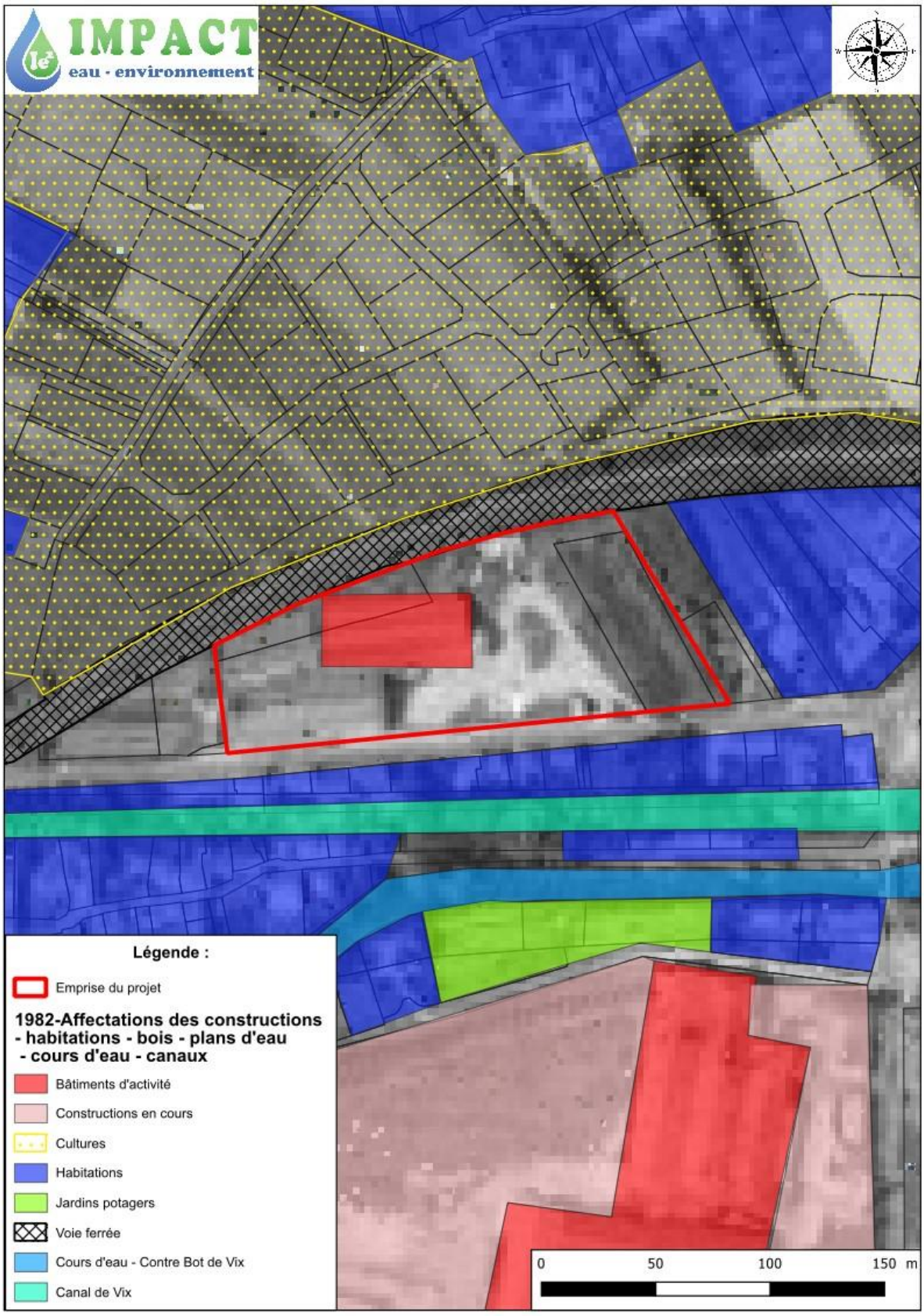
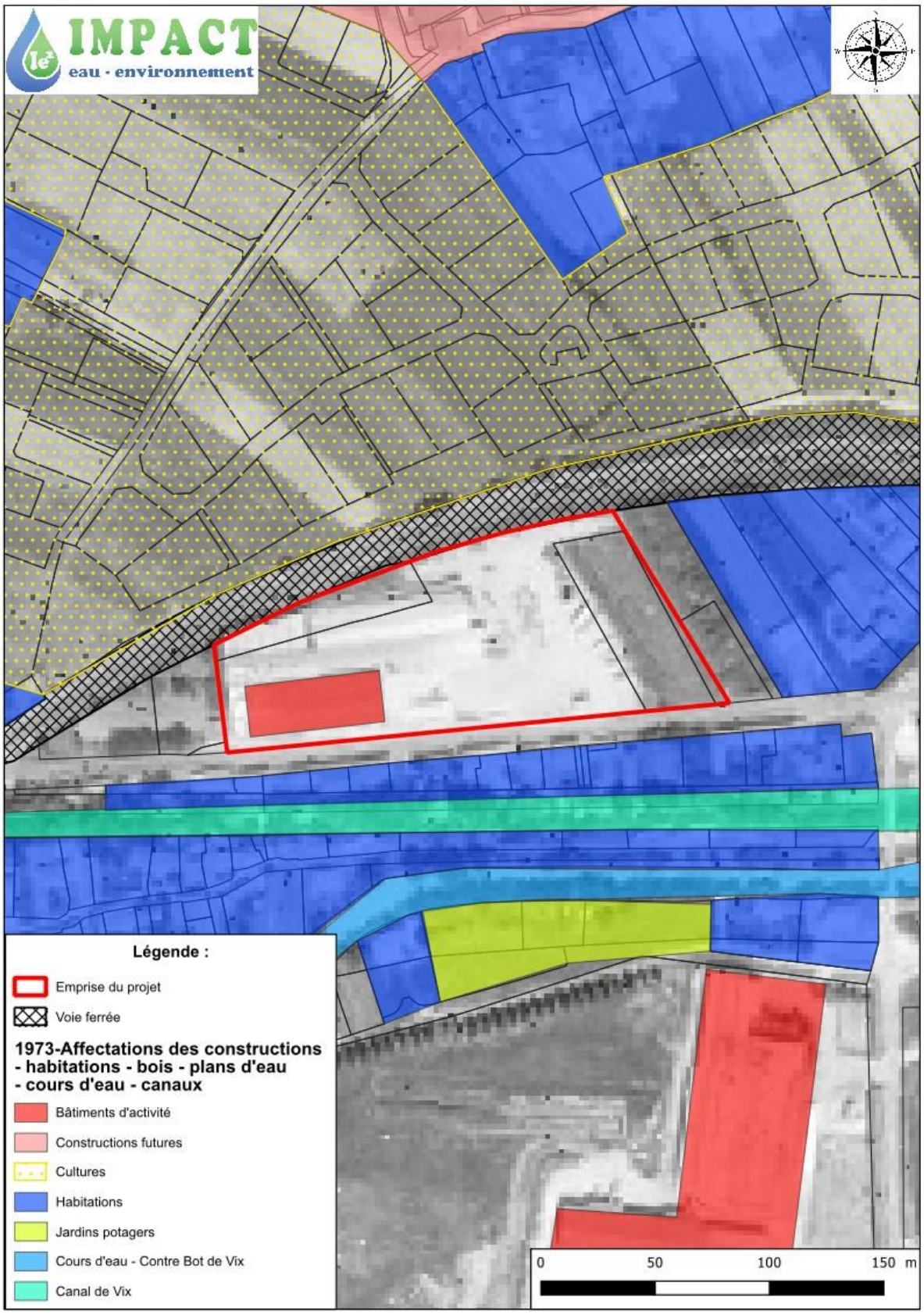


Figure 7. Plan des abords du projet – Photographie aérienne datant de 1973



Eléments graphiques

Annexe n°1 : Rapport Sites et Sols pollués – Plan de Gestion – Plan de Conception de Travaux

Annexe n°2 : Photographies du terrain

IMPACT
eau - environnement

Agence Saintonge:
30 Cours Paul Doumer - 17100 SAINTES
Tél: 05 46 98 00 88 - Mail: impactee17@gmail.com
Agence Aunis:
Rue Bernadette Gorioux - ZI Ouest - 17700 SURGERES
Tél: 06 86 54 33 69 - Mail: impactee17@gmail.com

Aménagement d'un lotissement

Route de la Rochelle
Commune de l'Ile d'Elle

DOSSIER D'EXAMEN CAS PAR CAS

Annexe n°1 : Plan de Gestion - Site pollué

MANDANT	**Commune de l'Ile d'Elle**		
	1 Rue de la Mairie		
	85770	**ILE D'ELLE**	
DATE:	**24/06/2026**	**VERSION:**	**Version n°2**

Rapport Sites et Sols Pollués

Etablissement Public Foncier de la Vendée
A l'attention de Sébastien VANDIER
123 Boulevard Louis Blanc
85000 - LA ROCHE-SUR-YON

Plan de Gestion - Plan de Conception de Travaux

Mission globale codifiée PG+PCT comprenant les missions élémentaires A100, A310, A320, A330, B111, B112 et B120 et selon la norme NF X31-620

Version	Nature de la révision	Validation de SOCOTEC Environnement		
		Rédacteur	Vérificateur (Chef de projet)	Approbateur (Superviseur)
V1	Version initiale du 28/05/2025	Nina RAMOS 	Marine COLINEAUX-PLOT 	Clarisse CHEPTOU 
V2	Intégration des résultats de l'essai en laboratoire			
V3	Intégration des résultats des essais de terrain + AVP			

Friche industrielle
6 route de la Rochelle
85770 – ILE D'ELLE

Equipe projet :
Chef de projet : Marine COLINEAUX-PLOT
Ingénieur : Nina RAMOS
Superviseur : Clarisse CHEPTOU

N° D'AFFAIRE : 2503E14Q5000012
DATE D'EDITION DU RAPPORT : 19/05/2026
REFERENCE DU RAPPORT (CHRONO) : E14Q5/25/220-V3

Ce rapport ainsi que ses annexes constituent un ensemble indissociable. L'utilisation qui pourrait en être faite d'une communication ou reproduction partielle de cet ensemble, ainsi que toute interprétation au-delà des indexations et énonciations de SOCOTEC ENVIRONNEMENT ne sauraient engager la responsabilité de cette dernière.

Ce rapport a été édité à partir de la trame de rapport solspollues_rapport_type_PG_JEEA – version 4 – 24/10/2024

SOCOTEC ENVIRONNEMENT
Agence de Nantes
2 Rue Jacques Brel - Metronomy Park - Bâtiment 5
44819 SAINT-HERBLAIN Cedex

Tel : 02 28 01 77 40 / 06 11 29 72 74
Mail : marine.colineaux@socotec.com

Tel : 02 28 01 77 40 / 07 87 49 56 77
Mail : nina.ramos@socotec.com

Nombre de pages :93 pages (hors annexes)

www.lne.fr

SOCOTEC ENVIRONNEMENT - S.A.S au capital de 436 960 euros – 834 096 497 RCS Versailles Siège social : 5, place des Frères Montgolfier- CS 20732 – Guyancourt - 78182 St-Quentin-en-Yvelines Cedex - FRANCE www.socotec.fr

SOMMAIRE

1. RESUME NON TECHNIQUE 7
2. RESUME TECHNIQUE 9
3. PRESENTATION DE LA MISSION 11
   - 3.1 SITE D'INTERVENTION 11
   - 3.2 CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA MISSION 12
   - 3.3 CONTENU DE LA MISSION 13
   - 3.4 DOCUMENTS DE REFERENCE 13
   - 3.5 REFERENTIEL METHODOLOGIQUE 13
   - 3.6 VISITE DE SITE (A100) 14
   - 3.7 ETAT DE LA QUALITE DES MILIEUX – SYNTHESE DES ETUDES ANTERIEURES 17
   - 3.8 DETERMINATION DE LA POLLUTION CONCENTREE AU DROIT DE LA ZONE 1A 40
   - 3.9 DETERMINATION DE L'ETENDUE DE LA POLLUTION AU SEIN DE LA ZONE 1B 50
   - 3.10 DETERMINATION DE L'ETENDUE DE LA POLLUTION AU SEIN DES ZONES 2 ET 3 50
   - 3.11 SYNTHESE DES IMPACTS A CONSIDERER 51
   - 3.12 MISE A JOUR DU SCHEMA CONCEPTUEL 54
4. IDENTIFICATION DES ENJEUX ET PRESCRIPTIONS 56
   - 4.1 ENJEUX SANITAIRES 56
   - 4.2 ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX 56
   - 4.3 ENJEUX ECONOMIQUES 56
   - 4.4 ENJEUX URBANISTIQUES 56
   - 4.5 ENJEUX REGLEMENTAIRES 56
5. ANALYSE DES ENJEUX SUR LES RESSOURCES EN EAU (A300) 57
   - 5.1 RAPPEL DU CONTEXTE ADMINISTRATIF DE GESTION DES EAUX SOUTERRAINES ET DES EAUX DE SURFACE 57
   - 5.2 SYNTHESE DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL 57
   - 5.3 SCHEMA CONCEPTUEL CONSIDERE 58
   - 5.4 RAPPEL DU CONTEXTE ET DES RESULTATS 58
   - 5.5 DETERMINATION DE L'ETENDUE ACTUELLE DU PANACHE DE POLLUTION 58
6. ANALYSE DES RISQUES SANITAIRES (A320) 59
   - 6.1 METHODOLOGIE 59
   - 6.2 SCHEMA CONCEPTUEL CONSIDERE 59
   - 6.3 EVALUATION DES RELATIONS DOSES/EFFETS ET REPONSE DES SUSBSTANCES CHOISIES 60
   - 6.4 EVALUATION DE L'EXPOSITION AUX SUBSTANCES CHOISIES 61
   - 6.5 CALCULS DES RISQUES LIES AUX SUBSTANCES CHOISIES POUR LE SITE 62
   - 6.6 MESURE DE GESTION ET IMPACT SUR LES CALCULS DE RISQUE 66
   - 6.7 EVALUATION DES INCERTITUDES – SENSIBILITE DES DONNEES 67
7. IDENTIFICATION DES OPTIONS DE GESTION POSSIBLES 69
   - 7.1 CHOIX DES TECHNIQUES 70
   - 7.2 PRESENTATION DES SCENARIOS ENVISAGES 73
8. PLAN DE CONCEPTION DE TRAVAUX – ESSAIS 80
   - 8.1 PHASE D'ESSAI EN LABORATOIRE (B111) - PHYTOMANAGEMENT 80
   - 8.2 PHASE D'ESSAI DE TERRAIN (B112) – BIOTERTRE 81
   - 8.3 PHASE D'ESSAI EN LABORATOIRE (B111) - ESSAIS DE GESTION PAR BIOREMEDIATION PUIS PAR PHYTOMANAGEMENT DE MARNES IMPACTEES EN HYDROCARBURES (HCT) EN CONDITIONS SEMI-CONTROLEES 83
9. BILAN COUTS-AVANTAGES (A330) ET CHOIX DE LA SOLUTION RETENUE 86
   - 9.1 PRESENTATION DES CRITERES 86
   - 9.2 BILAN COUTS-AVANTAGES 87
   - 9.3 SYNTHESE DU BILAN 88

10. PERENNISATION DES MESURES DE GESTION 89

10.1 PRECAUTIONS POUR LES TIERS INTERVENANTS SUR LE SITE 89
10.2 INTERDICTIONS - RESTRICTIONS 89
10.3 ENCADREMENT DES MODIFICATIONS D'USAGE 89
10.4 INFORMATION DES TIERS 89
10.5 CONSERVATION DE LA MEMOIRE 89

11. EVALUATION DES INCERTITUDES 90

12. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS 91

12.1 CONCLUSION 91
12.2 RECOMMANDATIONS 93

TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX

FIGURE 1 : PLAN DE LOCALISATION DU SITE (SOURCE : CARTE IGN) 11
FIGURE 2 : EXTRAIT DU PLAN CADASTRAL DE LA COMMUNE DE L'ILE D'ELLE (SOURCE : CADASTRE) 12
FIGURE 3 : PLAN DU PROJET (SOURCE : EPF) 12
FIGURE 4 : PLAN DE VISITE DE SITE (SOURCE : GOOGLE SATTELITE) 14
FIGURE 5 : PHOTOGRAPHIES DU SITE (SOURCE : PRISES DE VUE PERSONNELLES) 15
FIGURE 6 : PHOTOGRAPHIE AERIENNE DU SECTEUR (SOURCE : GOOGLE SATELLITE) 16
FIGURE 7 : LOCALISATION DES PRINCIPALES ANOMALIES DE CONCENTRATIONS SUR BRUT DANS LES SOLS (EODD – 2017) 19
FIGURE 8 : LOCALISATION DES PRINCIPALES ANOMALIES IDENTIFIEES LORS DES INVESTIGATIONS DE JUILLET 2017 ET AOUT 2018 (EODD) 20
FIGURE 9 : LOCALISATION DES ANOMALIES DETECTEE DANS LES SOLS EN 2021 (EODD) 24
FIGURE 10 : LOCALISATION DES ANOMALIES DETECTEES DANS LES GAZ DU SOLS EN 2021 (EODD) 25
FIGURE 11 : CARTOGRAPHIE DES POINTS DE POLLUTION CONCENTREES ENTRE 0 ET 1 M DE PROFONDEUR (EODD – 2022) 29
FIGURE 12 : CARTOGRAPHIE DES POINTS DE POLLUTION CONCENTREES ENTRE 1 ET 2 M DE PROFONDEUR (EODD – 2022) 30
FIGURE 13 : CARTOGRAPHIE DES POINTS DE POLLUTION CONCENTREES ENTRE 2 ET 3 M (EODD – 2022) 31
FIGURE 14 : INVESTIGATIONS REALISEES PAR SOCOTEC ENVIRONNEMENT EN AVRIL 2025 (SOCOTEC ENVIRONNEMENT) 33
FIGURE 15 : INVESTIGATIONS REALISEE SUR LES SURFACES PAR SOCOTEC ENVIRONNEMENT EN 2025 33
FIGURE 16 : CARTOGRAPHIE DES CONTAMINATIONS EN HCT DANS LES SOLS (EODD, SOCOTEC) 36
FIGURE 17 : CARTOGRAPHIE DES CONTAMINATIONS EN ETM DANS LES SOLS (EODD, SOCOTEC) 37
FIGURE 18 : CARTOGRAPHIE DES CONTAMINATIONS EN HAP DANS LES SOLS (EODD, SOCOTEC) 38
FIGURE 19 : CARTOGRAPHIE DES IMPACTS RELEVES DANS LES GAZ DES SOLS (EODD, SOCOTEC) 39
FIGURE 20 : CARTOGRAPHIE DES INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSES SUR LES BETON (SOCOTEC) 39
FIGURE 21 : LOCALISATION DES SONDAGES PRIS EN CONSIDERATION DANS LA DETERMINATION DE LA POLLUTION CONCENTREE 42
FIGURE 22 : GRAPHIQUE DES FREQUENCES CUMULEES POUR LES CONCENTRATIONS EN HCT 43
FIGURE 23 : NUAGE DE POINTS DES CONCENTRATIONS EN HCT 44
FIGURE 24 : CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS EN HCT POUR H1 (0-1 M) 45
FIGURE 25 : CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS EN HCT POUR H3 (1-2 M) 46
FIGURE 26 : CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS EN HCT POUR H3 (2-3 M) 46
FIGURE 27 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DE L'INTERPOLATION PAR POLYGONES DE VORONOI 47
FIGURE 28 : SYNTHESE DES IMPACTS A CONSIDERER AU DROIT DE LA ZONE 1A 51
FIGURE 29 : SYNTHESE DES IMPACTS A CONSIDERER AU DROIT DE LA ZONE 1B 51
FIGURE 30 : SYNTHESE DES IMPACTS A CONSIDERER AU DROIT DES ZONES 2 ET 3 52
FIGURE 31 : SCHEMA CONCEPTUEL 55
FIGURE 32 : CARTE PIEZOMETRIQUE ELABOREE A L'ISSUE DES PRELEVEMENTS EN 2025 (SOCOTEC ENVIRONNEMENT) 58
FIGURE 33 : SCHEMA DE PRINCIPE – EXCAVATION (SOURCE : SELECDEPOL) 74
FIGURE 34 : SCHEMA DE PRINCIPE – BIOTERTRE (SOURCE : SELECDEPOL) 75
FIGURE 35 : SCHEMA DE PRINCIPE – PHYTO-STABILISATION (SOURCE : SELECDEPOL) 77
FIGURE 36 : PHOTOGRAPHIES DE LA PHASE D'ESSAI DE TERRAIN - BIOTERTRE 81
FIGURE 37 : DIAGRAMME DE SUIVI DE L'ESSAI TERRAIN DE BIOTERTRE 82
FIGURE 36 : PHOTOGRAPHIES DE LA PHASE D'ESSAI DE TERRAIN - BIOTERTRE 83
FIGURE 39 : DIAGRAMME DE SUIVI DE L'ESSAI LABORATOIRE DE BIOMANAGEMENT 84
FIGURE 40 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DU BILAN COUTS-AVANTAGES 88

TABLEAU 1 : PRESENTATION DU SITE 11
TABLEAU 2 : DANGERS IMMEDIATS POUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTE PUBLIQUE 16
TABLEAU 3 : RESUME TECHNIQUE DE L'ETUDE REALISEE PAR EODD EN 2021 21

TABLEAU 4 : RESUME TECHNIQUE DE L'ETUDE EN AVRIL 2025 (SOCOTEC ENVIRONNEMENT) 32
TABLEAU 5 : SYNTHESE DES CONCENTRATIONS RETENUES POUR LE PARAMETRE HCT (EODD – 2017) 41
TABLEAU 6 : SYNTHESE DES CONCENTRATIONS RETENUES POUR LE PARAMETRE HCT (EODD – 2019) 41
TABLEAU 7 : SYNTHESE DES CONCENTRATIONS RETENUES POUR LE PARAMETRE HCT (EODD – 2021) 41
TABLEAU 8 : SYNTHESE DES CONCENTRATIONS RETENUES POUR LE PARAMETRE HCT (SOCOTEC ENVIRONNEMENT – 2025) 41
TABLEAU 9 : RESULTATS DE L'ANALYSE STATISTIQUE 42
TABLEAU 10 : FREQUENCES RELATIVES / CUMULEES DE LA DISTRIBUTION DES CONCENTRATIONS EN HCT 43
TABLEAU 11 : SYNTHESE DES IMPACTS A CONSIDERER 53
TABLEAU 12 : VOIES D'EXPOSITION CONSIDEREES 60
TABLEAU 13 : CARACTERISTIQUE DES MILIEUX D'EXPOSITION 61
TABLEAU 14 : CONCENTRATIONS PRISES EN COMPTE DANS L'ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES 61
TABLEAU 15 : PARAMETRES GENERAUX D'EXPOSITION 62
TABLEAU 16 : SYNTHESE DES QUOTIENTS DE DANGER MESURES 64
TABLEAU 17 : SYNTHESE DES EXCES DE RISQUE INDIVIDUEL MESURES 64
TABLEAU 18 : SYNTHESE DES RISQUES BRUTS MESURES 65
TABLEAU 19 : SYNTHESE DES RISQUES MESURES APRES MISE EN ŒUVRE DES MESURES DE GESTION PROPOSEES 66
TABLEAU 20 : SENSIBILITE DES PARAMETRES DE L'ETUDE 67
TABLEAU 21 : TECHNIQUES DE TRAITEMENT ENVISAGEABLES POUR LA POLLUTION HYDROCARBUREE (ZONES 1A, 2 ET 3) 71
TABLEAU 22 : TECHNIQUES DE TRAITEMENT ENVISAGEABLES POUR LA POLLUTION METALLIQUE (ZONE 1B) 72
TABLEAU 23 : ESTIMATION DE COUTS D'UN TRAITEMENT PAR EXCAVATION ET EVACUATION HORS SITE 75
TABLEAU 24 : ESTIMATION DE COUTS D'UN TRAITEMENT PAR BIOTERTRE ET EXCAVATION ET EVACUATION HORS SITE 76
TABLEAU 25 : ESTIMATION DE COUTS D'UN TRAITEMENT PAR EXCAVATION ET EVACUATION HORS SITE ET PHYTO-STABILISATION 78
TABLEAU 26 : ESTIMATION DE COUTS D'UN TRAITEMENT PAR BIOTERTRE ET PHYTO-STABILISATION 79
TABLEAU 27 : CRITERES D'EVALUATION DU BILAN COUT-AVANTAGES 86
TABLEAU 28 : BILAN COUTS-AVANTAGES 87
TABLEAU 29 : EVALUATION DES INCERTITUDES 90

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE DE VISITE DE SITE
ANNEXE 2 : CARACTERISTIQUES ET TOXICITE DES SUBSTANCES
ANNEXE 3 : CHOIX DES VTR 11-24
ANNEXE 4 : DETAIL DES CALCULS DES DOSES D'EXPOSITION
ANNEXE 5 : ETUDE DE FAISABILITE DE GESTION PAR PHYTO-MANAGEMENT
ANNEXE 6 : BORDEREAUX DE RESULTATS D'ANALYSE – ESSAI TERRAIN DE BIOTERTRE

ABREVIATIONS EMPLOYEES

- **ADES :** Accès aux Données sur les Eaux Souterraines
- **AEP :** Alimentation en Eau Potable
- **ARR :** Analyse des Risques Résiduels
- **ARS :** Agence Régionale de Santé
- **BASIAS :** Base de données des Anciens Sites Industriels et d'Activités de Services
- **BASOL :** BAse de données sur les sites et SOLs pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif
- **BDSS / BSS :** Banque de Données du Sous-Sol / Banque du Sous-Sol
- **BRGM :** Bureau de Recherche Géologique et Minière
- **BTEX :** Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes (hydrocarbures aromatiques monocycliques)
- **CASIAS :** Carte des Anciens Sites Industriels et Activités de Services
- **COHV :** Composés Organiques Halogénés Volatils
- **COV :** Composés Organiques Volatils
- **DDPP :** Direction départementale de la protection des populations
- **DREAL :** Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
- **EP :** Eaux Pluviales
- **EQRS :** Etude Quantitative des Risques Sanitaires
- **ETM :** Eléments Traces Métalliques
- **HAP :** Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
- **HCT :** HydroCarbures Totaux (indice C10-C40)
- **HC volatils :** HydroCarbures volatils (fraction C5-C10)
- **ICPE :** Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
- **IGN :** Institut Géographique National
- **IHU :** Inventaire Historique Urbain
- **ISDI :** Installation de Stockage de Déchets Inertes
- **INERIS :** Institut National de l'Environnement Industriel et des RISques
- **INRA :** Institut National de la Recherche Agronomique
- **ISDND :** Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux
- **ISDD :** Installation de Stockage de Déchets Dangereux
- **LQ :** Limite de Quantification
- **MEDAD :** Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement Durables
- **MEEM :** Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer
- **MTECT :** Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires
- **MS :** Matière Sèche
- **ML :** Métaux Lourds
- **NGF :** Nivellement Général de la France
- **PCB :** Polychlorobiphényles
- **PLU :** plan Local d'Urbanisme
- **PPRi :** Plan de Prévention des Risques d'inondation
- **SIERM :** Système d'Information sur l'Eau
- **SIS :** Secteur d'information sur les sols
- **SSP :** Sites et Sols Pollués
- **TPH :** Total Petroleum Hydrocarbons (Hydrocarbures pétroliers totaux)
- **ZICO :** Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux
- **ZNIEFF :** Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

1. RESUME NON TECHNIQUE

Dans le cadre du projet d'aménagement d'un quartier résidentiel sur la friche industrielle, localisée 6 Route de la Rochelle à L'ILE D'ELLE (85), l'Etablissement Public Foncier de la Vendée a fait appel à SOCOTEC Environnement pour la réalisation d'une mission de Plan de Gestion.

Le site représente une surface de 16 139 m² et est actuellement occupé par une friche industrielle pour la partie est et terrain nu avec quelques cabanons pour la partie ouest.

En 2017, 2019, 2021 et 2025, des diagnostics sur les milieux (sols, eaux souterraines et gaz de sols) ont été réalisés par EODD et SOCOTEC Environnement. En synthèse, les contaminations suivantes ont été caractérisées sur l'emprise d'étude :

Typologie de contamination	Localisation et description de la contamination	Caractéristiques des impacts	Sondages concernés	Dimensions à considérer	Tonnage à considérer	Actions à mettre en œuvre
CONTAMINATION CONCENTRÉE	**Zone 1a** : Partie ouest de la friche industrielle, aux abords du bac de rétention d'huiles historique dans le hangar tracteurs historiques	- Contamination des sols en HCT - Impact en hydrocarbures aromatiques C_8-C_{12} dans les gaz du sol	S9, T12, T13, T14, U2, U5, W8	Epaisseur : 0-1 m Surface : 640 m² Volume : 640 m³	1150 tonnes	Solution de gestion potentielle devant faire l'objet d'un bilan coût-avantage, seuil de coupure théorique à 500 mg/kg MS
				Epaisseur : 1-2 m Surface : 660 m² Volume : 660 m³	1190 tonnes	
				Epaisseur : 2-3 m Surface : 880 m² Volume : 880 m³	1590 tonnes	
	TOTAL FOURCHETTE BASSE			**2 180 m³**	**3930 tonnes**	
	TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)			**2 830 m³**	**5 110 tonnes**	
	Zone 1b : Partie sud-ouest de la friche industrielle, au droit de l'ancienne fonderie	Contamination des sols en métaux (plomb et cuivre/zinc) et anomalie en BTEX	S12, U7, W12, T16 et T14 *(sondage localisé au droit de la zone 1a)* Uniquement S12 pour les BTEX	Epaisseur : 0-3 m Surface : 70 m² Volume : 210 m³	380 tonnes	Solution de gestion potentielle devant faire l'objet d'un bilan coût-avantage, seuil de coupure théorique en plomb à 100 mg/kg MS
				Epaisseur : 0-1 m Surface : 70 m² Volume : 70 m³	130 tonnes	
	TOTAL FOURCHETTE BASSE			**280 m³**	**510 tonnes**	
	TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)			**365 m³**	**665 tonnes**	
CONTAMINATION PONCTUELLE LOCALISEE	**Zone 2** : partie est de la fiche industrielle	Anomalie significative ponctuelle en HAP	S2	Epaisseur : 0-1 m Surface : 30 m² Volume : 30 m³	55 tonnes	Gestion similaire aux zones 1a et 3
	TOTAL FOURCHETTE BASSE			**30 m³**	**55 tonnes**	
	TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)			**40 m³**	**70 tonnes**	
	Zone 3 : partie centre/est de la friche industrielle	Anomalie significative ponctuelles en HCT	V4 et W17	Epaisseur : 0-1 m Surface : 30 m² Volume : 30 m³	55 tonnes	A gérer de la même façon que la pollution concentrée (seuil de coupure théorique à 500 mg/kg MS)
	TOTAL FOURCHETTE BASSE			**30 m³**	**55 tonnes**	
	TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)			**40 m³**	**70 tonnes**	

Aucune contamination n'a été mise en évidence dans les eaux souterraines. De plus les études montrent que les eaux prélevées correspondraient davantage à des eaux de ruissellement à travers les remblais présents sur le site qu'à une nappe d'eaux souterraines à proprement parler. La ressource en eau n'est ainsi pas jugée vulnérable.

Des solutions de gestion ont donc été envisagées pour l'ensemble des contaminations identifiées :

- Scénario n°1 : excavation + évacuation de toutes les terres contaminées en plateforme de tri ou ISDD. Cette solution permet de traiter l'ensemble des sources de contaminations. Ce scénario présente le bilan économique le plus défavorable (estimé à 700-925 k€ HT). Le bilan environnemental est également défavorable considérant l'importante production de déchets. Néanmoins d'un point de vue technique, c'est la solution la plus efficace,
- Scénario n°2 : excavation + traitement préalable sur site des terres contaminées issues des zones 1a, 2 et 3 en biotertre ; et excavation + évacuation des terres contaminées issues la zone 1b en ISDD. Ce scénario permet d'éliminer les sources de contamination toute en limitant le transport routier et permettant la réutilisation des terres issues de zone 1a, 2 et 3. Toutefois, cette technique peut être longue (entre 6 et 18 mois) et nécessite une surface très importante pour la réalisation du biotertre.

La mise en œuvre d'essais préalable est également nécessaire pour consolider les hypothèses d'abattement souhaité des pollutions hydrocarburées. Les pollutions métalliques seront évacuées en filière adaptée. Le bilan économique de ce scénario reste significatif (estimé à 320-500 k€ HT),

- Scénario n°3 : excavation + évacuation des terres contaminées issues des zones 1a, 2 et 3 en plateforme de tri et excavation + gestion des terres contaminées issues la zone 1b par phyto-stabilisation. Ce scénario permet d'éliminer les sources de contamination tout en limitant le transport routier. L'aménagement du site pourra se réaliser en parallèle de la mise en place du merlon de phyto-stabilisation. Cette technique nécessite une surface importante. Des essais en laboratoire ont été menés et permettent de confirmer la faisabilité de cette technique (développement de la végétalisation, peu de transfert vers les biomasses), sous réserve d'une refonctionnalisation préalable des sols (amendements ajustés). Le bilan économique de ce scénario reste significatif (estimé à 620-815 k€ HT) ;
- Scénario 4 : consistant en un croisement entre les scénarios 2 et 3 avec l'excavation + traitement préalable sur site des terres contaminées issues des zones 1a, 2 et 3 en biotertre et la gestion des terres contaminées issues la zone 1b par phyto-stabilisation. Ce scenario est le plus favorable d'un point de vue économique (estimé à 245-390 k€ HT) et environnemental (limitation des évacuations de terres hors site) mais présente les mêmes incertitudes que pour le scénario 2 en ce qui concerne le traitement par biotertre.

D'un point de vue global, au vu du bilan coûts-avantages établi, l'objectif est de **favoriser le scenario 4**, à condition de sécuriser la faisabilité technique et la maîtrise de l'efficacité de la méthode de traitement sur site par biotertre des contaminations organiques en présence.

L'analyse des enjeux sanitaires menée sur la base des campagnes d'investigations sur les milieux a permis de valider la compatibilité sanitaire du futur projet d'aménagement, sous réserve de mise en œuvre des travaux de réhabilitation suivant le présent plan de gestion.

Sur la base des résultats des différentes études, SOCOTEC Environnement recommande :

- Le traitement des contaminations via :
  - La mise en œuvre d'un des scénarios de gestion (sur la base d'un plan de conception de travaux ajusté selon le scénario à entreprendre),
  - La gestion spécifique des bétons jugés non inertes
  - Le suivi de travaux de dépollution par un bureau d'étude spécialisé et certifié,
  - La réalisation de prélèvements en parois et fonds de fouilles afin de vérifier l'atteinte des objectifs de dépollution. En cas de contamination résiduelle supérieures aux seuils de dépollution fixés, une vérification du risque sanitaire devra être établie. Des investigations complémentaires de réception seront éventuellement nécessaires (prélèvements de gaz de sols),
- La mise en place de mesures constructives via notamment la mise en place systématique d'un recouvrement (enrobé, dalle béton ou terre végétale saine) au droit du site et la mise en place des réseaux AEP en dehors des secteurs contaminés (à défaut, des canalisations AEP avec des matériaux adaptés devront être mises en place, réputé imperméables aux polluants chimiques organiques ou placées dans des tranchées remblayées à l'aide de terre saine),
- La réalisation d'une campagne d'analyses sur les eaux souterraines en cas d'usage futur éventuel,
- En fonction des teneurs résiduelles mesurées en réception de travaux de dépollution sur les sols, la mise en place éventuelle de restrictions d'usage sur la gestion des déblais en cas d'affouillements ultérieurs,
- La réalisation d'une ATTES-ALUR dans le cadre du dépôt de permis de construire,
- La conservation de la mémoire des contaminations.

2. RESUME TECHNIQUE

<table>
<tr><td>Intitulé de la mission</td><td>Plan de Gestion - Plan de Conception de Travaux</td></tr>
<tr><td>Code missions globales et élémentaires selon la norme NF X31-620</td><td>Mission globale PG
comprenant les missions élémentaires A100, A300, A320 et A330</td></tr>
<tr><td>Localisation du site</td><td>Adresse : 6 route de la Rochelle - 85770 – ILE D'ELLE
Parcelles cadastrales : N° 226, 250, 251 et 293 de la section AD et N°186 de la section AE
Superficie : 16 139 m²</td></tr>
<tr><td>Situation / Contexte</td><td>Classement au titre des ICPE : ☐ Oui ☒ Non (cessation d'activité en 2007 – ancien site à autorisation)
Contexte de l'étude : Aménagement
Usage futur du site : Résidentiel
Etudes antérieures disponibles : ☒ Oui ☐ Non
Référence de(s) l'étude(s) :
- Rapport d'études historique et de vulnérabilité et diagnostic de pollution des sols établi par EODD Ingénieurs Conseils le 11/08/2017 (rapport P02820),
- Rapport de diagnostic complémentaire de pollution des sols et préconisations de gestion de la pollution établi par EODD Ingénieurs Conseils le 09/11/2019 (rapport P02820.02),
- Rapport de diagnostic de pollution des milieux établi par EODD Ingénieurs Conseils le 26/05/2021 (rapport P02820.03),
- Rapport de plan de gestion établi par EODD Ingénieurs Conseils le 13/07/2022 (rapport P02820.03),
- Rapport de caractérisation dans les enrobés de voirie de la présence d'amiante et d'HAP établi par SOCOTEC Environnement en mars 2025 (Rapport n°25036E14Q5000011).
- Rapport d'investigations sur les milieux établi par SOCOTEC Environnement le 27/05/2024 (rapport E14Q5/25/256, Affaire 2503E14Q5000011).
Site relevant de la méthodologie sur les sols pollués : ☒ Oui ☐ Non</td></tr>
<tr><td>Visite de site (A100)</td><td>Réalisée le 28/01/2025
Activités ou installations à risques relevées : sans objet, absence d'activité</td></tr>
<tr><td>Contaminations en présence</td><td>En 2017, 20119, 2021 et 2025, des diagnostics sur les milieux (sols, eaux souterraines et gaz de sols) ont été réalisés par EODD et SOCOTEC Environnement. En synthèse, les contaminations suivantes ont été caractérisées sur l'emprise d'étude :
<table>
<tr><th>Typologie de contamination</th><th>Localisation et description de la contamination</th><th>Caractéristiques des impacts</th><th>Sondages concernés</th><th>Dimensions à considérer</th><th>Tonnage à considérer</th><th>Actions à mettre en œuvre</th></tr>
<tr><td rowspan="8">CONTAMINATION CONCENTRÉE</td><td rowspan="3">Zone 1a :
Partie ouest de la friche industrielle, aux abords du bac de rétention d'huiles historique dans le hangar tracteurs historiques</td><td rowspan="3">• Contamination des sols en HCT
• Impact en hydrocarbures aromatiques C_8-C_{12} dans les gaz du sol</td><td rowspan="3">S9, T12, T13, T14, U2, U5, W8</td><td>Epaisseur : 0-1 m
Surface : 640 m²
Volume : 640 m³</td><td>1 150 tonnes</td><td rowspan="3">Solution de gestion potentielle devant faire l'objet d'un bilan coût-avantage, seuil de coupure théorique à 500 mg/kg MS</td></tr>
<tr><td>Epaisseur : 1-2 m
Surface : 660 m²
Volume : 660 m³</td><td>1190 tonnes</td></tr>
<tr><td>Epaisseur : 2-3 m
Surface : 880 m²
Volume : 880 m³</td><td>1590 tonnes</td></tr>
<tr><td colspan="3">TOTAL FOURCHETTE BASSE</td><td>2 180 m³</td><td>3930 tonnes</td></tr>
<tr><td colspan="3">TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)</td><td>2 830 m³</td><td>5 110 tonnes</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Zone 1b :
Partie sud-ouest de la friche industrielle, au droit de l'ancienne fonderie</td><td rowspan="3">Contamination des sols en métaux (plomb et cuivre/zinc) et anomalie en BTEX</td><td rowspan="3">S12, U7, W12, T16 et T14
(sondage localisé de la zone 1a)
Uniquement S12 pour les BTEX</td><td>Epaisseur : 0-3 m
Surface : 70 m²
Volume : 210 m³</td><td>380 tonnes</td><td rowspan="3">Solution de gestion potentielle devant faire l'objet d'un bilan coût-avantage, seuil de coupure théorique en plomb à 100 mg/kg MS</td></tr>
<tr><td>Epaisseur : 0-1 m
Surface : 70 m²
Volume : 70 m³</td><td>130 tonnes</td></tr>
<tr><td colspan="3">TOTAL FOURCHETTE BASSE</td><td>280 m³</td><td>510 tonnes</td></tr>
<tr><td colspan="3">TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)</td><td>365 m³</td><td>665 tonnes</td></tr>
<tr><td rowspan="5">CONTAMINATION PONCTUELLE LOCALISEE</td><td>Zone 2 : partie est de la fiche industrielle</td><td>Anomalie significative ponctuelle en HAP</td><td>S2</td><td>Epaisseur : 0-1 m
Surface : 30 m²
Volume : 30 m³</td><td>55 tonnes</td><td rowspan="3">Gestion similaire aux zones 1a et 3</td></tr>
<tr><td colspan="3">TOTAL FOURCHETTE BASSE</td><td>30 m³</td><td>55 tonnes</td></tr>
<tr><td colspan="3">TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)</td><td>40 m³</td><td>70 tonnes</td></tr>
<tr><td>Zone 3 : partie centre/est de la friche industrielle</td><td>Anomalie significative ponctuelles en HCT</td><td>V4 et W17</td><td>Epaisseur : 0-1 m
Surface : 30 m²
Volume : 30 m³</td><td>55 tonnes</td><td rowspan="3">A gérer de la même façon que la pollution concentrée (seuil de coupure théorique à 500 mg/kg MS)</td></tr>
<tr><td colspan="3">TOTAL FOURCHETTE BASSE</td><td>30 m³</td><td>55 tonnes</td></tr>
<tr><td colspan="3">TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)</td><td>40 m³</td><td>70 tonnes</td></tr>
</table>
Aucune contamination n'a été mise en évidence dans les eaux souterraines. De plus les études montrent que les eaux prélevées correspondraient davantage à des eaux de ruissellement à travers les remblais présents sur le site qu'à une nappe d'eaux souterraines à proprement parler. La ressource en eau n'est ainsi pas jugée vulnérable.</td></tr>
<tr><td>Scénarios de gestion envisagés</td><td>Dans le cadre du présent plan de gestion, l'usage futur considéré est de type résidentiel. Les options de traitement des contaminations en présence sont :
- Scénario n°1 : excavation + évacuation de toutes les terres contaminées en plateforme de tri ou ISDD. Cette solution permet de traiter l'ensemble des sources de contaminations. Ce scénario présente le bilan économique le plus défavorable (estimé à 700-925 k€). Le bilan environnemental est également défavorable considérant l'importante production de déchets. Néanmoins d'un point de vue technique, c'est la solution la plus avantageuse,
- Scénario n°2 : excavation + traitement préalable sur site des terres contaminées issues des zones 1a, 2 et 3 en biotertre ; et excavation + évacuation des terres contaminées issues la zone 1b en ISDD. Ce scénario permet d'éliminer les sources de contamination toute en limitant le transport routier et permettant la réutilisation des terres issues de zone 1a, 2 et 3. Toutefois, cette technique peut être longue (entre 6 et 18 mois) et nécessite une surface très importante pour la réalisation du biotertre. La mise en œuvre d'essais préalable est également nécessaire pour consolider les hypothèses d'abattement souhaité des pollutions hydrocarburées. Les pollutions métalliques seront évacuées en filière adaptée. Le bilan économique de ce scénario reste significatif (estimé à 320-500 k€),
- Scénario n°3 : excavation + évacuation des terres contaminées issues des zones 1a, 2 et 3 en plateforme de tri ; et excavation + gestion des terres contaminées issues la zone 1b par phyto-stabilisation. Ce scénario permet d'éliminer les sources de contamination tout en limitant le transport routier. L'aménagement du site pourra se réaliser en parallèle de la mise en place du merlon de phyto-stabilisation, Cette technique nécessite une surface importante. Des essais en laboratoire ont été menés et permettent de confirmer la faisabilité de cette technique (développement de la végétalisation, peu de transfert vers les biomasses), sous réserve d'une refonctionnalisation préalable des sols (amendements ajustés). Les pollutions hydrocarburées seront évacuées en filière adaptée. Le bilan économique de ce scénario reste significatif (estimé à 620-815 k€);
Scénario 4 : consistant en un croisement entre les scénarios 2 et 3 avec l'excavation + traitement préalable sur site des terres contaminées issues des zones 1a, 2 et 3 en biotertre et la gestion des terres contaminées issues la zone 1b par phyto-stabilisation. Ce scenario est le plus favorable d'un point de vue économique (estimé à 245-390 k€ HT) et environnemental (limitation des évacuations de terres hors site) mais présentent les mêmes contraintes techniques que pour le scénario 2 en ce qui concerne le traitement par biotertre.</td></tr>
<tr><td>PCT – Plan de conception de travaux</td><td>B111 – Essai en laboratoire de phytomanagement : L'étude confirme la faisabilité technique d'une gestion par phytomanagement des pollutions métalliques du site. Le matériau testé présente un potentiel de phytostabilisation intéressant, nécessitant toutefois des amendements (apports organiques et minéraux) pour permettre l'implantation d'un couvert végétal pérenne et contrer les signes de carences nutritionnelles observées sur l'essai.
B110 – Essai terrain de biotertre : Considérant la nature compacte des sols, du fait de leur texture argileuse à limoneuse, les résultats de cet essai confirment l'importance de la préparation des terres avant mise en œuvre du biotertre, et notamment, l'ajout d'agents structurants favorisant l'aération de celles-ci. Dans ces conditions, l'atteinte du seuil de coupure visé a été démontrée, validant ainsi la faisabilité technique du traitement sur site par biotertre.
B111 – Essai en laboratoire de bioremediation puis phytomanagement : Ces résultats confirment l'efficacité de l'activité microbienne dans le traitement des contaminations hydrocarburées des sols du site, qu'elle soit liée à l'activité indigène stimulée, ou à l'apport de bactéries extérieures. Dans ces conditions, l'atteinte du seuil de coupure visé étant démontrée, la faisabilité technique du traitement sur site par bio-remédiation est encouragée.</td></tr>
<tr><td>Bilan coûts/avantages (A330)</td><td>Au terme de la phase d'essais, les techniques de traitement des scenarios n°2 et 3 (et par défaut 4) étant sécurisées (adaptabilité au site et efficacité démontrées), la notation du critère technique des 4 scenarios est identique.
Pour les critères économiques, environnementaux, socio-politiques et juridiques le scenario 1 est moins avantageux que les scénarios 2, 3 et 4.
Le scénario 4 est plus avantageux que les scénario 2 et 3 sur le plan économique.
Sur les plan socio-politique et juridique les scénario 2, 3 et 4 ne se différencient pas.
Sur le plan environnemental c'est le scénario 4 qui possède la meilleure note.
Ainsi, d'un point de vue global, au vu du bilan coûts-avantages établi, c'est le scénario 4 (association bioremédiation / phytomanagement) qui est retenu.</td></tr>
<tr><td>Analyse des enjeux sanitaires (A320)</td><td>Cibles : Futurs résidents adultes et enfant (usage résidentiel)
Source : Polluants volatils mesurés dans les gaz des sols (issus du dégazage des sols) et dans les sols (jusqu'aux seuils de coupure considérés)
Transfert / exposition : Remontée de polluants dans l'air ambiant (Inhalation d'air ambiant) – Contact direct avec les sols (Ingestion de sol, Inhalation de poussières) – Transfert racinaire (Ingestion de végétaux autoproduits)
Les résultats ont permis de mettre en évidence des niveaux de risque jugés acceptables (QD<1 et ERI<10-5) pour les cibles considérées, dans l'état actuel du milieu gaz des sols (et donc par défaut, dans l'état futur après dépollution) et des sols (jusqu'aux seuils de coupure à atteindre).</td></tr>
<tr><td>Recommandations</td><td>Sur la base des résultats de la présente étude et compte tenu du projet présenté, SOCOTEC Environnement recommande :
- Le traitement des contaminations via :
o La mise en œuvre des opérations de terrassement et traitement des terres polluées,</td></tr>
</table>

	○ La gestion spécifique des bétons jugés non inertes, ○ Le suivi de travaux de dépollution par un bureau d'étude spécialisé et certifié, ○ La réalisation de prélèvements en parois et fonds de fouilles afin de vérifier l'atteinte des objectifs de dépollution. En cas de contamination résiduelle supérieures aux seuils de dépollution fixés, une vérification du risque sanitaire devra être établie. Des investigations complémentaires de réception seront éventuellement nécessaires (prélèvements de gaz de sols), - La mise en place de mesures constructives via notamment la mise en place systématique d'un recouvrement (enrobé, dalle béton ou terre végétale saine) au droit du site et la mise en place des réseaux AEP en dehors des secteurs contaminés (à défaut, des canalisations AEP avec des matériaux adaptés devront être mises en place, réputé imperméables aux polluants chimiques organiques ou placées dans des tranchées remblayées à l'aide de terre saine), - La réalisation d'une campagne d'analyses sur les eaux souterraines en cas d'usage futur éventuel, - En fonction des teneurs résiduelles mesurées en réception de travaux de dépollution sur les sols, la mise en place éventuelle de restrictions d'usage sur la gestion des déblais en cas d'affouillements ultérieurs, - La réalisation d'une ATTES-ALUR dans le cadre du dépôt de permis de construire, - La conservation de la mémoire des contaminations.

3. PRESENTATION DE LA MISSION

3.1 SITE D'INTERVENTION

TABLEAU 1 : PRESENTATION DU SITE

Nom du Site	Friche industrielle
Adresse	6 route de la Rochelle - 85770 – ILE D'ELLE
Parcelles cadastrales	N° 226, 250, 251 et 293 de la section AD et N°186 de la section AE
Surface	16 139 m²
Description du site et des activités	Friche industrielle pour la partie est et terrain nu composé de cabanons pour la partie ouest

Le plan de localisation du site et un extrait de plan cadastral sont présentés ci-après en **Figure 1** et **Figure 2.**

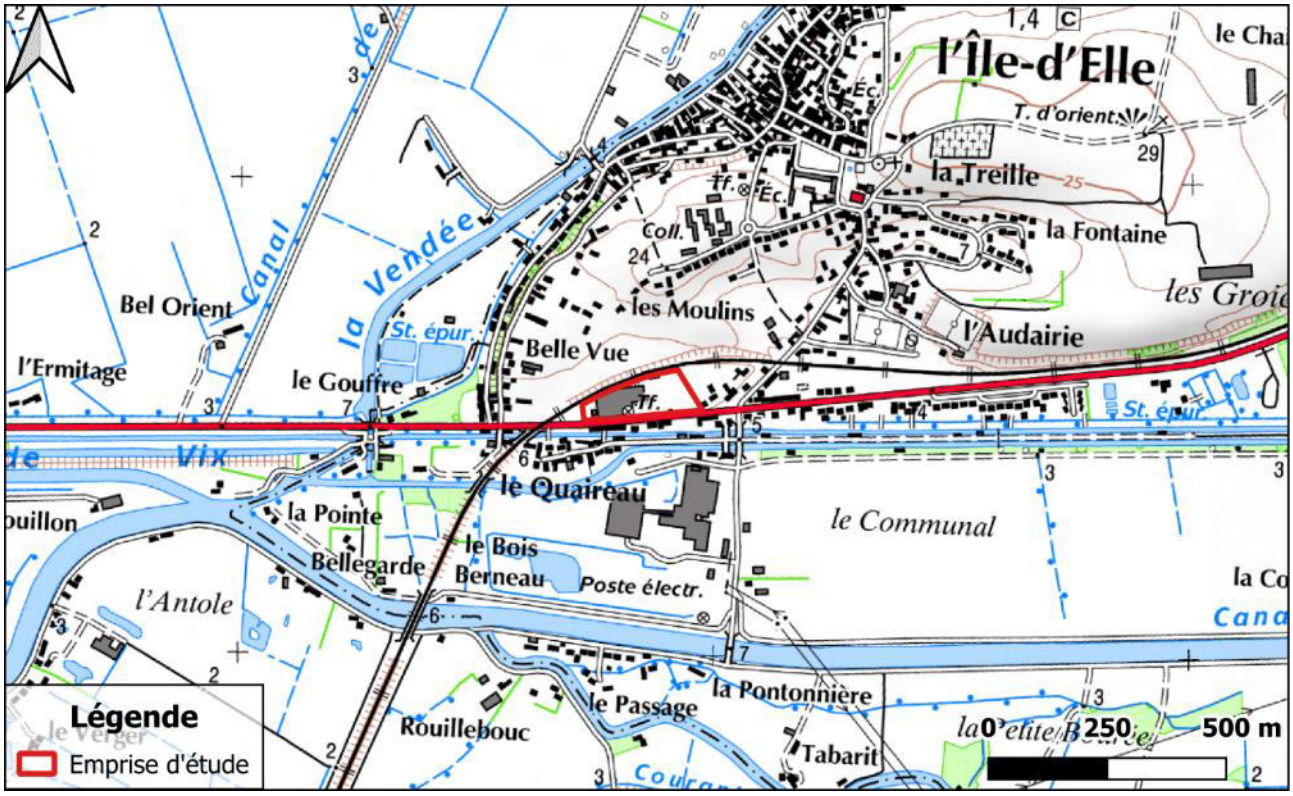


FIGURE 1 : PLAN DE LOCALISATION DU SITE (SOURCE : CARTE IGN)

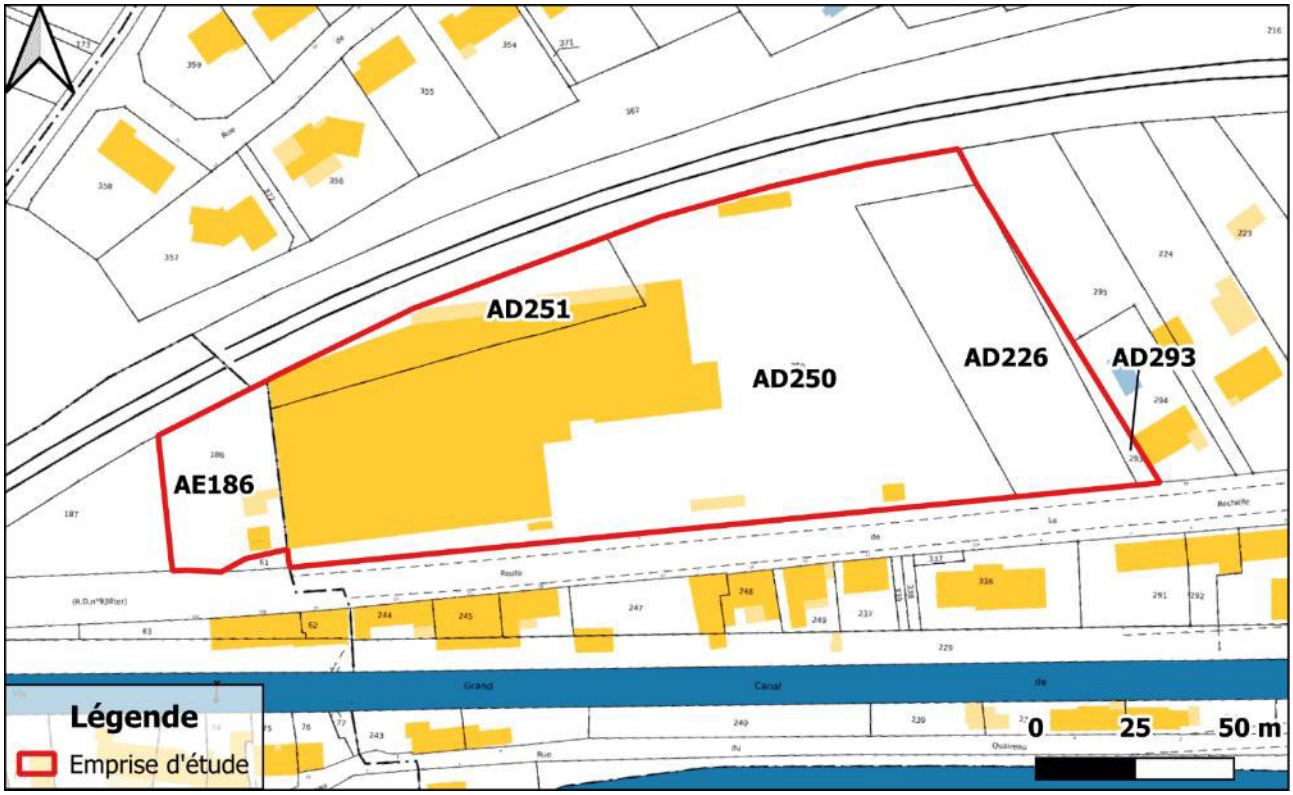


FIGURE 2 : EXTRAIT DU PLAN CADASTRAL DE LA COMMUNE DE L'ILE D'ELLE (SOURCE : CADASTRE)

3.2 CONTEXTE ET OBJECTIF DE LA MISSION

Cette mission est réalisée dans le cadre d'un projet d'aménagement ayant vocation à accueillir un projet d'habitats individuels avec jardins privatifs, comme présenté en **Figure 3** ci-après.



FIGURE 3 : PLAN DU PROJET (SOURCE : EPF)

La présente étude est réalisée afin d'étudier les modalités de traitement des pollutions concentrées du site, en maitrisant les impacts et risques associés tout en assurant la gestion des pollutions résiduelles et diffuses.

Ainsi, la présente étude est réalisée pour répondre aux objectifs suivants :

- confirmer et dimensionner les contaminations des sols mises en évidence ;
- déterminer les solutions de gestion envisageables.

3.3 CONTENU DE LA MISSION

La présente mission de Plan de Gestion - Plan de Conception de Travaux comporte les prestations élémentaires suivantes, conformément à la norme NF X31-620 :

- Une visite du site (A100),
- Une analyse des enjeux sur les ressources en eau (A300),
- Analyse des enjeux sanitaires (A320),
- Bilan Coûts/Avantages (A330).

3.4 DOCUMENTS DE REFERENCE

Cette étude se base sur la proposition commerciale N° 2503E14Q5000012, établie par SOCOTEC Environnement le 04/12/2024, ayant reçu votre accord du 11/12/2024.

Elle prend en compte les documents de référence et les études antérieures suivantes :

- Document de consultation référencé M20224/18,
- Rapport d'études historique et de vulnérabilité et diagnostic de pollution des sols établi par EODD Ingénieurs Conseils le 11/08/2017 (rapport P02820),
- Rapport de diagnostic complémentaire de pollution des sols et préconisations de gestion de la pollution établi par EODD Ingénieurs Conseils le 09/11/2019 (rapport P02820.02),
- Rapport de diagnostic de pollution des milieux établi par EODD Ingénieurs Conseils le 26/05/2021 (rapport P02820.03),
- Rapport de plan de gestion établi par EODD Ingénieurs Conseils le 13/07/2022 (rapport P02820.03),
- Rapport de caractérisation dans les enrobés de voirie de la présence d'amiante et d'HAP établi par SOCOTEC Environnement en mars 2025 (Rapport n°25036E14Q5000011).
- Rapport d'investigations sur les milieux établi par SOCOTEC Environnement le 27/05/2024 (rapport E14Q5/25/256, Affaire 2503E14Q5000011).

Aucune autre étude antérieure ou autre document de référence ne nous a été communiqué.

3.5 REFERENTIEL METHODOLOGIQUE

Les prestations proposées seront réalisées conformément aux exigences :

- des textes du MEEDDAT en date du 8 février 2007 et de la note du MEEM du 19 avril 2017 ;
- des normes de la série NF X31-620 partie 1, 2 et 5 ;
- des normes et fascicules documentaires AFNOR de la série X 31 (sols pollués) et X 30 (déchets) ;
- des normes des séries NF EN ISO 5667 relative à la qualité de l'eau et NF ISO 18400 relative à la qualité du sol ;
- des normes de la série T90 relatives aux prélèvements d'eaux souterraines ;
- du référentiel de certification de service des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués dite « certification LNE SSP » : http://www.lne.fr ;
- Certifications LNE :
  - Domaine A : « Etudes, assistance et contrôle » ;
  - Domaine B : « Ingénierie des travaux de réhabilitation » ;
  - Domaine D : « Attestations de prise en compte des mesures de gestion de la pollution des sols et des eaux souterraines dans la conception des projets de construction ou d'aménagement ».

Définitions :

Contamination : *Introduction directe ou indirecte, par l'activité humaine d'une substance dans les sols entrainant une concentration en cette substance supérieure à celle initialement et naturellement présente.*

Pollution : *Introduction directe ou indirecte, par l'activité humaine d'une substance dans les sols entrainant une concentration en cette substance supérieure à celle initialement et naturellement présente et qui engendre de fait un risque inacceptable pour les cibles à protéger en fonction de l'usage du site.*

3.6 VISITE DE SITE (A100)

3.6.1 Réalisation de la visite et personne rencontrée

Une visite du site a été réalisée le 28/01/2025 par Guillaume FALCK, Marine COLINEAUX-PLOT et Nina RAMOS, en autonomie, avec l'accord de Sébastien VANDIER, chargé de travaux et patrimoine de l'Etablissement Public Foncier de la Vendée.

Lors de la visite de site, un questionnaire conforme au guide méthodologique "visite du site" a été renseigné et est joint en Annexe 1.

L'emprise de la visite concerne l'ensemble du site décrit au paragraphe 3.1, ainsi que ses abords dans un rayon de 100 mètres.

3.6.2 Description du site, des activités et des installations recensées

Le site d'étude est occupé par :

- une friche industrielle sur la partie est. Seuls des vestiges d'infrastructures (dalle béton) subsistent,
- un terrain nu sur la partie ouest composé de quelques cabanons vides.

Les espaces extérieurs sont principalement occupés par des espaces bétonnés ou enrobé et des zones de terrains nus enherbés.

Au cours de la visite de site, il n'a pas été repéré d'indice laissant supposer la présence de problème de pollution avéré. Toutefois, des fragments de plaques fibrociments, susceptibles de contenir de l'amiante, ont été identifiés au sol sur la partie ouest du site, à proximité des cabanons existants.

Les éléments relevés sont présentés sur le plan en **Figure 4** et les photographies de visite en **Figure 5** ci-après.

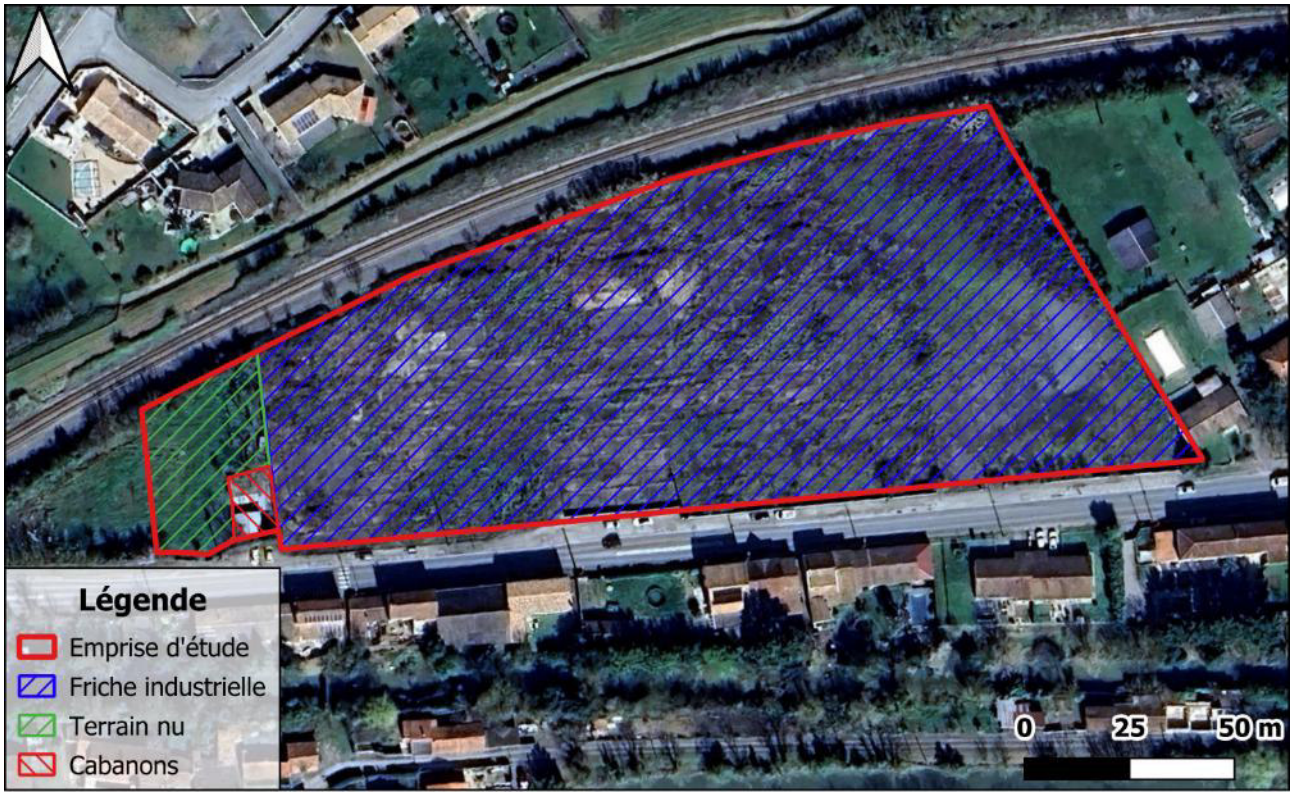


FIGURE 4 : PLAN DE VISITE DE SITE (SOURCE : GOOGLE SATTELITE)

			
Photographie 1 : Côte sud de la friche	*Photographie 2 : Côte sud de la friche*	*Photographie 3 : Friche industrielle*	*Photographie 4 : Friche industrielle*
			
Photographie 5 : Friche industrielle	*Photographie 6 : Friche industrielle*	*Photographie 7 : Friche industrielle*	*Photographie 8 : Friche industrielle et vue sur l'environnement du site*
			
Photographie 9 : Friche industrielle et vue sur l'environnement du site	*Photographie 10 : Emprise ouest du site*	*Photographie 11 : Cabanons (côté ouest du site)*	*Photographie 12 :Cabanons (côté ouest du site)*

FIGURE 5 : PHOTOGRAPHIES DU SITE (SOURCE : PRISES DE VUE PERSONNELLES)

3.6.3 Usages constatés et sensibilité du voisinage

Les usages suivants (et leur sensibilité associée) sont constatés aux abords du site (rayon de 100 m) et présentés sur le plan en **Figure 6** :

- Parcelles résidentielles privatives (maisons d'habitation avec jardin), en bordure est et à partir de 30 m au nord et au sud – *usage sensible* ;
- Eaux superficielles : Canal de Vix à 30 m au sud et Contre-Bot de Vix à 60 m au sud – *usage sensible ;*
- Voie ferrée en bordure nord – *usage peu sensible ;*
- Terrain nu à 50 m à l'ouest – *usage peu sensible.*



FIGURE 6 : PHOTOGRAPHIE AERIENNE DU SECTEUR (SOURCE : GOOGLE SATELLITE)

Compte tenu des usages recensés, le voisinage du site est considéré comme **sensible**.

