

ANNEXE 5. MEMOIRE CESSATION PARTIELLE

DEKRA INDUSTRIAL SAS

CONTROLE DES TRAVAUX DE DEPOLLUTION DES SOURCES B2-S8 et B4-S4 ET ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS

(Missions B330 et A320 selon NF X 31-620-2&3)

PSA Automobile SA

Site à l'étude : Usine Française de Mécanique Douvrin – FRANCAISE DE MECANIQUE



DEKRA INDUSTRIAL SAS
Centre d'Affaires La Boursidière
Rue de la Boursidière
92350 Le Plessis-Robinson
Tél. : 01 55 48 21 00

Affaire n° : 53435594

Chef de projet

Emmanuel THIBAUT



Les prestations d'études, assistance et contrôle (domaine A) et ingénierie des travaux de réhabilitation (domaine B) relatifs aux activités Sites et Sols Pollués de DEKRA INDUSTRIAL SAS sont certifiées par le LNE suivant le référentiel de certification de service des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués. Plus d'information sur www.lne.fr

Date	Indice	Modifications apportées
28/04/2021	V0_1	Création du document
11/05/2021	V0_2	Selon retour client du 3 mai
26/05/2021	V1	Selon retour client du 26 mai

RESUME TECHNIQUE DE L'ETUDE

<p>CONTEXTE DE LA MISSION</p>	<p>Dans le cadre de la cessation partielle d'activité et conformément au Plan de Gestion USINE_DOUVRIN_UFM_20200617_PG_zone_sud_V1, le site de la Française de Mécanique de Douvrin a engagé des travaux de suppression de deux sources de pollutions concentrées de sol dans l'emprise des terrains concernés. PSA a donc confié à DEKRA Industrial SAS le suivi de l'exécution des recommandations du plan de gestion pour garantir la remise en état en adéquation avec les obligations de la Française de mécanique.</p>
<p>RAPPEL DES OBJECTIFS DE DEPOLLUTION</p>	<p>PSA a confié la réalisation des travaux de dépollution à COLAS. Il prévoyait pour les deux sources identifiées, l'excavation sélective des terres impactées, leur stockage provisoire par lot homogène, l'analyse de chaque lot constitué pour définition des exutoires appropriés et leur transport en camion semi-remorque bâché.</p> <p>Les seuils de coupure fixés en bords et fonds de fouilles sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - HCV et BTEX de B2-S8 : seuils respectifs de 1 et 7 mg/kg, - 1,1,1-TCA de B4-S4 : seuil à 3 mg/kg.
<p>TRAVAUX DE DEPOLLUTION</p>	<p>Les travaux de dépollution se sont déroulés entre janvier et avril 2021. Ils ont consisté en l'excavation des sols sur les deux sources de pollutions concentrées.</p> <p>Les quantités de terres polluées impactées sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Source B2-S8 : 2129,20 tonnes représentant environ 1521 m³, - Source B4-S4 : 593,60 tonnes représentant environ 418 m³. <p>Pour la source B2-S8, l'ensemble des ouvrages a été démantelé en même temps que l'excavation des sols.</p> <p>Les sources ont été remblayées avec des matériaux d'apports inertes et des remblais du site.</p>
<p>MISSION B330 : ASSISTANCE AUX OPERATIONS DE RECEPTION</p>	<p>Dans le cadre de l'exécution du plan de gestion, DEKRA a effectué le contrôle des bords et fond de fouille de chaque emprise terrassée.</p> <p>Les objectifs de dépollution ont été atteints pour la source B4-S4.</p> <p>Pour la source B2-S8, des pollutions résiduelles avec des concentrations en HCV et BTEX supérieures aux seuils de dépollution ont été observées compte tenu des limites techniques rencontrées (conservation de certains bâtiments et arrivées d'eau en fond de fouille).</p> <p>Une ARR (Analyse de Risques Résiduels) a été réalisée pour valider les travaux effectués et l'absence de risques sanitaires associés à ce résiduel en parois et fond de fouille.</p>
<p>ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES</p>	<p>L'ARR a été réalisée conformément à la démarche nationale développée dans la note ministérielle du 19 avril 2017.</p> <p>Les hypothèses suivantes ont été retenues pour bâtir le modèle :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Prise en compte de l'usage futur selon les plans du projet ACC (version du 23 mars 2021) au droit des deux sources traitées, - La prise en compte des prélèvements de contrôle réalisés en parois et fond de chaque fouille. - L'absence d'usage d'eaux souterraines sur site, et de culture de végétaux. <p>Dans ce scénario, l'exposition aux polluants présents dans les sols se limite à l'inhalation de vapeurs de polluants en atmosphère extérieure et intérieure.</p> <p>Les calculs réalisés et l'analyse des incertitudes ont conclu que les risques sanitaires sont acceptables.</p>
<p>RECOMMANDATIONS</p>	<p>Sur la base des hypothèses retenues, le site apparaît compatible avec l'usage retenu.</p> <p>Toutefois, en présence d'impacts résiduels dans les sols de la source B2-S8, nous recommandons dans le cadre des futurs projets d'aménagement :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'installation de canalisation d'eau potable en matériaux insensibles à la perméation de polluants (en acier ou multicouches), - De maintenir sous revêtement étanche les pollutions résiduelles, - Si ces revêtements devaient être retirés, de procéder à l'évacuation des terres ou de mettre à jour les calculs de risques et plan de gestion, - En cas de modification du projet, de mettre à jour l'ARR, - De poursuivre la surveillance de la qualité des eaux souterraines à fréquence semestrielle avec l'analyse des métaux, HCV, HCT, BTEX, COHV, HAP, <p>Conformément au Plan de Gestion, des sources concentrées confinées sous dallage ont été maintenues. La définition des restrictions d'usage au droit de ces sources et des impacts résiduels sur B2-S8 est un livrable en cours de réalisation.</p>

RESUME NON-TECHNIQUE DE L'ETUDE

Le site de la Française de Mécanique de Douvrin a engagé des travaux de dépollution dans l'emprise des terrains objet de la cessation partielle d'activité. Il existe d'autres sources de pollutions qui n'ont pas été traitées et qui resteront confinées sous les revêtements de surface.

