



EDF PEI



## Rapport

# Analyses des Risques Résiduels Prédictive

Parcelles A, B et C, ancienne route de Sartène,  
zone industrielle du Vazzio à Ajaccio (20 090)



Rapport n°A112374 /version A– 15 décembre 2021

Projet suivi par Harry GNANA – 06.19.52.14.75 – harry.gnana@anteagroup.com

[www.anteagroup.fr/fr](http://www.anteagroup.fr/fr)

## Fiche signalétique

### Analyses des Risques Résiduels Prédicative Parcelles A, B et C, ancienne route de Sartène, zone industrielle du Vazzio à Ajaccio (20 090)

CLIENT	SITE
EDF PEI	EDF PEI
Tour EDF, 20 Place de la Défense 92 050 PARIS LA DEFENSE	Terrain sis ancienne route de Sartène, zone industrielle du Vazzio à Ajaccio (20 090) Frédéric JACQUET <a href="mailto:Frederic.jacquet@edf.fr">Frederic.jacquet@edf.fr</a>

RAPPORT D'ANTEA GROUP	
Responsable du projet	Harry GNANA
Interlocuteur commercial	Harry GNANA
Implantation chargée du suivi du projet Interlocuteur commercial	Implantation d'Aubagne 04.42.08.70.70 secretariat.marseille-fr@anteagroup.com Cliquez ou appuyez ici pour entrer du texte.
Rapport n°	A112374
Version n°	version A
Votre commande et date	BPA du 21/10/2020
Projet n°	CORP180009
Codes prestation selon NF X31-620	A320

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Florence HERVE	Ingénieur d'étude	Décembre 2021	
Vérification	Céline GUIBERT Guillaume FALEWEE	Chef de projet	Décembre 2021	
Approbation	Harry GNANA	Superviseur	Décembre 2021	

## Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
<b>A</b>	15/12/2021	48	8	Etablissement du rapport

## Sommaire

Résumé non technique / Résumé technique .....	7
1. Abréviations	9
2. Contexte et objectif de l'étude .....	10
3. Méthodologie générale .....	11
4. Présentation de la zone d'étude .....	12
4.1. Localisation .....	12
4.2. Rapports environnementaux à disposition .....	13
4.3. Contexte environnemental .....	13
4.4. Mesures de gestion retenues .....	14
4.5. Projet d'aménagement envisagé .....	15
5. Caractérisation de l'exposition .....	17
5.1. Caractérisation des sources de pollution identifiées sur le site .....	17
5.1.1. Analyse des données .....	17
5.1.2. Sélection des substances et concentrations associées .....	20
5.1.3. Propriétés physico-chimiques des substances .....	25
5.2. Identification des voies d'exposition .....	25
5.2.1. Contact direct avec les sols en place .....	25
5.2.2. Contact direct et/ou indirect avec les eaux souterraines .....	25
5.2.3. Contact direct et/ou indirect avec les eaux superficielles .....	25
5.2.4. Inhalation de substances volatiles présentes dans les sols et/ou les eaux souterraines .....	25
5.2.5. Ingestion de végétaux autoproduits .....	26
5.2.6. Ingestion d'eau potable issue des réseaux souterrains .....	26
5.2.7. Résumé .....	27
5.3. Cibles retenues .....	27
5.4. Schéma conceptuel .....	28
5.5. Quantification de l'exposition .....	29
5.5.1. Choix du modèle d'exposition .....	29
5.5.2. Calcul de la dose journalière ou concentration d'exposition .....	31
5.5.3. Paramètres d'exposition .....	32
6. Evaluation de la relation dose réponse .....	33
6.1. Synthèse des données toxicologiques .....	33
6.2. Valeurs toxicologiques de référence retenues .....	33
6.3. Valeurs de gestion .....	36

7.	Quantification des risques sanitaires .....	37
8.	Interprétation des résultats.....	39
8.1.	Hiérarchisation des risques .....	39
8.2.	Comparaison aux Valeurs Réglementaires et aux valeurs de gestion.....	39
8.3.	Evaluation des incertitudes .....	40
8.3.1.	Analyse qualitative.....	40
8.3.2.	Analyse quantitative .....	43
9.	Conclusions	45
9.1.	Conclusion .....	45
9.2.	Synthèse des dispositions d'aménagement .....	45

## Table des figures

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur un extrait de photographie aérienne (source : Géoportail) .....	12
Figure 2 : Localisation approximative de la zone de travaux (source : EDF PEI) .....	15
Figure 3 : Plan d'aménagement fournis par EDF en date du 03/12/2020 .....	16
Figure 4 : Schéma conceptuel .....	28
Figure 5 : Modélisation du transfert des substances volatiles.....	31

## Table des tableaux

Tableau 1 : Dispositions d'aménagement .....	8
Tableau 2 : Sondages, piézomètres et piézairs .....	20
Tableau 3 : Milieux d'échantillonnage retenus selon les substances .....	21
Tableau 4 : Substances et concentrations retenues dans les sols .....	24
Tableau 5 : Substances et concentrations retenues dans les gaz du sol.....	24
Tableau 6 : Résumé des voies d'exposition.....	27
Tableau 7 : Paramètres d'exposition retenus dans l'étude .....	32
Tableau 8 : Valeurs Toxicologiques de Référence retenues pour la voie inhalation .....	34
Tableau 9 : Risques sanitaires pour les employés du site .....	38
Tableau 10 : Comparaison des concentrations modélisées avec les valeurs de gestion .....	39
Tableau 11 : Résultats de l'analyse des incertitudes sur la hauteur du bâtiment .....	43
Tableau 12 : Résultats de l'analyse des incertitudes sur l'épaisseur de la dalle béton .....	44
Tableau 13 : Résultats de l'analyse des incertitudes pour le type de sol.....	44
Tableau 14 : Dispositions d'aménagement .....	46
Tableau 15 : répartition de la pollution concentrée en HCT C10-C40 .....	87

## Table des annexes

Annexe I :	Methodologie Générale
Annexe II :	Textes réglementaires et bibliographiques
Annexe III :	Synthèse des investigations réalisées sur le site
Annexe IV :	Synthèse des données physico-chimiques
Annexe V :	Intrusion de substances organiques dans les réseaux souterrains d'eau potable
Annexe VI :	Présentation et paramétrage du logiciel Modul'ERS
Annexe VII :	Synthèse des données toxicologiques
Annexe VIII :	Calculs de Risques Sanitaires

## Résumé non technique / Résumé technique

Dans le cadre de la mise en service d'une centrale sur le réseau électrique corse à l'horizon 2023, la société EDF PRODUCTION ELECTRIQUE INSULAIRE SAS (EDF PEI) a envisagé la déconstruction, dépollution, désamiantage et terrassement d'installations en place sur 5 parcelles acquises en 2018 par EDF PEI notées A, B, C, D et E sur la commune d'Ajaccio.

Plusieurs diagnostics et études environnementales préalables aux travaux ont été réalisés sur ces parcelles entre 2016 et 2021 afin d'identifier de potentielles zones impactées par les anciennes activités. Suite à ces diagnostics, aux premiers travaux de démantèlement, et à de nouvelles phases d'investigations, plusieurs zones impactées aux hydrocarbures et/ou PCB ont été identifiées et circonscrites au droit des parcelles A, B et C (qui constituent le site d'étude).

Au regard de ces éléments, EDF PEI a missionné ANTEA Group pour la réalisation d'un plan de gestion (PG) à l'échelle de l'ensemble des parcelles du site (parcelles A, B et C), intégrant une ARR prospective. Le présent rapport porte donc sur l'Analyse des Risques Résiduels Prédictive (ARR) dans l'objectif d'étudier la compatibilité de l'aménagement envisagé (zone industrielle) avec la pollution résiduelle observée au droit du site.

Cette étude fait suite aux différentes campagnes d'investigations réalisées depuis 2020 par Antea Group.

Le présent rapport présente l'Analyse des Risques Résiduels Prédictive (ARR) réalisée dans l'objectif d'étudier la compatibilité de l'aménagement envisagé (zone industrielle) avec la pollution résiduelle observée au droit du site.

La voie d'exposition étudiée est l'inhalation de substances volatiles présentes dans les gaz du sol au droit des espaces intérieurs et extérieurs

Au regard de l'aménagement envisagé, les cibles étudiées sont donc les futurs employés

**Cette Analyse des Risques Résiduels Prédictive indique que les niveaux de risque sont inférieurs aux seuils de risque recommandés dans la méthodologie de gestion des sites et sols pollués (rédigée par le Ministère en charge de l'Environnement, avril 2017).**

Après la mise en œuvre des mesures de gestion, l'état environnemental du site est donc compatible avec un usage tertiaire.

Cette conclusion est établie en tenant compte des dispositions d'aménagement suivantes :

Tableau 1 : Dispositions d'aménagement

ZONES CONCERNEES	DISPOSITIONS D'AMENAGEMENT
Bâtiment	Respect du plan d'aménagement PEI Centrale du Ricanto daté du 03/12/2020
Espaces extérieurs	Absence de contact direct avec les terres en place : les superficies non bâties sont recouvertes de remblais sains en surface <sup>1</sup> ou minéralisées (asphalte ou autre type de revêtement).  Absence de jardins potagers et d'arbres fruitiers.  Absence de puits permettant l'utilisation des eaux souterraines de la nappe superficielle.  Passage de canalisations souterraines d'eau potable, notamment celles en polyéthylène, hors des zones d'impact résiduel. Dans le cas contraire, les canalisations souterraines situées au droit des zones d'impact résiduel devront circuler dans des remblais d'apport sains ou devront être de nature imperméable aux substances organiques (acier, fonte).

Il faut noter que tout changement concernant les caractéristiques environnementales du site (découverte d'une nouvelle source), le projet d'aménagement ou les scénarios d'exposition pris en considération est susceptible de modifier les résultats de l'étude.

---

<sup>1</sup> Pour les espaces paysagers : a *minima* 30 cm (après compactage) de terre saine afin de garantir la pérennité du recouvrement.

## 1. Abréviations

AEI : Alimentation en Eau Industrielle	HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
AEP : Alimentation en Eau Potable	HCSP : Haut Conseil de la Santé Publique
ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail	HCT : Hydrocarbures Totaux
As : Arsenic	Hg : Mercure
ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry	IEM : Interprétation de l'Etat des Milieux
B(a)P : Benzo(a)pyrène	INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières	JE : Johnson & Ettinger
BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes	LOAEL : Lowest-Observed-Adverse-Effect-Level
BW : Body Weight (Poids corporel)	LQ : Limite de quantification
CAV : Composés Aromatiques Volatils	M.E.D.A.D : Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables
Cd : Cadmium	M.E.E.M : Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer
cDCE : cis-1,2-dichloroéthylène	MS : Matière Sèche
CE : Concentration d'Exposition	NAF : Facteur d'Atténuation Naturelle
CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer	NOAEL : No-Observed-Adverse-Effect-Level
CMA : Concentration Maximale Admissible	Ni : Nickel
CN : Cyanures	OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment
COHV : Composés Organiques Halogénés volatils	OMS : Organisation Mondiale de la Santé
COT : Carbone Organique Total	Pb : Plomb
Cr : Chrome	PCB : Polychlorobiphényles
CV : Chlorure de Vinyle	PCE : Tétrachloroéthylène
Cu : Cuivre	QD : Quotient de Danger
DJA : Dose Journalière Admissible	RAIS : Risk Assessment Information System
DJE : Dose Journalière d'Exposition	RBCA : Risk-Based Corrective Action
EC : Equivalent Carbone	RDC : Rez-de-chaussée
ED : Durée d'Exposition	RDJ : Rez-de-jardin
EF : Fréquence d'Exposition	RfC : Reference Concentration
EFSA : Autorité Européenne de Sécurité des Aliments	RIVM : Institut National de Santé Publique et de l'Environnement, Hollande
EQRS : Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires	SF : Slope Factor
ERI : Excès de Risque Individuel	TCE : Trichloroéthylène
ERP : Etablissement Recevant du Public	TPH : Total Petroleum Hydrocarbons
ERU : Excès de Risque Unitaire	TPHCWG : Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group
ET : Temps d'Exposition	UE : Union Européenne
ETM : Eléments Traces Métalliques	US-EPA : United States - Environmental Protection Agency
ETBE : Ethyl TertioButyl Ether	VGAI : Valeurs Guides de qualité de l'Air Intérieur
F : Fraction du temps d'exposition	VF : Facteur de Volatilisation
FET : Facteur d'équivalence toxique	VTR : Valeurs Toxicologiques de Référence
Foc : Fraction de carbone organique	Zn : Zinc

## 2. Contexte et objectif de l'étude

Dans le cadre de la mise en service d'une centrale sur le réseau électrique corse à l'horizon 2023, la société EDF PRODUCTION ELECTRIQUE INSULAIRE SAS (EDF PEI) a envisagé la déconstruction, dépollution, désamiantage et terrassement d'installations en place sur 5 parcelles acquises en 2018 par EDF PEI notées A, B, C, D et E sur la commune d'Ajaccio.

Dans ce cadre, plusieurs diagnostics et études environnementales préalables aux travaux ont été réalisés sur ces parcelles entre 2016 et 2021 afin d'identifier de potentielles zones impactées par les anciennes activités. Suite à ces diagnostics, aux premiers travaux de démantèlement, et à de nouvelles phases d'investigations, plusieurs zones impactées aux hydrocarbures et/ou PCB ont été identifiées et circonscrites au droit des parcelles A, B et C (qui constituent le site d'étude).

Au regard de ces éléments, EDF PEI a missionné ANTEA Group pour la réalisation d'un plan de gestion (PG) à l'échelle de l'ensemble des parcelles du site (parcelles A, B et C), intégrant une ARR prospective. Le présent rapport porte donc sur l'Analyse des Risques Résiduels Prédictive (ARR) dans l'objectif d'étudier la compatibilité de l'aménagement envisagé (zone industrielle) avec la pollution résiduelle observée au droit du site.

Cette étude fait suite aux différentes campagnes d'investigations réalisées depuis 2020 par Antea Group.

L'objet d'une étude de risque est de produire une analyse quantitative des risques pour la santé humaine associés aux expositions à certaines substances chimiques, expositions définies selon l'usage actuel ou prévisible du site considéré.

Le risque est le résultat de l'existence concomitante de trois facteurs :

- **une source** de pollution constituée d'une ou plusieurs substances toxiques,
- **un vecteur** de transport et de dispersion des polluants, c'est à dire un milieu par lequel transite le polluant (eau de surface, eau souterraine, sol, air), et
- **une cible**, le récepteur du polluant (ici l'homme, en tant qu'utilisateur du site).

Les objectifs spécifiques de l'étude de risque sont :

- de quantifier les risques associés aux substances non cancérigènes (Quotient de Danger ou QD), et ceux associés aux substances cancérigènes (Excès de Risque Individuel ou ERI),
- de valider les mesures de gestion intégrées au plan de gestion. L'ARR prédictive, en synthèse de l'ensemble de la démarche du plan de gestion, doit montrer l'acceptabilité des risques liés aux expositions résiduelles en cohérence avec les mesures de gestion proposées et les objectifs de réhabilitation associés.

### 3. Méthodologie générale

L'étude est élaborée selon les exigences de la norme NF X-31-620 et suivant les standards environnementaux de l'US EPA (United States Environmental Protection Agency) en vigueur à ce jour, tout en respectant la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués publiée en avril 2017 par le Ministère chargé de l'Environnement.

Les niveaux de risque acceptables sont ceux usuellement retenus au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé. Ils sont indiqués dans la méthodologie nationale ainsi que dans le guide « La démarche d'Analyse des Risques Résiduels » (MEDDE, 2007).

Le calcul de risque sanitaire a pour but de présenter de manière explicite, aux différentes parties, les éléments d'analyse sur lesquels la prise de décision pourra s'appuyer. A ce titre, cette étude est un outil d'analyse au service de la politique de gestion des sites et sols pollués, elle doit respecter les principes suivants :

- le principe de prudence scientifique,
- le principe de proportionnalité,
- le principe de spécificité,
- le principe de transparence.

La démarche d'évaluation des risques a été développée par l'Académie américaine des Sciences au début des années 1980 ; elle a ensuite été reprise par l'Union Européenne. Selon cette démarche, l'évaluation des risques liés aux substances chimiques se décompose en quatre étapes :

- **la caractérisation du contexte environnemental du site** (sources potentielles de contamination, vecteurs de transfert, récepteurs) ;
- **l'évaluation de l'exposition** consiste à quantifier l'exposition des populations (les concentrations ou les doses) sur la base du schéma conceptuel d'exposition établi, récapitulant l'ensemble des voies de transfert et d'exposition pour les populations cibles ;
- **l'évaluation de la toxicité** englobe l'identification du potentiel dangereux (ou détermination des effets indésirables que les substances chimiques sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'homme) et l'évaluation des relations dose-effet (ou estimation du rapport entre le niveau d'exposition, ou la dose, et l'incidence et la gravité des effets) ;
- **la caractérisation du risque** est la synthèse de l'évaluation des risques, et quantifie le risque lié aux substances chimiques, en présentant les résultats sous une forme exploitable, accompagnée d'une évaluation des incertitudes relevées tout au long de l'étude.

Un descriptif technique des différentes étapes mises en œuvre dans l'étude est présenté en **Annexe I**.

Une revue des textes réglementaire et bibliographiques utilisés dans le cadre de l'ARR prédictive est également présentée en **Annexe II**.

## 4. Présentation de la zone d'étude

### 4.1. Localisation

Le terrain objet de l'étude se situe le long de l'ancienne route de Sartène (D503), dans la zone industrielle du Vazzio, à l'Est de la commune d'Ajaccio (2A).

Le site d'étude intègre la parcelle cadastrée A 142 et 513 (parcelle A), 512 (parcelle B) et 185 (parcelle C) d'une superficie totale de 32 799 m<sup>2</sup>.

Le site présente une altitude globalement plane d'environ 3 m NGF. Il est délimité :

- Au nord : par l'ancienne route de Sartène (D503), la société aérospatiale « Corse Composites Aéronautiques », quelques habitations individuelles, puis par la centrale thermique EDF du Vazzio ;
- A l'Est : par une société de transport ;
- Au Sud : par une voie de chemin de fer, puis par l'hippodrome de Vignetta ;
- A l'Ouest : la ravine de la salive, un terrain enherbé puis par l'ancienne route de Sartène (D503).



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur un extrait de photographie aérienne (source : Géoportail)

Le site est globalement plat à une altitude d'environ 3 m NGF.

## 4.2. Rapports environnementaux à disposition

Le terrain étudié a fait l'objet d'études environnementales :

- ✓ *Rapport HPC-F 5A/2.16.5535 a du 12 Juin 2017 - Rapport de diagnostic des sols et eaux souterraines des parcelles A, B, C – HPC Envirotec ;*
- ✓ *Rapport HPC-F 5A/2.16.5535 b du 16 Juin 2017 – Rapport de Plan de Gestion – HPC Envirotec ;*
- ✓ *Rapport B104259 du 5 mai 2020 – Diagnostic environnemental de la qualité des sols et des eaux souterraines – Parcelle C, zone des fosses de réparation des camions – Antea Group ;*
- ✓ *Rapport ACDSX0007000RER0351 du 16 Septembre 2020 – Rapport de réception des activités de dépollution – Parcelles A, C et D – EMTS ;*
- ✓ *Rapport n° 104935/B du 13 janvier 2021 - Plan de gestion, Parcelle C, zone des fosses de réparation des camions sis ancienne route de Sartène, zone industrielle du Vazzio à Ajaccio (20090) ;*
- ✓ *Rapport A104529 du 19 janvier 2021 – Campagnes de suivi 2020 des travaux et caractérisations complémentaires des sols - parcelles A et D – Antea Group ;*
- ✓ *Rapport E108827 du 19 février 2021 – Plan de Gestion de la parcelle C – Antea Group ;*
- ✓ *Compte-rendu transmis par mails du 27 au 29/01/2021 et du 16 au 19/02/2021 d'excavation de terres polluées – Parcelles A, C et D – Antea ;*
- ✓ *Campagnes de suivi 2020-2021 des caractérisations complémentaires des sols et travaux d'excavation - parcelles A, C et D, Rapport 104259 C du 05/11/2021.*

La synthèse de chacune de ces études est présentée en **Annexe III**.

## 4.3. Contexte environnemental

### Hydrologie :

Les cours d'eau les plus proches recensés autour du site sont :

- le Ru du Vazzio, petit cours d'eau de plaine qui longe les parcelles A,B,C et E au nord ;
- la Salive, dont le ru du Vazzio est l'affluent, qui longe la parcelle E au nord-ouest ;
- la rivière Gravona à 2 km à l'est du site,
- le fleuve Prunelli à 2,5 km au sud-est du site.

### Géologie :

La future centrale EDF du Vazzio est située sur la partie occidentale cristalline de la Corse. D'après la notice de la carte géologique du BRGM n°1120 d'Ajaccio et des informations recueillies sur le site Infoterre du BRGM, le site d'étude repose en majeure partie sur des limons de fond de vallée (formations fluviatiles du Quaternaire). La partie ouest de la parcelle D repose sur de la Monzogranite à sphène (Association calco-alcaline à caractère potassique).

Les forages réalisés par HPC en 2017 dans le cadre du diagnostic des sols et des eaux souterraines des parcelles A, B et C (Rapport CDSX0001118ERX0700 du 12/06/2017) ont mis en évidence les formations suivantes :

- sables limono-graveleux jusqu'à 2/3 m de profondeur ;
- limons argilo sableux de 2/3 m à 3,5/4,5 m de profondeur ;
- sables de 3,5/4,5 m jusqu'à 9 m de profondeur (cote maximale forée au droit de CDS Pz5, CDS Pz6 et CDS Pz7).

#### Hydrogéologie :

Le site est en partie localisé au niveau de la nappe d'accompagnement de la rivière Gravona. Il s'agit d'une nappe libre. La nappe est localisée dans les alluvions récentes (sables gris, galets ou sable argilo-limoneux).

D'après le rapport de diagnostic de sols sur les parcelles A-B-C<sup>2</sup>, réalisé par HPC en 2017, les relevés piézométriques effectués sur les piézomètres situés sur ces parcelles montrent un niveau d'eau pour la nappe comprise entre 0,49 et 0,66 m NGF (faible gradient observé).

## 4.4. Mesures de gestion retenues

L'étude de la pollution concentrée a confirmé le seuil de coupure défini dans le cadre du Plan de Gestion de la parcelle C établi initialement (2000 mg/kg en hydrocarbures totaux). Le volume total des différentes zones de pollution concentrée (971 m<sup>3</sup>, soit environ 1748 tonnes) représente 51% du volume total des sols impactés par les hydrocarbures, et comprend 81% de la masse totale des HCT C10-C40 présents dans l'ensemble des sols du terrain.

D'après le plan de gestion réalisé, trois scénarii de gestion ont été sélectionnés :

- ⇒ Scénario 1 : Pompage traitement des eaux souterraines, Excavation de l'ensemble des terres présentes dans l'emprise des zones de pollution concentrée (seuil > 2 000mg/kg), et traitement sur site par biotertre.  
Remblaiement par les matériaux traités (impliquant de laisser la fouille ouverte durant la durée du traitement)  
*Coût moyen de 88 à 146 k€ / Durée de traitement de plusieurs années*
- ⇒ Scénario 2 : Pompage traitement des eaux souterraines, Excavation de l'ensemble des terres présentes dans l'emprise des zones de pollution concentrée (seuil > 2 000mg/kg), et traitement sur site par désorption thermique. Remblaiement par les matériaux traités.  
*Coût moyen de 188 à 276 k€ Durée de traitement de quelques semaines à quelques mois, hors Plan de Conception de Travaux*
- ⇒ Scénario 3 : Pompage traitement des eaux souterraines, Excavation de l'ensemble des terres présentes dans l'emprise des zones de pollution concentrée (seuil > 2 000mg/kg), et élimination en filière autorisée conformément aux dispositions prévues par le contrat de EDF de déconstruction / dépollution : centre de stockage de déchets non dangereux SARL STOC de

Prunelli di Fiumorbo (20) et centre de stockage de déchets dangereux de Bellegarde (30), Remblaiement par des matériaux d'apports sains.

*Coût moyen de 288 à 293 k€ Durée de traitement de 2 à 4 semaines*

Au vu des enjeux d'EDF PEI en termes de réaménagement de la zone, les scénarii 2 et 3 ont été comparés au travers d'un bilan coût-avantages, sur la base de 5 familles de critères définis. **Le scénario 3 présente une efficacité (enlèvement total de la pollution concentrée, pas de concentrations résiduelles) et une rapidité d'exécution plus intéressantes au regard du projet et des délais envisagés. A noter néanmoins un coût total légèrement supérieur, et ce malgré le contrat de déconstruction.**

Ces mesures de gestion de la pollution concentrée ont été mises en œuvre au cours du second semestre 2021 afin de gérer ces pollutions concentrées (rapport d'état final n°104259/C de Novembre 2021).

#### 4.5. Projet d'aménagement envisagé

EDF PEI développe actuellement le projet suivant pour répondre aux nouveaux besoins en électricité en Corse :

- la mise en place d'une turbine à combustion (TAC) sur le site de la centrale actuelle du Vazzio ;
- la construction d'un poste d'évacuation d'énergie sur le site de la centrale actuelle du Vazzio (parcelle D) ;
- la mise en service d'une centrale à moteurs sur le site du Ricanto, pour remplacer la centrale actuelle du Vazzio (dont la cessation d'activité est prévue en 2023).

Le site du Ricanto a une superficie totale d'environ 33 000 m<sup>2</sup>, composé de parcelles adjacentes et indépendantes, notées A, B, C, E et la parcelle D située sur la Centrale EDF actuelle du Vazzio.

La localisation de chacune de ces parcelles sont présentées ci-après.



Figure 2 : Localisation approximative de la zone de travaux (source : EDF PEI)

Les ouvrages présents actuellement sur les 5 parcelles précitées sont démolis.

Le plan d'aménagement au niveau de la parcelle C prévoit la mise en place d'une zone de stockage de fioul et d'un bâtiment administratif.