3.6.4 Dangers immédiats pour l'environnement et la santé publique

Lors de la visite de site, des observations ont été effectuées afin d'identifier la présence ou non de dangers immédiats pour l'environnement et la santé publique. Ces différentes vérifications sont détaillées dans le tableau ci-après.

TABLEAU 2 : DANGERS IMMEDIATS POUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTE PUBLIQUE

Points de vérification	Observations	Danger immédiat pour l'environnement et la santé publique
Moyens d'accessibilité au site et moyens de protection	Le site est clôturé mais pas surveillé	NON
Etat des dalles dans les bâtiments	Etat des vestiges de dalles difficilement visible compte tenu de la végétation dense	NON
Présence d'activité sur terrain nu	Actuellement sans objet	NON
Présence de substances polluantes et conditions de stockage	Actuellement sans objet	NON
Autre	Présence de fragments potentiellement amiantés au sol	NON (le site n'étant pas occupé) mais à prendre en compte lors des investigations

3.6.5 Mesures correctives de mise en sécurité

Aucun danger immédiat pour l'environnement et la santé publique n'ayant été identifié, il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre de mesure corrective de mise en sécurité.

Toutefois, les mesures de sécurité suivantes devront être prises, lors des campagnes d'investigation sur site :

- compte tenu du constat de nombreuses cavités non sécurisés sur le site, il est recommandé de les signaler les sécuriser (comblement ou de couverture pour prévenir le risque de chute ;
- en présence de matériaux potentiellement amiantés, les investigations à réaliser sur la zone ouest du site seront à faire en SS4.

3.6.6 Identification des contraintes sur site

Compte tenu des constats réalisés lors de la visite, les contraintes suivantes ont été identifiées, et devront faire l'objet d'une vigilance accrue dans le cadre d'éventuelles investigations à réaliser sur site :

- Accessibilité des zones,
- Présence de vestiges d'infrastructures,
- Présence potentielle de réseaux enterrés.

3.7 ETAT DE LA QUALITE DES MILIEUX – SYNTHESE DES ETUDES ANTERIEURES

3.7.1 Etudes historiques et de vulnérabilité et diagnostic de pollution des sols – EODD 2017

Dans le cadre de son projet d'acquisition d'un ancien site industriel, l'EPF Vendée a mandaté le bureau d'étude EODD Ingénieurs Conseils pour la réalisation d'une étude historique, mémorielle, documentaires et d'une étude de vulnérabilité des milieux, ainsi que d'une campagne d'investigations sur les sols en place en août 2017 (rapport P02820). Les conclusions de cette étude sont présentées ci-après. *A noter que l'emprise d'étude ici comprenait la friche industrielle, le terrain nu composé de cabanons ainsi qu'une autre parcelle plus à l'ouest*.

L'étude historique et documentaire a mis en évidence à l'aplomb du site :

- Un jardin potager au droit des parcelles AE 60 et 61 *(partie ouest du site)* depuis 1945,
- La succession de 4 sociétés industrielles à l'échelle des parcelles AD 226, 250, 251 et 293 *(partie est du site, friche industrielle)*,
  - La société « ROUSSEAU » (mécanique automobile) ayant débuté ses activités en 1927 (activité suspectée) ;
  - La « Briqueterie des 2 Sèvres » (briqueterie ; dates de début et fin d'exploitation inconnues) ;
  - La « Fonderie du Marais » ayant exercé durant 2 ans avant de faire faillite et être vendue aux enchères (fonderie ; dates de début et fin d'exploitation inconnues) ;
  - La société « FLEURISSON » de 1985 à 2007 (activités de transports, cessation d'activité actée),

L'étude de vulnérabilité des milieux a montré :

- Un contexte géologique peu vulnérable (sols globalement peu perméables, limitant une diffusion de la pollution en profondeur),
- Un contexte hydrogéologique vulnérable et non sensible : faible profondeur supposée de la nappe, sans usage sensible recensé (pas de captage AEP en aval),
- Un contexte hydrologique vulnérable (Canal de Vix et Contre-Bot du Vix respectivement situés à 30 et 60 m d site ; connexion probable avec la nappe et sensible (pratiques de pêche et possiblement irrigation).

A l'issue de l'étude historique et documentaire et de la visite du site, les zones à risques de pollution suivantes ont été mise en évidence :

- Stockage de fûts d'huiles et d'acides de batterie sur dalle souillée à l'intérieur de l'espace de stockage (pneumatique, tôlerie, mécanique),
- Bac de rétention d'huiles à l'intérieur du hangar/atelier de tracteurs,
- Une cuve enterrée de 10 m³ d'huiles de vidange suspectée dans le hangar / atelier de tracteurs,
- Un volucompteur relié à une cuve enterrée de 40 m³ de gasoil, suspectés en extérieur,
- Un local d'atelier/dépôt a Nord-Est du site,
- Une aire de lavage pour véhicules associée à un débourbeur/séparateur à hydrocarbures,
- Un transformateur électrique (potentielle aux PCB à l'époque) au Sud-Est du bâtiment principal,
- L'ancienne activité de fonderie que serait essentiellement localisée dans le hangar semi-remorques,
- Des anciens stationnements de véhicules sur les zones découvertes à l'extérieur,
- La présence de remblais d'apport sur l'ensemble de la friche.

Les investigations réalisées sur le site (13 sondages à la tarière mécanique à 2-3 m de profondeur) amènent aux constats suivants concernant l'état de pollution des terrains en présence :

- Anomalies significatives de concentrations en HCT C_{10}-C_{40} au droit du sondage S9 (aux abords du bac de rétention d'huiles dans la hangar tracteurs). La plus forte teneur est observée dans les terrains intermédiaires (80-100 cm) à hauteur de 14 000 mg/kg MS, l'impact étant moindre au sein des sols sus-jacents (30-60 cm, 2 900 mg/kg MS) et sous-jacent (220-240 cm, 580 mg/kg MS),
- Anomalies modérées de concentration en HCT C_{10}-C_{40} dans les remblais au droit du sondage S4 entre 30 et 90 cm (à l'angle Sud-Est du site) et du sondage S1 entre 5 et 60 cm (abords du débourbeur déshuileur), avec des teneurs respectives de 410 et 360 mg/kg MS,
- Anomalie significative de concentration en HAP dans les remblais à proximité du volucompteur suspecté (S2, entre 0 et 100 cm) à hauteur de 72,8 mg/kg MS. Les sols sous-jacents (150-200 cm) sont peu impactés (4,6 mg/kg MS),
- Anomalie significative de concentration en BTEX au droit de l'ancienne fonderie en S12 (230-280 cm) avec une teneur constatée de 12,28 mg/kg MS (dont 2,3 mg/kg MS de benzène, composé le plus toxique des BTEX), les sols sus-jacents (0-70 cm) sont peu impactés (présence de traces en BTEX <0,5 mg/kg MS),
- Anomalies de concentrations significatives dans les remblais au droit de l'ancienne fonderie (S12 entre 0 et 70 cm) pour le zinc (12 000 mg/kg MS), le plomb (22 000 mg/kg MS) et le cuivre (350 mg/kg MS), et, dans une moindre mesure, en cadmium (17 mg/kg MS). Les sols sous-jacents (entre 230 et 280 cm) sont impactés en plomb et en cuivre, en des concentrations toutefois moins importantes (près de 25 fois moindres pour le plomb et 7 fois moins pour le cuivre),
- Absence d'anomalie significative de concentration en COHV et en PCB, les concentrations étant inférieures à la limite de quantification du laboratoire sur l'ensemble des échantillons analysés.

La synthèse cartographique des résultats d'analyses est présentée en **Figure 7**.

A l'issue de ce diagnostic il avait été recommandé notamment la réalisation des sondages complémentaires aux fins de circonscriptions des anomalies significatives identifiées (zones de l'ancienne fonderie, du bac de rétention d'huiles et du volucompteur suspecté).

SOCOTEC

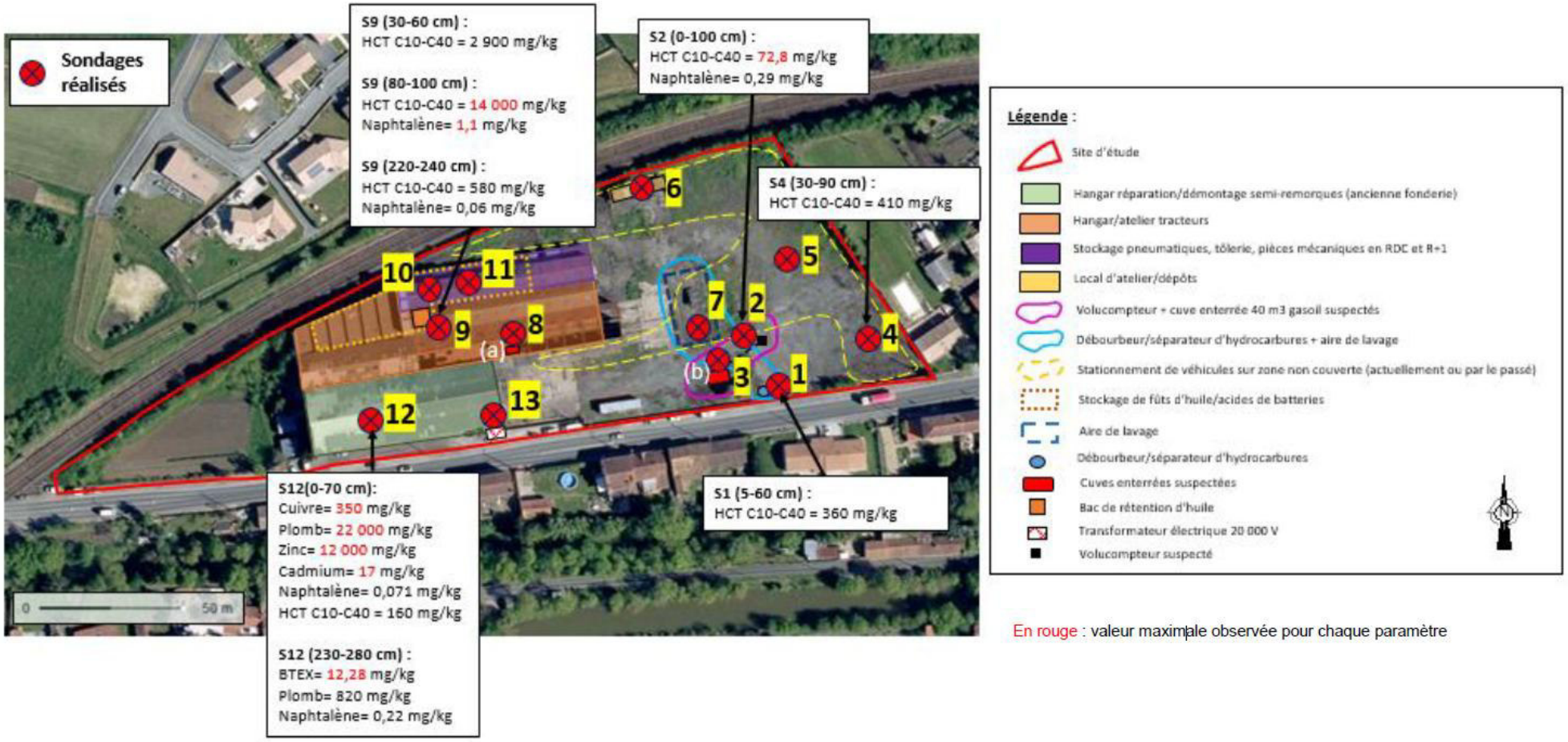


FIGURE 7 : LOCALISATION DES PRINCIPALES ANOMALIES DE CONCENTRATIONS SUR BRUT DANS LES SOLS (EODD – 2017)

3.7.2 Diagnostic complémentaire et préconisations de gestion de la pollution – EODD 2019

Compte tenu des premiers résultats d'analyses (2017), l'EPF de la Vendée ayant acquis l'ensemble des parcelles en question et souhaitant identifier les contraintes éventuelles à prendre en compte dans le cadre de la réalisation du projet, a mandaté le bureau d'étude EODD Ingénieurs Conseils pour la réalisation d'un diagnostic complémentaire de pollution visant à circonscrire les zones impactées (Rapport P02820.02).

Les investigations complémentaires ont consisté en la réalisation de 17 sondages à la tarière mécanique jusqu'à une profondeur maximale de 2,8 m.

Globalement, il a été observé :

- A l'extérieur des bâtiments, les remblais superficiels présentent ponctuellement des anomalies en HCT, HAP et fluorures, les polluants organiques (HCT, HAP) étant plutôt concentrés vers l'entrée du site au Sud-Est,
- Au droit des bâtiments, deux emprises présentant des anomalies sont discernables :
  - La première au droit et à proximité de la rétention d'huiles, avec notamment un fort impact en HCT (dont volatils) ayant imprégné le terrain naturel,
  - La seconde dans la dépression comblée par des remblais jusqu'au toit des calcaires, correspondant à l'ancienne fonderie, avec un impact en BTEX localisé mais également un fort impact en métaux sur brut,

Les diagnostics mettent en exergue les point des sondages suivantes, plus marqués que par ailleurs par des polluants liés aux activités exercées sur le site :

- S1, S4, S9, T3, T12, T13 et T14 pour les hydrocarbures, avec des concentrations allant jusqu'à 14 000 ppm et détection de quelques fractions volatiles en certains points,
- S2 pour les HAP (72,8 ppm), dont du naphtalène (avec également une forte concentration en T13 pour ce composé en particulier),
- S12, T14 et T16 pour les métaux (cadmium, cuivre, plomb et zinc),
- S12 pour les BTEX (12,28 ppm), voire également T13 avec une anomalie significative malgré le non-dépassement du seuil ISDI.

A l'issue de ce diagnostic il avait alors été recommandé notamment :

- La réalisation d'un diagnostic de pollution des eaux souterraines,
- La réalisation d'un diagnostic complémentaire de pollution des sols et des gaz du sol après démolition des bâtiments.

La synthèse cartographique des résultats d'analyses est présentée en **Figure 8**.

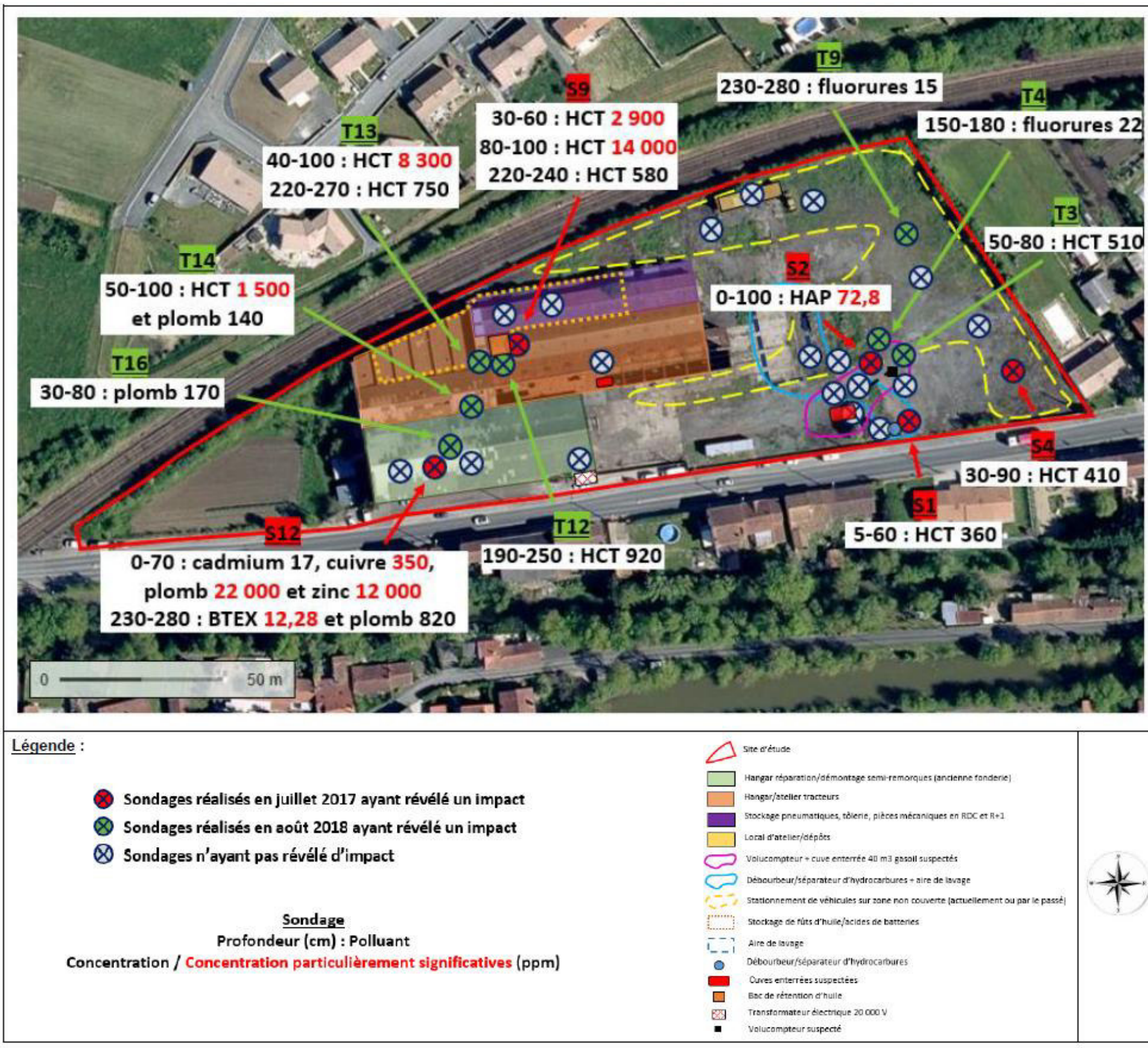


FIGURE 8 : LOCALISATION DES PRINCIPALES ANOMALIES IDENTIFIEES LORS DES INVESTIGATIONS DE JUILLET 2017 ET AOUT 2018 (EODD)

3.7.3 Diagnostic complémentaire de pollution des milieux – EODD 2021

Conformément aux recommandations émises lors de leur étude en 2018, le bureau d'étude EODD Ingénieurs Conseils ont été mandatés par l'EPF de la Vendée en 2021 pour la réalisation d'un diagnostic complémentaire de pollution des milieux (rapport P02820.03) dont la synthèse technique est présentée ci-après.

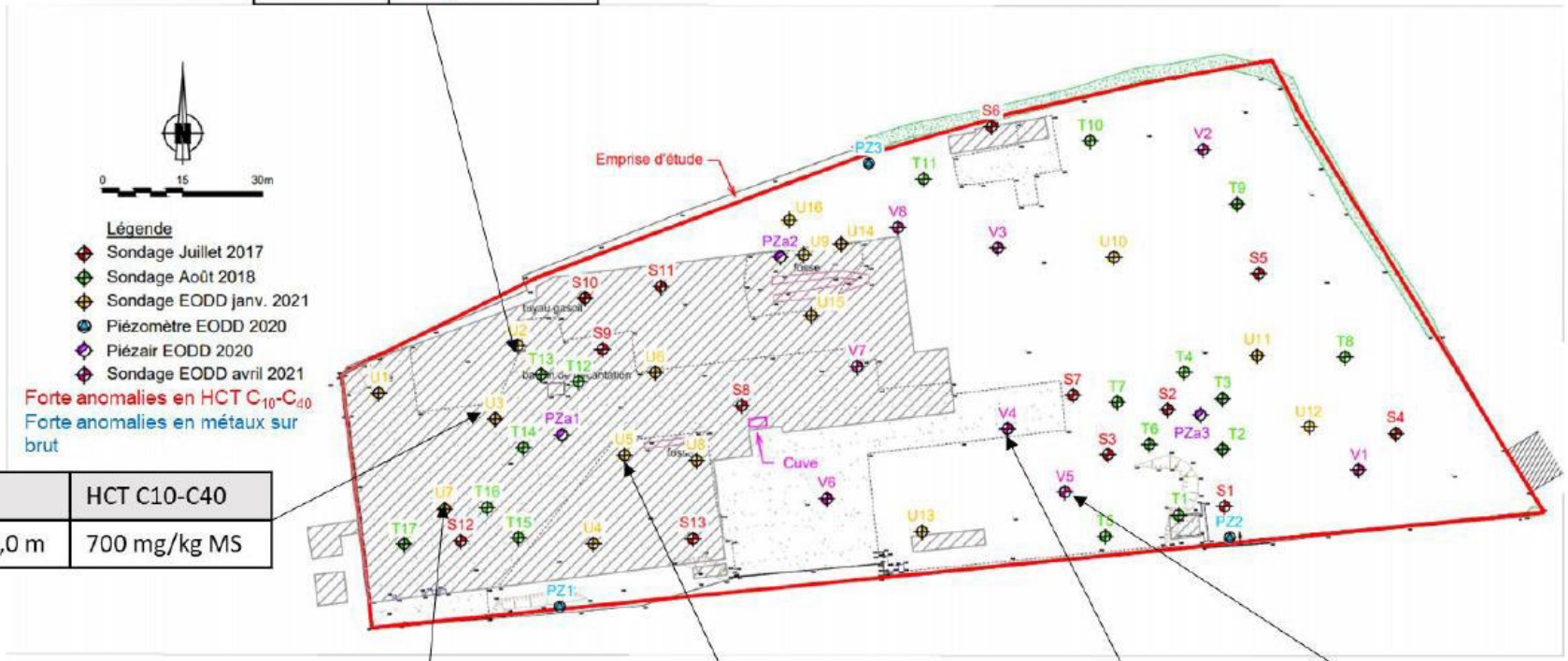
TABLEAU 3 : RESUME TECHNIQUE DE L'ETUDE REALISEE PAR EODD EN 2021

Site	Ancien site industriel - 6, route de La Rochelle sur la commune de L'Île-d'Elle (85).
Missions et objectif de l'étude	Acquérir des données complémentaires affiner le chiffrage et étudier de nouvelles pistes permettant de réduire les coûts tout en garantissant la compatibilité sanitaire et du projet. Missions DIAG : • Investigation sur les sols (A200) • Investigation sur les eaux souterraines (A210) • Investigation sur les gaz des sols (A230) • Interprétation des résultats d'investigations (A270)
Contexte et objectif de l'étude	Trois études (étude historique et de vulnérabilité, diagnostic initial et complémentaire) ont été réalisées au droit du site mettant en avant des anomalies significatives en hydrocarbures totaux regroupées en deux zones sources. Les coûts annoncés pour la gestion de ces zones pouvant remettre en cause la tenue du projet d'aménagement, EODD a été missionné pour : • d'affiner ce chiffrage et étudier de nouvelles pistes permettant de réduire les coûts tout en garantissant la compatibilité sanitaire du projet ; • vérifier la qualité du milieu eaux souterraines et la possibilité d'un transfert de pollution hors site ; • vérifier la qualité de sols au droit d'une zone au nord ayant présenté des indices organoleptiques lors des travaux de déconstruction ; • vérifier la qualité des sols au droit des zones non investiguées précédemment.
Synthèse de l'étude de vulnérabilité de 2017	• un contexte géologique peu vulnérable globalement peu perméables, limitant une diffusion de la pollution en profondeur ; • un contexte hydrogéologique vulnérable et non sensible dû à la faible profondeur (environ 2 ,0 m) supposée de la nappe et l'absence d'usage sensible ; • un contexte hydrologique vulnérable (Canal de Vix et Contre-Bot du Vix respectivement situés à 30 et 60 m du site ; connexion probable avec la nappe) et sensible (pratiques de pêche et possiblement d'irrigation).
Sources potentielles de pollution identifiées lors de l'étude historique de 2017	• stockage de fûts d'huiles et d'acides de batterie sur dalle souillée à l'intérieur de l'espace de stockage (pneumatique, tôlerie, mécanique) ; • bac de rétention d'huiles à l'intérieur du hangar / atelier de tracteurs ; • une cuve enterrée de 10 m^3 d'huiles de vidange suspectée dans le hangar / atelier de tracteurs ; • un volucompteur relié à une cuve enterrée de 40 m^3 de gasoil suspectés en extérieur ; • un local d'atelier / dépôt au Nord-Est du site ; • une aire de lavage pour véhicules associée à un débourbeur / séparateur d'hydrocarbures ; • un transformateur électrique (potentiellement aux PCB à l'époque) au Sud-Est du bâtiment principal ; • l'ancienne activité de fonderie qui serait essentiellement localisée dans le hangar semi-remorques ; • des anciens stationnements de véhicules sur les zones découvertes à l'extérieur ; • la présence de remblais d'apport sur l'ensemble de la friche.
Synthèse des investigation antérieures (2017 et 2019)	Au total, 30 sondages de sols à 3,0 m de profondeur ont été réalisés au total en 2017 et 2019. Les analyses effectuées mettent en avant deux zones de pollutions : • une zone à l'ouest du site : o anomalies significatives en hydrocarbures totaux en surface comme en profondeur aux abords du bac de rétention d'huiles dans le hangar tracteurs ;

	○ au droit de l'ancienne fonderie : ▪ une anomalie significative en métaux (zinc, plomb et cuivre) dans les remblais au droit de l'ancienne fonderie (0 et 70 cm) ▪ une anomalie significative en BTEX entre 2,0 et 3,0 m • une zone au sud du site (à proximité du volucompteur suspecté) : une anomalie significative en HAP dans les remblais (entre 0 et 100 cm). Le volume total de matériaux impactés a été estimé autour de 14 000 m³ pour un coût d'élimination estimés entre 1,7 et 2,3 M€ HT (hors TGAP, hors transport, hors travaux préparatoires, hors excavation / remblaiement / MOE).
Programme d'investigation	Réalisation de : • 24 sondages de sols jusqu'à 3,0 m de profondeur ; • la pose de 3 piézairs • la pose de 3 piézomètres • deux campagnes de prélèvement des eaux souterraines et des gaz du sol.
Interprétation de l'ensemble des résultats (2017-2019, janvier et avril 2021)	Les résultats d'analyses (54 sondages de sols, 5 échantillons d'eaux souterraines et 4 échantillons de gaz du sols) ont mis en avant la présence de quatre zones d'anomalies suivantes : <u>Partie ouest du site :</u> • Zone 1a : aux abords du bac de rétention d'huiles dans le hangar tracteurs : Des anomalies significatives en hydrocarbures totaux avec des concentrations comprises entre 2 600 mg/kg MS et 14 000 mg/kg MS. Ces anomalies semblent former un panache de forme pyramidale entre la surface et 3,0 m de profondeur. Les plus fortes teneurs ont été mesurées dans le sols de surface. Si la zone est globalement circonscrite horizontalement, des incertitudes demeurent quant à sa profondeur. En effet, l'échantillon le plus profond ayant fait l'objet d'une analyse (U5 (2-3 m)), présente une teneur ponctuellement élevée de 2 600 mg/kg. En l'absence d'indice organoleptique au moment du forage celui-ci n'a pas été approfondi au-delà. Les résultats sur les gaz des sols au niveau de cette zone ont également mis en avant des anomalies en hydrocarbures et BTEX traduisant un dégazage des composés présents dans les sols au droit de cette zone. • Zone 1b : Au droit de l'ancienne fonderie au Sud-Ouest : Une anomalie significative en métaux avec des teneurs maximales mesurées notamment au droit du point S12 (entre 0 et 0,7 m uniquement) dans les remblais pour le zinc (12 000 mg/kg MS), le plomb (22 000 mg/kg MS), le cadmium (17 mg/kg MS) et le cuivre (350 mg/kg MS) ; Il est à noter que les sondages U7, T14 et T16 présents à proximité de S12 présentent également des anomalies, entre 0 et 1,0 m, en plomb (maximum 380 mg/kg MS). De plus, des anomalies en plomb (820 mg/kg MS) sont également retrouvées en profondeur (entre 2,0 et 3,0 m) au droit de S12. Une anomalie significative en BTEX très ponctuelle entre 2,0 et 3,0 m de profondeur au droit du même sondage S12 (12,28 mg/kg MS). A noter également qu'aucun impact n'a été identifié dans les eaux souterraines des deux ouvrages piézométriques présents au nord et au sud des zones 1a et 1b. <u>Zone 2 : Partie Est du site :</u> Une anomalie significative en HAP dans les remblais entre 0 et 1,0 m à proximité du volucompteur suspecté (72,8 mg/kg MS) et dans une moindre mesure en HCT.

	A noter également qu'une anomalie en nickel (36 mg/kg) a été identifiée dans les eaux souterraines de l'ouvrages piézométriques présent au sud à proximité de cette zone. Les investigation réalisées en janvier 2021 ont permis d'apporter des précisions quant à la définitions des surfaces impactées au droit des zones1a, 1b et 2. <u>Zone 3 : Partie centrale du site</u> Les investigation réalisées en avril 2021 ont mis en avant une anomalie significative en HCT (1 900 mg/kg MS) dans les remblais de surface (entre 0 et 1,0 m) au droit du sondage V4. A noter que cette anomalie semble décroitre dans les remblais plus profond (210 mg/kg MS entre 1,0 et 2,0 m de profondeur). De plus, le sondage V5 présent à proximité du sondages V4 présente une anomalie en arsenic (67 mg/kg MS) dans les sols profonds uniquement (1,0-2,0 m). L'extension horizontale de cette anomalie n'a pu être définie avec précisions. Concernant la gestion des déblais, l'ensemble des analyses a mis en avant la présence de matériaux non inerte (au-delà des problématiques identifiées dans le paragraphe ci-dessus concernant les éléments organiques, les résultats présentent des dépassements pour les fluorures ou encore l'antimoine sur éluât) qui nécessiteront une gestion spécifique le cas échéant. En conclusion, l'ensemble des investigations menées ont permis de : • circonscrire horizontalement les zones 1a,1b et 2 présentant des anomalies dans les sols ; • d'identifier la zone 3 présentant des anomalies en hydrocarbures et métaux dans les sols ; • d'identifier un dégazage des sols au droit de la zone ouest uniquement ; • d'identifier l'absence de transfert entre les anomalies présentes dans les sols et les eaux souterraines au droit de la zone ouest ; • d'identifier une anomalie en nickel dans les eaux souterraines au droit de la zone est ; • démontrer l'absence d'anomalies au droit de la zone présentant des indice de pollution au niveau de la fosse au nord-est de l'ancien bâtiment. Du point de vue environnemental, les résultats d'analyses de sols mettent en évidence des impacts significatifs en composés organiques (HCT C10-C40, HAP et BTEX) et en métaux (arsenic, plomb, cadmium, zinc et cuivre) dans les sols. Ces impacts sont retrouvés dans les gaz des sols à l'ouest mais pas dans les eaux souterraines de la zone ouest. D'un point de vue sanitaire, des éléments volatils (fractions hydrocarbures <C16, BTEX) sont relevés dans les gaz des sols de la zone ouest. De plus, des anomalies en HAP, métaux et hydrocarbures totaux sont présents dans les sols de surface des zones ouest et sud. Dans la configuration actuelle, au regard de l'absence de cible sur site, les risques sanitaires par inhalation de composés volatils et ingestion/inhalation de poussières ne sont pas retenus.
Recommandations	Au regard des résultats obtenus, EODD recommande notamment : • en cas de mesures du dégazage du sous-sol, privilégier à terme l'utilisation d'autres d'outils que les piézairs en place : piézair plus court ou prélèvement en chambre à flux ; • de poursuivre les études par la réalisation d'un plan de gestion selon l'usage qui sera défini ; y compris la vérification de la compatibilité sanitaire avec l'usage futur par la réalisation d'une analyse de risque sanitaire.

U2	HCT C10-C40
0-1,0 m	2 600 mg/kg MS
1,0-2,0 m	590 mg/kg MS
2,0-3,0 m	1 100 mg/kg MS



U3	HCT C10-C40
2,0-3,0 m	700 mg/kg MS

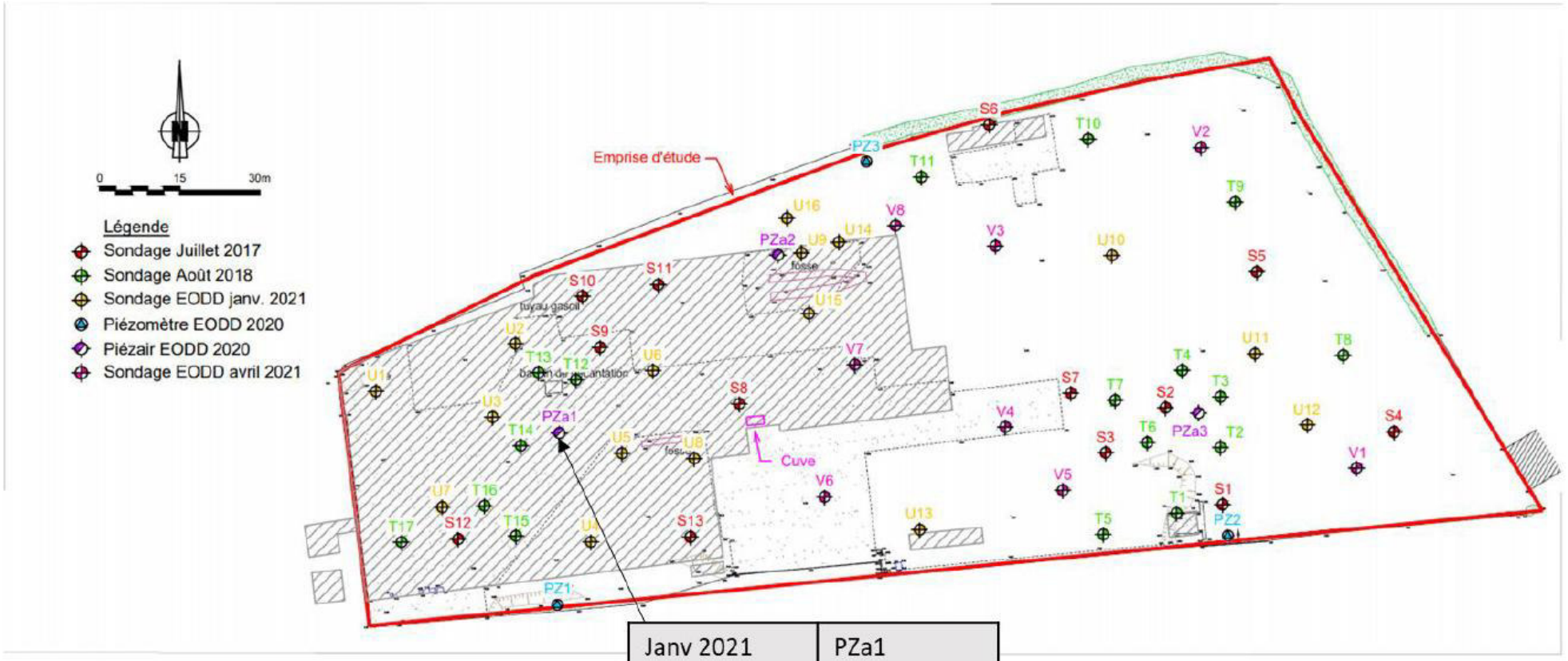
U7	Plomb
0,0-1,0 m	380 mg/kg MS

U5	HCT C10-C40
2,0-3,0 m	2 600 mg/kg MS

V4	HCT C10-C40
0,2-0,6 m	1 900 mg/kg MS

V5	Arsenic
1,0-2,0 m	67 mg/kg MS

FIGURE 9 : LOCALISATION DES ANOMALIES DETECTEE DANS LES SOLS EN 2021 (EODD)



Janv 2021	PZa1
Somme des hydrocarbures	17,49 mg/m^3
Somme des BTEX	3,98 mg/m^3

FIGURE 10 : LOCALISATION DES ANOMALIES DETECTEES DANS LES GAZ DU SOLS EN 2021 (EODD)

3.7.4 Plan de gestion – EODD 2022

Conformément aux recommandations émises lors de leur dernière étude en 2021, le bureau d'étude EODD Ingénieurs Conseils a été mandaté par l'EPF de la Vendée pour la réalisation d'un plan de gestion. La synthèse technique de cette étude est présentée ci-après.

Etat des milieux

Au regard de l'ensemble des investigations environnementales menées sur site, l'état de du sous-sol peut être synthétisé comme suit et retranscrit :

Sur les sols : quatre zones présentent des anomalies significatives :

- Zone 1a : Partie Ouest du site aux abords du bac de rétention d'huiles dans le hangar tracteurs. Des anomalies significatives en hydrocarbures totaux. Les plus fortes teneurs ont été mesurées dans les sols de surface et décroissent avec la profondeur. Si la zone est globalement circonscrite horizontalement, des incertitudes demeurent quant à sa profondeur (évaluée à 3 m sur la base des éléments disponibles). Les résultats sur les gaz des sols au niveau de cette zone ont également mis en exergue des anomalies en hydrocarbures et BTEX traduisant un dégazage des composés présents dans les sols.
- Zone 1b : Partie Ouest du site au droit de l'ancienne fonderie au Sud-Ouest. Une anomalie significative en métaux avec des teneurs maximales en surface. De plus, des anomalies en plomb et BTEX sont également retrouvées en profondeur (entre 2,0 et 3,0 m) au droit de S12.
- Zone 2 : Partie Est du site : une anomalie significative en HAP dans les remblais entre 0 et 1,0 m à proximité du volucompteur suspecté et dans une moindre mesure en HCT.
- Zone 3 : Partie centrale du site. Les investigations réalisées en avril 2021 ont mis en exergue une anomalie significative en HCT dans les remblais entre 0 et 1,0 m qui décroit avec la profondeur. De plus, le sondage V5 présent à proximité du sondages V4 présente une anomalie en arsenic.

Sur les eaux souterraines : Les eaux souterraines ne présentent pas d'impact à l'exception de la présence de sulfates et fluorures supérieurs à la limite de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine.

Sur les gaz des sols : Seule l'ouvrage Pza1 (localisé dans la zone d'impact sol 1a) a montré la présence d'hydrocarbures aliphatiques et aromatiques ainsi que de BTEX en teneurs significatives.

Plan de gestion

Au total, 4 zones de pollution concentrées (PPC) ont été identifiées dans les sols et étudiées dans le cadre du plan de gestion pour une quantité estimative de 3 510 tonnes de matériaux pollués :

PPC	Sondages / échantillons concernés	Teneur (mg/kg)	Volume (m3)	Tonnage (t)
PPC-1a	S9	HCT C10-C40 = 2 900	250	450
	S9	HCT C10-C40 = 14 000		
	T13	HCT C10-C40 = 8 300 HC C5-C10 = 34	500	900
	U5	HCT C10-C40 = 2 600	200	360
	U2	HCT C10-C40 = 2 600	100	180
PPC 1-b	S12	As = 28 Cd = 17 Cu = 350 Pb = 22 000 Zn = 12 000	100	180
	S12	Pb = 820 BTEX = 12,28	200	360
	U7	Pb = 380	100	180
PPC-2	S2	HAP = 72,8	100	180
PPC-3	V5	As = 67	200	360
	V4	As = 33 HCT C10-C40 = 1900	200	360
		TOTAL	**1 950**	**3 510**

Mesures de maîtrise des sources de pollution : 3 scénarios de gestion ont été étudiés :

1. **Scénario 1 :** terrassement et évacuation hors site de l'ensemble des matériaux des PPC ;
2. **Scénario 2 :** solution mixte intégrant le terrassement et l'évacuation des PPC 1b et 3 + le terrassement et traitement sur site des PPC1a et 2 ;
3. **Scénario 3 :** solution mixte intégrant le terrassement et confinement sur site des PPC 1b et 3 + le terrassement et traitement sur site des PPC1a et 2.

Le bilan coûts-avantages basé sur une analyse multicritères met en évidence les éléments suivants :

- Le scénario 1 est une solution fiable et simple, avec une facilité de mise en œuvre. Si l'atteinte des objectifs et le rendement sont positifs, le bilan environnemental est affaibli du fait de l'évacuation hors site de 3 510 tonnes de matériaux en filières adaptées.
- Le scenario 2 intègre pour partie une solution de traitement sur site éprouvée mais avec une mise en œuvre plus longue que le scénario 1. Economiquement intéressante, son budget reste toutefois à sécuriser par des essais (notamment sur la performance pour le traitement des terres avec fractions hydrocarburées plus lourdes).
- Le scenario 3 permet une dépollution du site sans sortie de matériaux en filière. Les matériaux faisant l'objet d'un confinement sur site devront faire l'objet de mesures de suivi dans le temps. Economiquement plus intéressante que les 2 précédents, son budget reste également à sécuriser par des essais (notamment sur la performance pour

le traitement des terres avec fractions hydrocarburées plus lourdes et sur les aspects géotechniques pour le dimensionnement du merlon).

- **Mesures de maitrise des impacts environnementaux** : surveillance de la qualité de la nappe au droit du site pendant la réalisation des travaux.

- **Mesures de maitrise des impacts sanitaires résiduels** (après traitement des zones sources et des impacts) :
    - Dans le cas de la mise en place de canalisation d'eau potable, celles-ci seront en matériaux non poreux et non perméables, et installées conformément aux règles de l'art dans des remblais sains les isolant des terres en place.

Analyse des Risques Résiduels

L'évaluation de l'exposition par inhalation de composés volatils, de poussières (en intérieur et en extérieur), ingestion de sol et de végétaux autoproduits, a démontré que les **usages futurs projetés sont compatibles en termes de risques sanitaires avec l'état des milieux sur la zone est (logements) et ouest (tertiaire).**



FIGURE 11 : CARTOGRAPHIE DES POINTS DE POLLUTION CONCENTREES ENTRE 0 ET 1 M DE PROFONDEUR (EODD – 2022)



FIGURE 12 : CARTOGRAPHIE DES POINTS DE POLLUTION CONCENTREES ENTRE 1 ET 2 M DE PROFONDEUR (EODD – 2022)



FIGURE 13 : CARTOGRAPHIE DES POINTS DE POLLUTION CONCENTREES ENTRE 2 ET 3 M (EODD – 2022)

3.7.5 Investigations sur les milieux – SOCOTEC Environnement 2025

3.7.5.1 Synthèse de l'étude réalisée

Dans le cadre du projet immobilier de l'EPF de la Vendée sur le site d'étude et conformément aux recommandations émises par l'AMO Etudes, SOCOTEC Environnement a procédé à une nouvelle campagne d'investigations sur les milieux en avril 2025. Le résumé technique de cette étude est présenté ci-après et la localisation des investigations réalisées est présentée en

TABLEAU 4 : RESUME TECHNIQUE DE L'ETUDE EN AVRIL 2025 (SOCOTEC ENVIRONNEMENT)

Intitulé de la mission	Plan de Gestion - Plan de Conception de Travaux
Code missions globales et élémentaires selon la norme NF X31-620	Missions élémentaires A200, A210 et A230 **Conformément à la notice explicative, cette étude ne comporte pas d'interprétation des résultats (mission A270)**
Localisation du site	Adresse : 6 route de la Rochelle - 85770 – ILE D'ELLE Parcelles cadastrales : n°226, 250, 251 et 293 – section AD et n°186 – section AE Superficie : 16 139 m²
Situation / Contexte	Classement au titre des ICPE : ☐ Oui ☒ Non (A été classé sous le régime d'autorisation jusqu'en 2007) Site : BASIAS Contexte de l'étude : Aménagement immobilier Usage futur du site : Résidentiel Etudes antérieures disponibles : ☐ Oui ☒ Non, Site relevant de la méthodologie sur les sols pollués : ☒ Oui ☐ Non
Investigations envisagées	Selon la notice explicative réalisée par SOCOTEC Environnement/EPF Vendée : - Réalisation de 20 sondages de sols jusque 5 m de profondeur au droit des contaminations relevées lors des missions initiales - Implantation d'un piézomètre jusque 10 m de profondeur et de 3 piézairs jusque 1,5 m de profondeur - Réalisation de 4 prélèvements d'eaux souterraines et de 3 prélèvements de gaz des sols
Investigations sur les sols, eaux souterraines, gaz des sols (A200, A210, A230)	Investigations sur les sols (A200) : - Réalisation de 20 sondages de sol du 07 au 09/04/2025 jusqu'à une profondeur maximale de 4,5 m ; - Recherche des composés HCT, BTEX, ETM, pack ISDI, granulométrie Investigations sur les eaux souterraines (A210) : - Réalisation d'un piézomètre le 02/04/2025 jusqu'à une profondeur maximale de 12,5 m ; - Prélèvement d'eaux souterraines le 08/04/2025 et recherche des composés HCT, HAP, BTEX, ETM Investigations sur les gaz des sols (A230) : - Réalisation de 3 sondages de sol les 08 et 09/04/2025 jusqu'à une profondeur maximale de 1,5 m ; - Recherche des composés TPH, BTEX, MTBE Investigations sur solides divers - Réalisation de 8 carottages de dalles bétons présentes au droit du site le 17/03/2025 ; - Recherche du caractère inerte des bétons (pack ISDI)
Synthèse des résultats/Conclusion	Les résultats d'investigations ont permis de mettre en évidence : - Sur les sols : ➢ Des impacts modérés en hydrocarbures (paramètre HCT) pour les échantillons : ✓ W3/1 et W3/2 (263 et 243 mg/kg MS) présentant des fractions comprises entre C16 et C36 ; ✓ W4/1 (262 mg/kg MS), présentant des fractions lourdes comprises entre C28 et C36 ; ✓ W7/4 (388 mg/kg MS) présentant des fractions lourdes comprises entre C28 et C36 ; ✓ W7/1 (660 mg/kg MS) présentant des fractions lourdes comprises entre C32 et C40 ; ➢ Un impact ponctuel significatifs en hydrocarbures (paramètre HCT) au droit du sondage W8, pour les échantillons W8/1 (1380 mg/kg MS), W8/2 (717 mg/kg MS) et W8/4 (427 mg/kg MS), présentant respectivement des fractions majoritairement comprises entre C16 et C36 jusque 2 m de profondeur, puis entre C28 et C36 jusque 3,5 m de profondeur. ➢ Un impact ponctuel significatifs en métaux au droit du sondage W12, pour les échantillons W12/1 (834 mg/kg MS en plomb et 166 mg/kg MS en cuivre) et W12/2 (2290 mg/kg MS en plomb et 141 mg/kg MS en cuivre) ; ces contaminations en métaux sont associées à la présence notable de BTEX. ➢ Un impact ponctuel notable en HAP au droit du sondage W20 (16,8 mg/kg MS pour l'échantillon W20/1). - Sur les eaux souterraines : l'absence de dépassement des valeurs de référence retenues pour les paramètres analysés. - Sur les gaz des sols : la présence d'un impact ponctuel en hydrocarbures (PZAbis2), montrant un dépassement des seuils R1 pour les hydrocarbures aromatiques C8-C10 (313 µg/l) et C10-C12 (592 µg/l). - Concernant la gestion des futurs déblais de terrassement et d''après l'arrêté du 12/12/2014, les échantillons suivants sont analytiquement non conformes à un envoi en ISDI : ➢ Echantillon W8/3, pour une teneur en HCT de 717 mg/kg MS, supérieure à la valeur seuil ; ➢ Echantillon W20/1, pour des dépassements des valeurs seuils pour la fraction soluble et pour les sulfates. ➢ Les échantillons PB3, POB4 et PB6, pour des dépassements de la valeur seuil en HCT, respectivement de 3200 mg/kg MS, 570 mg/kg MS et 1200 mg/kg MS. De plus il est à noter que certaines terres issues des terrassements du site, non testées pour leur caractère inerte, pourront être déclassées vers des filières de type ISDND voire ISDD, notamment au droit du sondage W12, qui présente des teneurs élevées en plomb (jusque 2290 mg/kg MS), ou pour des contaminations organiques supérieures aux seuils établis.
Recommandations	Sur la base des résultats de la présente étude et compte tenu du projet présenté, SOCOTEC Environnement recommande de garder la mémoire de cette étude. En cas de transaction impliquant tout ou partie du site, transmettre le présent rapport à l'acquéreur / aménageur ainsi qu'au notaire afin qu'il apparaisse dans l'acte de vente et que la mémoire de cette étude soit conservée.

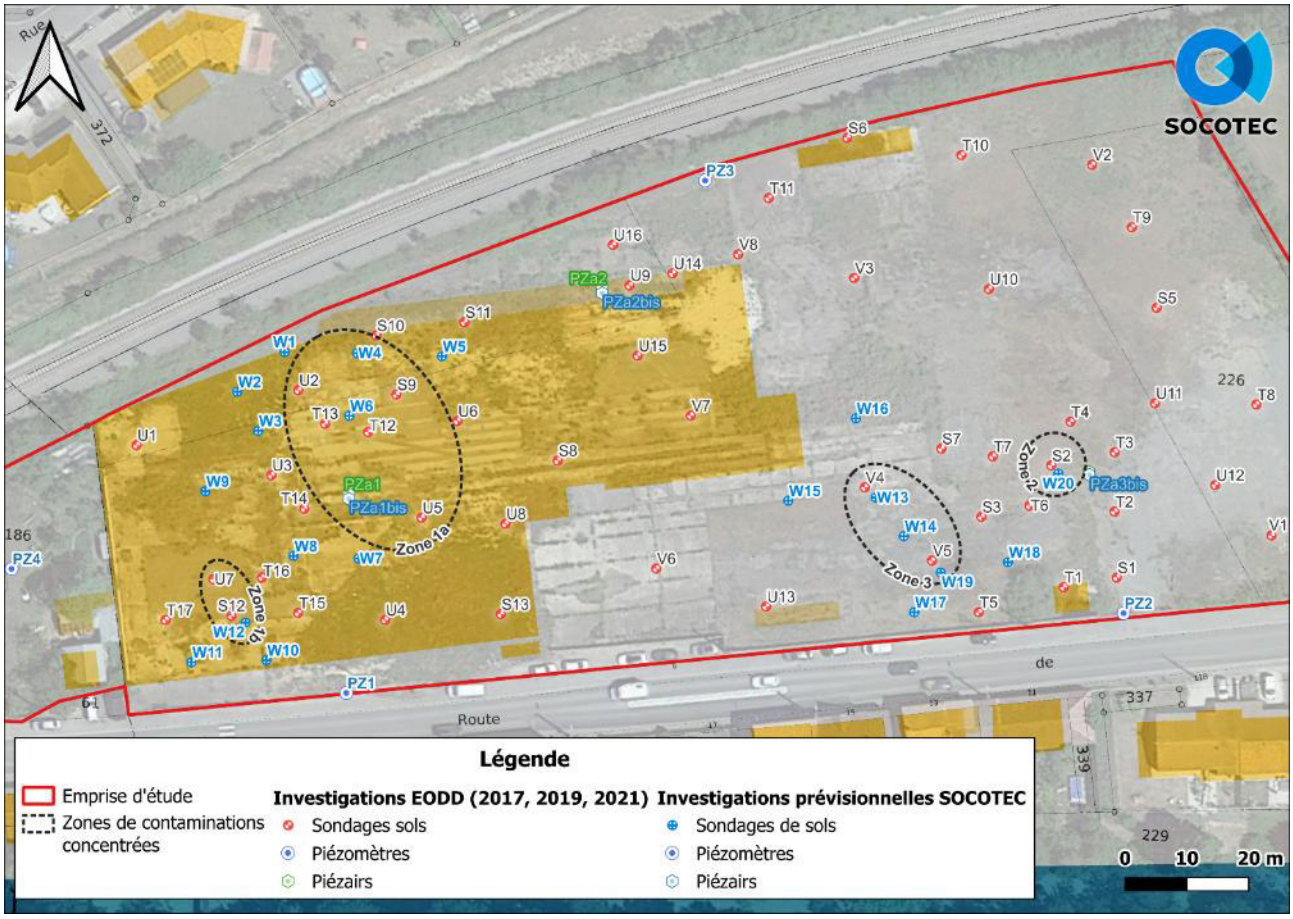


FIGURE 14 : INVESTIGATIONS REALISEES PAR SOCOTEC ENVIRONNEMENT EN AVRIL 2025 (SOCOTEC ENVIRONNEMENT)

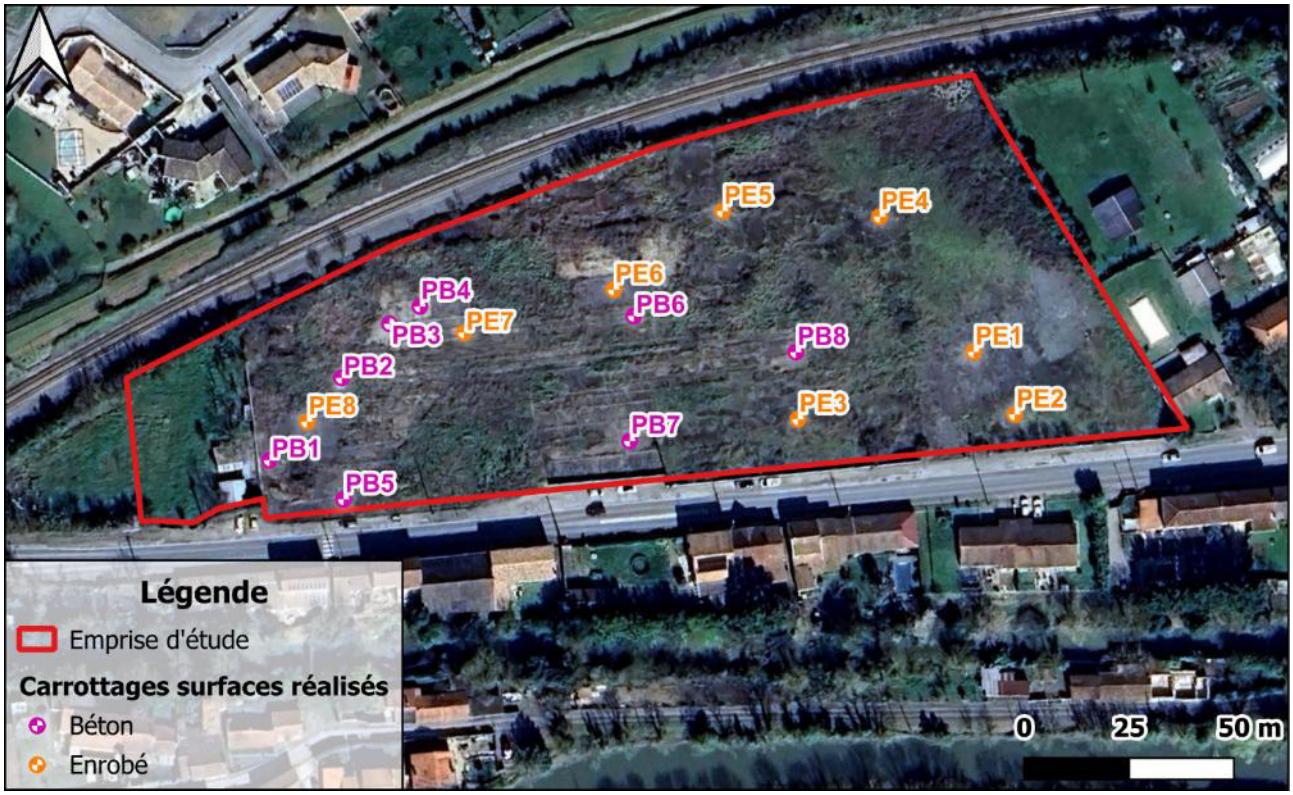


FIGURE 15 : INVESTIGATIONS REALISEE SUR LES SURFACES PAR SOCOTEC ENVIRONNEMENT EN 2025

3.7.5.2 *Interprétation des résultats d'analyses de l'étude de SOCOTEC Environnement*

Dans le cadre de l'étude menée en avril 2025, seules les missions A200, A210 et A230 ont été réalisées. La mission A270 ne faisant pas partie du marché, l'interprétation des résultats d'analyses est présentée ci-après.

Les investigations menées en avril 2025 ont mis en évidence :

- Sur les sols, sur l'aspect « contamination » :
  - Au droit de la zone 1a :
    - Une contamination en hydrocarbures totaux au droit du sondage W8. Les teneurs en HCT décroissent avec la profondeur passant de 1380 mg/kg MS sur l'échantillon prélevé entre 1,2 et 2 m à 427 mg/kg MS sur l'échantillon prélevé entre 3 et 3,5 m de profondeur,
    - Des impacts faibles à modérés en hydrocarbures totaux sur les sondages W3, W4 et W7 avec des teneurs comprises entre 262 et 660 mg/kg MS, sur des horizons pouvant aller jusqu'à 4 m de profondeur,
  - Au droit de la zone 1b : une contamination en plomb au droit du sondage W12 avec des teneurs comprises entre 834 et 2 290 mg/kg MS entre 0 et 2 m de profondeur. La présence de cuivre et de BTEX a également été détectée sur ce sondage,
  - Au droit de la zone 2 : un impact ponctuel en HAP au droit du sondage W20 avec une teneur de 16,8 mg/kg MS relevé entre 0 et 0,8 m de profondeur,
  - Au droit de la zone 3 : un impact ponctuel en HCT au droit du sondage W17 avec une teneur de 660 mg/kg MS relevé entre 0 et 1 m de profondeur.
- Sur les sols, sur l'aspect « gestion des futurs déblais de terrassement » : les terres assimilables échantillons W8/3, W20/1 ne seront pas admissibles en filière classique, d'après l'arrêté du 12/12/2014. Les paramètres déclassants étant l'indice hydrocarbures ou la fraction et les sulfates.
- Sur les eaux souterraines : l'absence de dépassement des valeurs de référence retenues pour les paramètres analysés. Au vu des teneurs mesurées en plomb au droit du sondage W12, les terres assimilables à ce sondage ne seront pas admissibles en décharge inerte,
- Sur les bétons : les bétons assimilables aux carottages PB3, PB4 et PB6 ne seront pas admissibles en décharge inerte d'après l'arrêté du 12/12/2014. Le paramètre déclassant étant l'indice hydrocarbure.
- Sur les gaz des sols : la présence d'un impact ponctuel en hydrocarbures (PZAbis2), montrant un dépassement des seuils R1 pour les hydrocarbures aromatiques C8-C10 (313 µg/l) et C10-C12 (592 µg/l). Toutefois, en appliquant un facteur de dilution de 10 afin de calculer les concentrations dans l'air intérieur, les concentrations calculées estimées sont inférieures aux seuils R1.
  A noter que la campagne menée sur les gaz de sol par EODD en janvier 2021 avait mis en évidence des anomalies en TPH, benzène et xylènes sur l'ouvrage PZA1 uniquement. Aucune substance n'avait été quantifiée sur l'ouvrage PZA2.

Des représentations cartographiques reprenant l'ensemble des études (EODD et SOCOTEC Environnement) sont présentées dans le paragraphe 3.7.6.

3.7.6 Synthèse de l'état des milieux

Les différentes campagnes de prélèvements et d'analyses menées sur le site d'étude ont permis de mettre en évidence :

- 4 zones distinctes **sur les sols** :
  - Zone 1a (partie ouest de la friche industrielle, aux abords du bac de rétention d'huiles historique dans le hangar tracteurs historiques) : une contamination concentrée en produits hydrocarburés (HCT et HV ponctuellement), jusqu'environ 3 m de profondeur,
  - Zone 1b (partie sud-ouest de la friche industrielle, au droit de l'ancienne fonderie) : des anomalies significatives en métaux (plomb, cuivre et zinc) principalement au droit des sondages S12, U7, T16, T14 et W12 jusqu'à 1 voire 3 m de profondeur. Des anomalies en BTEX ont également été relevées en BTEX entre 2 et 3 m de profondeur sur S12,
  - Zone 2 (partie est de la fiche industrielle) : une anomalie significative ponctuelle en HAP au droit du sondage S2 dans l'horizon de remblais présente jusqu'à 1 m de profondeur,
  - Zone 3 (partie centre/est de la friche industrielle) : des anomalies significatives ponctuelles en HCT dans les remblais présents jusqu'à 1 m de profondeur sur les sondages V4, et dans une moindre mesure sur W17.
    A noter qu'un impact significatif en arsenic avait été mis en évidence par EODD en 2021, au droit du sondage V5, entre 1 et 2 m de profondeur. Cet impact ne sera pas retenu dans la suite de cette étude compte tenu de l'absence de risque de transfert vers les futurs usagers du site (métal présent en profondeur).
- **Sur les eaux souterraines** : l'absence de contamination dans les ouvrages prélevés au droit de la friche industrielle. A noter que l'ouvrage posé à 11,5 m de profondeur en avril 2025 ne présente pas d'eau. Les eaux présentes dans les ouvrages au droit de la friche industrielle (PZ1 à PZ3) correspondraient donc à des eaux de ruissellement contenues dans les remblais du site,
- **Sur les gaz des sols** : la présence significative d'hydrocarbures aliphatiques, aromatiques et des BTEX au droit de l'ouvrage Pza1 lors de la campagne de janvier 2021 et la présence d'hydrocarbures aromatiques C_8-C_{12} sur l'ouvrages Pza2bis lors de la campagne d'avril 2025.