Les travaux de dépollution et de démantèlement des ouvrages ont été confiés à l'entreprise COLAS. Le suivi des travaux de dépollution a été confié à DEKRA INDUSTRIAL SAS.

Les objectifs de dépollution ont été atteints pour la source B4-S4. Pour la source B2-S8, compte tenu de limites techniques, tous les impacts n'ont pu être retirés. Il existe des impacts résiduels, mais une analyse de risque a démontré que pour le projet d'aménagement futur, les risques d'exposition aux impacts résiduels sont acceptables.

Pour garantir dans le temps la compatibilité d'usage il est recommandé de poursuivre la surveillance de la qualité des eaux souterraines et de mettre à jour les études réalisées en cas de modification du projet, notamment vis-à-vis des sources non traitées.



IDENTIFICATION

DONNEUR D'ORDRE	PSA Automobiles SA 2-10 Boulevard de l'Europe 78 092 POSSY		
INTERLOCUTEUR	Sébastien MUSSA PERETTO Pôle Industriel Nord Chargé d'Affaires Environnement Projets Industriels Courriel : sebastien.mussaperetto@stellantis.com Tel : 06 09 38 30 04		
SITE A L'ETUDE	USINE FRANCAISE DE MECANIQUE de DOUVRIN – FRANCAISE DE MECANIQUE 900 avenue de Paris 62138 DOUVRIN		
TYPE D'ETUDE	Contrôle des travaux de dépollution et Analyse des Risques Résiduels		
MISSIONS (SELON NFX-31620 2&3)	B330 et A320		
N° D'AFFAIRE	53435594		
MOTS CLES	Dépollution, Automobile		
VERSIONS	V0_1	28/04/2021	Création du document
	V0_2	11/05/2021	Selon retour client du 03/05/2021
	V1	26/05/2021	Selon retour client du 26/05/2021
SOUS-TRAITANCE	EUROFINS (analyses en laboratoire) 5 rue d'OSTERSWILLER 67 701 SAVERNE		
CHEF DE PROJET	THIBAUT Emmanuel	Visa : 	
INGENIEUR D'ETUDE A320	DERIEPPE Sibylle	Visa : 	
SUPERVISEUR	GAULME Marie	Visa : 	

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	10
1.1	Contexte	10
1.2	Limites de l'étude et méthodologie	10
1.3	Sources d'information consultées	11
2	SITE D'ETUDE	12
2.1	Localisation du site	12
2.2	Projet d'aménagement de l'emprise des terrains PSA CEDES	13
3	RAPPEL DES OBJECTIFS DE DEPOLLUTION	14
3.1	Synthèses des sources de pollutions identifiées	14
3.2	Objectifs de dépollution	15
3.2.1	Source B2-S8.....	15
3.2.2	Source B4-S4.....	16
4	TRAVAUX DE DEPOLLUTION	18
4.1	Organisation du chantier	18
4.2	Organisation des travaux	18
4.3	Préparation et démarches préalables à l'intervention	19
5	MISSION B330 : ASSISTANCE AUX OPERATIONS DE RECEPTION	20
5.1	Contrôle des bords et fonds de fouille	20
5.1.1	Méthodologie.....	20
5.1.2	Source B4-S4.....	20
5.1.3	Source B2-S8.....	22
5.2	Campagne de prélèvements de gaz du sol	25
5.2.1	Protocole d'échantillonnage des gaz du sol.....	26
5.2.2	Réalisation des blancs de terrain et de transport.....	27
5.2.3	Conditionnement des échantillons.....	27
5.2.4	Données météorologiques.....	27
5.2.5	Programme analytique.....	28
5.2.6	Choix des valeurs de référence.....	28
5.2.7	Résultats des analyses.....	28
5.3	Remblaiement	31
5.3.1	Matériaux de carrière autorisée.....	31
5.3.2	Sols inertes des emprises excavées.....	31
5.3.3	Sols provenant de chantier COLAS.....	32
5.3.4	Sols provenant du site PSA.....	32
5.3.5	Bilan des éliminations et traçabilité.....	32
6	SCHEMA CONCEPTUEL ACTUALISE	33
6.1.1	Milieux d'exposition.....	35
6.1.2	Synthèse des voies de transfert et nature des expositions.....	36
7	MISSION A320 : ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS	38
7.1	Principes de l'ARR	38
7.1.1	Nature et objectifs de la mission.....	38
7.1.2	Principes de l'ARR.....	39
7.1.3	Démarche.....	39
7.1.4	Limite de l'étude.....	40
7.2	Collecte et analyse des données	40
7.2.1	Scénario modélisé.....	40
7.2.2	Caractéristiques des sols.....	42
7.2.3	Caractéristiques des matériaux d'apport.....	44
7.2.4	Substances présentes dans l'environnement.....	45
7.2.5	Voies de transfert.....	51
7.2.6	Milieux et voies d'exposition.....	51