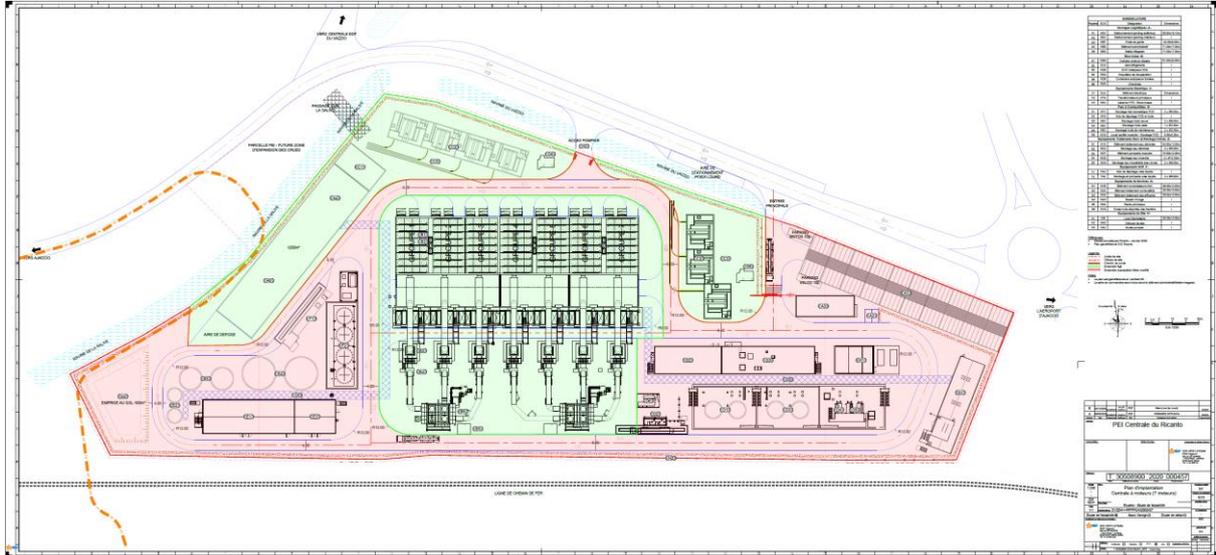


Figure 3 : Plan d'aménagement fournis par EDF en date du 03/12/2020

Il est à noter que à ce jour aucun plan du futur bâtiment administratif ne nous a été transmis.

## 5. Caractérisation de l'exposition

Les résultats de cette étude sont élaborés en l'état actuel des connaissances scientifiques tant du point de vue chimique, géologique que toxicologique (janvier 2021).

- La caractérisation de l'exposition s'établit en fonction des trois composantes d'un risque :
- une source de pollution,
- un transfert, c'est-à-dire un milieu par lequel transite le polluant
- une cible.

Ces trois composantes sont détaillées dans les chapitres suivants.

Enfin, un schéma conceptuel a été établi en vue de synthétiser les 3 composantes retenues dans cette étude.

### 5.1. Caractérisation des sources de pollution identifiées sur le site

#### 5.1.1. Analyse des données

Synthèse des données disponibles sur les sols<sup>3</sup> :

##### **2016**

Les investigations du sous-sol ont été effectuées du 5 au 22 décembre 2016, et ont consisté en la réalisation de 82 sondages de sols à la tarière mécanique (S1 à S82), jusqu'à une profondeur maximale de 3 m au droit de la parcelle A.

Les résultats analytiques sur les sols indiquent les éléments suivants :

- Présence quasi-ubiquiste de cuivre et de zinc, et plus ponctuellement de cadmium et mercure entre 0 et 3 m de profondeur (teneur maximale en mercure de 0,001 mg/kg MS) au droit de S12) ;
- Présence d'une concentration maximale en PCB de 1,9 mg/kg MS, en S47 de 0 à 0,5 ;
- Présence d'hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> à des teneurs notables :
  - entre 0,2 et 1,0 m de profondeur au droit de S24 avec une concentration de 790 mg/kg MS, (stockage de transformateurs) ;
  - entre 1,5 et 3,0 m de profondeur au droit de S48 avec une concentration de 4 260 mg/kg de 1,5 à 2 m et de 2 130 mg/kg de 2 à 3 m (stockage de transformateurs) ;

---

<sup>3</sup> Les concentrations observées dans les sols sont exprimées en « mg/kg MS ». Néanmoins, pour faciliter la lecture, l'unité sera indiquée sous la forme « mg/kg » dans la suite du document.

### Janvier 2020

16 sondages à la pelle mécanique (PM1 à PM16) jusqu'à 3 m de profondeur de moyenne et le prélèvement et l'analyse de 34 échantillons de sol ;

Les résultats d'analyses ont mis en évidence la présence en composés volatils avec les teneurs maximales suivantes :

- HC C5-C16 : 61,5 mg/kg MS au droit de PM7 (1,8-2,5) ;
- Hydrocarbures volatils C10-C16 : 1450 mg/kg MS au droit de PM8 (1,4-1,7) ;
- HAP : 1,2 mg/kg MS au droit de PM8 (1,4-1,7) ;
- CAV : 12 mg/kg MS au droit de PM7 1,8-2,5.

### Juin-juillet 2020

- Zone du sondage S24 : 5 sondages à la pelle mécanique jusqu'à 3 m de profondeur et le prélèvement de 11 échantillons (S24-bis à S24-4) ;
- Zone du sondage S48 : 19 sondages à la pelle mécanique jusqu'à 3 m de profondeur et le prélèvement de 58 échantillons (nommés S48 X) ;
- Zone de la station-service : de 11 sondages de sol à la pelle mécanique jusqu'à la profondeur maximale de 4,6 m/TN, 1 pour un total de 19 échantillons.

Les teneurs maximales en composés volatils sont :

- Hydrocarbures volatils C10-C16 : 210 mg/kg MS au droit de S48-6 (0,5-1,3) ;
- HAP : 1,3 mg/kg MS au droit de S48-3 (1-1,5) ;
- PCB : 13 mg/kg MS au droit de S48-4 (1,5-2).

### Juin 2020 (parcelle C)

Des prélèvements de sols complémentaires ont été réalisés le 18/06/2020 : sondage PM17, PM18 et PM19.

- un impact en hydrocarbures volatils et totaux avec des concentrations maximales en hydrocarbures volatils de 316 mg/kg MS au droit de PM17 (0,8-1,7).

### Juin 2021

Réalisation de 8 sondages PZA6 à PZA13

Les teneurs maximales en composés volatils sont :

- HAP : 1,3 mg/kg MS au droit de PZA7 1-1,5 ;
- PCB : 0,39 mg/kg MS au droit de PZA9 1-1,5.

### Synthèse des données disponibles sur les eaux souterraines :

Les investigations réalisées sur les eaux souterraines ont globalement mis en évidence :

- un niveau statique à environ 2,7 m de profondeur ;
- un sens d'écoulement dirigé vers le Sud-Est ;
- l'absence d'impact au droit des eaux souterraines hormis la présence de PCB (0,10 µg/l) en juin 2021 au droit de CDSPZ6

Le plan d'investigation est présenté en **Annexe III**.

### Synthèse des données disponibles sur les gaz du sol :

#### **2020**

5 piézaires (Pza1 à Pza5) ont été implantées en novembre 2020 par Antea Group sur le lot C.

Les résultats ont mis en évidence les concentrations maximales suivantes :

- Hydrocarbures aliphatique C>06 C08 : 6,40E-01 mg/m<sup>3</sup> au droit de Pza2 Long ;
- Hydrocarbures aliphatique C>08 C10 : 1,84 mg/m<sup>3</sup> au droit de Pza5 Long ;
- Hydrocarbures aliphatique C>10 C12 : 5,36E-01 mg/m<sup>3</sup> au droit de Pza5 Long ;
- Hydrocarbures aromatique C>08 C10 : 2,95E-01 mg/m<sup>3</sup> au droit de Pza2 Long ;
- Hydrocarbures aromatique C>10 C12 : 2,02E-02 mg/m<sup>3</sup> au droit de Pza5 Long ;
- Benzène : 9,27E-03 mg/m<sup>3</sup> au droit de Pza2 Long ;
- Cumène (Isopropylbenzène) : 6,40E-03 mg/m<sup>3</sup> au droit de Pza2 Long ;
- Ethylbenzène : 3,96E-02 mg/m<sup>3</sup> au droit de Pza2 Long ;
- Mésitylène (135 triméthylbenzène) : 1,35E-02 mg/m<sup>3</sup> au droit de Pza2 Long ;
- Naphtalène : ,32E-04 mg/m<sup>3</sup> au droit de Pza4 Long ;
- Pseudocumène (124 triméthylbenzène) : 2,28E-02 mg/m<sup>3</sup> au droit de Pza2 Long ;
- Toluène : 3,54E-02 mg/m<sup>3</sup> au droit de Pza2 Long ;
- Xylène. M,p : 1,18E-01 mg/m<sup>3</sup> au droit de Pza2 Long ;
- Xylène. o- : 4,55E-02 mg/m<sup>3</sup> au droit de Pza2 Long.

#### **2021**

8 piézomètres « gaz » (PZA6 à PZA13) ont été implantées en juin 2021 par Antea Group.

Les résultats ont mis en évidence les concentrations maximales suivantes :

- Hydrocarbures aliphatique C>05 C06 : 3,45 mg/m<sup>3</sup> au droit de PZA13 ;
- Hydrocarbures aliphatique C>06 C08 : 70,2 mg/m<sup>3</sup> au droit de PZA13 ;
- Hydrocarbures aliphatique C>08 C10 : 113 mg/m<sup>3</sup> au droit de PZA13 ;
- Hydrocarbures aliphatique C>10 C12 : 24,4 mg/m<sup>3</sup> au droit de PZA13 ;
- Naphtalène : 1,93E-03 mg/m<sup>3</sup> au droit de PZA13 ;
- Pseudocumène (124 triméthylbenzène) : 2,36E-02 mg/m<sup>3</sup> au droit de PZA13 ;
- Toluène : 4,19E-02 mg/m<sup>3</sup> au droit de PZA13.

Les sondages, piézomètres et piézairs considérés selon la zone étudiée sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Sondages, piézomètres et piézairs

Sondages sol	Piézomètres	Piézairs
PM1 à PM19, hors PM8 et PM14 Zone du sondage S24 : 5 sondages Zone du sondage S48 : 19 sondages à Zone de la station-service PZA6 à PZA13	CDSPZ5, CDSPZ6, CDSPZ7, CDSPZ7 et VAZPZ1 à VAZPZ4	Pza1 à Pza13

### 5.1.2. Sélection des substances et concentrations associées

L'ensemble des substances quantifiées par le laboratoire d'analyse a été sélectionné.

D'une façon générale, les substances retenues pour l'évaluation quantitative des risques répondent à certains critères<sup>4</sup>:

- toute substance dont les données disponibles (notamment physico-chimiques et toxicologiques) sont d'une qualité suffisante pour être exploitées en analyse des risques (critères définis par la circulaire DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) ;
- toute substance dont la concentration est supérieure à la limite de quantification dans les sols, les eaux souterraines et/ou les gaz du sol, selon les voies d'exposition étudiées. **Pour l'inhalation de substances volatiles**, dans une démarche sécuritaire, toute substance présentant des données physico-chimiques relatives à sa volatilité (pression de vapeur, constante de Henry). Ainsi, l'ensemble des substances organiques est retenu, incluant les HAP et les PCB. En revanche, parmi les ETM, seul le mercure est considéré comme volatil.

Pour chaque substance considérée, les mesures réalisées dans les gaz du sol ont été privilégiées car elles sont un reflet plus réaliste du dégazage des substances volatiles présentes dans les sols et les eaux souterraines. En effet, les piézairs ont été implantés au niveau des zones présentant les teneurs les plus élevées dans les sols. Pour les substances quantifiées dans les sols et/ou les eaux souterraines, mais non quantifiées dans les gaz du sol, il a été considéré, dans une hypothèse sécuritaire, une teneur dans les gaz du sol égale à la limite de quantification du laboratoire.

Toutefois, une estimation des concentrations dans les gaz du sol a été réalisée à partir des concentrations mesurées dans les sols et/ou les eaux souterraines pour les substances observées au droit du site mais n'ayant pas bénéficié de mesures dans les gaz du sol (mercure).

Dans chaque milieu retenu et pour chaque composé, Antea Group a retenu la concentration maximale observée parmi les données disponibles sur les sols restant en place ou réutilisés après aménagement.

<sup>4</sup> Cf. Annexe 1, Méthodologie Générale, 3-Sélection des substances.

**Tableau 3 : Milieux d'échantillonnage retenus selon les substances**

Famille de substances	SOL	EAUX SOUTERRAINES	GAZ DU SOL
HAP	>LQ	<LQ	X
HCT	>LQ	<LQ	X
CAV	>LQ	<LQ	X
PCB	>LQ	<LQ	LQ
Mercuré	X	na	na

X : substance et concentration retenues

< LQ : substance non quantifiée

> LQ : substance quantifiée

LQ : substance et limite de quantification retenues

Les éléments suivants ont, par ailleurs, été pris en compte :

Pour les hydrocarbures totaux :

Un élément important pour la réalisation de calculs de risque dans le cas d'une pollution par des hydrocarbures (HCT) est l'identification du type de produit pétrolier en présence, et la détermination de la répartition des fractions hydrocarbonées aromatiques et aliphatiques qui le composent. En effet, il n'existe pas, dans les bases de données spécialisées (US-EPA, ATSDR, OEHHA, etc.) de Valeur Toxicologique de Référence (VTR) correspondant aux hydrocarbures totaux (Indice HCT).

Le groupe de travail TPHCWG<sup>5</sup> a défini, pour chaque fraction hydrocarbonée (fractions aliphatiques et aromatiques >EC<sub>6</sub>-EC<sub>8</sub>, >EC<sub>8</sub>-EC<sub>10</sub>, >EC<sub>10</sub>-EC<sub>12</sub>, >EC<sub>12</sub>-EC<sub>16</sub>...) <sup>6</sup>, une VTR et des paramètres physico-chimiques spécifiques. Pour une exposition par inhalation, seuls les hydrocarbures présentant un nombre d'équivalents-carbone inférieur à 16 ont été pris en compte, car ce sont les seuls considérés volatils et bénéficiant d'une VTR pour la voie respiratoire.

Dans les échantillons de gaz du sol, les concentrations en hydrocarbures totaux ont été analysées selon le découpage suivant : >EC<sub>6</sub>-EC<sub>8</sub>, >EC<sub>8</sub>-EC<sub>10</sub>, >EC<sub>10</sub>-EC<sub>12</sub>, >EC<sub>12</sub>-EC<sub>16</sub>, avec distinction entre les hydrocarbures aromatiques et aliphatiques. Les paramètres physico-chimiques et VTR proposés par le TPHCWG sont donc appliquées aux fractions correspondantes.

Pour les BTEX :

Le benzène et le toluène correspondant respectivement aux hydrocarbures aromatiques EC<sub>6</sub>-EC<sub>7</sub> et EC<sub>7</sub>-EC<sub>8</sub>, les résultats de l'analyse TPH n'ont pas été retenus sur ces deux fractions afin d'éviter toute redondance dans les calculs de risque.

L'analyse des xylènes ne faisant pas la différenciation entre les méta- et para-xylènes, la concentration retenue pour les m,p xylènes a été appliquée aux 2 substances. L'isomère présentant l'indice de risque le plus élevé a donc été retenu pour le calcul de risque.

Pour les PCB :

D'après les études expérimentales réalisées, les 7 congénères analysés sont présents dans l'Aroclor 1254 à hauteur de 40 à 50%. Ainsi, les résultats des analyses basés sur les 7 PCB indicateurs sont multipliés par 2 pour être exprimés en équivalent Aroclor (1254). Les VTR de l'Aroclor 1254 sont ensuite appliquées.

---

<sup>5</sup> Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group, Human Health Risk-Based Evaluation of Petroleum Release Sites: Implementing the Working Group Approach, Volume 5, June 1999.

<sup>6</sup> EC : équivalent-carbone. Comme recommandé par le TPHCWG, les fractions sont définies par un « équivalent-carbone (EC) » et non pas par le nombre de carbones contenus dans le composé. Cet « équivalent-carbone » est calculé sur la base du point d'ébullition et du temps de rétention sur chromatographie gazeuse de chaque composé. Par exemple, l'EC du benzène (6 carbones) est 6,5 car son point d'ébullition et son temps de rétention sont approximativement situés entre ceux du n-hexane (6 carbones) et du n-heptane (7 carbones).

Pour les HAP :

Les propriétés physiques des HAP dépendent de leur masse moléculaire, de leur pression de vapeur saturante, de leur structure chimique et des conditions environnementales et climatiques (température, pression, humidité) du milieu dans lequel ils se trouvent. La répartition des HAP entre la phase gazeuse et la phase particulaire dans l'atmosphère est déterminée par la pression de vapeur saturante des composés et la température ambiante. En effet, les HAP les plus légers et dont les tensions de vapeur sont élevées, seront présents en majorité dans la phase gazeuse alors que les HAP les plus lourds, dont les pressions de vapeur saturante sont plus faibles, seront plutôt majoritairement présents dans la phase particulaire<sup>7</sup>.

Ainsi, on considère généralement que les HAP possédant moins de 3 cycles aromatiques sont majoritairement présent sous forme gazeuse et que les HAP présentant plus de 4 cycles aromatiques sont principalement présents sous formes particulaires. Entre les deux, pour les HAP possédant 3 à 4 cycles aromatiques, la répartition de ces composés peut se faire à la fois en phase gazeuse et particulaire.

Il en découle, que les HAP pris en compte pour la voie d'inhalation de vapeurs seront uniquement ceux possédant jusqu'à 4 cycles aromatiques, c'est-à-dire : naphthalène, acénaphthylène, acénaphthène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène et pyrène.

Pour le mercure :

Le mercure est faiblement mobile dans le sol. En effet, le mercure mis en contact avec le sol est rapidement immobilisé par la matière organique, par les oxydes de fer, d'aluminium, et de manganèse. Il a tendance à rester dans les horizons de surface. Selon l'US-EPA<sup>8</sup>:

- 97 à 99% du mercure total dans les sols est présent sous forme de mercure inorganique divalent (HgII) complexé à la matière organique ;
- 1 à 3% du mercure total est présent sous forme de méthylmercure, largement lié à la matière organique ;
- une faible fraction du mercure total est présente sous sa forme élémentaire (Hg0).

Une autre publication de l'ATSDR<sup>9</sup> fait état, dans les sols, de 85–88% de mercure inorganique (HgII), 6 à 9 % de mercure élémentaire (Hg0) et 0,02% de mercure organique, mais il s'agit d'une zone où un déversement accidentel de nitrate de mercure et mercure élémentaire a eu lieu dans les années 50.

Le mercure élémentaire (Hg0) et les composés organiques du mercure sont volatils. Les composés inorganiques (HgII) le sont très peu. Ainsi, tenant compte d'éventuelles pollutions anthropiques, il a été considéré :

- pour la voie d'exposition par contact direct avec les sols, que 100% de la concentration mesurée correspond à du mercure inorganique (HgII + Hg0) ;

<sup>7</sup> : INERIS - Complément au guide sur la surveillance dans l'air autour des installations classées - DRC - 16 - 158882 - 10272A

<sup>8</sup> US-EPA, Mercury Study Report to Congress, Fate and Transport Mercury in the Environment, Volume 3, EPA452/R97005, December 1997.

<sup>9</sup> ATSDR, Toxicological Profile for Mercury, March 1999, p 429 (Source : Revis et al. 1989, 1990).

- pour la voie d'exposition par inhalation de mercure volatil, que 5 % du mercure quantifié dans les sols est potentiellement sous une forme volatile (HgO + mercure organique).

Les substances et concentrations retenues dans les calculs de risque sont présentées dans les tableaux suivants :

**Tableau 4 : Substances et concentrations retenues dans les sols**

Substances	mg/kg	Echantillon de référence
Mercure	5,5E-5	S12 1-1,8

\*5 % du mercure quantifié dans les sols est retenu

**Tableau 5 : Substances et concentrations retenues dans les gaz du sol**

Substances	µg/l = mg/m <sup>3</sup>	Echantillon de référence
Acénaphthylène	1,61E-04	LQ
Acénaphthène	1,61E-04	LQ
Aliphatique C>05 C06	3,45E+00	PZA13
Aliphatique C>06 C08	7,02E+01	PZA13
Aliphatique C>08 C10	1,13E+02	PZA13
Aliphatique C>10 C12	2,44E+01	PZA13
Aliphatique C>12 C16	3,00E+00	PZA12 +LQ
Anthracène	1,61E-04	LQ
Aroclor 1254*	8,96E-03	LQ
Aromatique C>08 C10	2,95E-01	Pza2 Long CM
Aromatique C>10 C12	7,44E-02	Pza5 Long CM
Aromatique C>12 C16	2,64E-01	PZA12 +LQ
Benzène	9,27E-03	Pza2 Long CM
Cumène (Isopropylbenzène)	6,40E-03	Pza2 Long CM
Ethylbenzène	3,96E-02	Pza2 Long CM
Fluoranthène	1,61E-04	
Fluorène	1,61E-04	LQ
Mésitylène (135 triméthylbenzène)	1,35E-02	Pza2 Long CM
Naphtalène	1,93E-03	PZA13
Phénanthrène	1,61E-04	LQ
Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	2,36E-02	PZA13
Pyrène	1,61E-04	LQ
Toluène	4,19E-02	PZA6
Xylène. m-	1,18E-01	Pza2 Long CM
Xylène. o-	4,55E-02	Pza2 Long CM
Xylène. p-	1,18E-01	Pza2 Long CM

\*La concentration est multiplié par 2 pour être exprimés en équivalent Aroclor (1254).

### 5.1.3. Propriétés physico-chimiques des substances

Les caractéristiques physico-chimiques des substances retenues pour l'évaluation des risques ont été recherchées et sont présentées en **Annexe IV**.

## 5.2. Identification des voies d'exposition

### 5.2.1. Contact direct avec les sols en place

D'après le projet d'aménagement, les espaces extérieurs seront recouverts de matériaux artificiels tels que de l'asphalte. Ainsi, aucun contact direct avec les sols n'est envisagé.

### 5.2.2. Contact direct et/ou indirect avec les eaux souterraines

#### Sur site

Considérant que les usagers du site n'auront aucun contact direct avec les eaux souterraines (absence de puits privatif sur le site), l'ingestion d'eau souterraine n'est pas retenue en tant que voie d'exposition.

#### Hors site

L'étude ne prend pas en compte les usages hors site.

### 5.2.3. Contact direct et/ou indirect avec les eaux superficielles

#### Sur site

Considérant l'absence d'eau superficielle (ruisseau, étang, etc.) au droit du site, le contact direct et/ou indirect avec les eaux superficielles n'est pas retenu en tant que voie d'exposition.

#### Hors site

Considérant l'absence d'eau superficielle (ruisseau, étang, etc.) à proximité immédiate du site (en aval hydraulique), le contact direct et/ou indirect avec les eaux superficielles n'est pas retenu en tant que voie d'exposition.

### 5.2.4. Inhalation de substances volatiles présentes dans les sols et/ou les eaux souterraines

Considérant la possibilité de volatilisation de substances chimiques présentes dans les sols et des eaux souterraines vers l'air intérieur du bâtiment et vers l'air extérieur, l'exposition des futurs usagers du site par inhalation de ces substances volatiles est retenue.

Des mesures de gaz du sol ont donc été réalisées afin de caractériser, de façon plus représentative, le dégazage des substances présentes dans les sols et les eaux souterraines.

### 5.2.5. Ingestion de végétaux autoproduits

Considérant la nature paysagère des espaces extérieurs (enrobé), et donc l'absence de jardins potagers et d'arbres fruitiers l'ingestion de végétaux autoproduits n'est pas une voie d'exposition retenue sur cette zone.

### 5.2.6. Ingestion d'eau potable issue des réseaux souterrains

Sous l'hypothèse de l'implantation des réseaux souterrains d'eau potable dans des zones non impactées, la voie d'exposition liée à l'éventuelle perméation de substances chimiques présentes dans les sols à travers les parois des canalisations souterraines n'a pas été prise en compte.

A titre informatif, les valeurs limites au-dessus desquelles il est recommandé d'apporter une attention particulière à la sélection du matériau constituant la canalisation sont présentées en **Annexe V<sup>10</sup>**.

---

<sup>10</sup> Recommandations issues du guide BRGM/RP-63675-FR d'août 2014, « Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des sites et sols pollués ».

## 5.2.7. Résumé

Le tableau suivant synthétise les voies d'exposition évaluées dans cette étude de risque sanitaire.

**Tableau 6 : Résumé des voies d'exposition**

Voies d'exposition potentielles	Pris en compte, ou non, dans l'étude	Commentaires
Ingestion de particules de sol	non	Les espaces extérieurs seront recouverts de matériaux artificiels tels que de l'asphalte
Inhalation de poussières sur site	non	
Contact cutané avec les sols	non	
<b>Inhalation de substances volatiles à partir des sols, des gaz du sol</b>	<b>oui</b>	Les mesures réalisées dans les gaz du sol permettent d'estimer de façon plus réaliste, d'une part, le dégazage des substances volatiles à partir des sols, et potentiellement des eaux souterraines, et d'autre part, l'exposition des usagers.
Ingestion d'eau souterraine contaminée par infiltration à travers les sols	non	Absence de puits au droit du site.
Contact direct ou indirect avec les eaux superficielles	non	Absence d'usage des eaux superficielles/
Ingestion de végétaux autoproduits sur site	non	Absence de jardin potager ou arbre fruitier au droit du site.
Ingestion d'eau potable issue des réseaux souterrains	non	Implantation des réseaux souterrains dans des zones non impactées. Dans le cas contraire, les canalisations souterraines situées au droit des zones polluées devront circuler dans des remblais d'apport sains ou devront être de nature imperméable aux substances organiques (acier, fonte, matériau multicouches adapté).

## 5.3. Cibles retenues

L'aménagement projeté est la construction de bâtiments industriel et tertiaire.

Au regard du futur aménagement, les cibles étudiées sont les employés de bureaux.

Ces cibles sont les plus sensibles en termes d'exposition et donc de risque sanitaire. L'étude couvre ainsi les autres cibles qui pourraient être présentes sur le site mais qui sont moins exposées, du fait de leur localisation dans les étages de l'immeuble ou du fait d'une durée d'exposition plus faible.

## 5.4. Schéma conceptuel

Un schéma conceptuel résumant les scénarios d'exposition retenus est présenté en Figure 4.