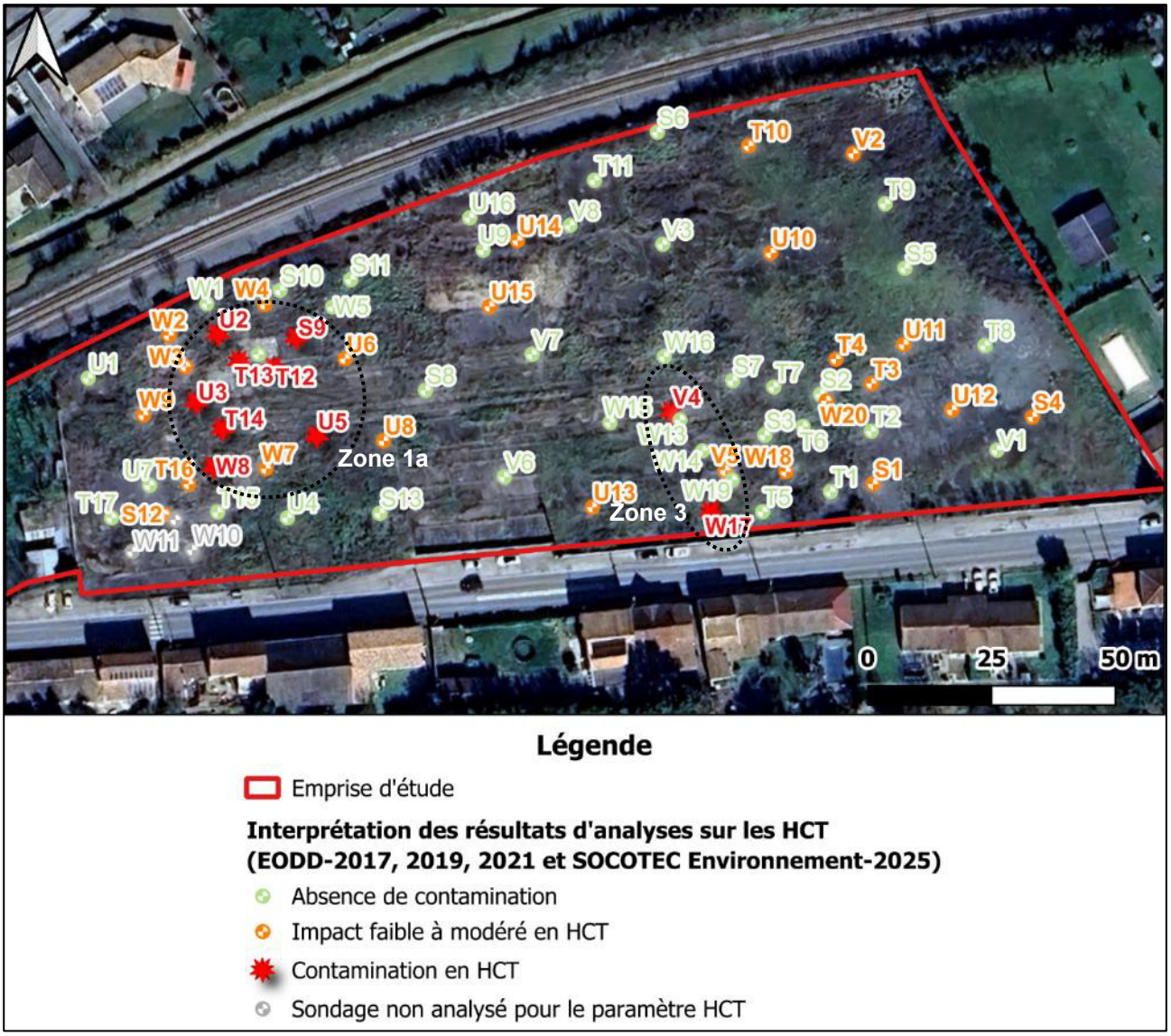


FIGURE 16 : CARTOGRAPHIE DES CONTAMINATIONS EN HCT DANS LES SOLS (EODD, SOCOTEC)

Cette figure a été établie suivant les gammes suivantes :

Gamme de concentrations mesurées en HCT (mg/kg MS)	Couleur associée
<100	Vert (absence de contamination)
100 - 500	Orange (impact faible à modéré)
>500	Rouge (Contamination)

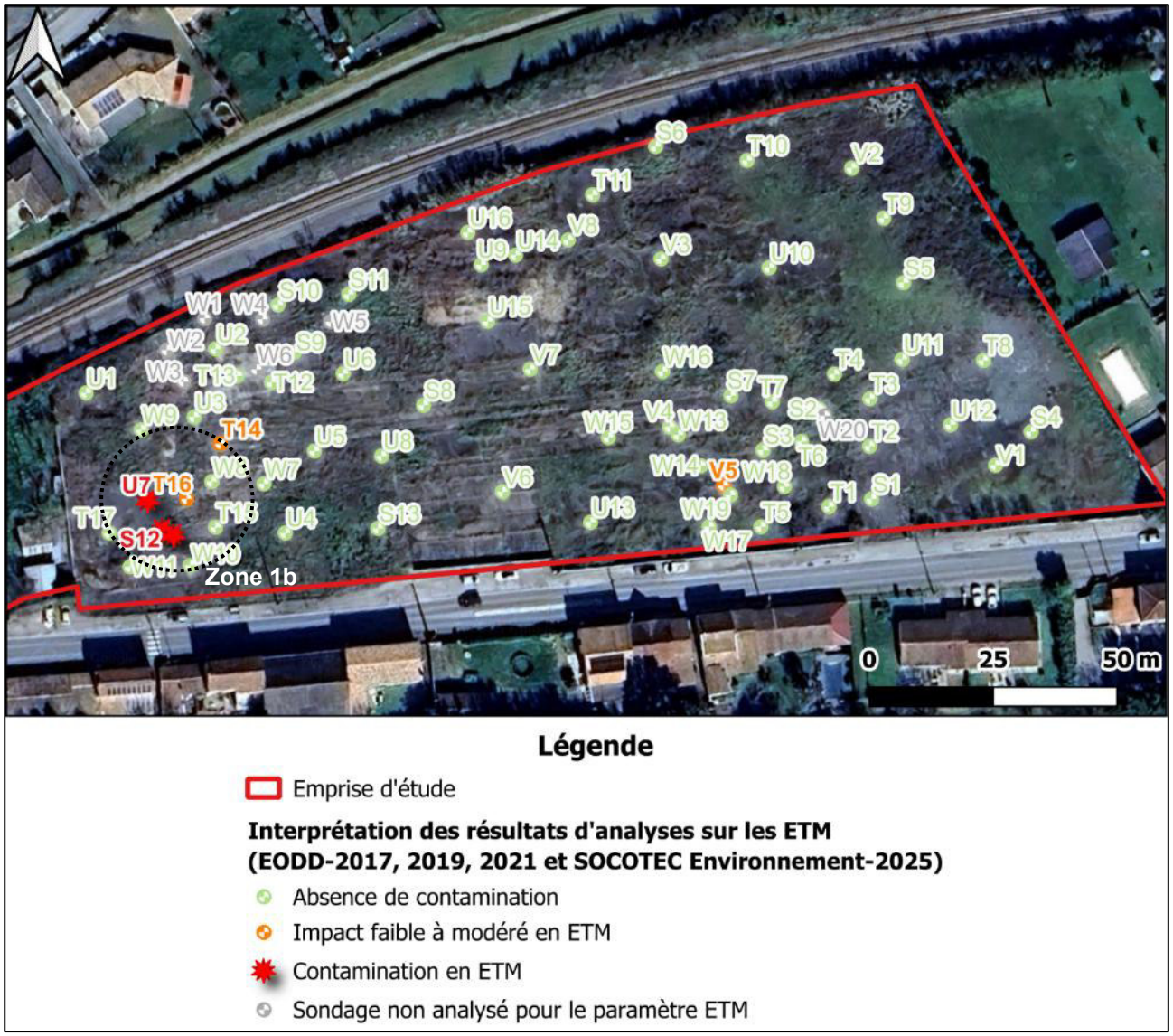


FIGURE 17 : CARTOGRAPHIE DES CONTAMINATIONS EN ETM DANS LES SOLS (EODD, SOCOTEC)

Cette figure a été établie suivant les gammes suivantes :

Gamme de concentrations mesurées en plomb (mg/kg MS)	Couleur associée
<100 (seuil de vigilance de l'ARS)	Vert (absence de contamination)
100 – 300	Orange (impact faible à modéré)
>300 (seuil d'alerte de l'ARS)	Rouge (Contamination)

Gamme de concentrations mesurées en arsenic (mg/kg MS)	Couleur associée
<43,1 (valeur issue de la base de données GISSOL)	Vert (absence de contamination)
>43,1	Orange (impact faible à modéré)

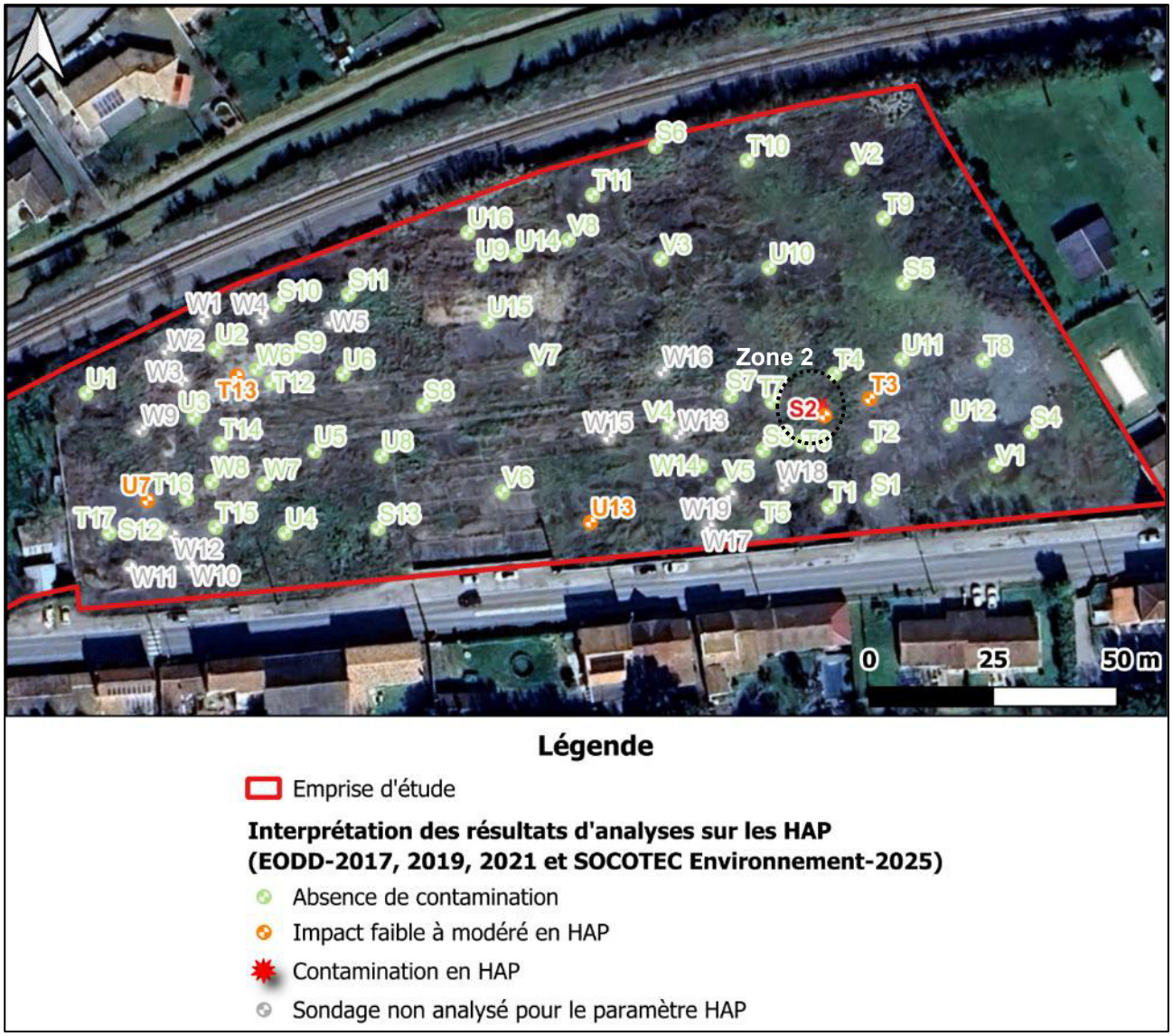
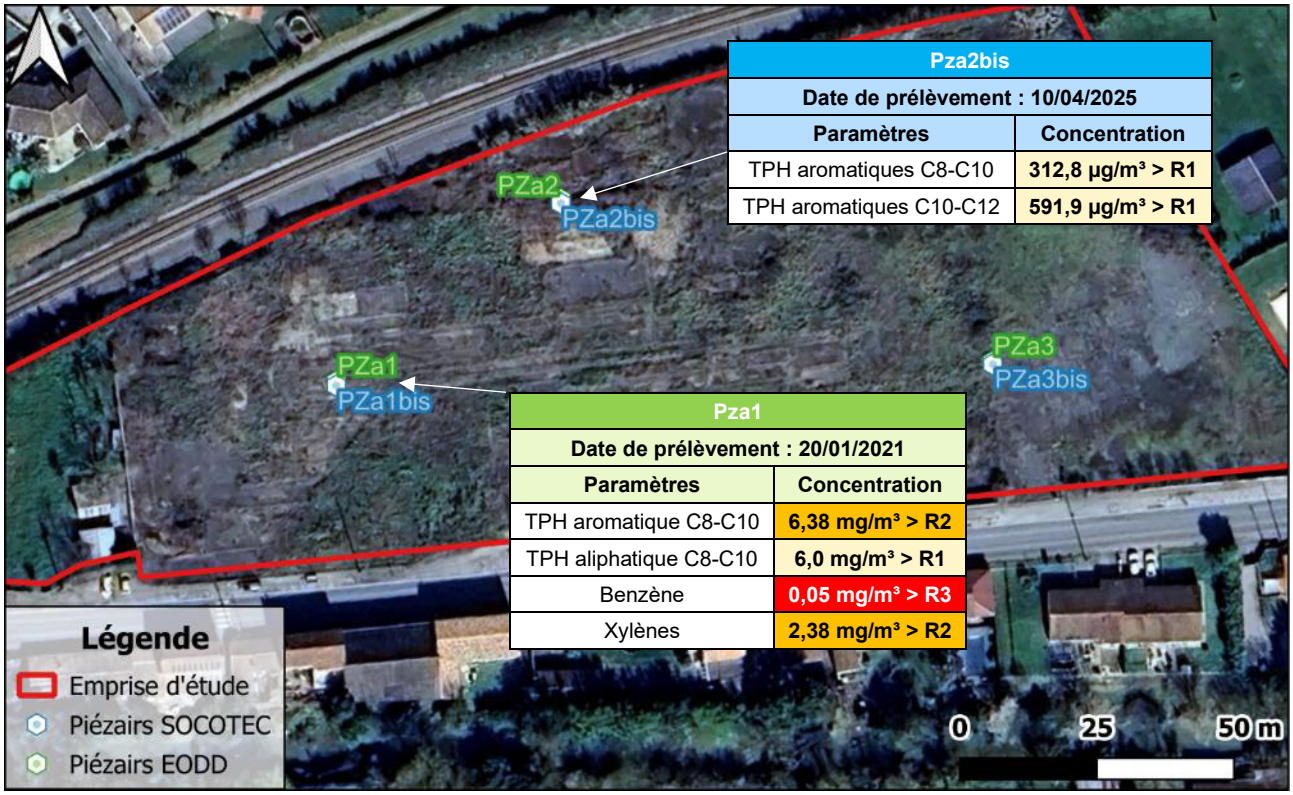


FIGURE 18 : CARTOGRAPHIE DES CONTAMINATIONS EN HAP DANS LES SOLS (EODD, SOCOTEC)

Cette figure a été établie suivant les gammes suivantes :

Gamme de concentrations mesurées en HCT (mg/kg MS)	Couleur associée
<8,15 (valeur issue du FGU)	Vert (absence de contamination)
8,15 - 50	Orange (impact faible à modéré)
>50	Rouge (Contamination)



Pza2bis	
Date de prélèvement : 10/04/2025	
Paramètres	Concentration
TPH aromatiques C8-C10	312,8 µg/m³ > R1
TPH aromatiques C10-C12	591,9 µg/m³ > R1

Pza1	
Date de prélèvement : 20/01/2021	
Paramètres	Concentration
TPH aromatique C8-C10	6,38 mg/m³ > R2
TPH aliphatique C8-C10	6,0 mg/m³ > R1
Benzène	0,05 mg/m³ > R3
Xylènes	2,38 mg/m³ > R2

FIGURE 19 : CARTOGRAPHIE DES IMPACTS RELEVES DANS LES GAZ DES SOLS (EODD, SOCOTEC)

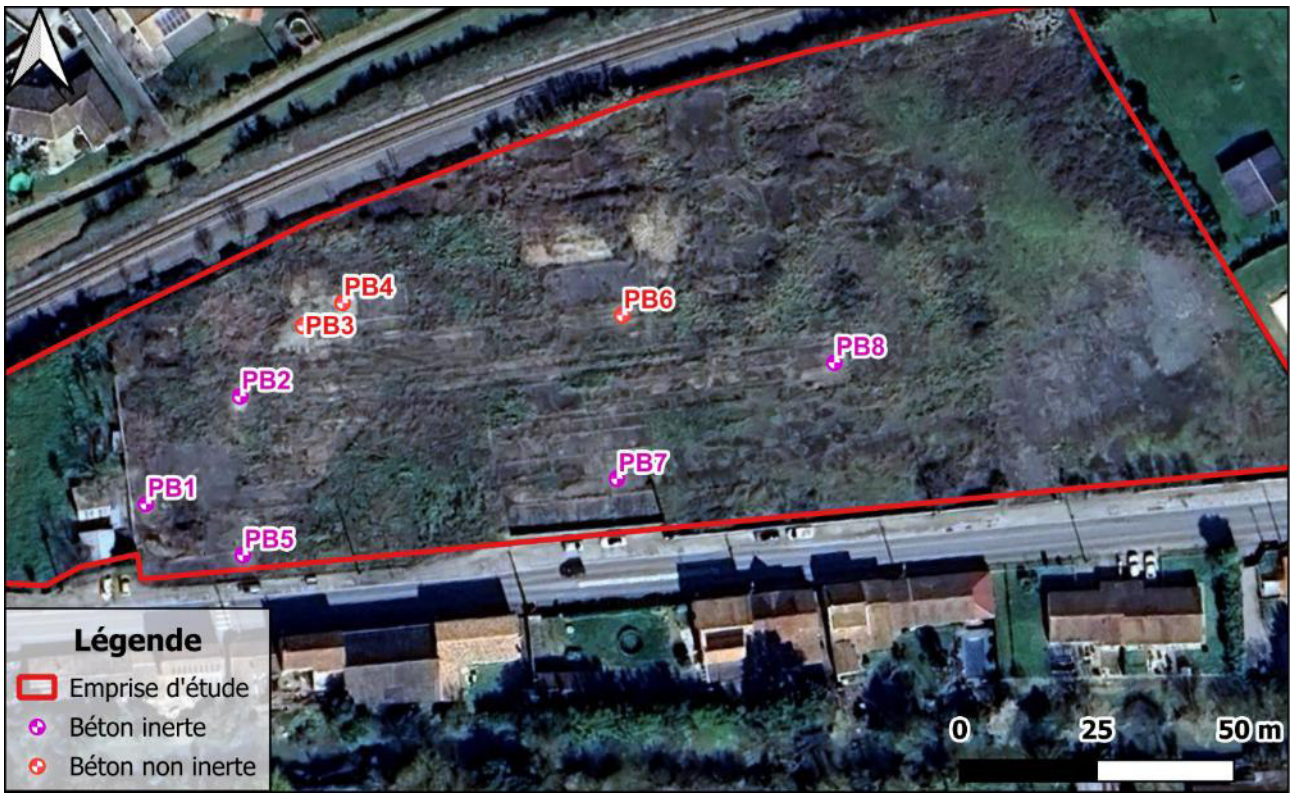


FIGURE 20 : CARTOGRAPHIE DES INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSES SUR LES BETON (SOCOTEC)

Il peut être considéré que les bétons sur toute la partie nord de l'ancien bâtiment ne sont pas remployables en concassage et ne sont pas admissibles en filière classique (type ISDI) et devront faire l'objet d'une gestion spécifique (envoi en ISDND voire ISDD par exemple).

Pour les enrobés, aucune trace de HAP ou d'amiante dans les prélèvements réalisés n'a été détectée.

Compte tenu des observations présentées ci-dessus, il apparaît qu'une zone de pollution concentrée semble se dessiner au droit de la zone 1a (partie ouest de la friche industrielle, aux abords du bas de rétention d'huiles historiques dans le hangar tracteurs historiques). La définition de cette pollution concentrée est présentée dans le paragraphe 3.8 ci-après.

De plus, compte tenu de la configuration de la pollution au sein de la zone 1b, la détermination de l'emprise de cette dernière est présentée en paragraphe 3.9.

3.8 DETERMINATION DE LA POLLUTION CONCENTREE AU DROIT DE LA ZONE 1A

La détermination de la pollution concentrée et des extensions est réalisée à partir des concentrations mesurées dans le cadre de la présente mission, selon les critères du document de référence de l'UPDS « Pollution concentrée - Définition, outils de caractérisation et intégration dans la Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » à l'aide des 3 méthodes suivantes :

1. L'analyse statistique,
2. La cartographie fondée sur des méthodes déterministes,
3. Le bilan massique.

Ces méthodes sont par ailleurs comparées aux observations de terrain.

L'ensemble des concentrations en HCT collectées au cours des différentes campagnes (2017, 2019, 2021 et 2025) réalisées sur le milieu sol, dans la partie sud de l'emprise d'exploitation ont été prises en compte dans la définition de la pollution concentrée. Le paramètre HCT a été considéré comme la paramètre « traceur » dans cette étude.

❖ Synthèse des concentrations en HCT sur les sols prises en considération

Dans ce paragraphe sont rappelés l'ensemble des résultats d'analyses en laboratoire en hydrocarbures totaux (HCT), obtenus au cours des différentes campagnes de prélèvements de sols du site sur la zone de contamination considérée. La **Figure 21** reprend la localisation des sondages considérés.

TABLEAU 5 : SYNTHESE DES CONCENTRATIONS RETENUES POUR LE PARAMETRE HCT (EODD – 2017)

Paramètres	Unités	S8	S9			S10	S11	S12		S13		Référence
Plage d'échantillonnage	mètre	0,3 - 0,7	0,3 - 0,6	0,8 - 1,0	2,2 - 2,4	0,5 - 0,7	0,2 - 0,6	0 - 0,7	2,3 - 2,8	0,6 - 1,0	2,0 - 2,2	-
Matière sèche	% P.B.	85	83,9	84,1	83,8	79,7	82,3	94,5	81,8	81,2	84	-
HCT												
Indice Hydrocarbures (C_{10}-C_{40})	mg/kg M.S.	*<20,0*	**2900**	**14000**	**580**	**30,7**	*<20,0*	**160**	**94,1**	**92,2**	**64,9**	69,5

TABLEAU 6 : SYNTHESE DES CONCENTRATIONS RETENUES POUR LE PARAMETRE HCT (EODD – 2019)

Paramètres	Unités	T12		T13		T14	T15	T16	T17	Référence
Plage d'échantillonnage	mètre	0,5 - 0,8	1,9 - 2,5	0,4 - 1,0	2,2 - 2,7	0,5 - 1,0	0,5 - 1,0	0,3 - 0,8	0,5 - 1,0	-
Matière sèche	% P.B.	83,7	84,8	84,6	87,9	86,8	82,5	96,9	82,7	-
HCT										
Indice Hydrocarbures (C_{10}-C_{40})	mg/kg M.S.	*<20,0*	**920**	**8300**	**750**	**1500**	**60,4**	**110**	**50,4**	69,5

TABLEAU 7 : SYNTHESE DES CONCENTRATIONS RETENUES POUR LE PARAMETRE HCT (EODD – 2021)

Paramètres	Unités	U1		U2			U3				U4			U5			U6			U7			Référence
Plage d'échantillonnage	mètre	0,15 - 1	2,0 - 2,5	0,1 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	0,2 - 0,6	0,6 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	0,0 - 0,3	0,3 - 1,0	2,0 - 3,0	0,2 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	0,0 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	0,05 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 2,5	-
Matière sèche	% P.B.	82	86,7	83,4	82,4	85	80	82,2	83,3	89,8	85,6	83	84,8	83,4	83,3	84,6	81,2	81,7	84	93,7	95,4	93,6	-
HCT																							
Indice Hydrocarbures (C_{10}-C_{40})	mg/kg M.S.	*<20,0*	*<20,0*	**2600**	**590**	**1100**	**110**	*<20,0*	**240**	**700**	**49,6**	**44,7**	*<20,0*	*<20,0*	**97,8**	**2600**	**45,7**	*<20,0*	*<20,0*	**68,5**	**35,3**	**45,4**	69,5

TABLEAU 8 : SYNTHESE DES CONCENTRATIONS RETENUES POUR LE PARAMETRE HCT (SOCOTEC ENVIRONNEMENT – 2025)

Paramètres	Unités	LQ	W1/1	W1/2	W1/3	W2/1	W2/2	W2/3	W2/4	W3/1	W3/2	W3/3	W3/4	W4/1	W4/2	W4/3	W4/4	W5/1	W5/2	W5/3	W5/4	Référence
Plage d'échantillonnage	mètre	-	0,2 - 1,2	1,2 - 3	3 - 4,5	0,2 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 3,4	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 3,5	0,1 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 3,7	0 - 1	1 - 2	2 - 2,9	2,9 - 3,6	-
Signal PID	ppm	-	0	0	0	0	1	2,1	2,4	0,6	6,9	13,7	0,8	0	0	0	0	0	0	0,3	0,2	-
Matière sèche	% P.B.	0,1	80,7	86,2	88,3	82,3	84,7	87,6	89,8	83,3	83,3	92,2	85,4	81,3	82,9	86,2	86,8	83,3	84	84,4	87,9	-
HCT																						
Indice Hydrocarbures (C_{10}-C_{40})	mg/kg M.S.	15	**28**	*<15,0*	**34,7**	*<15,0*	**71,1**	**179**	**62,7**	**263**	**243**	**74,7**	**97,7**	**262**	**20,8**	**31,2**	**15,7**	*<15,0*	*<15,0*	*<15,0*	*<15,0*	69,5

Paramètres	Unités	LQ	W6/1	W6/2	W6/3	W6/4	W7/1	W7/2	W7/3	W7/4	W7/5	W8/1	W8/2	W8/3	W8/4	W9/1	W9/2	W9/3	Référence
Plage d'échantillonnage	mètre	-	0,3 - 1	1 - 1,5	1,5 - 3	3 - 3,5	0,1 - 0,9	0,9 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 4,5	0,2 - 1,2	1,2 - 2	2 - 3	3 - 3,5	0,1 - 1	1 - 2	2 - 3	-
Signal PID	ppm	-	0	0	1,8	0	0	0	0	1,7	0	0	3,1	3,9	1,8	0	0	0	-
Matière sèche	% P.B.	0,1	83,8	84,1	87,9	85,8	88,5	83,5	84	88,4	84,7	84	84,9	86,2	88,5	81,5	84,6	86,8	-
HCT																			
Indice Hydrocarbures (C_{10}-C_{40})	mg/kg M.S.	15	**50,4**	*<15,0*	**74,8**	**35,6**	**15,6**	*<15,0*	**28,5**	**388**	**69,8**	*<15,0*	**1380**	**717**	**427**	**18,4**	**22**	**87**	69,5

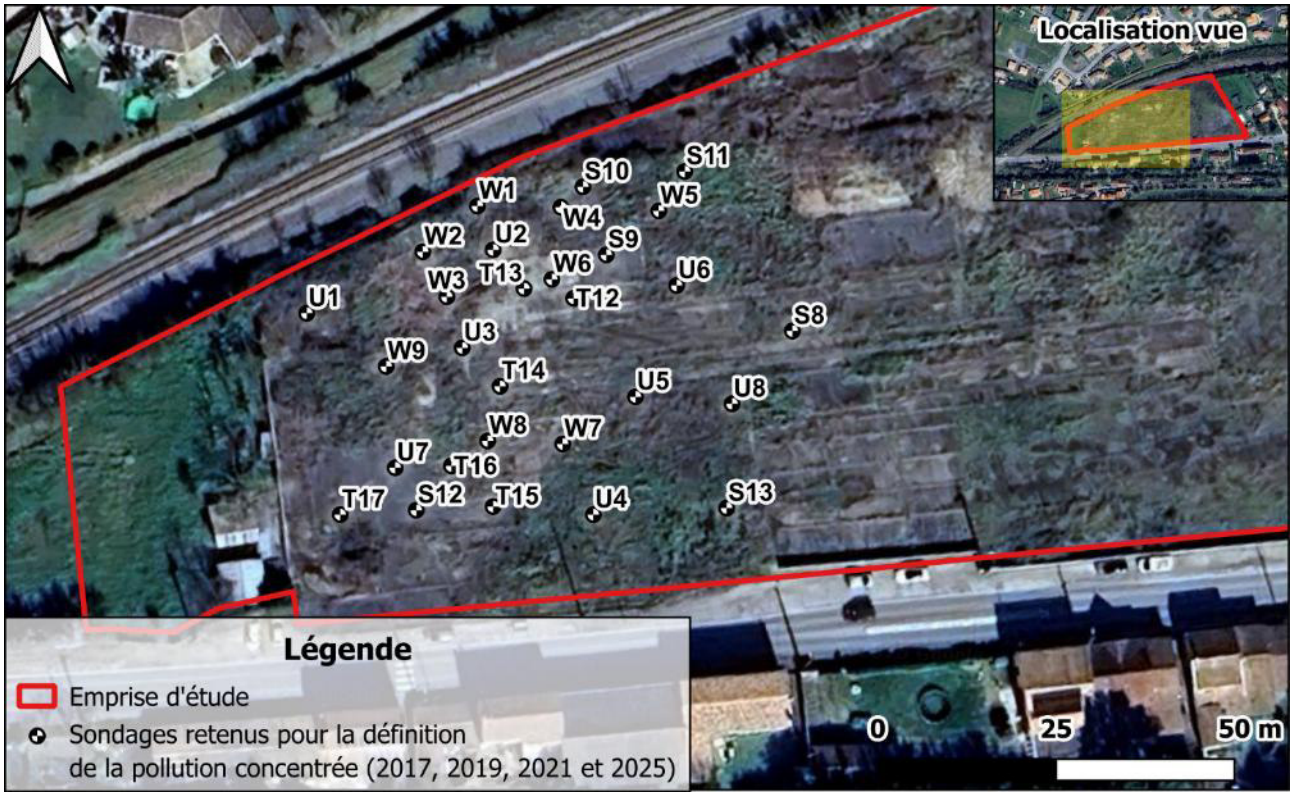


FIGURE 21 : LOCALISATION DES SONDAGES PRIS EN CONSIDERATION DANS LA DETERMINATION DE LA POLLUTION CONCENTREE

❖ ***Analyse statistique***

Toutes les données disponibles pour l'emprise concernée sur la zone 1a ont été prises en compte afin d'apporter de la robustesse au modèle statistique.

Les résultats de l'analyse statistique sont présentés ci-après :

TABLEAU 9 : RESULTATS DE L'ANALYSE STATISTIQUE

Paramètre	[HCT] en mg/kg MS
Nombre d'analyses	69
Nombre d'analyses > V réf	31
Nombres d'analyses > LQ	60
Concentration maximale	14000
Concentration minimale	15
Médiane	50
Moyenne	607

Paramètre	[HCT] en mg/kg MS
Ecart-type	1993
Percentile 70	110
Percentile 75	243
Percentile 80	404
Percentile 85	692
Percentile 90	1156
Percentile 95	2600

L'analyse statistique des données mesurées a permis les observations suivantes :

- La moyenne de concentration est assez différente de la médiane, ce qui traduit la présence de valeurs dispersées (avec des pics de concentration),
- L'écart type est très élevé ce qui confirme la dispersion des teneurs (éloignement de la valeur moyenne),
- 85% des concentrations en HCT sont inférieures ou égales à 692 mg/kg MS, de l'ordre de grandeur de la moyenne des concentrations,

Cette première analyse est complétée par une analyse des fréquences relatives et cumulées des concentrations présentés dans le tableau ci-après.

TABLEAU 10 : FREQUENCES RELATIVES / CUMULEES DE LA DISTRIBUTION DES CONCENTRATIONS EN HCT

Gammes de concentrations HCT (mg/kg MS)	Fréquence	Pourcentage	Fréquence cumulées	Pourcentage cumulés
0 - 100	47	68%	47	68%
100 - 200	4	6%	51	74%
200 - 300	3	4%	54	78%
300 - 400	1	1%	55	80%
400 - 500	1	1%	56	81%
500 - 1000	5	7%	61	88%
1000 - 2000	3	4%	64	93%
2000 - 3000	3	4%	67	97%
3000 - 4000	0	0%	67	97%
4000 - 5000	0	0%	67	97%
5000 - 10000	1	1%	68	99%
10000 - 15000	1	1%	69	100%

La figure ci-après illustre cette analyse statistique des fréquences cumulées des concentrations sur le paramètre HCT, au niveau de la zone 1a.

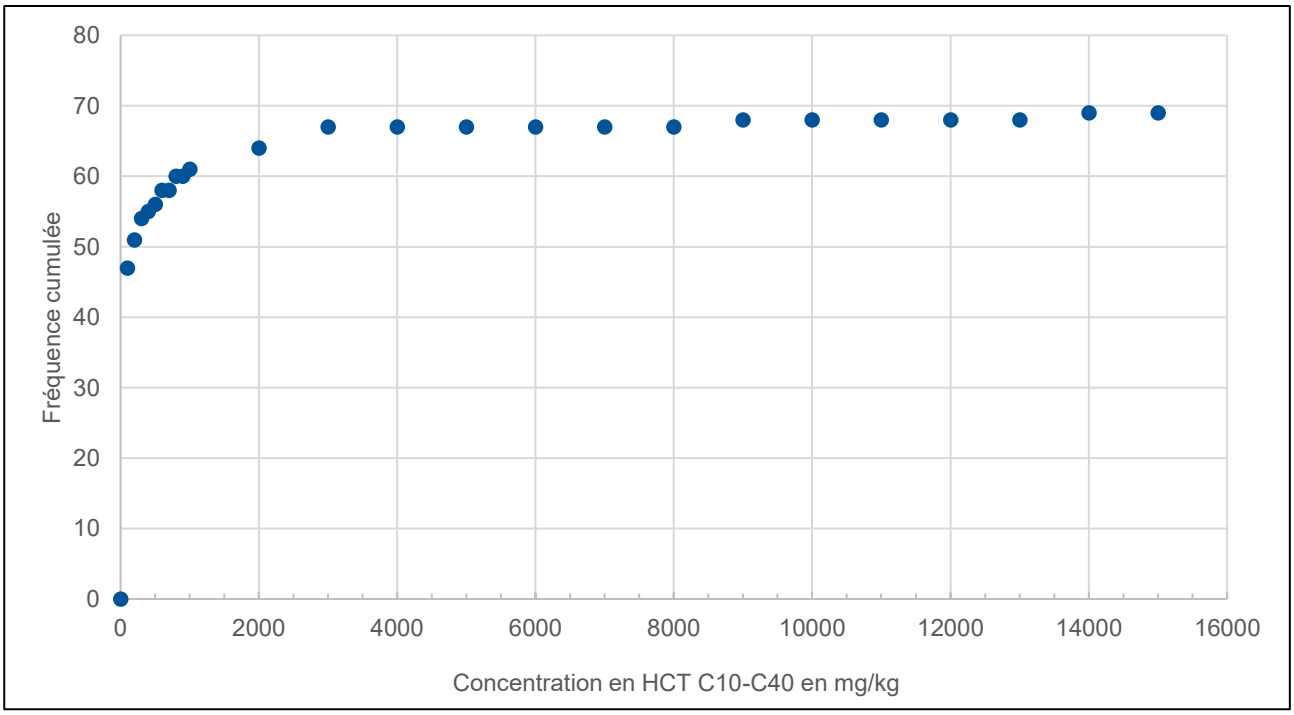


FIGURE 22 : GRAPHIQUE DES FREQUENCES CUMULEES POUR LES CONCENTRATIONS EN HCT

Elle ne permet pas de mettre en évidence de rupture franche.

Le graphique de répartition des concentrations, présenté ci-après, met en évidence sur le paramètre HCT :

- Deux échantillons excentrés (S9 0,8-1 m et T13 0,4-1 m), avec des concentrations respectives de 14 000 et 8 300 mg/kg MS,
- Un nuage des points avec des concentrations qui oscillent entre 2 500 et 3000 mg/kg MS,
- Un nuage de points avec des concentrations qui oscillent entre 580 et 1 500 mg/kg MS,
- Le reste de la population analysée avec des concentrations inférieures à 430 mg/kg MS.

Sur la base de cette analyse statistique, un seuil de coupure de la pollution concentrée en HCT au droit de la zone 1a pourrait être établi entre 500 et 1 000 mg/kg MS.

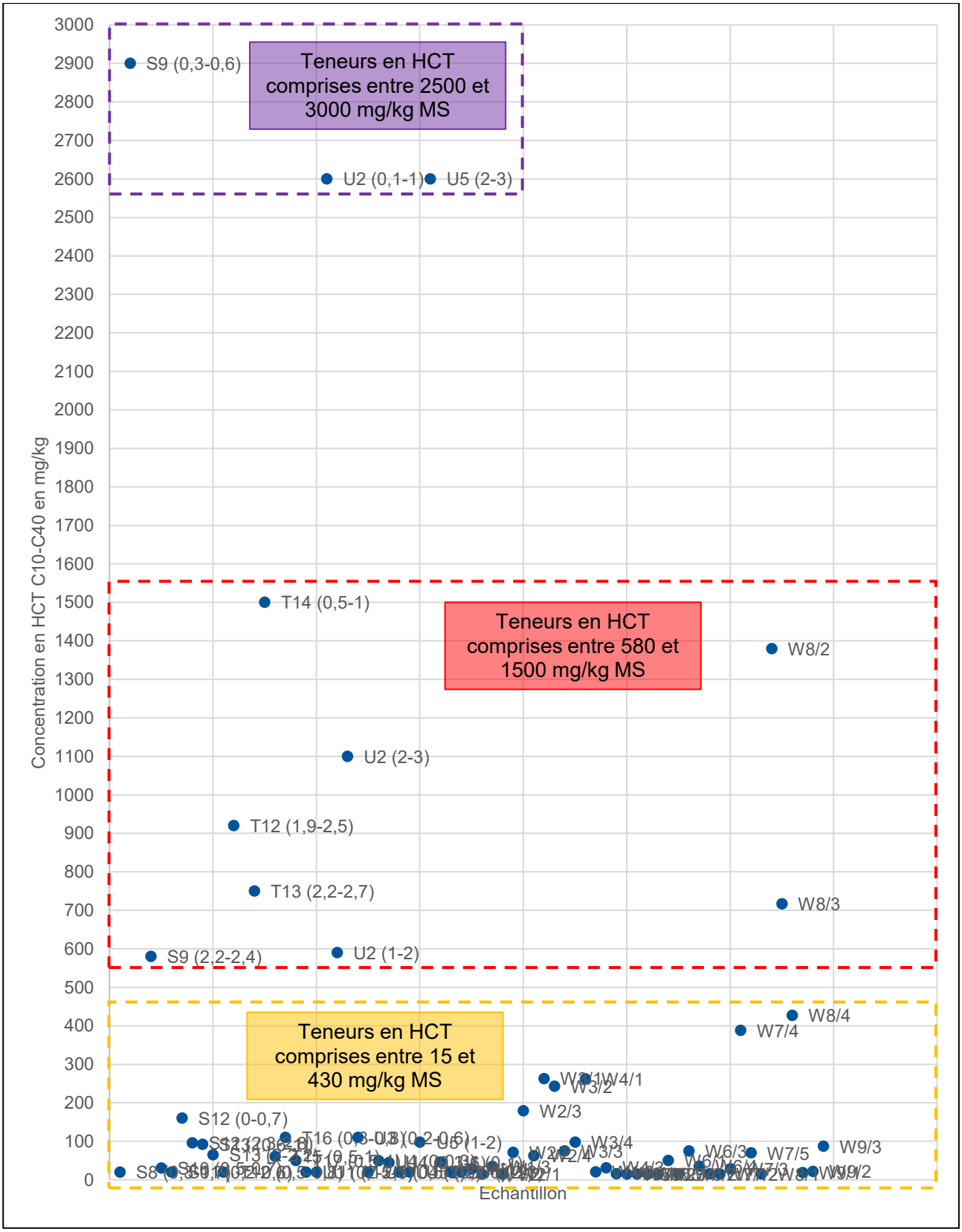


FIGURE 23 : NUAGE DE POINTS DES CONCENTRATIONS EN HCT

A noter que pour réaliser ce nuage des points, les données relatives aux échantillons S9 (0,8-1 m) et T13 (0,4-1 m), ayant des concentrations en HCT respectives de 14 000 et 8 300 mg/kg MS, ont été retirées afin d'obtenir un rendu graphique plus lisible.

❖ *Analyse cartographique*

Compte tenu des tendances observées, seul le paramètre HCT est retenu car jugé représentatif des autres paramètres.

Les cartographies, présentées ci-dessous, sont obtenues à partir de la technique d'interpolation par la méthode des voisins naturels. L'analyse cartographique est effectuée pour 3 horizons distincts H1 (0-1 m), H2 (1-2 m) et H3 (2-3 m) afin de pouvoir apprécier la diffusion de la contamination.

Remarque :

Dans le cadre de l'interpolation, les teneurs < LQ sont considérées comme égales à 15 mg/kg MS (LQ).

L'analyse cartographique est couplée avec les observations de terrain, ainsi certaines teneurs sont interpolées par rapport à un point de sondage jugé équivalent.

Pour un horizon considéré, si plusieurs échantillons ont été analysés, la plus forte teneur a été prise en considération (hypothèse majorante).

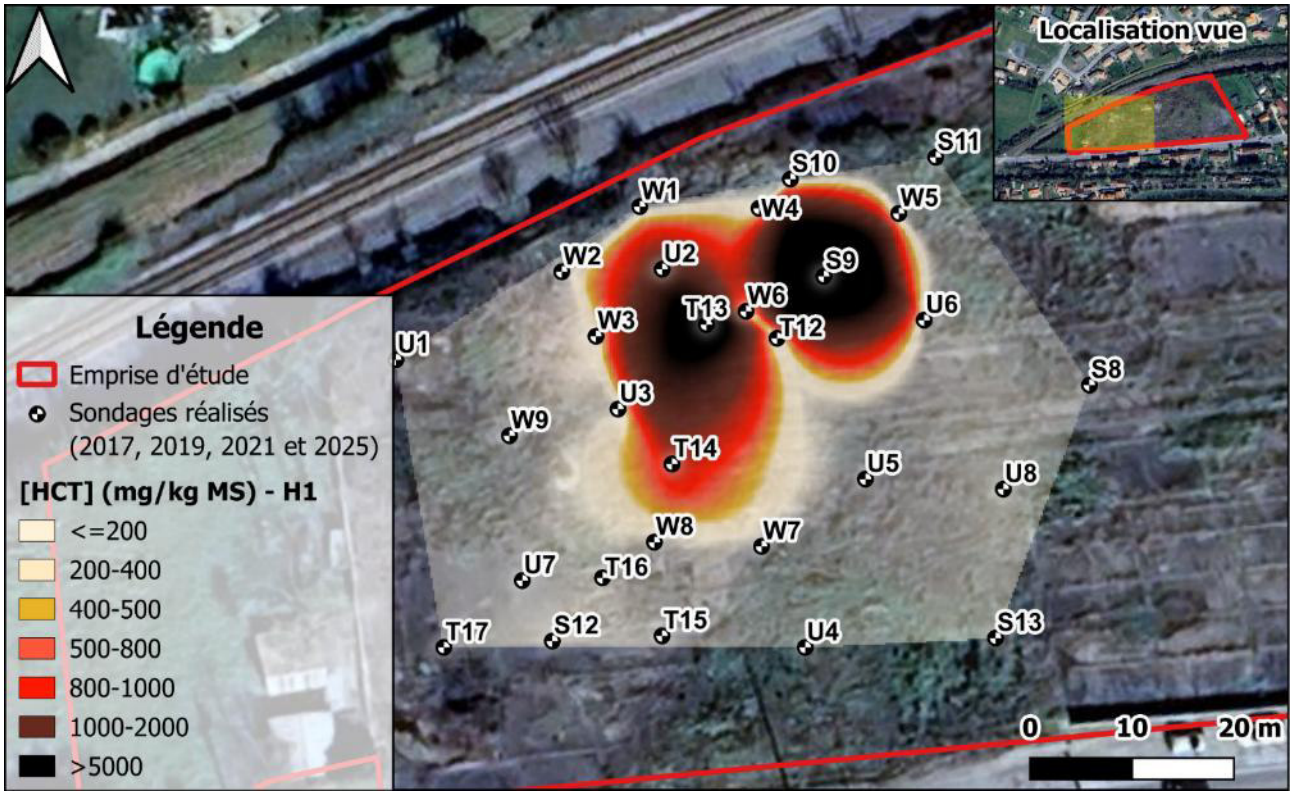


FIGURE 24 : CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS EN HCT POUR H1 (0-1 M)



FIGURE 25 : CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS EN HCT POUR H3 (1-2 M)

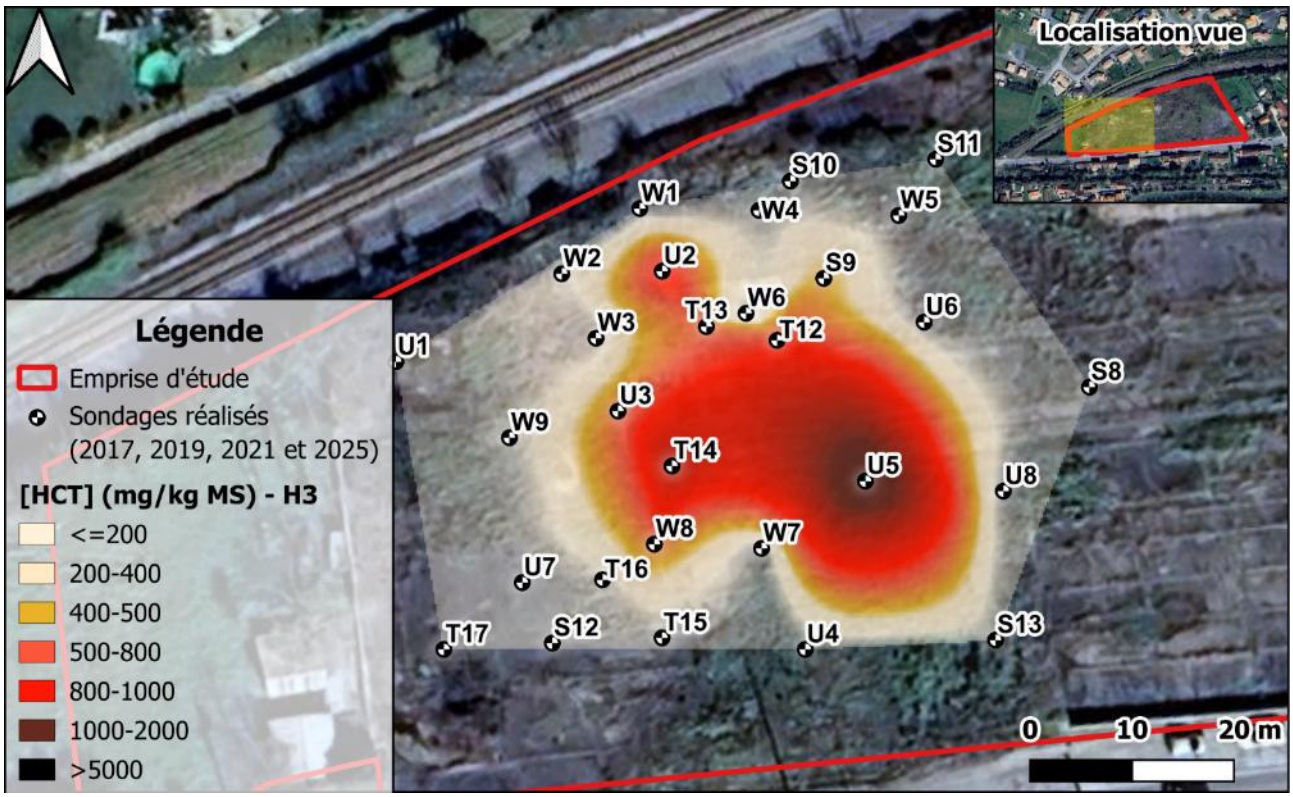


FIGURE 26 : CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS EN HCT POUR H3 (2-3 M)

Il est mis en évidence :

- Pour l'horizon H1 (0-1 m) : une zone de contamination très concentrée au droit des sondages S9 et U2 et dans une moindre mesure au droit du sondage T14,
- Pour l'horizon H2 (1-2 m) : une zone de contamination très concentrée au droit des sondages S9 et T13, et dans une moindre mesure au droit des sondages T14 et W8,
- Pour l'horizon H3 (2-3 m) : une zone de contamination assez concentrée au droit du sondage U5 et dans une moindre mesure au droit des sondages U2 et T14.

A noter qu'aucune analyse cartographique n'a été réalisée sur l'horizon profond (entre 3 et 4 m de profondeur) compte tenu de l'absence d'un grand nombre de données, notamment pour les campagnes réalisées par EODD en 2017, 2019 et 2021. Les investigations menées en profondeur en 2025 (W1 à W8) ne montrent pas la présence de contamination dans les sols. De plus, compte tenu des refus qui ont pu être rencontrés lors des investigations, il est considéré que la contamination est restreinte à l'horizon de sols entre 0 et 3 m de profondeur.

Globalement, l'analyse cartographique permet de confirmer la présence d'une contamination concentrée entre 0 et 3 m de profondeur centrée sur les sondages S9, U2, U5, T13, T14 et W8 pour un seuil de coupure entre 500 et 1 000 mg/kg MS.

❖ *Bilan massique*

Pour le bilan massique, la méthode retenue est celle des « polygones de Voronoï ». Cette méthode permet d'attribuer une « zone d'influence » (polygone) à un point de l'espace (ici, un point de sondage). La concentration en HCT mise en évidence sur chaque point de sondage est ainsi attribuée à l'ensemble du polygone.

La cartographie ci-après représente l'ensemble des polygones défini sur la zone d'étude (zone 1a)

Le bilan massique est donc établi comme suit :

- A chaque point de sondage est attribué un polygone,
- Pour chaque polygone :
  - La quantité de sol est estimée à partir de la surface du polygone, de l'épaisseur de l'horizon et de la densité du sol retenue,
  - La quantité de polluant est définie à partir des résultats d'analyse (concentration en HCT et pourcentage de matière sèche).

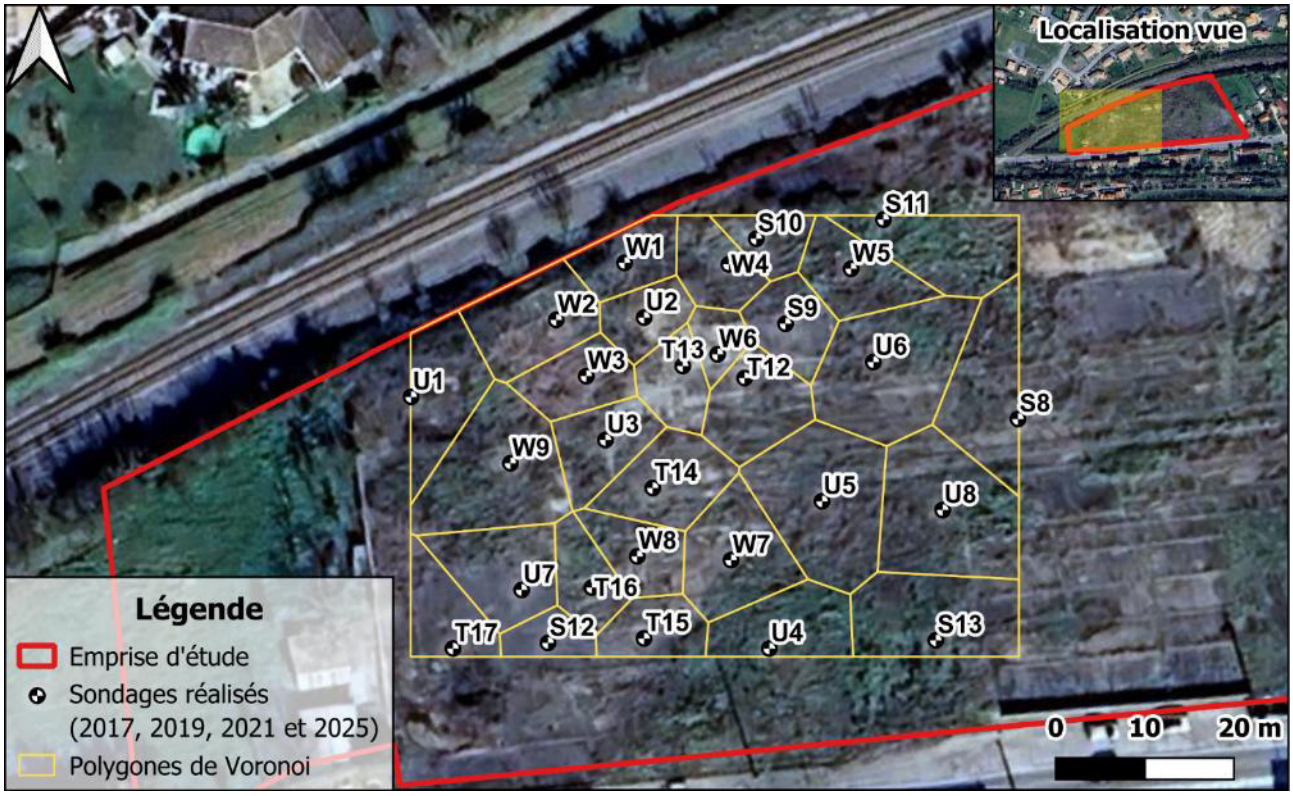


FIGURE 27 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DE L'INTERPOLATION PAR POLYGONES DE VORONOI

Récapitulatif

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Total
Masse totale de HCT (tonnes)	3,33	3,33	1,88	**8,54**
Volume total de sol (m3)	3199	3199	3199	**9597**

Définition des seuils de coupure

	Coupure 1	Coupure 2	Coupure 3	Coupure 4	Coupure 5
Définition des seuils de coupure (mg/kg MS)	500	1000	2000	5000	15000
Gamme de concentration (mg/kg MS)	0-500	500-1000	1000-2000	2000-5000	5000-15000

Volume de sol (m^3)

Gamme de concentration (mg/kg MS)	0-500	500-1000	1000-2000	2000-5000	5000-15000
Volume de sol par gamme (m3) pour le niveau 1	2870	0	114	65	150
Volume de sol par gamme (m3) pour le niveau 2	2793	65	191	0	150
Volume de sol par gamme (m3) pour le niveau 3	2380	427	179	213	0
Volume de sol par gamme (m3) par gamme	**8043**	**492**	**484**	**278**	**300**

Masse de HCT (tonnes)

Gamme de concentration (mg/kg MS)	0-500	500-1000	1000-2000	2000-5000	5000-15000
Masse de HCT par gamme (t) pour le niveau 1	0,22	0,00	0,27	0,25	2,59
Masse de HCT par gamme (t) pour le niveau 2	0,25	0,06	0,43	0,00	2,59
Masse de HCT par gamme (t) pour le niveau 3	0,18	0,49	0,38	0,83	0,00
Masse totale de HCT par gamme (t)	**0,66**	**0,55**	**1,07**	**1,08**	**5,18**

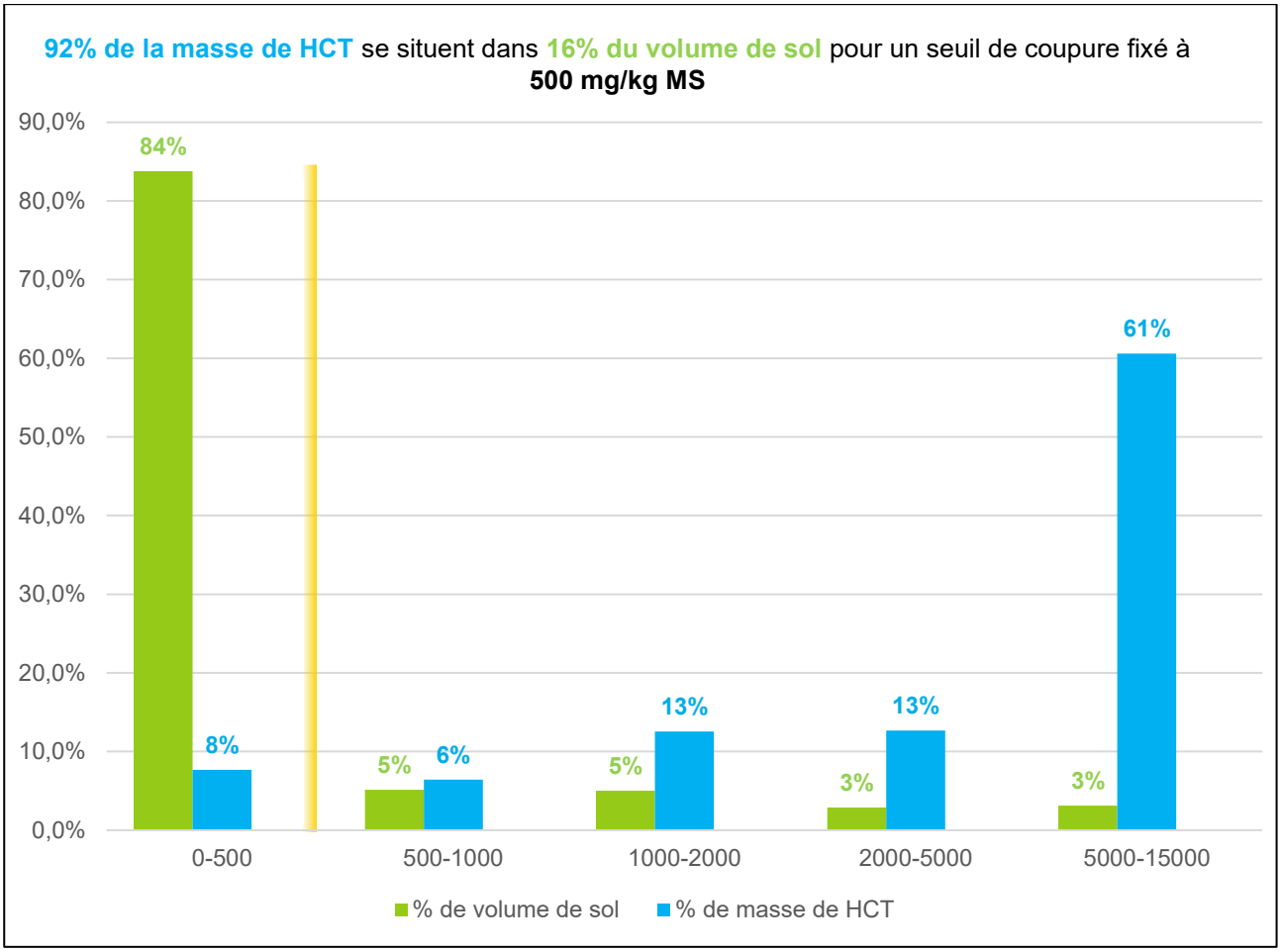
Proportions

Gamme de concentration (mg/kg MS)	0-500	500-1000	1000-2000	2000-5000	5000-15000
Volume de sol par gamme (m3)	8043	492	484	278	300
% de volume de sol	83,8%	5,1%	5,0%	3%	3,1%
Masse de HCT par gamme (tonnes)	0,66	0,55	1,07	1,08	5,18
% de masse de HCT	8%	6%	13%	13%	61%
% de masse de HCT / %Volume de sol	0,09	1,26	2,49	4,38	19,39

Cumuls

Concentration en HCT (mg/kg MS)	<500	<1000	<2000	<5000	<15000
Volume cumulé de sol (m3)	8043	8535	9019	9297	9597
% Volume cumulé de sol	84%	89%	94%	97%	100%
Masse cumulée de HCT (t)	0,66	1,21	2,28	3,36	8,54
% Masse cumulée de HCT	8%	14%	27%	39%	100%

Le tableau précédent a été construit avec hypothèse de masse volumique de 1,8 tonne/m^3 pour le sol. Sur la base de ces données, le graphique présenté ci-après est élaboré.



Ce graphique met en évidence que **pour un seuil de coupure fixé à 500 mg/kg MS, 92% de la masse de HCT se situent dans 16% de volume de sol**.

Il peut également être proposé un seuil de coupure moins contraignant de 1 000 mg/kg MS, pour lequel le ratio masse de polluant / volume de sol serait de 87/11, encore très intéressant.

Conclusion des trois méthodes :

Pour le paramètre HCT, en confrontant les résultats des différentes méthodes d'interprétation, le seuil de coupure théorique de coupure en HCT le plus adapté permettant d'avoir un bon ratio masse de polluant / volume de terre pourrait être proposé aux alentours de 500 mg/kg MS. En effet, d'un point de vue méthodologique, un seuil à 500 mg/kg MS est, par retour d'expérience, relativement contraignant car jugé faible. Toutefois, au regard de la répartition des concentrations, un seuil plus élevé (1 000 mg/kg MS) n'aurait que peu d'impact sur les volumes à considérer. Aussi, considérant un usage futur sensible, un seuil dit « contraignant » est jugé, à ce stade, adapté au projet et au site d'étude.

3.9 DETERMINATION DE L'ETENDUE DE LA POLLUTION AU SEIN DE LA ZONE 1B

Au niveau de la partie sud-ouest de la friche industrielle, au droit de l'ancienne fonderie, il a été mis en évidence :

- Sur S12 (EODD-2017) : une contamination en plomb (22 000 mg/kg MS), en cuivre (350 mg/kg MS) et en zinc (12 000 mg/kg MS) entre 0 et 0,7 m de profondeur. Entre 2,3 et 2,8 m de profondeur, une contamination en plomb (820 mg/kg MS) est toujours présente, associé à une contamination en BTEX,
- Sur T14 et T16 (EODD-2019) : des impacts significatifs en plomb (respectivement 140 et 170 mg/kg MS) jusqu'à environ 1 m,
- Sur U7 (EODD-2021) : une contamination en plomb (380 mg/kg MS) jusqu'à 1 m de profondeur,
- Sur W12 (SOCOTEC Environnement-2025) : une contamination en plomb (834 à 2 290 mg/kg MS) jusqu'à 2 m de profondeur.

Les sondages réalisés aux abords de ces derniers ne présentent quant à eux pas d'impact significatif en métaux.

Au regard du faible nombre de données, la réalisation d'une méthodologie de définition de seuil de coupure de pollution concentrée est peu adaptée.

De manière pragmatique, considérant l'usage futur sensible, de type résidentiel, un seuil à 100 mg/kg MS pourrait être envisagé.

En effet, pour un usage sensible, l'Agence Régionale de la Santé défini un premier seuil d'alerte à 100 mg/kg MS en plomb à partir duquel il est attendu que le seuil de vigilance (plombémie >25 µg/L) soit dépassé pour 5% des enfants et un second seuil d'alerte à 300 mg/kg MS en plomb à partir duquel il est attendu un dépassement du seuil d'intervention rapide (plombémie >50 µg/L), devant conduire à un dépistage dans la population des enfants de moins de 7 ans et chez les femmes enceintes.

Sur cette base, la zone de contamination concentrée est définie au droit des sondages S12, T14, T16, U7 et W12 dépassent à minima le seuil de vigilance :

- Autour des sondages S12/W12 considéré de la surface à 3 m de profondeur, sur une surface d'environ 70 m² ;
- Autour des sondages U7/T16 limitée au premier mètre de surface, sur 70 m².

A noter que le sondage T14 étant localisé dans la zone de contamination concentrée 1a, ce dernier n'a pas été pris en considération ici.

La pollution représente environ 70 m² entre 0 et 3 m de profondeur et 70 m² entre 0 et 1 m de profondeur, soit environ 280 m³.

3.10 DETERMINATION DE L'ETENDUE DE LA POLLUTION AU SEIN DES ZONES 2 ET 3

Ces contaminations s'avèrent ponctuelles, limitées aux seuls points de sondages S2 (Zone 2 d'environ 30 m², présentant une anomalie significative ponctuelle en HAP), V4 et W17 (respectivement 10 et 20 m², correspondant à la Zone 3, présentant des anomalies significatives ponctuelles en HCT). Ces contaminations concernent l'horizon superficiel de remblais d'1 m de profondeur.

3.11 SYNTHESE DES IMPACTS A CONSIDERER

Les données exploitées sont issues des investigations réalisées dans le cadre des différentes phases d'investigations. Des figures de synthèse des résultats d'investigations sont présentées ci-après.

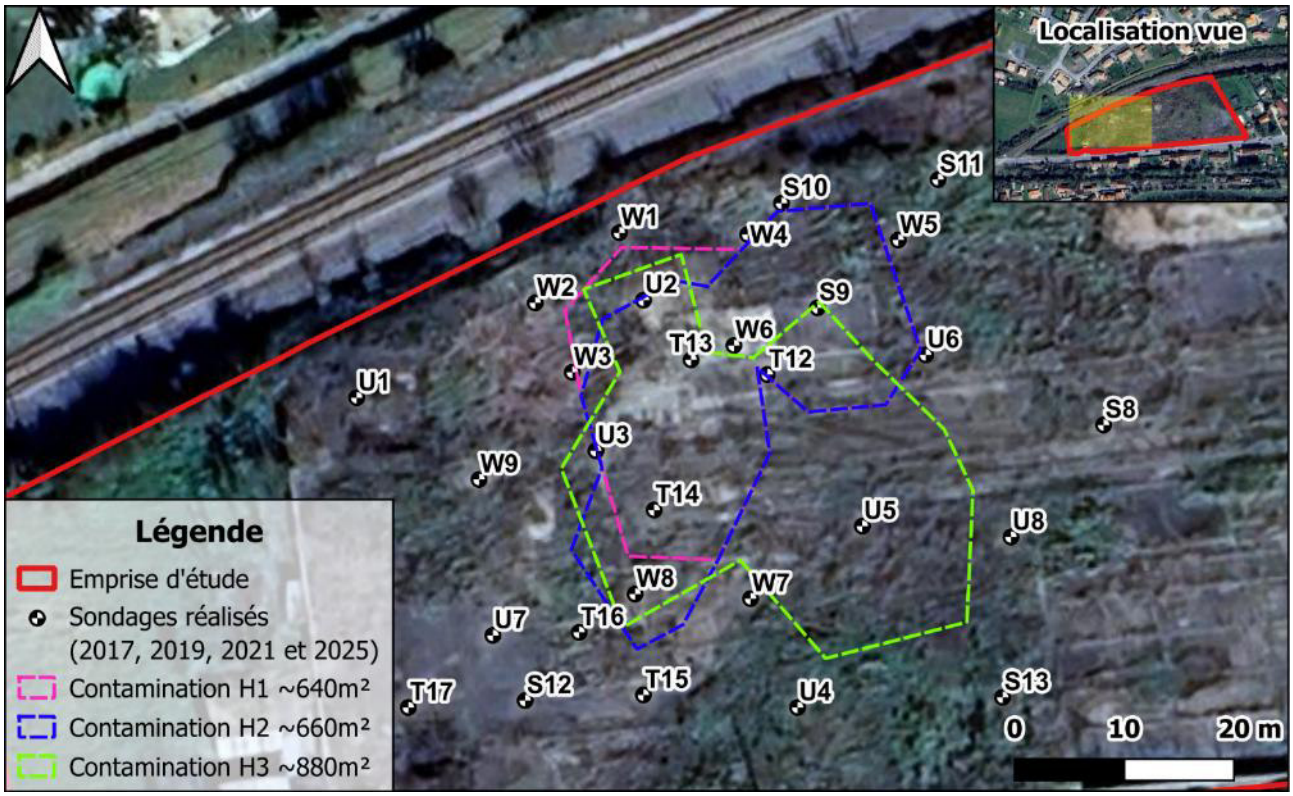


FIGURE 28 : SYNTHESE DES IMPACTS A CONSIDERER AU DROIT DE LA ZONE 1A



FIGURE 29 : SYNTHESE DES IMPACTS A CONSIDERER AU DROIT DE LA ZONE 1B



FIGURE 30 : SYNTHESE DES IMPACTS A CONSIDERER AU DROIT DES ZONES 2 ET 3

D'une manière générale, la différence entre le volume de sol à traiter, estimé en fin de diagnostic et le volume réellement excavé en phase travaux s'avère, dans environ 60% des cas, de l'ordre de +25 % (> 30 % dans 1/3 des cas). Ainsi, « Il faut systématiquement avertir le client qu'une définition à 10% près relève de la chance plutôt que de la science... ». Ces estimations de volume sont par conséquent à considérer comme des ordres de grandeurs plutôt que des coûts affinés.

Le tableau ci-après reprend les impacts à considérer.