7.2.7	Schéma conceptuel ARR	52
7.3	Evaluation des dangers	53
7.3.1	Principe de l'évaluation des dangers	53
7.3.2	Toxicologie des substances	53
7.3.3	Propriétés physico-chimiques des substances	54
7.3.4	Sélection des substances retenues	55
7.3.5	Concentrations retenues	56
7.4	Evaluation des expositions	60
7.4.1	Définition des concentrations d'exposition	60
7.4.2	Evaluation liée à l'inhalation de vapeurs	61
7.4.3	Valeurs des paramètres d'exposition des cibles	61
7.4.4	Valeurs des paramètres de modélisation	62
7.5	Caractérisation des risques	65
7.5.1	Principes de l'évaluation	65
7.5.2	Résultats des concentrations de polluants dans l'air	66
7.5.3	Résultats de la caractérisation des risques – Cible B2-S8	67
7.5.4	Résultats de la caractérisation des risques – Cible B4-S4	70
7.6	Analyse des incertitudes	71
7.6.1	Scénario modélisé	71
7.6.2	Choix des substances	72
7.6.3	Concentrations retenues	73
7.6.4	Toxicité des composés	74
7.6.5	Paramètres d'exposition	74
7.6.6	Paramètres relatifs à la modélisation	75
7.6.7	Caractéristiques du bâti	75
7.6.8	Caractéristiques des sols	76
7.6.9	Influence sur les risques estimés	76
7.7	Conclusion de l'ARR	77
8	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	78
8.1	Conclusions	78
8.2	Recommandations	79
9	LIMITES ET INCERTITUDES DE LA MISSION – JUSTIFICATION DES ECARTS	80
9.1	Incertitudes liées aux investigations	80
9.2	Incertitudes liées aux résultats d'analyses	80
9.3	Autres limites ou incertitudes	80
9.4	Justification des écarts	80



TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des documents consultés.....	11
Tableau 2 : Parcelles cadastrales.....	12
Tableau 3 : Sources de pollution identifiées	14
Tableau 4 : Estimation des surfaces et volumes de terres à traiter de B2-S8	15
Tableau 5 : Estimation des surfaces et volumes de terres à traiter de B4-S4	16
Tableau 6 : Organisation des travaux.....	18
Tableau 7 : Organisation des travaux et répartition des missions	19
Tableau 8 : Normes analytiques	20
Tableau 9 : Caractéristiques des sondages autour de BF11	23
Tableau 10 : Résultats d'analyses dans les sondages autour de BF11	25
Tableau 11 : Volumes de gaz du sol prélevés	26
Tableau 12 : Données météorologique lors des prélèvements.....	27
Tableau 13 : Programme analytique – gaz du sol	28
Tableau 14 : Résultats d'analyses – gaz du sol B2-S8.....	28
Tableau 15 : Bilan des éliminations	32
Tableau 16 : Voies d'exposition sur site	36
Tableau 17 : Analyses complémentaires sur brut : granulométrie des terrains en place.....	43
Tableau 18 : Analyses complémentaires sur brut : COT.	44
Tableau 19 : Analyses complémentaires sur brut : granulométrie des matériaux d'apport.....	45
Tableau 20 : Fouille S2-B8 - Analyses de FF et BF.....	46
Tableau 21 : Fouille S2-B8 - Analyses de sols au voisinage de BF11.....	46
Tableau 22 : Fouille S4-B4 - Analyses de FF et BF.....	47
Tableau 23 : Qualité de la nappe en amont des zones traitées (PZ30).....	49
Tableau 24 : Qualité de la nappe en aval des zones traitées (PZ28 et PZ31).....	50
Tableau 25 : Récapitulatif des voies d'exposition potentielles.	51
Tableau 26 : Concentrations retenues au droit de B2-S8 (source résiduelle).	58
Tableau 27 : Concentrations retenues au droit de B4-S4 (source résiduelle).	59
Tableau 28 : Valeur des paramètres d'exposition pour les cibles étudiées.	61
Tableau 29 : Valeurs des paramètres pour la modélisation du dégazage – B2-S8.	64
Tableau 30 : Valeurs des paramètres pour la modélisation du dégazage – B4-S4.	65
Tableau 31 : Résultats des concentrations de polluant dans l'air.	67
Tableau 32 : Résultats de la caractérisation des risques – Cible B2-S8.	68
Tableau 33 : Résultats de la caractérisation des risques – Cible B4-S4.	70
Tableau 34 : Analyse des incertitudes – Configuration Fond de fouille.	72
Tableau 35 : Analyse des incertitudes – Concentrations maximales en BTEX.	73



FIGURES

Figure 1 : B2-S8 emprise à dépolluer (impacts en BTEX et HCV).....	16
Figure 2 : Source B4-S4 emprise à dépolluer (TCA)	17
Figure 3 : Concentrations résiduelles sur B4-S4	21
Figure 4 : Concentrations résiduelles de B2-S8 après travaux.....	23
Figure 5 : Localisation des sondages autour de BF11 (B2-S8)	24
Figure 7 : Dispositif de prélèvement d'air du sol (piézair)	26
Figure 7 : B2-S8 concentrations résiduelles dans les sols et les gaz du sol.....	30
Figure 8 : Emprise B4-S4 dépolluée sur fond de plan projet ACC.....	33
Figure 9 : Emprise B2-S8 dépolluée sur fond de plan projet ACC.....	34
Figure 10 : Schéma conceptuel mis à jour	37
Figure 11 : Triangle des textures.	43
Figure 12 : Sens général d'écoulement de la nappe et localisation des piézomètres (source : DEKRA, 2017).	48
Figure 13 : Schéma conceptuel retenu pour l'ARR.....	52
Figure 14 : Représentation schématique du dégazage à partir des bords de fouille ou du fond de fouille.	62
Figure 15 : Configuration modélisée sur B2-S8.	63
Figure 16 : Contributions des voies d'exposition et des substances aux risques totaux.....	69
Figure 17 : Contributions des substances aux risques totaux – B4-S4.....	70