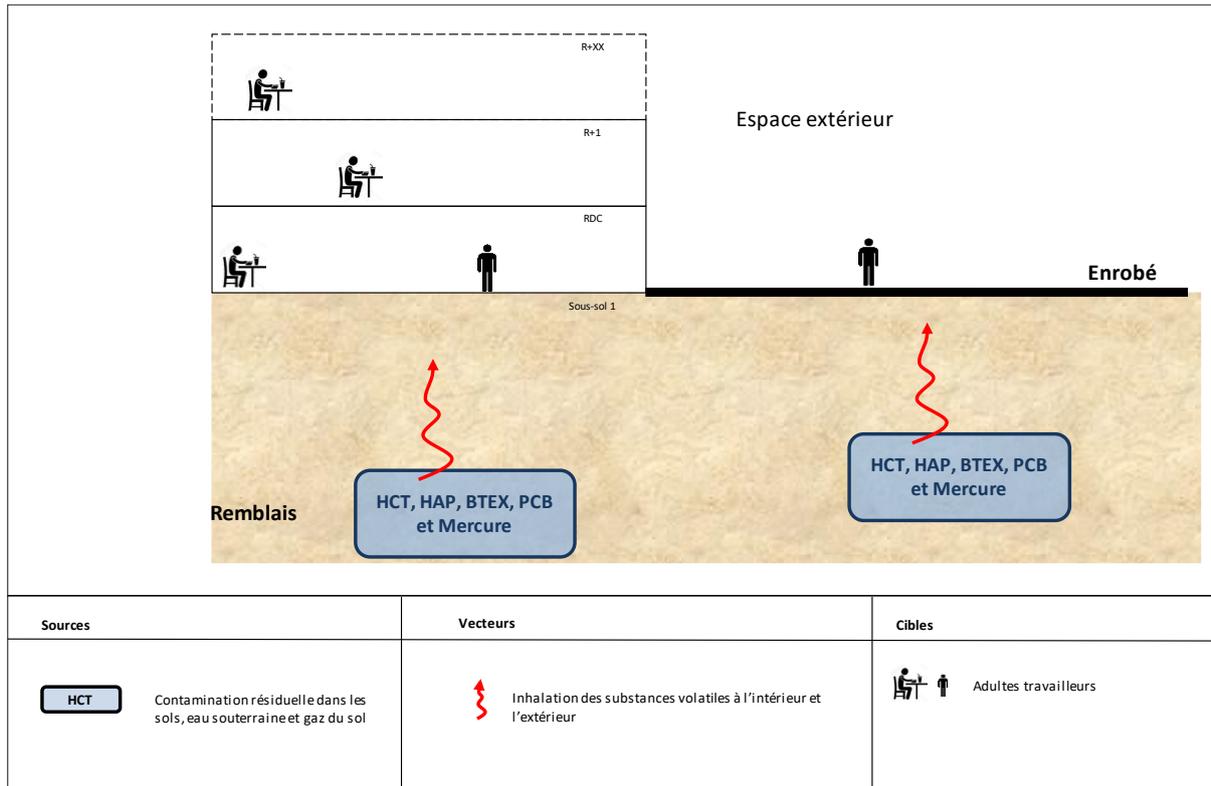


Figure 4 : Schéma conceptuel

## 5.5. Quantification de l'exposition

Cette section décrit les modèles d'exposition ainsi que les paramètres retenus pour évaluer les doses d'exposition pour les cibles considérées.

### 5.5.1. Choix du modèle d'exposition

L'EQRS est réalisée à l'aide du logiciel MODUL'ERS conçu par l'INERIS. Ce logiciel, qui permet d'estimer les niveaux d'exposition des cibles étudiées et les niveaux de risque sanitaire associés, est basé sur l'ensemble des équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle fourni par l'INERIS et le guide de l'utilisateur Modul'ERS<sup>11</sup>.

Dans le cadre de cette étude, le logiciel a fait appel aux modules suivants :

- module « conc gaz air interieur Volasoil » qui est basé sur une approche dérivée du modèle Volasoil du RIVM (institut néerlandais de santé publique et de l'environnement), permettant le calcul des concentrations attendues dans l'air d'un bâtiment à partir d'une source nappe ou sol ;
- module « conc gaz air extérieur » qui permet le calcul du flux d'émission à partir d'une source nappe ou sol et l'estimation des concentrations attendues dans l'air (voir équation du document INERIS-DRC-08-94882-16675B) ;
- module « Niveaux\_Exposition\_Risque » qui permet de calculer, d'une part les niveaux d'exposition chroniques pour les différentes classes d'âge définies par l'utilisateur et d'autre part, les niveaux de risques chroniques pour des effets cancérigènes et non cancérigènes.

Le logiciel Modul'ERS utilisé est présenté en **Annexe VI**.

#### 5.5.1.1. Caractéristiques de la modélisation

Dans les modèles d'exposition, il faut souligner que les mesures dans les gaz du sol permettent de s'affranchir d'une étape dans le calcul de risque, consistant à estimer les concentrations des gaz du sol à partir des concentrations mesurées dans les sols et dans les eaux souterraines. Cette approche permet d'évaluer de façon plus réaliste l'exposition des futurs usagers du site.

---

<sup>11</sup> INERIS, Rapport d'étude n°DRC-08-94882-16675C, 01/08/2010, « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle »  
INERIS, Rapport d'étude n°DRC-14-1419688-00696A, Mars 2014, Guide de l'utilisateur Modul'ERS

### 5.5.1.2. Paramètres d'entrée du modèle

Les équations de modélisation nécessitent l'utilisation de différents paramètres propres à la construction et aux différentes substances présentes dans les sols et les eaux souterraines et/ou les gaz du sol.

L'ensemble des paramètres d'entrée du modèle est présenté en **Annexe VI**.

- Air intérieur

Les transferts des substances volatiles ont été modélisés selon les principes suivants :

- la pollution a été positionnée au contact de la dalle de fond du RDC ;
- au vu des observations de terrain réalisées et à titre sécuritaire, le type de sol retenu au droit du futur bâtiment est un sol sableux ;
- en l'absence de valeurs propres au site, un taux de renouvellement d'air est usuellement fixé à 0,8 vol/h pour des bâtiments à usage tertiaire (bureaux) ;
- le taux de transfert considéré entre le RDC et les étages du bâtiment est de 100%.

- Air extérieur

Les transferts des substances volatiles ont été modélisés selon les principes suivants :

- au vu des observations de terrain réalisées et à titre sécuritaire, le type de sol retenu au droit des espaces extérieurs est un sol sableux ;
- modélisation d'un dégazage vers l'air extérieur, en tenant compte d'une vitesse de vents de 3 m/s (valeur a priori sécuritaire) ;
- du fait d'un recouvrement des sols, une épaisseur de 10 cm d'enrobé a été retenue.

La Figure 5 schématise la modélisation du transfert des substances volatiles.

Taux de transfert RDC/étage : 100%

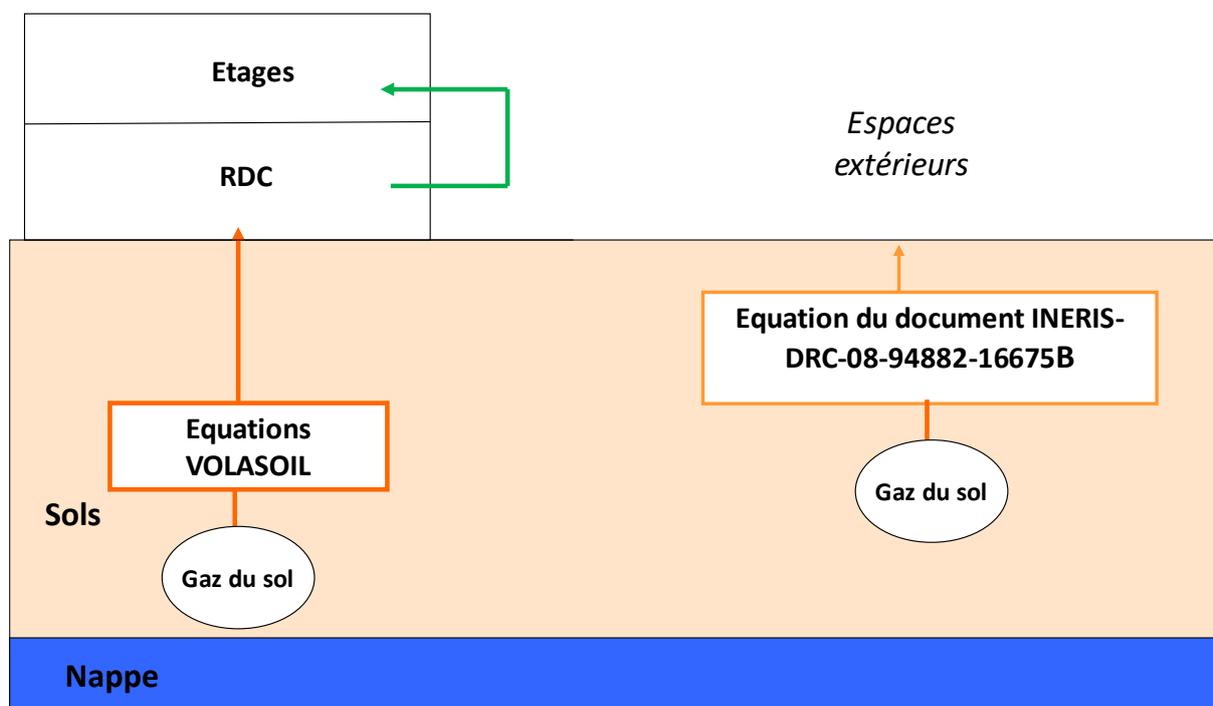


Figure 5 : Modélisation du transfert des substances volatiles

### 5.5.2. Calcul de la dose journalière ou concentration d'exposition

L'équation mathématique permettant de calculer la  $DJE_{ij}$  (exprimée en mg/(kg.j) ou la CI (exprimée en mg/m<sup>3</sup>) dans le cas des substances cancérigènes est la suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{T \cdot Q_{ij} \cdot F}{P \cdot T_m \cdot 365} \cdot C_i \cdot ou \cdot CI = \frac{C_i \cdot t_i \cdot T \cdot F}{T_m \cdot 365}$$

- où :
- $Q_{ij}$  est la quantité de milieu  $i$  administrée par la voie  $j$  par jour (en kg/j ou m<sup>3</sup>/j),
  - $t_i$  est la fraction du temps d'exposition à la concentration  $C_i$  pendant une journée,
  - $F$  est la fréquence d'exposition (en j/an),
  - $T$  est la durée d'exposition (en an),
  - $P$  est le poids de l'individu (en kg),
  - $T_m$  est le temps moyen de prise en compte de l'apparition possible d'un effet néfaste sur la santé (en années),
  - $C_i$  est la concentration au point d'exposition (en mg/kg ou mg/m<sup>3</sup>),
  - $CI$  concentration moyennée d'exposition (en mg/m<sup>3</sup>).

Pour chaque substance chimique retenue dans le cadre de cette étude, la dose journalière ou concentration d'exposition est présentée, avec les calculs de risque sanitaire, en **Annexe IX**.

### 5.5.3. Paramètres d'exposition

Les paramètres généraux caractérisant l'exposition des différentes cibles ou récepteurs sont renseignés ci-après, selon les indications fournies par l'INERIS<sup>12</sup>.

**Tableau 7 : Paramètres d'exposition retenus dans l'étude**

Paramètres	Cibles	Valeurs retenues	Justifications
Durée d'exposition	Employés	42 ans	Durée légale du travail en France
Temps moyenné	Employés	<i>Effets non cancérigènes (ATnc) :</i> 42 ans * 365 jours/an = 15 330 jours	US EPA (2011) + INERIS (2015)
	Toutes	<i>Effets cancérigènes (ATc) :</i> ATc = vie entière (70 ans) * 365 jours/an = 25 550 jours	
Fréquence d'exposition annuelle à l'intérieur (RDC et étages)	Employés	0,19 (35h/sem, 47 sem/an)	INERIS (2015)
Fréquence d'exposition annuelle à l'extérieur	Employés	0,025 (1 h/j, 220 j/an)	Jugement d'expert INERIS (2015)
Hauteur de respiration	Employés	1,55 m	INERIS (2015)

<sup>12</sup> INERIS, Rapport d'étude n°DRC-14-141968-11173A, 21/02/2015, « Paramètres d'exposition de l'homme du logiciel Modul'ERS »

## 6. Evaluation de la relation dose réponse

### 6.1. Synthèse des données toxicologiques

Les principaux effets toxiques engendrés par les substances retenues pour l'évaluation des risques sont présentés en **Annexe VIII**.

### 6.2. Valeurs toxicologiques de référence retenues

L'ensemble des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues dans le cadre de la présente étude est présenté dans le tableau ci-dessous. Pour chaque VTR retenue, la source bibliographique est indiquée.

La sélection des VTR a été établie selon les recommandations de la note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.

Les VTR ont fait l'objet d'une mise à jour par Antea Group en Aout 2021.

Tableau 8 : Valeurs Toxicologiques de Référence retenues pour la voie inhalation

N° CAS	Substances	Voie d'exposition : inhalation								
		Durée d'exposition : chronique								
		Effets à seuil					Effets sans seuil			
VTR (mg/m <sup>3</sup> )	Effet/organe cible	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)	VTR (mg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)		
<b>Composés Aromatiques Volatils (CAV)</b>										
71432	benzène	9,8E-03	Immunologique	ATSDR	2007	-	2,6E-02	ANSES	2013	-
100414	éthylbenzène	1,5E+00	Ototoxique	ANSES	2016	-	-	-	-	-
108883	toluène	1.9E+01	Poids de la progéniture	ANSES	2017	-	-	-	-	-
108383	m-xylène	1,0E-01	Neurologique	US-EPA	2003	ANSES, 2020	-	-	-	-
95476	o-xylène									
106423	p-xylène									
98828	cumène	4,0E-01	Reins	US EPA	1997	-	-	-	-	-
95636	pseudocumène	6,0E-02	Neurologique	US EPA	2016	-	-	-	-	-
108678	mésitylène	6,0E-02	Neurologique	US EPA	2016	-	-	-	-	-
<b>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)</b>										
83329	acénaphène	-	-	-	-	-	6,0E-04	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
208968	acénaphthylène	-	-	-	-	-	6,0E-04	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
120127	anthracène	-	-	-	-	-	5,6E-03	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
206440	fluoranthène	-	-	-	-	-	6,0E-04	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
86737	fluorène	-	-	-	-	-	6,0E-04	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
91203	naphtalène	3,7E-02	Respiratoire	ANSES	2013	INERIS 2019	5,6E-03	ANSES	2013	INERIS 2019
85018	phénanthrène	-	-	-	-	-	6,0E-04	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
129000	pyrène	-	-	-	-	-	6,0E-04	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
<b>Métaux</b>										
7439976	mercure	3,0E-05	Neurologique	OEHHA	2008	INERIS, 2009	-	-	-	-
<b>Hydrocarbures Totaux (HCT)</b>										
HCTa1	HCT ALIPHATIQUES EC5-EC6	1,8E+01	Foie, reins	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTa2	HCT ALIPHATIQUES EC6-EC8	1,8E+01	Foie, reins	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-

N° CAS	Substances	Voie d'exposition : inhalation Durée d'exposition : chronique								
		Effets à seuil					Effets sans seuil			
		VTR (mg/m <sup>3</sup> )	Effet/organe cible	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)	VTR (mg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)
HCTal3	HCT ALIPHATIQUES EC8-EC10	1,0E+00	Foie, sang	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTal4	HCT ALIPHATIQUES EC10-EC12	1,0E+00	Foie, sang	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTal5	HCT ALIPHATIQUES EC12-EC16	1,0E+00	Foie, sang	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTar3	HCT AROMATIQUES EC8-EC10	2,0E-01	Perte de poids	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTar4	HCT AROMATIQUES EC10-EC12	2,0E-01	Perte de poids	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTar5	HCT AROMATIQUES EC12-EC16	2,0E-01	Perte de poids	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
<b>Autres</b>										
11097691	PCB (Equivalent Aroclor 1254)	1,0E-03	Hépatique, poids	RIVM	2000	INERIS, 2004	Adultes : 1,0E-01	US EPA	1996	-

### 6.3. Valeurs de gestion

Conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, au-delà de la simple compatibilité sanitaire, les valeurs de gestion doivent être respectées pour les milieux qui en disposent. Concernant l'air intérieur, ces valeurs de gestion correspondent aux valeurs réglementaires (cas du benzène et du formaldéhyde), aux valeurs repères établies par le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) ou à défaut aux valeurs de gestion de l'air intérieur (VGAI) établies par l'ANSES.

#### Cas du benzène et du naphthalène :

Il existe pour ces substances une valeur repère de qualité d'air intérieur (non réglementaire) établie par le Haut Conseil de Santé Publique HCSP<sup>13</sup> pour les espaces clos (immeubles d'habitation ou locaux ouverts au public). Le HCSP recommande une valeur de 2 µg/m<sup>3</sup> pour le benzène et 10 µg/m<sup>3</sup> pour le naphthalène pour l'air intérieur des espaces clos.

#### Cas de l'éthylbenzène et du toluène :

Pour ces substances, l'ANSES a proposé une VGAI de 1 500 µg/m<sup>3</sup> pour l'éthylbenzène<sup>14</sup> et de 20 000 µg/m<sup>3</sup> pour le toluène<sup>15</sup> dans l'air intérieur des espaces clos.

Les concentrations modélisées dans l'air intérieur du bâtiment seront donc comparées aux valeurs de gestion précitées (cf. chapitre 8.2).

---

<sup>13</sup> Haut Conseil de la santé publique « Avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le trichloroéthylène dans l'air des espaces clos », juillet 2012, « Avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le tétrachloroéthylène dans l'air des espaces clos », juin 2010, « Avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le benzène dans l'air des espaces clos », juin 2010, « Avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le naphthalène dans l'air des espaces clos », janvier 2012.

<sup>14</sup> ANSES « proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur – L'éthylbenzène », Octobre 2016.

<sup>15</sup> ANSES « proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur – Le toluène », Juillet 2018.

## 7. Quantification des risques sanitaires

L'ensemble des résultats est établi en l'état actuel des connaissances (janvier 2021).

Les calculs ont été réalisés avec des paramètres propres au site quand ceux-ci étaient disponibles. En l'absence de valeurs spécifiques, des valeurs disponibles dans la littérature ou des choix d'expert ont été retenus<sup>16</sup>.

Il est rappelé que l'acceptabilité des risques est définie sur la base de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017. Un niveau de risque est considéré comme acceptable pour les usagers du site dans les cas suivants :

- Quotient de Danger (QD) inférieur à 1,0 (risques pour les effets à seuil : effets non cancérigènes d'une part, et effets cancérigènes non génotoxiques d'autre part),
- Excès de Risque Individuel (ERI) inférieur à  $1,0 \cdot 10^{-5}$  (risques pour les effets sans seuil de dose : effets cancérigènes génotoxiques).

Selon la méthodologie nationale, l'additivité des risques liés aux différents polluants et/ou aux différentes voies d'exposition doit être réalisée selon les recommandations des instances sanitaires au niveau national. En l'état actuel, ces recommandations conduisent :

- Pour les effets à seuils, à l'addition des quotients de danger (QD) uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible,
- Pour les effets sans seuils, l'addition de tous les excès de risques de cancer.

Toutefois, des incertitudes demeurent sur les organes cibles et les possibilités d'effets croisés ou de synergie lorsque plusieurs substances sont présentes. Aussi, dans une démarche sécuritaire, la somme des QD, toutes voies et toutes substances confondues, est présentée ci-après.

Les niveaux de risque sanitaire, calculés sur la base des concentrations maximales observées sur le site dans les sols et gaz du sol, sont présentés dans le tableau suivant.

---

<sup>16</sup> User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings, USEPA, February 22, 2004.

**Tableau 9 : Risques sanitaires pour les employés du site**

	QD	ERI
<b>Employés de l'atelier – Niveau de risque global</b>	<b>3,70E-01</b>	<b>1,73E-06</b>
Inhalation d'air intérieur	3,70E-01	1,73E-06
Inhalation d'air extérieur	6,35E-04	5,68E-10
<i>Seuils de référence</i>	<i>1,00E+00</i>	<i>1,00E-05</i>

Les résultats des calculs de risque, pour la voie d'exposition par inhalation de substances volatiles, indiquent des niveaux de risque sanitaires inférieurs aux seuils de référence, pour les futurs usagers du site.

## 8. Interprétation des résultats

### 8.1. Hiérarchisation des risques

Les risques sanitaires les plus élevés sont les risques associés à une exposition aux substances présentes dans les gaz du sol.

Les substances quantifiées contribuant majoritairement :

- au niveau de risque non cancérigène (QD), sont les hydrocarbures aliphatiques volatils (90% du risque) ;
- au niveau de risque cancérigène (ERI), sont les PCB (72% du risque).

### 8.2. Comparaison aux Valeurs Réglementaires et aux valeurs de gestion

Au-delà, des niveaux de risque sanitaires établis, les concentrations modélisées sont ici comparées aux valeurs réglementaires et valeurs guides disponibles en termes de qualité d'air intérieur.

Compte-tenu d'un impact en benzène, toluène, et naphthalène au droit du site, les concentrations modélisées dans le futur bâtiment ont été comparées, à titre informatif, à la valeur repère de qualité d'air intérieur (VR) des espaces clos du Haut Conseil de Santé Public (HCSP) ou à la VGAI proposée par l'ANSES (pour le cas de l'éthylbenzène et du toluène).

**Tableau 10 : Comparaison des concentrations modélisées avec les valeurs de gestion**

Substance	Concentrations modélisées dans l'air intérieur ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valeurs de gestion du HCSP ou de l'ANSES
Benzène	1,12E-01	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ethylbenzène	4,80E-01	1 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Toluène	5,08E-01	20 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Naphtalène	2,34E-02	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Les concentrations modélisées dans l'air intérieur du futur bâtiment sont inférieures aux valeurs de gestion retenues.

## 8.3. Evaluation des incertitudes

L'évaluation des risques sanitaires se décompose en cinq grandes étapes, dont chacune fait l'objet d'incertitudes :

- la caractérisation physique du site,
- la sélection des substances,
- l'évaluation de l'exposition,
- l'évaluation de la toxicité,
- la caractérisation des risques.

### 8.3.1. Analyse qualitative

#### 8.3.1.1. Incertitudes sur les caractéristiques physiques du site

Les incertitudes concernent ici les reconnaissances effectuées sur le site. Des observations de terrain sur les sols, ont été réalisées lors des sondages afin de déterminer précisément les différents paramètres spécifiques du site, et réduire ainsi l'incertitude associée à ces paramètres.

Au droit du site, les sols sont constitués de sable-limoneux. Le type de sol retenu, correspondant au sol le plus perméable aux substances volatiles observé lors des investigations de terrain, est un sol de type sable.

Compte-tenu de la présence de sable-limoneux, l'étude de ce type de sol est présentée en analyse des incertitudes (cf. chapitre 8.3.2).

#### 8.3.1.2. Incertitudes sur l'évaluation de l'exposition

**Les cibles** choisies sont les usagers du site les plus sensibles, c'est-à-dire ceux qui sont les plus exposés aux substances volatiles présentes dans les sols, eaux souterraines et gaz du sol. Dans une démarche sécuritaire, les risques associés à chacun des milieux étudiés sont cumulés.

Dans cette étude, **les modèles d'exposition** du logiciel Modul'ERS développé par l'INERIS ont été utilisés pour estimer les concentrations de polluants dans l'air intérieur et extérieur, à partir des concentrations mesurées dans les sols, les eaux souterraines et les gaz du sol. L'estimation de l'exposition d'un individu, à l'aide de modèles d'exposition, n'est qu'une représentation mathématique approximative, et généralement sécuritaire, de la réalité. L'incertitude associée aux modèles est toutefois difficile à évaluer.

De nombreux paramètres, spécifiques au site ou aux récepteurs, influencent les résultats des modélisations. Les propriétés physico-chimiques et géologiques font partie des paramètres influençant la détermination des flux de remontées des substances volatiles. Les paramètres géologiques proviennent de mesures ou d'observations réalisées sur site. Les propriétés physico-chimiques des substances (provenant de bases de données fiables telles que l'INERIS, l'US-EPA, ou la littérature scientifique), et les concentrations retenues ne sont pas des sources majeures d'incertitudes. A ce stade, aucun plan d'aménagement n'a été fourni par EDF. Les hauteurs de plafond, et les dimensions des bâtiments font l'objet d'incertitudes majeures.

Une hauteur sous-plafond standard de 2,3 mètres a été considérée dans le calcul de risque sanitaire. A titre indicatif, une hauteur sous-plafond plus grande (4 m) est étudiée en analyse des incertitudes

(cf. paragraphe 8.3.2). Enfin une épaisseur de dalle béton de 0,15 m a été retenue, une épaisseur plus grande (0,25 m) est étudiée en analyse des incertitudes (cf. paragraphe 8.3.2).

Une part de l'incertitude, liée à l'utilisation du modèle, provient donc de l'utilisation de paramètres par défaut du fait de l'absence de données spécifiques. En effet, pour certains paramètres, seules les valeurs standards proposées par le modèle sont connues. Dans ce cas, il est difficile d'envisager d'autres valeurs (taux de renouvellement d'air dans un bâtiment, taux de fissuration, température du sol...).

Lors d'une exposition par inhalation de substances volatiles provenant des sols et des eaux souterraines, il apparaît que trois facteurs ont une influence non négligeable sur le résultat final. Il s'agit du taux de fissuration de la dalle, de la hauteur de l'espace clos modélisé et du taux de renouvellement d'air.

**Concernant la fraction surfacique occupée par les ouvertures de la dalle**, en l'absence de valeurs propres au site, il a été considéré une valeur standard de 1,0E-05 (RIVM 1996, 2008).

Concernant le taux de ventilation du bâtiment, en l'absence de valeurs propres au site, le taux de renouvellement d'air standard (pour un usage tertiaire) du logiciel RBCA (ATSM) a été retenu, soit 0,8 vol/h.

### 8.3.1.3. Incertitudes sur la sélection des substances et les concentrations

Les concentrations des différentes substances mesurées sur site sont soumises à des incertitudes inhérentes aux méthodes de prélèvements et d'analyses :

- Sur le terrain, des biais de prélèvements existent, liés soit à la technique de prélèvement (tarière manuelle, carottage, géoprobe, pelle mécanique,...), soit à la constitution de l'échantillon (choix de la lithologie à échantillonner, échantillon simple ou composite,...). Les protocoles de terrain font en sorte de limiter ses biais, mais il n'est pas possible de les éviter totalement.
- Au laboratoire, des incertitudes liées aux méthodes d'analyse sont également identifiées. Là encore, les protocoles permettent de limiter ces incertitudes.
- La réalisation d'un nombre d'échantillon important permet également de limiter les incertitudes.

La sélection des substances chimiques retenues pour l'étude est une source d'incertitudes. D'une part, les substances considérées sont limitées aux substances polluantes identifiées lors des investigations puis sélectionnées dans l'étude. D'autre part, les limites de quantification des laboratoires ne permettent pas d'établir une concentration pour chaque polluant analysé.

Une revue historique, un diagnostic initial, et une étude complémentaire sur les sols et les gaz du sol ont été réalisés sur le site depuis 2017. Les analyses sur les sols ont été centrées sur les hydrocarbures : HCT, BTEX, HAP. Les mesures de gaz du sol ont également permis d'estimer de façon plus réaliste le dégazage des substances observées au niveau des sols.

Par précaution, les concentrations maximales mesurées sur le site ont été retenues pour le calcul des risques dans l'air ambiant (intérieur et extérieur). Ce choix est sécuritaire en termes de risque sanitaire.

En outre, lorsque la substance n'a pas été détectée dans les gaz du sol, il a été retenu, dans une hypothèse sécuritaire, une teneur égale à la limite de quantification des laboratoires lorsque la

substance considérée a été quantifiée dans les sols et/ou les eaux souterraines et/ou les gaz du sol lors de campagnes d'investigations précédentes.