TABLEAU 11 : SYNTHESE DES IMPACTS A CONSIDERER

Typologie de contamination	Localisation et description de la contamination	Milieu impacté	Caractéristiques des impacts	Sondages concernés	Dimensions à considérer	Tonnage à considérer	Actions à mettre en œuvre
CONTAMINATION CONCENTRÉE	**Zone 1a** : Partie ouest de la friche industrielle, aux abords du bac de rétention d'huiles historique dans le hangar tracteurs historiques	Sols / gaz des sols	• Contamination des sols en HCT • Impact en hydrocarbures aromatiques C_8-C_{12} dans les gaz du sol	S9, T12, T13, T14, U2, U5, W8	Epaisseur : 0-1 m Surface : 640 m² Volume : 640 m³	1 150 tonnes	Solution de gestion potentielle devant faire l'objet d'un bilan coût-avantage, seuil de coupure théorique à 500 mg/kg MS
					Epaisseur : 1-2 m Surface : 660 m² Volume : 660 m³	1190 tonnes	
					Epaisseur : 2-3 m Surface : 880 m² Volume : 880 m³	1590 tonnes	
				TOTAL FOURCHETTE BASSE	**2 180 m³**	**3 930 tonnes**	
				TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)	**2 830 m³**	**5 110 tonnes**	
	Zone 1b : Partie sud-ouest de la friche industrielle, au droit de l'ancienne fonderie	Sols	Contamination des sols en métaux (plomb et cuivre/zinc) et anomalie en BTEX	S12, U7, W12, T16 et T14 *(sondage localisé au droit de la zone 1a)* Uniquement S12 pour les BTEX	Epaisseur : 0-3 m Surface : 70 m² Volume : 210 m³	380 tonnes	Solution de gestion potentielle devant faire l'objet d'un bilan coût-avantage, seuil de coupure théorique en plomb à 100 mg/kg MS
					Epaisseur : 0-1 m Surface : 70 m² Volume : 70 m³	130 tonnes	
				TOTAL FOURCHETTE BASSE	**280 m³**	**510 tonnes**	
				TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)	**365 m³**	**665 tonnes**	
CONTAMINATION PONCTUELLE LOCALISEE	**Zone 2** : partie est de la fiche industrielle	Sols	Anomalie significative ponctuelle en HAP	S2	Epaisseur : 0-1 m Surface : 30 m² Volume : 30 m³	55 tonnes	Gestion similaire aux zones 1a et 3
				TOTAL FOURCHETTE BASSE	**30 m³**	**55 tonnes**	
				TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)	**40 m³**	**70 tonnes**	
	Zone 3 : partie centre/est de la friche industrielle	Sols	Anomalie significative ponctuelles en HCT	V4 et W17	Epaisseur : 0-1 m Surface : 30 m² Volume : 30 m³	55 tonnes	A gérer de la même façon que la pollution concentrée (seuil de coupure théorique à 500 mg/kg MS)
				TOTAL FOURCHETTE BASSE	**30 m³**	**55 tonnes**	
				TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)	**40 m³**	**70 tonnes**	

**Calculs des tonnages en prenant en compte comme hypothèse une densité des sols égale à 1,8.*

3.12 MISE A JOUR DU SCHEMA CONCEPTUEL

Le schéma conceptuel du site, détaillé ci-après, permet d'évaluer les impacts potentiels du site vis-à vis des usagers futurs en considérant son aménagement futur. Le projet prévoyant la création d'un quartier résidentiel (maisons d'habitations avec jardins potagers), les cibles retenues ici sont des résidents adultes et enfants.

Au vu des résultats d'analyses des différentes campagnes d'investigations, les sources de contamination finalement retenues à l'échelle du site sont présentées dans le tableau de synthèse du paragraphe 3.9.

Compte tenu du projet, les usagers du site sont susceptibles d'être exposés aux différentes zones de pollution par les voies de transfert suivantes : inhalation de poussières, contact cutané, ingestion de végétaux autoproduits et ingestion de sol.

Du fait de l'aménagement du site, l'ajout de réseaux d'adduction en eau potable susceptibles de traverser des zones polluées est considéré, engendrant un risque de diffusion à travers les canalisations AEP. Ce risque est toutefois modéré, considérant la mise en œuvre de canalisations en matériaux adaptés réputés imperméables et/ou l'apport de matériaux sains au droit des tranchées techniques

De plus, compte tenu des résultats d'analyse sur les gaz de sols des différentes campagnes, le risque de transfert par volatilisation des composés volatils subsiste, notamment à l'intérieur des maisons. En extérieur, compte tenu de la dilution dans l'air ambiant, la voie de transfert par volatilisation est jugée négligeable.

Concernant les eaux souterraines : aucun impact significatif n'a été mis en évidence dans les ouvrages présents sur l'emprise de la friche industrielle (PZ1 à PZ3). Dans la partie ouest du site, sur l'emprise du terrain nu avec les cabanons, l'ouvrage implanté (PZ4) ne présentait pas d'eau. Les eaux prélevées dans les ouvrages PZ1 à PZ3 correspondraient donc à des eaux de ruissellement plutôt qu'à une nappe à proprement parlé. Compte tenu de ces constats, le risque de transfert des contaminations vers les eaux souterraines par infiltration est jugé négligeable.

Hors site, aucune voie de transfert et d'exposition n'est retenue compte tenu de l'absence de transferts vers les eaux souterraines.

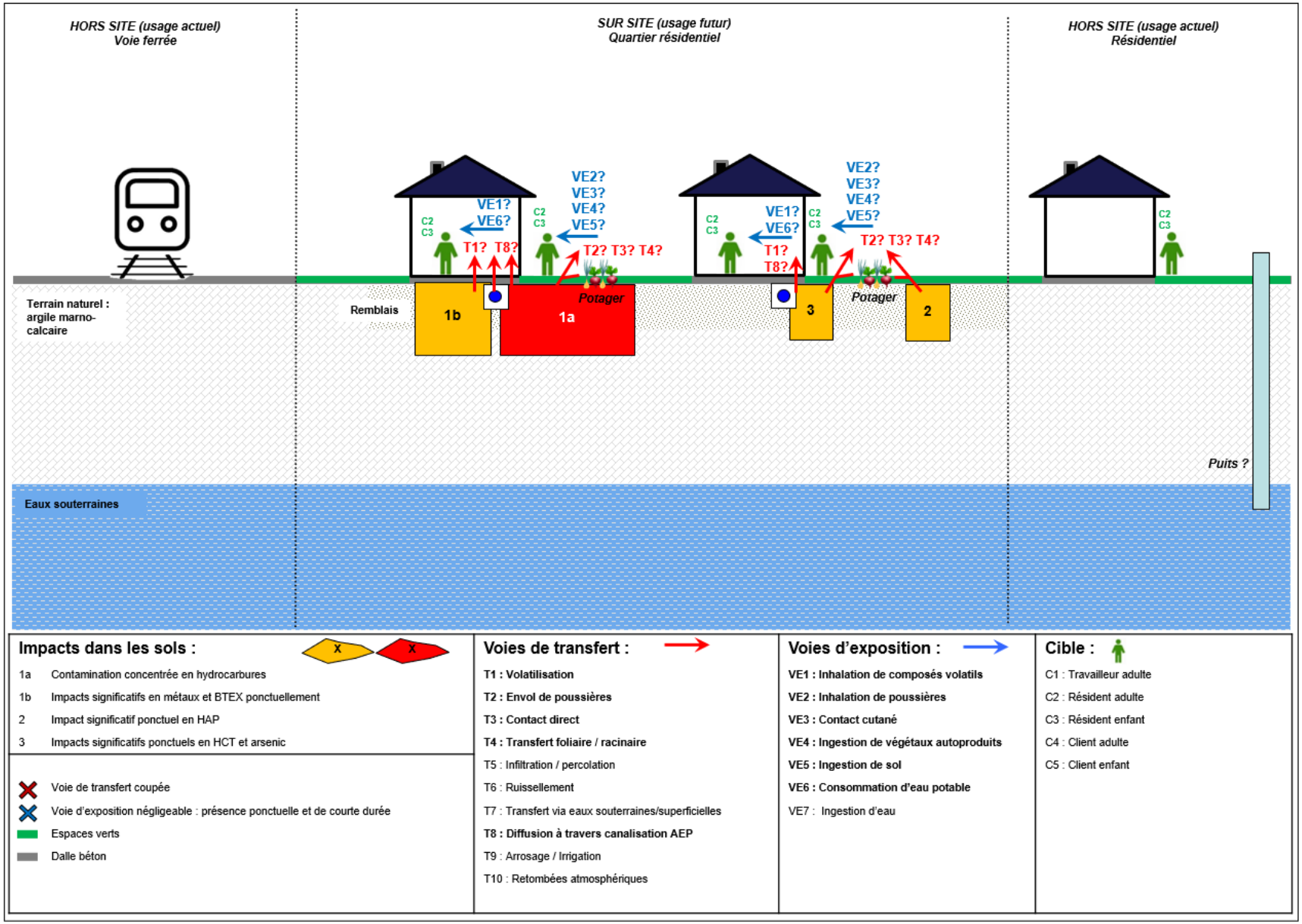


FIGURE 31 : SCHEMA CONCEPTUEL

4. IDENTIFICATION DES ENJEUX ET PRESCRIPTIONS

4.1 ENJEUX SANITAIRES

Le schéma conceptuel met en évidence l'existence potentielle de voies d'exposition aux contaminations identifiées sur le site au vu de son usage actuel et futur. Les voies d'expositions retenues sont l'inhalation des composés volatils et l'ingestion de sols par les futurs usagers du site.

Ainsi, compte tenu de l'usage futur du site (résidentiel sensible), l'enjeu sanitaire est jugé majeur. Une analyse des risques sanitaires est nécessaire pour évaluer l'efficacité des techniques de gestion envisagées.

4.2 ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

Dans la démarche de réhabilitation du site, conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017, lorsque des **pollutions concentrées** sont identifiées, la priorité consiste d'abord à déterminer les modalités de **suppression des pollutions concentrées**, plutôt que d'engager des études pour justifier leur maintien en l'état, en s'appuyant sur la qualité déjà dégradée des milieux ou sur l'absence d'usage de la nappe.

L'objectif est donc de **traiter les zones de pollutions concentrées** afin de supprimer les principales sources de contaminations du site et limiter les capacités de relargage des sols au droit du site.

Il convient donc de s'assurer de l'absence de capacité de relargage des sols au droit du site entrainant une dégradation significative de la qualité des eaux souterraines contraire aux dispositions de l'arrêté du 17 juillet 2009 relatif aux mesures de prévention ou de limitation des introductions de polluants dans les eaux souterraines. Ainsi des traitements et/ou des mesures de gestion, en vue de limiter les possibles impacts dans les différents milieux associées ou non à une surveillance des milieux, doivent être envisagés.

Dans ce cadre, l'enjeu environnemental du projet d'aménagement et notamment l'enjeu sur la ressource en eau est majeur.

4.3 ENJEUX ECONOMIQUES

Le projet d'aménagement du site doit être économiquement viable.

L'objectif est de traiter des volumes limités de sols contaminés présentant la masse de polluant la plus importante (c'est-à-dire les sols dont les concentrations sont supérieures au seuil de coupure théorique), les zones de contaminations moins impactées, les eaux contaminées issues du traitement des sols, avec un coût financier acceptable au regard du bilan coût-avantage et de mettre en place les mesures nécessaires de surveillance des pollutions résiduelles.

4.4 ENJEUX URBANISTIQUES

Le site représente environ 16 139 m². Il est localisé au cœur d'une zone urbaine, à proximité du centre-ville de l'Ile d'Elle.

Le site d'étude est implanté dans une zone urbaine, noté Ub au Plan Local d'Urbanisme de l'Ile d'Elle. La zone Ub est un secteur urbain à caractère peu dense, destiné à l'habitat et aux activités compatibles avec l'habitat. En secteur Ub, in ne peut être autorisé qu'une seule construction principale à usage d'habitation par parcelle.

Actuellement le site est dépourvu d'aménagement, seuls quelques cabanons sont encore présents dans la partie ouest et des vestiges d'infrastructures (dalle béton, rail de chemin de fer…) sont encore présentes sur la partie friche industrielle. L'enjeu urbanistique lié à l'aménagement du site est important.

4.5 ENJEUX REGLEMENTAIRES

L'étude historique menée par EODD en 2017 a permis d'identifier que le site a été classé au titre de la réglementation relative aux ICPE. Dernièrement le site a été classé au régime de l'autorisation pour la rubrique 286 (stockage et activité de récupération de déchets de métaux et résidus métalliques, d'objets en métal et carcasses de véhicules hors d'usage […] et de surface utilisée >500 m³ - arrêté préfectoral n°850184 du 15/10/1985). D'après les documents consultés par EODD en 2017, la cessation d'activité a été actée le 16/10/2007.

L'enjeu réglementaire est donc jugé mineur.

5. ANALYSE DES ENJEUX SUR LES RESSOURCES EN EAU (A300)

5.1 RAPPEL DU CONTEXTE ADMINISTRATIF DE GESTION DES EAUX SOUTERRAINES ET DES EAUX DE SURFACE

5.1.1 SDAGE Loire-Bretagne

Le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) Loire-Bretagne est un document stratégique couvrant la période 2022-2027, approuvé le 18 mars 2022. Il fixe les orientations fondamentales pour une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau dans le bassin Loire-Bretagne. Ses orientations principales visent à

- réduire les pollutions organiques, phosphorés et microbiologiques,
- gérer les prélèvements d'eau de manière équilibrée et durable,
- anticiper les effets du changement climatique,
- faciliter la gouvernance locale et renforcer la cohérence territoriale,
- informer, sensible et favoriser les échanges entre acteurs.

5.1.2 SAGE Sèvre Niortaise et Marais Poitevin

Le SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux) est un outil stratégique de planification à l'échelle locale, institué pour un sous-bassin, un groupement de sous-bassins correspondant à une unité hydrographique cohérente ou pour un système aquifère. Le site d'étude est localisé au droit du SAGE Sèvre Niortaise et Marais Poitevin qui s'étend des sources de la Sèvre Niortaise dans les Deux-Sèvres jusqu'à son estuaire dans la baie de l'Aiguillon. Le SAGE a été approuvé en avril 2011. Sa superficie est de 3700 km². Les enjeux majeurs du SAGE sont les suivants :

- Gestion quantitative de la ressource en eau en période d'étiage
- Gestion qualitative des eaux superficielles et souterraines
- Alimentation de la population en eau potable
- Maintien de l'activité conchylicole
- Gestion et prévention des risques naturels
- Préservation des milieux naturels
- Préservation de la ressource piscicole
- Satisfaction des usages touristiques et de loisirs

5.2 SYNTHESE DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL

Une étude de vulnérabilité a été réalisée par EODD en 2017. Cette dernière avait permis d'apprécier la vulnérabilité et la sensibilité des milieux :

- Les sols ont été jugés relativement peu vulnérables compte tenu des matériaux en présence jugés peu perméables. En effet *« les formations rencontrées au droit du site correspondent majoritairement à des horizons argileux au caractère peu perméable, limitant la diffusion potentielle de la pollution dans le sous-sol. La vulnérabilité des sols au droit du site peut donc être considérée comme faible. Néanmoins, la présence locale de matériaux plus perméables (sables plus ou moins grossier, graviers) ne peut exclure d'éventuels transferts vers les sols sous-jacents et la nappe »*,
- Les eaux souterraines ont été jugées :
  - Vulnérables, au vu de la faible profondeur supposée de la nappe (estimée au moment de l'étude de vulnérabilité entre 1,3 et 1,8 m de profondeur),
  - Non sensible en raison de l'absence d'usage sensible (notamment AEP) en aval hydraulique dans un rayon de 3,5 km (absence de captage recensé dans un périmètre de 500 m autour du site) ;
- Les eaux superficielles ont été jugées :
  - Vulnérables compte tenu de la proximité de celles-ci et leur connexion probable avec la nappe superficielle (présence du Canal de Vix à 30 m au sud, Contre-Bot du Vix à 60 m au sud, Canal de Pomère à 440 m au sud, Sèvre Niortaise à 700 m au sud-ouest et la Vendée à environ 380 m du site),
  - Sensibles en raison des pratiques de pêche (dans la Sèvre Niortaise, la Vendée et le Canal de Pomère) et possiblement d'irrigation.

Aussi, il avait été mis en évidence que l'emprise d'étude était localisée au droit de deux zones à enjeux naturels : une ZNIEFF de type II référencée sous le nom de « complexe écologique du Marais Poitevin, des zones humides littorales voisines, vallées et coteaux calcaires attenants » au sein de laquelle le site s'inscrit entièrement ainsi qu'une ZICO référencée sous le nom de « Marais Poitevin et Baie de l'Aiguillon » dans laquelle s'inscrit la partie sud du site.

5.3 SCHEMA CONCEPTUEL CONSIDERE

Le schéma conceptuel pris en compte est celui présenté ci-avant dans le paragraphe 3.12.

5.4 RAPPEL DU CONTEXTE ET DES RESULTATS

La présente mission est réalisée dans le cadre du projet d'aménagement d'un quartier résidentiel (maisons d'habitations avec jardin) au droit d'un site aujourd'hui occupé par une friche industrielle et par un terrain nu composé de quelques cabanons.

Les différentes études environnementales au droit du site (EODD-2017, 2019, 2021 et SOCOTEC Environnement-2025) ont permis de mettre en évidence quatre zones de contamination dans les sols (zone 1a, 1b, 2 et 3) détaillées précédemment dans le paragraphe 3.9. Concernant les eaux souterraines, les études n'ont mis en évidence aucune contamination en lien potentiel avec les anomalies détectées dans les sols. En effet, seule une anomalie non significative en nickel a été relevée sur l'ouvrage PZ2 en avril 2021.

Les mesures effectuées en 2025 ont mis en évidence un sens d'écoulement au droit des ouvrages PZ1 à PZ3 globalement orienté vers le sud-ouest et l'absence d'eau dans l'ouvrage PZ4, implanté jusqu'à 11 m de profondeur, en dehors de la zone de remblaiement de la friche industrielle (sur la partie ouest du site).



FIGURE 32 : CARTE PIEZOMETRIQUE ELABOREE A L'ISSUE DES PRELEVEMENTS EN 2025 (SOCOTEC ENVIRONNEMENT)

5.5 DETERMINATION DE L'ETENDUE ACTUELLE DU PANACHE DE POLLUTION

En avril 2025, les eaux souterraines au droit ouvrages PZ1 à PZ3 ont été relevées entre 1,72 et 3,83 m de profondeur par rapport au TN. L'ouvrage PZ4 implanté en avril 2025 dans la partie ouest du site (terrain nu) à 11,5 m de profondeur ne présentait quant à lui pas d'eau lors des prélèvements.

Ce constat permet de mettre en exergue que les eaux contenues dans les ouvrages PZ1 à PZ3 localisés au droit de la friche industrielle correspondrait à des eaux de ruissellement contenues dans les remblais superficiels plutôt qu'à une nappe d'eaux souterraines à proprement parler. La nappe d'eau se situerait ainsi à plus de 11,5 m de profondeur.

Compte tenu de l'absence de pollution dans les eaux de ruissellements souterrains au droit des ouvrages PZ1 à PZ3, et de l'absence d'eaux souterraines jusqu'à 11,5 m de profondeur au droit de l'ouvrage PZ4, **la ressource en eau n'est pas jugée vulnérable**.

6. ANALYSE DES RISQUES SANITAIRES (A320)

L'objectif de l'étude sanitaire est de s'assurer que l'état des milieux est compatible avec l'usage envisagé au droit d'un site. Elle vise à quantifier les risques pour la santé humaine liés à l'exposition chronique des personnes à des substances présentes actuellement, ou potentiellement présentes ultérieurement, dans les milieux au droit du site.

6.1 METHODOLOGIE

La méthodologie suivie pour la réalisation de la présente mission suivra les étapes suivantes

A - Elaboration du schéma conceptuel

Afin de déterminer les risques présentés par les différentes pollutions en fonction de l'usage envisagé du site, l'élaboration d'un schéma conceptuel vise à mettre en évidence :

- Les sources,
- Les milieux d'exposition,
- Les voies de transfert et d'exposition pour les futurs usagers,
- Les cibles.

B - Evaluation des dangers et des relations dose-effets

Cette étape consiste à collecter et analyser des données afin de recenser de manière exhaustive :

- Les substances présentes sur le site,
- Les voies de transferts potentielles de ces substances vers les cibles,
- Les dangers liés à ces substances.

Une sélection des substances à prendre en compte est effectuée en fonction :

- De leur présence constatée sur le site et dans son environnement ou de leur présence potentielle (éventuels produits de dégradation),
- De leurs effets similaires sur la santé,
- Des relations doses-effets qui leur sont attribuables,
- De leur comportement dans l'environnement (mobilité, volatilité, dégradabilité…).

Par ailleurs, toutes les caractéristiques toxicologiques et physico-chimiques de ces substances seront recherchées afin de pouvoir quantifier les risques sanitaires.

C - Evaluation des expositions

Cette phase consiste à déterminer les voies de passage du polluant de la source vers la cible, ainsi qu'à estimer la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition.

D - Evaluation des risques

Cette phase est l'étape finale de l'évaluation détaillée des risques. Les informations issues des étapes précédentes sont synthétisées et intégrées sous la forme d'une expression qualitative et quantitative du risque.

E - Evaluation des incertitudes

Les expressions quantitatives du risque obtenues doivent être discutées en fonction des incertitudes, liées d'une part à l'évaluation de l'exposition et d'autre part à l'évaluation de la toxicité des substances. L'évaluation des incertitudes peut être qualitative ou quantitative suivant les éléments concernés.

6.2 SCHEMA CONCEPTUEL CONSIDERE

Nous nous appuierons ici sur le schéma conceptuel présenté ci-avant en Figure 31.

Ainsi, considérant la nature des contaminations identifiées, les voies de transfert potentielles et la configuration envisagée du projet, les voies d'exposition sont présentées dans le tableau suivant

TABLEAU 12 : VOIES D'EXPOSITION CONSIDEREES

Voie d'exposition	Retenue
Ingestion de sol	☒ Oui ☐ Non
Ingestion de végétaux	☒ Oui ☐ Non
Ingestion de produits animaux (œufs, viande, lait, poissons)	☐ Oui ☒ Non
Ingestion d'eau	☐ Oui ☒ Non
Inhalation de poussières	☒ Oui ☐ Non
Inhalation de polluants volatils	☒ Oui ☐ Non
Contact cutané	☐ Oui ☒ Non *En l'absence de procédures établies pour la construction de valeurs toxicologiques de référence et de paramètres d'exposition cohérents pour la voie cutanée, celle-ci ne pourra pas être retenue dans la suite de l'étude.*

6.3 EVALUATION DES RELATIONS DOSES/EFFETS ET REPONSE DES SUSBSTANCES CHOISIES

6.3.1 Identification des substances présentes et évaluation des dangers associés

Sur la base du schéma conceptuel défini précédemment, les substances susceptibles d'être retenues pour l'évaluation quantitative des risques sanitaires correspondent à l'ensemble des substances mesurées

- dans les sols superficiels :
  - Des hydrocarbures (fractions C10 à C40) ;
  - Des métaux lourds (plomb).
- dans les gaz des sols :
  - des hydrocarbures volatils (fractions C5-C16) ;
  - des solvants aromatiques (BTEX).

Afin d'appréhender les comportements et les dangers associés à chacune des substances retenues, les données physico-chimiques et toxicologiques ont été recherchées et consignées en Annexe 2.

6.3.2 Relations dose-effets et valeurs toxicologiques de référence

Les effets des substances sont quantifiés selon deux approches :

- ❖ l'approche déterministe ou toxicologique, qui considère des **effets à seuil** : effets pour lesquels on peut définir une dose journalière tolérable ou admissible (DJT ou DJA), ou une concentration maximale tolérable ou admissible (CMT ou CMA), correspondant aux niveaux maximum d'exposition sans risque appréciable d'effets néfastes pour l'homme. Cette approche est appliquée pour les effets systémiques des substances.

- ❖ l'approche stochastique, qui considère des **effets sans seuil** : effets susceptibles de survenir quel que soit le niveau d'exposition (aucun niveau d'exposition sans risque). On définit alors des excès de risques unitaires correspondant à la probabilité d'occurrence supplémentaire de l'effet pour un individu exposé par rapport à un individu non exposé. Les méthodes utilisées pour déterminer ces excès de risques unitaires visent à protéger les populations, y compris les plus sensibles. Les effets cancérigènes doivent être traités dans l'évaluation des risques sanitaires comme des effets sans seuil.

Les risques liés aux polluants présents s'apprécient en comparant les doses journalières moyennes ingérées ou les concentrations moyennes inhalées aux doses de référence définies dans la littérature qui sont :

- pour les composés à seuil :
  - les concentrations maximales tolérables (RfC), exprimées en mg/m^3 pour la voie par inhalation,
  - les doses journalières admissibles (RfD), exprimées en mg/kg/j, pour la voie orale.
- pour les composés sans seuil :
  - les excès de risques unitaires par inhalation (ERUi), exprimés en $(mg/m^3)^{-1}$,
  - les excès de risques unitaires par voie orale (ERUo), exprimés en $(mg/kg/j)^{-1}$.

Les valeurs prises en considération dans la présente étude sont répertoriées en Annexe 3.

6.4 EVALUATION DE L'EXPOSITION AUX SUBSTANCES CHOISIES

6.4.1 Scénario pris en compte

Le scénario pris en compte dans le cadre de la présente analyse de risque correspond à l'usage projeté du site, à savoir un usage résidentiel privatif, de type pavillon, incluant jardin privatif.
Les cibles considérées seront donc les futurs résidents du site, adultes et enfants.

6.4.2 Milieux d'exposition pris en compte

Les caractéristiques des milieux d'exposition pris en compte dans la présente étude sont présentées dans le tableau ci-après. Ils sont basés sur les informations transmises par vos soins, des valeurs bibliographiques et/ou des hypothèses d'aménagement.

TABLEAU 13 : CARACTERISTIQUE DES MILIEUX D'EXPOSITION

Niveau considéré	Surface	Hauteur du milieu	Epaisseur du dallage ou du revêtement	Taux de renouvellement d'air
Logement individuel – Pavillon RDC	80 m² (1)	2,5 m (1)	13 cm (1)	0,38 h^{-1} (1)

(1) Hypothèses d'aménagement SOCOTEC Environnement

6.4.3 Concentrations prises en considération

Dans une démarche conservatrice, la présente analyse des enjeux sanitaires est effectuée sur la base des teneurs maximales mesurées dans l'état actuel du site dans les différents milieux concernés. Les concentrations retenues sont précisées dans le tableau suivant.

TABLEAU 14 : CONCENTRATIONS PRISES EN COMPTE DANS L'ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES

Milieu	Composés	Teneurs	*Echantillon considéré*
Sol	HCT – C10-C16	52,3 mg/kg MS*	*Seuil de coupure HCT de 500 mg/kg MS*
	HCT – C16-C35	447,7 mg/kg MS*	
	Plomb	6 mg/kg MS**	*Seuil de coupure Pb*
Gaz des sols	TPH aromatique C8-C10	6,38 mg/m³	*Pza1 (2021)*
	TPH aromatique C10-C12	0,59 mg/m³	*Pza2bis (2025)*
	TPH aromatique C12-C16	0,09 mg/m³	*Pza2bis (2025)*
	TPH aliphatique C5-C6	0,13 mg/m³	*Pza1 (2021)*
	TPH aliphatique C6-C8	3,52 mg/m³	*Pza1 (2021)*
	TPH aliphatique C8-C10	6,00 mg/m³	*Pza1 (2021)*
	TPH aliphatique C10-C12	0,36 mg/m³	*Pza1 (2021)*
	Benzène	0,05 mg/m³	*Pza1 (2021)*
	Toluène	1,05 mg/m³	*Pza1 (2021)*
	Ethylbenzène	0,50 mg/m³	*Pza1 (2021)*
	Xylènes	2,38 mg/m³	*Pza1 (2021)*

** Il a été appliqué la répartition moyenne des fractions C10-C16 et C16-C40 mesuré dans le cadre des investigations menées sur site (à savoir 10,5 et 89,5%) à la concentration du seuil de coupure, fixé à 500 mg/kg MS pour le total des fractions C10-C40*

*** Au seuil de coupure en plomb, de 100 mg/kg MS, teneur résiduelle maximale attendue sur site, il a été appliqué le taux de bioaccessibilité orale issue de l'étude de phytostabilisation menée par MicroHumus, présentée dans la suite du Plan de Gestion. Le taux maximum a été appliqué, soit 6%, d'où une teneur considérée dans les sols de 6 mg/kg MS.*

6.4.4 Paramètres d'exposition

Les valeurs des différents paramètres pris en considération pour établir les scénarii d'exposition seront issues de :

- « Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS », INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017;

- Documentations INVS,
- « Exposure Factors Handbook » publié par Office of Research and Development – National Center for Environmental Assessment – U.S. EPA – Washington, DC 20460 (document n°EPA/600/P-65/002Fa, Août 1997);
- "Guide R.E.F.U.G.E. – Caractérisation de la contamination des sols urbains destines à la culture maraîchère et évaluation des risques sanitaires", INRAE – Version 1 – Novembre 2019.
- Direction Technique Sites et Sols Pollués – SOCOTEC ENVIRONNEMENT.

Les paramètres généraux d'exposition sont présentés ci-après et seront discutés dans le cadre de l'étude de sensibilité (incertitudes de l'étude).

TABLEAU 15 : PARAMETRES GENERAUX D'EXPOSITION

Paramètres d'exposition	Résident enfant	Résident adulte
Durée d'exposition T (années)	6 (1)	30 (1)
Durée de vie moyenne TM (années)	70 (1)	70 (1)
Fréquence d'exposition - Logement	1 (2)	1 (2)
Fréquence d'exposition – Jardin	0,08 (2)	0,08 (2)
Quantité de sol ingéré (mg/j)	91 (3)	50 (3)
Quantité journalière de légumes racines autoconsommée (dont pommes de terres) (mg/j)	35000 (1)	32000 (1)
Quantité journalière de légumes aériens autoconsommée (dont fruits) (mg/j)	65300 (1)	1045000 (1)
Poids moyen PM (kg)	22 (1)	70 (1)

(1) MODUL'ERS, 2017 - Classes d'âges 1 à 2 (enfants) et 7 (adulte)
(2) Hypothèses SOCOTEC ENVIRONNEMENT
(3) Méthodologie nationale en matière de Sites et Sols Pollués – 2017
(4) Rapport de la CIRE IDF, présenté dans le guide R.E.F.U.G.E.

6.4.5 Détermination des doses d'exposition

Préalablement au calcul des doses d'exposition, la réalisation de calculs de modélisation de transfert a été nécessaire afin de déterminer les concentrations à prendre en compte au niveau des milieux d'exposition considérés.

Pour chacune des voies d'exposition considérées, le détail des calculs de modélisation de transfert et des doses d'exposition par cible est présenté en Annexe 4.

6.5 CALCULS DES RISQUES LIES AUX SUBSTANCES CHOISIES POUR LE SITE

6.5.1 Modalité de calcul des risques

Risques liés aux effets à seuil (non cancérigènes)

Afin d'évaluer le risque lié à la toxicité non cancérigène d'une substance, on calcule un quotient de danger QD.

Pour les risques liés à l'ingestion : **QD = DJE (mg/kg/j) / DJA (mg/kg/j)**

Pour les risques liés à l'inhalation : **QD = CI (mg/m^3) / CMT (mg/m^3)**

Avec : DJE : Dose journalière d'exposition en mg/kg/j
DJA : Dose journalière admissible en mg/kg/j
CI : Concentration inhalée en mg/m^3
CMT : Concentration moyenne tolérable en mg/m^3

Conformément aux textes et guides du ministère de l'Environnement en date du 08 février 2007, le risque est considéré comme acceptable si le quotient de danger est inférieur à 1. En effet, lorsque ce quotient de danger, pour le même effet, pour le même organe cible et le même mécanisme d'action, est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît peu probable (terme utilisé dans la terminologie de l'INERIS, dans son sens non statistique). Au-delà de 1, la possibilité d'apparition d'un effet toxique ne peut plus être exclue.

Bien que le quotient de danger ne représente pas une probabilité, il faudra considérer que la possibilité de survenue d'un effet toxique sera fonction de la somme des quotients de danger liés aux différentes voies d'administration du polluant et aux différentes substances à seuil d'effet.

Par principe de précaution, SOCOTEC Environnement a additionné les risques toxiques systémiques de toutes les substances, même si l'effet, l'organe cible et le mécanisme d'action étaient différents.

Risques liés aux effets sans seuil (cancérigènes) :

Afin d'évaluer le risque lié aux effets cancérigènes des substances, on calcule un excès de risques individuel ERI.

Pour les risques liés à l'ingestion : **ERI = DJE (mg/kg/j) x ERUo (mg/kg/j)$^{-1}$**
Pour les risques liés à l'inhalation : **ERI = CI (µg/m^3) x ERUi (µg/m^3)$^{-1}$**

Avec : DJE : Dose journalière d'exposition en mg/kg/j

ERUo : Excès de risques unitaires liés par ingestion en (mg/kg/j)$^{-1}$

CI : Concentration inhalée en µg/m^3

ERUi : Excès de risques unitaires liés par inhalation en (µg/m^3)$^{-1}$

L'ERI représente la probabilité d'occurrence que la cible a de développer l'effet associé à la substance pendant sa vie du fait de l'exposition considérée.

Conformément aux textes et guides du ministère de l'Environnement en date du 08 février 2007, le risque est considéré comme acceptable si l'ERI est inférieur à 10^{-5}.

6.5.2 Présentation des résultats

> **Quotients de danger**

TABLEAU 16 : SYNTHESE DES QUOTIENTS DE DANGER MESURES

Voies d'exposition	Substance	QD Adulte	QD Enfant
Inhalation d'air ambiant intérieur	Benzene	9,68E-03	9,68E-03
	Ethylbenzene	5,92E-04	5,92E-04
	Toluene	1,01E-04	1,01E-04
	Xylenes	4,14E-02	4,14E-02
	HC aliphatique C10-C12	5,71E-04	5,71E-04
	HC aliphatique C5-C6	1,31E-05	1,31E-05
	HC aliphatique C6-C8	3,44E-04	3,44E-04
	HC aliphatique C8-C10	1,00E-02	1,00E-02
	HC aromatiques C10-C12	4,99E-03	4,99E-03
	HC aromatiques C12-C16	7,34E-04	7,34E-04
	HC aromatiques C8-C10	5,60E-02	5,60E-02
	TOTAL	**1,25E-01**	**1,25E-01**
Ingestion sol	HCT C10-C16	9,34E-04	5,41E-03
	HCT >C16-C35	1,14E-02	6,59E-02
	Plomb	6,80E-03	3,94E-02
	TOTAL	**1,91E-02**	**1,11E-01**
Inhalation poussières intérieures	HCT C10-C16	1,46E-05	1,46E-05
	Plomb	6,22E-03	6,22E-03
	TOTAL	**6,24E-03**	**6,24E-03**
Inhalation poussières extérieures	HCT C10-C16	7,32E-07	7,32E-07
	Plomb	3,11E-04	3,11E-04
	TOTAL	**3,12E-04**	**3,12E-04**
Ingestion de végétaux	HCT C10-C16	5,91E-03	1,71E-02
	HCT >C16-C35	2,83E-02	5,68E-02
	Plomb	2,17E-02	3,34E-02
	TOTAL	**5,59E-02**	**1,07E-01**

En rouge : Risques inacceptables (quotients de danger cumulés supérieurs à 1)

Aucun dépassement de la valeur seuil de 1 n'est observé, pour la cible enfant, comme pour la cible adulte. Il est néanmoins à noter que la voie d'exposition par inhalation de polluants volatils est prédominante, notamment pour la cible adulte (l'ingestion de végétaux engendrant un QD quasi-équivalent pour la cible enfant).

> **Excès de risque individuel**

TABLEAU 17 : SYNTHESE DES EXCES DE RISQUE INDIVIDUEL MESURES

Voies d'exposition	Substance	ERI Adulte	ERI Enfant
Inhalation d'air ambiant intérieur	Benzene	6,47E-08	1,29E-08
	TOTAL	**6,47E-08**	**1,29E-08**
Ingestion sol	Plomb	1,56E-08	1,81E-08
	TOTAL	**1,56E-08**	**1,81E-08**
Inhalation poussières intérieures	Plomb	2,88E-08	5,76E-09
	TOTAL	**2,88E-08**	**5,76E-09**
Inhalation poussières extérieures	Plomb	1,44E-09	2,88E-10
	TOTAL	**1,44E-09**	**2,88E-10**
Ingestion de végétaux	Plomb	4,98E-08	1,53E-08
	TOTAL	**4,98E-08**	**1,53E-08**

En rouge : Risques inacceptables (excès de risques individuels supérieurs à 10^{-5})

Aucun dépassement de la valeur seuil de 10-5 n'est observé, pour la cible enfant, comme pour la cible adulte. Comme pour les risques à seuil, la voie d'exposition par inhalation de polluants volatils demeure prédominante.

6.5.3 Compilation des résultats

TABLEAU 18 : SYNTHESE DES RISQUES BRUTS MESURES

Voie d'exposition	Quotien de Danger (QD)		Excès de risque individuel (ERI)	
	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant
Inhalation d'air ambiant intérieur	1,25E-01	1,25E-01	6,47E-08	1,29E-08
Ingestion sol	1,91E-02	1,11E-01	1,56E-08	1,81E-08
Inhalation poussières intérieures	6,24E-03	6,24E-03	2,88E-08	5,76E-09
Inhalation poussières extérieures	3,12E-04	3,12E-04	1,44E-09	2,88E-10
Ingestion de végétaux	5,59E-02	1,07E-01	4,98E-08	1,53E-08
TOTAL	**2,06E-01**	**3,49E-01**	**1,60E-07**	**5,24E-08**

En rouge : Risques inacceptables (quotients de danger cumulés supérieurs à 1 et excès de risques individuels supérieurs à 10^{-5})

Au regard des recommandations du Ministère de l'Environnement, **les niveaux de risques sanitaires calculés, liés aux effets à seuil comme sans seuils, sont acceptables** (inférieurs aux valeurs limite pour le QD et l'ERI, pour les deux cibles considérées).

Compte-tenu de ces résultats, les contaminations identifiées sur site dans les gaz des sols (en l'état actuel des milieux) et les seuils de coupure annoncés dans les sols, valeur cibles de dépollution à atteindre, sont compatibles avec l'usage résidentiel envisagé.

6.6 MESURE DE GESTION ET IMPACT SUR LES CALCULS DE RISQUE

L'analyse des enjeux sanitaires conclu sur des niveaux de risques jugés acceptables, qui demeurent néanmoins, pour les quotients de danger, de l'ordre de 0,2 à 0,4.

Il est toutefois important de rappeler que dans le cadre de notre approche, aucune mesure de gestion particulière n'aurait été mise en œuvre dans le cadre de l'aménagement du site, en particulier, sur les espaces extérieurs. Or, considérant l'absence actuelle de terres végétales au droit du site, un recouvrement des sols sera nécessairement opéré, et abaissera naturellement les risques liés aux expositions par ingestion de sol, inhalation de poussières et ingestion de végétaux autoproduits.

En considérant de manière simplifiée **un recouvrement des sols superficiels par une épaisseur de 20 à 30 cm de terres végétales saines**, la voie de transfert par ingestion de sol (et par la même occasion, les voies d'exposition par inhalation de poussières de sol dans l'air intérieur et extérieur) serait coupée.

En ce qui concerne la culture de végétaux, celle-ci ne serait alors plus entendable, ne serait-ce que pour garantir l'intégrité du recouvrement superficiel de sols sains (éviter les retournements de terres saines, risquant un mélange avec les terres contaminées sous-jacentes et une remontée à la surface des polluants). Il serait alors recommandé **l'interdiction de cultures potagères au droit du site** ou, à défaut, **un apport plus conséquent de terres végétales saines sur les zones d'espaces verts (profondeur minimale de 60 cm)**.

Seuls subsisteraient alors les voies d'exposition par inhalation de polluants volatils. Les niveaux de risques sanitaires résiduels seraient alors les suivants :

TABLEAU 19 : SYNTHESE DES RISQUES MESURES APRES MISE EN ŒUVRE DES MESURES DE GESTION PROPOSEES

Voie d'exposition	Quotien de Danger (QD)		Excès de risque individuel (ERI)	
	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant
Inhalation d'air ambiant intérieur	1,25E-01	1,25E-01	6,47E-08	1,29E-08
TOTAL	**1,25E-01**	**1,25E-01**	**6,47E-08**	**1,29E-08**

Les niveaux de risque sont alors abaissés d'un facteur 2 et demeurent nettement acceptables, largement inférieurs aux seuils de 1 pour les quotients de danger et 10-5 pour les excès de risque individuel.

6.7 EVALUATION DES INCERTITUDES – SENSIBILITE DES DONNEES

Au vu des nombreuses hypothèses nécessairement effectuées dans le cadre du calcul des risques sanitaires, des imprécisions et incertitudes existent. Celles-ci doivent faire l'objet d'une évaluation afin de pouvoir conclure.

TABLEAU 20 : SENSIBILITE DES PARAMETRES DE L'ETUDE

Paramètres	Positionnement retenu	Impact sur les résultats	Variation proposée	Sensibilité
Choix des polluants	L'ensemble des paramètres volatils mis en évidence dans le milieu gaz des sols a été considéré dans le cadre de la modélisation. Considérant le milieu sol, l'ensemble des polluants relevés à des teneurs supérieures aux valeurs de référence a été considéré.	Conservatoire	-	**Forte**
Concentrations retenues	Les concentrations en polluants volatils mesurées dans les gaz du sol sont préférentiellement retenues par rapport aux concentrations sols (diminution des incertitudes liées à la modélisation des transferts). Les concentrations considérées dans le cadre de la présente étude correspondent aux teneurs maximales mesurées considérées constantes sous l'emprise du site. Cette démarche est relativement sécuritaire, d'autant plus que les niveaux de risques obtenus sont cumulés, ce qui revient à considérer simultanément pour une même zone des teneurs maximales pour l'ensemble des substances considérées.	Majorant	-	**Forte**
Caractéristiques intrinsèque des polluants - Modélisation	Les transferts des polluants d'un compartiment de l'environnement à l'autre dépendent des caractéristiques intrinsèques des polluants. Celles-ci sont susceptibles de varier d'une base de données à l'autre, d'une étude à l'autre. La cohérence des valeurs utilisées avec celles disponibles dans l'ensemble des bases de données consultées a cependant été vérifiée. Pour les substances dont les caractéristiques étaient disponibles dans la base de données du modèle de Johnson et Ettinger, ce sont ces caractéristiques qui ont été considérées. Elles ont été toutefois recoupées avec les données disponibles dans les différentes bases de données consultées (fiches toxicologiques de l'INERIS, HSDB, US EPA, Chemfinder, NIST). Les valeurs utilisées sont globalement cohérentes pour l'ensemble des bases. Par ailleurs, de nombreuses études sanitaires réalisées sur la base des circulaires du 8 février 2007 n'utilisent que les données issues de l'INERIS et ne prennent pas en compte le contaminant lorsqu'il y a une absence de donnée dans cette base. Le choix de SOCOTEC est donc majorant.	Conservatoire	-	**Moyenne**
Biodisponibilité des polluants	La biodisponibilité pour l'homme des polluants ingérés, inhalés ou absorbés par contact cutané à partir d'une matrice sol, végétale ou animale constitue une incertitude majeure de l'évaluation des risques sanitaires. En ce qui concerne le plomb, et pour les seules voies d'exposition par ingestion, un facteur de bioaccessibilité a pu être appliqué, issue de l'étude menée par MicroHumus au droit du site. Les résultats ont mis en évidence une bioaccessibilité gastrique de 45 à 54% et une biodisponibilité gastro-intestinale de 5 à 6%. La bioaccessibilité gastro-intestinale est plus représentative de la réalité physiologique car elle prend en compte l'ensemble du processus digestif (la phase gastrique en conditions acides (pH ≈ 1,5) qui favorisent la solubilisation des métaux puis la phase intestinale en conditions de pH plus neutres (pH ≈ 7-8) où se produit l'absorption réelle). Par principe de précaution, le facteur maximum de 6% a été retenu et appliqué à la concentration seuil résiduelle en plomb. Pour les autres paramètres, il a été considéré, de façon sécuritaire, que la totalité des substances présentes dans le milieu d'exposition et ingérée/inhalée par un individu atteindra ses organes cibles et génèrera un effet toxique. Or, seule une fraction de la quantité ingérée/inhalée atteint réellement la circulation sanguine (notion de biodisponibilité) et les organes cibles.	Réaliste à majorant	-	**Forte**
Texture des sols - Modélisation	Les caractéristiques des sols prises en considération dans la modélisation correspondent à une texture de sol sableuse (type S), correspondant au milieu le plus favorable au transfert des polluants (milieu poreux).	Majorant	-	**Moyenne**
Mode constructif retenu – Modélisation	Les calculs de transfert des pollutions des gaz des sols vers l'air intérieur (et les risques induits) ont été calculés en considérant le modèle JOHNSON & ETTINGER qui prend en compte un transfert des pollutions dans un bâtiment sur sous-sol ou de plain-pied. Le modèle considère le sol comme homogène. Il ne prend pas en compte les transferts préférentiels de vapeur via d'éventuelles fissures du sol ou le long d'éventuelles racines. Concernant la remontée et la diffusion à travers la zone capillaire, le modèle assimile les interstices entre les particules à un tube capillaire de diamètre constant. Il considère les conditions de drainage du sol comme constantes et ne tient pas compte des variations du niveau de la nappe. La diffusion à travers la zone capillaire est évaluée à partir d'un coefficient de diffusion effective calculé par le modèle, qui prend en considération la diffusion en phase aqueuse et en phase vapeur. Ce coefficient de diffusion effective est surestimé par le modèle puisqu'il considère que l'ensemble des pores est connecté pour permettre la diffusion. Enfin, le modèle considère que l'ensemble des transferts de vapeur depuis les sols vers l'intérieur du bâtiment se fait à travers des fissures et ouvertures existantes dans les murs, les dalles et les fondations, ces fissures et ouvertures demeurant identiques au cours du temps. Il est basé sur un différentiel de pression constant entre le sol et l'intérieur du bâtiment. Cette hypothèse est conservatrice car elle néglige les périodes où ce différentiel est nul, par exemple pendant les périodes de temps doux où les ouvertures du sous-sol demeurent ouvertes. Les propriétés du sol au niveau de la zone contaminée sont considérées comme identiques à celles de la couche de sol directement au-dessus et sont étendues jusqu'à une profondeur infinie. Le transport de soluté par convection et la dispersion mécanique sont négligés. Les processus de transformation (biodégradation, hydrolyse,…) ne sont pas pris en compte. Les études expérimentales indiquent que le modèle Johnson et Ettinger est conservateur pour les composés non chlorés. La surestimation est principalement liée à l'existence d'une biodégradation significative des composés. Le modèle considère le bâtiment comme un seul espace avec une dispersion instantanée et homogène de la vapeur.	Réaliste à conservatoire	-	**Moyenne**
Taille des milieux d'exposition	La taille des lieux de vie a été déterminée à partir des données du projet et d'hypothèses sécuritaires. Ainsi, la surface choisie pour les résidents correspond à une maison individuelle de 80 m² (8 m * 10 m). En considérant une variation de ces données d'entrée (maison de 8 m * 6 m ou de 15 m * 10 m), on obtiendrait, les variations suivantes sur les niveaux de risques sanitaires :	Réaliste	Variation de -40% ou +87% de la taille du logement	**Faible**

	<table><tr><th>Variation d'entrée</th><th>QD Adulte</th><th>QD Enfant</th><th>ERI Adulte</th><th>ERI Enfant</th></tr><tr><td>Maison de 8 m * 6 m (-40%)</td><td>1,25E-01 (=)</td><td>1,25E-01 (=)</td><td>6,51E-08 (+0,6%)</td><td>1,30E-08 (+1%)</td></tr><tr><td>Maison de 15 m * 10 m (+87%)</td><td>1,24E-01 (-1%)</td><td>1,24E-01 (-1%)</td><td>6,44E-08 (-0,5%)</td><td>1,29E-08 (=)</td></tr></table> Ces variations n'ont quasiment pas d'influence sur les niveaux de risques mesurées pour cette voie d'exposition.			
Taux de renouvellement d'air	En l'absence de données d'aménagement, le taux de renouvellement d'air a été estimé à 0,38 vol/h dans le logement, jugé plutôt sécuritaire. De manière hypothétique, en abaissant de moitié le niveau de ventilation (0,19 vol/h) on obtiendrait, les variations suivantes sur les niveaux de risques sanitaires : <table><tr><th>Variation d'entrée</th><th>QD Adulte</th><th>QD Enfant</th><th>ERI Adulte</th><th>ERI Enfant</th></tr><tr><td>Ventilation de 0,19 vol/h (-50%)</td><td>1,57E-01 (+26%)</td><td>1,57E-01 (+26%)</td><td>7,94E-08 (+23%)</td><td>1,59E-08 (+23%)</td></tr></table> L'influence sur les niveaux de risques mesurées pour cette voie d'exposition est jugée modérée (abaissement de 25% pour une donnée d'entrée abaissée de 50%).	Conservatoire	Abaissement de 50% du taux de ventilation du logement	**Moyenne**
Voies d'exposition retenue	Dans le cadre de la présente étude, la voie d'exposition par inhalation d'air extérieur a été, de principe, négligée, du fait des forts taux de ventilation et des temps de présence inférieurs, vis-à-vis de l'exposition par inhalation d'air intérieur. Par retour d'expérience, cette voie d'exposition, avec des teneurs d'entrée égales à celles prises en compte pour l'exposition dans l'air intérieur, représente un niveau de risque de l'ordre de 5 à 10% de celui mesuré dans l'air intérieur. Ainsi, en additionnant les deux voies d'expositions, les niveaux de risque sanitaire demeureraient toujours acceptables.	Conservatoire	-	**Faible**
Fréquence d'exposition	Les expositions des cibles sont évaluées à partir de caractéristiques moyennes. Les durées d'exposition ont été définies sur les bases de données statistiques disponibles dans la littérature, ou d'hypothèses a priori pénalisantes établies par SOCOTEC. Les résidents considérés dans le cadre de la présente étude habitent sur site 30 ans de leur vie (6 en tant qu'enfant puis 24 en tant qu'adulte) et sont considérés comme sédentaires, ne sortant que très rarement des lieux de vie (habitation ou jardin).	Majorant	-	**Forte**
Paramètre d'exposition	Les paramètres d'entrée visant à mesurer les doses d'exposition des cibles considérées sont issues de la littérature et des sources bibliographiques listées dans l'étude. En particulier : - Le volume d'air inhalé : Dans le cas présent, il a été considéré un volume d'air inhalé, dans les milieux d'exposition, identique au volume d'air moyen, l'activité considérée au droit de la zone d'exposition (habitation) étant moyenne (par de sur-ventilation). Ainsi, aucune pondération n'a été appliquée ; - La quantité de sol ingéré : La quantité de sols superficiels ingérés (Qvm) est un élément largement discuté et débattu en matière d'évaluation des risques liés aux sites et sols pollués et qui ne fait pas l'objet d'un consensus. Les valeurs bibliographiques existantes, non spécifiques à l'activité de cultures potagères, varient de 20 à 480 mg/j. Dans le cas présent, il a été considéré 50 mg/j pour le résident adulte et 91 mg/j pour le résident enfant, conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. Cette hypothèse, considérée plutôt majorante, a un impact important dans le calcul du QD total pour la cible enfant (QD représentant 1/3 du QD total) : la variation de cette donnée d'entrée est proportionnelle aux niveaux de risque par ingestion. Ainsi, une variation de 50% de la quantité de sol ingéré aurait un impact proportionnel sur le niveau de risque par ingestion de sol et une majoration de l'ordre de 14% sur le QD total. - Inhalation de poussières : Pour déterminer la concentration en poussières de sols dans l'air ambiant, nous avons ici retenu, les valeurs du modèle HESP qui prend en compte une concentration en poussières totales de 70.10-3 mg/m3 avec une fraction de sol dans les particules en suspension de 50% en extérieur et de 80% en intérieur. Ces données d'entrée sont jugées réalistes à majorantes. - La quantité de végétaux ingérés : la quantité journalière totale de végétaux ingérés est basée sur l'étude MODUL'ERS de 2017. Elle considère la consommation totale de légumes racines (dont tubercules) et de légumes aériens (fruits et légumes) consommé en moyenne par des individus adultes et enfants, auquel un facteur d'autoconsommation (part des végétaux ingérés issue de la culture en propre sur site) est appliqué. C'est ce facteur qui est ici prépondérant, estimé comme suivant : 20% pour les fruits, 45% pour les légumes-racines et tubercules, 50% pour les légumes-feuilles, 55% (légumes-fruits) Cette hypothèse, considérée majorante au regard de la taille potentielle future des jardins privatifs susceptibles d'être cultivés, a un impact modéré sur les niveaux de risque. Ainsi, une variation de 10 à 20% du facteur d'autoconsommation des végétaux aurait un impact proportionnel sur le niveau de risque de cette voie d'exposition.	Conservatoire à majorant	Variation de 50% du volume de sol ingéré Variation du facteur d'autoconsommation des végétaux	**Moyenne**
Valeurs Toxicologiques de Référence	L'évaluation de la toxicité des substances a été généralement réalisée à partir des valeurs toxicologiques de référence disponibles dans les 8 bases de données dont l'utilisation est préconisée par la note DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.	Conservatoire	-	**Moyenne**
Sommation des niveaux de risque	Malgré la position de l'Environmental Protection Agency des Etats-Unis (US-EPA) qui recommande l'additivité des QD uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique et le même organe cible, en l'absence de doctrine unique sur l'additivité des risques et compte-tenu de la méconnaissance à l'heure actuelle des mécanismes d'action pour la majorité des substances, nous avons procédé à l'additivité des quotients de danger.	Majorant	-	**Forte**

Notre approche a été une approche basée sur des hypothèses réalistes ou sécuritaires, la situation la plus pénalisante, mais néanmoins cohérente, ayant été prise en considération chaque fois que c'était possible. L'étude réalisée est donc globalement conservatrice et majorante.

7. IDENTIFICATION DES OPTIONS DE GESTION POSSIBLES

La stratégie des mesures de gestion doit se concevoir comme suit :

- maîtrise de la source de pollution :
  - travaux de réhabilitation (enlèvement total ou partiel de la source),
  - confinement,
- limitation du transfert :
  - dans les sols, les gaz des sols, les eaux souterraines et superficielles,
  - au niveau des bâtiments,
- modification des aménagements :
  - changement des usages (sur et hors site),
  - changement de l'aménagement du site (couverture …),
  - contrôle des activités (source d'allumage …).

Pour se faire, les mesures de gestion se basent sur les éléments suivants :

- les performances intrinsèques des techniques de traitement (traitement in situ, on site, ex-situ),
- les mesures constructives passives ou actives,
- les mesures de confinement,
- la prise en compte des mécanismes naturels de biodégradation,
- la prise en compte des propriétés physico-chimiques des substances et de l'environnement,
- l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS),
- en cas de pollution résiduelle, la réalisation de l'Analyse des Risques Résiduels (ARR),
- le plan de surveillance,
- le bilan coûts / avantages.

Rappelons que le présent plan de gestion est réalisé pour un projet reposant sur des hypothèses et que la définition des détails du projet pourrait amener à reconsidérer certaines conclusions et recommandations. Le plan de gestion est un document d'orientation qui vise à étudier différents scénarios de gestion d'une pollution. En aucun cas, il ne doit servir de cahier des charges à des travaux de réhabilitation.

7.1 CHOIX DES TECHNIQUES

Les techniques de dépollution peuvent être classées en fonction du lieu de traitement :

- **Traitements hors site :** ils supposent l'excavation/extraction du milieu pollué (déchets, terre, eau) et son évacuation vers un centre de traitement approprié ;
- **Traitements sur site (on site) :** ils consistent à excaver les terres et à les traiter sur le site lui-même ;
- **Traitements in situ :** ils correspondent à un traitement sans excavation, les sols sont laissés en place. Il s'agit alors soit d'extraire le polluant seul, soit de le dégrader ou de le fixer dans le sol ;
- **Confinement :** il consiste à empêcher / limiter la migration des polluants.

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.

7.1.1 Détermination des techniques adaptées

Une revue initiale des technologies disponibles est faite conformément aux traitements listés dans la norme AFNOR X31-620-3 et 4.
Deux typologies de pollutions étant présentes sur le site (une contamination hydrocarburée correspondant aux zones 1a, 2 et 3 et une contamination métallique correspondant à la zone 1b), les solutions gestions adaptées correspondantes aux problématiques sont listées dans les tableaux suivants.

TABLEAU 21 : TECHNIQUES DE TRAITEMENT ENVISAGEABLES POUR LA POLLUTION HYDROCARBUREE (ZONES 1A, 2 ET 3)

Certification AFNOR	Technique	Adaptée à la problématique		Remarque
		Oui	Non	
Traitement in situ				
C311	**Méthodes physiques par extraction de la pollution in situ**			
C311a	Ventilation de la zone non saturée in situ (Venting)		X	Sols argileux à limono-argileux peu perméables + longs délais – Non adapté
C311b	Extraction multiphase in situ		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C311c	Barbotage in situ / sparging in situ		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C311d	Pompage et traitement in situ		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C311e	Pompage et écrémage in situ		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C312	**Méthodes physiques par piégeage de la pollution in situ**			
C312a	Confinement par couverture et étanchéification		X	Non conforme à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués
C312b	Confinement vertical in situ		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C312c	Piège hydraulique ou confinement hydraulique in situ		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C312d	Solidification/stabilisation in situ		X	Non adapté aux pollutions organiques
C313	**Méthodes chimique in situ**			
C313a	Lavage in situ		X	Fort risque de transferts vers la nappe + longs délais – Non adaptée
C313b	Oxydation chimique in situ		X	Plus adaptée à une pollution des eaux souterraines – Non adaptée
C313c	Réduction chimique in situ		X	Nature des polluants identifiés (HCT majoritairement) non adéquate – Non adaptée
C314	**Méthodes thermique in situ**			
C314a	Désorption thermique in situ		X	Non adapté compte tenu du volume en jeu
C315	**Méthodes biologiques in situ**			
C315a	Biodégradation dynamisée in situ		X	Longs délais incompatibles avec le projet – Non adaptée
C315b	Bioventing in situ		X	Biodégradabilité à vitesse trop faible pour être traité dans un délai acceptable + sols peu perméables – Non adaptée
C315c	Biosparging in situ		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C315d	Phytoremédiation in situ		X	Uniquement pour les pollutions superficielles (profondeur max : 1 m) - Non adaptée
C316	**Autre techniques in situ**			
C316a	Barrière perméable réactive in situ - système mur		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C316b	Barrière réactive in situ - système porte		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
Traitement sur site et hors site				
C321	**Méthodes physiques par évacuation de la pollution**			
C321a	**Excavation des sols et traitement hors site**	**X**		**Pollution localisée en zone facilement accessible + technique facilement applicable**
C321b	Tri granulométrique sur site		X	Méthode de prétraitement plus qu'une méthode de traitement – Non adaptée ici mais peut être envisagée en complément d'une autre technique
C321c	Lavage à l'eau sur site		X	Nature des sols non adéquate (argileux à limono-argileux) – Non adaptée
C322	**Méthodes physiques par piégeage de la pollution sur le site**			
C322a	Encapsulation sur site		X	Peu adapté au projet
C322b	Solidification/ stabilisation sur site		X	Non adapté aux pollutions organiques
C324	**Méthode thermique sur site**			
C324b	Désorption thermique sur site		X	Non adapté compte tenu du volume en jeu
C325	**Méthodes biologiques sur site**			
C325a	Bioréacteur sur site		X	Non adapté à la configuration de la pollution et du projet
C325b	**Biotertre sur site**	**X**		**Adapté à la nature des sols et aux délais du projet uniquement pour les pollutions organiques**
C325d	Landfarming sur site		X	Technique nécessitant un prétraitement conséquent – Non adapté

Ainsi, pour le traitement des contaminations 1a, 2 et 3, les solutions suivantes sont envisageables :

- excavation + évacuation de toutes les terres contaminées en plateforme de tri ;
- excavation + traitement préalable sur site des terres contaminées en biotertre.

TABLEAU 22 : TECHNIQUES DE TRAITEMENT ENVISAGEABLES POUR LA POLLUTION METALLIQUE (ZONE 1B)

Certification AFNOR	Technique	Adaptée à la problématique		Remarque
		Oui	Non	
Traitement in situ				
C311	**Méthodes physiques par extraction de la pollution in situ**			
C311a	Ventilation de la zone non saturée in situ (Venting)		X	Sols argileux à limono-argileux peu perméables + longs délais – Non adapté
C311b	Extraction multiphase in situ		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C311c	Barbotage in situ / sparging in situ		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C311d	Pompage et traitement in situ		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C311e	Pompage et écrémage in situ		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C312	**Méthodes physiques par piégeage de la pollution in situ**			
C312a	Confinement par couverture et étanchéification		X	Non conforme à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués
C312b	Confinement vertical in situ		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C312c	Piège hydraulique ou confinement hydraulique in situ		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C312d	Solidification/stabilisation in situ		X	Non adapté compte tenu du volume en jeu
C313	**Méthodes chimique in situ**			
C313a	Lavage in situ		X	Fort risque de transferts vers la nappe + longs délais – Non adaptée
C313b	Oxydation chimique in situ		X	Plus adaptée à une pollution des eaux souterraines – Non adaptée
C313c	Réduction chimique in situ		X	Longs délais incompatibles avec le projet – Non adaptée
C314	**Méthodes thermique in situ**			
C314a	Désorption thermique in situ		X	Non adapté compte tenu du volume en jeu
C315	**Méthodes biologiques in situ**			
C315a	Biodégradation dynamisée in situ		X	Longs délais incompatibles avec le projet – Non adaptée
C315b	Bioventing in situ		X	Non adaptée aux pollutions métalliques
C315c	Biosparging in situ		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C315d	Phytoremédiation in situ		X	Uniquement pour les pollutions superficielles (profondeur max : 1 m) - Non adaptée
C316	**Autre techniques in situ**			
C316a	Barrière perméable réactive in situ - système mur		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
C316b	Barrière réactive in situ - système porte		X	Pollution localisée en zone non saturée – Non adaptée
Traitement sur site et hors site				
C321	**Méthodes physiques par évacuation de la pollution**			
C321a	**Excavation des sols et traitement hors site**	**X**		**Pollution localisée en zone facilement accessible + technique facilement applicable**
C321b	Tri granulométrique sur site		X	Méthode de prétraitement plus qu'une méthode de traitement – Non adaptée ici mais peut être envisagée en complément d'une autre technique
C321c	Lavage à l'eau sur site		X	Nature des sols non adéquate (argileux à limono-argileux) – Non adaptée
C322	**Méthodes physiques par piégeage de la pollution sur le site**			
C322a	Encapsulation sur site		X	Peu adapté au projet
C322b	Solidification/ stabilisation sur site	X		Technique adaptée aux pollutions métalliques (phyto-stabilisation)
C324	**Méthode thermique sur site**			
C324b	Désorption thermique sur site		X	Non adapté compte tenu du volume en jeu
C325	**Méthodes biologiques sur site**			
C325a	Bioréacteur sur site		X	Non adapté à la configuration de la pollution et du projet
C325b	Biotertre sur site		X	Non adaptée aux pollutions métalliques
C325d	Landfarming sur site		X	Non adaptée aux pollutions métalliques

Ainsi, pour le traitement de la contamination 1b, les solutions suivantes sont envisageables :

- excavation + évacuation de toutes les terres contaminées ISDD ;
- excavation + traitement des terres contaminées par phyto-stabilisation.

7.1.2 Conclusion sur les techniques envisagées

En résumé, pour le traitement des contaminations, les scénarios suivants sont envisagés :

- Scénario n°1 : excavation + évacuation de toutes les terres contaminées en plateforme de tri ou ISDD ;
- Scénario n°2 : excavation + traitement préalable sur site des terres contaminées issues des zones 1a, 2 et 3 en biotertre ; et excavation + évacuation des terres contaminées issues la zone 1b en ISDD,
- Scénario n°3 : excavation + évacuation des terres contaminées issues des zones 1a, 2 et 3 en plateforme de tri ; et excavation + traitement des terres contaminées issues la zone 1b par phyto-stabilisation,
- Scénario 4 : excavation + traitement préalable sur site des terres contaminées issues des zones 1a, 2 et 3 en biotertre ; et excavation + traitement des terres contaminées issues la zone 1b par phyto-stabilisation.

7.1.3 Présentation des mesures constructives envisagées

La maîtrise des impacts et des risques peut être assurée pour partie par des mesures constructives.

Dans le cadre de la mise en œuvre du projet, il est considéré que les conduites AEP transitant sur site seront placées en caniveaux étanches, ou à défaut dans des tranchées techniques remblayées de matériaux sains, et en matériaux réputés imperméables aux polluants en présence (hydrocarbures et métaux notamment). Cela permettra de bloquer la voie de transfert potentielle par ingestion d'eaux potable.

Concernant les futurs espaces verts, et l'absence actuelle de terres végétales au droit du site, un recouvrement superficiel des sols sera nécessairement réalisé. L'analyse des enjeux sanitaire ayant validé la compatibilité sanitaire des sols en place (jusqu'au seuil de coupure considéré) vis-à-vis des voies d'exposition par ingestion de sol, inhalation de poussières et ingestion de végétaux, cet apport de terres végétales saines en recouvrement permettra d'abaisser d'avantage les niveaux de risque sanitaire.

7.2 PRESENTATION DES SCENARIOS ENVISAGES

7.2.1 Hypothèses

La liste des hypothèses prises en considération pour l'estimation des coûts de traitement des pollutions présentes sur le site est présentée ci-après :

- L'ensemble des calculs et des coûts liés aux travaux de terrassement ont été réalisés hors pris en compte des talutages et des sur-largeurs nécessaires aux terrassements lors de travaux,
- Absence d'ouvrages enterrés au droit des zones à traiter,
- Volumes indiqués hors foisonnement,
- Tarification considérée pour une évacuation + transport vers une plateforme de tri : 130 €/t H.T.
- Tarification considérée pour une évacuation + transport vers un centre de type ISDD (y compris TGAP en 2025) : 160 €/t H.T.
- Tarification considérée pour la réalisation du biotertre (hors consommation électrique) : 45 à 55 €/t H.T.
- Tarification considérée pour la réalisation (mise en place, suivi et entretien) de la phyto-stabilisation : 2 à 12 €/m² de surface de sol gérés,
- Tarification considérée pour le terrassement : 20 €/m³ H.T.
- Tarification considérée pour le remblaiement (hors mise en œuvre) : 20 €/m³ H.T.

7.2.2 Rappel des caractéristiques de la contamination en présence

Pour rappel, les études ont mis en évidence :

- Zone 1a : Une contamination concentrée des sols par des hydrocarbures jusqu'à 3 m de profondeur. Pour un seuil de coupure à 500 mg/kg MS en HCT, il a été estimé un volume de sols contaminés compris entre 2 180 et 2 830 m³ soit 3 930 à 5 110 tonnes,
- Zone 1b : une contamination concentrée des sols par des métaux (plomb et cuivre/zinc ponctuellement) jusqu'à 3 m de profondeur. Pour un seuil de coupure à 100 mg/kg en plomb, il a été estimé un volume de sols contaminés compris en 280 et 365 m³ soit 510 et 665 tonnes,
- Zone 2 : une contamination ponctuelle localisée en HAP au droit du sondage S2. La contamination étant ponctuelle, il a été estimé un volume de sols contaminés compris entre 30 et 40 m³ soit 55 à 70 m³,
- Zone 3 : une contamination ponctuelle localisée en HCT au droit des sondages V4 et W7. La contamination étant ponctuelle, il a été estimé un volume de sols contaminés compris entre 30 et 40 m³ soit 55 à 70 m³

Les voies d'expositions principales pour ces contaminations vers les futurs usagers du sites (résidents adultes et enfants) sont l'inhalation de composés volatils, l'ingestion de sols et l'ingestion de végétaux autoproduits.