ANNEXES

Annexe 1 : Carte de localisation, photographie aérienne actuelle
Annexe 2 : Plan de masse du projet ACC (version du 23/03/2021)
Annexe 3 : Localisation des sources de pollutions concentrées
Annexe 4 : Mise à jour de l'emprise à dépolluer sur B4-S4
Annexe 5 : CAP
Annexe 6 : Compte rendu d'analyse
Annexe 7 : Fiche de prélèvement des gaz du sol et bordereaux d'analyses
Annexe 8 : Fiches, informations et résultats des analyses sur les matériaux utilisés en remblai
Annexe 9 : Résultats d'analyses des terres utilisées en remblai
Annexe 10 : Coupes de remblaiement COLAS
Annexe 11 : Bordereaux de suivi de déchets
Annexe 12 : Evaluation des dangers
Annexe 13 : Détails des calculs de l'ARR

LEXIQUE

ASPITET : Référentiel national pour comprendre la répartition tridimensionnelle des éléments traces (teneurs totales en Cd, Cr, Co, Cu, Ni, Pb, Tl, Zn) dans les sols, en fonction des matériaux parentaux et des types pédogénétiques

BASIAS : base de données nationale des anciens sites industriels et d'activités de services, en activité ou non, ayant pu occasionner une pollution des sols. Cette base de données est gérée par le BRGM

BASOL : la base de données nationale des sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics à titre préventif ou curatif. Cette base de données est gérée par le BRGM

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

RUP : Restriction d'Usage entre Parties

ETM : éléments traces métalliques (Cd : cadmium ; Cr : chrome ; Cr VI : chrome hexavalent ; Cu : cuivre ; Hg : mercure ; Ni : nickel ; Pb : plomb ; Zn : zinc)

HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques

HCT : hydrocarbures totaux C10-C40

HCV : hydrocarbures volatils C5-C10

BTEX : benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes totaux

COHV : composés organo halogénés volatils (solvants chlorés)

PCE : perchloroéthylène (ou tétrachloroéthylène)

PCB : polychlorobiphényles

1,1,1-TCA : 1,1,1-trichloroéthane

COV : composé organique volatil

DREAL : Direction Régional de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

EPA : Environmental Protection Agency ; agence de protection de l'environnement des États-Unis

ICPE : installation classée pour la protection de l'environnement (Livre V, Titre I, art. L 511-1 du Code de l'environnement)

IGN : Institut Géographique National

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

ISDI : installation de stockage de déchets inertes

ISDND : installation de stockage de déchets non dangereux

PID : Photo Ionization Detector

ppm : partie par million



1 INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

Dans le cadre de la valorisation des actifs et du foncier immobilier, la Française de Mécanique site de Douvrin va céder une partie de ses terrains de la zone sud. Dans cette emprise, qui comprend plusieurs bâtiments qui vont être démolis (2, 4, 6 et 7), onze sources de pollution ont été identifiées lors d'études précédentes. Un Plan de Gestion, réalisé par DEKRA INDUSTRIAL (USINE_DOUVRIN_UFM_20200617_PG_zone_sud_V1) a conclu à la nécessité de retirer deux sources concentrées (B2-S8 et B4-S4) et de maintenir sous revêtement étanche les neuf autres sources de pollution.

Ainsi, conformément au Plan de Gestion n°USINE_DOUVRIN_UFM_20200617_PG_zone_sud_V1, et au titre de la cessation des activités classées, le site de la Française de Mécanique de Douvrin a engagé des travaux de suppression de deux sources de pollutions concentrées de sol dans l'emprise des terrains concernés. PSA a donc confié à DEKRA Industrial SAS, le suivi de l'exécution des recommandations du plan de gestion et ainsi garantir la remise en état en adéquation avec les obligations de la Française de mécanique.

1.2 LIMITES DE L'ETUDE ET METHODOLOGIE

L'étude réalisée correspond à une mission codifiée B330 selon la norme NF X 31-620-3 portant sur les prestations de services relatives aux sites et sols pollués.

Dans le cadre de la présente mission, DEKRA a réalisé les prestations suivantes :

- Participation aux réunions de chantier,
- Rédaction des comptes rendus d'analyses,
- Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols (mission A200 de la NF X31-620-2),
- Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol (mission A230 de la NF X31-620-2),
- Interprétation des résultats des investigations (mission A270 de la NF X31-620-2),
- Analyse des enjeux sanitaires (mission A320 de la NF X31-620-2).

Conformément à notre offre 2020-B935-5268v1, elle n'inclut pas :

- L'établissement d'un constat de fin de chantier actant de la démobilisation des matériels et installations, et de l'état du site à la fin du chantier ;
- L'établissement des réserves, puis leur levée si certaines dispositions prévues au marché n'ont pas été respectées ;
- La validation du rapport de fin de travaux établi par le prestataire en charge de l'exécution des travaux (C400 dans la norme NF X 31-620-4) ;
- La vérification et la validation du projet de décompte final présenté par le prestataire en charge de l'exécution des travaux ;
- L'élaboration du décompte général définitif pour présentation au donneur d'ordre pour règlement du solde ;
- Les éléments destinés à élaborer le dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO).



L'étude a été élaborée selon le référentiel méthodologique en vigueur, notamment le cadre fixé par la circulaire du 8 février 2007, révisée par la note ministérielle du 19 avril 2017 définissant les modalités de gestion et de réaménagement de sites pollués et à la norme NFX 31-620-2 et 3 « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués (études, ingénierie, réhabilitation de sites pollués et travaux de dépollution) » de l'AFNOR.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur les conditions du site telles qu'observées lors des visites et sur les informations disponibles lors de sa réalisation.