#### 8.3.1.4. Incertitudes sur l'évaluation de la toxicité

Selon l'US EPA, il existe de nombreuses sources d'incertitudes associées à la détermination des valeurs de toxicité, notamment du fait :

- de l'extrapolation de la réponse dose-effet pour de faibles doses à partir de hautes doses,
- de l'extrapolation de réponse pour des expositions de courtes durées à de longues durées,
- de l'extrapolation des résultats d'expérimentations chez l'animal pour prédire des effets chez l'homme,
- de l'extrapolation de réponses à partir d'études provenant de populations animales homogènes pour prédire les effets sur une population composée d'individus avec un large spectre de sensibilité.

Les bases de données toxicologiques retenues pour l'étude sont en priorité celles de l'ANSES, l'US-EPA (base de données de l'IRIS<sup>17</sup>), de l'ATSDR, et de l'OMS, puis celles du RIVM<sup>18</sup>, de Health Canada, de l'OEHHA et de l'EFSA<sup>19</sup>.

La sélection des VTR a été établie selon les recommandations de la note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 (cf **Annexe I**).

#### 8.3.1.5. Incertitudes sur la caractérisation du risque

Les incertitudes inhérentes à la caractérisation du risque sont directement fonction des incertitudes précisées dans les chapitres précédents.

Il convient de rappeler que cette analyse ne peut tenir compte de toutes les incertitudes liées à l'utilisation des modèles. Néanmoins, il faut souligner que, de façon générale, **les paramètres retenus pour calculer les risques ont tendance à surestimer les risques sanitaires ; ceci répond au principe de prudence scientifique qui régit l'évaluation quantitative des risques sanitaires.**

---

<sup>17</sup> Integrated Risk Information System.

<sup>18</sup> Institut Royal pour la Santé Publique et l'Environnement (Pays-Bas).

<sup>19</sup> Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (European Food Safety Authority).

## 8.3.2. Analyse quantitative

2 paramètres sont étudiés ici :

- les caractéristiques du bâtiment (hauteur et épaisseur de dalle) ;
- le type de sol.

### 8.3.2.1. Hauteur des bâtiments

En l'absence d'information sur les plans fournis, une valeur standard de 2,3 m a été retenue dans cette étude pour l'ensemble des bâtiments. Dans cette analyse des incertitudes, une hauteur sous plafond de 4 m est étudiée.

Tableau 11 : Résultats de l'analyse des incertitudes sur la hauteur du bâtiment

	QD	ERI
<i>Hauteur du bâtiment : 250 cm</i>	<i>3,70E-01</i>	<i>1,73E-06</i>
<b>Hauteur du bâtiment : 400 cm</b>	<b>2,14E-01</b>	<b>9,98E-07</b>
Ecart (%)	-42 %	-42 %
<i>Seuils de référence</i>	<i>1,00E+00</i>	<i>1,00E-05</i>

La hauteur sous plafond d'un bâtiment est également un paramètre sensible dont l'augmentation peut engendrer une diminution de près de 20% des niveaux de risque.

### 8.3.2.1. Epaisseur de la dalle béton

En l'absence d'information sur les plans fournis, une valeur standard de 0,15 a été retenue dans cette étude pour l'ensemble des bâtiments. Dans cette analyse des incertitudes, une épaisseur de dalle béton de 0,25 est étudiée pour les bâtiments.

Tableau 12 : Résultats de l'analyse des incertitudes sur l'épaisseur de la dalle béton

	QD	ERI
<i>Epaisseur de dalle béton : 0,15</i>	3,70E-01	1,73E-06
<b>Epaisseur de dalle béton : 0,25</b>	<b>2,89E-01</b>	<b>1,35E-06</b>
Ecart (%)	-22%	-22%
<i>Seuils de référence</i>	1,00E+00	1,00E-05

L'épaisseur de la dalle béton d'un bâtiment est également un paramètre sensible dont l'augmentation peut engendrer une diminution de près de 20% des niveaux de risque.

### 8.3.2.2. Type de sol

A titre de précaution, un sol sableux a été initialement retenu. Or, au vu des observations de terrains, les sols apparaissent globalement de type sablo-limoneux. De ce fait, dans cette analyse des incertitudes, le calcul des risques sanitaires a été mené sur la base d'un sol de type sablo-limoneux.

Tableau 13 : Résultats de l'analyse des incertitudes pour le type de sol

	QD	ERI
<i>Type de sol : sableux</i>	3,70E-01	1,73E-06
<b>Type de sol : sablo-limoneux</b>	<b>9,29E-02</b>	<b>4,28E-07</b>
Ecart (%)	-75,13%	-75,29%
<i>Seuils de référence</i>	1,00E+00	1,00E-05

Le choix d'un type de sol sablo-limoneux, tel qu'observé sur le site, engendre une diminution de 75% des niveaux de risque, ce qui souligne le caractère sécuritaire de notre modélisation

### 8.3.2.3. Bilan de l'analyse des incertitudes

Cette analyse des incertitudes (qualitative et quantitative) met l'accent sur les éléments suivants :

- une diminution significative des niveaux de risque :
  - en tenant compte d'une augmentation de l'épaisseur de la dalle béton ;
  - en tenant compte d'une augmentation de la hauteur sous-plafond ;
  - en tenant compte d'un sol sablo-limoneux.

## 9. Conclusions

### 9.1. Conclusion

Le présent rapport porte donc sur l'Analyse des Risques Résiduels Prédictive (ARR) dans l'objectif d'étudier la compatibilité de l'aménagement envisagé (zone industrielle ou tertiaire) avec la pollution résiduelle observée au droit du site.

Au regard des projets définis dans le cadre de cet aménagement, le scénario d'exposition étudié a porté sur l'exposition des employés par inhalation des substances volatiles présentes dans les gaz du sol.

**Cette Analyse des Risques Résiduels Prédictive indique que les niveaux de risque sont inférieurs aux seuils de risque recommandés par la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (avril 2017).**

**L'état environnemental du site est donc compatible avec l'usage tertiaire envisagé après mise en œuvre des solutions de gestion.**

Cette conclusion est établie sur la base des hypothèses suivantes :

- selon l'aménagement actuellement envisagé (en excluant tout contact direct avec les terres en place) ;
- sur la base d'un taux de ventilation standard de 0,8 vol/h dans le bâtiment ;
- en considérant les concentrations résiduelles maximales en substances chimiques observées dans les sols, les gaz du sol et les eaux souterraines au droit des futurs bâtiments ;
- selon les hypothèses sécuritaires retenues ;
- selon la méthodologie décrite dans les outils de gestion des sites (potentiellement) pollués, rédigée par le M.E.D.D.E (anciennement M.E.D.A.D), V0 - février 2007 ;
- en l'état actuel des connaissances scientifiques sur les plans chimique, géologique et toxicologique (aout 2021).

Il faut noter que tout changement concernant les caractéristiques environnementales du site (découverte d'une nouvelle source), le projet d'aménagement et les scénarios d'exposition pris en considération est susceptible de modifier les résultats de l'étude.

### 9.2. Synthèse des dispositions d'aménagement

Au regard des conclusions de cette Analyse des Risques Résiduels Prédictive, il est recommandé au propriétaire du site de veiller à la mise en œuvre pérenne des dispositions d'aménagement suivantes.

**Tableau 14 : Dispositions d'aménagement**

ZONES CONCERNEES	DISPOSITIONS D'AMENAGEMENT
Bâtiment	Respect des plans d'aménagement datés de 03/12/2020
Espaces extérieurs	<p>Absence de contact direct avec les terres en place : les superficies non bâties sont recouvertes de remblais sains en surface<sup>20</sup> ou minéralisées (asphalte ou autre type de revêtement). Dans le cas contraire, le contact direct avec les terres à nu devra faire l'objet d'investigations complémentaires adaptées à cette voie et d'un nouveau calcul de risque conforme aux recommandations de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (avril 2017).</p> <p>Absence de jardins potagers et d'arbres fruitiers. Dans le cas contraire, l'ingestion de fruits et légumes autoproduits au droit du site devra faire l'objet d'investigations complémentaires adaptées à cette voie et d'un nouveau calcul de risque conforme aux recommandations de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (avril 2017). A défaut, toute culture végétale à visée alimentaire devra être réalisée dans des terres d'apport saines<sup>21</sup>.</p> <p>Absence de puits permettant l'utilisation des eaux souterraines de la nappe superficielle. Dans le cas contraire, les usages de l'eau issue de la nappe superficielle devront faire l'objet d'un nouveau calcul de risque conforme aux recommandations de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (avril 2017).</p> <p>Passage de canalisations souterraines d'eau potable, notamment celles en polyéthylène, hors des zones d'impact résiduel. Dans le cas contraire, les canalisations souterraines situées au droit des zones d'impact résiduel devront circuler dans des remblais d'apport sains ou devront être de nature imperméable aux substances organiques (acier, fonte).</p>

<sup>20</sup> Pour les espaces paysagers : a minima 30 cm (après compactage) de terre saine afin de garantir la pérennité du recouvrement.

<sup>21</sup> Pour les potagers : a minima 50 cm (après compactage) et jusqu'à 1 m (selon une approche sécuritaire) de terre végétale saine avec un grillage avertisseur et un système de séparation physique placés entre les terres d'apport et les terres en place. Pour les arbres fruitiers, une fosse de terres propres, dont le volume sera adapté en fonction du système racinaire de chaque espèce, devra être réalisée. Un géotextile limitant le développement racinaire des arbres peut être envisagé.

### **Observations sur l'utilisation du rapport**

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'ANTEA GROUP ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par ANTEA GROUP ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

ANTEA GROUP s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. ANTEA GROUP conseille son Client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son Client.

Le Client autorise ANTEA GROUP à le nommer pour une référence scientifique ou commerciale. A défaut, ANTEA GROUP s'entendra avec le Client pour définir les modalités de l'usage commercial ou scientifique de la référence.

Ce rapport devient la propriété du Client après paiement intégral de la mission, son utilisation étant interdite jusqu'à ce paiement. A partir de ce moment, le Client devient libre d'utiliser le rapport et de le diffuser, sous réserve de respecter les limites d'utilisation décrites ci-dessus.

Pour rappel, les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'ANTEA GROUP sont consultables sur : <https://www.anteagroup.fr/fr/annexes>



# ANNEXES

- Annexe I : Méthodologie Générale
- Annexe II : Textes réglementaires et bibliographiques
- Annexe III : Synthèse des investigations réalisées sur le site
- Annexe IV : Synthèse des données physico-chimiques
- Annexe V : Intrusion de substances organiques dans les réseaux souterrains d'eau potable
- Annexe VI : Présentation et paramétrage du logiciel Modu'ERS
- Annexe VII : Synthèse des données toxicologiques
- Annexe VIII : Calculs de Risques Sanitaires

## Annexe I : **Méthodologie Générale**

## DESCRIPTIF TECHNIQUE DE LA METHODOLOGIE

L'évaluation des risques sanitaires se décompose en plusieurs étapes :

1. **Analyse des données** (compilation et synthèse des données issues des différentes études réalisées au droit du site),
2. **Evaluation des expositions** (définition des scénarii d'exposition, quantification des doses journalières d'exposition),
3. **Sélection des substances** (détermination des substances retenues pour l'étude et leurs concentrations associées dans les sols et/ou la nappe et/ou gaz du sol),
4. **Evaluation de la relation dose-réponse** : recueil des valeurs toxicologiques de référence disponibles au moment de la réalisation de l'étude, et choix argumenté d'une valeur toxicologique pour chaque substance retenue,
5. **Caractérisation des risques** (effets avec seuil et sans seuil),
6. **Interprétation des résultats** : hiérarchisation des risques, détermination des objectifs de réhabilitation (ou de dépollution) et/ou de servitudes à mettre en place -si nécessité-, évaluation des incertitudes,
7. **Conclusion et recommandations.**

### ① ANALYSE DES DONNEES

L'ensemble des données issues des investigations réalisées au droit du site est compilé et analysé.

### ② EVALUATION DES EXPOSITIONS

Cette étape se décompose en plusieurs phases :

- une identification des voies d'exposition ;
- une identification des récepteurs d'exposition (typologie de la population) ;
- une définition des scénarii d'exposition (typologie des modes d'exposition en fonction des activités) ;
- une quantification de l'exposition (doses journalières d'exposition : DJE ou, pour un gaz, concentration d'exposition : CE).

Il faut souligner ici que l'exposition des travailleurs lors de la phase chantier (travaux de terrassement/construction des bâtiments) ne fait pas l'objet de la présente étude ; leur sécurité devra néanmoins être assurée et toutes les précautions nécessaires devront être prises lors du maniement et de l'évacuation des sols. A ce titre, les mesures relatives à l'hygiène, la sécurité et la qualité sont traitées dans le Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPS ou PPSPS) qui ont été remis lors de la phase d'investigations.

L'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires porte sur la santé humaine des cibles présentes sur le site. L'appréciation des risques touchant aux écosystèmes, aux végétaux d'ornement qui pourront être implantés au droit de la zone d'étude, à la ressource en eau ou aux biens matériels ne fait pas l'objet de la présente étude. De même, l'appréciation des risques liés à l'explosivité et aux nuisances olfactives ne fait pas l'objet de cette étude.

### Caractérisation du lieu d'exposition

Le lieu d'exposition est ici décrit afin d'établir les voies de transfert et les voies d'exposition potentielles, en fonction de l'aménagement envisagé au droit du site.

### Définition des scénarii d'exposition

Dans une étude de risque, **les voies d'exposition potentielles** sont les voies de contact direct (ingestion et inhalation de poussières telluriques) et indirectes (inhalation de substances chimiques volatiles, ingestion de végétaux, etc.). Le choix des voies retenues est fonction de l'aménagement prévu sur le site. Les cibles sont les futurs usagers du site.

Les scénarios d'exposition potentiels des populations comprennent les éléments suivants :

- une source ou un milieu contaminé par des polluants à risque ;
- un cheminement dans le milieu environnemental vers un point d'exposition ;
- un récepteur ;
- un mode d'exposition.

Le schéma conceptuel récapitule l'ensemble des voies de transfert et d'exposition pour les populations cibles.

### Calcul de la dose d'exposition

La **quantification des expositions** vise à calculer la dose journalière (ou concentration) d'exposition des cibles aux substances identifiées. Il est donc essentiel de déterminer :

- les paramètres d'exposition, à savoir la fréquence, la durée et l'intensité des contacts entre les polluants et les différents groupes de population susceptibles d'être exposés ;
- la concentration dans l'air ambiant intérieur et/ou extérieur à laquelle est exposé le futur usager du site à partir des milieux sources sols, eaux souterraines et/ou gaz du sol.

Les **paramètres d'exposition** reposent sur des facteurs définis dans la littérature, telle que l'*Exposure Factors Handbook* de l'US EPA (United States Environmental Protection Agency)<sup>22</sup>, et CIBLEX<sup>23</sup>, ainsi que sur l'étude des caractéristiques spécifiques du site (jugement d'expert).

Dans le cadre de l'EQRS, le transfert des polluants volatils présents dans la nappe, les sols et les gaz du sol vers l'air ambiant sera étudié à l'aide de logiciels de modélisation. **Les modèles d'exposition** utilisés permettent ainsi d'établir les concentrations en polluants dans l'air ambiant intérieur d'un bâtiment et/ou extérieur au droit du site.

**La dose d'exposition** permet la quantification de l'exposition journalière à un polluant, qui est présent dans le milieu d'exposition. La dose journalière d'exposition (DJE) est définie comme un taux par unité

---

<sup>22</sup> US EPA, Exposure Factors Handbook. Office of Research and Development. EPA/600/R-09/052F, September 2011.

<sup>23</sup> IRSN, ADEME, CIBLEX : banque de donnée de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué, version 0, Juin 2003

de poids (mg/kg.j) ou comme une concentration par unité volumique (concentration d'exposition en mg/m<sup>3</sup>).

### ③ SELECTION DES SUBSTANCES

Les substances sélectionnées pour l'étude sont celles connues pour être toxiques pour l'homme et pour lesquelles il existe des valeurs toxicologiques de référence accessibles et fiables. Les calculs de risque porteront sur ces substances, et éventuellement sur leurs produits de dégradation.

Les substances retenues pour l'évaluation quantitative des risques sanitaires répondent aux critères suivants :

- toute substance dont les données disponibles (notamment physico-chimiques et toxicologiques<sup>24</sup>) sont d'une qualité suffisante pour être exploitées en analyse des risques. Concernant les données physico-chimiques, les sources bibliographiques retenues sont les suivantes, par ordre de priorité :

Hiérarchisation	Références bibliographiques
1	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
2	United States Environmental Protection Agency (US-EPA) : US EPA Soil Screening Guidance, June 1996; US-EPA Screening level ecological assesement protocol ; Appendix C : Media-to-receptors BCF values, 1999. US-EPA Screening level ecological assesement protocol ; Appendix C : Media-to-receptors BCF values, 1999.
3	Hazardous Substances Data Bank (HSDB)
4	Handbook <i>Soil Vapor Extraction Technology</i> de T., A. Pedresen et J., T. Curtis (1991). ( <i>constante de Henry à 10°C</i> ) <i>Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. Third Edition, Verschueren (1996)</i> ;
5	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR);
6	Human Health Risk Assessment Protocol (HHRAP), September 2005.
7	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
8	Base de données du logiciel Csoil
9	Base de données CALTOX
10	Base de données du logiciel BP Risc
11	Base de données du logiciel RBCA (fichier)
12	Base de données du logiciel HESP
13	Superfund for Dermal Risk Assessment, 2001
14	US-EPA (United States Environmental Protection Agency) dans le document Risk Assessment, Technical Guidance Manual
15	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)

- toute substance dont la concentration est supérieure à la limite de quantification dans les sols, les eaux souterraines et/ou les gaz du sol ;

<sup>24</sup> Sources des paramètres toxicologiques retenus (selon la hiérarchisation de la circulaire n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 Octobre 2014) : ANSES, INERIS ; US EPA , ATSDR, OMS ; RIVM, Health Canada, OEHHA, EFSA.

- pour l'inhalation de substances volatiles, dans une démarche sécuritaire, toute substance présentant des données physico-chimiques relatives à sa volatilité (pression de vapeur, constante de Henry). Ainsi, l'ensemble des HAP et des PCB sont notamment considérés comme volatils. En revanche, parmi les ETM, seul le mercure est considéré comme volatil ;
- pour l'ingestion et l'inhalation de poussières, tout ETM dont la concentration est supérieure au bruit de fond pédogéochimique local, régional et/ou national<sup>25</sup>.

#### ④ EVALUATION DE LA RELATION DOSE-REPONSE

##### Objectifs

L'objectif de l'évaluation de la relation dose-réponse est d'identifier les effets indésirables qu'une substance est capable de provoquer chez l'homme (identification du potentiel dangereux des substances) et de définir, quand cela est possible, une relation quantitative entre la dose et l'augmentation de la probabilité d'occurrence et/ou de la gravité des effets néfastes.

Les valeurs toxicologiques de référence, utilisées pour estimer l'incidence ou le potentiel des effets néfastes sur l'homme, sont dérivées de cette relation dose-réponse.

Il existe deux grandes catégories de toxiques, les substances à effet sans seuil (telles que les substances cancérogènes) et les substances à effet à seuil.

##### Caractérisation des substances à effets sans seuil

Les composés cancérogènes génotoxiques sont des substances considérées sans valeur seuil. Ainsi, si le risque zéro est associé à une dose d'exposition égale à zéro, tous les autres niveaux d'exposition présentent un risque ; les substances cancérogènes génotoxiques sont aussi appelées substances à effet sans seuil. La réponse théorique à une dose d'exposition nécessite l'usage de modèle mathématique.

L'ERU (ou Excès de Risque Unitaire) et le CR (Cancer Risk) correspond à la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance cancérogène. Il s'agit généralement de la limite supérieure de l'intervalle de confiance à 95% de la pente de la droite («slope factor») qui relie la probabilité de réponse à la dose toxique. Cet indice est l'inverse d'une dose et s'exprime en  $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$ .

Les différentes VTR rencontrées sont :

- pour la voie orale, l'Excès de Risque Unitaire (ERU) ou Sfo (oral Slope Factor) exprimé en  $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$  et le Drinking Water Unit Risk élaborés par l'US-EPA (exprimé en  $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$ ) ;
- pour la voie respiratoire : l'Inhalation Unit Risk (IUR) élaboré par l'US-EPA, exprimé en  $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$  ;

---

<sup>25</sup> Sources des données sur le fonds pédogéochimique régional et/ou national : INRA/BRGM (Fond géochimique naturel, Etat des connaissances à l'échelle nationale, juin 2000), Atlas Géochimique Européen (FOREGS).

- quelle que soit la voie d'exposition : l'excess lifetime Cancer Risk ou CR élaboré par le RIVM et la dose ou concentration tumorigène (TD05 ou TC05) élaborée par Health Canada.

La classification de l'US-EPA définit les classes suivantes :

*Classification US EPA :*

- Groupe A : Substance cancérigène pour l'homme.
- Groupe B1 : Substance probablement cancérigène pour l'homme avec des données disponibles limitées chez l'homme.
- Groupe B2 : Substance probablement cancérigène chez l'homme mais il existe des preuves suffisantes chez l'animal et des preuves non adéquates ou pas de preuves chez l'homme.
- Groupe C : Cancérigène possible pour l'homme.
- Groupe D : Substance non classifiable quant à la cancérogénicité pour l'homme.
- Groupe E : Substance pour laquelle il existe des preuves de non cancérogénicité pour l'homme.

D'autres classifications existent, notamment celle du Centre International de Recherche sur le Cancer de l'Organisation Mondiale de la Santé (CIRC/IARC) décrite ci-dessous :

*Classification du CIRC / IARC :*

- Groupe 1 : L'agent (le mélange) est cancérigène pour l'homme.
- Groupe 2A : L'agent (le mélange) est probablement cancérigène pour l'homme.
- Groupe 2B : L'agent (le mélange) est peut-être cancérigène pour l'homme.
- Groupe 3 : L'agent (le mélange) est inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'homme.
- Groupe 4 : L'agent (le mélange) n'est probablement pas cancérigène pour l'homme.

L'Union Européenne a également émis une classification réglementaire (applicable en France) quant aux effets cancérigènes, mutagènes, ou toxiques pour la reproduction des produits chimiques<sup>26</sup>. La classification des substances cancérigènes est définie ci-dessous :

- Catégorie 1 : Substances que l'on sait être cancérigènes pour l'homme.
- Catégorie 2 : Substances devant être assimilées à des substances cancérigènes pour l'homme.
- Catégorie 3 : Substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérigènes possible mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation satisfaisante (preuves insuffisantes).
- Aucune classification.

### **Caractérisation des substances à effets à seuil**

---

<sup>26</sup> INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) (2002). Produits chimiques cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction - classification réglementaire. Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail. N° 187, 2<sup>ème</sup> trimestre 2002. ND 2168-187-02.

Il est reconnu que les effets biologiques des substances chimiques non cancérigènes ou de certaines substances cancérigènes non génotoxiques apparaissent à partir d'un certain seuil, d'où leur appellation, substances à effet à seuil. En fait, des mécanismes physiologiques réduisent les effets néfastes par des moyens pharmacocinétiques tels que l'absorption, la distribution, l'excrétion, et le métabolisme. Ainsi, certains niveaux d'exposition engendrent des effets qui peuvent être tolérés par un récepteur sans développer d'effets néfastes. La dose seuil pour un composé est estimée habituellement à partir d'une dose n'engendrant pas d'effet néfaste (NOAEL ou No-Observed-Adverse-Effect-Level) ou de la dose la plus basse engendrant un effet néfaste (LOAEL ou Lowest-Observed-Adverse-Effect-Level). Ces valeurs sont déterminées à partir d'études sur les animaux, ou à partir de données humaines lorsqu'elles sont disponibles.

Différentes valeurs de référence sont disponibles et varient suivant la voie d'exposition (orale ou inhalation), l'effet critique observé et la durée d'exposition (exposition chronique, subchronique ou aiguë). Dans l'évaluation des risques sanitaires, les expositions sont essentiellement des expositions de type chronique.

Une dose chronique de référence ou *Reference dose* (RfD) est définie comme étant l'estimation de la quantité de produit à laquelle un individu peut théoriquement être exposé sans constat d'effet nuisible, sur une durée déterminée. Pour une exposition par voie orale, la RfD est exprimée en masse de substance par kilogrammes de poids corporel et par jour (mg/kg/j). Pour l'inhalation, la RfD est généralement exprimée en masse de substance par mètre cube d'air ambiant (en mg/m<sup>3</sup>) et est appelée RfC ou *Reference Concentration*.

Parmi les doses de références publiées par les divers organismes nationaux et internationaux, les plus utilisées sont les *Reference Doses (RfD)* et les *Reference Concentrations (RfC)* élaborées par l'US EPA [United States Environmental Protection Agency], les *Minimal Risk Levels (MRL)* élaborées par l'ATSDR [Agency for Toxic Substances and Disease Registry, USA], et les *Acceptable Daily Intake (ADI)* ou *Dose Journalière Admissible (DJA)* et les *Acceptable Concentrations in Air (ACI)* ou *Concentration Admissible dans l'Air (CAA)*, élaborées par l'OMS [Organisation Mondiale pour la Santé].

### Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

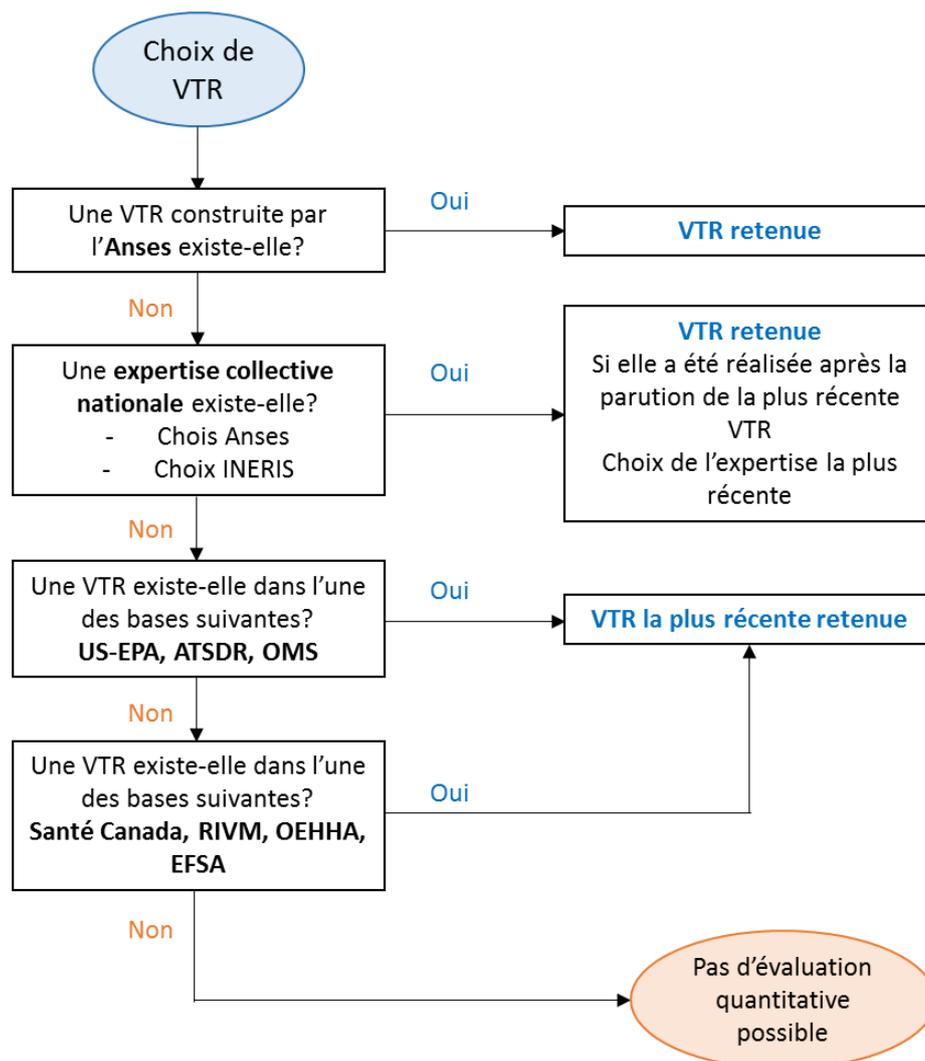
La sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) est effectuée conformément aux prescriptions établies par la Circulaire n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 en date du 31 octobre 2014, cosignée par la DGS et la DGPR, relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des VTR pour mener les évaluations de risque sanitaire dans le cadre des études d'impact et de la gestion de sites et sols pollués.