7.2.3 Présentation des scenarii envisagés

Ainsi, afin de permettre les aménagements envisagés par l'EPF85 et permettre la compatibilité du site avec un usage résidentiel, plusieurs scénarios ont été élaborés afin de traiter les pollutions présentes.
Ces scénarios ont pour but de mettre en sécurité le site par la maîtrise de la source de contamination, et de maîtriser les risques vis à vis des futurs usagers du site (résidents adultes et enfants). Ils sont présentés ci-après :

7.2.3.1 Scénario n°1 : Excavation + évacuation de toutes les terres contaminées en plateforme de tri ou ISDD

L'excavation est la méthode la plus simple, la plus radicale et la plus rapide pour supprimer une source de pollution.

Les moyens utilisés sont identiques à ceux utilisés par les entreprises de travaux publics : pelle mécanique, tractopelle, véhicules de transport (dont certains doivent être habilités à contenir des déchets ou à respecter la réglementation du Transports de Matières Dangereuses (TMD)).

Afin de gérer les flux de terres excavées, des aires de stockage temporaires étanches (tampon) sont souvent nécessaires afin de permettre le tri des terres en fonction de leur degré de pollution. Un tri complémentaire sur site peut être effectué à l'aide d'observations organoleptiques et/ou des analyses semi-quantitatives sur site (PID, FID, fluorescence X portable...), et/ou des analyses quantitatives en laboratoire sur ou hors site.

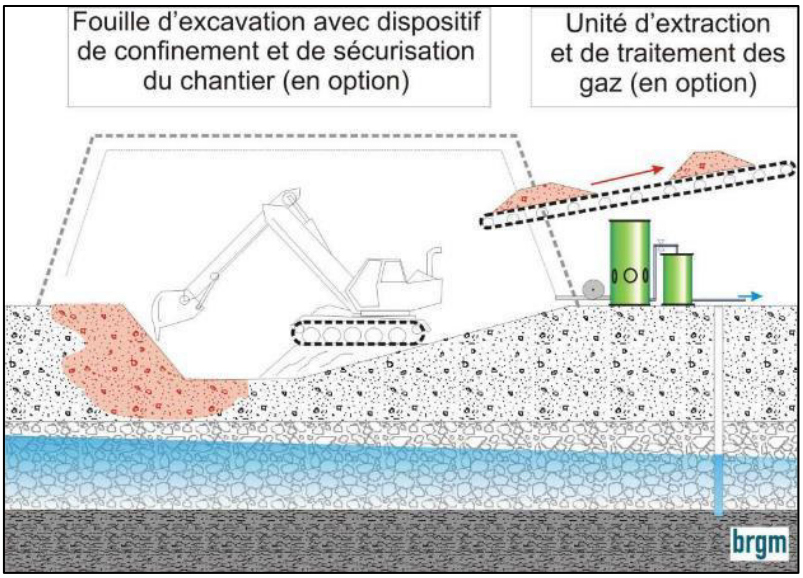


FIGURE 33 : SCHEMA DE PRINCIPE – EXCAVATION (SOURCE : SELECDEPOL)

Cette technique consisterait alors en :

- Terrassement et tris des terres contaminées :
  - Entre 0 et 3 m de profondeur au droit de la zone 1a,
  - Entre 0 et 1 ou 0 et 3 m de profondeur au droit de la zone 1b ,
  - Entre 0 et 1 m de profondeur au droit de la zone 2,
  - Entre 0 et 1 m de profondeur au droit de la zone 3.
- Pompage / traitement des eaux d'exhaure (par exemple sur charbon actif), si des arrivées importantes sont constatées,
- Transport de ces terres vers un exutoire adapté (plateforme de tri pour les zones 1a, 2 et 3 et ISDD pour la zone 1b, selon acceptation préalable),
- Remblaiement de la zone traitée.

Les coûts pour ce scénario sont estimés comme suit :

TABLEAU 23 : ESTIMATION DE COUTS D'UN TRAITEMENT PAR EXCAVATION ET EVACUATION HORS SITE

Scénario 1	Etapes	Prix (k€ HT)	Délais
Avant-projet	Procédure d'acceptation préalable et organisation des travaux (identification des zones de stockage temporaire, des contraintes d'accès…)	3 k€ H.T	1 mois
Mise en œuvre / prix associés / délais	Travaux d'excavation + tri des terres (y/c aménagement des aires de stockages provisoire) 2 520 à 3 275 m³ de terres à terrasser	50 à 65 k€	Equivalent à des travaux de terrassement De l'ordre de 4 à 8 semaines
	Zones 1a, 2 et 3 : Envoi des terres vers une plateforme de tri (y/c transport) 4 040 à 5 250 tonnes de terres à évacuer	520 à 680 k€	
	Zone 1b : Envoi des terres vers une ISDD (y/c transport et TGAP) 510 à 665 tonnes de terres à évacuer	80 à 110 k€	
	Gestion des eaux d'accumulation en fond de fouille	*A évaluer si nécessaire*	
	Remblaiement (apport de remblais sains hors mise en œuvre)	50 à 65 k€	
Atteinte des objectifs	Les emprises de contaminations concentrées ou ponctuelle préalablement déterminée seront excavées. La présence potentielle de contaminations résiduelles supérieures aux seuils de dépollution fixés sera mesurée		
	TOTAL	**700 à 925 k€ H.T**	

7.2.3.2 Scénario n°2 : Excavation et traitement d'une partie des terres par biotertre et évacuation de l'autre partie en ISDD

Le biotertre consiste à mettre des sols pollués en tas en vue d'un traitement biologique. Pour se faire, les sols pollués font généralement l'objet d'un amendement et les conditions du biotertre sont contrôlées (aération ajouts de traitement de nutriments…).

Les sols pollués sont mélangés avec amendement (agent structurant) et sont par la suite dirigés vers une aire de traitement contenant à minima un système de collecte de lixiviats et des unités d'aération (extraction ou insufflation d'air) afin d'optimiser le transfert de l'oxygène et la stimulation de la biodégradation. La biodégradation est contrôlée (température, taux d'humidité nutriments, oxygène, pH).

Les biotertres sont, le plus souvent, recouverts par une géomembrane imperméable afin de limiter les infiltrations d'eaux pluviales, la volatilisation des polluants, le maintien/l'augmentation de la température. Les lixiviats sont en partie recyclés et en partie traités sur site avant d'être rejetés. Les rejets atmosphériques sont traités si nécessaires (présence de COV notamment).

La dégradation biologique est, la plupart du temps, réalisée par biostimulation. Les tas ne sont d'une manière générale pas d'une hauteur supérieure à 3 m (afin d'éviter le compactage).

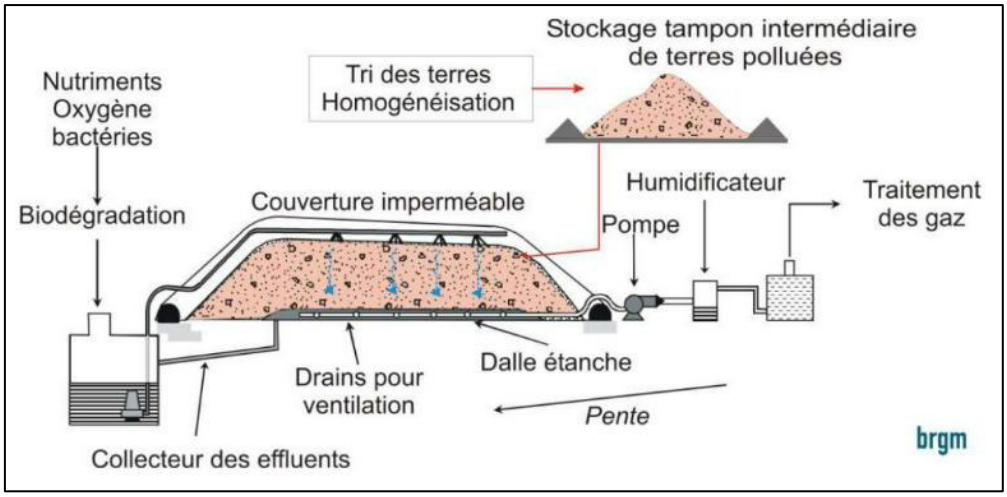


FIGURE 34 : SCHEMA DE PRINCIPE – BIOTERTRE (SOURCE : SELECDEPOL)

Cette technique consisterait alors en :

- Terrassement et tris des terres contaminées :
  - Entre 0 et 3 m de profondeur au droit de la zone 1a,
  - Entre 0 et 1 ou 0 et 3 m de profondeur au droit de la zone 1b ,
  - Entre 0 et 1 m de profondeur au droit de la zone 2,
  - Entre 0 et 1 m de profondeur au droit de la zone 3.
- Pompage / traitement des eaux d'exhaure (par exemple sur charbon actif), si des arrivées importantes sont constatées,
- Transport et mise en tas des terres contaminées issues des zones 1a, 2 et 3 au droit de l'aire de traitement identifiée sur site et réalisation du biotertre,
- Transport des terres contaminées issues de la zone 1b en ISDD (sous réserve d'acceptation préalable),
- Remblaiement des zones traitées.

Les coûts pour ce scénario sont estimés comme suit :

TABLEAU 24 : ESTIMATION DE COUTS D'UN TRAITEMENT PAR BIOTERTRE ET EXCAVATION ET EVACUATION HORS SITE

Scénario 2	Etapes	Prix (k€ HT)	Délais
Etude de faisabilité	Tests de biodégradation, dimensionnement de l'unité de traitement	8 à 12 k€	2 à 3 mois
Mise en œuvre / prix associés / délais	Travaux d'excavation + tri des terres (y/c aménagement des aires de stockages provisoire, sécurisation des fouilles pendant toute la durée du traitement) 2 520 à 3 275 m³ de terres à terrasser	55 à 70 k€	1 à 2 semaines
	Zones 1a, 2 et 3 : Réalisation du biotertre 4 040 à 5 250 tonnes de terres à traiter	180 à 290 k€	6 à 18 mois
	Zone 1b : Envoi des terres vers une ISDD (y/c transport et TGAP) 510 à 665 tonnes de terres à évacuer	80 à 110 k€	Equivalent à des travaux de terrassement, de l'ordre de 2 à 3 semaines
	Gestion des eaux d'accumulation en fond de fouille	*A évaluer si nécessaire*	-
	Remblaiement des fouilles (hors mise en œuvre avec les terres traitées conformes à l'objectifs de dépollution + apport de remblais sains 280 à 365 m³)	5 à 10 k€	Durée des travaux + 3-4 semaines
Atteinte des objectifs	Le rendement du biotertre varie fortement en fonction des conditions du milieu, il peut dans certains cas atteindre plus de 90% si le temps de traitement est suffisamment long. L'emprise de la contamination 1b préalablement déterminée sera excavée. La présence potentielle de contamination résiduelle supérieure au seuil de dépollution fixé sera mesurée.		
TOTAL		**320 à 500 k€ H.T.**	

7.2.3.3 Scénario n°3 : Excavation + évacuation d'une partie des terres contaminées en plateforme de tri et traitement de l'autre partie par phyto-stabilisation

La phyto-stabilisation consiste à immobiliser des polluants inorganiques à l'aide d'espèces végétales, avec ou sans ajout d'amendements. Les plantes réduisent les transferts horizontaux et verticaux de polluants en diminuant leur mobilité dans le sol, les eaux et l'air. Il s'agit d'un mode de gestion destiné à limiter les risques sur le plan environnemental et sanitaire (ADEME - INERIS (2012) et BRGM (2010)).

Le but de la phyto-stabilisation est de réduire la mobilité des polluants pour prévenir leur migration. La réduction de la mobilité se fait soit mécaniquement en réduisant le ruissellement ou l'érosion éolienne (envol de poussières), soit biochimiquement en diminuant la biodisponibilité.

Les plantes modifient la forme chimique des polluants en changeant l'environnement du sol (pH, potentiel d'oxydo-réduction) autour de leur racine et dans les zones périphériques des racines et contribuent à l'absorption ou la précipitation des polluants organiques. Elles permettent de maintenir les polluants dans le sol.

Les moyens matériels nécessaires à la phyto-stabilisation sont essentiellement ceux inhérents à la culture des plantes (matériel agricole). Les polluants traités par phyto-stabilisation sont les polluants inorganiques : Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, As.

Des essais de faisabilité (ex : Essais de bioaccessibilité, essais de germination et mesure de la phyto-disponibilité) sont nécessaires en amont de la mise en place du scénario afin d'en vérifier son efficacité.

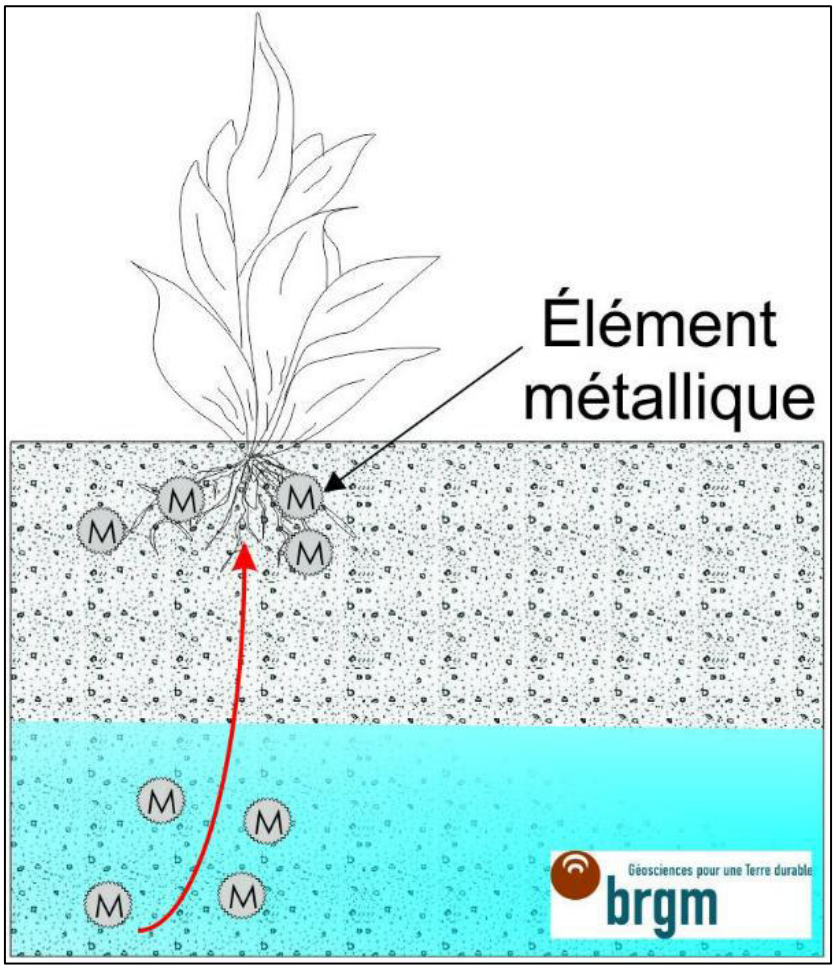


FIGURE 35 : SCHEMA DE PRINCIPE – PHYTO-STABILISATION (SOURCE : SELECDEPOL)

Ici, il pourrait être envisagé l'aménagement d'un merlon le long de la voie ferrée au nord du site. Les dimensions prises en considération ici seraient les suivantes :

- merlon de 3 m de largeur sur 95 m de longueur et 1 m de hauteur permettant de stabiliser 280 m³ (fourchette basse) de terres polluées issues de la zone 1b. Ici, la surface des sols à gérer seraient de 285 m²,
- merlon de 3 m de largeur sur 125 m de longueur et 1 m de hauteur permettant de stabiliser 365 m³ (fourchette haute) de terres polluées issues de la zone 1b. Ici, la surface des sols à gérer seraient de 375 m²

Cette technique consisterait alors en :

- Terrassement et tris des terres contaminées :
  - Entre 0 et 3 m de profondeur au droit de la zone 1a,
  - Entre 0 et 1 ou 0 et 3 m de profondeur au droit de la zone 1b ,
  - Entre 0 et 1 m de profondeur au droit de la zone 2,
  - Entre 0 et 1 m de profondeur au droit de la zone 3.
- Pompage / traitement des eaux d'exhaure (par exemple sur charbon actif), si des arrivées importantes sont constatées,
- Transport des terres contaminées issues des zones 1a, 2 et 3 en plateforme de tri (sous réserve d'acceptation préalable),
- Transport et mise en merlon de terres issues de la zone 1b dans la partie nord du site, le long de la voie ferrée, et encensement des cultures
- Remblaiement des zones traitées.

Les coûts pour ce scénario sont estimés comme suit :

TABLEAU 25 : ESTIMATION DE COUTS D'UN TRAITEMENT PAR EXCAVATION ET EVACUATION HORS SITE ET PHYTO-STABILISATION

Scénario 3	Etapes	Prix (k€ HT)	Délais
Etude de faisabilité	Essais de bioaccessibilité, essais de germination et mesure de la phyto-disponibilité	*Déjà budgétiser dans le cadre de la MOE*	2 mois
Mise en œuvre / prix associés / délais	Travaux d'excavation + tri des terres (y/c aménagement des aires de stockages provisoire) 2 520 à 3 275 m³ de terres à terrasser	50 à 65 k€	Equivalent à des travaux de terrassement De l'ordre de 4 à 8 semaines
	Zones 1a, 2 et 3 : Envoi des terres vers une plateforme de tri (y/c transport) 4 040 à 5 250 tonnes de terres à évacuer	520 à 680 k€	
	Zone 1b : Phyto-stabilisation 510 à 665 tonnes de terres à traiter sur 285 à 375 m² (merlon)	0,5 à 5 k€	
	Gestion des eaux d'accumulation en fond de fouille	*A évaluer si nécessaire*	
	Remblaiement (apport de remblais sains hors mise en œuvre)	50 à 65 k€	
Atteinte des objectifs	La phyto-stabilisation est une technique sur le long terme pour laquelle la surveillance de l'atteinte des objectifs de qualité du milieu est importante. Les délais peuvent être de l'ordre de plusieurs années parfois (2 à 20 ans). L'emprise des contaminations 1a, 2 et 3 préalablement déterminées seront excavées. La présence potentielle de contamination résiduelle supérieure au seuil de dépollution fixé sera mesurée.		
	TOTAL	**620 à 815 k€ H.T.**	

7.2.3.4 Scénario n°4 : Excavation et traitement d'une partie des terres par biotertre et traitement de l'autre partie par phyto-stabilisation

Ce scénario envisage un croisement des scénarios 2 et 3 à savoir le traitement des terres contaminées par des hydrocarbures, issues des zones 1a, 2 et 3 par biotertre (comme décrit dans le paragraphe 7.2.3.2) et le traitement des terres contaminées par des métaux, issues de la zone 1b par phyto-stabilisation (comme décrit dans le paragraphe 7.2.3.4.

Cette technique consisterait alors en :

- Terrassement et tris des terres contaminées :
  - Entre 0 et 3 m de profondeur au droit de la zone 1a,
  - Entre 0 et 1 ou 0 et 3 m de profondeur au droit de la zone 1b,
  - Entre 0 et 1 m de profondeur au droit de la zone 2,
  - Entre 0 et 1 m de profondeur au droit de la zone 3.
- Pompage / traitement des eaux d'exhaure (par exemple sur charbon actif), si des arrivées importantes sont constatées,
- Transport et mise en tas des terres contaminées issues des zones 1a, 2 et 3 au droit de l'aire de traitement identifiée sur site et réalisation du biotertre,
- Transport et mise en merlon de terres issues de la zone 1b dans la partie nord du site, le long de la voie ferrée, et encensement des cultures,
- Remblaiement des zones traitées.

Les coûts pour ce scénario sont estimés comme suit :

TABLEAU 26 : ESTIMATION DE COUTS D'UN TRAITEMENT PAR BIOTERTRE ET PHYTO-STABILISATION

Scénario 4	Etapes	Prix (k€ HT)	Délais
Etude de faisabilité	Tests de biodégradation, dimensionnement de l'unité de traitement	8 à 12 k€	2 à 3 mois
	Essais de bioaccessibilité, essais de germination et mesure de la phyto-disponibilité	*Déjà budgétiser dans le cadre de la MOE*	2 mois
Mise en œuvre / prix associés / délais	Travaux d'excavation + tri des terres (y/c aménagement des aires de stockages provisoire, sécurisation des fouilles pendant toute la durée du traitement par biotertre) 2 975 à 3 870 m³ de terres à terrasser	55 à 70 k€	1 à 2 semaines
	Zones 1a, 2 et 3 : Réalisation du biotertre 4 040 à 5 250 tonnes de terres à traiter	180 à 290 k€	6 à 18 mois
	Zone 1b : Phyto-stabilisation 510 à 665 tonnes de terres à traiter sur 285 à 375 m² (merlon)	0,5 à 5 k€	Equivalent à des travaux de terrassement, de l'ordre de 2 à 3 semaines
	Gestion des eaux d'accumulation en fond de fouille	*A évaluer si nécessaire*	-
	Remblaiement des fouilles (hors mise en œuvre avec les terres traitées conformes à l'objectifs de dépollution + apport de remblais sains 280 à 365 m³)	5 à 10 k€	Durée des travaux + 3-4 semaines
Atteinte des objectifs	La phyto-stabilisation est une technique sur le long terme pour laquelle la surveillance de l'atteinte des objectifs de qualité du milieu est importante. Les délais peuvent être de l'ordre de plusieurs années parfois (2 à 20 ans). L'emprise des contaminations 1a, 2 et 3 préalablement déterminées seront excavées. La présence potentielle de contamination résiduelle supérieure au seuil de dépollution fixé sera mesurée.		
	TOTAL	**245 à 390 k€ H.T.**	

8. PLAN DE CONCEPTION DE TRAVAUX – ESSAIS

Afin de consolider l'approche des différents scenarios de gestion envisagés, une phase d'essais (laboratoire ou terrain) est la plupart du temps recommandée pour les méthodes sur site ou in situ.

8.1 PHASE D'ESSAI EN LABORATOIRE (B111) - PHYTOMANAGEMENT

En ce qui concerne le scenario 2 (et par défaut, le scenario 4) incluant une gestion par phyto-stabilisation des polluants métalliques, une étude de faisabilité de gestion par phyto-management a été réalisée par MicroHumus et présentée en Annexe 5.

Cette étude a consisté en la mise en œuvre d'essais sur deux aspects :

- La bioaccessibilité orale pour l'arsenic, le cadmium et le plomb selon le protocole BRGM ;
- Des essais de germination et de phytodisponibilité en conditions contrôlées sur 4 semaines.

Les essais ont été menés à partir d'un échantillon issu du site d'étude, transmis par SOCOTEC Environnement, représentatif de la zone impactée au droit de l'ancienne fonderie. Il correspond à un sable de fonderie présentant des teneurs anomaliques en éléments traces métalliques, notamment en plomb, cuivre et nickel.

En ce qui concerne les essais de bioaccessibilité, les tests ont montré :

- Une absence de détection du cadmium ;
- Une bioaccessibilité orale de l'arsenic de 17 à 19% de la teneur initiale ;
- Une bioaccessibilité orale du plomb de seulement 5 à 6% de la teneur initiale.

Cette dernière donnée a pu être intégrée à l'analyse des enjeux sanitaires réalisée dans le cadre de la présente étude et y a eu un impact majeur.

Les tests de germination avec un mélange ray-grass, fétuque, vesce commune et trèfle incarnat ont démontré une germination et un développement végétal réussis sur le matériau issu du site d'étude, comparable aux témoins (sol non pollué et terreau).

Un bon enracinement avec effet structurant a été observé sur la motte et surtout, une absence de transfert significatif d'éléments traces métalliques vers la biomasse végétale a été confirmée.

A ce titre, les teneurs en métaux dans la biomasse s'avèrent compatibles avec une valorisation par compostage ou écopâturage.

L'étude confirme la faisabilité technique d'une gestion par phytomanagement des pollutions métalliques du site. Le matériau testé présente un potentiel de phytostabilisation intéressant, nécessitant toutefois des amendements (apports organiques et minéraux) pour permettre l'implantation d'un couvert végétal pérenne et contrer les signes de carences nutritionnelles observées sur l'essai.

8.2 PHASE D'ESSAI DE TERRAIN (B112) – BIOTERTRE

Concernant le scenario n°3 (et par défaut le scenario n°4) intégrant la mise en œuvre d'un biotertre dans le traitement des terres contaminées par des polluants organiques, un essai de terrain a été mené sur site.

Les 22 et 23 octobre 2025, nous avons procédé au terrassement d'environ 10 m³ de terres contaminées issues de la zone concentrée n°1a.

Ces terres ont été disposées en 3 merlons de l'ordre de 4 m de long, sur 1,5 m de large et 0,5 à 1 m de hauteur au centre, après la préparation suivante :

- Amendement des terres par du compost en maturation et ajout de paille (agent structurant permettant l'aération des terres et un enrichissement en matières organiques) ;
- Bâchage plastique sous et sur merlon, systématique.

Des variations dans la mise en œuvre de ces merlons ont néanmoins été appliquées :

- Tas n°1 : Pour environ 3 m³ de terres polluées, ajout de 1 tonne de paille et 1 m³ de compost en maturation ;
- Tas n°2 : Préparation équivalente à celle du tas n°1, mais ajout d'un géotextile en couverture du merlon, sous la bâche plastique ;
- Tas n°3 : Pour environ 3 m³ de terres polluées, ajout de 1,5 à 2 tonnes de paille et 1 m³ de compost en maturation.



Compost fumant (en fin de maturation) collecté auprès du centre Trivalis



Bottes de pailles issues d'une exploitation agricole voisine



Terrassement des terres contaminées



Merlon bâchés disposés sur dallage béton sur site

FIGURE 36 : PHOTOGRAPHIES DE LA PHASE D'ESSAI DE TERRAIN - BIOTERTRE

Une fois mis en œuvre, chaque merlon a fait l'objet d'un échantillonnage pour analyse et détermination de l'état de contamination en hydrocarbures totaux à T0.

Après trois mois de maintien sur site des merlons, une nouvelle campagne d'investigation a été menée afin d'évaluer l'évolution des teneurs en hydrocarbures. Le diagramme suivant, en Figure 36 présente cette évolution. Les bordereaux d'analyse du laboratoire sont consignés en Annexe 6.

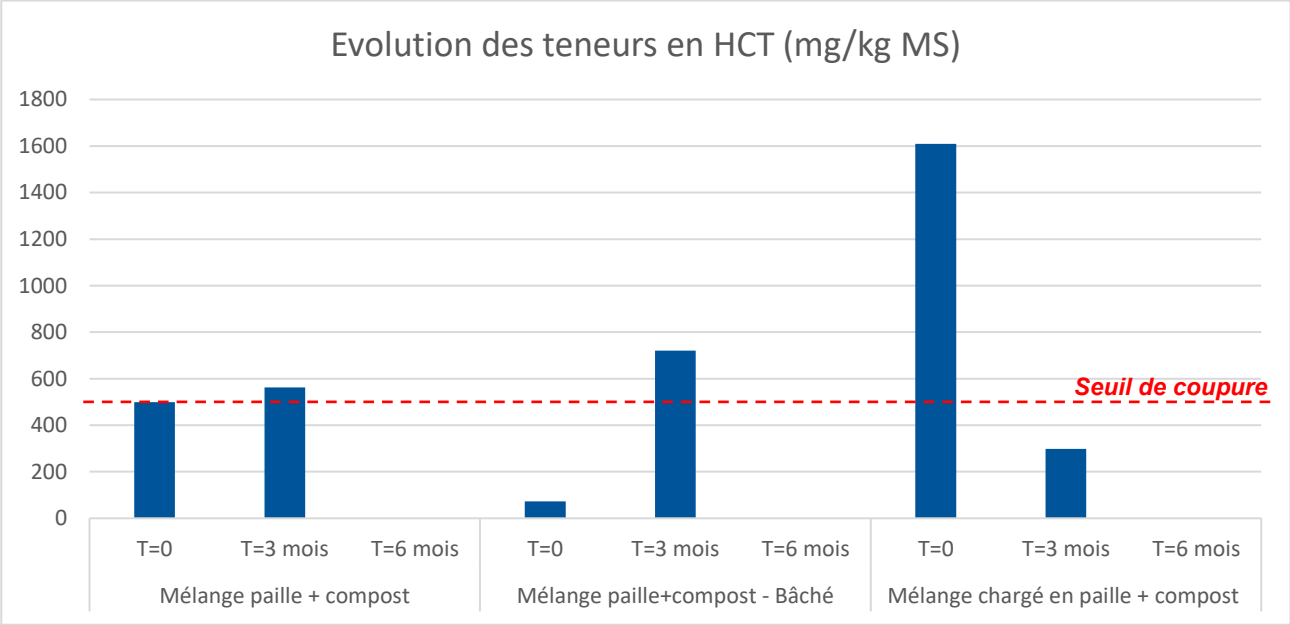


FIGURE 37 : DIAGRAMME DE SUIVI DE L'ESSAI TERRAIN DE BIOTERTRE

Les teneurs initiales mesurées sur les merlons n°1 et 2 paraissent anormalement basses, vraisemblablement sous-évaluées. Cet effet provient d'une potentielle hétérogénéité des matériaux, mais aussi de leur récente mobilisation (pour la mise en œuvre du merlon) engendrant une volatilisation des fractions les plus légères.

Considérant que ces terres proviennent de la même zone, et au vu des teneurs initiales mesurées pour les tas n°1, 2 et 3, une valeur moyenne d'entrée, de l'ordre de 600 à 800 mg/kg MS en hydrocarbures totaux pourrait être considérée.

Au regard des teneurs mesurées à l'issue de 3 mois de traitement :

- aucune évolution marquante de la teneur en hydrocarbures totaux n'est observée pour le tas n°1, celle-ci demeurant de l'ordre de 500 à 600 mg/kg MS ;
- la teneur en hydrocarbures totaux mesurée après 3 mois, demeure également de l'ordre de 700 mg/kg MS pour le tas n°2, rendant peu évident l'effet favorable de la couverture du biotertre par un géotextile en complément du bâchage ;
- pour le tas n°3, un net abaissement de la teneur en hydrocarbures totaux est observé, avec une teneur de l'ordre de 300 mg/kg MS, inférieure au seuil de coupure visé. Ce résultat semble mettre en évidence l'importance de l'ajout d'un élément structurant (la paille ici) dans la préparation du biotertre.

Considérant la nature compacte des sols, du fait de leur texture argileuse à limoneuse, les résultats de cet essai confirment l'importance de la préparation des terres avant mise en œuvre du biotertre, et notamment, l'ajout d'agents structurants favorisant l'aération de celles-ci.

Dans ces conditions, l'atteinte du seuil de coupure visé a été démontrée, validant ainsi la faisabilité technique du traitement sur site par biotertre.

Nota : les conditions climatiques associées à la mise en œuvre de cet essai étaient particulièrement peu favorables, en raison de leur saisonnalité (octobre à janvier – période froide et humide, abaissant la température des merlons et, en conséquence l'efficacité du traitement biologique). Un maintien supplémentaire des merlons est en cours afin d'observer l'évolution long terme (6 mois).

8.3 PHASE D'ESSAI EN LABORATOIRE (B111) - ESSAIS DE GESTION PAR BIOREMEDIATION PUIS PAR PHYTOMANAGEMENT DE MARNES IMPACTEES EN HYDROCARBURES (HCT) EN CONDITIONS SEMI-CONTROLEES

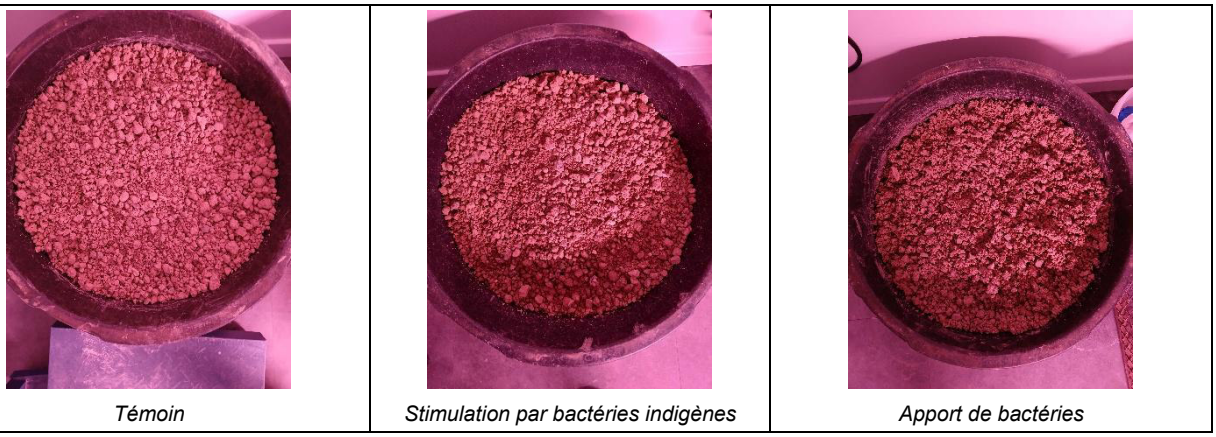
En parallèle de la phase d'essai de terrain du traitement par biotertre, une phase d'essai en laboratoire a été menée par la société MicroHumus. Comme pour l'essai terrain, celui-ci est toujours en cours, les résultats à T=6 mois étant attendus pour consolider les présentes conclusions.

A réception des terres (environ 200 kg issus de la zone 1a, et prélevés le 22 octobre 2025), des analyses ont été lancées sur 3 échantillons. Les teneurs mesurées étaient alors de l'ordre de 400 à 900 mg/kg MS, cohérentes avec l'hétérogénéité observée lors de la phase d'essai terrain.

Trois préparations ont été engagées après homogénéisation (étape de séchage à l'air libre puis de broyage indispensable, au regard de l'état aggloméré des terres lié à leur texture). Les terres ont ensuite été disposées en bacs de 50 L (volume imposant pour stimuler en laboratoire une mise en andain des marnes impactées en hydrocarbures) et font l'objet d'un arrosage et de retournements fréquents pour stimuler l'activité microbienne.

Les trois modalités testées pour les essais de bioremédiation sont les suivantes :

- Marnes brutes (Témoin) qui ne seront pas retournées contrairement aux autres modalités (témoin sans traitement simulant les terres du sites laissées en place) ;
- Marnes + matières fertilisantes (dont amendement organique avec ou sans engrais, selon analyses) permettant de voir l'effet de la stimulation des bactéries déjà présentes dans les marnes ;
- Marnes + amendement microbien.



Témoin | *Stimulation par bactéries indigènes* | *Apport de bactéries*

FIGURE 38 : PHOTOGRAPHIES DE LA PHASE D'ESSAI DE TERRAIN - BIOTERTRE

En parallèle, un échantillon de 20 kg de sables impactés en métaux (issus de la zone 1b) a également été transmis au laboratoire pour analyse et essai complémentaire de phyto-management. Cet essai consiste en l'étude de l'action simultanée du traitement par phyto et bio-remédiation. Il a été engagé à partir des préparations impactées en hydrocarbures en cours d'essai de biomanagement, à T=2 mois. Cet essai est en cours et ses résultats ne seront consolidées qu'au mois de juin 2026.

L'évolution des résultats d'analyse en hydrocarbures totaux sont présentés en ci-après.

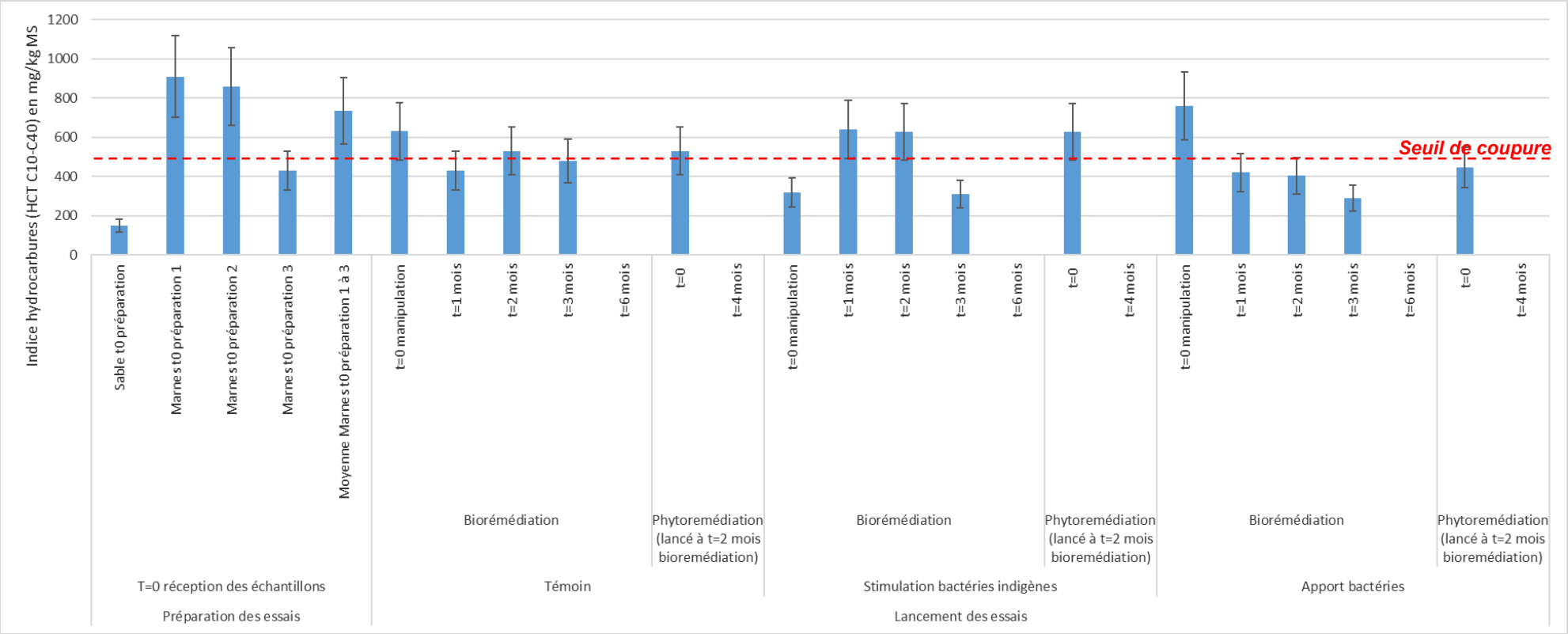


FIGURE 39 : DIAGRAMME DE SUIVI DE L'ESSAI LABORATOIRE DE BIOMANAGEMENT

Les résultats observés sur l'échantillon témoin ne montrent pas un abaissement significatif des teneurs en hydrocarbures. Celles-ci demeurent néanmoins assez proches du seuil de coupure visé de 500 mg/kg MS.

Dans le cas de la stimulation de bactéries indigènes, un abaissement de la teneur en hydrocarbures n'est observé qu'après un délai de 2 mois. Le seuil de coupure est alors nettement atteint, avec une teneur résiduelle de l'ordre de 300 mg/kg MS.

Enfin, pour le dernier essai, avec amendement microbien, la diminution des teneurs en hydrocarbures totaux est visible dès le premier mois, avec un abaissement complémentaire jugé satisfaisant à T=3 mois (passage sous le seuil de coupure visé, et une teneur résiduelle de l'ordre de 300 mg/kg MS).

Ces résultats confirment l'efficacité de l'activité microbienne dans le traitement des contaminations hydrocarburées des sols du site, qu'elle soit liée à l'activité indigène stimulée, ou à l'apport de bactéries extérieures

Dans ces conditions, l'atteinte du seuil de coupure visé étant démontrée, la faisabilité technique du traitement sur site par bio-remédiation est encouragée.

Nota : Les résultats définitifs (après 6 mois de bioremédiation, et 4 mois d'association phyto-bioremédiation) ne seront transmis que courant juin 2026.

9. BILAN COUTS-AVANTAGES (A330) ET CHOIX DE LA SOLUTION RETENUE

9.1 PRESENTATION DES CRITERES

L'objectif du bilan coûts avantages est d'aider le maître d'ouvrage à sélectionner une option de gestion de la pollution « permettant d'atteindre le meilleur niveau de protection de l'environnement humain et naturel, à un coût raisonnable », tout en prenant en compte les différentes contraintes inhérentes au site d'étude.

Compte tenu des données à notre disposition, les critères retenus sont présentés dans le tableau ci-après. Ces critères sont pondérés de manière à pouvoir évaluer leur correspondance au projet. Leur pondération est justifiée dans le tableau suivant

TABLEAU 27 : CRITERES D'EVALUATION DU BILAN COUT-AVANTAGES

Critères		Pondération retenue (0<x<1)	Justification de la pondération
TECHNIQUES	**Performance de la technique ou filière**	1	La technique doit permettre de garantir que les objectifs de dépollution proposés seront atteints et que l'état des sols sera acceptable d'un point de vue sanitaire avec l'usage envisagé. De la même manière l'adéquation de la technique aux contraintes d'accès est un point clé.
	Délai/planning - traitement	1	La durée des travaux et/ou du traitement est un facteur important afin de ne pas retarder la cadence des travaux prévus. L'espace nécessaire à la dépollution ne doit pas engendrer de problématique pour la réalisation du futur projet d'aménagement
	Adaptabilité au terrain	0,8	Des espaces de stockage importants de terres seront nécessaires sur le site, en fonction des techniques de traitement
ECONOMIQUES	**Coût de la solution retenue**	1	Le coût de mise en œuvre de la solution retenue est un facteur clé
ENVIRONNEMENTAUX	**Impacts environnementaux des techniques de dépollution retenues**	0,8	Afin de limiter l'impact environnemental global, il est souhaitable de limiter le trafic et les déchets générés par le chantier. Les critères environnementaux sont pris en considération. La consommation énergétique et les émissions de gaz à effet de serre doivent rester proportionnées aux enjeux de la dépollution du site.
SOCIO-POLITIQUES	**Impact visuel, moral, olfactif, auditif de la solution de gestion sur les populations**	0,5	Compte tenu du caractère résidentiel du quartier, il convient de limiter les nuisances. Le site est toutefois localisé aux abords d'une axe routier relativement passant.
JURIDIQUES ET REGLEMENTAIRES	**Impact de la solution retenue sur les responsabilités juridiques à long terme (ICPE, déchets produits, restrictions d'usage, surveillances ultérieures)**	0,5	En cas d'évacuation de terres hors site, celles-ci prennent le statut de déchets et restent de la responsabilité du producteur du déchet jusqu'à leur élimination ou revalorisation finale. Selon le scénario de gestion retenu, des restrictions d'usages ou des dispositions constructives pourraient être nécessaires. Le coût et la contrainte que représentent les éventuelles surveillances ultérieures ne doivent pas être négligées.
Nombre total de critères unitaires étudiés	**7**	**Total des indices de pondération**	**5,6**

9.2 BILAN COUTS-AVANTAGES

TABLEAU 28 : BILAN COUTS-AVANTAGES

Critères		Solution 1 : Excavation et évacuation hors de toutes les terres contaminées		Solution 2 : Excavation et traitement d'une partie des terres par biotertre et évacuation de l'autre partie en ISDD		Solution 3 : Excavation + évacuation d'une partie des terres contaminées en plateforme de tri et traitement de l'autre partie par phyto-stabilisation		Solution 4 : Excavation et traitement d'une partie des terres par biotertre et de l'autre partie par phyto-stabilisation		Rappel de la pondération (0<x<1)	Score unitaire solution 1	Score unitaire solution 2	Score unitaire solution 3	Score unitaire solution 4
		Note attribuée	Justification	Note attribuée	Justification	Note attribuée	Justification	Note attribuée	Justification					
TECHNIQUES	Performance de la technique ou filière	4	Technique éprouvée pour les polluants en jeu, mise en œuvre simple et maîtrisée, et les objectifs de dépollution sont rapidement atteints.	4	Le biotertre est une solution fréquemment mise en œuvre. Le rendement de ce procédé varie fortement en fonction des conditions du milieu ; il peut atteindre dans certains cas plus de 90% si le temps de traitement est suffisamment long. Au regard des résultats des phases d'essais sur terrain et en laboratoire, son efficacité semble ici validée. L'envoi d'une partie des terres polluées (zone 1b) en ISDD permettra d'atteindre des objectifs de dépollution sur la zone concernée relativement rapidement.	4	Le taux d'utilisation de la phyto-stabilisation reste faible, cette technique étant adaptée à des configurations de site et des cas spécifiques de pollution. Les essais de faisabilité en cours de réalisation permette ici de confirmer son adaptation à la pollution de la zone 1b. L'envoi d'une partie des terres polluées (zone 1a, 2 et 3) en plateforme permettra d'atteindre des objectifs de dépollution sur les zones concernées relativement rapidement.	4	La phase de phytostabilisation (cf. Scenario 3) est jugée favorable, au regard des essais réalisés, tout comme la bioremédiation (cf. Scénario 2).	1	4	4	4	4
	Délai - Organisation	4	Relativement court (équivalent aux travaux de terrassement)	2,5	Délai de mise en place des biotertre relativement court (équivalent aux travaux de terrassement). Le traitement quant à lui est relativement long (entre 6 et 18 mois) avant de pouvoir réutiliser les terres sur site. Traitement de la zone 1b relativement court (équivalent aux travaux de terrassement)	3,5	Délais de mise en place du merlons relativement court (équivalent aux travaux de terrassement). Nécessité d'une surface importante pour le stockage des terres issues de la zone 1b en merlon. Ce traitement est jugé permanent. Traitement des zones 1a, 2 et 3 relativement court (équivalent aux travaux de terrassement)	3	En couplant les deux méthodes de traitement sur site, l'enjeu est d'organiser les travaux et les phases de stockages / traitement sur une place disponible durant une durée de traitement de 6 à 18 mois.	1	4	2,5	3,5	3
	Adaptabilité au terrain	4	Espace retreint et temporaire nécessaire dans l'application de ce scénario (simple tri des terres avant évacuation)	3	Nécessite une place disponible pour le tri des terres et un stockage en merlons (hauteur maximale de 3m). Stockage temporaire des terres issues de la zone 1b avant évacuation	3,5	Adaptabilité des terres vérifiées lors de l'essai. La faisabilité en terme d'aménagement futur reste à démontrer (place disponible pour le merlon de stockage des terres en question.	3	Tri des terres et stockage en merlons (hauteur maximale de 1m pour la phyto-stabilisation et 3m pour le biotertre).	0,7	2,8	2,1	2,45	2,1
ECONOMIQUES	Coût de la solution retenue	1	Fourchette estimée à 700-925 k€	4	Fourchette estimée à 320-500 k€	3,5	Fourchette estimée à 620-815 k€	4,5	Fourchette estimée à 245-390 k€	1	1	4	3,5	4,5
ENVIRONNEMENTAUX	Impacts environnementaux des techniques de dépollution retenues et, hygiène et sécurité	2,5	L'empreinte environnementale est conséquente en raison des émissions liées au transport des terres excavées. Néanmoins l'envoi d'une partie des terres polluées en plateforme de tri permettra une éventuelle revalorisation ultérieure et limitera la saturation des centres de stockage.	3	L'impact environnemental est réduit par rapport au scénario 1 en raison du recyclage des terres (issues de zones 1a, 2 et 3) toutefois un apport d'énergie est nécessaire pour la mise en place du matériel de traitement et pendant toute sa durée. L'envoi d'une partie des terres polluées (zone 1b) en ISDD représente toutefois une empreinte environnementale non négligeable.	3,5	L'impact environnemental est réduit par rapport au scénario 1 en raison de la conservation sur site d'une partie des terres (zone 1b) pour mise en merlon végétalisé. L'envoi d'une partie des terres polluées (zones 1a, 2 et 3) en plateforme représente toutefois une empreinte environnementale non négligeable.	4	L'impact environnemental est très réduit par rapport aux 3 autre scénarios en raison du recyclage d'une partie des terres (issues de zones 1a, 2 et 3) et de la conservation sur site de l'autre partie (zone 1b) pour mise en merlon végétalisé.	0,8	2	2,4	2,8	3,2
SOCIO-POLITIQUES	Impact moral, visuel, olfactif, auditif de la solution de gestion sur les populations	2,5	L'excavation et le transport des terres excavées vont générer des émissions de poussières et des nuisances sonores non négligeables pour les riverains. Episodes toutefois relativement courts sur site et englobés dans le phasage des travaux de l'opération.	3,5	Pour les sols, les techniques (biotertre pour partie et transport pour évacuation pour autre partie) vont générer des émissions de poussières et des nuisances sonores non négligeable pour les riverains sur une durée relativement courte. Une partie des terres traitées seront réutilisées sur site.	3,5	Pour les sols, les techniques (phyto-stabilisation pour partie et transport pour évacuation pour autre partie) vont générer des émissions de poussières et des nuisances sonores non négligeables pour les riverains sur une durée relativement courte. Le merlon végétalisé pourra rester en place.	3,5	Pour les sols, les techniques (biotertre et phyto-stabilisation) vont générer des émissions de poussières et des nuisances sonores non négligeables pour les riverains sur une durée relativement courte. Une partie des terres traitées seront réutilisées sur site (biotertre). Le merlon végétalisé pourra rester en place.	0,5	1,25	1,75	1,75	1,75
JURIDIQUES	Impact de la solution retenue sur les responsabilités juridiques à long terme et réglementaires	2,5	En cas de recours à cette solution, l'ensemble des sources de pollution seront retirées et évacuées. Des pollutions résiduelles seront présentes sur certaines zones du site nécessitant une surveillance et/ou des restrictions d'usage. Responsabilité du producteur de déchets.	3	En cas de recours à un biotertre, les sources de pollutions 1a, 2 et 3 seront retirées et traitées. L'envoi en ISDD des terres issues de la zone 1b permettra de retirer et évacuer la zone de pollution. Des pollutions résiduelles seront présentes sur certaines zones du site nécessitant une surveillance et/ou des restrictions d'usage. Responsabilité du producteur de déchets.	3	En cas de recours à un la phyto-stabilisation, la source de pollution 1b sera retirée et stabilisée. L'envoi en plateforme des terres issues des zones 1a, 2 et 3 permettra de retirer et évacuer la zone de pollution. Des pollutions résiduelles seront présentes sur certaines zones du site nécessitant une surveillance et/ou des restrictions d'usage. Responsabilité du producteur de déchets.	3	Avec le biotertre, les sources de pollutions 1a, 2 et 3 seront retirées et traitées. Avec la phyto-stabilisation, la source de pollution 1b sera retirée et stabilisée. L'envoi en plateforme des terres issues des zones 1a, 2 et 3 permettra de retirer et évacuer la zone de pollution. Des pollutions résiduelles seront présentes sur certaines zones du site nécessitant une surveillance et/ou des restrictions d'usage.	0,4	1	1,2	1,2	1,2
Moyenne		**2,9**		**3,3**		**3,5**		**3,6**			**2,97**	**3,32**	**3,55**	**3,66**

9.3 SYNTHESE DU BILAN

A la lecture des quatre scénarios envisagés, ils permettent tous d'évacuer ou de traiter la contamination identifiée. Toutefois :

- Au terme de la phase d'essais, les techniques de traitement des scenarios n°2 et 3 (et par défaut 4) étant sécurisées (adaptabilité au site et efficacité démontrées), le critère technique devient neutre ;
- Pour les critères économiques, environnementaux, socio-politiques et juridiques le scenario 1 est moins avantageux que les scénarios 2, 3 et 4 ;
- Le scénario 4 est plus avantageux que les scénario 2 et 3 sur le plan économique,
- Sur les plan socio-politique et juridique les scénario 2, 3 et 4 ne se différencient pas,
- Sur le plan environnemental c'est le scénario 4 qui possède la meilleure note.

D'un point de vue global, au vu du bilan coûts-avantages établi, c'est **le scénario 4** qui est retenu comme le plus intéressant.

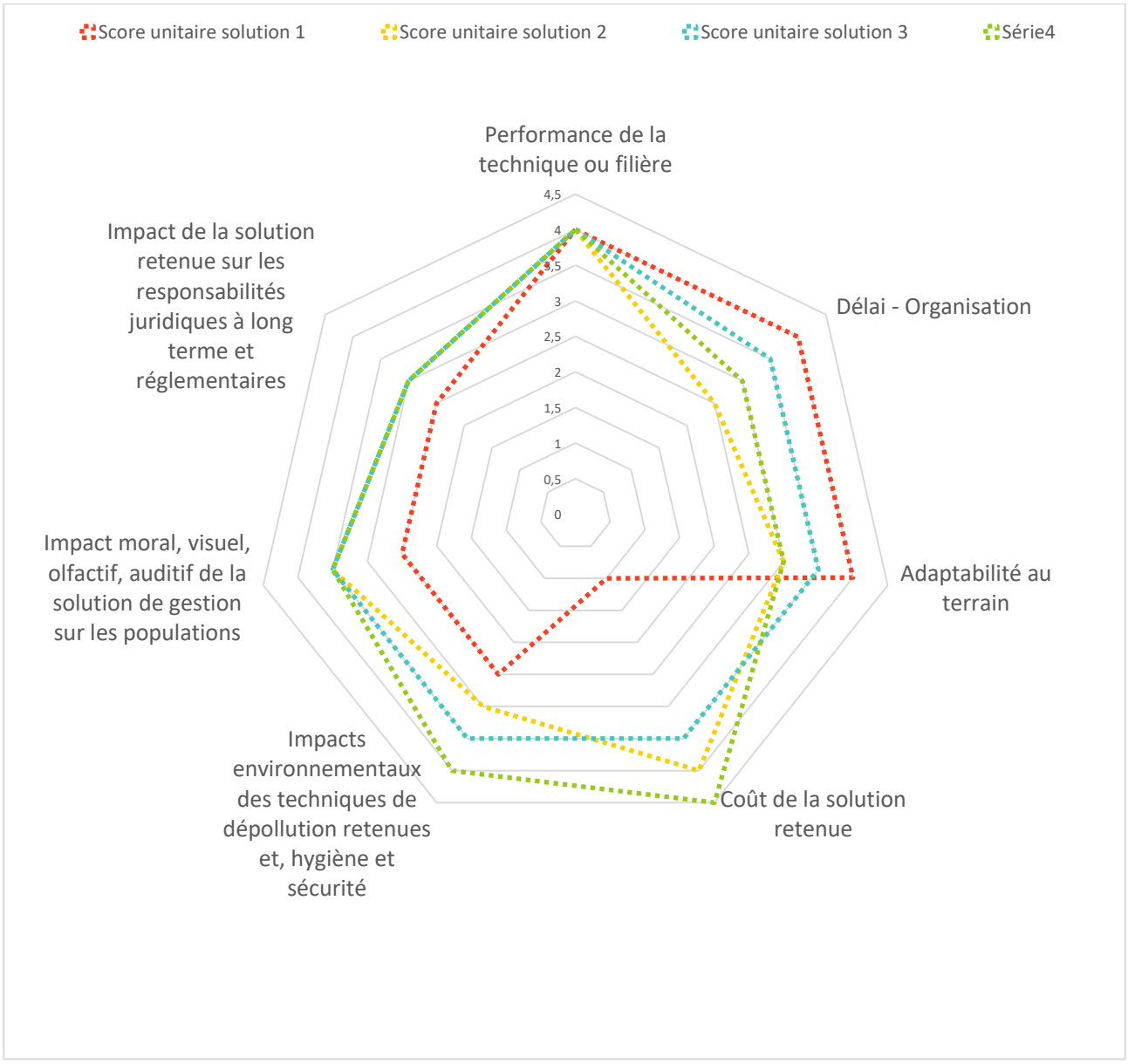


FIGURE 40 : REPRESENTATION GRAPHIQUE DU BILAN COUTS-AVANTAGES

10. PERENNISATION DES MESURES DE GESTION

10.1 PRECAUTIONS POUR LES TIERS INTERVENANTS SUR LE SITE

Compte tenu de la présence de contaminants hydrocarburés et métalliques, la réalisation de travaux n'est possible que sous la condition de mettre en œuvre un plan hygiène/sécurité pour la protection de la santé des travailleurs et des employés du site au cours des travaux.

10.2 INTERDICTIONS - RESTRICTIONS

Malgré l'absence de transfert avéré entre les contaminations identifiées et le milieu eaux souterraines, considérant les impacts relevés sur site, tout pompage et toute utilisation de l'eau de la nappe au droit du site devront faire l'objet d'une vérification sanitaire préalable.

Par ailleurs, en fonction des teneurs résiduelles mesurées en réception de travaux de dépollution sur les sols, des restrictions d'usage pourront être recommandées sur la gestion des déblais en cas d'affouillements ultérieurs (orientation en centre de traitement spécifiques en fonction de la qualité des sols extraits, conformément aux textes et guides en la matière).

10.3 ENCADREMENT DES MODIFICATIONS D'USAGE

Tout projet d'intervention remettant en cause l'usage du site, toute utilisation de la nappe, par quelconque personne physique ou morale, publique ou privée, nécessite la réalisation préalable, aux frais et sous la responsabilité de la personne à l'initiative du projet concerné, d'études techniques garantissant l'absence de risque pour la santé et l'environnement en fonction des travaux projetés.

10.4 INFORMATION DES TIERS

Les futurs propriétaires et usagers du site devront être informés de l'état des sols et des mesures de gestion réalisées, ils devront garantir à leur tour le maintien des mesures mises en place. Plus généralement, la mémoire de la localisation des contaminations maintenues sur site et leurs caractéristiques devra être conservée de manière pérenne dans les documents d'urbanisme, de copropriété et autres (acte de vente...).

Dans le cas d'un changement d'usage ultérieur, il conviendra au responsable de ce changement d'usage de vérifier la compatibilité sanitaire entre ce dernier et l'état des milieux souterrains. Ce changement d'usage devra être conforme au Plan Local d'Urbanisme (PLU) et une information auprès des services instructeurs réalisée (Préfet, Mairie...).

10.5 CONSERVATION DE LA MEMOIRE

Il est recommandé la conservation de la mémoire des contaminations du site et des travaux réalisés.

Des mesures concernant la conservation de la mémoire du site devront être prises par la mise en œuvre de servitudes destinées à pérenniser les restrictions d'usages et les dispositions constructives mises en œuvre.

11. EVALUATION DES INCERTITUDES

Comme toute étude, ce diagnostic est susceptible de présenter des incertitudes inhérentes aux nombreux facteurs intervenants dans sa réalisation (informations collectées, investigations et mesures réalisées, hypothèses prises en compte …).

Ces dernières font l'objet d'une évaluation qualitative dans le tableau ci-après, recensant pour les causes de ces incertitudes et les moyens mis en œuvre pour les limiter.

TABLEAU 29 : EVALUATION DES INCERTITUDES

Incertitudes	Causes éventuelles	Moyens mis en œuvre pour les limiter
Visite de site	Exhaustivité et fiabilité des informations.	L'ensemble du site a été visité.
Schéma conceptuel	Modification du projet d'aménagement ou de l'usage du site	**Toute modification du projet d'aménagement ou de l'usage du site est susceptible d'entrainer une modification du schéma conceptuel, et donc des recommandations formulées en conclusion.**
Plan de Gestion	Scénarios envisagés et estimation des coûts	Le plan de gestion est un document d'orientation visant à étudier différents de scénarios de gestion d'une contamination. Il est limité à l'étude 3 scénarios. La réalisation d'un PCT permet de consolider les scénarios envisagés. Par ailleurs, en aucun cas il ne doit servir de cahier des charges à des travaux de réhabilitation. De la même manière, les coûts estimés dans ce rapport sont issus de notre retour d'expérience pour des chantiers similaires. Il ne s'agit en aucun cas de montants précis engageant la responsabilité de SOCOTEC ENVIRONNEMENT. Pour les terres contaminées, d'une manière générale, la différence entre le volume de sol à traiter, estimé en fin de diagnostic et le volume réellement excavé en phase travaux s'avère, dans environ 60% des cas, de l'ordre de +25 % (> 30 % dans 1/3 des cas). Ainsi, « Il faut systématiquement avertir le client qu'une définition à 10% près relève de la chance plutôt que de la science... ». Ces estimations de volume sont par conséquent à considérer comme des ordres de grandeurs plutôt que des coûts affinés.
Analyse des enjeux des ressources en eaux	Hypothèses prises en considération	L'analyse des enjeux sur les ressources en eaux repose sur les données issues de études précédentes. Les données relatives aux niveaux d'eau peuvent varier d'une saison à une autre.
EQRS	Hypothèses et valeurs prises en considération	Se reporter à la partie A320

12. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

12.1 CONCLUSION

Dans le cadre du projet d'aménagement d'un quartier résidentiel sur le site implanté 6 route de la Rochelle à L'ILE D'ELLE (85), l'EPF85 a missionné SOCOTEC Environnement pour la réalisation d'un plan de gestion.

La présente étude a été réalisée afin de répondre aux problématiques suivantes :

- confirmer et dimensionner les contaminations des sols mises en évidence ;
- déterminer les solutions de gestion envisageables.

Le présent rapport s'appuie sur la compilation des différentes études réalisées à l'échelle du site (EODD 2017, 2019 et 2021 et SOCOTEC Environnement 2025).

En synthèse, les contaminations suivantes ont été caractérisées sur l'emprise d'étude :

Typologie de contamination	Localisation et description de la contamination	Caractéristiques des impacts	Sondages concernés	Dimensions à considérer	Tonnage à considérer	Actions à mettre en œuvre
CONTAMINATION CONCENTRÉE	**Zone 1a** : Partie ouest de la friche industrielle, aux abords du bac de rétention d'huiles historique dans le hangar tracteurs historiques	• Contamination des sols en HCT • Impact en hydrocarbures aromatiques C_8-C_{12} dans les gaz du sol	S9, T12, T13, T14, U2, U5, W8	Epaisseur : 0-1 m Surface : 640 m² Volume : 640 m³	1 150 tonnes	Solution de gestion potentielle devant faire l'objet d'un bilan coût-avantage, seuil de coupure théorique à 500 mg/kg MS
				Epaisseur : 1-2 m Surface : 660 m² Volume : 660 m³	1190 tonnes	
				Epaisseur : 2-3 m Surface : 880 m² Volume : 880 m³	1590 tonnes	
			TOTAL FOURCHETTE BASSE	**2 180 m³**	**3930 tonnes**	
			TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)	**2 830 m³**	**5 110 tonnes**	
	Zone 1b : Partie sud-ouest de la friche industrielle, au droit de l'ancienne fonderie	Contamination des sols en métaux (plomb et cuivre/zinc) et anomalie en BTEX	S12, U7, W12, T16 et T14 *(sondage localisé au droit de la zone 1a)* Uniquement S12 pour les BTEX	Epaisseur : 0-3 m Surface : 70 m² Volume : 210 m³	380 tonnes	Solution de gestion potentielle devant faire l'objet d'un bilan coût-avantage, seuil de coupure théorique en plomb à 100 mg/kg MS
				Epaisseur : 0-1 m Surface : 70 m² Volume : 70 m³	130 tonnes	
			TOTAL FOURCHETTE BASSE	**280 m³**	**510 tonnes**	
			TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)	**365 m³**	**665 tonnes**	
CONTAMINATION PONCTUELLE LOCALISEE	**Zone 2** : partie est de la fiche industrielle	Anomalie significative ponctuelle en HAP	S2	Epaisseur : 0-1 m Surface : 30 m² Volume : 30 m³	55 tonnes	Gestion similaire aux zones 1a et 3
			TOTAL FOURCHETTE BASSE	**30 m³**	**55 tonnes**	
			TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)	**40 m³**	**70 tonnes**	
	Zone 3 : partie centre/est de la friche industrielle	Anomalie significative ponctuelles en HCT	V4 et W17	Epaisseur : 0-1 m Surface : 30 m² Volume : 30 m³	55 tonnes	A gérer de la même façon que la pollution concentrée (seuil de coupure théorique à 500 mg/kg MS)
			TOTAL FOURCHETTE BASSE	**30 m³**	**55 tonnes**	
			TOTAL FOURCHETTE HAUTE (+30%)	**40 m³**	**70 tonnes**	

Aucune contamination n'a été mise en évidence dans les eaux souterraines. De plus les études montrent que les eaux prélevées correspondraient davantage à des eaux de ruissellement à travers les remblais présents sur le site qu'à une nappe d'eaux souterraines à proprement parler. La ressource en eau n'est ainsi pas jugée vulnérable.

Pour la gestion des contaminations, 4 scénarios ont été envisagés :

- Scénario n°1 : excavation + évacuation de toutes les terres contaminées en plateforme de tri ou ISDD,
- Scénario n°2 : excavation + traitement préalable sur site des terres contaminées issues des zones 1a, 2 et 3 en biotertre ; et excavation + évacuation des terres contaminées issues la zone 1b en ISDD,
- Scénario n°3 : excavation + évacuation des terres contaminées issues des zones 1a, 2 et 3 en plateforme de tri ; et excavation + traitement des terres contaminées issues la zone 1b par phyto-stabilisation,
- Scénario n°4 : excavation + traitement préalable sur site des terres contaminées issues des zones 1a, 2 et 3 en biotertre; et excavation + traitement des terres contaminées issues la zone 1b par phyto-stabilisation.

L'étude de phytomanagement menée par MicroHumus a permis de consolider l'hypothèse de la mise en œuvre d'un traitement par phyto-stabilisation des contaminations métalliques.

La faisabilité technique et organisationnelle du traitement envisagé par biotertre des contaminations organiques a également été avancée par les résultats des études menées sur site et en laboratoire.

D'un point de vue global, au vu du bilan coûts-avantages établi, le **scenario 4** apparaît donc comme le plus pertinent.

L'analyse des enjeux sanitaires menée sur la base des campagnes d'investigations sur les milieux a permis de valider la compatibilité sanitaire du futur projet d'aménagement, sous réserve de mise en œuvre des travaux de réhabilitation suivant le présent plan de gestion.

Les conditions de validité des conclusions formulées sont liées aux limites et incertitudes présentées au paragraphe 11.

12.2 RECOMMANDATIONS

12.2.1 Excavations et évacuations de terres et bétons

Dans le cadre des travaux de terrassement, et de l'évacuation des déblais, ces derniers devront être éliminés en filière adaptées (plateforme de tri ou ISDD, sous réserve d'acceptation préalable). En outre, les travaux devront se dérouler selon les guides et bonnes pratiques relatifs à ce domaine.