Toutes les informations et résultats obtenus au cours de ces différentes phases sont synthétisés dans le présent document. Ce dernier conclut quant à la compatibilité du sous-sol avec l'usage industriel.

1.3 SOURCES D'INFORMATION CONSULTÉES

Les organismes, personnes ou bases de données consultés pour l'élaboration du présent document sont détaillés dans le tableau suivant.

N° DE DOCUMENT	SOURCE DE L'INFORMATION	DATE DE CONSULTATION	TYPE D'ETUDE
Documents ou sites internet consultés			
1	Rapport DEKRA (mission EVAL PHASE 1) USINE_DOUVRIN_UFM_20170615_DE_Phase I_V1_périmètre 2017 du 15 juin 2017	Avril 2021	Données historiques, documentaires et mémorielles
2	Rapport DEKRA (mission EVAL PHASE 2) USINE_DOUVRIN_UFM_20170626_DE_Phase II_V0_4_périmètre 2017 du 26 juin 2017	Avril 2021	Résultats des investigations sur les sols, les gaz du sol et les eaux souterraines
3	Rapport DEKRA (mission EVAL PHASE 3) USINE_DOUVRIN_UFM_20180228_DE_Phase III_zone_sud_V0_2_périmètre 2017	Avril 2021	Définition des sources de pollutions concentrées
4	Rapport DEKRA (mission PG) USINE_DOUVRIN_UFM_20200617_PG_ _zone_sud_V1	Avril 2021	Plan de gestion des sources concentrées
5	DOE COLAS (ensemble de plusieurs documents qui ne constituent pas un livrable : résultats analyses, plans, BSD, etc.)	Avril 2021	Dossier de récolement de fin de travaux

Tableau 1 : Liste des documents consultés

2 SITE D'ETUDE

2.1 LOCALISATION DU SITE

L'usine Française de Mécanique est un vaste site industriel d'une superficie totale de l'ordre de 150 hectares, localisé 900 avenue de Paris à Douvrin (62).

L'environnement immédiat de la zone sud est le suivant :

Zone Sud – bâtiments 2, 4, 6 et 7 (superficie de 335 710 m²) :

- Au nord, les bâtiments 1, 3 et 5 ;
- À l'ouest, une route d'accès, le boulevard Sud et la Zone Ouest au-delà ;
- À l'est, la route nationale N47 et des entreprises au-delà ;
- Au sud, le bâtiment 8 (ancien bâtiment PSA déjà cédé).

Le terrain est plat, l'altitude moyenne est de + 23 m NGF.

Les coordonnées géographiques du centroïde de l'usine, en Lambert 93 sont les suivantes :

X (Est) : 689 072 m

Y (Nord) : 7 047 019 m

L'usine FRANCAISE DE MECANIQUE est délimitée à 50 m de ses limites extérieures par :

- Au nord, le canal d'Aire, et au-delà par des habitations (commune de Salomé) et des champs cultivés,
- Au sud, des bâtiments industriels (entrepôts), le boulevard Sud et au-delà par des habitations (cité du Maroc),
- À l'est, la route nationale N47 et des entreprises au-delà,
- À l'ouest, des bâtiments industriels.

Les premières habitations avec jardins et potagers sont localisées à environ 150 m au nord, 150 m au sud, 170 m au sud-est, et 320 m à l'est de la zone d'étude.

Toutes les parcelles du site Française de Mécanique ne sont pas concernées par le périmètre d'étude. Les parcelles concernées par les travaux de dépollution sont données dans le tableau ci-dessus.

COMMUNE	SECTION CADASTRALE	NUMERO DE PARCELLE	SUPERFICIE (EN M ²)	BATIMENTS INCLUS DANS LES PARCELLES
Billy-Berclau	AS	402	519 723	Bâtiments 2, 4, 6, 7
Douvrin	AD	690	476 057	Ancien bâtiment1, bâtiment 2

Tableau 2 : Parcelles cadastrales

Cf. Annexe 1 : Carte de localisation, photographie aérienne actuelle



2.2 PROJET D'AMENAGEMENT DE L'EMPRISE DES TERRAINS PSA CEDES

Les terrains de la zone sud seront cédés à ACC. De nouveaux bâtiments vont être construits pour la fabrication de batteries électriques.

Pour cela, les bâtiments 4 et 7 seront démolis partiellement, mais les dalles existantes seront conservées.

Le plan du projet est présenté en Annexe 2.

3 RAPPEL DES OBJECTIFS DE DEPOLLUTION

3.1 SYNTHESSES DES SOURCES DE POLLUTIONS IDENTIFIEES

Les sources de pollutions identifiées dans l'emprise de la Française de Mécanique concernée par une cession est reprise dans le tableau suivant.