Ainsi, la sélection de la VTR est effectuée en respectant :

- la hiérarchisation suivante :
  - prise en compte en premier lieu des VTR construites par l'ANSES,
  - à défaut, si une expertise collective nationale a été menée (sélection ANSES et/ou INERIS) *a posteriori* des dates d'élaboration de l'ensemble des VTR disponibles, la VTR sélectionnée lors de cette expertise est retenue ;
  - à défaut, la VTR la plus récente dans les bases de données de l'US EPA, l'ATSDR et l'OMS est sélectionnée dans un premier temps,
  - en l'absence de VTR dans les bases précitées, c'est la VTR la plus récente dans les bases de données de Santé Canada, RIVM, OEHA ou EFSA qui est prise en compte.
- et les critères suivants :

- les VTR provisoires ne doivent pas être retenues,
- les VTR sélectionnées doivent correspondre à la durée et à la voie d'exposition auxquelles la population est confrontée ;
- aucune dérivation de voie à voie n'est réalisée par Antea Group ;
- si des VTR ont été élaborées *a posteriori* d'une expertise collective nationale (ANSES, INERIS), les recommandations de cette expertise sont suivies et mises en perspective des nouvelles VTR disponibles.

La méthodologie adoptée est schématisée ci-dessous.



## ⑤ RESULTATS : CARACTERISATION DES RISQUES

La caractérisation du risque est l'étape finale du calcul des risques sanitaires. Les informations issues de l'évaluation de l'exposition des cibles et de l'évaluation de la toxicité des substances sont synthétisées et intégrées sous la forme d'une expression qualitative et quantitative du risque. Ainsi, la caractérisation du risque consiste à mettre en relation les valeurs toxicologiques de référence retenues avec les doses d'exposition.

Il faut souligner ici que le cas le cas d'un individu adulte qui aurait séjourné sur le site pendant son enfance est systématiquement étudié, lorsque la présence d'enfants au droit du site est envisageable.

### Calcul de risque pour les effets à seuil

Les effets potentiels des substances non cancérigènes ou cancérigènes non génotoxiques sont estimés en comparant la dose calculée aux critères de toxicité. Pour ce faire, le quotient de danger de la substance  $i$  ( $QD_i$ ) est calculé comme suit :

$$QD_i = DJE_i \text{ (ou } CE_i) / RfD_i \text{ (ou } RfC_i)$$

Avec :

DJE : dose journalière d'exposition (ou CE concentration d'exposition)

RfD : dose de référence (en français il s'agit d'une dose journalière tolérable)

RfC : concentration de référence

A noter que le quotient de danger pour le scénario « enfant grandissant » correspond au quotient de danger maximal entre les phases d'exposition « enfant » et « adulte ».

Le Ministère en charge de l'Environnement recommande de considérer comme acceptable un indice de risque cumulé inférieur à 1. Un quotient de danger de 0,01 n'implique pas qu'il existe une chance sur cent de développer un effet néfaste, mais indique que la dose d'exposition estimée est cent fois plus faible que la dose de référence.

### Calcul de risque pour les effets sans seuil

L'excès de risque individuel théorique de développer un cancer du fait d'une exposition à la substance  $i$  est estimé par le produit de l'excès de risque unitaire de la substance  $i$  et la dose journalière d'exposition estimée pour cette substance et cette voie d'exposition, soit :

$$ERI_i = DJE_i \text{ (ou } CE_i) \times ERU_i$$

Avec :

$ERI_i$  = Excès de Risque Individuel de cancer (pour la substance  $i$ )

$DJE_i$  = Dose journalière d'exposition moyennée sur une vie entière (pour la substance  $i$ )

$ERU_i$  = Excès de Risque Unitaire de la substance  $i$

A noter que l'excès de risque pour le scénario « enfant grandissant » correspond à l'excès de risque moyen (pondéré) calculé sur la durée totale d'exposition, incluant une phase « enfant » et une phase « adulte ».

Le Ministère en charge de l'Environnement recommande de considérer comme acceptable un excès de risque cumulé inférieur à  $10^{-5}$ . Les sites pour lesquels le niveau de risque est supérieur à  $10^{-5}$  devront faire l'objet de travaux de réhabilitation.

## Règles de cumul des effets entre voies d'exposition et substances

Les risques sont d'abord calculés pour chaque substance. L'exposition à plusieurs substances peut induire l'additivité, la synergie (amplification des effets) ou l'antagonisme (annulation des effets). En l'absence de connaissances sur la synergie entre les substances, il a été considéré, en première approche, l'additivité des risques liés à l'exposition à plusieurs substances :

- pour les effets à seuil (effets non cancérigènes et cancérigènes non génotoxiques), l'additivité des indices de risque entre voies d'exposition et substances est retenue comme hypothèse de départ, quel que soit les effets sanitaires associés à chacune des substances considérées ;
- pour les effets sans seuil (cancérigènes génotoxiques), le cumul des ERI correspond à l'hypothèse d'une indépendance des effets cancérigènes des différentes substances.

En seconde approche, tout dépassement du seuil de référence de 1 par la somme des indices de risque, qui serait imputable à la sommation elle-même, peut conduire à un approfondissement de l'étape de quantification sur la base des règles de cumul énoncées ci-avant. La sommation est alors conditionnée par la présence, entre les différentes voies d'exposition et les différentes substances prises en compte, d'effets sanitaires communs (principaux et secondaires) parmi ceux établis dans la bibliographie spécialisée et à partir desquels les VTR ont été élaborées.

A noter que les niveaux de risque sont calculés par milieu source. Puis, les niveaux de risque associés aux substances présentes dans les sols et les eaux souterraines sont cumulés en vue d'établir un niveau de risque global. Néanmoins, pour une substance donnée, lorsque des mesures dans les gaz du sol ont été réalisées, ce milieu est privilégié si celui-ci est jugé représentatif des concentrations maximales observées dans les sols et/ou les eaux souterraines.

## © INTERPRETATION DES RESULTATS

### Hiérarchisation des risques

Il s'agit d'établir le scénario d'exposition générant les risques sanitaires les plus élevés, en termes de milieu et de substances (source), de voie d'exposition (transfert), et de cible.

### Evaluation des incertitudes

De nombreuses incertitudes sont inhérentes à une étude quantitative des risques. L'utilisation de données propres au site réduit mais n'élimine pas toutes ces incertitudes. Une analyse attentive des incertitudes constitue une phase essentielle de la démarche d'évaluation des risques. Elle doit être prise en compte dans l'évaluation des conclusions de l'étude car elle permet de donner les éléments pour valider les conclusions, en identifiant les incertitudes les plus significatives pouvant interférer dans les résultats de l'étude.

Ainsi, les incertitudes liées aux différentes étapes de la démarche, et qui auront été intégrées dans les mesures de gestion proposées, sont signalées. Les thématiques sur lesquelles portent ces incertitudes sont rappelées (toxicologie, paramètres d'exposition, transfert...).

Dans un second temps, une analyse des incertitudes est menée. Cette analyse des incertitudes consiste à faire varier la valeur initialement établie sur certains paramètres du modèle d'exposition, en vue d'évaluer le degré de sensibilité de ce paramètre dans le calcul de risque.

### Détermination des mesures compensatoires

Si les niveaux de risques sanitaires modélisés sont supérieurs aux niveaux de référence établis, les mesures compensatoires envisageables seraient alors présentées, en tenant compte des différentes

cibles et des différents scénarii étudiés. Le rapport d'étude fera alors clairement apparaître les éventuelles mesures constructives, servitudes, restrictions d'usage, voire mesures de surveillance qui en résultent.

## ⑦ CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Si l'étude met en évidence un risque sanitaire (détermination de niveaux de risque non acceptables), le ou les points à l'origine du risque seraient mentionnés. Selon la localisation des zones à risque, des recommandations pourraient alors être proposées au vu des différents projets d'aménagement.

Pour ce faire, la restitution des résultats doit comporter toutes les hypothèses qui conditionneraient l'acceptabilité du projet. Le rapport doit notamment identifier les éléments suivants :

- les concentrations des substances étudiées dans les milieux d'exposition résiduelle (ou les milieux sources résiduels en l'absence d'accès direct aux milieux d'exposition) ;
- les contraintes constructives passives ou actives comme le taux de ventilation, le type de fondation (radier, vide sanitaire,...) d'un bâtiment, le type d'aménagement (type de remblais en cas d'excavation, type de recouvrement des zones non bâties,...) ;
- les usages (présence/absence de puits privés,...).

## Annexe II : **Textes réglementaires et bibliographiques**

## TEXTES REGLEMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIQUES

Les principaux textes réglementaires et bibliographiques qui fondent les évaluations de risques sanitaires sont les suivants :

- ADEME, IRSN, CIBLEX Banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué, Version 0, Juin 2003.
- ADEME, Contamination des sols - Transfert des sols vers les animaux, Décembre 2008.
- ADEME, Contamination des sols - Transfert des sols vers les plantes, Décembre 2008.
- ANSES, <https://www.anses.fr/>
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Etats-Unis), Minimal Risks Levels (MRLs) for Hazardous Substances : <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/mrllist.asp>.
- BRGM, Guide sur le comportement des polluants dans le sol et les nappes ; Éditions BRGM - Réf. N°DOC 300 - 2008.
- BRGM, Fond géochimique naturel, Etat des connaissances à l'échelle nationale, BRGM/RP-50158-FR - Juin 2000.
- Circulaire du 08/02/2007 relative aux Installations Classées. Prévention de la pollution des sols. Gestion des sols pollués.
- Circulaire du 08/02/2007 relative à l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles.
- Code de l'Environnement, notamment ses articles L. 511-1, L. 512-6-1 et L. 512-39-1 à L. 512-39-4.
- Décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène du 4 décembre 2011.
- Décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public du 4 décembre 2011.
- Décret n°77-1133 du 21/09/1977 pour application de la loi du 19/07/1976 relative aux ICPE, modifié par le décret n°2005-1170 du 13/09/2005.
- Groundwater Services Inc., ASTM E2081-00 (reapproved in 2004)(American Society for Testing and Materials), RBCA 1.3a (Risk Based Corrective Action) Tool Kit for Chemical Releases, 2000.
- HCSP : Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – Le benzène, rapport du 16/06/2010.
- HCSP : Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – Le tétrachloroéthylène, rapport du 16/06/2010.
- HCSP : Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – Le naphthalène, rapport du 05/01/2012.
- HCSP : Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – Le trichloroéthylène, rapport du 06/07/2012.
- Health Canada, L'évaluation des risques pour les sites contaminés fédéraux au Canada, Partie II : Valeurs toxicologiques de référence (VTR) de Santé Canada et paramètres de substances chimiques sélectionnées, version 2.0, Septembre 2010.
- IARC (International Agency for Research on Cancer), Classification du CIRC/IARC. Disponible sur le site internet de l'IARC : <http://monographs.iarc.fr/htdig/search.html>.
- INERIS, Méthodologie d'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires relatifs aux substances chimiques, convention 03 75 C 0093 ADEME / SYPREA / SPDE / INERIS, version 0 du 4 novembre 2005, 40 pages.
- INERIS, Portail Substances Chimiques. Disponibles sur le site internet de l'INERIS : <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.

- INERIS, Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs), Evaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérogènes et non cancérogènes ; Rapport final, Décembre 2003.
- INERIS, Inventaire des données de bruit de fond dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surface, et les produits destinés à l'alimentation humaine en France, Rapport d'étude n°DRC-08-94882-15772A, 10 avril 2009.
- INERIS, Rapport d'étude n°DRC-08-94882-16675C, « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle », 1er août 2010.
- INERIS, Rapport d'étude n°DRC-14-1419688-00696A, Guide de l'utilisateur Modul'ERS, Mars 2014.
- INERIS, Synthèse des Valeurs Réglementaires pour les substances chimiques, en vigueur dans l'eau, l'air et les denrées alimentaires en France au 31 décembre 2015, Rapport d'étude n° INERIS-DRC-15-151883-12362B, Juillet 2016.
- INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) (2002), Produits chimiques cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction - classification réglementaire. Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail. N° ED 976, avril 2012.
- Loi n° 76-663 du 19/07/1976 relative aux ICPE.
- Note d'information N° 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.
- Note du Ministère de l'Environnement N° DEVP1708766N du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués - Mise à jour des textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués de 2007 et Méthodologie Nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 associée.
- OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment), Air Toxics Hot Spots Program Risk Assessment Guidelines, Part II, Technical Support Document for Describing Available Cancer Potency Factors, July 2009, updated 2011.
- OMS (Organisation Mondiale pour la Santé), WHO Air Quality Guidelines; 2nd Edition Regional Office for Europe, 2000.
- OMS (Organisation Mondiale pour la Santé), WHO Drinking Water Quality Guidelines; 4th Edition, 2011.
- OQAI, Campagne Nationale Logements, Etat de la Qualité de l'air dans les logements français, Rapport final, Mai 2007.
- RIVM (Institut National de Santé Publique et d'Environnement, Pays-Bas), Risc-Human 3.1, Van Hall Instituut, 2000.
- RIVM (Institut National de Santé Publique et d'Environnement, Pays-Bas), Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels, March 2001, updated 2009.
- Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group, Human Health Risk-Based Evaluation of Petroleum Release Sites: Implementing the Working Group Approach, Volume 1 à 5, May 1998 - June 1999.
- US EPA, Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I - Human Health Evaluation Manual (Part A, Baseline Risk Assessment), Interim Final, December, 1989.
- US EPA, User's guide for evaluating subsurface vapour intrusion into buildings, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C., February 22, 2004.
- US EPA, Exposure Factors Handbook. Office of Research and Development. EPA/600/R-09/052F, September 2011.

## Annexe III : **Synthèse des investigations réalisées sur le site**

Plusieurs études ont été réalisées sur le site dans le cadre du projet de construction de la centrale thermique. Leurs synthèses sont présentées ci-après.

- ✓ **Rapport HPC-F 5A/2.16.5535 a du 12 Juin 2017 - Rapport de diagnostic des sols et eaux souterraines des parcelles A, B, C – HPC Envirotec :**

Ce rapport est une **synthèse de deux études réalisées en 2003 et 2006 (qui concernent uniquement les parcelles A et B)**, et d'une campagne d'investigations des sols et des eaux souterraines sur les parcelles A, B et C.

Le rapport fait état des éléments suivants concernant les parcelles A, B et C :

- Les terrains du site sont constitués de limons reposant sur des alluvions fluviales à galets ;
- Les eaux souterraines sont sensibles (nappe alluviale à faible profondeur et présence de deux captages à 2 km au sud-est et 3,5 km au Sud-Est (usage : inconnu et eau potable) ;
- Un ruisseau est présent en bordure nord du site, la « Gravona » est présente à 2 km à l'Est, et la côte méditerranéenne à 800 m au Sud .

A la date de cette étude, les parcelles A, B et C sont constituées :

- Parcelle A :
  - partie centrale : un bâtiment « Magasin » comportant un auvent en partie Est utilisé pour le stockage de matériel sur racks (R+0), un bâtiment « Garage » (R+0), des bureaux (R+0) et un local huilerie (R+0),
  - en partie est nord-est, une **station de distribution de carburant** possédant trois cuves enterrées double enveloppe (FOD = 5 m<sup>3</sup>, Essence = 7,5 m<sup>3</sup> et 5 m<sup>3</sup>) et un séparateur à hydrocarbures à l'ouest de ces dernières
  - en partie est, une zone de stationnement de véhicules (parking),
  - en partie est sud-est, une zone de stockage de déchets,
  - en partie sud-est, une aire de lavage
  - en bordure sud-est à sud, une zone de stockage de transformateurs et une zone de stockage de transformateurs sous abri. Une ancienne cuve enterrée ayant contenu des PCB aurait été présente à l'ouest de la zone de stockage sous abris (**S48** zone d'étude correspondant à la portion ouest de la zone de stockage sous abris),
  - en bordure sud à sud-ouest, une zone de stockage de matériel (bobines, câbles, isolateurs)
  - en partie sud-ouest à nord-ouest, une zone de stockage de matériel (poteaux béton) et une zone de stockage de poteaux créosotés,
  - en partie nord-ouest, une zone de stockage de transformateurs (**S24** zone d'étude).

- Parcelle B :
  - partie centrale : un bâtiment « Atelier » comportant des bureaux, de l'usinage et du stockage de matériel (R+0),
  - partie Nord : un parking (stationnement de véhicules),
  - partie Nord-Ouest à Sud-Ouest : une zone de stockage de véhicules, épaves et matériel avec un container de stockage,
  - en partie Sud : une zone de brûlage.
- Parcelle C :
  - au Nord, d'une ancienne aire de lavage,
  - au Nord-Est, d'une zone de stockage de camions et une zone de stockage de gaz médical,
  - en partie centrale, d'une station de distribution de carburant,
  - en bordure Est, d'une zone de stockage de gaz médical,
  - en partie Est, d'un bâtiment « Atelier de maintenance PL » comportant un local peinture et atelier de stockage, des fosses de visite, des fûts d'huiles (R+0),
  - en partie Sud-Est, d'un bâtiment « Garage » utilisé pour le stockage de véhicules (R+0),
  - en partie Sud à Ouest, d'une zone de stockage de véhicules, épaves et de matériel,
  - en partie Sud-Ouest, d'un bâtiment « Magasin » comportant un atelier de soudure et du stockage de matériel, peintures et solvants (R+0),
  - en bordure Sud-Ouest, d'un stockage de matériel.

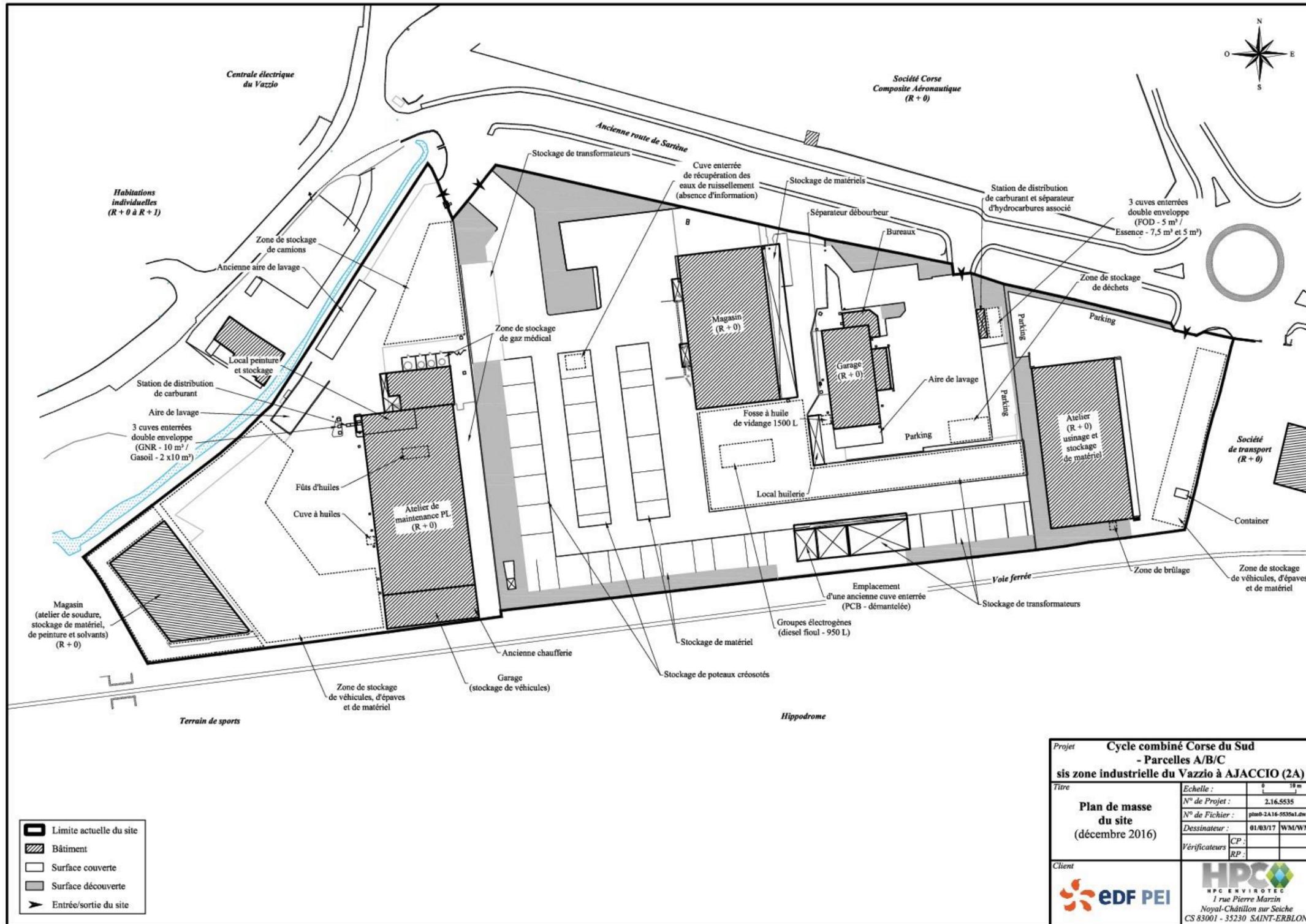
Les divers stockages d'hydrocarbures, huiles et autres produits chimiques recensés sont rappelés dans le tableau ci-après.

**Caractéristiques des stockages d'hydrocarbures, huiles autres produits retrouvés (Source : Rapport de diagnostic HPC du 12 Juin 2017)**

Réf. sur le plan	Localisation sur le site	Type de cuve (compartimentation)	Contenu / Volume	Prof. mesurée de la base / sol	Caractéristiques (*)
Station de distribution de carburant	bordure Est-Nord-Est-parcelle A	3 x mono compartimentée	FOD - 5 m <sup>3</sup> essence - 7,5 m <sup>3</sup> essence - 5 m <sup>3</sup>	?	double enveloppe
Local huilerie	partie Est Sud	-	huiles	-	fûts
Cuve huile de vidange	Est - parcelle A	mono compartimentée	huiles de vidange - 1500 L	?	absence d'information
Groupes électrogènes	partie Sud-Est - parcelle A		diesel fioul - 950 L diesel fioul - 950 L diesel fioul - 950 L	-	AE (*) - double enveloppe
Ancienne cuve PCB	partie Sud - parcelle A		PCB - ?	-	?
Garage	partie centrale - parcelle A	-	graisse, liquide de refroidissement		bidons sur rétention
Atelier	partie Ouest - parcelle B	-	lave glace, huiles, batteries, produits chimiques divers		bidons, fûts,
Atelier de maintenance PL	partie Est - parcelle C	-	huiles	-	fûts
Cuve à huiles		mono compartimentée	huiles de vidange	?	?
local peinture et atelier de stockage	partie Nord-Est - parcelle C	-	peinture, huiles, graisse, solvants,	-	pots, bidons, fûts
Station de distribution de carburant	partie centrale - parcelle C	3 x mono compartimentée	GNR - 10 m <sup>3</sup> GO - 2 x 10 m <sup>3</sup>	?	double enveloppe
Ancienne chaufferie (non accessible lors des investigations)	partie Est - parcelle C	?	?	?	AE(*)

(\*) : FM = Fosse Maçonnée, AE = aérienne  
En italique : installation démantelée

La figure page suivante détaille et localise les installations et bâtiments recensés par HPC :



Cartographie de synthèse des installations et bâtiments recensés (source : Rapport HPC du 12 juin 2017)

Investigations réalisées sur les sols et les eaux souterraines

Les investigations du sous-sol ont été effectuées du 5 au 22 décembre 2016, et ont consisté en la réalisation de 82 sondages de sols à la tarière mécanique, jusqu'à une profondeur maximale de 3 m (atteinte de la zone saturée) (cf. tableau ci-après).

Sondages (2/3)	Installation(s) /zone(s) visée(s)	Localisation sur / site	Profondeur atteinte	Refus	
				O / N	Prof. prévue
S15	Zone de stockage de matériel	parcelle C	3,0 m	N	3,0 m
S16					
S17					
S18	Magasin (atelier de soudure) - stockage peinture, solvants				
S19	Garage (stockage de véhicules)				
S20	Garage (maintenance de poids lourds)				
S21					
S22					
S23	Zone 1 - Stockage de transformateurs neufs	parcelle A	3,0 m	N	3,0 m
S24					
S25					
S26					
S27					
S28					
S29	Zones de stockage de poteaux créosotés en extérieur				
S30					
S31					
S32					
S33					
S34					
S35	Cuve de récupération d'huiles usagées				
S36					
S37	Zone de stockage de matériel				
S38	Zone de parking - ancienne zone de stockage de matériel				
S39	Parking - récupération des eaux de ruissellement				
S40	Zone d'entreposage de matériel				
S41					
S42					
S43					
S44	Zone de stockage des groupes électrogènes				
S45					
S46					
S47	Zone d'entreposage de matériel				
S48	Zones 2 et 3 - stockage de transformateurs			O (*)	5,0 m
S49					
S50		2,0 m			
S51	Zone 1 - stockage de transformateurs neuf		3,0 m	N	3 m
S52					
S53					
S54					
S55	Zone de stockage de déchets				
S56	Aire de lavage				
S57					
S58			O (*)	5,0 m	
S59	Garage			N	3,0 m
S60					
S61	Débourbeurs				

(\*) : arrêt en raison de l'atteinte de la zone saturée (eau)

(\*\*) : refus sur sols compacts, galets ou béton

Sondages (3/3)	Installation(s) /zone(s) visée(s)	Localisation sur / site	Profondeur atteinte	Refus	
				O / N	Prof. prévue
S62	Débourbeurs	parcelle A	3,0 m	N	3,0 m
S63	Zone de stockage de matériel, de disjoncteurs HTB				
S64					
S65	Parking - récupération eaux de ruissellement				
S66					
S67	Station de distribution de carburant				
S68					
S69					
S70	Aire de manutention et de stockage (matériel, véhicules, épaves)	parcelle B	2,2 m	N	3,0
S71					
S72					
S73					
S74					
S75					
S76					
S77					
S78					
S79					
S80					
S81	Parking	parcelle A	3,0 m	N	3,0
S82	Cuve de récupération d'huiles usagées				

(\*) : arrêt en raison de l'atteinte de la zone saturée (eau)

(\*\*) : refus sur sols compacts, galets ou béton

Un total de 4 ouvrages piézométriques a également été réalisé à l'ODEX, jusqu'à une profondeur de 9 m maximum, ainsi que le prélèvement de 8 des 9 ouvrages existants (absence d'eau en VAZPZ04).