Certains bétons n'étant analytiquement pas inertes et ainsi ne pouvant pas faire l'objet d'un réemploi ou d'une évacuation en filière classique (type ISDI), ces derniers devront faire l'objet d'une gestion spécifique (ex : évacuation en ISDND voire ISDD selon acceptation préalable, soit 120 à 160€/t H.T.). Dans le cadre du marché de travaux, il conviendra de caractériser les lots de béton dans les secteurs concernés (par lot de 250 à 500 m³) afin d'optimiser les volumes de béton remployables sur site ou à extraire du site.

Un suivi en phase chantier par un bureau d'étude spécialisé devra être assuré et les évacuations réalisées conformément à la réglementation en vigueur. De plus, conformément au décret du 25 mars 2021 relatif à la traçabilité des déchets, si le volume de terre à excaver est supérieur à 500 m³, le mouvement des terres devra être enregistré sur TrackDéchets.

12.2.2 Mise en place de mesures constructives

Compte tenu de l'usage futur (résidentiel) considéré sensible et afin de limiter les voies de transferts, il est recommandé : la mise en place systématique d'un recouvrement (enrobé, dalle béton ou terre végétale saine) au droit du site et la mise en place des réseaux AEP en dehors des secteurs contaminés. A défaut, des canalisations AEP avec des matériaux adaptés devront être mises en place, réputé imperméables aux polluants chimiques organiques ou placées dans des tranchées remblayées à l'aide de terre saine.

12.2.3 Restrictions d'usages

Tout usage futur éventuel (puisage d'alimentation en eau privatif notamment) devra être préalablement validé par une campagne d'analyse sur le milieu en question.

Par ailleurs, en fonction des teneurs résiduelles mesurées en réception de travaux de dépollution sur les sols, des restrictions d'usage pourront être recommandées sur la gestion des déblais en cas d'affouillements ultérieurs (orientation en centre de traitement spécifiques en fonction de la qualité des sols extraits, conformément aux textes et guides en la matière)

12.2.4 Conservation de la mémoire

Les conclusions et recommandations de la présente étude devront être conservées dans la mémoire du site. En particulier, les futurs propriétaires et occupants du site devront être informés de l'état des sols et de la localisation des contaminations qui resteraient en place sur site.

Tout changement d'usage éventuel ou changement de configuration du projet, devra faire l'objet d'une nouvelle analyse sanitaire préalable permettant de valider le nouvel usage.

Aussi, dans le cadre d'un dépôt de permis de construire sur un terrain sur lequel était exploitée une ICPE, une ATTES-ALUR devra être initiée par le nouveau propriétaire et établie par un bureau d'étude certifié. Il s'agit d'une attestation garantissant la bonne réalisation d'une étude de sols et sa bonne prise en compte dans la conception du projet afin d'assurer la compatibilité des sols avec l'usage futur du site. Celle-ci devra être produite sur la base du programme d'aménagement envisagé et annexée à la demande d'instruction.

SOCOTEC Environnement recommande de garder la mémoire de cette étude. En cas de transaction impliquant tout ou partie du site, transmettre le présent rapport à l'acquéreur / aménageur ainsi qu'au notaire afin qu'il apparaisse dans l'acte de vente et que la mémoire de cette étude soit conservée.

ANNEXES :

ANNEXE 1 : QUESTIONNAIRE DE VISITE DE SITE

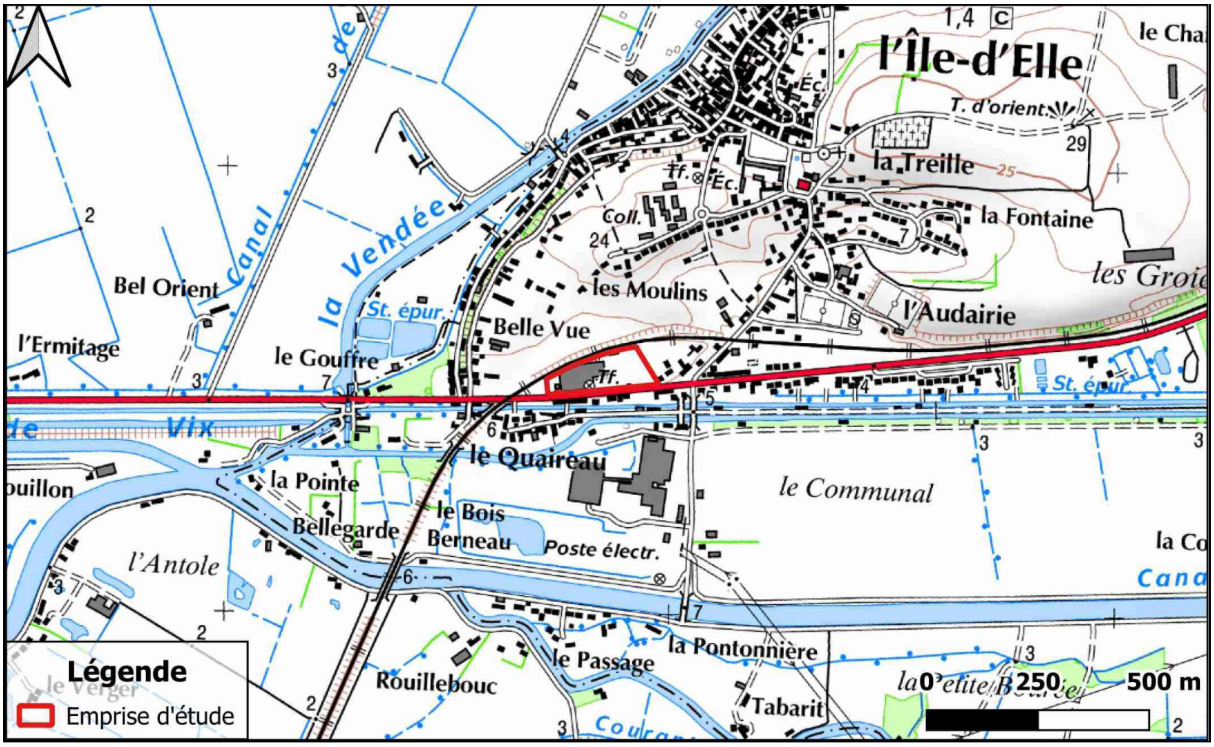
Questionnaire de visite de site

Auteur(s) : Nina RAMOS Organisme : SOCOTEC Environnement

Date(s) de visite : 28/01/2025

1.Identification et localisation du site

Adresse : 6 Route De La Rochelle, 85770 L'Île-d'Elle, France
Département : 85
Surface : 16139.0 m²
Topographie générale du site : plane
Coordonnées GPS(WGS84): X = -0,952292 / Y = 46,325339 / Z (m NGF) = 6,0 m



Plan de localisation

Utilisation actuelle du site: Le site d'étude est occupé par :> une friche industrielle sur la partie est. Seules des vestiges d'infrastructures (dalle béton) subsiste,> un terrain nu sur la partie ouest composés de quelques cabanons vides.

Usage du site : Industriel

Condition d'accès au site : Site clôturé mais non surveillé

Population présente sur site : Aucune présence

2. Activité(s) industrielle(s) pratiquée(s) sur site

Historique des activités

Sans objet

Historique des situations administratives

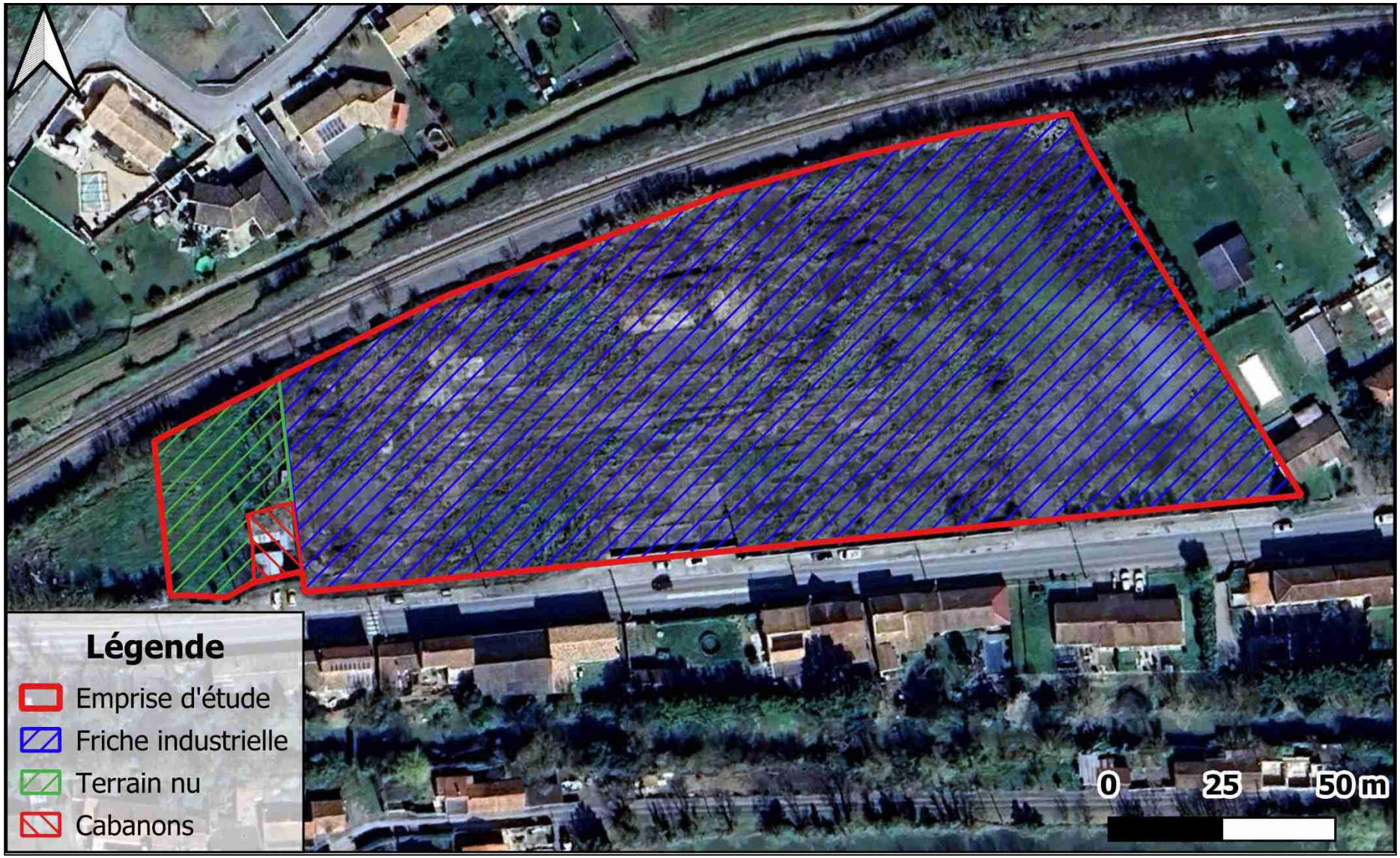
Sans objet

3. Environnement du site

Rayon de visite : 100.0 m
Usages constatés :

Site	Usage	Cible	Distance au site	Position	Positionnement hydraulique supposé	Commentaire
Terrain nu	Terrain nu		50,0 m	Ouest	Ne sait pas	
Voie ferrée	voie ferrée	Aucune présence	0,0 m	Nord	Ne sait pas	
Canal de Vix à 30 m au sud et Contre-Bot de Vix à 60 m au sud	Eaux superficielles	Aucune présence	30,0 m	Sud	Ne sait pas	
Parcelles résidentielles privatives (maisons d'habitation avec jardin), en bordure est et à partir de 30 m au nord et au sud	Résidentiel individuel	Résidents adultes, Résidents enfants	30,0 m	Est	Ne sait pas	

4. Description sur place



Plan de visite de site

Photographies du site

Bâtiments, Superstructures, Ouvrages, Stockages, Dépôts, Décharges…existants

Composition du site :

- Bâtiments :

Cabanons sans usages
Utilisation : Cabanons sans usages
Surface : 70 m²
Nombre d'étage : 0
Mode de chauffage : Sans chauffage
Occupé ()
Mauvais état
Accessible

Remarque : -

- Espaces extérieurs : - Terrain nu

- Eléments remarquables identifiées :

5. Milieu(x) susceptible(s) d’être pollué(s)

AIR

Présence de produits volatils / pulvérulents : -

Présence de source(s) d’émissions gazeuses ou de poussières, sur le site ou à proximité : -

Ouvrages présents sur site : -

EAUX SUPERFICIELLES

Présence d’eaux superficielles sur site : -

Existence de rejets directs en provenance du site : -

Existence de ruissellement superficiel : -

Présence d’eaux superficielles à proximité : -

EAUX SOUTERRAINES

Ouvrages présents sur site : -

SOLS

Traces de pollution constatées :

POLLUTIONS ET ACCIDENTS CONNUS

Pollutions :

Sans objet

Accidents :

Sans objet

PLAINTE CONCERNANT L'USAGE DES MILIEUX

Aucune plainte connue

6. Documents concernant le site

Cf. Rapport

7. Personnes rencontrées ou à rencontrer

Sans objet

8. Schéma conceptuel

Réalisé dans le cadre du rapport.

9. Préconisation pour un contrôle de la qualité des milieux

Réalisée dans le cadre du rapport.

10. Mesures de mise en sécurité à prendre

Points de vérification	Observations	Danger immédiat pour l'environnement et la santé publique
Etat des dalles	Etat des vestiges de dalles difficilement visible compte tenu de la végétation dense	Non
Activité sur terrains nus	Actuellement sans objet	Non
Accessibilité et protection	Le site est clôturé mais pas surveillé	Non
Substance polluante	Actuellement sans objet	Non

Sans objet

ANNEXE 2 : CARACTERISTIQUES ET TOXICITE DES SUBSTANCES

L'évaluation du potentiel danger d'une substance consiste à identifier les effets néfastes que celle-ci est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme.

Il est donc nécessaire de connaître, pour chaque substance :

- ses caractéristiques physico-chimiques, qui permettent de déterminer son comportement dans l'environnement (mobilité, volatilité, solubilité…) ;
- ses effets sur la santé (dangers associés, relations dose/effets, organes-cibles, voies d'exposition…) : effets systémiques, cancérigènes, tératogènes, mutagènes, effets sur la reproduction et le développement ;
- ses produits de dégradation, leur potentiel de formation et leurs caractéristiques.

Les dangers associés aux polluants considérés dans le cadre de la présente étude ont été recherchés et consignés ci-après. Cette recherche a été essentiellement basée sur les classements des substances dangereuses du règlement n°1272/2008 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2008 (CLP), de la directive CE n°67/548/CE (abrogée), les classements du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), les « Risk Assessment Guidelines » de l'Agence de Protection de l'Environnement des Etats-Unis (US EPA) et les fiches toxicologiques de l'INERIS et de l'INRS.

CARACTERISTIQUES ET COMPORTEMENT DES SUBSTANCES

Substances	Forme	Solubilité	Volatilité	Comportement			Biodégradation / Sous-produits
				Dans l'air	Dans l'eau	Dans les sols	
Hydrocarbures totaux							
Hydrocarbures aliphatiques C>16	-	Solubilité très faible	Très peu volatils	Essentiellement sous forme particulaire	Adsorption importante sur les matières en suspension et les sédiments Volatilisation négligeable	Mobilité très faible (adsorption forte) Volatilisation peu importante à nulle	Faible biodégradabilité
Hydrocarbures aromatiques C>16	-	Solubilité très faible	Très peu volatils	Essentiellement sous forme particulaire	Adsorption importante sur les matières en suspension et les sédiments Volatilisation négligeable	Mobilité très faible (adsorption forte) Volatilisation peu importante à nulle	Faible biodégradabilité
Hydrocarbures aliphatiques <C16	-	Solubilité très faible	Volatils	Sous forme gazeuse	Adsorption importante sur les matières en suspension et les sédiments Volatilisation importante	Mobilité très faible (adsorption forte) Volatilisation importante	Biodégradation minoritaire
Hydrocarbures aromatiques <C16	-	Faible solubilité (C10-C12 : 25 mg/l)	Volatilité élevée	Sous forme gazeuse	Volatilisation importante Adsorption sur les matières en suspension et les sédiments	Volatilisation importante Mobilité faible (adsorption importante)	Biodégradation minoritaire
Hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX)							
Benzène	C_6H_6	Solubilité élevée (environ 1 800 mg/l à 20-25°C)	Volatilité élevée	Principalement sous forme gazeuse	Sous forme soluble Volatilisation importante	Mobile Volatilisation importante	Facilement biodégradable en conditions aérobies : ½ vie dans l'eau = 15 jours (CE-1996) Produits de dégradation aérobie : phénols, acides benzoïques Biodégradable en conditions anaérobies
Toluène	C_6H_5-CH_3	Faible solubilité (environ 500 mg/l à 20°C)	Volatilité élevée	Sous forme gazeuse	Adsorption sur la phase particulaire Volatilisation importante	Moyennement mobile à mobile Volatilisation importante	Facilement biodégradable ½ vie aérobie dans l'eau : 4 jours (HSDB) Produits de dégradation aérobie : phénols, acides benzoïques Biodégradable en conditions anaérobies Produits de dégradation anaérobie non connus
Ethylbenzène	C_6H_5-C_2H_5	Faible solubilité (environ 150 à 200 mg/l à 20-25°C)	Volatilité élevée	Sous forme gazeuse	Adsorption sur la phase particulaire Volatilisation importante	Mobilité modérée Volatilisation importante	Facilement biodégradable en conditions aérobies : ½ vie dans l'eau de surface estimée à 40 jours (INERIS-2003) Produits de dégradation aérobie : phénols, acides benzoïques Dégradation observée en conditions anaérobies Produits de dégradation anaérobie non connus
Xylènes (m-, o-, p-)	C_6H_4-$(CH_3)_2$	Faible solubilité (environ 150 à 200 mg/l à 20-25°C)	Volatilité élevée	Sous forme gazeuse	Volatilisation importante	Volatilisation importante En profondeur, tendance à être lixiviés	Facilement biodégradables (surtout m- et p-xylènes) Produits de dégradation aérobie : phénols, acides benzoïques ½ vie aérobie dans les eaux de surface du o-xylène : 150 jours (CE-1996) Peu ou pas de biodégradation en conditions anaérobies
Métaux							
Plomb (Pb) et dérivés inorganiques	Principalement sulfure de plomb Composés organo-plombés non existants à l'état naturel ni susceptibles de se former dans les sols	Composés inorganiques peu solubles Composés halogénés et acétates de plomb plus solubles	Composés inorganiques non volatils	Sous forme particulaire Essentiellement carbonates, oxycarbonates, oxydes et sulfates de plomb	Adsorption sur les particules en suspension et les sédiments Précipitation sous forme de sels insolubles (carbonate, sulfate ou sulfure)	Faible mobilité, accumulation dans les horizons de surface riches en matière organique Formation de sulfure de plomb, insoluble, ou adsorption sur les argiles, la matière organique et les oxydes de fer et manganèse	/

TOXICITE DES SUBSTANCES

Substances	Voies d'exposition		Organe(s) cible(s)	Effets sur l'homme - toxicité chronique	Mentions de dangers règlement CE/1272/2008	Cancérogénéité			Reprotoxicité	Mutagénicité
	Principale	Secondaire				Classification CIRC	Classification UE	Classification US-EPA		
Hydrocarbures aromatiques monocycliques (BTEX)										
Benzène	Inhalation (TA = 50%)	Orale (TA = 97% chez l'animal) Cutanée (TA < 1% chez l'animal)	Système hématopoïétique (système nerveux central, système immunitaire)	Par inhalation : - effets hémotoxiques et immunotoxiques : atteinte de la moelle épinière (anémie aplasique, myéloprolifératif, leucémie) - effets neurologiques (observés chez les rongeurs)	H225 H350 H340 H372 H304 H319 H315	1	1A	A	-	1B
Toluène	Inhalation (TA = 50%)	Orale (TA = 100%) Cutanée	Système nerveux central (foie, reins, fœtus, lait maternel)	Par inhalation : - effets neurologiques : dysfonctionnement cérébraux, pyramidaux et cognitifs (tremblements, ataxie, troubles de la mémoire, atrophie du cervelet) - syndrôme psycho-organique : neurasthénie, diminution des réponses aux tests psyco-moteurs - éventuelles atteintes rénales et hépatiques	H225 H361d (***) H304 H373 (**) H315 H336	3 (1999)	-	Données inadéquates (2005)	Catégorie 3 / catégorie 2 (CLP modifié)	-
Ethylbenzène	Inhalation (TA = 49-64%) Cutanée	Orale	Foie et reins (système hématologique)	Par inhalation : Troubles du système hématopoïétique ; toutefois effets observés sur un mélange d'alkylbenzènes Aucune donnée concernant les effets systémiques induits par une exposition chronique par voie orale ou par voie cutanée à l'éthylbenzène n'est disponible chez l'homme.	H225 H332 H373 (organes de l'ouïe) H304	2B (2000)	-	D (1991)	-	-
m-Xylène	Inhalation (TA = 62-64%)	Cutanée (TA = 50-160 µg/min) Orale	Par inhalation : Système nerveux central, foie, sang, poumons (et peau, pate, reins) Par voie cutanée : yeux, système nerveux central, peau, foie Par ingestion : non déterminé	Exposition par voies pulmonaires et cutanées : irritation des yeux, troubles respiratoires, troubles cardio-vasculaires, troubles gastriques, atteintes hématologiques et immunologiques, troubles hépathiques, rénaux et neurologiques (maux de tête, vertiges, malaises, irritabilité, perte de la mémoire et de la concentration) Pas d'étude sur l'exposition par voie orale chez l'homme	H226 H332 H312 H315	3 (1999)	-	Données inadéquates (2003)	-	-
p-Xylène					H226 H332 H312 H315		-		-	-
o-Xylène					H226 H332 H312 H315		-		-	-
Hydrocarbures totaux										
Hydrocarbures C5-C16	Inhalation Orale Cutanée		Système nerveux central Appareil respiratoire	• Peu de données spécifiques disponibles pour ce composé dans les bases consultées. • Composé peu toxique. Par extrapolation, effets sans doute similaires à ceux de l'hexane ou de l'octane. • Irritations pulmonaires	Selon composés	-	-	-	-	-
Eléments traces métalliques										
Plomb et dérivés du plomb (inorganiques)	Orale (TA variables : 5 à 50%)	Inhalation (TA = 20-30%)	Système nerveux Système circulatoire Reins Appareil digestif Os Thyroïde Système cardio-vasculaire Système immunitaire	Aaturnisme Paralysie Anémie Atteintes rénales Hypertension artérielle Effets sur la thyroïde	H360fd	2B	3	B2		

Mention de danger -Règlement CE/1272/2008

H200 – Explosif instable.
H201 – Explosif; danger d'explosion en masse.
H202 – Explosif; danger sérieux de projection.
H203 – Explosif; danger d'incendie, d'effet de souffle ou de projection.
H204 – Danger d'incendie ou de projection.
H205 – Danger d'explosion en masse en cas d'incendie.
H220 – Gaz extrêmement inflammable.
H221 – Gaz inflammable.
H222 – Aérosol extrêmement inflammable.
H223 – Aérosol inflammable.
H224 – Liquide et vapeurs extrêmement inflammables.
H225 – Liquide et vapeurs très inflammables.
H226 – Liquide et vapeurs inflammables.
H228 – Matière solide inflammable.
H240 – Peut exploser sous l'effet de la chaleur.
H241 – Peut s'enflammer ou exploser sous l'effet de la chaleur.
H242 – Peut s'enflammer sous l'effet de la chaleur.
H250 – S'enflamme spontanément au contact de l'air.
H251 – Matière auto-échauffante; peut s'enflammer.
H252 – Matière auto-échauffante en grandes quantités; peut s'enflammer.
H260 – Dégage au contact de l'eau des gaz inflammables qui peuvent s'enflammer spontanément.
H261 – Dégage au contact de l'eau des gaz inflammables.
H270 – Peut provoquer ou aggraver un incendie; comburant.
H271 – Peut provoquer un incendie ou une explosion ; comburant puissant.
H272 – Peut aggraver un incendie; comburant.
H280 – Contient un gaz sous pression; peut exploser sous l'effet de la chaleur.
H281 – Contient un gaz réfrigéré; peut causer des brûlures ou blessures cryogéniques.
H290 – Peut être corrosif pour les métaux.
H300 – Mortel en cas d'ingestion.
H301 – Toxique en cas d'ingestion.
H302 – Nocif en cas d'ingestion.
H304 – Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires.
H310 – Mortel par contact cutané.
H311 – Toxique par contact cutané.
H312 – Nocif par contact cutané.
H314 – Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves.
H315 – Provoque une irritation cutanée.
H317 – Peut provoquer une allergie cutanée.
H318 – Provoque des lésions oculaires graves.
H319 – Provoque une sévère irritation des yeux.
H330 – Mortel par inhalation.
H331 – Toxique par inhalation.
H332 – Nocif par inhalation.
H334 – Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation.
H335 – Peut irriter les voies respiratoires.
H336 – Peut provoquer somnolence ou vertiges.
H340 – Peut induire des anomalies génétiques
H341 – Susceptible d'induire des anomalies génétiques.
H350 – Peut provoquer le cancer
H351 – Susceptible de provoquer le cancer.
H360 – Peut nuire á la fertilité ou au fœtus.
H361 – Susceptible de nuire á la fertilité ou au fœtus.
H362 – Peut être nocif pour les bébés nourris au lait maternel.
H370 – Risque avéré d'effets graves pour les organes.
H371 – Risque présumé d'effets graves pour les organes.
H372 – Risque avéré d'effets graves pour les organes á la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée.
H373 – Risque présumé d'effets graves pour les organes *á* la suite d'expositions répétées ou d'une exposition prolongée.
H400 – Très toxique pour les organismes aquatiques.
H410 – Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.
H411 – Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.
H412 – Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.
H413 – Peut être nocif à long terme pour les organismes aquatiques.

EUH 001 – Explosif à l'état sec.
EUH 006 – Danger d'explosion en contact ou sans contact avec l'air.
EUH 014 – Réagit violemment au contact de l'eau.
EUH 018 – Lors de l'utilisation, formation possible de mélange
vapeur-air inflammable/explosif.
EUH 019 – Peut former des peroxydes explosifs.
EUH 044 – Risque d'explosion si chauffé en ambiance confinée.
EUH 029 – Au contact de l'eau, dégage des gaz toxiques.
EUH 031 – Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique.
EUH 032 – Au contact d'un acide, dégage un gaz très toxique.
EUH 066 – L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau.
EUH 070 – Toxique par contact oculaire.
EUH 071 – Corrosif pour les voies respiratoires.
EUH 059 – Dangereux pour la couche d'ozone.
EUH 201 – Contient du plomb. Ne pas utiliser sur les objets susceptibles d'être mâchés ou sucés par des enfants.
EUH 201A – Attention! Contient du plomb.
EUH 202 – Cyanoacrylate. Danger. Colle à la peau et aux yeux en quelques secondes. À conserver hors de portée des enfants.
EUH 203 – Contient du chrome (VI). Peut produire une réaction allergique.
EUH 204 – Contient des isocyanates. Peut produire une réaction allergique.
EUH 205 – Contient des composés époxydiques. Peut produire une réaction allergique.
EUH 206 – Attention! Ne pas utiliser en combinaison avec d'autres produits. Peut libérer des gaz dangereux (chlore).
EUH 207 – Attention! Contient du cadmium. Des fumées dangereuses se développent pendant l'utilisation. Voir les informations fournies par le fabricant. Respectez les consignes de sécurité.
EUH 208 – Contient du (de la) (nom de la substance sensibilisante). Peut produire une réaction allergique.
EUH 209 – Peut devenir facilement inflammable en cours d'utilisation.
EUH 209A – Peut devenir inflammable en cours d'utilisation.
EUH 210 – Fiche de données de sécurité disponible sur demande.
EUH 401 – Respectez les instructions d'utilisation pour éviter les risques pour la santé humaine et l'environnement

Classements des substances cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques

Classement du Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC) :

- Groupe 1 : L'agent ou le mélange est cancérogène pour l'homme. Le mode d'exposition à cet agent entraîne des expositions qui sont cancérogènes pour l'homme.
- Groupe 2A : L'agent ou le mélange est probablement cancérogène pour l'homme. Le mode d'exposition à cet agent entraîne des expositions qui sont probablement cancérogènes pour l'homme.
- Groupe 2B : L'agent ou le mélange est peut-être cancérogène pour l'homme. Le mode d'exposition à cet agent entraîne des expositions qui sont peut-être cancérogènes pour l'homme.
- Groupe 3 : L'agent, le mélange ou le mode d'exposition est inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'homme.
- Groupe 4 : L'agent, le mélange ou le mode d'exposition n'est probablement pas cancérogène pour l'homme.

Classement de l'Union Européenne (UE) :

- Catégorie 1 : Substances que l'on sait être cancérogènes pour l'homme
- Phrases de risque : R45 : Peut causer le cancer / R49 : Peut causer le cancer par inhalation
- Catégorie 2 : Substances devant être assimilées à des substances cancérogènes pour l'homme.
- Phrases de risque : R45 : Peut causer le cancer / R49 : Peut causer le cancer par inhalation
- Catégorie 3 : Substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles.
- Phrases de risque : R40 : Effet cancérogène suspecté. Preuves insuffisantes.

Classement de l'US EPA (base de données IRIS) :

- Groupe A : cancérogène pour l'homme
- Groupe B (B1/B2) : cancérigène probable pour l'homme
- Groupe C : cancérogène possible pour l'homme
- Groupe D : non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme

Substances mutagènes :

- Catégorie 1 : substances que l'on sait être mutagènes pour l'homme
- Catégorie 2 : substances devant être assimilées à des substances mutagènes pour l'homme
- Catégorie 3 : substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets mutagènes possibles

Substances reprotoxiques :

- Catégorie 1 : substances connues pour altérer la fertilité dans l'espèce humaine ou pour provoquer des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine
- Catégorie 2 : substances devant être assimilées à des substances altérant la fertilité dans l'espèce humaine ou causant des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine
- Catégorie 3 : substances préoccupantes pour la fertilité dans l'espèce humaine ou pour l'homme en raison d'effets toxiques possibles sur le développement

ANNEXE 3 : CHOIX DES VTR 11-24

Conformément aux recommandations de la note DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués, les bases de données suivantes ont été consultées :

- ANSES
- Portail substances chimiques de l'INERIS (expertise nationale collective)
- IRIS (US EPA)
- MRL de l'Agence des Substances Toxiques et d'Enregistrement des Maladies (ATSDR)
- OMS/IPCS
- Santé Canada
- RIVM (Agence environnementale des Pays-Bas)
- OEHHA (Agence environnementale de la Californie)
- EFSA

Cette note préconise la méthodologie de choix des valeurs toxicologiques de référence suivante :

I. Si aucune valeur toxicologique de référence n'est recensée pour une substance chimique dans l'une des 8 bases de données (ANSES, US EPA, OMS/IPCS, ATSDR, Santé Canada, RIVM, OEHHA, EFSA), une quantification des risques pour cette substance n'est pas envisageable.

Dans ce cadre, la valeur mesurée de l'exposition est à comparer à des valeurs guides (OMS) et à des valeurs réglementaires, en tenant compte des valeurs de bruit de fond, et il convient de proposer des mesures de surveillance ainsi que des mesures techniques de réduction des émissions.

II. Dans le cas où une seule valeur existe parmi ces 8 bases de données, elle doit correspondre aux conditions d'exposition (durée, voies…) auxquelles la population est confrontée. En tout état de cause, il ne pourra pas :
   - être utilisé une valeur toxicologique aiguë pour une exposition chronique et vice versa ;
   - en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, être transposé à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire ;
   - être procéder à une transposition de la VTR par voie orale en une VTR par voie respiratoire (ou vice versa).

   De façon exceptionnelle, une transposition voie à voie ou une transposition d'une durée d'exposition à une autre pourra être proposée. Cette démarche de transposition devra nécessairement être transmise à la DGS qui jugera si une saisine de l'Anses doit être faite.

III. Si plusieurs VTR existent dans les bases de données pour une même voie et une même durée d'exposition, il est recommandé d'effectuer le choix selon la hiérarchisation suivante :
   - en premier lieu la VTR de l'ANSES ;
   - à défaut, si une expertise nationale a été menée et a abouti à une sélection approfondie parmi les VTR disponibles, la VTR correspondante, si cette expertise a été réalisée postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente ;
   - à défaut, la VTR la plus récente parmi les 3 bases de données : US-EPA, ATSDR ou OMS sauf si l'organisme de référence indique que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée ;
   - et enfin, la VTR la plus récente parmi les 4 bases de données : Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA.

N° CAS	Composés	INHALATION				INGESTION			
		Effet à seuil		Effet sans seuil		Effet à seuil		Effet sans seuil	
		VTR retenues (µg/m3)	Sources	VTR retenues (µg/m3)-1	Sources	VTR retenues (mg/kg/j)	Sources	VTR retenues (mg/kg/j)-1	Sources
	Hydrocarbures volatils et totaux								
	TPH >C5-C8 aliph	1,84E+04	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*		2,00E+00	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*	
	TPH >C8-C10 aliph	1,00E+03	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*		1,00E-01	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*	
	TPH >C10-C12 aliph	1,00E+03	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*		1,00E-01	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*	
	TPH >C12-C16 aliph	1,00E+03	RIVM (2001))	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*		1,00E-01	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*	
	HCT >C16-C35 aliph	*Absence de VTR pour les effets à seuil*		*Absence de VTR pour les effets sans seuil*		2,00E+00	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*	
	HCT >C35-C40 aliph	*Absence de VTR pour les effets à seuil*		*Absence de VTR pour les effets sans seuil*		2,00E+01	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*	
	TPH >C5-C8 arom	4,00E+02	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*		2,00E-01	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*	
	TPH >C8-C10 arom	2,00E+02	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*		4,00E-02	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*	
	TPH >C10-C12 arom	2,00E+02	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*		4,00E-02	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*	
	TPH >C12-C16 arom	2,00E+02	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*		4,00E-02	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*	
	HCT >C16-C35 arom	*Absence de VTR pour les effets à seuil*		*Absence de VTR pour les effets sans seuil*		3,00E-02	RIVM (2001)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*	
	Solvants aromatiques								
71-43-2	Benzène	9,75E+00	ATSDR (2007)	1,6E-06	ANSES (2024)	5,00E-04	ATSDR (2007)	5,5 10-2	US EPA (2000)
108-88-3	Toluène	1,90E+04	ANSES (2017)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*		9,70E-03	Santé Canada (2021)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*	
100-41-4	Ethylbenzène	1,50E+03	ANSES (2016)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*		2,20E-02	Santé Canada (2021)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*	
108-38-3 ; 106-42-3 ; 95-47-6	Xylènes	1,00E+02	ANSES (2020)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*		1,30E-02	Santé Canada (2021)	*Absence de VTR pour les effets sans seuil*	
	Eléments traces métalliques								
7439-92-1	Plomb	9,00E-01	ANSES (2013)	1,20E-05	OEHHA (2011)	6,30E-04	ANSES (2013)	8,50E-03	OEHHA (2011)

ANNEXE 4 : DETAIL DES CALCULS DES DOSES D'EXPOSITION

Inhalation d'air ambiant

D'après le guide méthodologique « La démarche d'Analyse des Risques Résiduels » (Version 0, approuvé le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable et mis en application le 08 février 2007), les concentrations moyennes inhalées sont déterminées de la manière suivante :

$$CI = (\sum(C_i \times t_i)) \times F \times T / TM$$

Avec : CI : concentration moyenne inhalée (µg/m^3)

Ci : concentration de contaminant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps ti (µg/m3)

ti : fraction du temps d'exposition à la concentration Ci pendant une journée

F : fréquence d'exposition : nombre annuel de jours d'exposition ramené au nombre total annuel de jour (sans unité)

T : durée d'exposition (années)

TM : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années)

TM = T pour les effets à seuil

TM = durée de vie entière Tm pour les effets sans seuil, soit 70 ans

La première étape consiste donc en un calcul par modélisation des concentrations dans les l'air inhalée à partir des données disponibles dans les gaz des sols. Cette modélisation a ici été réalisée à partir du modèle Johnson & Ettinger (Version 2017).

Scénario résidentiel – Cible adulte

N° CAS	Substance	Concentration mesurée dans les gaz	Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)		Taux de saturation du composé en phase gazeuse	Concentration dans l'air ambiant intérieur	Concentrations inhalées		Niveaux de risques	
		Cgaz	RfC	ERUi	%Sat	Ci	$CI_{(tox.)}$	$CI_{(canc.)}$	QD	ERI
		µg/m^3	mg/m3	(µg/m3)-1	%	µg/m3	µg/m3	µg/m3	-	-
71432	Benzene	50	9,75E-03	1,60E-06	0,000%	9,4E-02	9,44E-02	4,04E-02	9,68E-03	6,47E-08
100414	Ethylbenzene	500	1,50E+00		0,001%	8,9E-01	8,89E-01	3,81E-01	5,92E-04	
108883	Toluene	1050	1,90E+01		0,001%	1,9E+00	1,92E+00	8,22E-01	1,01E-04	
1330207	Xylenes	2380	1,00E-01		0,005%	4,1E+00	4,14E+00	1,78E+00	4,14E-02	
Aliph C10-C12	Hydrocarbures fraction aliphatique C10-C12	350	1,00E+00		0,018%	5,7E-01	5,71E-01	2,45E-01	5,71E-04	
Aliph C5-C6	Hydrocarbures fraction aliphatique C5-C6	130	1,84E+01		0,000%	2,4E-01	2,41E-01	1,03E-01	1,31E-05	
Aliph C6-C8	Hydrocarbures fraction aliphatique C6-C8	3520	1,84E+01		0,001%	6,3E+00	6,33E+00	2,71E+00	3,44E-04	
Aliph C8-C10	Hydrocarbures fraction aliphatique C8-C10	6000	1,00E+00		0,033%	1,0E+01	1,00E+01	4,29E+00	1,00E-02	
Arom C10-C12	Hydrocarbures fraction aromatiques C10-C12	590	2,00E-01		0,011%	1,0E+00	9,98E-01	4,28E-01	4,99E-03	
Arom C12-C16	Hydrocarbures fraction aromatiques C12-C16	90	2,00E-01		0,100%	1,5E-01	1,47E-01	6,29E-02	7,34E-04	
Arom C8-C10	Hydrocarbures fraction aromatiques C8-C10	6380	2,00E-01		0,021%	1,1E+01	1,12E+01	4,80E+00	5,60E-02	
		Fin						∑ Risques	**1,25E-01**	**6,47E-08**

Scénario résidentiel – Cible enfant

N° CAS	Substance	Concentration mesurée dans les gaz	Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)		Taux de saturation du composé en phase gazeuse	Concentration dans l'air ambiant intérieur	Concentrations inhalées		Niveaux de risques	
		Cgaz	RfC	ERUi	%Sat	Ci	$CI_{(tox.)}$	$CI_{(canc.)}$	QD	ERI
		µg/m^3	mg/m3	(µg/m3)-1	%	µg/m3	µg/m3	µg/m3	-	-
71432	Benzene	50	9,75E-03	1,60E-06	0,000%	9,4E-02	9,44E-02	8,09E-03	9,68E-03	1,29E-08
100414	Ethylbenzene	500	1,50E+00		0,001%	8,9E-01	8,89E-01	7,62E-02	5,92E-04	
108883	Toluene	1050	1,90E+01		0,001%	1,9E+00	1,92E+00	1,64E-01	1,01E-04	
1330207	Xylenes	2380	1,00E-01		0,005%	4,1E+00	4,14E+00	3,55E-01	4,14E-02	
Aliph C10-C12	Hydrocarbures fraction aliphatique C10-C12	350	1,00E+00		0,018%	5,7E-01	5,71E-01	4,89E-02	5,71E-04	
Aliph C5-C6	Hydrocarbures fraction aliphatique C5-C6	130	1,84E+01		0,000%	2,4E-01	2,41E-01	2,06E-02	1,31E-05	
Aliph C6-C8	Hydrocarbures fraction aliphatique C6-C8	3520	1,84E+01		0,001%	6,3E+00	6,33E+00	5,42E-01	3,44E-04	
Aliph C8-C10	Hydrocarbures fraction aliphatique C8-C10	6000	1,00E+00		0,033%	1,0E+01	1,00E+01	8,58E-01	1,00E-02	
Arom C10-C12	Hydrocarbures fraction aromatiques C10-C12	590	2,00E-01		0,011%	1,0E+00	9,98E-01	8,55E-02	4,99E-03	
Arom C12-C16	Hydrocarbures fraction aromatiques C12-C16	90	2,00E-01		0,100%	1,5E-01	1,47E-01	1,26E-02	7,34E-04	
Arom C8-C10	Hydrocarbures fraction aromatiques C8-C10	6380	2,00E-01		0,021%	1,1E+01	1,12E+01	9,61E-01	5,60E-02	
		Fin						∑ Risques	**1,25E-01**	**1,29E-08**

Ingestion de sols superficiels

Les doses journalières d'exposition correspondant à l'ingestion de sols superficiels contaminés lors de la pratique d'activités extérieures sont déterminées de la manière suivante :

DJEis = (Σ (Cm sol x Q x T x F)) / (PM x TM)

Avec :

DJEis : dose journalière d'exposition liée à l'ingestion de sols en mg/kg/j

Cmsol : concentration en polluant dans les sols ingérés en mg/kg MS

Q : quantité de sols ingérée en mg/jour (matière sèche)

T : durée d'exposition réelle pendant la vie de l'individu en années

F : fréquence d'exposition réelle annuelle en jours/an

PM : masse corporelle de l'individu exposé en kg

TM : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée en jours

TM = T x 365 jours pour les substances à seuil

TM = 70 x 365 = 25 550 jours pour les substances sans seuil

Scénario Résidentiel - Cible Adulte			
T	Durée d'exposition totale	30	an
Q	Quantité de sol ingéré	50	mg/j
F	Fréquence d'exposition réelle	365	j/an
PM	Masse corporelle	70	kg
TM às	Période de temps sur laquelle l'exposition à seuil est moyennée	10950	j
TM ss	Période de temps sur laquelle l'exposition sans seuil est moyennée	25550	j

Calcul des niveaux de risque associés

N° CAS	Substance	Concentration mesurée dans les sols	Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)		Dose journalière d'exposition		Niveaux de risques		Répartition des niveaux de risques	
		Csol	RfC	ERUi	$CI_{(tox.)}$	$CI_{(canc.)}$	QD	ERI	%QD	%ERI
		mg/kg MS	mg/kg/j	(mg/kg/j)-1	mg/kg/j	mg/kg/j	-	-	-	-
	TPH >C10-C12 arom	52,3	4,00E-02		3,74E-05	1,60E-05	9,34E-04		5%	
	HCT >C16-C35 arom	477,7	3,00E-02		3,41E-04	1,46E-04	1,14E-02		60%	
7439-92-1	Plomb	6	6,30E-04	8,50E-03	4,29E-06	1,84E-06	6,80E-03	1,56E-08	36%	100%
		Fin				∑ Risques	**1,91E-02**	**1,56E-08**		

Scénario Résidentiel - Cible Enfant			
T	Durée d'exposition totale	6	an
Q	Quantité de sol ingéré	91	mg/j
F	Fréquence d'exposition réelle	365	j/an
PM	Masse corporelle	22	kg
TM às	Période de temps sur laquelle l'exposition à seuil est moyennée	2190	j
TM ss	Période de temps sur laquelle l'exposition sans seuil est moyennée	25550	j

Calcul des niveaux de risque associés

N° CAS	Substance	Concentration mesurée dans les sols	Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)		Dose journalière d'exposition		Niveaux de risques		Répartition des niveaux de risques	
		Csol	RfC	ERUi	$CI_{(tox.)}$	$CI_{(canc.)}$	QD	ERI	%QD	%ERI
		mg/kg MS	mg/kg/j	(mg/kg/j)-1	mg/kg/j	mg/kg/j	-	-	-	-
	TPH >C10-C12 arom	52,3	4,00E-02		2,16E-04	1,85E-05	5,41E-03		5%	
	HCT >C16-C35 arom	477,7	3,00E-02		1,98E-03	1,69E-04	6,59E-02		60%	
7439-92-1	Plomb	6	6,30E-04	8,50E-03	2,48E-05	2,13E-06	3,94E-02	1,81E-08	36%	100%
		Fin				∑ Risques	**1,11E-01**	**1,81E-08**		

SOCOTEC

Inhalation de poussières dans l'air intérieur / extérieur

Les doses d'exposition par inhalation de poussières sont appréciées par le calcul de « concentrations moyennes inhalées » (CI) comparable à celui de l'inhalation d'air ambiant.

$$CI = (\sum(C_{isol} \times Cp \times Rs/p)) \times F \times T \times Vm/(TM \times VM)$$

Avec :

CI : concentration moyenne inhalée (µg/m3)

Cisol : concentration de contaminants volatils dans les sols superficiels susceptibles de s'envoler

Cp : Concentration en poussières

Rs/p : fraction de sol dans les particules en suspension

F : fréquence d'exposition : nombre annuel de jours d'exposition ramené au nombre total annuel de jour (sans unité)

T : durée d'exposition (années)

TM : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (années)

TM = T pour les effets à seuil

TM = durée de vie entière - 70 ans

Vm : volume d'air inhalé par l'individu sur site (µg/m3)

VM : volume d'air inhalé moyen standard

Inhalation de poussières intérieures

Scénario résidentiel - Cible Adulte			
Cp	Concentration en poussières dans l'air	70	µg/m3
Rs/p	Fraction de sol dans les particules en suspension	0,8	s.u
F	Fréquence d'exposition réelle	365	j/an
T	Durée d'exposition totale	30	an
TM às	Période de temps sur laquelle l'exposition à seuil est moyennée	10950	j
TM ss	Période de temps sur laquelle l'exposition sans seuil est moyennée	25550	j

Calcul des niveaux de risque associés

N° CAS	Substance	Concentration mesurée dans les sols	Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)		Dose journalière d'exposition		Niveaux de risques		Répartition des niveaux de risques	
		Csol	RfC	ERUi	$CI_{(tox.)}$	$CI_{(canc.)}$	QD	ERI	%QD	%ERI
		mg/kg MS	µg/m3	(µg/m3)-1	µg/m3	µg/m3	-	-	-	-
	TPH >C10-C12 arom	52,3	2,00E+02		2,93E-03	1,26E-05	1,46E-05		0%	
7439-92-1	Plomb	100	9,00E-01	1,20E-05	5,60E-03	2,40E-03	6,22E-03	2,88E-08	100%	100%
		Fin				∑ Risques	**6,24E-03**	**2,88E-08**		

Inhalation de poussières intérieures

Scénario résidentiel - Cible Enfant			
Cp	Concentration en poussières dans l'air	70	µg/m3
Rs/p	Fraction de sol dans les particules en suspension	0,8	s.u
F	Fréquence d'exposition réelle	365	j/an
T	Durée d'exposition totale	6	an
TM às	Période de temps sur laquelle l'exposition à seuil est moyennée	2190	j
TM ss	Période de temps sur laquelle l'exposition sans seuil est moyennée	25550	j

Calcul des niveaux de risque associés

N° CAS	Substance	Concentration mesurée dans les sols	Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)		Dose journalière d'exposition		Niveaux de risques		Répartition des niveaux de risques	
		Csol	RfC	ERUi	$CI_{(tox.)}$	$CI_{(canc.)}$	QD	ERI	%QD	%ERI
		mg/kg MS	µg/m3	(µg/m3)-1	µg/m3	µg/m3	-	-	-	-
	TPH >C10-C12 arom	52,3	2,00E+02		2,93E-03	2,51E-04	1,46E-05		0%	
7439-92-1	Plomb	100	9,00E-01	1,20E-05	5,60E-03	4,80E-04	6,22E-03	5,76E-09	100%	100%
		Fin				∑ Risques	**6,24E-03**	**5,76E-09**		

SOCOTEC

Inhalation de poussières extérieures

Scénario résidentiel - Cible Adulte			
Cp	Concentration en poussières dans l'air	70	µg/m3
Rs/p	Fraction de sol dans les particules en suspension	0,5	s.u
F	Fréquence d'exposition réelle	29,2	j/an
T	Durée d'exposition totale	30	an
TM às	Période de temps sur laquelle l'exposition à seuil est moyennée	10950	j
TM ss	Période de temps sur laquelle l'exposition sans seuil est moyennée	25550	j

Calcul des niveaux de risque associés

N° CAS	Substance	Concentration mesurée dans les sols	Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)		Dose journalière d'exposition		Niveaux de risques		Répartition des niveaux de risques	
		Csol	RfC	ERUi	$CI_{(tox.)}$	$CI_{(canc.)}$	QD	ERI	%QD	%ERI
		mg/kg MS	µg/m3	(µg/m3)-1	µg/m3	µg/m3	-	-	-	-
	TPH >C10-C12 arom	52,3	2,00E+02		1,46E-04	6,28E-05	7,32E-07		0%	
7439-92-1	Plomb	100	9,00E-01	1,20E-05	2,80E-04	1,20E-04	3,11E-04	1,44E-09	100%	100%
		Fin				∑ Risques	**3,12E-04**	**1,44E-09**		

Inhalation de poussières extérieures

Scénario résidentiel - Cible Enfant			
Cp	Concentration en poussières dans l'air	70	µg/m3
Rs/p	Fraction de sol dans les particules en suspension	0,5	s.u
F	Fréquence d'exposition réelle	29,2	j/an
T	Durée d'exposition totale	6	an
TM às	Période de temps sur laquelle l'exposition à seuil est moyennée	2190	j
TM ss	Période de temps sur laquelle l'exposition sans seuil est moyennée	25550	j

Calcul des niveaux de risque associés

N° CAS	Substance	Concentration mesurée dans les sols	Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)		Dose journalière d'exposition		Niveaux de risques		Répartition des niveaux de risques	
		Csol	RfC	ERUi	$CI_{(tox.)}$	$CI_{(canc.)}$	QD	ERI	%QD	%ERI
		mg/kg MS	µg/m3	(µg/m3)-1	µg/m3	µg/m3	-	-	-	-
	TPH >C10-C12 arom	52,3	2,00E+02		1,46E-04	1,26E-05	7,32E-07		0%	
7439-92-1	Plomb	100	9,00E-01	1,20E-05	2,80E-04	2,40E-05	3,11E-04	2,88E-10	100%	100%
		Fin				∑ Risques	**3,12E-04**	**2,88E-10**		

SOCOTEC

Ingestion de végétaux cultivés sur site

Afin de pouvoir évaluer les doses de polluants ingérées par les populations exposées, il convient tout d'abord de déterminer les concentrations en polluants susceptibles de s'accumuler dans les végétaux. Les voies de transfert des polluants vers les végétaux seront ici limitées à l'absorption racinaire.

D'après la méthodologie décrite par l'US EPA dans « Human Health Risk Assessment Protocol – Chapter 5 : Estimation of Media Concentrations » (§ 5.3.3. Produce Concentration Due to Root Uptake (*Pr*)), les concentrations dans les végétaux liées à l'absorption racinaire des polluants (nommées Pr) sont calculées de la manière suivante :

pour les légumes aériens : **Pr = Cs x Br**

pour les légumes racinaires : **Pr = Cs x Br x VGrootveg**

Avec : Cs : concentration du polluant considéré dans les sols,
Br : facteur de bio-concentration du polluant pour le légume considéré,
VGrootveg : Facteur de correction empirique pour les légumes racinaires
VGrootveg = 0,01 si log Kow du polluant >4
VGrootveg = 1 si log Kow du polluant < 4

Les facteurs de bio-concentration en (mg/kg MS) / ppm de sol pour les différents légumes ingérés sont repris dans le tableau détaillé ci-après.

Les doses journalières d'exposition correspondant à l'absorption des végétaux contaminés sont déterminées de la manière suivante :

DJEiv = (Σ (Pr x Q x T x F)) / (PM x TM)

Avec : DJEiv : dose journalière d'exposition liée à l'ingestion de végétaux en mg/kg/j
Pr : concentration en polluant dans les végétaux en mg/kg MS
Q : quantité de végétaux ingérée en kg (poids sec)
T : durée d'exposition réelle pendant la vie de l'individu en années
F : fréquence d'exposition réelle annuelle en jours/an
PM : masse corporelle de l'individu exposé en kg
TM : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée en jours
TM = T x 365 jours pour les substances à seuil
TM = 70 x 365 = 25 550 jours pour les substances sans seuil

Scénario résidentiel - Cible adulte			
T	Durée d'exposition totale	30	an
Qveg a	Quantité de végétaux aériens ingérés	104500	mg/j
Qveg r	Quantité de végétaux racinaires ingérés	32000	mg/j
F	Fréquence d'exposition réelle	365	j/an
PM	Masse corporelle	70	kg
TM às	Période de temps sur laquelle l'exposition à seuil est moyennée	10950	j
TM ss	Période de temps sur laquelle l'exposition sans seuil est moyennée	25550	j

Calcul des niveaux de risque associés

N° CAS	Substance	Concentration mesurée dans les sols	Bio-accessibilité	Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)		Facteur de bio-accumulation aérien	Facteur de bio-accumulation racinaire	Facteur 0,01 si Log Kow > 4	Dose journalière d'exposition		Niveaux de risques		Répartition des niveaux de risques	
		Csol	BioAcc	RfC	ERUi	F Br a	F Br r		$CI_{(tox.)}$	$CI_{(canc.)}$	QD	ERI	%QD	%ERI
		mg/kg MS	-	mg/kg/j	(mg/kg/j)-1	-	-		mg/kg/j	mg/kg/j	-	-	-	-
	TPH >C10-C12 arom	52,3	1	4,00E-02		1,00E-02	3,00E-02	1	2,36E-04	1,01E-04	5,91E-03		11%	
	HCT >C16-C35 arom	477,7	1	3,00E-02		1,00E-02	3,00E-02	0,01	8,48E-04	3,63E-04	2,83E-02		51%	
7439-92-1	Plomb	6	1	6,30E-04	8,50E-03	1,30E-02	1,00E-02	0,01	1,37E-05	5,86E-06	2,17E-02	4,98E-08	39%	100%
		Fin								∑ Risques	**5,59E-02**	**4,98E-08**		

Scénario résidentiel - Cible enfant			
T	Durée d'exposition totale	6	an
Qveg a	Quantité de végétaux aériens ingérés	65300	mg/j
Qveg r	Quantité de végétaux racinaires ingérés	35000	mg/j
F	Fréquence d'exposition réelle	365	j/an
PM	Masse corporelle	22	kg
TM às	Période de temps sur laquelle l'exposition à seuil est moyennée	2190	j
TM ss	Période de temps sur laquelle l'exposition sans seuil est moyennée	25550	j

Calcul des niveaux de risque associés

N° CAS	Substance	Concentration mesurée dans les sols	Bio-accessibilité	Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)		Facteur de bio-accumulation aérien	Facteur de bio-accumulation racinaire	Facteur 0,01 si Log Kow > 4	Dose journalière d'exposition		Niveaux de risques		Répartition des niveaux de risques	
		Csol	BioAcc	RfC	ERUi	F Br a	F Br r		$CI_{(tox.)}$	$CI_{(canc.)}$	QD	ERI	%QD	%ERI
		mg/kg MS	-	mg/kg/j	(mg/kg/j)-1	-	-		mg/kg/j	mg/kg/j	-	-	-	-
	TPH >C10-C12 arom	52,3	1	4,00E-02		1,00E-02	3,00E-02	1	6,86E-04	5,88E-05	1,71E-02		16%	
	HCT >C16-C35 arom	477,7	1	3,00E-02		1,00E-02	3,00E-02	0,01	1,70E-03	1,46E-04	5,68E-02		53%	
7439-92-1	Plomb	6	1	6,30E-04	8,50E-03	1,00E-02	1,00E-02	0,01	2,10E-05	1,80E-06	3,34E-02	1,53E-08	31%	100%
		Fin								∑ Risques	**1,07E-01**	**1,53E-08**		

SOCOTEC

ANNEXE 5 : ETUDE DE FAISABILITE DE GESTION PAR PHYTO-MANAGEMENT

ÉTUDE DE FAISABILITÉ GESTION PAR PHYTOMANAGEMENT

17/07/2025

ATerPol® Ile-d'Elle

Nina RAMOS



Suivi des versions :

Versions	Date	Rédacteurs	Commentaires
1.0	17/07/2025	Aurore JACQUOT	

Validation :

Versions	Date	Validation	Commentaires
1.0	17/07/2025	Anaëlle PRIEUR	Validée

L'agence responsable de ce dossier est la suivante :

Agence Nord et Est, siège technique et administratif / livraison
Microhumus
3 allée de Chantilly
FR-54500 Vandœuvre-lès-Nancy
info@microhumus.fr
+33 3 83 48 15 99

Agence Sud Est (SubsTer® seulement)
Gérard Chevallier
FR-04700 Oraison
info@microhumus.fr
+33 3 83 48 15 99

Agence Ouest (SubsTer® seulement)
Christophe Hardy
FR-44700 Orvault
info@microhumus.fr
+33 3 83 48 15 99

Table des matières

Résumé non technique 4
1. Contexte et objectifs 6
2. Méthodologie 7
3.1. Etude documentaire 7
3.2. Caractérisations analytiques 8
3.2.1. Caractérisation environnementale : étude de bioaccessibilité orale 9
3.2.2. Essais de germination et phytodisponibilité 10
3.2.3. Caractérisation agronomique 12
4. Résultats 12
4.1. Etude documentaire 12
4.1.1. Diagnostics environnementaux 12
4.1.2. Typologies de sols 23
4.2. Caractérisations analytiques 25
4.2.1. Caractérisation environnementale : étude de bioaccessibilité orale 26
4.2.2. Essais de germination et phytodisponibilité 27
4.2.3. Caractérisation agronomique 34
5. Conclusion et perspectives 36
6. Bibliographie 38
7. Annexes 39
7.1. Annexe 1 : Caractéristiques agro-environnementales du témoin sol non pollué utilisé pour cette étude 39
7.2. Annexe 2 : Présentation des différentes phytotechnologies 40
7.3. Annexe 3 : Bulletins d'analyses 41

Résumé non technique

Contexte et objectifs :

Dans le cadre de la réhabilitation d'un ancien site industriel sur l'Ile d'Elle, l'EPF Vendée a lancé une consultation pour réaliser les missions suivantes : réalisation de diagnostics complémentaires, réalisation d'un plan de gestion, Maîtrise d'œuvre pour la dépollution des sols.

Dans ce contexte, l'EPF Vendée a sélectionné SOCOTEC Environnement pour réaliser ces missions. Dans le cadre du plan de gestion, SOCOTEC Environnement a fait appel à Microhumus pour réaliser une étude de faisabilité technique théorique de gestion par phytomanagement des sols du site.

Démarche opérationnelle :

Pour cette étude, Microhumus a mis en œuvre la démarche suivante :

- Prise en charge d'un échantillon de sols fournis par SOCOTEC Environnement et supposé représentatif du site : le **matériau W12/1** ;
- Réalisation d'une étude documentaire sur la base des diagnostics antérieurs pour déterminer les typologies de sols et de pollution en présence ;
- Réalisation d'essais de bioaccessibilité orale selon le protocole simplifié du BRGM pour l'arsenic, le cadmium et le plomb ;
- Réalisation d'essais de germination et de phytodisponibilité pour voir d'une part la capacité du matériau brut à être le support de végétation à court terme, voire d'observer une éventuelle phytotoxicité et d'autre part de déterminer si des transferts d'éléments traces métalliques sont observés vers la biomasse végétale. Un témoin sol non pollué et un témoin terreau ont été réalisés ;
- Caractérisation agronomique du matériau.

Résultats :

Les principaux résultats de cette étude sont les suivants :

- **Etude documentaire** :
  L'étude documentaire a montré que l'échantillon W12/1 semblait représentatif du matériau présent au droit de l'ancienne fonderie. Il s'agit d'un matériau sableux (potentiellement un sable de fonderie) impacté en éléments traces métalliques, notamment en plomb, en cuivre et en nickel.
- **Essais de bioaccessibilité orale** :
  Les essais de bioaccessibilité orale montraient :
  - Une absence de détection du cadmium ;
  - Une bioaccessibilité orale de l'ordre de 15 à 19 % pour l'arsenic et de 5 à 6 % pour le plomb.

  Ces données pourront être intégrées dans le plan de gestion de SOCOTEC Environnement pour affiner ses calculs de risque.
- **Essais de germination et de phytodisponibilité** :
  On peut constater après 4 semaines une germination et un début de croissance pour le matériau W12/1, le témoin sol et le témoin terreau. Les végétaux présentent à l'issue des essais des signes de carence.
  La biomasse végétale produite sur le matériau W12/1 et sur le témoin sol non pollué a été analysée. On peut constater que les teneurs en éléments traces métalliques sont similaires entre le témoin sol et le matériau W12/1, montrant une absence de transfert vers les végétaux testés. Les teneurs en éléments traces métalliques mesurées dans la biomasse végétale produite sur le matériau W12/1 sont compatibles avec une éventuelle valorisation par compostage ou pour un éventuel entretien des espaces verts par écopaturage.

Remarque : Si un usage potager est envisagé au droit de l'ancienne fonderie, des essais de plantation suivis d'analyses de différents types de légumes sont fortement recommandés pour s'assurer de l'absence de risque vis-à-vis des futurs usagers du site.

- **Caractérisation agronomique** :
  La caractérisation agronomique du matériau W12/1 montre l'absence de contre-indication pour sa végétalisation à court terme. Pour envisager sa végétalisation sur le long terme, indispensable à la mise en œuvre du phytomanagement, une étape préalable de refonctionnalisation sera nécessaire.

Conclusion et perspectives

Cette étude conclut sur la faisabilité technique théorique positive de gestion des sols impactés en éléments traces métalliques de la zone fonderie. La phytotechnologie retenue est la phytostabilisation.

Pour envisager de mettre en œuvre le phytomanagement sur le site, des essais complémentaires doivent être menés afin de tester puis sélectionner la ou les modalités de refonctionnalisation les plus adaptées selon les objectifs et contraintes du projet. Microhumus pourra accompagner l'EPF Vendée et SOCOTEC Environnement sur ce point, voire sur la refonctionnalisation des terres non impactées du site dans une optique de valorisation en terre fertile (voir phase 2 de l'offre).

En fonction des besoins, Microhumus pourra également mettre en œuvre un dispositif (dépôt de brevet en cours) pour étudier le risque lié aux envols de poussières.

1. Contexte et objectifs

Dans le cadre du projet de réaménagement d'un ancien site industriel sur L'île d'Elle, l'EPF Vendée a lancé un marché pour les missions suivantes :

- Réalisation de diagnostics complémentaires ;
- Réalisation d'un plan de gestion ;
- Maîtrise d'œuvre pour la dépollution des sols.

Ce site d'une surface d'environ 16 000 m^2 (Figure 1) a accueilli successivement une briqueterie, puis une entreprise de transport. Des diagnostics environnementaux antérieurs ont montré la présence de pollutions dans les sols du site, notamment en éléments traces métalliques.



Figure 1 : Localisation et emprise du site d'étude (Géoportail, 2025).

Dans ce contexte, l'EPF Vendée a fait appel à SOCOTEC Environnement pour réaliser des investigations complémentaires pour alimenter un plan de gestion. SOCOTEC Environnement a alors fait appel à Microhumus pour compléter son étude par une **étude de faisabilité technique théorique de gestion par phytomanagement des sols du site (A-TerPol®)**.

2. Méthodologie

3.1. Etude documentaire

Pour étudier la faisabilité technique théorique de gestion des sols du site par phytomanagement, Microhumus a dans un premier temps réalisé une étude documentaire sur la base des documents fournis par l'EPF Vendée et par SOCOTEC Environnement. Ces documents étaient les suivants :

- EODD, 2017. Réalisation d'un diagnostic de pollution sur un ancien site industriel à l'Ile d'Elle (85) ;
- EODD, 2019. Ancien site industriel SIS 6, Route de La Rochelle sur la commune de l'Ile d'Elle (85) - Diagnostic complémentaire de pollution des sols - Préconisations de gestion de la pollution ;
- EODD, 2021. Site SIS Route de La Rochelle – l'Ile d'Elle (85) - Diagnostic complémentaire de pollution des milieux ;
- EODD, 2022. Site SIS Route de La Rochelle – l'Ile d'Elle (85) - Plan de Gestion ;
- SOCOTEC ENVIRONNEMENT, 2025. Investigations complémentaires sur les milieux.

Cette étude documentaire a été complétée par des caractérisations analytiques.

3.2. Caractérisations analytiques

SOCOTEC Environnement s'est rendu sur le site du 7 au 9 avril 2025 afin de réaliser un diagnostic environnemental complémentaire. Ce diagnostic a consisté en la réalisation de 20 sondages à la sondeuse mécanique sur chenille équipée de tarières hélicoïdales emboitables.

Avec cette technique de forage, les quantités de sol étaient limitées. Ainsi, SOCOTEC Environnement n'a pu fournir à Microhumus qu'un échantillon de sol jugé représentatif du site lors des investigations : l'échantillon **W12/1** issu de l'horizon 0,1 – 1 m. La Localisation de l'échantillon est présentée sur la Figure 2.



Figure 2 : Localisation de la zone de prélèvement de l'échantillon transmis par SOCOTEC Environnement à Microhumus (source : SOCOTEC Environnement, 2025).

Des investigations sur les milieux eaux souterraines et gaz du sol ont également été réalisés par SOCOTEC Environnement.

L'échantillon de sol **W12/1** a été pris en charge par Microhumus le 06/05/2025. Dès réception, l'échantillon a été homogénéisé pour limiter les biais avant de réaliser les caractérisations complémentaires suivantes :

- Etude de la **bioaccessibilité orale** de 3 éléments traces métalliques (As, Cd et Pb) ;
- Détermination de la **phytodisponibilité** des éléments traces métalliques (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) au travers de la réalisation **d'essais de germination** en conditions semi-contrôlées ;
- **Caractérisation agronomique de** l'échantillon prélevé.

Ces caractérisations sont détaillées dans les paragraphes suivants.

3.2.1. Caractérisation environnementale : étude de bioaccessibilité orale

Pour affiner les calculs de risques dans le cadre du plan de gestion de SOCOTEC Environnement, Microhumus a pris en charge la réalisation **d'essais de bioaccessibilité orale simplifiée**.