Les sources de pollutions dites concentrées sont surlignées en gris.

n° de bâtiment	n° source	impacts mesurés et concentration maximale (en mg/kg)	profondeur d'impact en m / sol	typologie de pollution	source de pollution concentrée	justification
2	B2-S1	1,1,1-TCA (3,1)	0,3-1,7	impact circonscrit	non	concentration peu significative, impact dans remblai limité à un sondage, source confinée sous dalle béton
	B2-S2	1,1,1-TCA (9,4)	0,3-2	impact circonscrit	non	concentration peu significative, impact dans remblai limité à un sondage, source confinée sous dalle béton
	B2-S3	1,1,1-TCA (71)	0,3-1,7	pollution dans remblai	oui	concentration significative – source confinée sous dalle béton
	B2-S4	1,1,1-TC (0,96) HCT (2800)	0,3- 2	impact circonscrit	non	concentration peu significative - source confinée sous dalle béton
	B2-S5	HCV (5800)	0,3-2	impact circonscrit	oui	concentration significative – source confinée sous dalle béton
	B2-S6	1,1,1-TCA (7,8)	0,3-1,2	impact circonscrit	non	concentration peu significative - source confinée sous dalle béton
	B2-S7	1,1,1-TCA (3,1)	0,3-1,8	impact circonscrit	non	concentration peu significative - source confinée sous dalle béton
	B2-S8	BTEX (52) HCV (120)	1,5-5,5	impact au voisinage des cuves enterrées de carburant	oui	concentrations significatives y compris dans les sols de la zone saturée
4	B4-S1	1,1,1-TCA (120)	0,3-1,5	pollution dans remblai	oui	concentration significative – source confinée sous dalle béton
	B4-S2	1,1,1-TCA (15)	0,3-1,5	pollution diffuse dans remblai	non	concentration peu significative - source confinée sous dalle béton
	B4-S3	1,1,1-TCA (7,1)	0,3-2	pollution diffuse dans remblai	non	concentration peu significative - source confinée sous dalle béton
	B4-S4	HCT (1200) 1,1,1-TCA (19)	0,2-2,4	pollution dans remblai	oui	concentration significative une partie de la source est en extérieure dans une zone de sol nu
6	B6-S1	HCT (15 000)	0,2-1	impact circonscrit	oui	concentration significative – source confinée sous dalle béton
	B6-S2	PCE (12) HCT (12 000)	0,2-3,7	impact circonscrit	oui	concentration significative – source confinée sous dalle béton
	B6-S3	HCT (37 000)	0,25-2	source non délimitée (présence réseau enterrée et zone sur rétention étanche)	oui	concentration significative – source confinée sous dalle béton
	B6-S4	1,1,1-TCA (28)	0,2-1,4	pollution dans remblai	oui	concentration significative – source confinée sous dalle béton
7	B7-S1	HCT (12 000)	1,2-2	impact circonscrit	oui	concentration significative – source confinée sous dalle béton
	B7-S2	HCT (11 000)	0,3-1,5	impact circonscrit	oui	concentration significative – source confinée sous dalle béton

XX : sources de pollution concentrée

Tableau 3 : Sources de pollution identifiées



Le Plan de Gestion a défini en principe de gestion :

- Le traitement de la source B2-S8 qui a atteint la nappe souterraine et qui se situe au voisinage des installations de carburants qui doivent être démantelées dans le cadre de l'arrêt des installations classées,
- Le traitement de la source B4-S4 qui se situe pour partie dans une zone de sol nu (avec risque de transfert de pollution vers la nappe),
- Pour toutes les autres sources, le maintien du confinement des sources concentrées sous les revêtements étanches à travers une RUP (Restriction d'Usage entre Parties).

Ces principes de gestion ont été validés d'un point de vue sanitaire pour un usage industriel.

La localisation des sources de pollution est présentée en Annexe 3.

3.2 OBJECTIFS DE DEPOLLUTION

3.2.1 SOURCE B2-S8

La source B2-S8 concerne une pollution des sols en HCV et BTEX. Les objectifs de dépollution ont été définis en cohérence avec le démantèlement programmé des installations de carburants à l'origine de la source de pollution des sols. Trois emprises à traiter ont été retenues.

horizon concerné (en m / sol)	surface (en m ²)	volume en m ³		quantité (en tonne)		gamme de concentration (en mg/kg)
		fourchette basse (volume des cuves retiré sur la base de 6 cuves de 20 m ³ chacune : en attente de confirmation client)	fourchette haute	fourchette basse	fourchette haute	
1,5-3	610	795	915	1272	1464	BTEX : 7-52
3-5	380	640	760	1024	1216	BTEX : 7 - 17 HCV : 10 - 120
5-5,5	120	60	60	96	96	HCV : 10 - 60
Total		1495	1735	2392	2776	

Tableau 4 : Estimation des surfaces et volumes de terres à traiter de B2-S8

Les seuils de dépollution des sols sont les suivants :

- BTEX : 7 mg/kg
- HCV : 1 mg/kg.

La technique de dépollution retenue est l'excavation des sols puis l'élimination en biocentre ; les travaux devant être effectués en même temps que le retrait des installations de carburants, à l'origine des impacts.



Figure 1 : B2-S8 emprise à dépolluer (impacts en BTEX et HCV)

3.2.2 SOURCE B4-S4

La source B4-S4 est une source de pollution de sol par des COHV (1,1,1-TCA). En phase préparatoire, une erreur de retranscription d'un résultat d'analyse de sol figurant dans le plan de gestion a été observée. Une mise à jour de l'emprise à dépolluer a donc été effectuée à partir des méthodes de détermination des sources concentrées utilisées dans le Plan de gestion (bilan massique et analyse statistique). Elle est présentée en Annexe 4.

Les caractéristiques de l'emprise à dépolluer sont données dans le tableau suivant.

maille	horizon à traiter (en m)	épaisseur en m	surface en m ²	volume de sol en m ³	poids (en t)	gamme de concentration en 1,1,1-TCA (en mg/kg)
7	0,2-1,6 (remblai)	1,4	172	240,8	385,28	0,04-19
8	0,2-1,4 (remblai)	1,2	160	192	307,2	
9	0,3-1 (remblai)	0,7	75	52,5	84	
13	0-1,2 (remblai)	1,2	60	72	115,2	
Total				557	892	

Tableau 5 : Estimation des surfaces et volumes de terres à traiter de B4-S4

Le seuil de dépollution des sols pour le 1,1,1-TCA est de 3 mg/kg (inchangé). La technique de dépollution retenue est l'excavation des sols puis l'élimination hors site des terres.