Réf. de l'ouvrage	Localisation géographique		Positionnement hydraulique présumé / site (*)
	Par rapport au site	Etat des surfaces	
Pz01	parcelle A - partie Sud-Est	enrobé	aval hydraulique
VAZPZ01	parcelle A - partie Sud-Ouest		
VAZPZ02	parcelle A - partie Sud-Est	surface découverte	amont/latéral hydraulique
VAZPZ03	parcelle A - partie Nord-Est		
VAZPZ04	parcelle A - partie Nord Nord-Ouest		
CDSPZ05	parcelle C - partie Nord-Ouest	enrobé	aval hydraulique
CDSPZ06	parcelle A - partie Sud Sud-Est	surface découverte	
CDSPZ07	parcelle C - partie Sud-Ouest	enrobé	
CDSPZ08	parcelle B - partie Sud-Est	surface découverte	

(\*) : en considérant un sens d'écoulement supposé de la nappe des eaux souterraines en direction du Sud-Est

Les constats organoleptiques de terrain indiquent pour les parcelles A, B et C les éléments suivants :

- ✓ Hormis la présence très ponctuelle de briques, d'une odeur d'hydrocarbures (S5 - intensité légère entre 0,4 et 1,0 m de profondeur) et d'une odeur de nature indéterminée (S48 - intensité moyenne entre 1,5 et 2,0 m de profondeur), aucun constat organoleptique particulier n'a été mis en évidence au droit du site ;
- ✓ Absence d'odeur dans les eaux souterraines.

Les résultats analytiques sur les sols indiquent, pour les parcelles A, B et C, les éléments suivants :

- Présence quasi-ubiquiste de cuivre et de zinc, et plus ponctuellement de cadmium et mercure entre 0 et 3 m de profondeur ;
- Présence d'hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> à des teneurs notables uniquement au droit de la parcelle A :
  - o entre 0,2 et 1,0 m de profondeur au droit de S24 avec une concentration de 790 mg/kg MS, supérieure au seuil ISDI de 500 mg/kg (stockage de transformateurs) ;
  - o entre 1,5 et 3,0 m de profondeur au droit de S48 avec une concentration de 4 260 mg/kg de 1,5 à 2 m et de 2 130 mg/kg de 2 à 3 m (stockage de transformateurs) ;
  - o Autres substances : la présence de chlorures solubles, sulfates solubles et/ou ammonium a également été mise en évidence ponctuellement entre 0 et 3,0 m de profondeur au droit des sondages S7 (parcelle C) et S24, S30, S31, S32, S38, S48 et S51 (parcelle A).

A noter que la présence d'une concentration en PCB de 1,9 mg/kg MS, supérieure au seuil ISDI de 1 mg/kg) en S47 de 0 à 0,5 m (S48 : Sondage zone situé au sud-ouest de la zone d'étude, à environ 17 m du sondage S48) n'a pas été mentionné dans les résumés techniques et dans les cartographies de synthèse des résultats significatifs en annexe.

#### **Zone de la station-service :**

A proximité de la station-service (encore exploitée lors du diagnostic de HPC de décembre 2016), 3 sondages de sol ont été réalisés, S67, S68 et S69, respectivement situés à environ 8 m à l'ouest-sud-ouest, 5 m au nord et 8 m au sud de la cuve enterrée la plus proche (calcul de la distance réalisée d'après le plan des sondages de HPC). Les résultats d'analyses n'ont pas montré la présence d'impact en hydrocarbures C<sub>5</sub>-C<sub>40</sub>, HAP ou BTEX. Seules des traces d'hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> ont été observées en S68 de 1,7 à 3 m (20,3 mg/kg MS).

Les résultats analytiques sur les eaux souterraines indiquent les éléments suivants :

- Un sens d'écoulement des eaux globalement dirigé vers l'est et le sud-ouest (sens d'écoulement théorique en direction du sud-est) ;
- Des teneurs significatives en métaux (arsenic et plomb) au droit de 5 ouvrages (dont les ouvrages Pz01, VAZPz01, CDSPz06 sur la parcelle A) ;
- Des teneurs significatives en ammonium et des teneurs de teneurs faibles à notables en nitrates, azote nitrique, nitrites, azote nitreux et sulfates sur l'ensemble des ouvrages ;
- Des teneurs faibles en HAP au droit de 4 ouvrages (dont Pz01, VAZPz01, VAZPz02 sur la parcelle A) ;
- Des teneurs faibles en toluène au droit de VAZPz01 (parcelle A) ;
- Des teneurs faibles en HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> au droit de 3 ouvrages (parcelle B et C).

L'étude recommande, en cas de travaux en sous-sol au droit des zones impactées, d'assurer la gestion des matériaux éventuellement extraits vers des exutoires adaptés. La mise en œuvre d'une seconde campagne de surveillance des eaux souterraines est également recommandée ainsi que la réalisation d'un plan de gestion et d'une EQRS dans le cadre d'une reconversion future de la parcelle ou d'un changement d'orientation du projet de reconversion (projet plus sensible notamment).

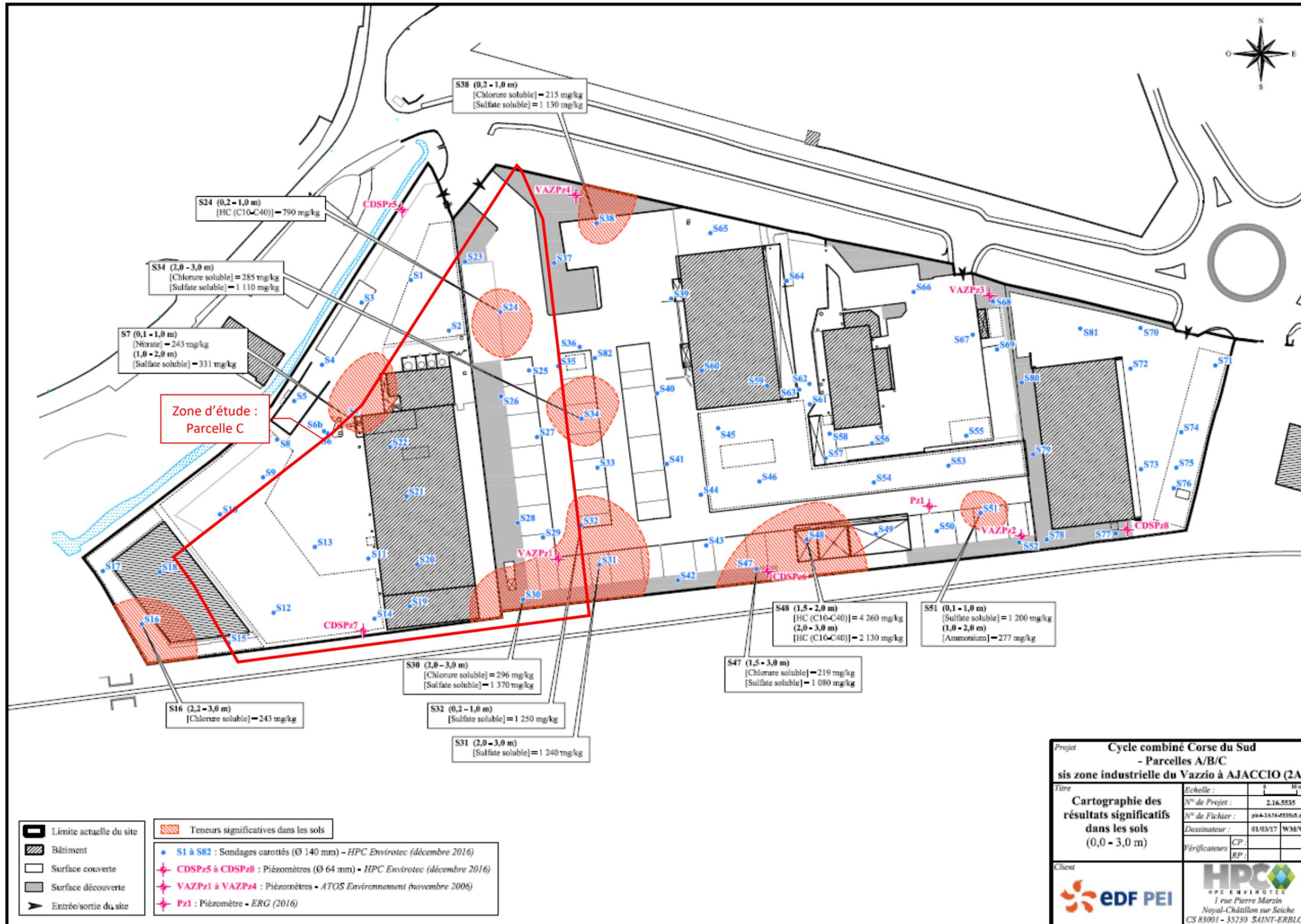
La cartographie de synthèse des résultats pour les sols est présentée dans la figure ci-après.

✓ **Rapport HPC-F 5A/2.16.5535 b du 16 Juin 2017 – Rapport de Plan de Gestion – HPC Envirotec :**

A la suite du diagnostic précédent, HPC a été missionné pour la réalisation d'un plan de gestion.

HPC recommande comme solution de gestion, en complément du recouvrement de surface lié à l'aménagement de la future centrale thermique, l'évacuation hors site de la source concentrée mise en évidence (sondage **S48** en Parcelle **A**) pour un montant avoisinant les 84 k€.

Aucune solution de gestion particulière concernant la zone autour de S24, et la zone autour de la station-service n'est évoquée.



Projet		Cycle combiné Corse du Sud - Parcelles A/B/C	
Titre		sis zone industrielle du Vaggio à AJACCIO (2A)	
Cartographie des résultats significatifs dans les sols (0,0 - 3,0 m)	Echelle :	1	10 m
	N° de Projet :	2.16.5535	
	N° de Fichier :	p04-2A16-5535-001	
	Dessinateur :	01/03/17 WM/WM	
Vérificateur :		CP :	
Client			
		1 rue Pierre Marzin Noyal-Châtillon sur Seiche CS 83001 - 35730 SAINT-ERBLON	

Cartographie de synthèse des résultats dans les sols

✓ **Rapport B104259 du 5 mai 2020 – Diagnostic environnemental de la qualité des sols et des eaux souterraines – Parcelle C, zone des fosses de réparation des camions – Antea Group :**

Cette étude réalisée en Février 2020 a compris la réalisation d'une campagne d'investigations des sols et des eaux souterraines suite à la découverte en Décembre 2019, dans le cadre des travaux de déconstruction du site, d'une poche de pollution au droit d'une cuve et de deux fosses garage de l'ancien atelier de maintenance PL. Cette campagne a compris la réalisation de :

- 16 sondages à la pelle mécanique jusqu'à 3 m de profondeur de moyenne et le prélèvement et l'analyse de 34 échantillons de sol ;
- Prélèvements d'eaux souterraines au droit de 3 ouvrages piézométriques (CDSPZ5, CDSPZ7 et VAZPZ1).

Les résultats d'analyses ont mis en évidence les éléments suivants :

Dans les sols :

- ✓ Une lithologie globalement homogène, constituée d'une couche de sable-limoneux beiges à bruns, superposant des limons argileux noirs friables, le tout recouvrant des argiles plastiques à compactes. Une couche de limons sableux grisâtres à bleus, d'environ 20 à 50 cm d'épaisseur a également été mise en évidence entre 1,4 et 2 m de profondeur sur la plupart des sondages ;
- ✓ De nombreuses anomalies organoleptiques (moyennes à fortes odeurs hydrocarbures, irisations, couleurs grises à noires, produit pur) sur les sondages situés à proximité immédiate de la cuve et des fosses ;
- ✓ Un impact en hydrocarbures volatils et totaux à proximité et probablement au droit de la cuve, d'environ 1,4/1,5 m de profondeur jusqu'à la zone saturée (2,7 à 2,8 m de profondeur) ;
- ✓ Un impact en hydrocarbures volatils et totaux à proximité et probablement au droit des anciennes fosses, actuellement sous bâche, et faisant l'objet d'arrivée d'eaux et d'huiles également à partir d'1,4/1,5 m de profondeur jusqu'à la zone saturée ;
- ✓ L'absence de données complémentaires relatives à la présence éventuelle d'infrastructures/capacités enterrées, susceptibles d'être à l'origine des arrivées de produit pur (huiles) ;
- ✓ L'absence d'anomalies significatives en CAV, et hydrocarbures aromatiques polycycliques ;
- ✓ La présence de composés volatils sur l'ensemble de la zone impactée (HC C5-C16, naphthalène, CAV etc.).

Dans les eaux souterraines :

- ✓ Un niveau statique à environ 2,7 m de profondeur ;
- ✓ Un sens d'écoulement dirigé vers le Sud-Est ;
- ✓ L'absence d'impact au droit des eaux souterraines.

Il est ainsi identifié :

✓ **Une zone de pollution circonscrite :**

La surface approximative de l'emprise de la zone impactée est estimée à environ 700 m<sup>2</sup>, soit un volume de terres polluées de l'ordre de 1120 m<sup>3</sup>, soit l'équivalent de 2 000 tonnes (hors produit pur observé, dont le volume demeure inconnu à ce stade). Ce volume pourrait augmenter en cas d'impact de la zone de battement de nappe. Au vu de la présence d'argiles plastiques à compactes en profondeur, il est probable que la couche impactée en zone saturée soit néanmoins limitée.

✓ **L'absence d'impact à l'extérieur du site :**

L'absence d'impact sur le milieu eaux souterraines a été observée au niveau des ouvrages échantillonnés. A noter néanmoins qu'au vu du sens d'écoulement et de la distance entre la zone de pollution concentrée et les ouvrages CDSPZ7 et VAZPZ1, ces derniers semblent trop éloignés et/ou en position latérale hydraulique (une position avale serait optimale pour s'assurer de l'absence d'impact des eaux souterraines en aval de la source).

✓ **Une zone de pollution circonscrite :**

Une zone impactée par les hydrocarbures d'environ 700 m<sup>2</sup>, soit un volume de terres polluées de l'ordre de 1120 m<sup>3</sup>, (2 000 tonnes). Au vu de la présence d'argiles plastiques à compactes en profondeur, il est probable que la couche impactée en zone saturée soit néanmoins limitée.

✓ **L'absence d'impact à l'extérieur du site :**

L'absence d'impact a été observée au droit des eaux souterraines en limite de site. A noter néanmoins l'absence d'ouvrage en position avale de la source.

**Au regard de ces éléments, Antea Group recommandait la réalisation des missions suivantes :**

✓ **Mission INFOS (de NFX31 620) :**

- La réalisation d'une mise à jour des études historiques et de vulnérabilité (mission A110, A120), les études transmises datant de 2006 ;

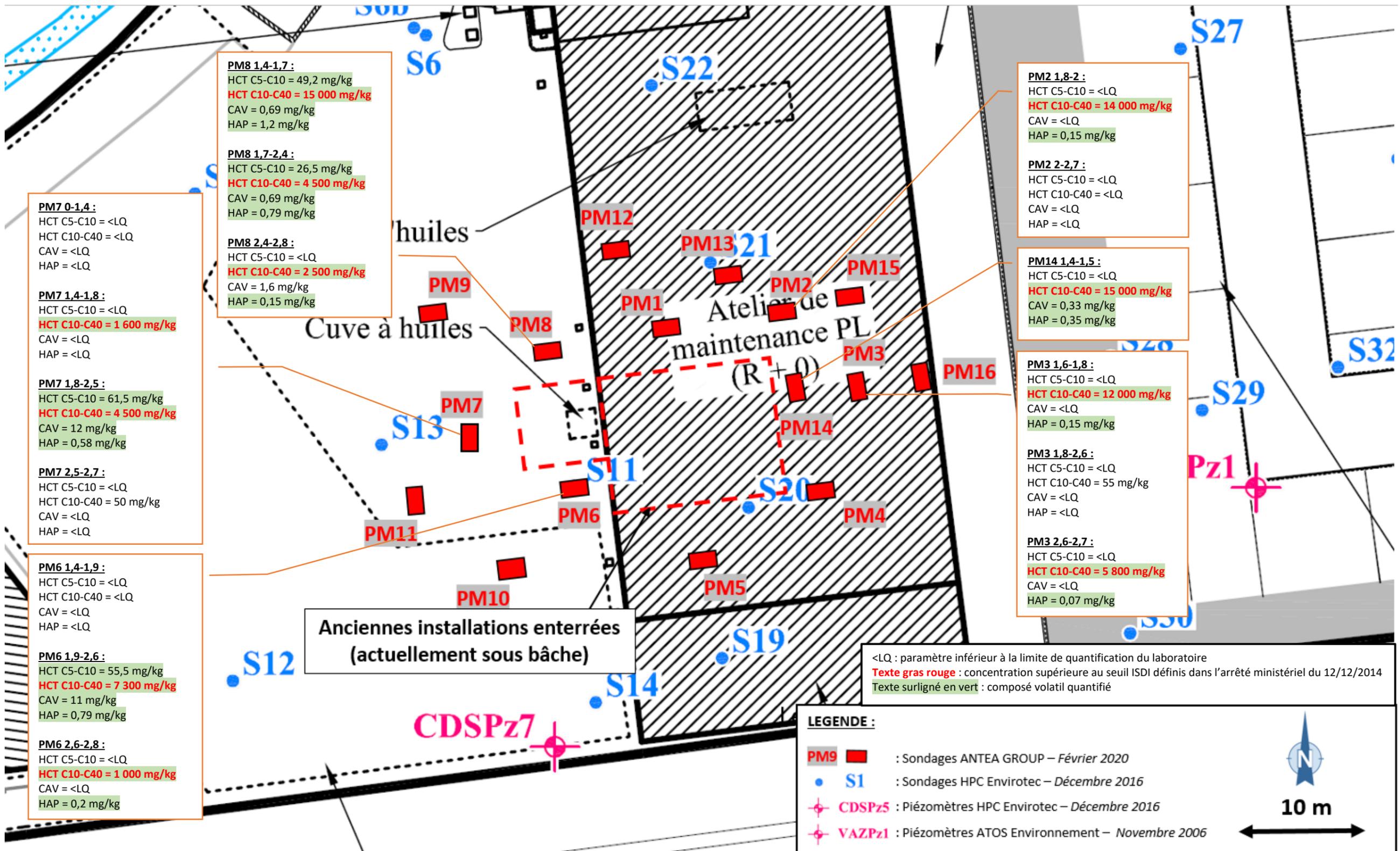
✓ **Mission DIAG (de NFX31 620) :**

- La réalisation d'investigations complémentaires, notamment au droit des anciennes fosses, actuellement sous bâche. Ces investigations devront être réalisées en parallèle de l'intervention d'un camion hydrocureur, et ce afin de recueillir directement les arrivées d'eau et d'huiles, et limiter ainsi leur diffusion à proximité, notamment en cas d'endommagement d'infrastructures ou capacités enterrées susceptibles d'être à l'origine de ces arrivées d'huiles ;
- La réalisation de prélèvements de fond de fouille après le retrait de la cuve ;
- La réalisation d'un nouvel ouvrage piézométrique en aval direct de la source concentrée mise en évidence (CDSPZ7 et VAZPZ1 étant trop éloignés et en position latérale, plus qu'avale) ;

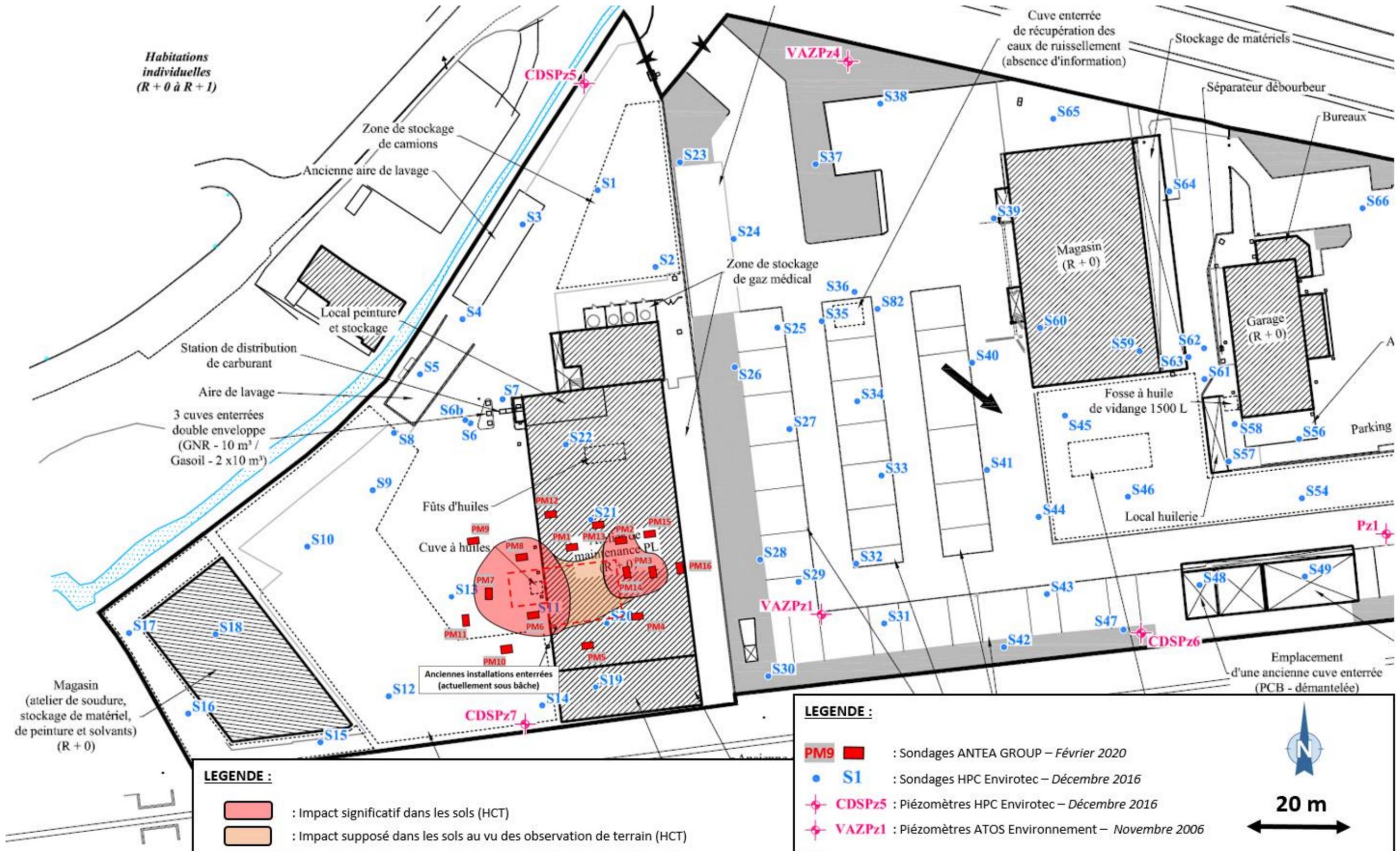
✓ **Missions PG et PCT (de NFX31 620) :**

- La réalisation d'un plan de gestion (PG) afin d'établir le niveau de pollution concentrée, les différentes techniques de traitement envisageable pour la source concentrée à comparer via un bilan coût-avantage. A l'issue du PG, un Plan de Conception des Travaux (PCT) permettra de choisir la technique la plus fiable en intégrant le cas échant des essais de traitement, conformément à la méthodologie nationale d'avril 2017 ;
- La réalisation d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) afin de s'assurer de l'absence de risques sanitaires (ingestion, inhalation) en cas de présence éventuelle de pollution résiduelle en fin de travaux selon l'aménagement envisagé.

Deux cartes de synthèse des résultats et impacts, ainsi que le schéma conceptuel du site à février 2020 sont présentées ci-après.