Ce type d'essais consiste à **simuler via des extractions chimiques l'effet du système digestif humain** sur un échantillon de sol pour avoir une estimation de la **fraction assimilable par l'organisme** après effet de la salive, de l'estomac et de l'intestin grêle (Figure 1).

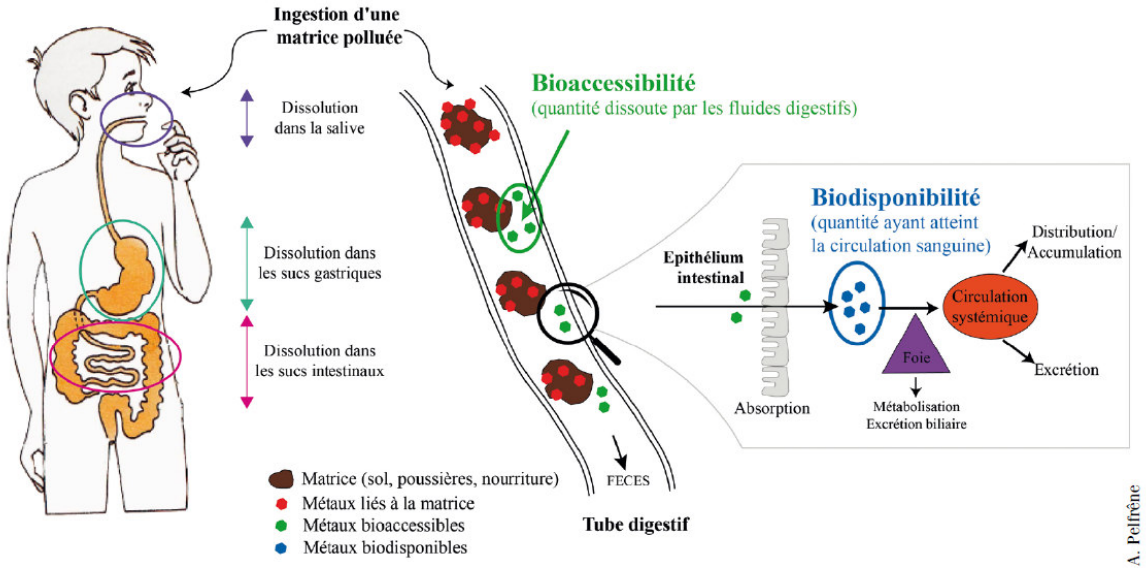


Figure 3 : Schématisation des notions de bioaccessibilité et de biodisponibilité en cas d'ingestion d'une matrice contaminée (source : BRGM, 2020).

Ces essais n'étant actuellement corrélés aux essais in vivo que pour l'arsenic, le cadmium et le plomb, seuls ces trois composés ont été testés.

Ces essais ont été réalisés par le laboratoire Estralab après broyage et tamisage des échantillons à 250 µm, tel qu'imposé par le protocole simplifié du BRGM.

Une fraction de l'échantillon broyé et tamisé a été caractérisé d'un point de vue environnemental afin de déterminer les teneurs en arsenic, en cadmium et en plomb (contrairement aux analyses du paragraphe précédentes réalisées sur le matériau non broyé).

Une autre fraction de ce même échantillon broyé a été mélangée à de l'eau déminéralisée acidifiée à 0,65% de HCl pendant 1 heure à 37°C. Les échantillons ont ensuite été filtrés et dilués par 2 avant envoi en analyse Par le laboratoire Eurofins Saverne. Ces essais ont été réalisés en tripliquas pour assurer leur répétabilité. Un calcul des bioaccessibilités gastriques

et gastrointestinales a ensuite été réalisé à partir de ces résultats sur la base des équations mises au point par le BRGM.

3.2.2. Essais de germination et phytodisponibilité

L'échantillon **W12/1** a dans un premier temps fait l'objet d'une **caractérisation environnementale complémentaire** auprès du laboratoire d'analyses Wessling. Cette analyse a consisté à analyser **8 éléments traces métalliques** (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb et Zn) **sur brut** sur l'échantillon non broyé.

Ces teneurs ont ensuite été comparées aux valeurs du réseau de mesure de la qualité des sols (RMQS) permettant d'avoir une estimation du fond géochimique local. Les valeurs considérées sont les vibrisses de l'horizon de surface (0-30 cm) déterminées pour la maille du RMQS correspondant à l'Ile d'Elle.

Dans le même temps, des **essais de germination** et de **phytodisponibilité** en conditions contrôlées ont été réalisées à partir du matériau W12/1. Ces essais ont consisté à semer un couvert végétal de type ray-grass, fétuque, vesce commune et trèfle incarnat sur ce matériau.
Ces essais avaient 2 objectifs :

- D'une part, déterminer si le matériau W12/1 était phytotoxique et/ou de déterminer son potentiel à être le support de végétation à court terme (en lien avec la caractérisation agronomique) ;
- D'autre part, de déterminer si des transferts d'éléments traces métalliques étaient observés vers la biomasse végétale, traduisant ainsi un indicateur de la phytodisponibilité des éléments traces métalliques.

Les essais ont été réalisés par Microhumus en chambre climatique pendant 4 semaines. Un **témoin terreau** et un **témoin sol non pollué** caractérisé ont été réalisés dans les mêmes conditions expérimentales.
Le matériau W12/1 n'étant initialement pas caractérisé d'un point de vue agronomique, **4 réplicas** ont été réalisés afin de s'assurer de pouvoir récolter suffisamment de biomasse végétale à l'issue de l'expérimentation pour pouvoir être analysée (Figure 4).

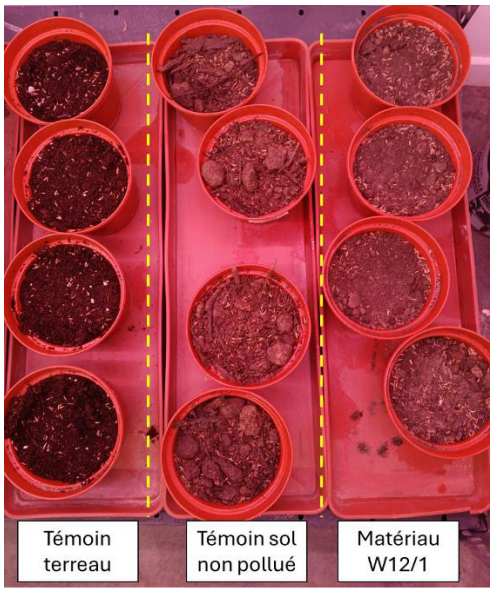


Figure 4 : Illustration du lancement des essais de germination et de phytodisponibilité en chambre climatique.

À l'issue des essais, le **développement des parties aériennes et racinaires des végétaux** a été décrit. La biomasse végétale produite pour chacune des trois modalités a ensuite été récoltée, pesée et lavée à l'eau claire.

Afin d'être le plus représentatif dans la comparaison des résultats, seules les **biomasses végétales** issues du matériau **W12/1 et du témoin sol non pollué** ont été envoyées en analyse auprès du laboratoire AUREA (le terreau ayant des propriétés agronomiques différentes d'un sol) (Figure 5).



Figure 5 : Illustration de la biomasse végétale issue des essais menés sur le matériau W12/1 et envoyée en analyses.

Les teneurs en éléments **8 éléments traces métalliques** (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) ont été analysées **dans ces biomasses** pour déterminer si des transferts significatifs ont eu lieu vers la biomasse végétale.

Ces résultats ont été comparés :

- Aux teneurs mesurées dans la biomasse végétale produite sur le témoin sol non pollué (témoin biomasse) afin de voir si les teneurs mesurées dans la biomasse végétale produite sur le matériau W12/1 sont anormalement élevées ;

- Avec la norme NF U44-051, dénomination matière végétale et avec le règlement UE 2019/1009 concernant la mise sur le marché européen de fertilisants pour déterminer si la biomasse produite sur le matériau W12/1 pourrait être valorisé en amendement organique ;

- Avec les teneurs en oligo-éléments et en éléments traces métalliques dans les fourrages si un entretien par éco-pâturage était envisagé par la suite.

3.2.3. Caractérisation agronomique

En complément des caractérisations environnementales, l'échantillons W12/1 a fait l'objet d'une **caractérisation agronomique**. Cette caractérisation a pour but de déterminer les fertilités chimiques, physiques et biologiques des sols.

Cette caractérisation permet notamment **d'identifier d'éventuelles carences ou lacunes** du matériau qui pourraient freiner le développement végétal (à mettre en lien avec les essais de germination). Le cas échéant, **ces lacunes pourraient potentiellement être corrigées** par **ingénierie pédologique** (voir essais décrits dans la « phase 2 » de l'offre en cas de faisabilité technique théorique positive de gestion par phytomanagement des pollutions du site.).

Elle permet également **d'adapter l'éventuel futur couvert végétal** qui serait envisagé en fonction des caractéristiques du sol pour maximiser ses chances de reprise.

4. Résultats

4.1. Etude documentaire

4.1.1. Diagnostics environnementaux

Des diagnostics environnementaux ont été réalisés sur le site entre 2017 et 2025. Ces diagnostics ont été menés dans un premier temps par EODD, avant d'être complétés par un diagnostic de SOCOTEC Environnement.

En 2017, l'EPF Vendée a fait appel au bureau d'études EODD afin de réaliser une visite de site, une étude historique ainsi qu'une étude de vulnérabilité des milieux, couplées à des investigations sur les sols du site. Lors de cette étude, EODD identifie différentes zones avec suspicions de pollution du fait des activités historiques. Ces zones sont présentées sur la Figure 6.

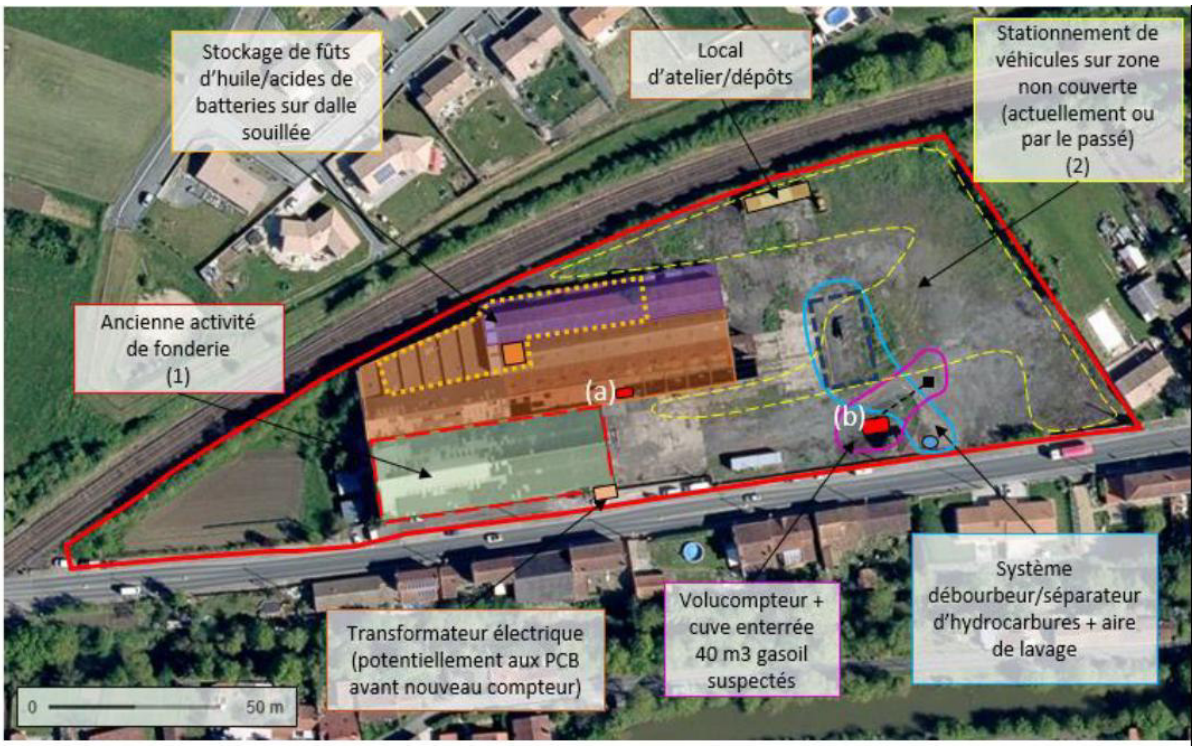


Figure 6 : Localisation des zones à risque identifiées (Source : EODD, 2017).

Lors de cette étude, **13 sondages** (S1 à S13) à **la tarière mécanique** sont effectués jusqu'à **2 ou 3 m de profondeur**. Les échantillons prélevés ont ensuite fait l'objet des analyses suivantes auprès du laboratoire Agrolab accrédité COFRAC :

- Hydrocarbures totaux C10-C40 (HCT) ;
- 8 éléments traces métalliques sur brut (ETM : As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) ;
- Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ;
- Benzène, toluène, éthylbenzène et xylène (BTEX) ;
- Composés organiques halogénés volatils (COHV) ;
- Polychlorobiphényles (PCB).

Les analyses ont mis en évidence des anomalies ponctuelles (Figure 7) :

- En hydrocarbures (HCT) au droit des sondages S1, S2, S4, S9 et S12 ;
- En HAP au droit des sondages S2, S9 et S12 ;
- Ainsi qu'en BTEX, cuivre, plomb, cadmium et en zinc au droit du sondage S12.

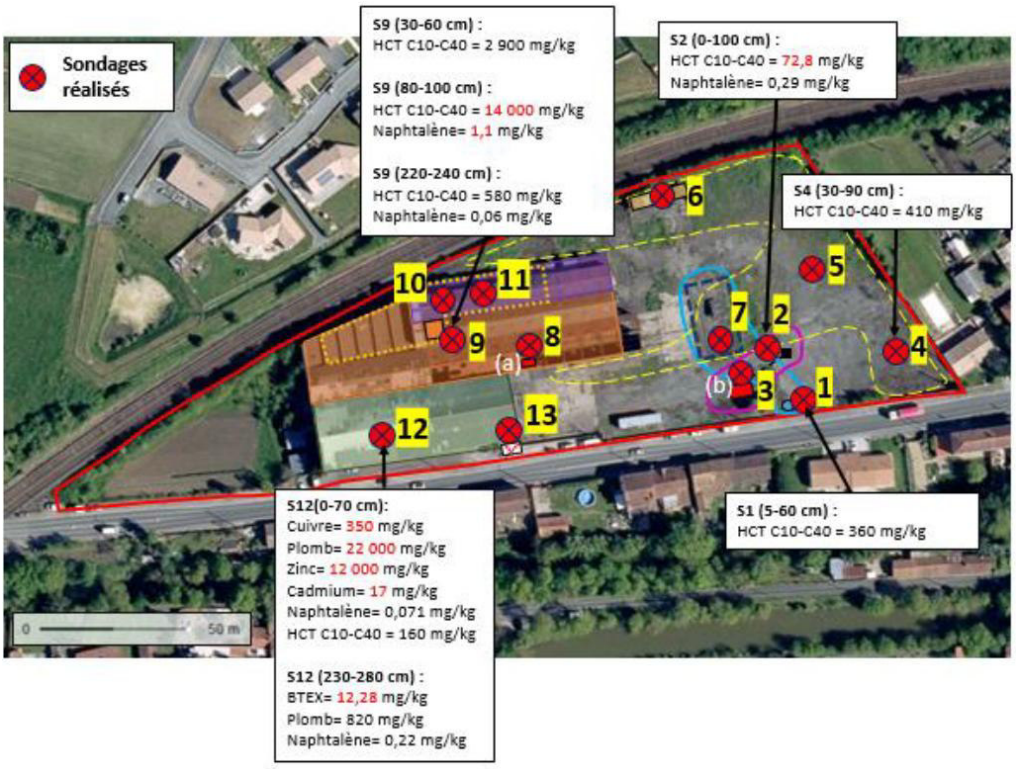


Figure 7 : Localisation des principales anomalies identifiées dans les sols du site (source : EODD, 2017).

Ces 5 zones correspondent aux zones du séparateur/débourbeur d'hydrocarbures, de la zone de stationnement, de l'emplacement d'une ancienne cuve enterrée, à proximité d'une ancienne zone de stockage ou encore à l'ancienne fonderie.

A la suite de cette première étude, EODD a réalisé un diagnostic complémentaire en 2018 afin de **circonscrire les zones impactées** précédemment identifiées. Ces investigations ont consisté en la réalisation de **17 sondages** (T1 à T17) **à la tarière mécanique jusqu'à 2 à 3 m de profondeur**. Ces échantillons ont également fait l'objet d'analyses auprès du laboratoire Agrolab accrédité COFRAC selon le menu analytique suivant :

- Pack ISDI[1] ;
- Et/ou HCT C5-C10 et/ou C10-C40 ;
- HAP
- 8 ETM sur brut
- BTEX.

Ces investigations ont montré les anomalies ponctuelles suivantes (Figure 8) :

- Anomalies en HCT au droit des sondages T3, T4, T12, T13 et T14 ;
- Anomalies en fluorure en T4 et T9 ;
- Anomalies en plomb en T14, et T16.

[1] Menu analytique associé à l'arrêté du 12/12/2014 relatif aux installations de stockage de déchets inertes (ISDI).

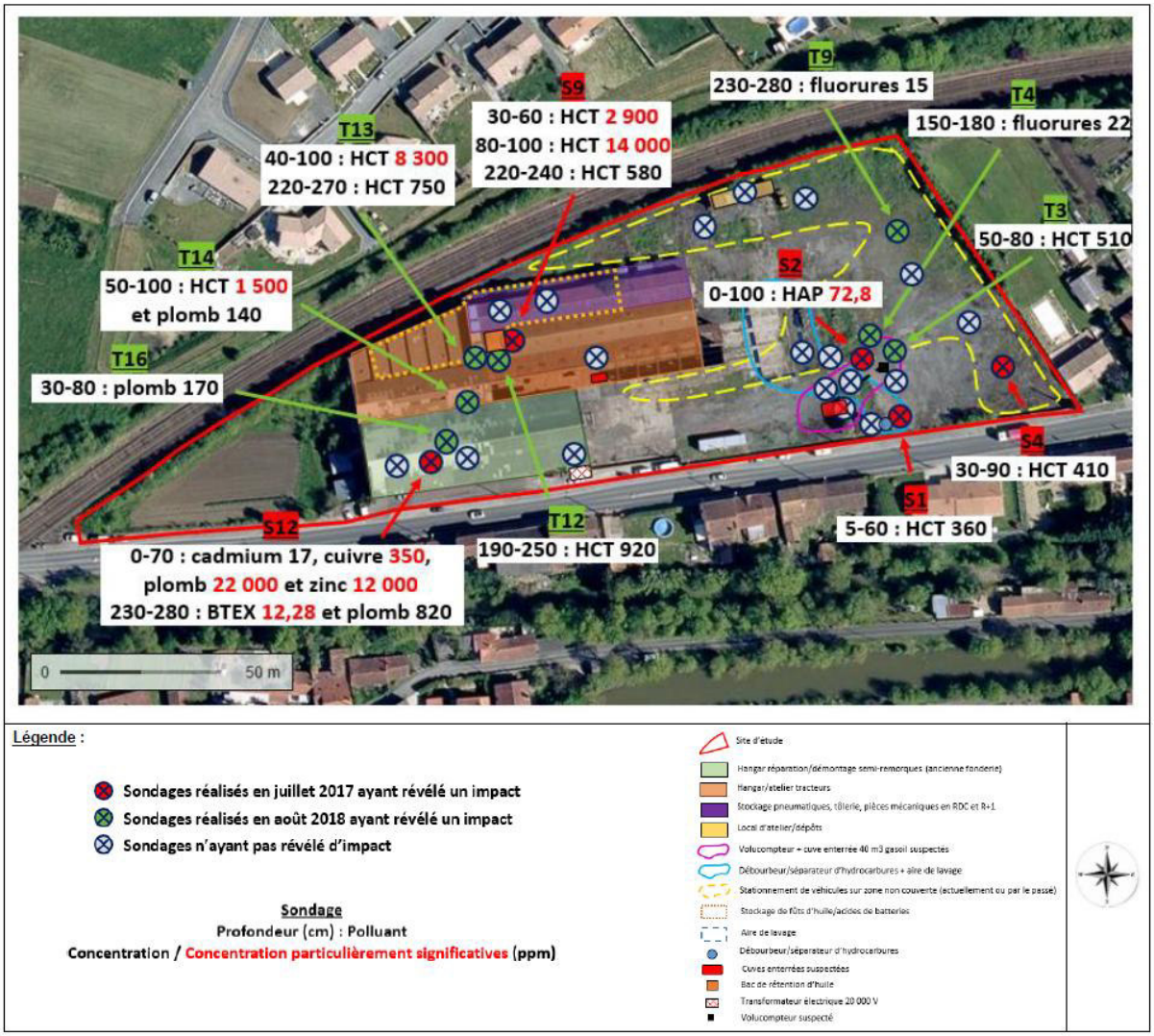


Figure 8 : Localisation des anomalies détectées en 2017 et 2019 dans les sols du site (Source : EODD, 2019).

Cette étude concluait sur la présence de 3 sources de pollutions :

- Des remblais superficiels en dehors des bâtiments (HCT, HAP et fluorures) ;
- Le terrain naturel argileux autour de la zone de rétention des huiles (HCT) ;
- Des remblais superficiels et/ou profonds au niveau de l'ancienne fonderie (BTEX, Cd, Cu, Pb, Zn).

Du fait de ces pollutions, les recommandations suivantes ont été émises dans un premier temps :

- Ne pas envisager d'usages sensibles au droit des zones source identifiées ;
- Réaliser un diagnostic environnemental des gaz du sol ;
- Réaliser un diagnostic environnemental pour déterminer la qualité des eaux souterraines via la pose de piézomètres.

Des mesures simples de gestion ont également été fournies.

EODD préconisait dans un second temps de réaliser un nouveau diagnostic de la qualité environnementale des sols du site après démolition des bâtiments pour estimer les volumes impactés en se focalisant sur les deux zones concernées, illustrées sur la Figure 9.

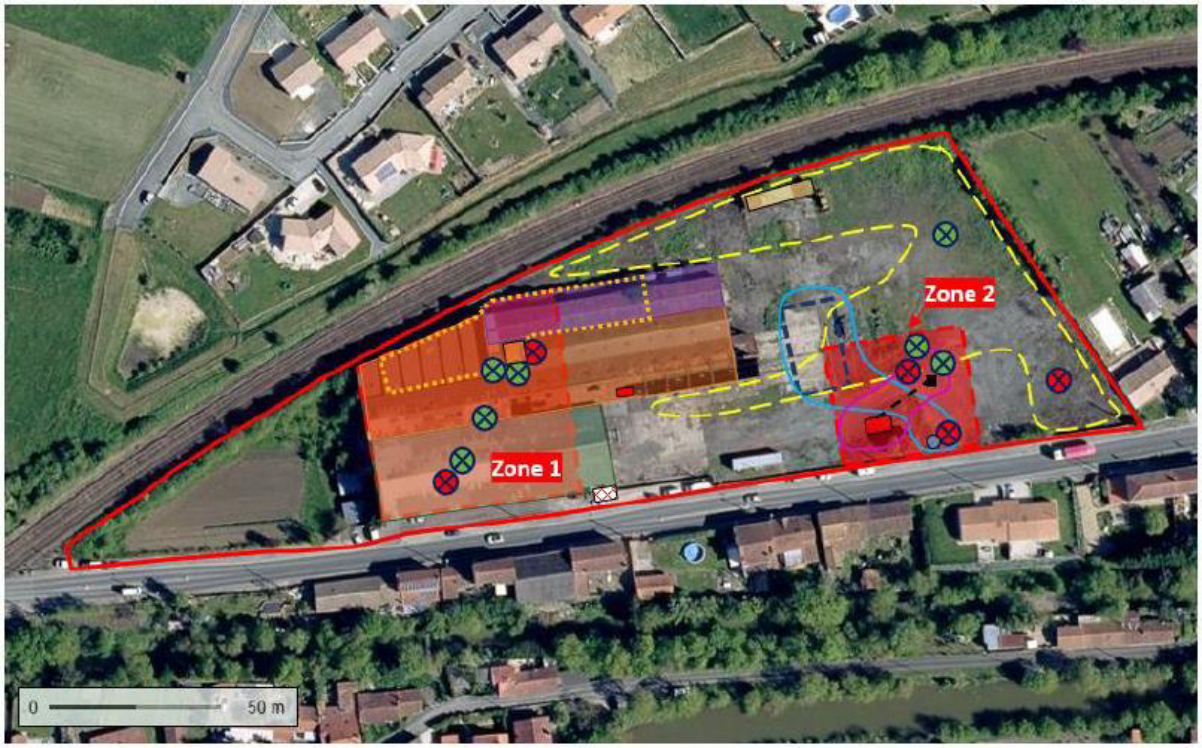


Figure 9 : Délimitation des zones pour lesquelles un diagnostic complémentaire est préconisé (Source : EODD, 2019).

Des scénarios de gestion des pollutions ont été évoqués, associés à une estimation budgétaire. En 2021, EODD a poursuivi son étude en réalisant de nouvelles investigations pour affiner le chiffrage présenté en 2019. Lors de ce diagnostic, les eaux souterraines et les gaz du sol ont été investigués.

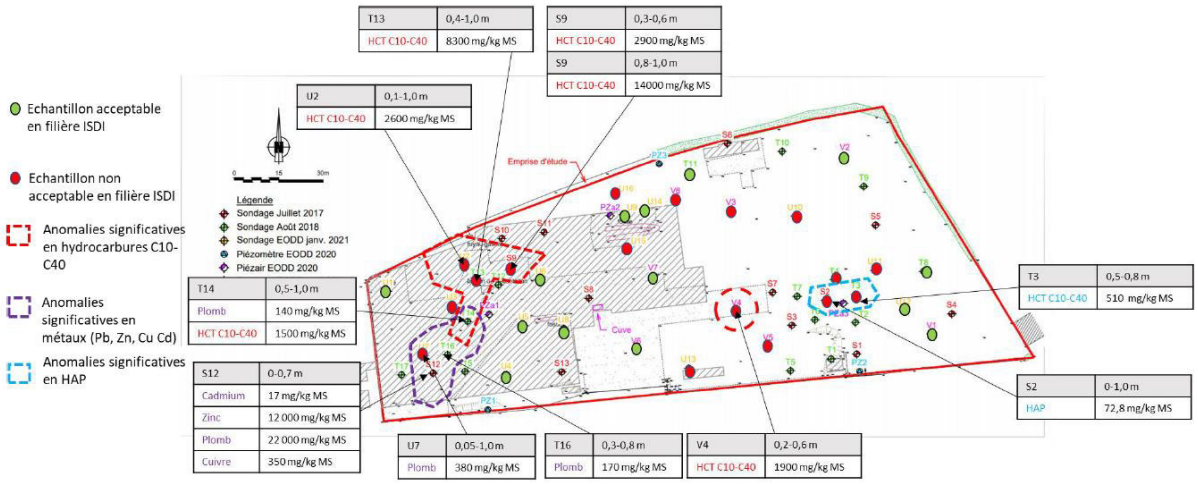
Cette troisième campagne d'échantillonnage a consisté en la réalisation de **22 sondages** (U1 à U22) à la **tarière mécanique jusqu'à 2 à 3 m de profondeur**. Ces sondages complémentaires ont été réalisé au droit de :

- Zones sources identifiées sur la Figure 9 ;
- Zones suspectes, avec des indices organoleptiques observés pendant les travaux de déconstruction ;
- Zones peu investiguées.

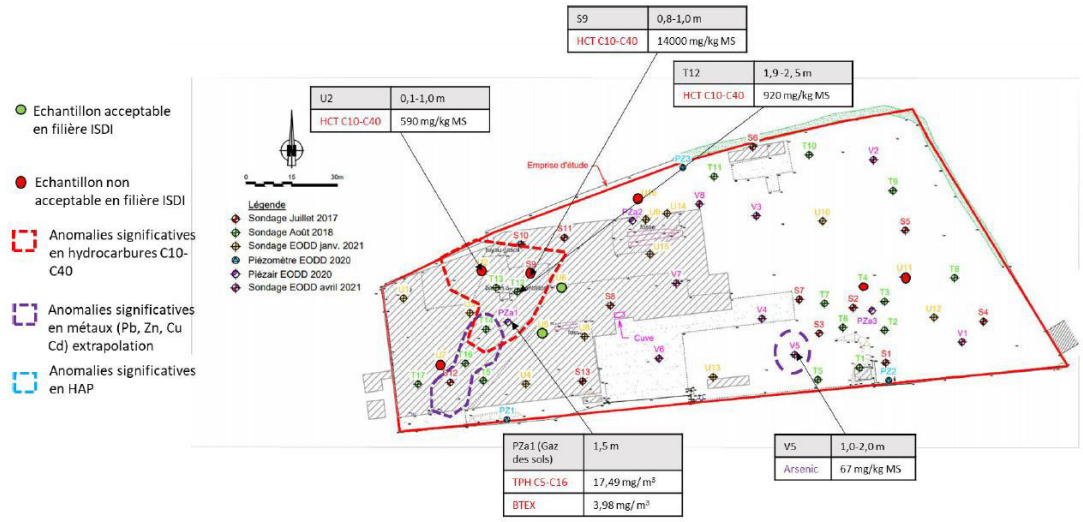
Les échantillons prélevés ont été envoyés en analyse auprès du laboratoire Agrolab accrédité COFRAC selon le menu analytique suivant :

- 8 ETM sur brut (As, Cu, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn) ;
- HCT C10-C40 ;
- BTEX ;
- HAP ;
- Pack ISDI.

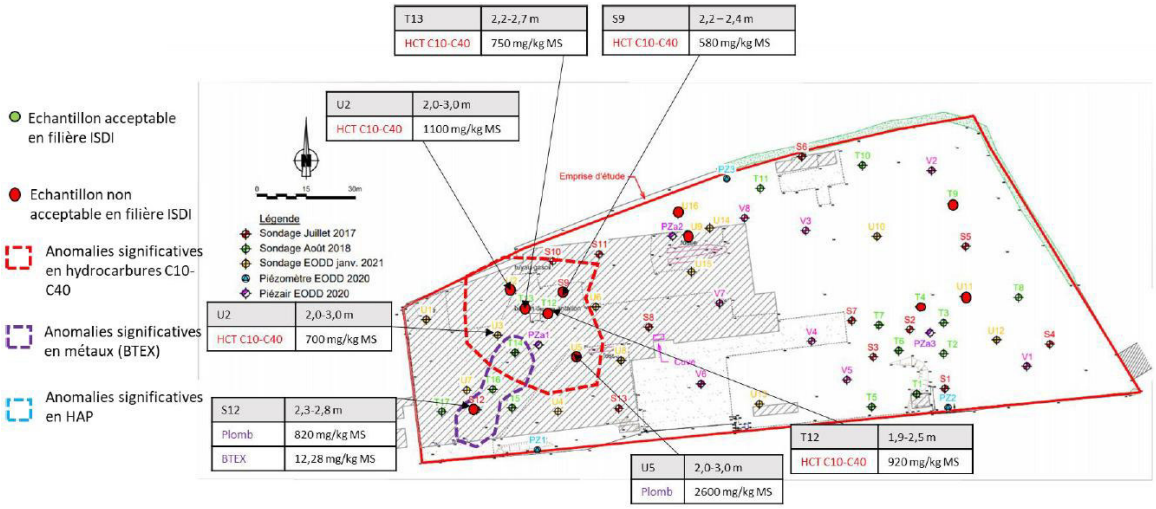
Ce diagnostic permis de générer une nouvelle cartographie des zones de pollution par typologie de polluants (HCT et/ou ETM (Cd, Cu, Pb, ZN) et/ou HAP) et par profondeur (Figure 10).



Profondeur : 0 – 1 m



Profondeur : 1 – 2 m



Profondeur : 2 – 3 m

Figure 10 : Localisation des impacts et des zones non inertes par profondeur (Source : EODD, 2021).

À ce stade de l'étude, les voies de transfert retenues sont l'envol de poussières et le contact direct avec le sol ainsi que le dégazage (inhalation de composés volatils).

Les transferts vers les biomasses n'ont pas été retenus du fait de l'absence de plantations ou de jardins potagers. Les eaux souterraines n'ont pas été retenues également du fait de l'absence de puits ou de source.

EODD conclut cette étude en préconisant notamment de réaliser un plan de gestion en fonction de l'usage qui sera défini, incluant une étude de risque sanitaire pour s'assurer de la compatibilité entre l'état du site et cet usage.

En 2022, EODD est mandaté pour réaliser un plan de gestion. Sur la base des études antérieures, 4 zones de pollutions concentrées sont identifiées et concerneraient un volume approximatif de 3 510 tonnes.

Les usages envisagés pour le site sont les suivants (Figure 1) :

- Zone gelée pendant les travaux de réhabilitation ou activités tertiaires sur la partie Ouest du site ;
- Construction de logements de plain-pied et espaces verts ou jardins sur la partie Est du site.



Figure 11 : Illustration des usages envisagés dans le cadre du plan de gestion réalisé en 2022 (source : EODD, 2022).

Les voies de transfert retenues pour la réalisation du plan de gestion étaient les suivantes :

- Envol et/ou contact direct avec le sol ;
- Dégazage et inhalation de composés volatils ;
- Ingestion de végétaux (usages de plantations/jardins potagers), potentiellement impactés en cas de bioaccumulation.

Le plan de gestion a consisté à étudier les 3 scénarios suivants :

- Scénario 1 : Terrassement et évacuation hors site de l'ensemble des matériaux présentant des pollutions concentrées ;
- Scénarios 2 : Terrassement et évacuation de deux des zones de pollutions concentrées et traitement sur site des deux autres zones (zones concernées par des pollutions organiques uniquement) ;
- Scénario 3 : Terrassement et confinement sur site de deux zones de pollutions concentrées et terrassement et traitement sur site des deux autres zones (zones concernées par des pollutions organiques uniquement).

Une étude statistique des pollutions détectées a permis de définir des seuils de coupure pour les différents composés. Ces seuils de coupure sont les suivants :

- HCT C10-C40 : 2 000 mg/kg MS ;
- Arsenic : 25 mg/kg MS ;
- Plomb : 250 mg/kg.

Les analyses réalisées sur les eaux souterraines montrent uniquement des impacts significatifs en sulfates et en fluorures.

Un bilan coût-avantage a été réalisé sur la base de ces 3 scénarios.

Une analyse des risques résiduels (ARR) a été réalisée et a confirmé une adéquation entre la qualité des sols et les usages projetés.

EODD recommande alors de réaliser une étude de conception des travaux, d'étudier les voies de valorisation possible des déblais sur le site. Si les usages projetés sont modifiés, le plan de gestion devra être mis à jour. La mémoire des études réalisée sur le site doit également être conservée.

En 2025, SOCOTEC Environnement est mandaté par l'EPF Vendée pour réaliser un diagnostic environnemental complémentaire sur le site puis pour mettre à jour le plan de gestion de 2022.

Lors de ce diagnostic, **20 sondages** (W1 à W20) **à la sondeuse mécanique sur chenille** ont été réalisés **jusqu'à 4,5 m de profondeur**. Les échantillons prélevés ont fait l'objet du menu analytique suivant auprès du laboratoire Eurofins :

- Pack ISDI ;
- HCT C10-C40 ;
- BTEX ;
- 8 ETM sur brut.

La Figure 12 illustre le plan d'échantillonnage mis en œuvre par SOCOTEC Environnement.



Figure 12 : Illustration du plan d'échantillonnage mis en œuvre en 2025 (source : SOCOTEC Environnement).

Des investigations sur les gaz du sol, les eaux souterraines et les bétons ont également été réalisées.

Les investigations complémentaires de 2025 ont confirmé les anomalies détectées lors des campagnes d'échantillonnage précédentes avec la détection de dépassements de seuil en hydrocarbures, ponctuellement en HAP ainsi qu'en éléments traces métalliques (cuivre et plomb) ainsi qu'en BTEX en W12. Ces anomalies sont illustrées sur la Figure 13.

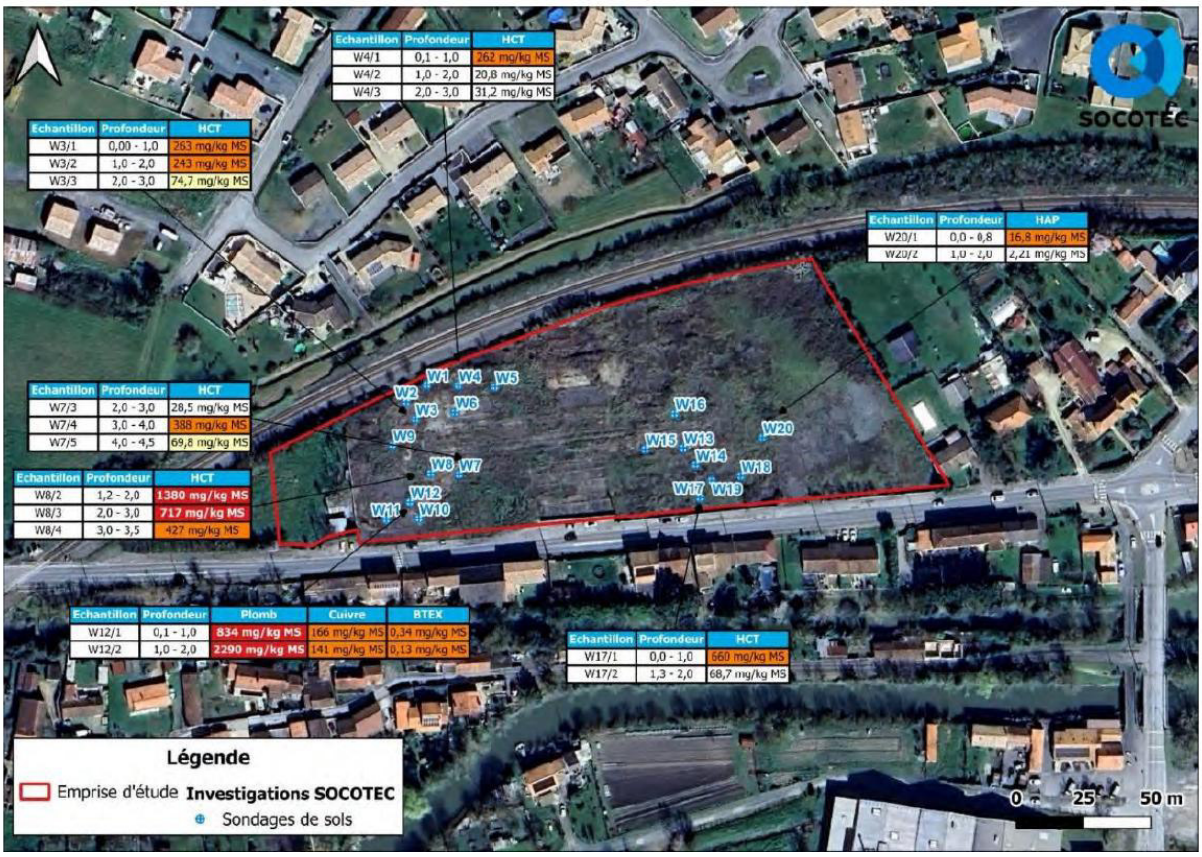


Figure 13 : Illustration des anomalies détectées dans les sols du site en 2025 (source : SOCOTEC Environnement, 2025).

Ces résultats sont en cours d'intégration dans le plan de gestion de SOCOTEC Environnement.

L'ensemble des zones échantillonnées au cours des investigations sont synthétisées sur la Figure 14.

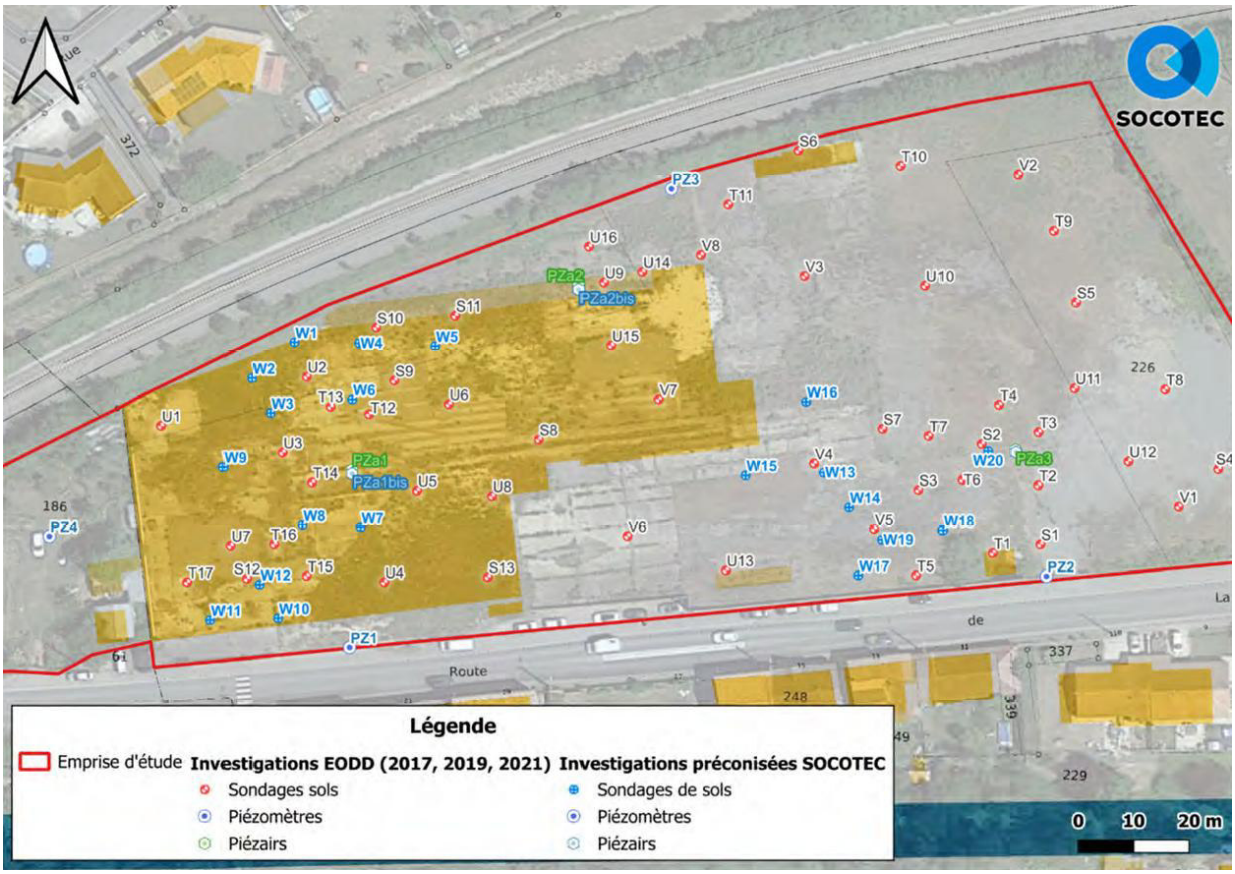


Figure 14 : Localisation des points de sondage investigués lors des diagnostics environnementaux menés sur le site entre 2017 et 2025 (source : SOCOTEC Environnement, 2025).

4.1.2. Typologies de sols

Au cours des diagnostics environnementaux, les typologies de sols observées, en particulier les différents horizons, ont été indiqués. Ces données sont importantes et à mettre en relation avec les données environnementales afin d'avoir un aperçu de l'éventuelle hétérogénéité des sols du site.

La Figure 15 synthétise les typologies de matériaux observées dans les sols du site lors des campagnes d'échantillonnages antérieures.

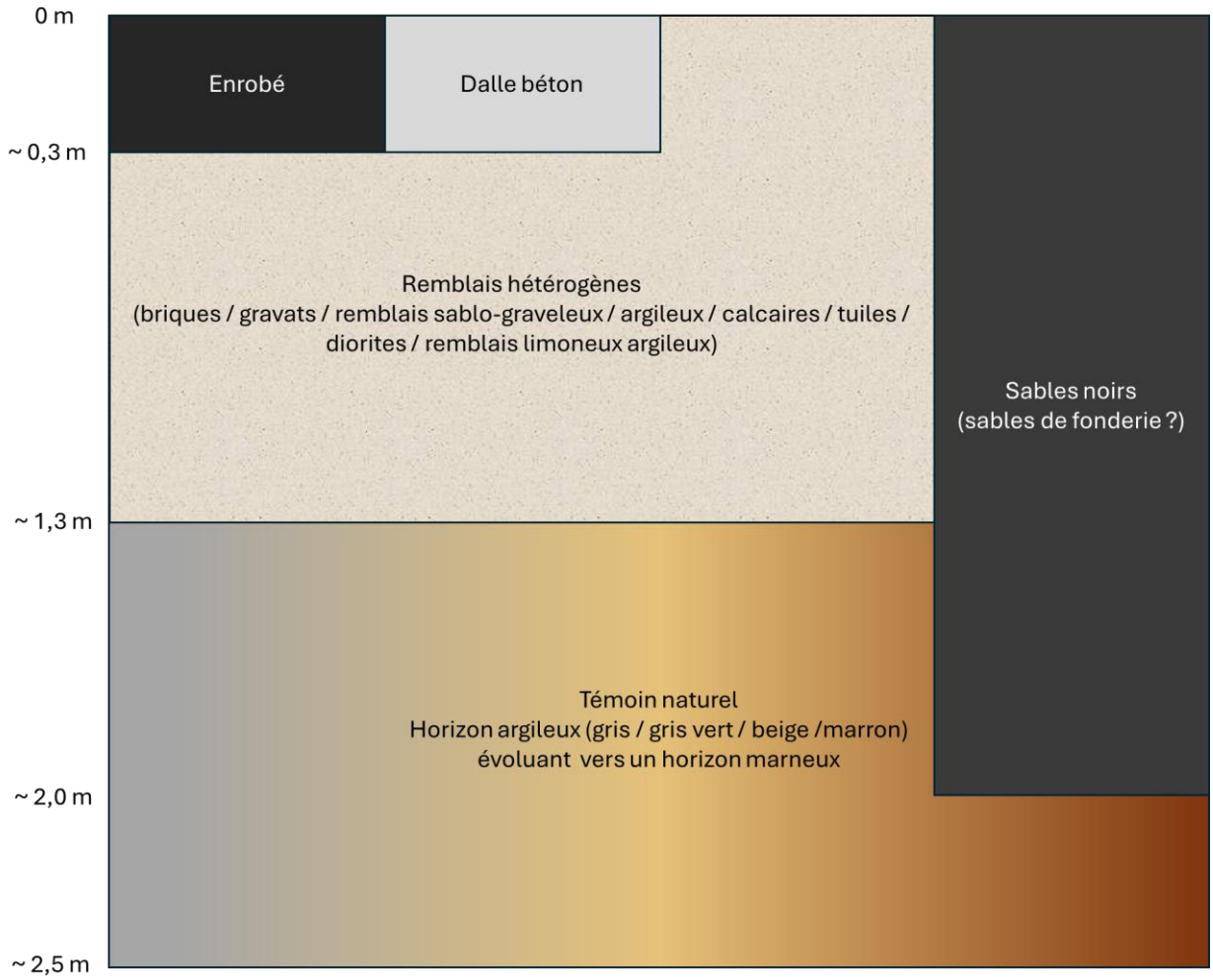


Figure 15 : Synthèse des horizons pédologiques observés lors des campagnes d'échantillonnage menées par EODD et SOCOTEC Environnement entre 2017 et 2025 (source : Microhumus sur la base des diagnostics de EODD et SOCOTEC Environnement).

On observe sur la figure 15 la présence ponctuelle d'enrobé ou de dalle béton en surface. Sur la majorité des points de sondage, des remblais hétérogènes voire grossiers ont été observés jusqu'à environ 1,3 m de profondeur (profondeur variable selon le point de sondage considéré). Le sol naturel est ensuite atteint sur la majorité des points de sondages et correspond à un horizon argileux évoluant vers un horizon marneux.

Au droit de l'ancienne fonderie, un horizon sableux noir constitué potentiellement de sables de fonderie a été observé. Cette typologie de matériaux correspond à la zone présentant des anomalies en éléments traces métalliques, en particulier en plomb (voir zone violette sur la Figure 10).

4.2. Caractérisations analytiques

En complément de l'étude documentaire présentée ci-dessus, Microhumus a réalisé des caractérisations analytiques à partir de l'échantillon W12/1 fourni par SOCOTEC Environnement.

Cet échantillon correspond à un prélèvement effectué sur l'horizon 0,1 – 1 m. Il a été prélevé au droit du point de sondage W12 au niveau de l'ancienne fonderie (Figure 2).

La Figure 16 illustre l'aspect de l'échantillon.

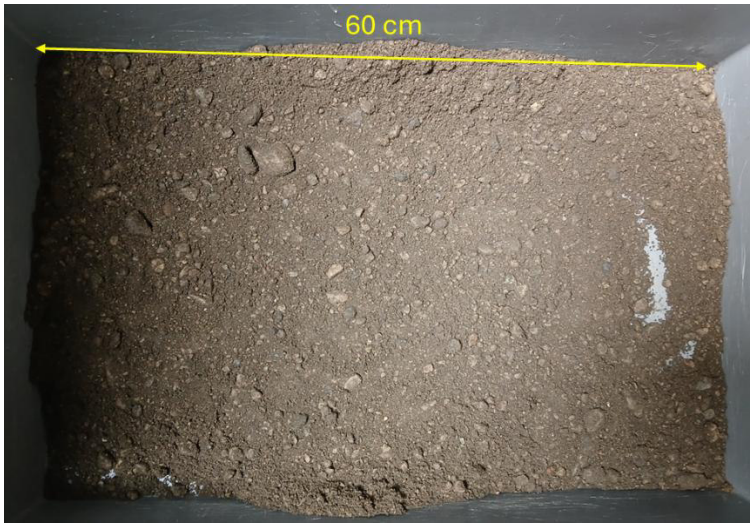


Figure 16 : Illustration de l'aspect de l'échantillon W12/1 (Source : Microhumus, 2025).

Cet échantillon correspond à l'horizon composé de sable graveleux noir, potentiellement des sables de fonderie.

Remarque : pour les besoins de l'étude de Microhumus, SOCOTEC Environnement a doublé le sondage au droit de la zone W12 afin de prélever suffisamment de matière pour les caractérisations.

Les analyses réalisées par SOCOTEC Environnement sur ce point de sondage montraient des anomalies en BTEX, en cuivre et en plomb.

Les résultats des caractérisations présentées dans la suite de ce rapport sont basés sur l'échantillon W12/1, jugé représentatif par SOCOTEC Environnement de la zone impactée correspondant à l'ancienne fonderie (voir zone violette sur la Figure 10).

4.2.1. Caractérisation environnementale : étude de bioaccessibilité orale

Dans un premier temps, une étude de la bioaccessibilité orale, basée sur le protocole simplifié élaboré par le BRGM, a été réalisée sur l'échantillon W12/1. Cette étude est centrée sur les 3 éléments traces métalliques pour lesquels la méthodologie a été validée à savoir le cadmium, le plomb et l'arsenic.

Pour cela, une partie de l'échantillon (précédemment homogénéisé) a été **broyé puis tamisé à 250 µm.** En effet, le protocole expérimental validé par le BRGM impose de réaliser les essais de bioaccessibilité sur cette fraction.

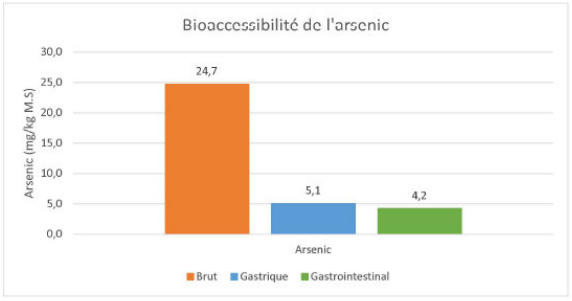
L'échantillon tamisé a ensuite fait l'objet de deux caractérisations :

- La mesure des teneurs en arsenic, cadmium et plomb sur brut la fraction broyée d'une part ;
- Des essais de bioaccessibilité d'autre part.

A l'issue des essais de bioaccessibilité, des calculs ont permis d'estimer la fraction bioaccessible à partir des teneurs en arsenic, cadmium et plomb sur brut.

Les résultats de ces essais sont présentés sur la Figure 17.

W12/1	Brut (<250µm) mg/kg M.S		Concentration mesurée µg/L	Gastrique		Gastro Intestinal		Commentaires
				mg/kg M.S	Bioacc G % < 250µm	mg/kg M.S	Bioacc G I % < 250µm	
Arsenic	24,7	Répet 1	2,2	4,2	17%	3,8	15%	*% calculé sur la concentration brute initiale de la fraction < 250 microns*
		Répet 2	2,81	5,2	21%	4,6	19%	
		Répet 3	2,55	5,8	23%	4,3	17%	
Cadmium	0,4	Répet 1	<0,20	<0,33		<0,13		*le % d'abattement n'a pas été calculé car les valeurs sont inférieures aux LQ avant et après essai*
		Répet 2	<0,20	<0,33		<0,13		
		Répet 3	<0,20	<0,33		<0,13		
Plomb	352,0	Répet 1	*125*	191,4	54%	19,7	6%	*% calculé sur la concentration brute initiale de la fraction < 250 microns*
		Répet 2	*0*	172,9	49%	17,6	5%	
		Répet 3	*103*	157,4	45%	15,9	5%	



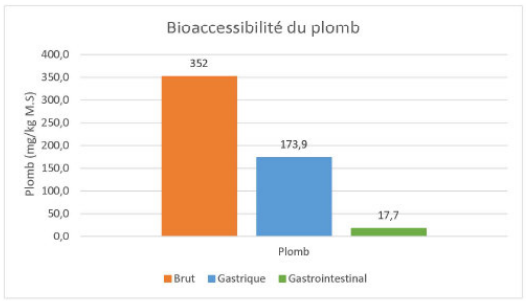


Figure 17 : Résultats des essais de bioaccessibilité réalisés sur l'échantillon W12/1 pour l'arsenic, le cadmium et le plomb selon le protocole simplifié du BRGM (source : Estralab, 2025).

Ces essais permettent de simuler l'effet du système digestif humain pour avoir un aperçu des transferts possibles en cas d'ingestion de terre. Les essais réalisés mettent en évidence :

- L'absence de détection du cadmium à l'issue des essais ;
- Une diminution significative de la bioaccessibilité de l'arsenic et du plomb.

Les essais ont montré une bioaccessibilité comprise entre 17 et 19 % de la teneur initiale pour l'arsenic. La teneur en arsenic sur brut en arsenic étant inférieure au fond géochimique local, ces résultats ne seront pas détaillés.

Quant au plomb, il est détecté à des teneurs anomaliques sur le site d'après les études précédentes.
La teneur en plomb initiale dans l'échantillon tamisé était de 352 mg/kg. Les essais mettent en évidence que la teneur en plomb qui serait réellement absorbée au niveau de l'intestin grêle en cas d'ingestion de cet échantillon de sol équivaudrait à une teneur de 17,7 mg/kg (soit 5 à 6 % de la teneur initiale).

Cette donnée pourra être inclue dans les calculs de risque du plan de gestion de SOCOTEC Environnement pour permettre d'affiner ces calculs pour un scénario d'ingestion de sol en lien avec les usages projetés.

4.2.2. Essais de germination et phytodisponibilité

Des essais de germination et de phytodisponibilité ont été réalisés sur le matériau W12/1.

Dans un premier temps, l'échantillon a fait l'objet d'analyses environnementales pour déterminer les teneurs en éléments traces métalliques (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) dans cet échantillon. Contrairement aux analyses réalisées pour les essais de bioaccessibilité (voir paragraphes précédent), ces analyses ont été réalisées sur l'échantillon non broyé et non tamisé.

Les résultats de cette caractérisation sont présentés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Comparaison des teneurs en éléments traces métalliques sur brut (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) de l'échantillon W12/1 avec les valeurs RMQS (Réseau de mesure de la qualité de sols) correspondant au site d'étude.

EPF Vendée - Ile d'Elle		RMQS (horizon 0-30 cm)	W12/1
Analyses sur brut			
Métaux			
Chrome (Cr)	mg/kg MS	150,2	89
Nickel (Ni)	mg/kg MS	100,1	110
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	67,7	160
Zinc (Zn)	mg/kg MS	263,52	180
Arsenic (As)	mg/kg MS	43,1	30
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	1,59	0,5
Mercure (Hg)	mg/kg MS	0,19	<0,1
Plomb (Pb)	mg/kg MS	94,3	610

Le Tableau 1 montre des dépassements de valeurs du RMQS. Ces dépassements sont les suivants :

- Un léger dépassement de seuil pour le **nickel** avec une teneurs de 110 mg/kg pour un seuil à 100,1 mg/kg ;
- Un dépassement de seuil pour le **cuivre** avec une teneur de 160 mg/kg pour un seuil à 67,7 mg/kg ;
- Un dépassement de seuil pour le **plomb** avec une teneur de 610 mg/kg pour un seuil à 94,3 mg/kg.

Remarque : Les teneurs en cuivre et en plomb mesurées sur l'échantillon sur brut sont du même ordre de grandeur que celles mesurées lors du diagnostic de SOCOTEC Environnement sur leur échantillon W12/1.

Remarque : On peut constater une variation de la teneur en plomb sur brut mesurée entre l'analyse réalisée sur l'échantillon broyé puis tamisé à 250 µm (352 mg/kg) et celle mesurée sur l'échantillon non broyé (610 mg/kg). Cette différence peut s'expliquer :

- Soit par une hétérogénéité de l'échantillon malgré une homogénéisation préalable ;
- Ou par une différence au niveau du protocole analytique (discussion en cours avec les laboratoires d'analyses pour approfondir cette hypothèse).

Des essais de germination ont été menés sur cet échantillon, sur un témoin sol non pollué ainsi que sur un témoin terreau pendant 4 semaines en chambre climatique. Les résultats de cesessais sont présentés sur la Figure 18.



Figure 18 : Illustration des essais de germination menés sur le matériau W12/1, un témoin sol et un témoin terreau (vu du dessus) (source : Microhumus, 2025).

On peut constater sur la Figure 18que les végétaux ont germé et se sont développés sur les 3 matériaux.

Les résultats de ces essais sont détaillés sur la Figure 19.



Modalités	Hauteur moyenne (en cm)	Couleur	Epaisseur	Densité	Total biomasse parties aériennes produite (en g)
W12/1	Vesce : 26 à 40 Graminées : 8 Trèfle : 3,5 à 5	Vesce : Jaunissement + début de fâne Graminées : Vert + début jaunissement Trèfle : vert avec bords rouges	Herbacées : +	+++	36,1
Témoin sol	Vesce : 23 à 52 Graminées : 8 Trèfle : 7 à 12	Vesce : vert Graminées : vert + début jaunissement Trèfle : vert + quelques feuilles aux bords rouges	Herbacées : +	+++	44,4
Témoin terreau	Vesce : 0 à 37 Graminées : 9 Trèfle : 0 à 10	Vesce : Jaune + début fâne Graminées : vert + début jaunissement Trèfle : vert + quelques feuilles aux bords rouges	Herbacées : +	+++	27,2

Figure 19 : Détail des résultats des essais de germination (légende : + = correcte ; ++ = bien ; +++ = très bien) (source : Microhumus, 2025).

La Figure 19 illustre le développement des parties aériennes des végétaux sur le matériau W12/1, le témoin sol ainsi que sur le témoin terreau.

On peut ainsi constater :

- Une hauteur moyenne de végétation similaire entre les modalités pour les graminées ;
- Une hauteur des parties aériennes similaire entre les modalités W12/1 et témoin sol pour la vesce ;
- Une hauteur des parties aériennes du trèfle comprise entre le témoin sol et le témoin terreau.

De manière générale, on peut constater que la vesce présente des feuilles jaunes indiquant un début de fanaison pour les modalités W12/1 et pour le témoin terreau. Les graminées présentent un début de jaunissement de leurs parties aériennes sur les 3 modalités. Le trèfle présente quant à lui des feuilles aux bords jaunes sur les 3 modalités.

Ces résultats suggèrent que le témoin utilisé pour les essais présente des caractéristiques agronomiques non optimales (signes de carences visibles).

La modalité témoin sol est la modalité ayant produit la plus importante quantité de biomasse aérienne, suivie de la modalité W12/1.

En complément de l'observation des parties aériennes, le système racinaire des végétaux a été observé. Les résultats de ces observations sont présentés sur la Figure 20.



Modalités	Enracinement	Effet structurant des racines	Nodosités
W12/1	Bon enracinement avec des racines en cœur de motte et jusqu'en fond de pot	Bon effet structurant sur la motte	Absentes
Témoin sol			Présentes (vesce)
Témoin terreau			Absentes

Figure 20 : Illustration du développement racinaire des végétaux pour les modalités W12/1, témoin sol et témoin terreau (source : Microhumus, 2025).

Des nodosités ont également été observées au niveau du système racinaire de la vesce pour la modalité témoin sol contrairement aux autres modalités. Leur présence indique une capacité potentielle de la vesce à capter une partie de l'azote atmosphérique en plus de l'azote du sol via la présence de bactéries fixatrices d'azote.

Les nodosités observées sont illustrées sur la Figure 21.



Figure 21 : Illustration des nodosités de la vesce observées sur la modalité sol témoin (source : Microhumus, 2025).

La biomasse produite sur les 4 réplicas de chaque modalité a été récoltée puis rincée à l'eau claire avant envoi en analyse. Les teneurs en éléments traces métalliques sur brut ont ensuite été mesurées.

Les résultats des analyses sont présentés dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Comparaison des teneurs en éléments traces métalliques contenues dans la biomasse végétale produite sur le matériau W12/1 avec les teneurs mesurées dans la biomasse produite dans le témoin sol, la norme NF U44-051 dénomination matière végétale, le règlement UE 2019/1009 concernant la mise sur le marché européen de fertilisants et les teneurs en oligo-éléments dans les fourrages.

EPF Vendée - Ile-d'Elle		Norme NF U44-051 - Dénomination Matière végétale (1)	Règlement UE 2019/1009 sur la mise sur le marché européen des fertilisants (2)	Teneurs en oligo-éléments des fourrages (3) (4)	W12/1 (biomasse) sur brut	Témoin (biomasse) sur brut
Analyses sur brut						
Métaux						
Chrome (Cr)	mg/kg MS	**120**	**2***	**-**	0,082	0,034
Nickel (Ni)	mg/kg MS	**60**	**50**	**-**	0,57	0,10
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	**300**	**300**	**5,5 - 7,4**	0,84	0,49
Zinc (Zn)	mg/kg MS	**600**	**800**	**23 - 25**	4,8	2,8
Arsenic (As)	mg/kg MS	**18**	**40**	**2**	0,22	0,21
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	**3**	**2**	**1**	< 0,0069	< 0,0060
Mercure (Hg)	mg/kg MS	**2**	**1**	**-**	0,019	0,013
Plomb (Pb)	mg/kg MS	**180**	**120**	**30**	0,31	< 0,16

(1) AFNOR, 2012. Norme NF U44-051 - (2) Parlement Européen, 2019 - (3) SCHLEGEL et al., 2017 - (4) Commission Européenne, 2013

* : teneur maximale en Cr VI

On peut constater dans le Tableau 2 :

- Que les teneurs en éléments traces métalliques contenues dans les biomasses produites sur le matériau W12/1 sont globalement similaires à celles mesurées dans la biomasse produite sur le témoin sol non pollué ;

- Que les teneurs en éléments traces métalliques mesurées dans la biomasse produite sur le matériau W12/1 sont inférieures aux seuils définis par la norme NF U44-051 et au Règlement UE 2019/1009. Cette biomasse pourrait ainsi faire l'objet d'une valorisation sous forme d'amendement organique ;

- Que les teneurs en éléments traces métalliques mesurées dans la biomasse issue du matériau W12/1 sont inférieures aux teneurs tolérées par la réglementation et/ou mesurées dans les fourrages.

L'essai de phytodisponibilité réalisé montre l'absence de transfert significatif d'éléments traces métalliques vers les espèces végétales testées.

Remarque : En cas d'usage potager envisagé sur la typologie de matériau W12/1, des essais de plantation avec différents types de légumes devront être réalisés afin de s'assurer de l'absence de transferts. En effet, selon le type de légume considéré, la sensibilité au transfert d'éléments traces métalliques vers les parties consommées est différents.
Par ailleurs, si cet usage est retenu, une évaluation de la compatibilité entre la qualité des sols du site et les usages au regard des envols de poussières devra être réalisée.
De même, la qualité des eaux souterraines pourra être mise en relation avec les résultats de ces essais. Cela permettra de voir si la qualité des eaux est compatible pour l'arrosage des potagers.

4.2.3. Caractérisation agronomique

Le Tableau 3 synthétise les résultats de la caractérisation agronomique de l'échantillon W12/1.

Tableau 3 : Caractéristiques agronomiques du matériau W12/1. Code couleur utilisé : bleu clair (valeurs faibles) ; bleu (valeurs satisfaisantes) ; bleu foncé (valeurs élevées). Pas de référentiel réglementaire : interprétation propre à chaque matériau, d'un point de vue agronomique.

EPF Vendée - Ile-d'Elle		W12/1
Refus à 2 mm	%	42,5
Fractionnement granulo-densimétrique sans décarbonatation		
Argiles (< 2 µm)	% sec	5
Limons fins (2 - 20 µm)	% sec	12
Limons grossiers (20 - 50 µm)	% sec	1
Sables fins (50 - 200 µm)	% sec	18
Sables grossiers (200 - 2000 µm)	% sec	64
Texture (selon triangle GEPPA 1963)		***Sable***
Indice de battance	-	0,2
Indice de porosité	-	12
Etat humique		
Matières organiques	%	3,8
Azote total	% sec	0,058
C/N	-	38,1
Statut acido-basique		
pH eau	-	8,3
Calcaire total	g/kg	51
CaO	g/kg	11,2
CEC Metson	meq/100g	4,3
Milieu nutritif et environnemental		
Phosphore Joret Hébert P2O5	g/kg	0,06
Potassium K2O	g/kg	0,08
Magnésium MgO	g/kg	0,234
Autres résultats		
Conductivité	mS/cm	0,32
Sodium	g/kg	0,043
Capacité hydrique		
Capacité de rétention en eau pF2,5	%	8
Point de flétrissement permanent pF4,2	%	4
Réserve utile	mm eau/cm sol	0,5
Faible		
Moyen		
Elevé		

Interprétation des propriétés agronomiques :

Echantillon : **W12/1**

La fraction < 2 mm, qui représente 58 % du matériau, est caractérisée par :

- Une texture de type **sable** ;
- Un **pH basique**, pour ce matériau **calcaire** (**5 %** calcaire total) ;
- Une teneur en matière organique **correcte** ;
- Une capacité d'échange cationique **faible** ;
- Une teneur en azote total **faible** ;
- Des teneurs en potassium, phosphore et magnésium **faibles à élevées** ;
- Une salinité **faible** ;
- Des capacités de rétention et de restitution en eau **faibles**.