L'emprise à dépolluer est la suivante.

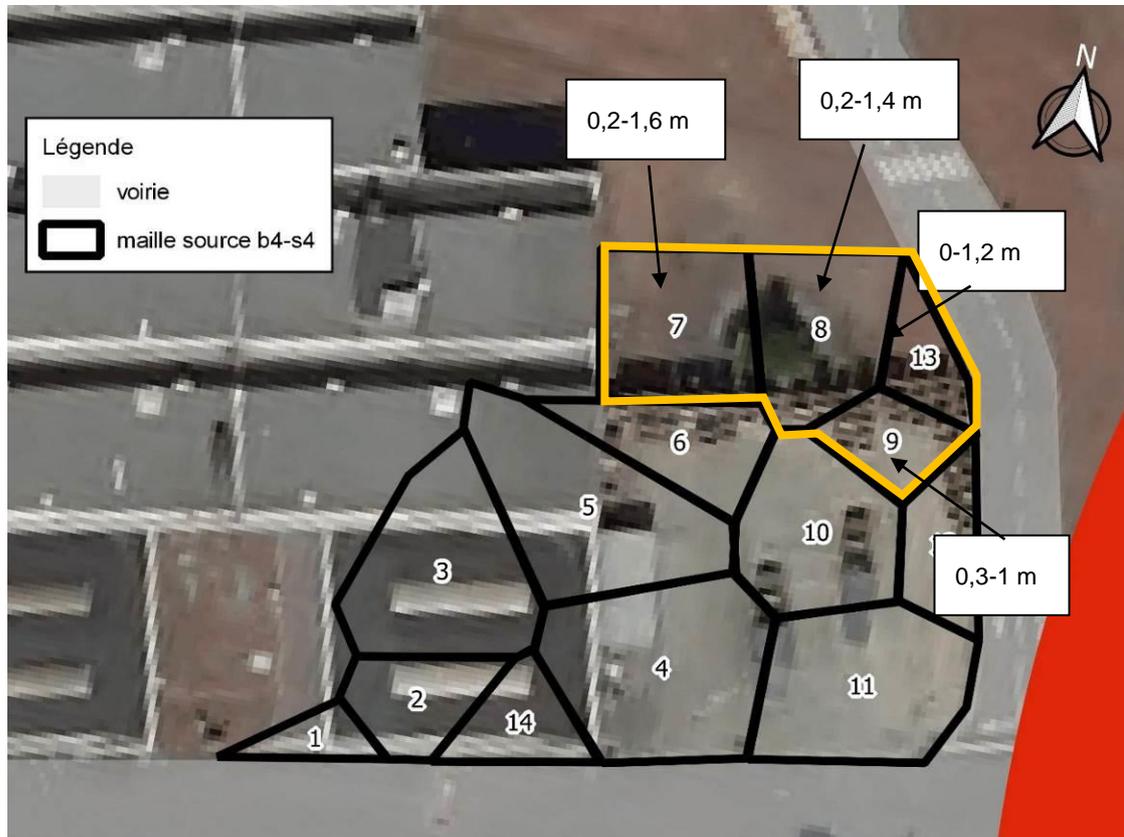


Figure 2 : Source B4-S4 emprise à dépolluer (TCA)

4 TRAVAUX DE DEPOLLUTION

4.1 ORGANISATION DU CHANTIER

Les entreprises concernées par le marché de travaux sont les suivantes.

Entreprise	Statut	Interlocuteurs
USINE FRANCAISE DE MECANIQUE de DOUVRIN – FRANCAISE DE MECANIQUE Zone sud ZI Artois Flandres 602 boulevard Sud 62138 DOUVRIN	Maîtrise d'Ouvrage	Sébastien MUSSA PERETTO Pôle Industriel Nord Chargé d'Affaires Environnement Projets Industriels Courriel : sebastien.mussaperetto@mpsa.com Tel : 06 09 38 30 04
DEKRA Industrial SAS 39, rue Raymond Aron 76130 Mont Saint Aignan	BET dépollution	Emmanuel THIBAUT 06 16 22 65 43 emmanuel.thibault@dekra.com
COLAS 16, rue Montaigne 62670 MAZINGARBE	Entreprise titulaire	Laëtitia DELEURENCE 06 60 42 07 50 laetitia.deleurence@colas.com Franck LEROUX 06 61 35 75 81 franck.leroux@colas.com Arnaud CRETON arnaud.creton@colas.com
DEKRA Industrial SAS	Coordinateur sécurité	Nathanaëlle ROTH 06 20 05 37 56 nathanaelle.roth@ext.mpsa.com

Tableau 6 : Organisation des travaux

4.2 ORGANISATION DES TRAVAUX

La consultation et l'analyse des offres ont été effectuées par PSA. Les missions réalisées par COLAS sont les suivantes :

- La préparation administrative et technique du chantier avec l'émission des DICT, l'obtention des CAP,
- L'excavation des sols impactés,
- Le retrait des installations de carburants (pour B2-S8),
- Le stockage sur aire de stockage des matériaux excavés avec prélèvements et analyses de sol pour la recherche d'exutoire,
- Le transport des terres polluées vers les exutoires retenus en camions semi-remorques bâchés,
- La recherche de matériaux de remblais,
- Les relevés géométriques,
- Le remblaiement des fouilles.