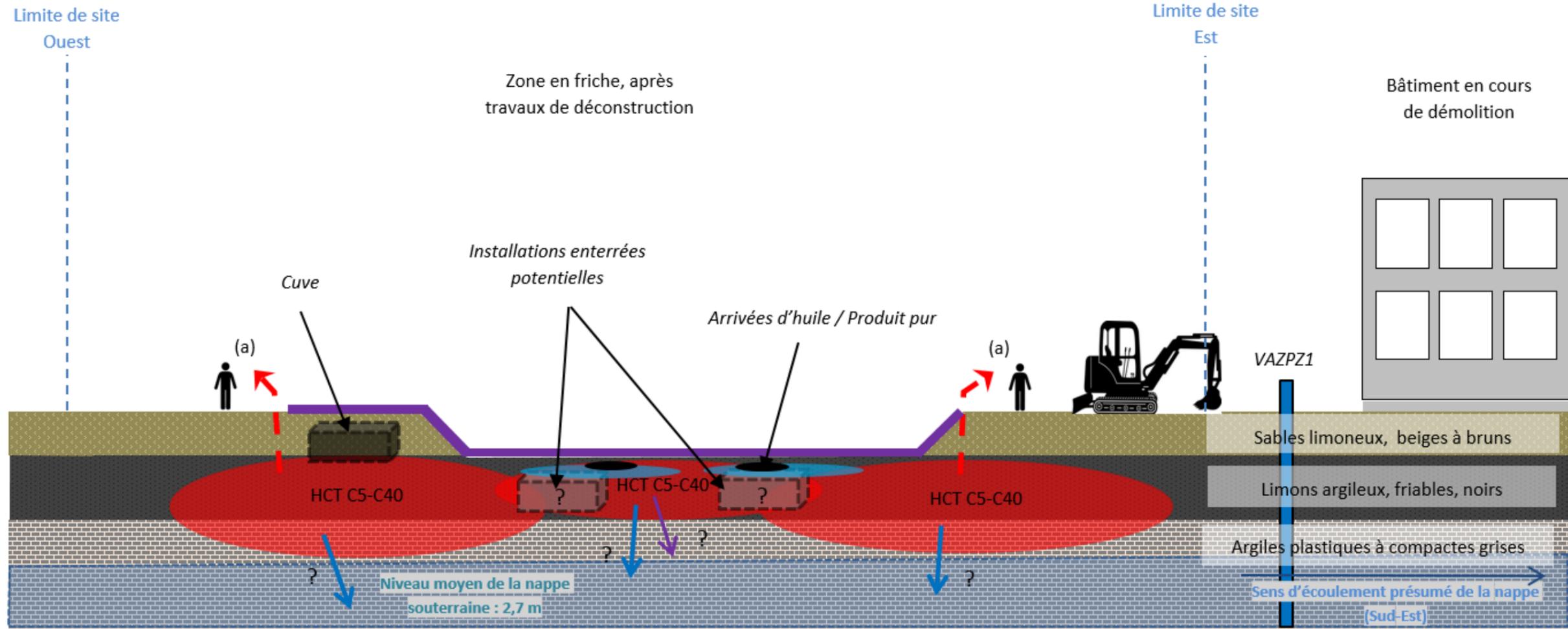
Carte de synthèse des résultats analytiques – Rapport Antea Group de Février 2020



Localisation de l'emprise de la pollution observée – Rapport Antea Group de février 2020

### Parcelle C

### Parcelle A



#### Sources de pollution potentielle :

Polluants détectés à des concentrations anormales

#### Cibles



Populations sur site / hors site  
Populations sensibles hors site



Eaux souterraines



Circulation d'eau d'origine inconnue

#### Voies de migration possible



- (1) Par infiltration dans les sols
- (2) Par transfert dans les eaux souterraines selon le sens d'écoulement
- (3) Par ruissellement des eaux de surface
- (4) Par volatilisation de composés volatils du sol ou de la nappe vers l'air extérieur sur site ou hors site et vers l'air ambiant intérieur des habitations riveraines du site



Absence de risque suite à l'étude ANTEA GROUP

#### Voies d'exposition

- (a) inhalation de composés volatils
- (b) contact direct : inhalation de poussières, ingestion de sol ou d'eau

#### Surfaces recouvrant le sol

- Revêtement imperméable (Enrobé/Dalle béton)
- Bâche

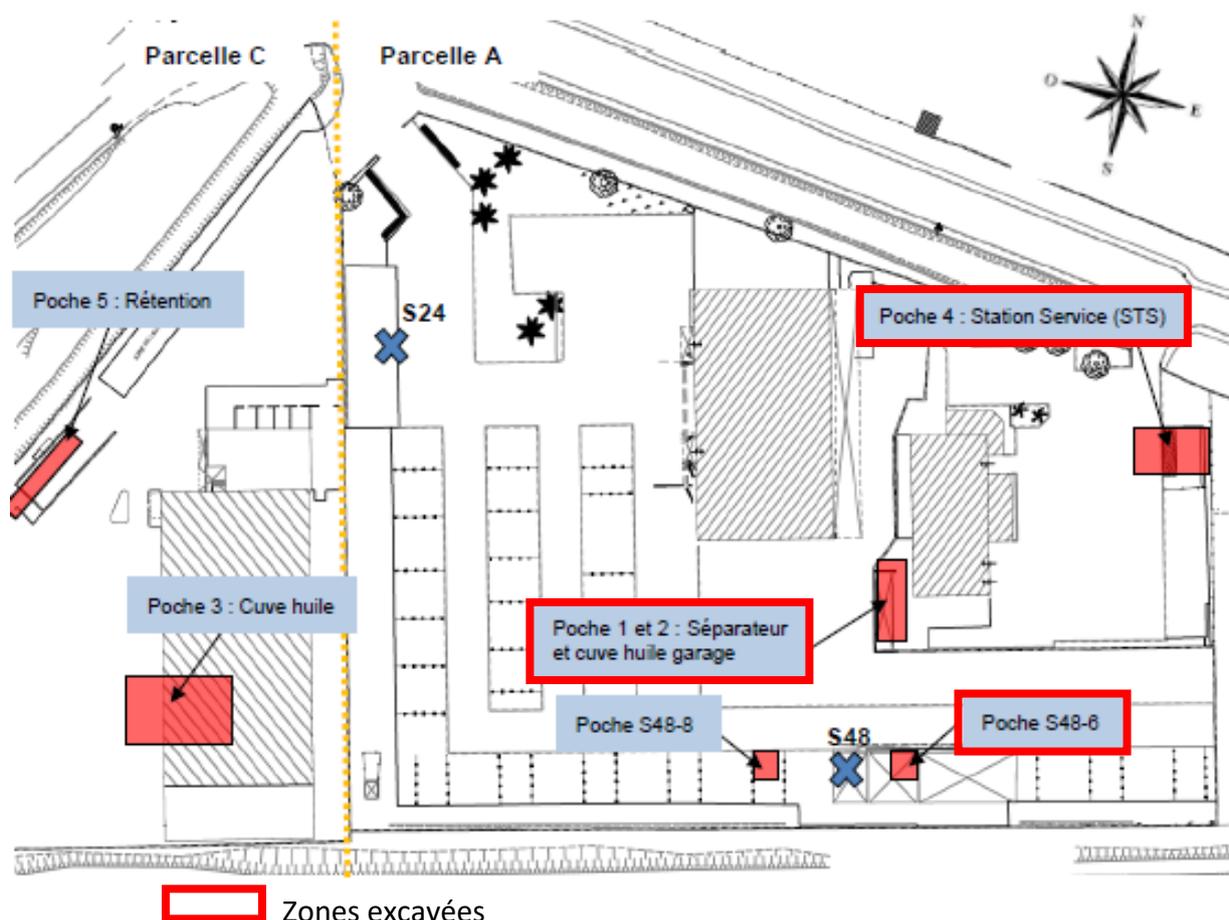
- ✓ **Rapport ACDSX0007000RER0351 du 16 Septembre 2020 – Rapport de réception des activités de dépollution – Parcelles A, C et D – EMTS :**

### **Analyse sur les sols :**

A la suite des résultats des premiers diagnostics, l'entreprise titulaire du marché de déconstruction (Pompéani/EMTS) a procédé en la réalisation d'excavations de matériaux présentant des mesures PID > 1 à 5 ppm et des indices organoleptiques indiquant la présence d'un impact en hydrocarbures (odeur, couleur).

Ces opérations d'excavation, réalisées sur les poches 1, 2, 4 et S48-6, ont été réalisées jusqu'au niveau de la nappe (entre 2 et 3 m).

La carte suivante localise les zones excavées.



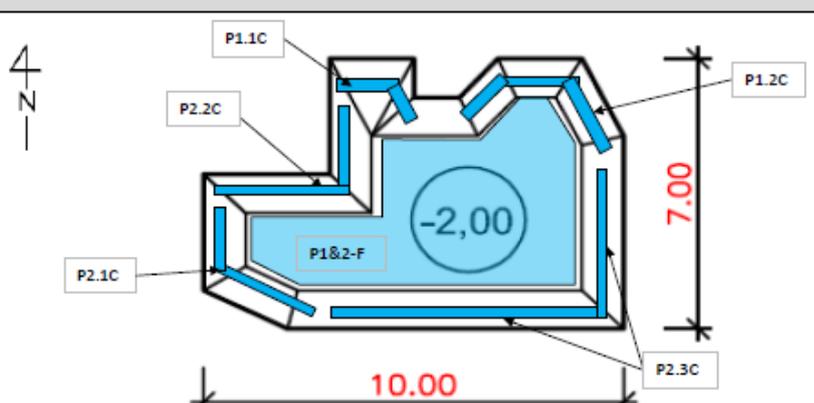
**Localisation des zones excavées (source : EMTS)**

Les sols excavés étaient stockés par tas. EMTS a réalisé les 02 et 18/06/2020 des prélèvements d'échantillons composites sur les différents tas stockés pour détermination des centres d'élimination appropriés. EMTS a également réalisé les 04 et 17/06/2020 des prélèvements en bord et en fond de fouille pour réception de la fouille, à des profondeurs comprises entre 2 et 3 m de profondeur. Ces résultats d'analyses sont présentés ci-dessous.

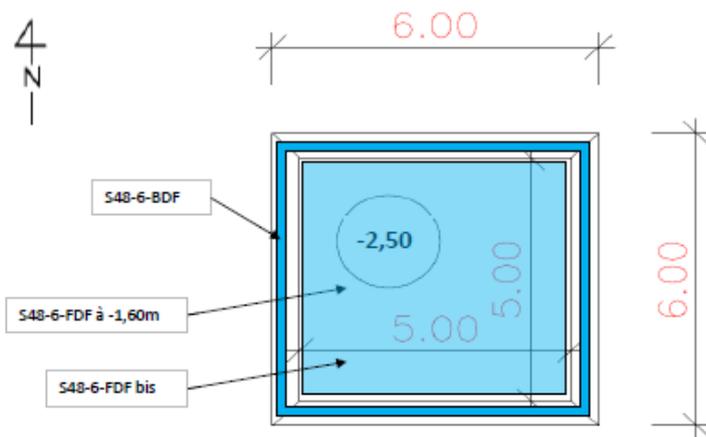
Les résultats des analyses réalisées par EMTS sur les tas de matériaux issus de la fouille sont les suivants :

Zone	Désignation	Stockage	Concentration HCT C10-C40	Classe déchet	Quantité (estim)	Poids réel	
PARCELLE A	Terres saines	/		Laissé en place	670t		
	Poche S48	Terres polluées PCB S48-8	/	4100 mg/kg et 1400 mg/kg de PCB	ISDD	Voir diag ANTEA	
		Terres polluées S48-6	Evacué directement	1100 à 2100 mg/kg	ISDND	80t	120,28t
	Poche S24	Terres saines	/	Pas de pollution	520t		
	Séparateur garage + cuve huile	Terres polluées	Lot 1	121 mg/kg	ISDI	22t	
		Terres polluées	Lot 2 (Est)	631 mg/kg	ISDND	49t	81,54t
	Séparateur garage	Terres polluées	Lot 2 (Ouest)	2700 mg/kg	ISDND		
	Cuve huile	Terres polluées	Lot 3	8580 mg/kg	ISDD	27t	16,88t
	Station carburant	Terres polluées	Lot 7	933 mg/kg	ISDND	115t	156,9t
		Terres polluées	Lot 8	1550 mg/kg	ISDND	50t	34,68t
		Terres polluées	Lot 9	212 mg/kg	ISDI	56t	
Terres polluées		Lot 10	ISDI		18t		
Terres polluées		Lot 11	<15.0 mg/kg	ISDI	10t		
PARCELLE C	Cuve huile 1	Sable pollué	Lot 4	26000 mg/kg	ISDD	7t	30,98t
	Cuve huile 2	Terres polluées en place	Non défini	Voir diag ANTEA	Laissé en place	2 000t	
		Terres polluées	Lot 5	41,4 mg/kg	ISDI	10t	
		Terres polluées	Lot 6	2360 mg/kg	ISDND	17t	35,76t
PARCELLE D	Rétention	Terres polluées	Evacué directement	8530 mg/kg	ISDD	24t	23,4t
		Terres polluées en place	Non défini	Voir diag ANTEA	Laissé en place	Voir diag ANTEA	

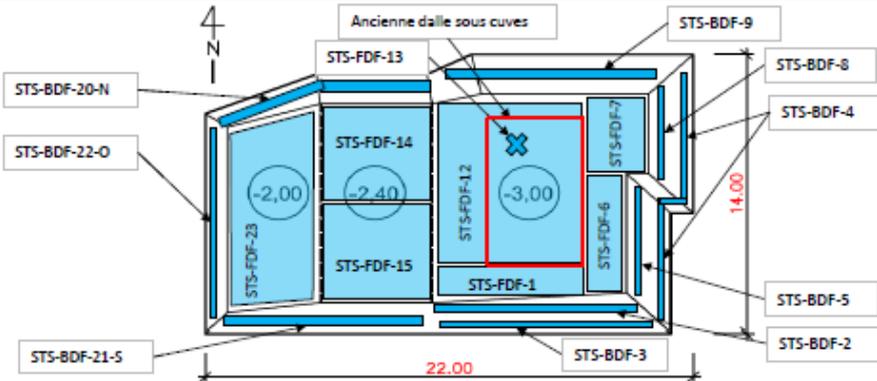
Les fiches de réception des fouilles sont présentées ci-après.

emts ENVIRONNEMENT		FICHE DE RECEPTION DE FOUILLE		POCHE 1 et 2	
Date	le 02/06/2020	Localisation	Parcelle A_ Séparateur et cuve huile		
Opérateur	Jean-Marie BOENNEC	Maître d'ouvrage	EDF PEI		
Schéma de la fouille					
					
Prélèvements		Echantillonnage et résultats			
Zone	Profondeur (m/TN)	Référence	Présence organoleptique	Mesure PID (ppm)	Résultats HCT C10-40 (mg/kg)
Bord de fouille	0,00 - 2,00	P1.1C	Non	0	15,2
Bord de fouille	0,00 - 2,00	P 1.2C	Non	0	<15.0
Fond de fouille	2,00	P 1&2F	Non	0	21,4
Bord de fouille	0,00 - 2,00	P 2.1C	Non	0	41
Bord de fouille	0,00 - 2,00	P 2.2C	Non	0	<15.0
Bord de fouille	0,00 - 2,00	P 2.3C	Non	0	<15.0
Remarques					

Fiche de réception de fouille de la poche 1 et 2 – séparateur et cuve d'huile garage (source : EMTS)

emts ENVIRONNEMENT		FICHE DE RECEPTION DE FOUILLE			POCHE S48-6	
Date	le 01/07/2020 et 15/07/2020		Localisation	Parcelle A_ Sondage S48		
Opérateur	Jonathan TRABAC		Maître d'ouvrage	EDF PEI		
Schéma de la fouille						
						
Prélèvements		Echantillonnage et résultats				
Zone	Profondeur (m/TN)	Référence	Présence organoleptique	Mesure PID (ppm)	Résultats HCT C10-40 (mg/kg)	
Bord de fouille	0,00 - 1,60	S48-6-BDF	Non	0	<15.0	
Fond de fouille	1,6	S48-6-FDF	Non	0	619	
Fond de fouille	2,5	S48-6-FDF bis	Non	0	34,4	
Remarques						
Le fond de fouille a fait l'objet d'une nouvelle excavation jusqu'à -2,50m afin d'obtenir une concentration en HCT C10-C40 en fond de fouille acceptable.						

Fiche de réception de la fouille poche S48-6

emts ENVIRONNEMENT		FICHE DE RECEPTION DE FOUILLE		POCHE 4	
Date	le 04/06/2020 et le 17/06/20		Localisation	Parcelle A_ Station Service (STS)	
Opérateur	Jean-Marie BOENNEC et Jonathan TRABAC		Maître d'ouvrage	EDF PEI	
<b>Schéma de la fouille</b>					
					
Prélèvements		Echantillonnage et résultats			
Zone	Profondeur (m/TN)	Référence	Présence organoleptique	Mesure PID (ppm)	Résultats HCT C10-40 (mg/kg)
Fond de fouille	2,80	STS-FDF-1	Oui	300	551
Bord de fouille	2,50	STS-BDF- 2	Non	15	24,7
Bord de fouille	1,50	STS-BDF- 3	Non	0	<15,0
Bord de fouille	1,50	STS-BDF- 4	Non	2,5	24,2
Bord de fouille	2,50	STS-BDF- 5	Non	3	<15,0
Fond de fouille	2,80	STS-FDF- 6	Non	25	<15,0
Fond de fouille	2,80	STS-FDF- 7	Oui	600	142
Bord de fouille	2,50	STS-BDF- 8	Non	20	<15,0
Bord de fouille	0,00 - 3,00	STS-BDF- 9	Non	3	<15,0
Fond de fouille	3,00	STS-FDF- 12	Oui	400	1290
Fond de fouille	3,50	STS-FDF- 13	Non	5	<15,0
Fond de fouille	2,40	STS-FDF- 14	Oui	>550	/
Fond de fouille	2,40	STS-FDF- 15	Non	15	/
Bord de fouille	0,00 - 2,00	STS-BDF-20-N	Non	0	<15,0
Bord de fouille	0,00 - 2,00	STS-BDF- 21-S	Non	0	<15,0
Bord de fouille	0,00 - 2,00	STS-BDF- 22-O	Non	0	33,3
Fond de fouille	2,00	STS-FDF-23	Non	0	22
<b>Remarques</b>					
Echantillons réf. STS-FDF-14 et STS-FDF-15 ont été perdus lors des inondations sur chantier du 11/06/20 et impossibilité de refaire des prélèvements compte tenu de la présence d'eau dans la fouille.					

Fiche de réception de la fouille poche 4 – station-service (source : EMTS)

Au total, 500 t de matériaux ont été excavées dont 429 t évacuées en ISDND (Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux) et 71 t en ISDD (Installation de Stockage de Déchets Dangereux).

A noter que l'échantillons référencé STS-FDF-14 et STS-FDF-15 ont été perdus lors des inondations sur chantier du 11/06/2020 et n'ont donc pas pu être analysés.

**Analyses sur les eaux en fond de fouille**

Des inondations ont eu lieu le 11/06/2020 sur la commune d'Ajaccio. Une grande partie de la parcelle A s'est retrouvée sous les eaux pendant plusieurs heures. Au niveau de la zone d'étude, la fouille a été remplie d'eau de pluie jusqu'au niveau du terrain naturel. Une partie de ces eaux a été pompée puis infiltrée par EMTS par l'intermédiaire d'une pompe dirigeant les eaux vers une fosse d'infiltration créée directement en amont / latéral hydraulique de la fouille le 15/06 et 16/06/2020. Le pompage a été arrêté lorsque le niveau de la nappe a été atteinte.

Des analyses sur les eaux encore présentes en fond de fouille ont ensuite été réalisées le 01/07/2020 par EMTS.

Les résultats d'analyses, réalisées uniquement pour le paramètre hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, indiquent la présence d'une concentration de 1,74 mg/L, supérieure à la valeur de référence de l'annexe II de l'arrêté du 11/01/2007 (1 mg/L), prise à titre indicatif.

✓ **Rapport n° 104935/B du 13 janvier 2021 - Plan de gestion, Parcelle C, zone des fosses de réparation des camions sis ancienne route de Sartène, zone industrielle du Vazzio à Ajaccio (20090)**

EDF PEI a confié Antea Group la réalisation d'un diagnostic de pollution et d'un Plan de gestion de la parcelle C du site Ricanto d'Ajaccio.

Un complément d'étude historique indique qu'avant les années 80, le terrain était occupé par des champs agricoles.

EDF PEI n'a exercé aucune activité sur ce terrain avant le démarrage de la déconstruction, intervenu en septembre 2019.

Ainsi, les sources potentielles de pollution demeurent celles issues des activités qui ont précédé l'acquisition par EDF PEI.

Une campagne d'investigations complémentaire a été menée en juillet et novembre 2020 concernant la réalisation de prélèvements de sols complémentaires au droit de la zone polluée, ainsi que la pose de piézajais et de mesure des gaz de sols.

L'étude de la pollution concentrée a défini un seuil de coupure de 2 000 mg/kg pour les hydrocarbures.

D'après le plan de gestion réalisé, deux scénarii de gestion ont été retenus, et proposés au travers d'un bilan coût-avantages, sur la base de 5 familles de critères définis :

- ⇒ Scénario 1 : Pompage traitement des eaux souterraines, Excavation de l'ensemble des terres présentes dans l'emprise des zones de pollution concentrée et traitement sur site par biotertre.  
Remblaiement par les matériaux traités (impliquant de laisser la fouille ouverte durant la durée du traitement)
  - ➔ *Coût moyen de 73 à 100 k€ / Durée de traitement de plusieurs années*
- ⇒ Scénario 2 : Pompage traitement des eaux souterraines, Excavation de l'ensemble des terres présentes dans l'emprise des zones de pollution concentrée, et traitement sur site par désorption thermique. Remblaiement par les matériaux traités.
  - ➔ *Coût moyen de 106 à 154 k€ Durée de traitement de quelques semaines à quelques mois*
- ⇒ Scénario 3 : Pompage traitement des eaux souterraines, Excavation de l'ensemble des terres présentes dans l'emprise des zones de pollution concentrée (seuil > 2 000mg/kg), et élimination en filière autorisée conformément aux dispositions prévues par le contrat de EDF PEI de déconstruction / dépollution : centre de stockage de déchets non dangereux SARL STOC de Prunelli di Fiumorbo (20) et centre de stockage de déchets dangereux de Bellegarde (30), Remblaiement par des matériaux d'apports sains.
  - ➔ *Coût moyen de 103 à 108 k€ Durée de traitement de 1 à 2 semaines*

✓ **Rapport A104529 du 19 janvier 2021 – Campagnes de suivi 2020 des travaux et caractérisations complémentaires des sols - parcelles A et D – Antea Group :**

Cette étude réalisée en Juin-Juillet 2020 a compris la réalisation d'une campagne d'investigations des sols suite à la découverte par HPC de 2 zones de pollution en S24 et en S48 afin de confirmer la présence de l'impact identifié au droit du sondage S48 réalisé par HPC et d'évaluer l'emprise et la qualité des sols susceptibles d'avoir été impactés par les anciennes activités du site à proximité. Cette campagne a compris la réalisation de :

- Zone du sondage S24 : 5 sondages à la pelle mécanique jusqu'à 3 m de profondeur et le prélèvement de 11 échantillons ;
- Zone du sondage S48 : 19 sondages à la pelle mécanique jusqu'à 3 m de profondeur et le prélèvement de 58 échantillons ;
- Zone de la station-service : Lors de la dépose de 3 cuves enterrées d'une ancienne station-service située sur la parcelle A en mai 2020, des impacts en hydrocarbures dans les sols ont été découverts sous le radier des cuves par l'entreprise titulaire du marché de déconstruction. Après le retrait des cuves et de leur radier et pendant et après la phase d'excavation d'une partie des sols impactés, EDF PEI a missionné Antea Group pour la réalisation de sondages au droit de la fouille sous le niveau d'eau et de part et d'autre de la fouille, afin de délimiter l'impact en hydrocarbures en surface et en profondeur et afin d'estimer les volumes de sols contaminés ayant été laissés en place à l'issue des excavations réalisées par l'entreprise. Dans ce contexte, et au regard des enjeux, cette étude a compris la réalisation de 11 sondages de sol à la pelle mécanique jusqu'à la profondeur maximale de 4,6 m/TN, 1 prélèvement composite en bord de fouille et de deux prélèvements composites de surface, pour un total de 19 échantillons prélevés afin de circonscrire verticalement et horizontalement la zone impactée.

Les résultats d'analyses ont mis en évidence les éléments suivants :

- Zone du sondage S24 : absence d'anomalie significative relevé en hydrocarbures ou PCB au droit du sondage S24-bis, réalisé à l'emplacement du sondage S24 d'HPC (d'après le plan issu du rapport de diagnostic d'HPC) ;
- Zone du sondage S48 : un impact en hydrocarbures totaux et PCB au droit des sondages S48-8 et S48-8-D1 et S47 (sondage réalisé en 2016 par HPC) de 0 à 0,5 m au droit des 3 sondages, jusqu'à 1 m pour S48-8 et S48-8-D1 et de 2 à 3 m en S48-8-D1 uniquement. Cet impact est particulièrement élevé de 0 à 0,5 m de profondeur en S48-8 pour le paramètre PCB, avec une concentration de 1 400 mg/kg pour une valeur de comparaison (seuil ISDI) de 1 mg/kg, et ce malgré l'absence d'indices organoleptiques observés ou de valeurs PID significatives mesurées pendant les investigations. Les volumes de sols présentant des concentrations supérieures au seuil ISDI pour les PCB sont estimés comme suit :
  - De 0 à 0,5 m, autour de S47, S48-8 et S48-8-D1 : volume de 75 m<sup>3</sup> (±20%), soit 135 t, dont 20 m<sup>3</sup> à une concentration de 1 400 mg/kg pour les PCB autour de S48-8 ;
  - De 0,5 à 1 m, autour de S48-8 et S48-8-D1 : volume de 30 m<sup>3</sup> (±20%), soit 55 t (concentration en PCB de 13 mg/kg en S48-8-D1) ;
  - De 2 à 3 m, autour de S48-8-D1 : volume de 25 m<sup>3</sup> (±20%), soit 45 t (concentration en PCB 2,9 mg/kg en S48-8-D1).

Les volumes de sols présentant des concentrations supérieures au seuil ISDI pour les HCT C10-C40 sont uniquement présent autour de S48-8 de 0 à 0,5 m ;

- Zone de la station-service : présence d'une zone de pollution circonscrite en profondeur et en surface. La surface approximative de la source concentrée résiduelle est estimée à environ 120 m<sup>2</sup>, soit un volume de terres polluées de l'ordre de 100 m<sup>3</sup> (±20%), soit l'équivalent d'environ 180 tonnes.

✓ **Rapport E108827 du 19 février 2021 – Plan de Gestion de la parcelle C – Antea Group :**

Suite au diagnostic environnemental réalisé en Février 2020 et à la campagne complémentaire de juillet et novembre 2020 (prélèvements de sols complémentaires au droit de la zone polluée, ainsi que pose de piézaires et de mesure des gaz de sols), Antea Group a réalisé un Plan de gestion de la parcelle C pour le compte d'EDF PEI.

Pour rappel, les résultats d'analyses avaient mis en évidence :

- une zone de pollution circonscrite (zone impactée par les hydrocarbures d'environ 700 m<sup>2</sup>, soit 1120 m<sup>3</sup> / 2 000 tonnes environ) ;
- l'absence d'impact à l'extérieur du site au droit des eaux souterraines (à noter néanmoins l'absence d'ouvrage en position avale de la source).