Les résultats de la caractérisation agronomique du matériau montent l'absence de contre-indication majeure **d'un point de vue agronomique** pour être le support d'une végétation à court terme.

Pour envisager la mise en place d'un couvet végétal à long terme sur ce matériau dans le cadre d'une stratégie de phytomanagement, une étape préalable de refonctionnalisation sera nécessaire.

5. Conclusion et perspectives

Dans le cadre du projet de réaménagement d'un ancien site industriel d'une surface de 16 000 m^2 sur L'île d'Elle, l'EPF Vendée a lancé une consultation pour réaliser les missions suivantes :

- Réalisation de diagnostics complémentaires ;
- Réalisation d'un plan de gestion ;
- Maîtrise d'œuvre pour la dépollution des sols.

Ce site a d'abord été utilisé comme briqueterie, puis occupé par une entreprise de transport. Des diagnostics environnementaux antérieurs ont montré la présence de pollutions dans les sols du site, notamment en éléments traces métalliques.

Dans ce contexte, l'EPF Vendée a fait appel à SOCOTEC Environnement pour réaliser les missions présentées ci-dessus. En complément, SOCOTEC Environnement a fait appel à Microhumus pour compléter son plan de gestion par une **étude de faisabilité technique théorique de gestion par phytomanagement des sols du site (A-TerPol®)**.

Cette étude a permis d'obtenir les résultats suivants :

- L'**étude documentaire** réalisée à partir des études antérieures a montré que l'**échantillon** W12/1 fournis à Microhumus par SOCOTEC Environnement **semble représentatif** de la zone impactée au droit de l'ancienne fonderie. Ce matériau semble correspondre à un sable de fonderie.
  Les **teneurs en éléments traces métalliques** mesurées par Microhumus sont **similaires aux teneurs mesurées dans cette zone lors des études antérieures**, notamment en plomb ;

- Des **essais de bioaccessibilité orale** ont été faits sur le matériau W12/1 pour l'arsenic, le cadmium et le plomb. Cet essai a montré une absence de détection du cadmium, une bioaccessibilité orale de l'arsenic de l'ordre de 15 à 19 %, contre 5 à 6 % pour le plomb. Les résultats de ces essais pourront être incorporés dans le plan de gestion de SOCOTEC Environnement afin d'affiner les calculs de risques ;

- Les **essais de germination et de phytodisponibilité** ont montré :
  - La germination et le développement des espèces végétales sur le matériau W12/1 ainsi que sur les témoins sol non pollué et terreau. Cela montre un **potentiel de végétalisation positif à court terme** ;

  - La biomasse produite sur le matériau W12/1 lors des essais de germination a été analysée. On peut constater que les teneurs en éléments traces métalliques

mesurées sont similaires aux teneurs mesurées dans la biomasse produite sur le témoin sol non pollué. On observe ainsi une **absence de transferts significatifs** de métaux du sol vers la biomasse végétale.
La qualité environnementale de la biomasse produite sur W12/1 est compatible avec sa valorisation en compostage ou pour un usage de type fourrage si un éco-pâturage était envisagé pour entretenir les espaces verts du site.

Remarque : Dans le cas de la mise en place de jardins potagers sur les matériaux issus de l'ancienne fonderie impactés en éléments traces métalliques, **des essais complémentaires de plantation de différents types de légumes** sur site sont fortement recommandés afin de s'assurer de l'absence de risque sanitaire.

- La caractérisation agronomique du matériau W12/1 montre l'absence de contre-indication pour la végétalisation de ce matériau à court terme. **Dans le cas de la mise en place d'une stratégie de phytomanagement, le matériau devra au préalable faire l'objet d'une refonctionnalisation pour permettre l'implantation d'un couvert végétal à long terme** (voir phase 2 de l'offre transmise).

Ainsi, sur la base des résultats de cette étude, Microhumus conclut sur une **faisabilité technique théorique positive** de gestion par phytomanagment des sols impactés en éléments traces métalliques au droit de l'ancienne fonderie.

Du fait de la nature des pollutions observées, la phytotechnologie retenue **est la phytostabilisation**.

Pour permettre la mise en œuvre de cette stratégie, une phase d'ingénierie pédologique, suivie d'essais en conditions contrôlées, devront être réalisés. Ces essais permettront de définir puis valider des modalités de refonctionnalisation du matériau W12/1 en tenant compte des matériaux disponibles sur site ou à proximité (ex : amendements organiques ou organo-minéraux) pour permettre l'implantation d'un couvert végétal pérenne indispensable pour la mise en œuvre de la phytostabilisation.

Remarque : Les études antérieures mettaient en évidence un potentiel excédent de terres de qualité environnementale satisfaisante. Pour limiter les évacuations de matériaux, leur revalorisation en terre fertile peut être étudiée par Microhumus. Ces matériaux pourraient également être utilisés pour refonctionnaliser le matériau W12/1 dépendamment de leur qualité agronomique (voir phase 2 de l'offre).

En fonction des besoins du projet, Microhumus pourra également vous accompagner pour affiner les risques liés à l'envol de poussière par le biais d'un dispositif dont le dépôt de brevet est en cours.

6. Bibliographie

AFNOR, 2012. Norme NF U44-051.

BRGM, 2020. La bioaccessibilité orale des éléments métalliques [en ligne]. Disponible sur : https://ssp-infoterre.brgm.fr/sites/default/files/documents/2022-02/fichesti2-bioaccess_0.pdf [consulté le 15/07/2025].

Commission Européenne, 2013. Règlement (UE) N°1275/2013 de la Commission du 6 décembre 2013 modifiant l'annexe I de la directive 2002/32/CE du Parlement européen et du Conseil en ce qui concerne les teneurs maximales en arsenic, en cadmium, en plomb, en nitrite, en essence volatile de moutarde et en impuretés botaniques nuisibles. Disponible sur : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R1275 [consulté le 07/07/2025].

Parlement Européen, 2019. Règlement (UE) 2019/1009 du Parlement Européen et du Conseil du 5 juin 2019 établissant les règles relatives à la mise à disposition sur le marché des fertilisants UE, modifiant les règlements (CE) no 1069/2009 et (CE) no 1107/2009 et abrogeant le règlement (CE) n o 2003/2003 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1009 [consulté le 15/07/2025].

SCHLEGEL et al., 2017. Teneur minérale de l'herbage en fonction de la région et de l'altitude [en ligne]. Disponible sur https://www.agrarforschungschweiz.ch/wp-content/uploads/pdf_archive/2017_02_f_2247.pdf [consulté le 07/07/2025].

7. Annexes

7.1. Annexe 1 : Caractéristiques agro-environnementales du témoin sol non pollué utilisé pour cette étude

Caractéristiques environnementales :

EPF Vendée - Ile-d'Elle		Témoin (sol)
Analyses sur brut		
Métaux		
Chrome (Cr)	mg/kg MS	17
Nickel (Ni)	mg/kg MS	10
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	11
Zinc (Zn)	mg/kg MS	38
Arsenic (As)	mg/kg MS	8
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0,1
Mercure (Hg)	mg/kg MS	0,1
Plomb (Pb)	mg/kg MS	12
pH	-	8,3

Caractéristiques agronomiques :

EPF Vendée - Ile-d'Elle		Témoin sol
Refus à 2 mm	%	2
Fractionnement granulo-densimétrique sans décarbonatation		
Argiles (< 2 µm)	% sec	8
Limons fins (2 - 20 µm)	% sec	7
Limons grossiers (20 - 50 µm)	% sec	10
Sables fins (50 - 200 µm)	% sec	66
Sables grossiers (200 - 2000 µm)	% sec	9
Texture (selon triangle GEPPA 1963)		***Sableux***
Indice de battance	-	0,1
Indice de porosité	-	1,2
Etat humique		
Matières organiques	%	5,4
Azote total	% sec	0,123
C/N	-	25,6
Statut acido-basique		
pH eau	-	8,1
Calcaire total	g/kg	51
CaO	g/kg	9,51
CEC Metson	meq/100g	5,9
Milieu nutritif et environnemental		
Phosphore Olsen P2O5	g/kg	0,116
Potassium K2O	g/kg	0,733
Magnésium MgO	g/kg	0,337
Autres résultats		
Conductivité	mS/cm	0,6
Sodium	g/kg	0,052
Capacité hydrique		
Capacité de rétention en eau pF2,5	%	15
Point de flétrissement permanent pF4,2	%	8
Réserve utile	mm eau/cm sol	0,9

7.2. Annexe 2 : Présentation des différentes phytotechnologies

Le phytomanagement est une stratégie de gestion des risques des sites et sols pollués combinant l'utilisation des phytotechnologies et une valorisation complémentaire du site. Les phytotechnologies basées sur les caractéristiques des plantes ont été pensées comme des techniques alternatives de gestion ou de remédiation in-situ des sites et sols pollués. Selon les objectifs de gestion des sites et sols pollués et la nature des polluants (organiques ou métalliques), plusieurs phytotechnologies sont possibles :

- **La phytostabilisation** a pour but de réduire l'accessibilité des polluants afin de limiter leurs transferts dans l'ensemble des compartiments environnementaux ;
- **La phytoextraction** cherche à accumuler les polluants métalliques à de fortes concentrations dans la phytomasse aérienne afin d'atteindre la dépollution des sols via l'export successif de la biomasse riche en métaux ou par l'export de grande quantité de biomasse moins riche en métaux ;
- **La phyto/rhizodégradation** consiste à venir dégrader les polluants organiques présents dans le sol via l'action du système racinaire et des microorganismes du sol ou encore la dégradation des polluants organiques dans la biomasse.

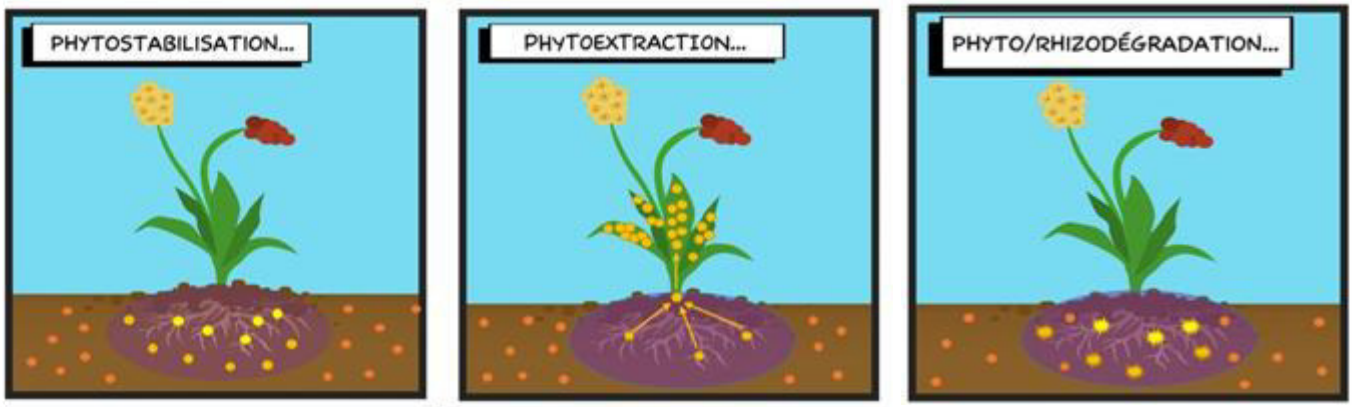


Figure 22. Schéma des actions des différentes phytotechnologies pour la gestion ou remédiation des polluants sur les SSPs.

Le phytomanagement est moins destructeur que les techniques de dépollution classiques et présente des coûts de mises en œuvre adaptés aux grandes surfaces. Cette gestion nécessite des coûts additionnels analytiques et de suivi sur le long terme. Néanmoins, les services écosystémiques rendus par les sols gérés par phytomanagement sont nombreux et doivent être considérés. Les valorisations sont multiples en fonction de l'usage du site (**économique, écologique, social**) et peuvent être complémentaires.

- **La valorisation économique du site** permet de générer un revenu pour le gestionnaire via l'utilisation de la biomasse dans des filières de valorisation adaptées.
- **La valorisation sociale du site** est obtenue via la réappropriation du site par les riverains, cela passe par l'utilisation du site comme une zone accueillant des

aménagements paysagers telle qu'un parc. Plus globalement, la création d'emplois est aussi une valorisation sociale car elle contribue au dynamisme local.

- **La valorisation écologique du sol** correspond à la restauration ou l'amélioration des fonctions du sol qui peuvent être la fertilité, la capacité de rétention en eau ou la biodiversité du sol. Une seconde valorisation écologique est aussi la conservation d'écosystèmes d'intérêt ou d'espèces génétiquement adaptées à ces polluants telles que les pelouses calaminaires riches en Zn ou encore les serpentines riches en Ni. De plus, les sites et sols pollués sans mesure de gestion peuvent aussi servir de réservoir aux espèces exotiques invasives, la mise en place du phytomanagement permet de lutter contre leurs dissémination dans les écosystèmes.

L'ensemble de ces facteurs font que le phytomanagement est site-spécifique mais avec une forte adaptabilité des plantes pouvant être utilisées selon les objectifs d'usage du site, allant d'espèces pérennes pouvant être mise en place sur des dizaines d'années, à des espèces annuelles nécessitant un semi régulier.

Pour en savoir plus

- Guide Phytomanagement (Guide Phytomanagement | Microhumus)

7.3. Annexe 3 : Bulletins d'analyses

ESTRALAB

ESSAIS DE BIOACCESSIBILITE ORALE SIMPLIFIEE

Projet : 25038 MicroHumus.BioAccess

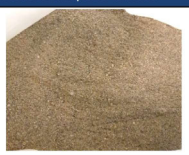
MAJ 02/06/2025
Rédac : F. CAZALS
Vérif : PY. Klein

Identification de l'échantillon

Réf échantillons : W12/1 Date de réception : 12/05/2025

Caractéristiques du sol

Valeurs sur sol bruts :
granulo : 100% < 250 microns (par microhumus)
siccité : 99,50%



Valeurs sur eau démi en éq (L/S=1 - 1h) :
pH : 7,88
Conductivité (mS/cm) : 0,676
pOR (mV) : 283

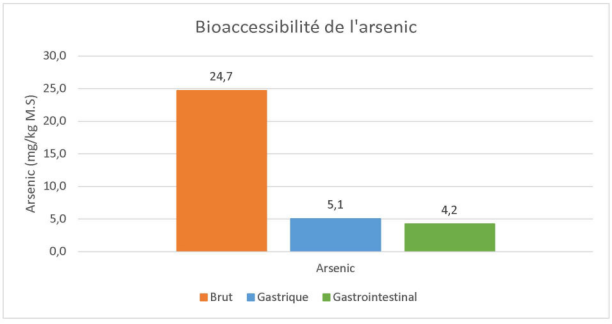
Essai de bioaccessibilité orale simplifiée

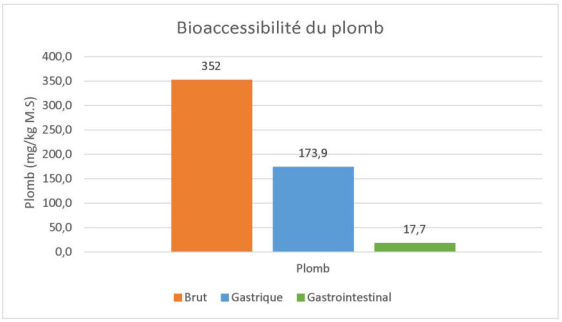
Protocole :

La détermination de la bioaccessibilité orale a été réalisée selon le test simplifié mis au point par le BRGM et dont les valeurs ont été corrélées avec le test NF ISO 17924 (UBM BARGE) pour l'arsenic, le cadmium et le plomb.
Pour chaque sol réduit à 250 microns, une prise d'essai est mélangée à de l'eau déminéralisée acidifiée à 0,65% de HCL pendant 1 heure à 37°C. Les échantillons sont ensuite filtrés et dilués par 2 avant envoi en analyse pour les trois métaux couverts par la méthode (laboratoire Eurofins Saverne COFRAC).
Les essais sont réalisés en tripliquas pour mettre en évidence la répétabilité de l'essai.
Les résultats obtenus permettent ensuite de recalculer les bioaccessibilités gastriques et gastrointestinales à l'aide d'équations mises au point par le BRGM après prise en compte des dilutions effectuées.

Résultats essais

W12/1	Brut (<250µm) mg/kg M.S		Concentration mesurée µg/L	Gastrique		Gastro Intestinal		Commentaires
				mg/kg M.S	Bioacc G % < 250µm	mg/kg M.S	Bioacc G I % < 250µm	
Arsenic	24,7	Répet 1	2,2	4,2	17%	3,8	15%	*% calculé sur la concentration brute initiale de la fraction < 250 microns*
		Répet 2	2,81	5,2	21%	4,6	19%	
		Répet 3	2,55	5,8	23%	4,3	17%	
Cadmium	0,4	Répet 1	<0,20	<0,33		<0,13		*le % d'abattement n'a pas été calculé car les valeurs sont inférieures aux LQ avant et après essai*
		Répet 2	<0,20	<0,33		<0,13		
		Répet 3	<0,20	<0,33		<0,13		
Plomb	352,0	Répet 1	*125*	191,4	54%	19,7	6%	*% calculé sur la concentration brute initiale de la fraction < 250 microns*
		Répet 2	*0*	172,9	49%	17,6	5%	
		Répet 3	*103*	157,4	45%	15,9	5%	





Conclusion

En comparaison à la valeur sur brut initiale de la fraction < 250 microns, la bioaccessbilité de l'arsenic et du plomb sont significativement réduites selon les essais de bioaccessbilité orale simplifiés. Le cadmium est sous les seuils d'analyse.

Accréditation n°1-1364
Portée disponible
sur www.cofrac.fr

WESSLING
part of ALS Limited
WESSLING France
ZI de Chesnes Tharabie
40 rue du Ruisseau • BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
labo@wessling.fr • www.wessling.fr

WESSLING France, 40 rue du Ruisseau, 38070 Saint-Quentin-Fallavier Cedex

MICROHUMUS
Madame Aurore JACQUOT
3 allée de Chantilly
54400 VANDOEUVRE-LES-NANCY

N° rapport d'essai	ULY25-016073-1
N° commande	ULY-16676-25
Interlocuteur (interne)	F. Auduc
Téléphone	+33 474 999 636
Courrier électronique	Florian.Auduc@wessling.fr
Date	19.05.2025

Rapport d'essai

Ile d'Elle



Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai et tels qu'ils ont été reçus (dans le cas où le laboratoire n'a pas prélevé les échantillons).
Les résultats des paramètres couverts par l'accréditation EN ISO/CEI 17025 sont marqués d'un (A).
La portée d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais du laboratoire WESSLING de Lyon (St Quentin Fallavier) est disponible sur le site www.cofrac.fr pour les résultats accrédités par ce laboratoire.
Le COFRAC est signataire des accords de reconnaissance mutuels de l'ILAC et de l'EA pour les activités d'essai.
Les organismes d'accréditation signataires de ces accords pour les activités d'essai reconnaissent comme dignes de confiance les rapports couverts par l'accréditation des autres organismes d'accréditation signataires des accords des activités d'essai.
Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires WESSLING.
Les laboratoires WESSLING autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données sans faire allusion à l'accréditation des résultats d'essai.
Les données fournies par le client sont sous sa responsabilité et identifiées en italique.

WESSLING
part of ALS Limited
WESSLING France
ZI de Chesnes Tharabie
40 rue du Ruisseau • BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
labo@wessling.fr • www.wessling.fr

Le 19.05.2025

N° d'échantillon		**25-062787-01**
Désignation d'échantillon	**Unité**	***W12/1***

Préparation d'échantillon

Minéralisation à l'eau régale - NF EN ISO 54321 - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Minéralisation à l'eau régale	MS	16/05/2025 (A)			

Métaux lourds

Métaux - Méthode interne : METAUX-ICP/MS - Réalisé par WESSLING Lyon (France)

Chrome (Cr)	mg/kg MS	89 (A)			
Nickel (Ni)	mg/kg MS	110 (A)			
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	160 (A)			
Zinc (Zn)	mg/kg MS	180 (A)			
Arsenic (As)	mg/kg MS	30 (A)			
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	0,5 (A)			
Mercure (Hg)	mg/kg MS	<0,1 (A)			
Plomb (Pb)	mg/kg MS	610 (A)			

MS : Matières sèches
< : résultat inférieur à la limite de quantification

Informations sur les échantillons

Date de réception :	09.05.2025			
Type d'échantillon :	*Sol*			
Date de prélèvement :	*06.05.2025*			
Heure de prélèvement :	*00:00*			
Récipient :	250ml VBrun WES002			
Température à réception (C°) :	15,4			
Début des analyses :	09.05.2025			
Fin des analyses :	19.05.2025			

WESSLING
part of ALS Limited
WESSLING France
ZI de Chesnes Tharabie
40 rue du Ruisseau • BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
labo@wessling.fr • www.wessling.fr

Le 19.05.2025

Informations sur vos résultats d'analyses :

Les seuils de quantification fournis n'ont pas été recalculés d'après la matière sèche de l'échantillon.
Les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice.
Seuls les résultats quantifiés (résultats égaux ou supérieurs à la LQ) sont pris en compte dans le calcul des sommes. Dans le cas contraire la somme est rendue "-/-".

Approuvé par :
Alexandra GUTTIN
Responsable Qualité et Sécurité

L·A·N·A·E

RAPPORT D'ANALYSES



DEMANDEUR / PRESCRIPTEUR

MICROHUMUS
UNIV LORRAINE ENSAIA LSE 2 AV DE LA FORET DE HAYE
54500 VANDOEUVRE LES NANCY (i)

DESTINATAIRE

MICROHUMUS LABORATOIRE
3 ALLEE DE CHANTILLY
54500 VANDŒUVRE-LES-NANCY (i)

Code organisme : 3014510

Site			
Commune			
Technicien	Aurore JACQUOT (i)		
N° de commande	2025-272A		
Date de prélèvement	18/06/2025 (i)	Début d'analyse	19/06/2025
Date d'arrivée	19/06/2025	Date d'édition	04/07/2025 (v.1)

N° LIMS	METL25071655	RÉFÉRENCE CLIENT	Ile d Elle Témoin terre (i)
N° ECHANTILLON	94041233		
NATURE	Méthanisation (digestats et matières entrantes) (i)	DESTINATION	Matière entrante - Divers (i)

Le rapport d'essai contient 1 page(s).

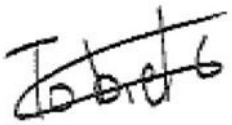
Échantillon prélevé par le technicien (i)

Ce rapport d'analyse ne concerne que l'échantillon soumis à analyse. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme fac-similé photographique intégral. Les déterminations confiées à un prestataire externe accrédité, sont précédées du signe «pea» et sont couvertes par l'accréditation du prestataire, et celles confiées à un prestataire externe non accrédité, du signe «pe» (les rapports originaux sont disponibles sur simple demande). Les avis de conformité contenus dans ce rapport ne tiennent pas compte du calcul des incertitudes. o et x signifient respectivement le respect ou non-respect des valeurs limites réglementaires de l'arrêté pris en référence.

Paramètres en contenu total

Paramètres	Normes	Unités	Résultats sec	Résultats brut	Valeurs seuil	Conformité (cas général)
Paramètres standard						
Matière sèche	Méthode interne	%		11,7		
Humidité	Méthode interne	%		88,3		
Métaux et assimilés						
Arsenic	NF EN ISO 11969	mg As/kg	1,80	0,21		
Cadmium	NF EN ISO 13346 Décembre 2000 (Norme Annulée) et NF EN ISO 11885	mg/kg	< 0,051	< 0,0060		
Chrome	NF EN ISO 13346 Décembre 2000 (Norme Annulée) et NF EN ISO 11885	mg/kg	0,29	0,034		
Cuivre	NF EN ISO 13346 Décembre 2000 (Norme Annulée) et NF EN ISO 11885	mg/kg	4,20	0,49		
Mercure	NF ISO 16772	mg/kg	0,11	0,013		
Nickel	NF EN ISO 13346 Décembre 2000 (Norme Annulée) et NF EN ISO 11885	mg/kg	0,88	0,10		
Plomb	NF EN ISO 13346 Décembre 2000 (Norme Annulée) et NF EN ISO 11885	mg/kg	< 1,4	< 0,16		
Zinc	NF EN ISO 13346 Décembre 2000 (Norme Annulée) et NF EN ISO 11885	mg/kg	24,3	2,80		
Somme Cr+Cu+Ni+Zn	Calcul	mg/kg	29,7	3,5		

Validation des résultats



Celine TOBIET
Adjointe responsable ADP et logistique

Ce rapport est la version originale.(i) Informations fournies par le client. Le laboratoire est exonéré de toute responsabilité lorsque ces informations peuvent affecter la validité des résultats.Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

L·A·N·A·E

RAPPORT D'ANALYSES



DEMANDEUR / PRESCRIPTEUR

MICROHUMUS
UNIV LORRAINE ENSAIA LSE 2 AV DE LA FORET DE HAYE
54500 VANDOEUVRE LES NANCY (i)

DESTINATAIRE

MICROHUMUS LABORATOIRE
3 ALLEE DE CHANTILLY
54500 VANDŒUVRE-LES-NANCY (i)

Code organisme : 3014510

Site			
Commune			
Technicien	Aurore JACQUOT (i)		
N° de commande	2025-272A		
Date de prélèvement	18/06/2025 (i)	Début d'analyse	19/06/2025
Date d'arrivée	19/06/2025	Date d'édition	04/07/2025 (v.1)

N° LIMS	METL25071656	RÉFÉRENCE CLIENT	Ile d Elle W12/1 (i)
N° ECHANTILLON	94041232		
NATURE	Méthanisation (digestats et matières entrantes) (i)	DESTINATION	Matière entrante - Divers (i)

Le rapport d'essai contient 1 page(s).

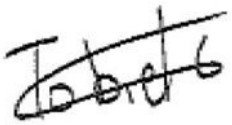
Échantillon prélevé par le technicien (i)

Ce rapport d'analyse ne concerne que l'échantillon soumis à analyse. Sa reproduction n'est autorisée que sous sa forme fac-similé photographique intégral. Les déterminations confiées à un prestataire externe accrédité, sont précédées du signe «pea» et sont couvertes par l'accréditation du prestataire, et celles confiées à un prestataire externe non accrédité, du signe «pe» (les rapports originaux sont disponibles sur simple demande). Les avis de conformité contenus dans ce rapport ne tiennent pas compte du calcul des incertitudes. o et x signifient respectivement le respect ou non-respect des valeurs limites réglementaires de l'arrêté pris en référence.

Paramètres en contenu total

Paramètres	Normes	Unités	Résultats sec	Résultats brut	Valeurs seuil	Conformité (cas général)
Paramètres standard						
Matière sèche	Méthode interne	%		13,0		
Humidité	Méthode interne	%		87,0		
Métaux et assimilés						
Arsenic	NF EN ISO 11969	mg As/kg	1,70	0,22		
Cadmium	NF EN ISO 13346 Décembre 2000 (Norme Annulée) et NF EN ISO 11885	mg/kg	< 0,053	< 0,0069		
Chrome	NF EN ISO 13346 Décembre 2000 (Norme Annulée) et NF EN ISO 11885	mg/kg	0,63	0,082		
Cuivre	NF EN ISO 13346 Décembre 2000 (Norme Annulée) et NF EN ISO 11885	mg/kg	6,50	0,84		
Mercure	NF ISO 16772	mg/kg	0,15	0,019		
Nickel	NF EN ISO 13346 Décembre 2000 (Norme Annulée) et NF EN ISO 11885	mg/kg	4,40	0,57		
Plomb	NF EN ISO 13346 Décembre 2000 (Norme Annulée) et NF EN ISO 11885	mg/kg	2,40	0,31		
Zinc	NF EN ISO 13346 Décembre 2000 (Norme Annulée) et NF EN ISO 11885	mg/kg	36,7	4,80		
Somme Cr+Cu+Ni+Zn	Calcul	mg/kg	48,2	6,2		

Validation des résultats



Celine TOBIET
Adjointe responsable ADP et logistique

Ce rapport est la version originale.(i) Informations fournies par le client. Le laboratoire est exonéré de toute responsabilité lorsque ces informations peuvent affecter la validité des résultats.Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.

MICROHUMUS	MICROHUMUS LABORATOIRE
UNIV LORRAINE ENSAIA LSE 2 AV DE LA FORET DE 54500 VANDOEUVRE LES NANCY	3 ALLEE DE CHANTILLY 54500 VANDœUVRE-LES-NANCY

N° LABORATOIRE
94030472

Dates		
Prélèvement	*Arrivée*	*Expédition*
06/05/2025	12/05/2025	16/06/2025

Technicien : Aurore JACQUOT

MARQUE	
REFERENCE	W12/1
N° LOT	
N° SCELLE/CODE BARRE	
REFERENTIEL	
TYPE PRODUIT	
N° BON DE COMMANDE	EPF Vendée Ile d Elle

Détermination	Méthode	Résultat sur sec	Unité sur sec	Résultat sur brut	Unité sur brut
Capacité de Rétention en Eau à pF 2.5 Moy.	NF EN ISO 11274	8.17	% MS		
Capacité de Rétention en Eau à pF 4.2 Moy.	NF EN ISO 11274	4.37	% MS		
Densité apparente du sol prise pour le calcul	calcul	1.3	g/cm3		
Réserve Utile (RU)	calcul	0.49	mm/cm		
Réserve Facilement Utilisable (RFU)	calcul	0.37	mm/cm		
refus 2 mm	Tamisage par voie sèche	42.5	%		

COMMENTAIRES DU LABORATOIRE

COMMENTAIRES DE VOTRE TECHNICIEN

FERTISOLS

Vos résultats d'analyses TERRE

DEMANDEUR / PRESCRIPTEUR

MICROHUMUS LABORATOIRE
3 ALLEE DE CHANTILLY
54500 VANDuUVRE-LES-NANCY

DESTINATAIRE

MICROHUMUS
UNIV LORRAINE ENSAIA LSE 2 AV DE LA FORET DE

54500 VANDOEUVRE LES NANCY
Technicien : JACQUOT Aurore

PARCELLE

N° ilot :

Référence	**W12/1**		
Surface	1 ha		
X/Long	E 6°9'49.24"	Y/Lat	N 48°39'27.99"

Coordonnées GPS

CARACTERISTIQUES DU SOL

Type de sol	Voir le triangle des textures		
Densité apparente (T/m3)	1.3		
Masse du sol (T/ha)	1500	Sol humide	
Profondeur de prélèvement (cm)	0 cm	Sol sec	
Sol / Sous-sol		*Réserve Facilement utilisable estimée*	54 mm

N° RAPPORT **94030472**

Date de prélèvement	06/05/2025
Date de réception	12/05/2025
Date d'édition	16/06/2025
Préleveur	
N° bon de commande	EPF Vendée Ile d

ETAT PHYSIQUE

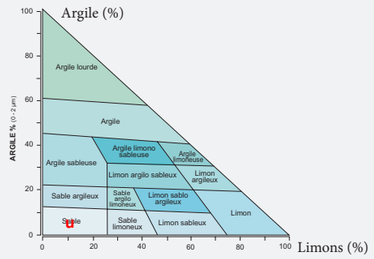
Granulométrie (pour mille)

Argiles (< 2 µm) :	**53**
Limons fins (2 à 20 µm) :	**116**
Limons grossiers (20 à 50 µm) :	**12**
Sables fins (50 à 200 µm) :	**179**
Sables grossiers (200 à 2000 µm) :	**639**

(granulométrie sans décarbonatation)

Texture selon le triangle GEPPA :

Indice de battance : **0.2**
Indice de porosité : **12.1**
Refus (%) :



Sol non battant
Porosité élevée

ETAT ORGANIQUE

Matière organique (%)*		3.8	2.2	Elevé
			souhaitable	

* MO=carb.org × 1.72

Azote total (%) : **0.058**

Rapport C/N		38.1	8-12	Elevé
Décomposition de la MO:	Rapide	Lente	*souhaitable*	

Estimation du coefficient k2 (%) :	**1.61**
Estimation de l'azote minéralisable en kg/ha :	**14 kg/ha**
Estimation des pertes annuelles en MO :	**920 kg/ha**
Stock minimal souhaitable en MO :	**33 t/ha**
Stock en matières organiques (MO) :	**57 t/ha**
Potentiel biologique : Très faible	**40**

Rapport C/N élevé, décomposition lente et difficile de la matière organique.

Les résultats d'analyses sont rendus sur terre fine sèche

Les analyses sont réalisées sur le site d'Auréa Ardon : 270 Allée de la Pomme de Pin, 45160 Ardon
Tél. 02.47.87.47.87 service-clients@aurea.eu - www.aurea.eu

aurēa AgroSciences

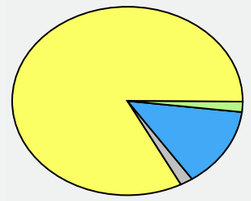
N° RAPPORT	94030472
Référence	W12/1

CONSEILS DE FERTILISATION

STATUT ACIDO-BASIQUE

	Faible				Elevé
pH eau					8.3
pH KCl					8.0
Calcaire total (g/kg)			51		
Calcaire Actif (g/kg)					
CaO (g/kg)				11.24	
CEC Metson cmol+/kg (=meq/100g)	4.3				

Taux d'occupation de la CEC (%)



K/CEC : 4.0
Mg/CEC : 27.2
Na/CEC : 3.2
Ca/CEC : > 150

Taux de saturation S/CEC (%) * :
Actuel : **>150**
Optimal : **>95**

* S = Somme des cations échangeables

POTENTIEL NUTRITIF

Eléments majeurs assimilables ou échangeables

Eléments	faible			Elevé	Souhaitable
P_2O_5(g/kg) *Méthode Joret Hébert*	0.060				0.12 à 0.18
P_2O_5(g/kg) *Méthode Olsen*					
K_2O (g/kg)			0.080		0.07 à 0.10
MgO (g/kg)				0.234	0.09 à 0.12

K / Mg : 0.47
Souhaitable : 1.10

K_2O / MgO : 0.3
Souhaitable : 0.8

Oligo-éléments (unité mg/kg)

	Risque de déficit		Risque d'excès	Référence
Bore soluble				
Manganèse échangeable				
Cuivre échangeable				
Cuivre EDTA				
Manganèse EDTA				
Fer EDTA				
Zinc EDTA				

Autres résultats et calculs

		Souhaitable
Conductivité (mS/cm)	0.32	
Fer oxalate (mg/kg)		
IPC *		
Sodium (Na_2O g/kg)	0.043	< 0.1
Potentiel REDOX (mV)		
P_2O_5 Dyer (g/kg)		
Sulfates (mg/kg)		

** Calculé à partir du fer EDTA*

Normes utilisées : Humidité résiduelle : NF ISO 11465 / pH : Méthode interne / Calcaire total : Méthode interne selon NF ISO 10693 / Calcaire actif : NF X 31-106 / Granulométrie : X31-107 / Cations échangeables : méthode interne selon NF X 31-108 / Carbone organique : Méthode interne selon NF ISO 14235 / Azote total : Méthode interne selon NF ISO 13878 / Conductivité électrique : NF ISO 11265 / Phosphore Dyer : NF X 31-160 / Phosphore Joret-Hébert : Méthode interne selon NF X 31-161 / Phosphore Olsen : Méthode interne selon NF ISO 11263 / Cuivre, manganèse, fer et zinc : Méthode interne selon NF X31-120 / Bore : Méthode interne selon NF X 31-122 / CEC Metson : Méthode interne selon NF X 31-130 / CEC Cobaltihexammine corrigée : Méthode interne selon NF ISO 23470 + calcul / Mise en solution métaux lourds : Méthode interne selon NF ISO 11466 / Dosage métaux lourds : NF EN ISO 22036

MILIEU NUTRITIF ET ENVIRONNEMENTAL

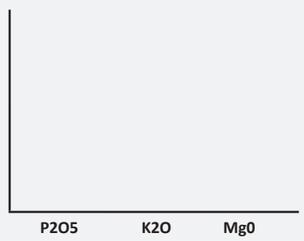
	NON RENSEIGNE	NON RENSEIGNE	NON RENSEIGNE	
P_2O_5 *Apport en Kg/ha* Exigence culture				
Apport en P2O5 par le produit organique				
K_2O *Apport en Kg/ha* Exigence culture				
Apport en K2O par le produit organique				
MgO *Apport en Kg/ha* Exigence culture				
Apport en MgO par le produit organique				
Chaulage *Apport conseillé* en unités de valeur neutralisante				
Type d'apport organique				

APPORTS ORGANIQUES ENVISAGES

Estimation des disponibilités en Kg/ha

- Pour les produits du commerce, vous référer à l'étiquette. Pour plus de précisions, effectuer une analyse de votre amendement
- Apports non pris en compte dans les conseils de fumure ci dessus

Année de l'apport



Autre amendement :



COMMENTAIRES

AUREA s'interdit de communiquer à des tiers, sans accord préalable, tout ou partie des renseignements concernant des travaux qui lui sont confiés. AUREA est néanmoins susceptible de communiquer vos données techniques anonymisées à des fins statistiques pour des organismes reconnus et uniquement dans la limite nécessaire à l'accomplissement des tâches qui leurs sont confiées et ce, à des fins de recherche scientifique. Le personnel d'AUREA est contractuellement tenu au secret professionnel.si vous souhaitez vous opposer à cette utilisation scientifique de vos données techniques, merci de formuler votre demande à dpo@aurea.eu

RAPPORT D'ESSAIS N° 94030472
ANALYSE DE TERRE
ANALYSES DE TERRES

Accréditation n°1-6071
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

N° adhérent : **2329771**
Nom client : **MICROHUMUS (i)**
Adresse : **UNIV LORRAINE ENSAIA LSE 2 AV DE LA FORET DE HAYE (i)**
54500 VANDOEUVRE LES NANCY (i)
Organisme : **MICROHUMUS LABORATOIRE (i)**
Identification de l'échantillon : **W 12/1 (i)**

Coordonnées GPS :
Latitude : **6844401.2654 (i)**
Longitude : **932954.23699 (i)**

Date de prélèvement : **06/05/2025 (i)**
Date de réception : **12/05/2025**
Date du début de l'essai : **12/05/2025 11:03:58**
N° laboratoire : **94030472**
Délai de conservation de l'échantillon : **2 mois sur Sec**
Préleveur : **JACQUOT Aurore (i)**

		Détermination	Norme méthode	Résultats	Incertitude	Unité
Fertilité physique et organique	Granulométrie sans décarbonatation	Argile (≤ 2 µm)	NF X 31 -107	5.1		% TFS
		Limons fins (2 - 20 µm)		11.2		% TFS
		Limons grossiers (20 - 50 µm)		1.2		% TFS
		Sables fins (50 - 200 µm)		17.2		% TFS
		Sables grossiers (200 - 2000)		61.5		% TFS
		* Calcaire - $CaCO_3$ total	Méthodes internes 37/45-METH-MOP-187 / 37/45-METH-MOP-188	5.1	± 0.6	% TFS
		* Matière organique (oxydation sulfochromique)	Méthodes internes 37/45-METH-MOP-193 (extraction) 37/45-METH-MOP-194 (dosage)	3.8	± 0.34	% TFS
		* Carbone organique (oxydation sulfochromique)		2.21	± 0.2	% TFS
		* Carbone organique (combustion sèche)	NF ISO 10694	---	---	% TFS
		* Carbone total (combustion sèche)		---	---	% TFS
		* Azote total (combustion sèche)	Méthode interne 37/45-METH-MOP-201	0.058	± 0.01	% TFS
		Rapport C/N	Calcul	38.09		
		* CEC Metson	Méthodes internes 37/45-METH-MOP-197 (extraction) 37/45-METH-MOP-198 (dosage)	4.29	± 0.65	meq / 100 g TFS
		* CEC cobaltihexamine	Méthodes internes 37/45-METH-MOP-199 (extraction) 37/45-METH-MOP-200 (dosage)	---	---	meq / 100 g TFS
Fertilité chimique et nutritive		* pH H_2O	Méthode interne 37/45-METH-MOP-186	8.3	± 0.1	
		* pH KCl		8	± 0.2	
		* P_2O_5 Olsen	Méthodes internes 37/45-METH-MOP-207 (extraction) 37/45-METH-MOP-208 (dosage)	---	---	mg / kg TFS
		* P_2O_5 Joret-Hébert	Méthodes internes 37/45-METH-MOP-205 (extraction) 37/45-METH-MOP-206 (dosage)	0.06	± 0.011	‰ TFS
	Cations échangeables acétate d'NH_4	* K_2O échangeable	Méthodes internes 37/45-METH-MOP-189 (extraction) 37/45-METH-MOP-190 (dosage)	0.08	± 0.0094	‰ TFS
		* MgO échangeable		0.234	± 0.015	‰ TFS
		* CaO échangeable		11.24	± 0.82	‰ TFS
		* Na_2O échangeable		0.043	± 0.0063	‰ TFS
	Oligos bio disponibles	* Cu EDTA	Méthodes internes 37/45-METH-MOP-195 (extraction) 37/45-METH-MOP-196 (dosage)	---	---	mg / kg TFS
		* Zn EDTA		---	---	mg / kg TFS
		* Mn EDTA		---	---	mg / kg TFS
		* Fe EDTA		---	---	mg / kg TFS
		* Bore eau bouillante	Méthodes internes 37/45-METH-MOP-191 (extraction) 37/45-METH-MOP-192 (dosage)	---	---	mg / kg TFS
Eléments totaux		* Mercure	Méthode interne 37/45-METH-MOP-202	---	---	mg / kg TFS
	ETM totaux extraits à l'eau régale	* Cadmium	Méthodes internes 37/45-METH-MOP-138 (extraction) 37/45-METH-MOP-204 (dosage)	---	---	mg / kg TFS
		* Chrome		---	---	mg / kg TFS
		* Cuivre		---	---	mg / kg TFS
		* Nickel		---	---	mg / kg TFS
		* Plomb		---	---	mg / kg TFS
		* Zinc		---	---	mg / kg TFS
	Oligos totaux extraits à l'eau régale	Bore total	Méthodes internes 37/45-METH-MOP-138 (extraction) 37/45-METH-MOP-204 (dosage)	---		mg / kg TFS
		Cobalt		---		mg / kg TFS
		Fer total		---		%TFS
		Manganèse total		---		mg / kg TFS
		Molybdène		---		mg / kg TFS
		Sélénium		---		mg / kg TFS

*Préparation de la terre fine sèche (TFS) selon la norme NF ISO 11464.

Commentaires :
(i) Informations fournies par le client.

Fait à Ardon, le 16/06/2025 - JEANNEAU Rémi
Responsable technique, service Terres

Le rapport ne concerne que les objets soumis à essais. Le rapport d'essai ne doit pas être reproduit même partiellement sans approbation du laboratoire d'essais. La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale.
Il comporte 1 page. **Les résultats exprimés et les incertitudes associés ne concernent que les échantillons soumis à essai. Les résultats s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu.** Les paramètres avec astérisque sont couverts par notre accréditation Cofrac.

ANNEXE 6 : BORDEREAUX DE RESULTATS D'ANALYSE – ESSAI TERRAIN DE BIOTERTRE

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

SOCOTEC ENVIRONNEMENT
Madame Nina RAMOS
Metronomy Park - Bât 5.
2 Rue Jacques Brel
44800 SAINT HERBLAIN

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 25E205177

Version du : 31/10/2025

N° de rapport d'analyse : AR-25-LK-227793-01

Date de réception technique : 24/10/2025
Première date de réception physique : 24/10/2025

Référence Dossier : N° Projet : EPDIDE
Nom Projet : EPF85-ILE D"ELLE
Nom Commande : 2509E14Q5000063-EPF85-ILE D"ELLE-ET_T0
Référence Commande : 2509E14Q5000063

Coordinateur de Projets Clients : Gilles Lacroix / GillesLacroix@eurofins.com / +33 3 88 91 19 11

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Sol	(SOL)	T0_1
002	Sol	(SOL)	T0_2
003	Sol	(SOL)	T0_3

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 25E205177

Version du : 31/10/2025

N° de rapport d'analyse : AR-25-LK-227793-01

Date de réception technique : 24/10/2025

Première date de réception physique : 24/10/2025

Référence Dossier : N° Projet : EPDIDE
Nom Projet : EPF85-ILE D"ELLE
Nom Commande : 2509E14Q5000063-EPF85-ILE D"ELLE-ET_T0
Référence Commande : 2509E14Q5000063

N° Echantillon		001	002	003
Référence client :		T0_1	T0_2	T0_3
Matrice :		SOL	SOL	SOL
Date de prélèvement :		22/10/2025	22/10/2025	22/10/2025
Date de début d'analyse :		25/10/2025	25/10/2025	25/10/2025
Température de l'air de l'enceinte :		15.5°C	15.5°C	15.5°C
Préparation Physico-Chimique				
ZS00U : **Prétraitement et séchage à 40°C**		* Fait	* Fait	* Fait
LS896 : **Matière sèche**	% P.B.	* 82.7 ±4.13	* 82.4 ±4.12	* 82.0 ±4.10
Hydrocarbures totaux				
LS919 : **Hydrocarbures totaux (4 tranches) (C10-C40)**				
Indice Hydrocarbures (C10-C40)	mg/kg M.S.	* 499 ±185	* 73.4 ±27.44	* 1610 ±596
HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	mg/kg M.S.	38.6	12.2	116
HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	mg/kg M.S.	176	25.0	553
HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	mg/kg M.S.	154	22.1	528
HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	mg/kg M.S.	131	14.1	413
ZS0DY : **Découpage 8 tranches HCT-CPG nC10 à nC40**				
> C10 - C12 inclus (%)	%	0.38	2.31	0.08
> C12 - C16 inclus (%)	%	7.34	14.32	7.13
> C16 - C20 inclus (%)	%	23.23	22.56	29.45
> C20 - C24 inclus (%)	%	22.62	20.85	13.74
> C24 - C28 inclus (%)	%	13.61	7.42	15.20
> C28 - C32 inclus (%)	%	13.29	19.18	14.39
> C32 - C36 inclus (%)	%	11.49	9.24	17.75
> C36 - C40 exclus (%)	%	8.03	4.10	2.27
> C10 - C12 inclus	mg/kg M.S.	1.90	1.70	1.29
> C12 - C16 inclus	mg/kg M.S.	36.66	10.51	114.8
> C16 - C20 inclus	mg/kg M.S.	116.0	16.56	474.2
> C20 - C24 inclus	mg/kg M.S.	113.0	15.31	221.2
> C24 - C28 inclus	mg/kg M.S.	67.98	5.45	244.7
> C28 - C32 inclus	mg/kg M.S.	66.38	14.08	231.7
> C32 - C36 inclus	mg/kg M.S.	57.39	6.78	285.8
> C36 - C40 exclus	mg/kg M.S.	40.11	3.01	36.55

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 25E205177

N° de rapport d'analyse : AR-25-LK-227793-01

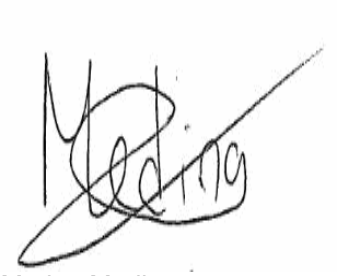
Version du : 31/10/2025

Date de réception technique : 24/10/2025

Première date de réception physique : 24/10/2025

Référence Dossier : N° Projet : EPDIDE
Nom Projet : EPF85-ILE D"ELLE
Nom Commande : 2509E14Q5000063-EPF85-ILE D"ELLE-ET_T0
Référence Commande : 2509E14Q5000063

Observations	N° d'échantillon	Référence client
La conformité relative à la température relevée à réception des échantillons n'est pas remplie.	(001) (002) (003)	T0_1 / T0_2 / T0_3 /



Marion Medina
Coordinateur(rice) Projets Clients

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 5 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Les données transmises par le client pouvant affecter la validité des résultats (la date de prélèvement, la matrice, la référence échantillon et autres informations identifiées comme provenant du client), ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire.
Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.
Tous les éléments de traçabilité et incertitude (déterminée avec k = 2) sont disponibles sur demande.

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

Annexe technique

Dossier N° :25E205177

N° de rapport d'analyse : AR-25-LK-227793-01

Emetteur : Mme Nina RAMOS

Commande EOL : 006-10514-1378778

Nom projet : N° Projet : EPDIDE EPF85-ILE D"ELLE

Référence commande : 2509E14Q5000063

Nom Commande : 2509E14Q5000063-EPF85-ILE D"ELLE-ET_T0

Sol

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
LS896	Matière sèche	Gravimétrie - NF ISO 11465	0.1	5%	% P.B.	Eurofins Analyses pour l'Environnemen France
LS919	Hydrocarbures totaux (4 tranches) (C10-C40)	GC/FID [Extraction Hexane / Acétone] - NF EN ISO 16703				
	Indice Hydrocarbures (C10-C40)		15	45%	mg/kg M.S.	
	HCT (nC10 - nC16) (Calcul)				mg/kg M.S.	
	HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)				mg/kg M.S.	
	HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)				mg/kg M.S.	
	HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)				mg/kg M.S.	
ZS00U	Prétraitement et séchage à 40°C	Séchage [sur la totalité de l'échantillon sauf mention contraire] - NF EN 16179				
ZS0DY	Découpage 8 tranches HCT-CPG nC10 à nC40	Calcul - Méthode interne				
	> C10 - C12 inclus (%)				%	
	> C12 - C16 inclus (%)				%	
	> C16 - C20 inclus (%)				%	
	> C20 - C24 inclus (%)				%	
	> C24 - C28 inclus (%)				%	
	> C28 - C32 inclus (%)				%	
	> C32 - C36 inclus (%)				%	
	> C36 - C40 exclus (%)				%	
	> C10 - C12 inclus				mg/kg M.S.	
	> C12 - C16 inclus				mg/kg M.S.	
	> C16 - C20 inclus				mg/kg M.S.	
	> C20 - C24 inclus				mg/kg M.S.	
	> C24 - C28 inclus				mg/kg M.S.	
	> C28 - C32 inclus				mg/kg M.S.	
	> C32 - C36 inclus				mg/kg M.S.	
	> C36 - C40 exclus				mg/kg M.S.	

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 25E205177

N° de rapport d'analyse : AR-25-LK-227793-01

Emetteur :

Commande EOL : 006-10514-1378778

Nom projet : N° Projet : EPDIDE
EPF85-ILE D"ELLE
Nom Commande : 2509E14Q5000063-EPF85-ILE D"ELLE-ET_T0

Référence commande : 2509E14Q5000063

Sol

N° Ech	Référence Client	Date & Heure Prélèvement	Date de Réception Physique (1)	Date de Réception Technique (2)	Code-Barre	Nom Flacon
001	T0_1	22/10/2025 10:28:00	24/10/2025	24/10/2025	V05A0479229	374mL verre (sol)
002	T0_2	22/10/2025 06:03:00	24/10/2025	24/10/2025	V05A0479230	374mL verre (sol)
003	T0_3	22/10/2025 06:03:00	24/10/2025	24/10/2025	V05A0479240	374mL verre (sol)

(1) : Date à laquelle l'échantillon a été réceptionné au laboratoire.
Lorsque l'information n'a pas pu être récupérée, cela est signalé par la mention N/A (non applicable).

(2) : Date à laquelle le laboratoire disposait de toutes les informations nécessaires pour finaliser l'enregistrement de l'échantillon.

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

SOCOTEC ENVIRONNEMENT
Madame Marine COLINEAUX-PLOT
Metronomy Park - Bât 5.
2 Rue Jacques Brel
44800 SAINT HERBLAIN

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 26E011765

Version du : 31/01/2026

N° de rapport d'analyse : AR-26-LK-016470-01

Date de réception technique : 24/01/2026
Première date de réception physique : 24/01/2026 11:50:59

Référence Dossier : N° Projet : ILLE D ELLE - T1
Nom Projet : ILLE D ELLE - T1
Nom Commande : 2509E14Q5000063 - EPF85 - ILLE D"ELLE - T1
Référence Commande : 2509E14Q5000063 - T1

Coordinateur de Projets Clients : Gilles LACROIX / GillesLacroix@eurofins.com /

N° Ech	Matrice		Référence échantillon
001	Sol	(SOL)	T1-1
002	Sol	(SOL)	T1-2
003	Sol	(SOL)	T1-3

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 26E011765

Version du : 31/01/2026

N° de rapport d'analyse : AR-26-LK-016470-01

Date de réception technique : 24/01/2026

Première date de réception physique : 24/01/2026 11:50:59

Référence Dossier : N° Projet : ILLE D ELLE - T1
Nom Projet : ILLE D ELLE - T1
Nom Commande : 2509E14Q5000063 - EPF85 - ILLE D"ELLE - T1
Référence Commande : 2509E14Q5000063 - T1

N° Echantillon		001	002	003
Référence client :		T1-1	T1-2	T1-3
Matrice :		SOL	SOL	SOL
Date de prélèvement :		23/01/2026	23/01/2026	23/01/2026
Date de début d'analyse :		26/01/2026	26/01/2026	26/01/2026
Température de l'air de l'enceinte :		6°C	6°C	6°C
Préparation Physico-Chimique				
ZS00U : **Prétraitement et séchage à 40°C**		* Fait	* Fait	* Fait
LS896 : **Matière sèche**	% P.B.	* 78.2 ±3.91	* 80.8 ±4.04	* 79.8 ±3.99
Hydrocarbures totaux				
LS919 : **Hydrocarbures totaux (4 tranches) (C10-C40)**				
Indice Hydrocarbures (C10-C40)	mg/kg M.S.	* 562 ±208	* 720 ±266	* 299 ±111
HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	mg/kg M.S.	61.6	88.5	31.7
HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	mg/kg M.S.	201	236	86.5
HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	mg/kg M.S.	132	213	95.6
HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	mg/kg M.S.	167	182	85.5
ZS0DY : **Découpage 8 tranches HCT-CPG nC10 à nC40**				
> C10 - C12 inclus (%)	%	0.26	0.44	0.55
> C12 - C16 inclus (%)	%	10.71	11.85	10.03
> C16 - C20 inclus (%)	%	23.49	22.62	21.10
> C20 - C24 inclus (%)	%	12.32	17.99	16.59
> C24 - C28 inclus (%)	%	16.38	14.94	5.20
> C28 - C32 inclus (%)	%	15.93	14.63	27.59
> C32 - C36 inclus (%)	%	18.92	12.92	14.03
> C36 - C40 exclus (%)	%	1.99	4.61	4.90
> C10 - C12 inclus	mg/kg M.S.	1.46	3.17	1.65
> C12 - C16 inclus	mg/kg M.S.	60.16	85.31	30.01
> C16 - C20 inclus	mg/kg M.S.	131.9	162.8	63.13
> C20 - C24 inclus	mg/kg M.S.	69.20	129.5	49.64
> C24 - C28 inclus	mg/kg M.S.	92.01	107.6	15.56
> C28 - C32 inclus	mg/kg M.S.	89.48	105.3	82.55
> C32 - C36 inclus	mg/kg M.S.	106.3	93.01	41.98
> C36 - C40 exclus	mg/kg M.S.	11.18	33.19	14.66

ACCREDITATION
N° 1- 1488
Portée disponible sur
www.cofrac.fr

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

RAPPORT D'ANALYSE

Dossier N° : 26E011765

Version du : 31/01/2026

N° de rapport d'analyse : AR-26-LK-016470-01

Date de réception technique : 24/01/2026

Première date de réception physique : 24/01/2026 11:50:59

Référence Dossier : N° Projet : ILLE D ELLE - T1
Nom Projet : ILLE D ELLE - T1
Nom Commande : 2509E14Q5000063 - EPF85 - ILLE D"ELLE - T1
Référence Commande : 2509E14Q5000063 - T1



Marion BAUMGARTEN
Coordinateur(rice) Projets Clients

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous sa forme intégrale. Il comporte 5 page(s). Le présent rapport ne concerne que les objets soumis à l'essai. Les résultats et conclusions éventuelles s'appliquent à l'échantillon tel qu'il a été reçu. Les données transmises par le client pouvant affecter la validité des résultats (la date de prélèvement, la matrice, la référence échantillon et autres informations identifiées comme provenant du client), ne sauraient engager la responsabilité du laboratoire.
Seules certaines prestations rapportées dans ce document sont couvertes par l'accréditation. Elles sont identifiées par le symbole *.

Les résultats précédés du signe < correspondent aux limites de quantification, elles sont la responsabilité du laboratoire et fonction de la matrice.

Tous les éléments de traçabilité et incertitude (déterminée avec k = 2) sont disponibles sur demande.

Laboratoire agréé par le gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg pour l'accomplissement de tâches techniques d'étude et de vérification dans le domaine de l'environnement – Détail disponible sur demande

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

Annexe technique

Dossier N° :26E011765

N° de rapport d'analyse : AR-26-LK-016470-01

Emetteur : Mme Marine COLINEAUX

Commande EOL : 006-10514-1418114

Nom projet : N° Projet : ILLE D ELLE - T1
ILLE D ELLE - T1
Nom Commande : 2509E14Q5000063 - EPF85 - ILLE D"ELLE - T1

Référence commande : 2509E14Q5000063 - T1

Sol

Code	Analyse	Principe et référence de la méthode	LQI	Incertitude à la LQ	Unité	Prestation réalisée sur le site de :
LS896	Matière sèche	Gravimétrie - NF ISO 11465	0.1	5%	% P.B.	Eurofins Analyses pour l'Environnemen France
LS919	Hydrocarbures totaux (4 tranches) (C10-C40)	GC/FID [Extraction Hexane / Acétone] - NF EN ISO 16703				
	Indice Hydrocarbures (C10-C40)		15	45%	mg/kg M.S.	
	HCT (nC10 - nC16) (Calcul)				mg/kg M.S.	
	HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)				mg/kg M.S.	
	HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)				mg/kg M.S.	
	HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)				mg/kg M.S.	
ZS00U	Prétraitement et séchage à 40°C	Séchage [sur la totalité de l'échantillon sauf mention contraire] - NF EN 16179				
ZS0DY	Découpage 8 tranches HCT-CPG nC10 à nC40	Calcul - Méthode interne				
	> C10 - C12 inclus (%)				%	
	> C12 - C16 inclus (%)				%	
	> C16 - C20 inclus (%)				%	
	> C20 - C24 inclus (%)				%	
	> C24 - C28 inclus (%)				%	
	> C28 - C32 inclus (%)				%	
	> C32 - C36 inclus (%)				%	
	> C36 - C40 exclus (%)				%	
	> C10 - C12 inclus				mg/kg M.S.	
	> C12 - C16 inclus				mg/kg M.S.	
	> C16 - C20 inclus				mg/kg M.S.	
	> C20 - C24 inclus				mg/kg M.S.	
	> C24 - C28 inclus				mg/kg M.S.	
	> C28 - C32 inclus				mg/kg M.S.	
	> C32 - C36 inclus				mg/kg M.S.	
	> C36 - C40 exclus				mg/kg M.S.	

EUROFINS ANALYSES POUR L'ENVIRONNEMENT FRANCE SAS

Annexe de traçabilité des échantillons

Cette traçabilité recense les flaconnages des échantillons scannés dans EOL sur le terrain avant envoi au laboratoire

Dossier N° : 26E011765

N° de rapport d'analyse : AR-26-LK-016470-01

Emetteur :

Commande EOL : 006-10514-1418114

Nom projet : N° Projet : ILLE D ELLE - T1
ILLE D ELLE - T1
Nom Commande : 2509E14Q5000063 - EPF85 - ILLE D"ELLE - T1

Référence commande : 2509E14Q5000063 - T1

Sol

N° Ech	Référence Client	Date & Heure Prélèvement	Date de Réception Physique (1)	Date de Réception Technique (2)	Code-Barre	Nom Flacon
001	T1-1	23/01/2026 08:00:00	24/01/2026 11:50:59	24/01/2026	P09689053	Seau Lixi
002	T1-2	23/01/2026 08:00:00	24/01/2026 11:50:59	24/01/2026	P09689054	Seau Lixi
003	T1-3	23/01/2026 08:00:00	24/01/2026 11:50:59	24/01/2026	P09666870	Seau Lixi

(1) : Date à laquelle l'échantillon a été réceptionné au laboratoire.
Lorsque l'information n'a pas pu être récupérée, cela est signalé par la mention N/A (non applicable).

(2) : Date à laquelle le laboratoire disposait de toutes les informations nécessaires pour finaliser l'enregistrement de l'échantillon.

Agence Saintonge:
30 Cours Paul Doumer - 17100 SAINTES
Tél: 05 46 98 00 88 - Mail: impactee17@gmail.com
Agence Aunis:
Rue Bernadette Gorioux - ZI Ouest - 17700 SURGERES
Tél: 06 86 54 33 69 - Mail: impactee17@gmail.com

Aménagement d'un lotissement

Route de la Rochelle
Commune de l'Ile d'Elle

DOSSIER D'EXAMEN CAS PAR CAS

Annexe n°2 : Photographies

MANDANT	Commune de l'Ile d'Elle		
	1 Rue de la Mairie		
	85770	ILE D'ELLE	
DATE:	24/06/2026	VERSION:	Version n°2

Figure 1. Photographies du terrain – Environnement proche



Photographie du terrain depuis la limite Sud – Est (n°1) – Prise le 12/12/2025



Photographie du terrain depuis la limite Nord – Ouest (n°2) – Prise le 12/12/2025





Photographies du terrain depuis la limite Nord – Est (n°3 et 4) – Prise le 12/12/2025

Figure 2. Photographies du terrain – Environnement lointain



Photographie depuis la RD plus au Sud – Est (n°5) – Google Maps – Septembre 2025



Photographie depuis la RD plus au Sud – Ouest (n°6) – Google Maps – Septembre 2025

Figure 3. Localisation des prises de vue



Figure 4. Plan des abords du projet – Photographie aérienne datant de 2018



Figure 5. Plan des abords du projet – Photographie aérienne datant de 2003



Figure 6. Plan des abords du projet – Photographie aérienne datant de 1982

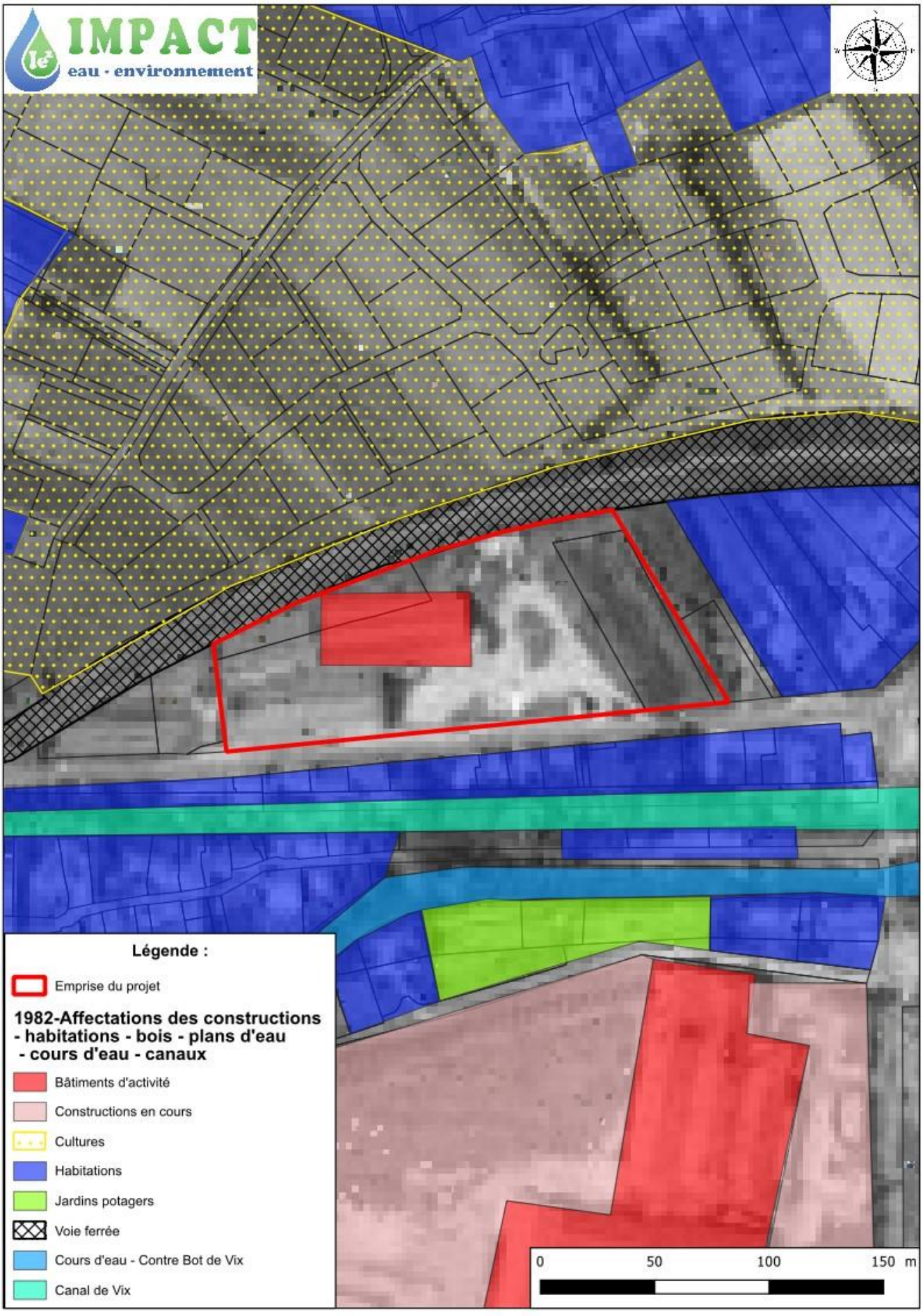


Figure 7. Plan des abords du projet – Photographie aérienne datant de 1973