**L'étude de la pollution concentrée a défini un seuil de coupure de 2000 mg/kg pour les hydrocarbures, avec un volume de 477 m<sup>3</sup>/ 859 tonnes de pollution concentrée en hydrocarbures au droit de la zone de la cuve et des fosses garage de l'ancien atelier.**

**Tableau 15 : répartition de la pollution concentrée en HCT C10-C40**

		Sonitages concernés	Surface approximative (m <sup>2</sup> )	Horizon des sols concernés (m)	Volume approximatif (m <sup>3</sup> )	Masse des sols considérés (tonnes)	Concentration moyenne	Masse de polluants (en tonnes)	Contribution relative en masse d'hydrocarbures	Pourcentage de masse de polluant	Pourcentage de volume de sol impacté
Estimation de l'emprise des sources de pollution concentrée	1,5-1,8 m	Zone Noire PM8	27	0,3	8,1	14,5	15 000	0,22	5,08%	3,82%	
		Zone Noire PM3, PM14	38		11,3	20,4	13 500	0,28	6,42%	4,83%	
		Zone Violette -	120		36,0	64,9	7 500	0,49	11,34%	8,52%	
		Zone Violette -	104		31,3	56,3	7 500	0,42	9,84%	7,39%	
		Zone Rouge -	205		61,5	110,7	4 000	0,44	10,32%	7,76%	
		Zone Orange -	121		36,3	65,3	2 500	0,16	3,81%	2,86%	
	1,8-2 m	Zone Noire PM2	8	0,2	1,6	2,9	14 000	0,04	0,94%	0,70%	
		Zone Violette -	58		11,7	21,0	7 500	0,16	3,68%	2,76%	
		Zone Rouge -	68		13,5	24,3	4 000	0,10	2,27%	1,71%	
		Zone Rouge PM7, PM8	93		18,6	33,6	4 500	0,15	3,52%	2,64%	
		Zone Orange -	62		12,4	22,3	2 500	0,06	1,30%	0,98%	
		Zone Orange -	90		18,0	32,4	2 500	0,08	1,89%	1,42%	
	2-2,5 m	Zone Violette S11, PM6	87	0,5	43,4	78,0	7 300	0,57	13,28%	9,98%	
		Zone Rouge PM7, PM8	174		87,2	156,9	4 500	0,71	16,45%	12,36%	
		Zone Orange -	117		58,5	105,3	2 500	0,26	6,14%	4,61%	
	2,5-2,8 m	Zone Violette PM3	1,5	0,3	0,4	0,8	5 800	0,00	0,11%	0,08%	
		Zone Rouge -	38		11,5	20,8	4 000	0,08	1,93%	1,45%	
		Zone Orange PM8	9		2,6	4,7	2 500	0,01	0,27%	0,21%	
		Zone Orange -	45		13,6	24,4	2 500	0,06	1,42%	1,07%	
	<b>TOTAL</b>				<b>1,3</b>	<b>477</b>	<b>859</b>		<b>4,3</b>	<b>100,00%</b>	

Une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) a également été réalisée au regard des projets définis dans le cadre du réaménagement. Le scénario d'exposition étudié a porté sur l'exposition des employés par inhalation des substances volatiles présentes dans les gaz du sol. L'Analyse des Risques Résiduels Prédicative indique que les niveaux de risque sont inférieurs aux seuils de risque recommandés par la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (avril 2017). L'état environnemental du site est donc compatible avec l'usage tertiaire envisagé après mise en œuvre des solutions de gestion.

Suite à la réalisation d'un bilan-coût avantages des scénarii de traitement possibles, Antea a recommandé :

- La réalisation d'essais de pompage / traitement des eaux souterraines, permettant également de lever les incertitudes sur les arrivées de produits purs (infrastructures ?) ;

- La réalisation d'un suivi lors de l'opération d'enlèvement de la cuve existante, et prélèvements de fond de fouille après retrait
- La réalisation d'un nouvel ouvrage piézométrique en aval direct de la source concentrée mise en évidence (CDSPZ7 et VAZPZ1 étant trop éloignés et en position latérale, plus qu'avale).

✓ **Compte-rendu transmis par mails du 27 au 29/01/2021 et du 16 au 19/02/2021 d'excavation de terres polluées – Parcelles A, C et D – Antea :**

Au regard des résultats des études précédentes, les derniers travaux d'excavation des pollutions concentrées identifiées par Antea Group ont été entrepris par EDF PEI en janvier puis en février 2021 pour les zones suivantes :

- Zone du sondage S48-8 au droit de la parcelle A : impact en PCB de 1 400 mg/kg : volume estimé à 75 m<sup>3</sup> soit 135 t (rapport Antea n°A104529 du 19 janvier 2021) ;
- Zone de la cuve et des fosses garage de l'ancien atelier au droit de la parcelle C : impact en HCT C10-C40 supérieur au seuil de pollution concentrée de 2 000 mg/kg : volume estimé de 477 m<sup>3</sup> soit 859 t (rapport Antea n°E108827 du 19 février 2021).
- Zone de lavage de la parcelle C. Un impact non identifié lors des différents diagnostics réalisés par HPC et Antea a été mis en évidence lors de la déconstruction par EDF PEI, en janvier 2021.

Les terres excavées ont été stockées sur site, sur géotextile et polyane, et ont également fait l'objet d'un recouvrement par du polyane afin de limiter tout lessivage.

Plusieurs tas distincts, pour chaque type de pollution, ont été mis en place :

- Un tas pour les concentrations en HCT comprises entre 2 000 et 5 000 mg/kg ;
- Un tas pour les concentrations en HCT supérieures à 5 000 mg/kg ;
- Un tas pour les concentrations en PCB inférieures à 1 400 mg/kg ;
- Un tas pour les concentrations en PCB de l'ordre ou supérieures à 1 400 mg/kg.

Les volumes réels des zones excavées sont détaillés ci-après :

- Zone S48-8 PCB : 115 m<sup>3</sup> dont 20 m<sup>3</sup> de 1400 + 30 m<sup>3</sup> lors retouche
- Zone de lavage : 200 m<sup>3</sup> à des teneurs comprises entre 2000 et 5000 mg/kg

## Annexe IV : **Synthèse des données physico-chimiques**

## Annexe V : **Intrusion de substances organiques dans les réseaux souterrains d'eau potable**

## PERMEATION DES SUBSTANCES ORGANIQUES VOLATILES DANS LES RESEAUX D'EAU POTABLE<sup>27</sup>

Les canalisations souterraines d'eau potable peuvent être sujettes à la perméation (phénomène qui consiste en un transfert des polluants volatils contenus dans les sols et les gaz de sol vers l'intérieur des canalisations). La perméation est généralement associée aux canalisations souterraines non métalliques (de type PE – Polyéthylène, ou PB – Polybutylène), et aux substances organiques.

En France, aucune valeur limite dans les sols n'est définie pour l'installation d'une canalisation souterraine d'eau potable. Cependant, des valeurs limites, au-dessus desquelles il est recommandé d'apporter une attention particulière à la sélection du matériau constituant la canalisation, existent au Royaume-Uni et aux Pays-bas. Celles relatives aux polluants identifiés sur le site sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 1 : Valeurs limites dans les sols – Royaume Uni

Substance	Valeur limite dans les sols (mg/kg)
HCT	50
HAP	50
Benzène	0,5
Toluène	50
Xylènes	2,5

Les valeurs limites existant aux Pays-Bas font une distinction entre les canalisations en PE et les canalisations en PVC. Ces dernières sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 2 : Valeurs limites dans les sols – Pays Bas

Substance	Valeur limite dans les sols Tuyau en PE (mg/kg)	Valeur limite dans les sols Tuyau en PVC (mg/kg)
1,3,5 Triméthylbenzène	0,1	3 000
Benzène	0,1	2 000
Toluène	0,25	2 000
Ethylbenzène	0,5	2 000
Xylènes	0,1	3 000

*Nota* : il existe également des valeurs dans les eaux environnant les canalisations souterraines.

Si le risque sanitaire, associé à une éventuelle perméation de substances chimiques présentes dans les sols à travers les parois des canalisations souterraines, ne peut être écarté, des recommandations seront émises afin de s'assurer de la maîtrise du risque associé à l'ingestion d'eau du robinet.

---

<sup>27</sup> Recommandations issues du guide BRGM/RP-63675-FR d'Août 2014, « Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des sites et sols pollués ».

## Annexe VI : **Présentation et paramétrage du logiciel Modul'ERS**

## PRESENTATION DES MODULES DE CALCUL MODUL'ERS DE L'INERIS (Extrait guide de l'utilisateur)

Chaque module de calcul, à l'exception du module *Niveaux\_Exposition\_Risque*, correspond à un milieu et **permet de calculer la concentration de polluants dans ce milieu** (concentration attribuable à la source (ou aux) sources étudiée(s) et concentration totale, intégrant le bruit de fond) et **le niveau d'exposition correspondant pour les cibles humaines en fonction du temps. Les niveaux d'exposition sont calculés par classe d'âge en fonction du temps<sup>28</sup> et pour un profil d'individus dont l'utilisateur définit l'âge en début d'exposition et la date de début d'exposition<sup>29</sup>.**

**Les fonctions de chaque module sont décrites dans le logiciel.** Pour savoir ce que chaque module permet de calculer, il est conseillé de lire sa description dans la fenêtre *Information*, en cliquant une fois sur sa représentation dans la matrice.

Comme indiqué précédemment toutes les équations sont accessibles et l'utilisateur peut également se reporter au document « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle » (DRC-08—94882-16675C).

Les modalités de calcul des concentrations par chacun des modules sont résumées ci-dessous et les termes sources de pollution pouvant être utilisés sont listés.

- Le module **Sol** sert au calcul de la concentration dans une couche de sol en surface, en tenant compte ou non des apports atmosphériques, des apports par irrigation et des mécanismes de perte (dégradation, lixiviation, érosion, ruissellement).
  - ➔ Expression possible du terme source de pollution : dépôts atmosphériques, concentration dans l'eau.
- Le module **Nouveau\_végétal** permet de calculer les concentrations dans les végétaux liées aux dépôts atmosphériques directs, à l'absorption gazeuse (polluants organiques), aux dépôts de particules du sol remises en suspension à partir du sol de surface, à l'irrigation par aspersion, au prélèvement direct à partir du sol racinaire. Les concentrations sont recalculées chaque année et données au moment de la récolte et de récolte en récolte.
  - ➔ Expression possible du terme source de pollution : dépôts atmosphériques, concentration dans l'eau, concentration dans l'air, concentration dans le sol.
- Le module **Eaux\_superficielles** donne les concentrations dans les eaux superficielles et les sédiments à l'état stationnaire. La concentration dans les eaux peut être calculée au point x en aval d'un rejet ponctuel (approche applicable à un cours d'eau) ou comme une concentration

---

<sup>28</sup> Pour une simulation sur 30 années, les niveaux d'exposition calculés par classe d'âge correspondent au cours du temps à des individus différents. Ainsi, la classe d'âge des enfants de 1 à 3 ans correspond à des individus différents à la date t=0 et à t=30.

<sup>29</sup> Les niveaux d'exposition calculés pour un profil d'individus durant une simulation sur 30 ans se rapportent aux mêmes individus durant toute la simulation. Les valeurs des paramètres d'exposition de ces individus évoluent en fonction de leur âge, qui lui-même dépend de l'âge défini par l'utilisateur en début d'exposition et du temps t.

homogène dans un volume d'eau  $Vol\_e\_sup$  (approche applicable notamment à une étendue d'eau). Ce calcul peut être fait en tenant compte de rejets diffus (apports atmosphériques, par ruissellement sur les zones imperméables, par ruissellement sur les zones perméables, par érosion) et des pertes par dégradation, volatilisation et sédimentation.

→ Expression possible du terme source de pollution : dépôts atmosphériques, concentration dans le sol, concentration dans le cours d'eau au point  $x=0$ .

- Le module **Eaux\_souterraines** donne la concentration de polluants en phase dissoute aux points de coordonnées  $x, y, z$  à l'instant  $t$ , pour une source surfacique de polluants dans la zone saturée, perpendiculaire à l'écoulement et de concentration constante (à partir de la solution de Domenico). Le module permet également de calculer cette concentration à partir d'une concentration constante dans le sol au bas de la zone non saturée.

→ Expression possible du terme source de pollution : concentration dans le sol en bas de la zone insaturée, concentration dans la nappe au point  $x=0$ .

- Le module **Animaux\_aquatiques** permet de calculer les concentrations dans l'animal selon une approche stationnaire ou dynamique à partir de la concentration dans le milieu d'exposition. Dans le dernier cas, la concentration dans le tissu animal est estimée pour un animal en fin de vie.

→ Expression possible du terme source de pollution : concentration dans l'eau, concentration dans les sédiments.

- Le module **Nouvel\_animal** donne les concentrations dans l'animal (tissu 1 : viande, matières grasses) et dans les produits excrétés par l'animal (tissu 2 : oeufs, lait ou matières grasses de ces produits). Ces concentrations peuvent être calculées à l'état stationnaire ou avec une approche dynamique. Dans ce cas, les concentrations dans les tissus animaux sont estimées pour un animal en fin de vie. La dose d'exposition de l'animal est estimée à partir de son ingestion de sol, d'eau et/ou de végétaux contaminés. L'utilisateur peut tenir compte des concentrations de trois sols différents, de trois ressources en eau différentes et de cinq végétaux différents.

→ Expression possible du terme source de pollution : concentration dans l'eau, concentration dans le sol, concentration dans les végétaux.

Les cinq modules suivants permettent de calculer les concentrations dans l'air.

- Le module **Conc\_gaz\_air\_exterieur** permet le calcul du flux d'émission à partir d'une source sol (source sol supposée infinie ou supposée finie à la surface du sol) ou d'une source nappe et l'estimation des concentrations dans l'air à hauteur de respiration des cibles et/ou à une hauteur  $H_b$  définie par l'utilisateur.

- Le module **Conc\_gaz\_air\_interieur\_Volasoil** donne le flux d'émission à partir d'une source sol ou d'une source nappe et l'estimation des concentrations dans un bâtiment (endroit où a lieu l'émission : vide sanitaire, sous-sol ou pièces à vivre selon les cas) et dans le lieu de vie, si le bâtiment comporte un vide-sanitaire ou un sous-sol. Les calculs sont réalisés selon une approche dérivée du modèle Volasoil du RIVM (institut néerlandais de santé publique et de l'environnement).

- Le module **Conc\_gaz\_air\_interieur\_JE**, basé sur les équations du modèle de Johnson et Ettinger (US EPA, 2004; Johnson et al., 1991), permet le calcul des concentrations gazeuses

dans l'air d'un bâtiment à partir d'une source sol ou d'une source nappe. Ce module est conçu pour un bâtiment construit sur une dalle. Dans le cas d'une source sol, la concentration attendue dans le bâtiment peut être estimée en utilisant la solution pour une source infinie ou la solution pour une source finie, proposée par l'US EPA. La solution en source finie implémentée suppose nécessairement que la dalle du bâtiment se situe au niveau du sol (pas de sous-sol enterré).

- Pour ces trois modules, l'utilisateur peut définir les caractéristiques de deux couches de sol différentes au-dessus de la source, tenir compte du mélange de substances présentes dans le sol en appliquant la loi de Raoult et de la diffusion dans la nappe dans le cas d'une source nappe.
- Expression possible du terme source de pollution pour ces trois modules : concentration dans l'eau de la nappe, concentration dans l'air du sol, concentration dans le sol.
- Le module **Conc\_part\_air\_extérieur** donne les concentrations inhalables de polluant sous forme particulaire dans l'air extérieur, à partir de la concentration dans le sol et de la fraction de particules issues du sol, ou du modèle de Cowherd calculant le flux moyen annuel de particules inférieures ou égales à 10 µm, dues à l'érosion éolienne.
  - Expression possible du terme source de pollution : concentration dans le sol.
- Le module **Conc\_part\_air\_intérieur** permet le calcul des concentrations inhalables à partir de la concentration particulaire inhalable dans l'air extérieur (*Cap\_e\_inh\_attrib*).
  - Expression possible du terme source de pollution : concentration dans l'air extérieur sous forme particulaire.

Les modules dédiés à l'air extérieur *Conc\_gaz\_air\_extérieur* et *Conc\_part\_air\_extérieur* permettent, en plus de la source sol ou de la source nappe du site, de tenir compte de la concentration dans l'air liée à d'autres sources de polluants issues du site.

A la différence des autres modules dédiés aux calculs des concentrations dans les milieux, les cinq modules pour la concentration dans l'air calculent les niveaux d'exposition en moyenne annuelle et le niveau d'exposition moyen sur la durée d'exposition. Ces grandeurs servent au calcul des risques chroniques.

- Enfin, le module **Niveaux\_Exposition\_Risque** est dédié au calcul des niveaux d'exposition chronique et au calcul des niveaux de risque chronique. Les doses d'exposition orales sont calculées en moyenne annuelle pour les différentes classes d'âge, afin d'estimer les risques à effet de seuil. Elles sont aussi calculées en moyenne sur toute la durée d'exposition pour un profil d'individus, dont l'utilisateur a défini l'âge en début d'exposition et la date de début d'exposition, afin d'estimer les risques sans effet de seuil. Pour les expositions par inhalation, le calcul des niveaux d'exposition moyens est fait directement dans les modules relatifs au milieu (cf. paragraphe précédent). Les niveaux de risque sont définis par substance individuelle et pour toutes les substances et peuvent aussi être définis par organe cible pour les effets à seuil.

### Paramètres d'entrée du Logiciel Modul'ERS Modélisation vers l'air intérieur

- Caractéristiques des sols :
  - Modélisation source gaz du sol

Paramètres	Unité	0	Commentaires
Température du sol	K	283	Valeur par défaut (10°C)
Volume de la source sol	m <sup>3</sup>	0	Source considérée comme infinie (volume non connu)
Couche de sol 2 (située au contact du bâtiment)			
Epaisseur de la couche 2	m	0,1	Epaisseur minimale du modèle
Type de sol de la couche 2	-	Sable	Sécuritaire
Densité du sol	g/cm <sup>3</sup>	1,66	Valeur standard pour ce type de sol (US-EPA)
Porosité du sol	-	0,375	Porosité totale $\theta_s$ pour ce type de sol (US-EPA)
Perméabilité intrinsèque du sol	m <sup>-2</sup>	9,91E-12	Valeur calculée pour ce type de sol
Teneur en eau du sol	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,054	Valeur standard $\theta_{w,unsat}$ pour ce type de sol (US EPA) / teneur mesurée sur site
Teneur en carbone organique du sol (COT)	-	0,002	Valeur par défaut (US EPA)

- Caractéristiques des bâtiments :
  - Dimensions :

PARAMETRES	Unité	0	Commentaires
Hauteur	m	2,3	Hauteur standard
Taux de transfert entre les étages	cm	100%	Hypothèse sécuritaire

#### Paramètres de modélisation :

PARAMETRES	Unité	Valeurs	Commentaires
Fraction surfacique occupée par les ouvertures de la dalle	-	1,00E-05	Valeur par défaut (dalle normale)
Nombre d'ouverture dans la dalle par unité de surface	m <sup>-2</sup>	0,2	Valeur Modul'ERS
Epaisseur de la dalle du bâtiment	m	0,15	Valeur standard
Porosité de la dalle	-	0,02	Valeur par défaut de Modul'ERS (Hazebrouck 2005)
Teneur en eau de la dalle	-	0	Valeur par défaut de Modul'ERS (Hazebrouck 2005)
Différence de pression entre le sol et l'espace clos (DeltaP)	Pa (ou kg.m <sup>-1</sup> .s <sup>-2</sup> )	2	Valeur par défaut pour une configuration plain-piedl (USEPA, 2004 + RIVM, 2008)
Taux de renouvellement d'air (ER)	vol/s	2,2E-4 (=0,8 vol/h)	Valeur standard pour un usage tertiaire

### Modélisation vers l'air extérieur

- Caractéristiques des sols :
  - Modélisation source gaz du sol

Paramètres	Unité	0	Commentaires
Température du sol	K	283	Valeur par défaut (10°C)
Couche de sol 2 (sol en surface)			
Epaisseur de la couche 2	m	0,1	Valeur proposée par AnteaGroup
Type de sol de la couche 2	-		Recouvrement par de l'enrobé
Type de sol de la couche 2	-	Enrobé	Spécifique au site : basé sur observations de terrain
Porosité du sol	-	0,1	Porosité pour un enrobé
Teneur en eau du sol	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0	Valeur standard pour un enrobé
Teneur en carbone organique du sol (COT)	-	0,002	Valeur par défaut (US EPA)
Type de sol de la couche de sol pollué	-	Sable	Sécuritaire
Porosité du sol pollué	-	0,375	Porosité totale $\theta_s$ pour ce type de sol (US-EPA)
Teneur en eau du sol pollué	cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>	0,054	Valeur standard $\theta_{w,unsat}$ pour ce type de sol (US EPA)

- Caractéristiques des espaces extérieurs :

Paramètres	Unité	Valeurs	Commentaires
Vitesse de vent	m/s	3	Valeur sécuritaire
Hauteur de mélange	m	cf. paramètres d'exposition	Hauteur de respiration des cibles
Longueur de la source parallèle au vent W	m	170	Plus grande diagonale du site (hypothèse majorante)

## Annexe VII : **Synthèse des données toxicologiques**

Substances		Effets non cancérigènes et organes cibles	Effets cancérigènes			
Dénomination	N°CAS		Classification USEPA CIRC UE			Types de cancer
<b>CAV</b>						
Benzène	71-43-2	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, système hématopoïétique/sang, foie, tractus gastro-intestinal, système nerveux central, système immunitaire, effets foetotoxiques,	CH	1	C1AM1B	Leucémies (myélocytiques, lymphoïdes, myéloïdes)
Toluène	108-88-3	Appareil respiratoire, système cardiovasculaire, système hématopoïétique/sang, système nerveux central, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, effets foetotoxiques, foie	InI	3	R2	-
Ethylbenzène	100-41-4	Système hématopoïétique/sang, reins, foie, effets foetotoxiques /développement, système endocrinien	D	2B	-	-
Xylènes	1330-20-7	Système nerveux central, sang, appareil respiratoire, peau, foie, reins, rate, effets foetotoxiques / développement	InI	3	-	-
Cumène	98-82-8	Reins	InI	2B	-	-
Pseudocumène	95-63-6	Système nerveux central, sang, appareil respiratoire	-	-	-	-
Mésitylène	108-67-8	Système nerveux central, sang, appareil respiratoire	-	-	-	-
<b>HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)</b>						
Naphtalène	91-20-3	Sang/système hématopoïétique, appareil cardiovasculaire, système nerveux central, yeux, foie, reins, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, rate, effets foetotoxiques /développement, système endocrinien, appareil respiratoire	C	2B	C2	Tumeurs bénignes pulmonaires (études chez l'animal)
Acénaphthène	83-32-9	Foie, sang/système hématopoïétique, appareil cardiovasculaire, appareil respiratoire, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, appareil reproducteur, système endocrinien	D	3	-	-

Substances		Effets non cancérigènes et organes cibles	Effets cancérigènes			
Dénomination	N°CAS		Classification			Types de cancer
			USEPA	CIRC	UE	
Acénaphthylène	206-96-8	Appareil cardiovasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien, appareil respiratoire	D	-	-	-
Phénanthrène	85-01-8	Appareil respiratoire, appareil cardiovasculaire, foie, sang/système hématopoïétique, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	D	3	-	-
Fluoranthène	206-44-0	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien, reins	D	3	-	-
Fluorène	86-73-7	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	D	3	-	-
Anthracène	120-12-7	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	D	3	C2	-
Pyrène	129-00-0	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, reins, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	D	3	-	-
<b>HYDROCARBURES TPH</b>						
TPH C6-C8 aliphatiques	-	Foie, reins	-	-	-	-
TPH C8-C10 aliphatiques	-	Foie, sang	-	-	-	-
TPH C10-C12 aliphatiques	-	Foie, sang	-	-	-	-
TPH C12-C16 aliphatiques	-	Foie, sang	-	-	-	-
TPH C8-C10 aromatiques	-	Perte de poids	-	-	-	-
TPH C10-C12 aromatiques	-	Perte de poids	-	-	-	-

Substances		Effets non cancérigènes et organes cibles	Effets cancérigènes			
Dénomination	N°CAS		Classification			Types de cancer
			USEPA	CIRC	UE	
TPH C12-C16 aromatiques	-	Perte de poids	-	-	-	-
TPH C12-C16 aromatiques	-	Perte de poids	-	-	-	-
<b>METAUX</b>						
Mercure	7439-97-6	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, système nerveux central, peau, reins, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, effets foetotoxiques/développement	D	3	R1B	-
<b>AUTRES SUBSTANCES</b>						
PCB	1336-36-3	Peau, épithélium nasale et olfactif, Foie, SNC, Système immunologique	B2	2A	-	Tumeurs hépatiques

## Annexe VIII : **Calculs de Risques Sanitaires**

	Inhalation d'air intérieur			Inhalation d'air extérieur	
	QD Employé	ERI	Concentration d'air inhalée	QD Employé	ERI
Acénaphthylène	0,00E+00	1,34E-10	1,95E-06	0,00E+00	1,08E-13
Acénaphthène	0,00E+00	1,34E-10	1,95E-06	0,00E+00	1,03E-13
Aliphatique C>05 C06	4,32E-04	0,00E+00	4,18E-02	7,94E-07	0,00E+00
Aliphatique C>06 C08	8,79E-03	0,00E+00	8,51E-01	1,61E-05	0,00E+00
Aliphatique C>08 C10	2,60E-01	0,00E+00	1,37E+00	4,78E-04	0,00E+00
Aliphatique C>10 C12	5,62E-02	0,00E+00	2,96E-01	1,03E-04	0,00E+00
Aliphatique C>12 C16	6,91E-03	0,00E+00	3,64E-02	1,27E-05	0,00E+00
Anthracène	0,00E+00	1,25E-09	1,95E-06	0,00E+00	9,80E-13
Aroclor 1254	2,06E-02	1,24E-06	1,09E-04	0,00E+00	0,00E+00
Aromatique C>08 C10	3,40E-03	0,00E+00	3,58E-03	6,24E-06	0,00E+00
Aromatique C>10 C12	8,57E-04	0,00E+00	9,02E-04	1,57E-06	0,00E+00
Aromatique C>12 C16	3,04E-03	0,00E+00	3,20E-03	5,59E-06	0,00E+00
Benzène	2,19E-03	3,33E-07	1,12E-04	3,60E-06	5,48E-10
Cumène (Isopropylbenzène)	3,69E-05	0,00E+00	7,76E-05	4,40E-08	0,00E+00
Ethylbenzène	6,08E-05	1,37E-07	4,80E-04	8,38E-08	0,00E+00
Fluoranthène	0,00E+00	1,34E-10	1,95E-06	0,00E+00	1,01E-13
Fluorène	0,00E+00	1,34E-10	1,95E-06	0,00E+00	1,12E-13
Mercure	1,29E-03	0,00E+00	2,04E-07	0,00E+00	0,00E+00
Mésitylène (135 triméthylbenzène)	5,18E-04	0,00E+00	1,64E-04	5,98E-07	0,00E+00
Naphtalène	1,20E-04	1,49E-08	2,34E-05	1,48E-07	1,84E-11
Phénanthrène	0,00E+00	1,34E-10	1,95E-06	0,00E+00	1,32E-13
Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	9,06E-04	0,00E+00	2,86E-04	1,01E-06	0,00E+00
Pyrène	0,00E+00	1,34E-10	1,95E-06	0,00E+00	6,67E-14
Toluène	5,08E-06	0,00E+00	5,08E-04	8,12E-09	0,00E+00
Xylène. m-*	2,72E-03	0,00E+00	1,43E-03	3,47E-06	0,00E+00
Xylène. o-	1,05E-03	0,00E+00	5,52E-04	1,62E-06	0,00E+00
Xylène. p-*	2,72E-03	0,00E+00	1,43E-03	3,60E-06	0,00E+00
Somme	3,70E-01	1,73E-06		6,35E-04	5,68E-10

\*L'isomère présentant l'indice de risque le plus élevé a été retenu pour le calcul de risque



Antea France est certifié :



Gennevilliers