Les missions confiées à DEKRA INDUSTRIAL SAS dans le cadre du suivi des travaux sont les suivantes :

- Le prélèvement d'échantillons dans les lots de terres stockées, dans les bords et fond de fouille, et dans les zones de vigilance,
- La participation aux réunions de travaux,
- La rédaction de compte rendu d'analyses,
- Une analyse des risques résiduels,
- La rédaction d'un rapport de fin de travaux.

Les missions non suivies par DEKRA sont les suivantes : validation des exutoires, des protocoles travaux, des matériaux à réutiliser en remblai, suivi des travaux, chargement des terres et signature des BSD, remblaiement.

Le détail de l'organisation du chantier est la suivante.

Phase	Opération	Réalisation
1	Implantation des emprises à terrasser	COLAS
2	Excavation des terres et stockage sur aire provisoire.	COLAS
3	Prise d'échantillon dans les lots constitués pour analyses	COLAS
4	Détermination des exutoires pour les lots constitués	COLAS
5	Chargement des terres et signature des BSD	COLAS
6	Prise d'échantillon en bord et fond de fouille pour analyses 24h. Rédaction d'un compte rendu d'analyses pour définition des actions à engager : <ul style="list-style-type: none"> - si résultats inférieurs aux seuils de dépollution : travaux réceptionnés - si résultats supérieurs : reprise des terrassements 	DEKRA
7	Relevé géomètre pour chaque source réceptionnée	COLAS

Tableau 7 : Organisation des travaux et répartition des missions

4.3 PREPARATION ET DEMARCHES PREALABLES A L'INTERVENTION

Préalablement à l'intervention, COLAS a établi les formalités d'acceptation (Certificats d'Acceptation Préalables – CAP) auprès de filières de traitement autorisées et réalisé toutes les démarches d'acceptation, de planification des évacuations (passation des contrats avec les sous-traitants).

Les filières retenues sont les suivantes.

- Biocentre Baudalet Matériaux – Rue de la Rache à HAUBOURDIN (59)
- ISDI Baudalet Matériaux – Rue de la Rache à HAUBOURDIN (59)

Les CAP sont donnés en Annexe 5.



5 MISSION B330 : ASSISTANCE AUX OPERATIONS DE RECEPTION

5.1 CONTROLE DES BORDS ET FONDS DE FOUILLE

5.1.1 METHODOLOGIE

Les travaux de dépollution ont débuté en janvier 2021 et se sont terminés en avril 2021. Pour les sources B2-S8 et B4-S4, les sols impactés ont été excavés selon les emprises à traiter définies dans le Plan de Gestion et modifiées (B4-S4). A l'issue d'une phase d'excavation, DEKRA a effectué le contrôle des bords et fonds de fouilles. Différentes campagnes de prélèvements ont été réalisées, et à l'issue de chacune d'elle un compte rendu a été remis à PSA pour proposer les suites à donner (cf. Annexe 6 : Compte rendu d'analyse).

Lors de chaque intervention, les prélèvements ont été effectués à l'aide d'une spatule directement sur les parois et les fonds de fouilles. Des échantillons moyens ont été constitués par la méthode des quartages à partir de plusieurs échantillons unitaires de chaque bord et fond de fouille.

Les échantillons prélevés ont été conditionnés dans des bocaux en verre de qualité laboratoire et maintenus en glacière réfrigérée jusqu'à leur arrivée au laboratoire par transporteur. Les échantillons ont été expédiés le jour des prélèvements pour analyses en 24h.

Les analyses ont été réalisées, en sous-traitance de DEKRA INDUSTRIAL SAS, par le laboratoire EUROFINs, accrédité COFRAC pour l'analyse des matrices solides. Les normes analytiques suivies sont listées dans le tableau ci-dessous.

Paramètres	Méthode	Contenu
Matières sèches	NF ISO 11465	-
HC C5-C10 (Hydrocarbures volatils)	NF EN ISO 16558-1	Découpage par tranches : C5-C8, C8-C10
HCT C10-C40	NF-EN-ISO 16703	Somme des fractions C10-C40 et répartitions des fractions C10-C16, C16-C22, C22-C30 et C30-C40
BTEX	NF EN ISO 22155	Benzène, Toluène, Ethylbenzène, m+p-Xylène, o-xylène, styrène
COHV	NF EN ISO 22155	<u>19 composés</u> : 1,2-dichloroéthane, 1,1-dichloroéthène, 1,1-dichloroéthane, cis-1,2-dichloroéthène, trans 1,2-dichloroéthylène, dichlorométhane, tétrachloroéthylène, tétrachlorométhane, 1,1,1-trichloroéthane, 1,1,2-trichloroéthane trichloroéthylène, chloroforme, chlorure de vinyle, bromoforme, bromochlorométhane, dibromométhane, bromodichlorométhane, dibromochlorométhane, 1,2-dibromoéthane

Tableau 8 : Normes analytiques

Les résultats obtenus pour chaque source sont donnés dans les paragraphes suivants.

5.1.2 SOURCE B4-S4

Deux phases de terrassement ont été nécessaires pour retirer intégralement l'emprise impactée et atteindre les objectifs de dépollution. Les bords et fonds de fouilles ont été réceptionnés sur une profondeur conforme au prévisionnel et une surface plus importante.



Au total 593,60 tonnes de terres impactées ont été éliminées, soit environ 418 m³ :

- 61 tonnes (environ 43 m³) évacués en ISDI,
- 532,60 tonnes (environ 375 m³) évacués en biocentre.

NOTA : les volumes traités ont été déterminés par COLAS sur la base des relevés topographiques.

Les résultats d'analyses des échantillons de bords et fonds de fouille obtenus après chaque phase de terrassement sont repris dans les comptes rendus d'analyses présentés en Annexe 6.

Les concentrations résiduelles obtenues sont les suivantes.

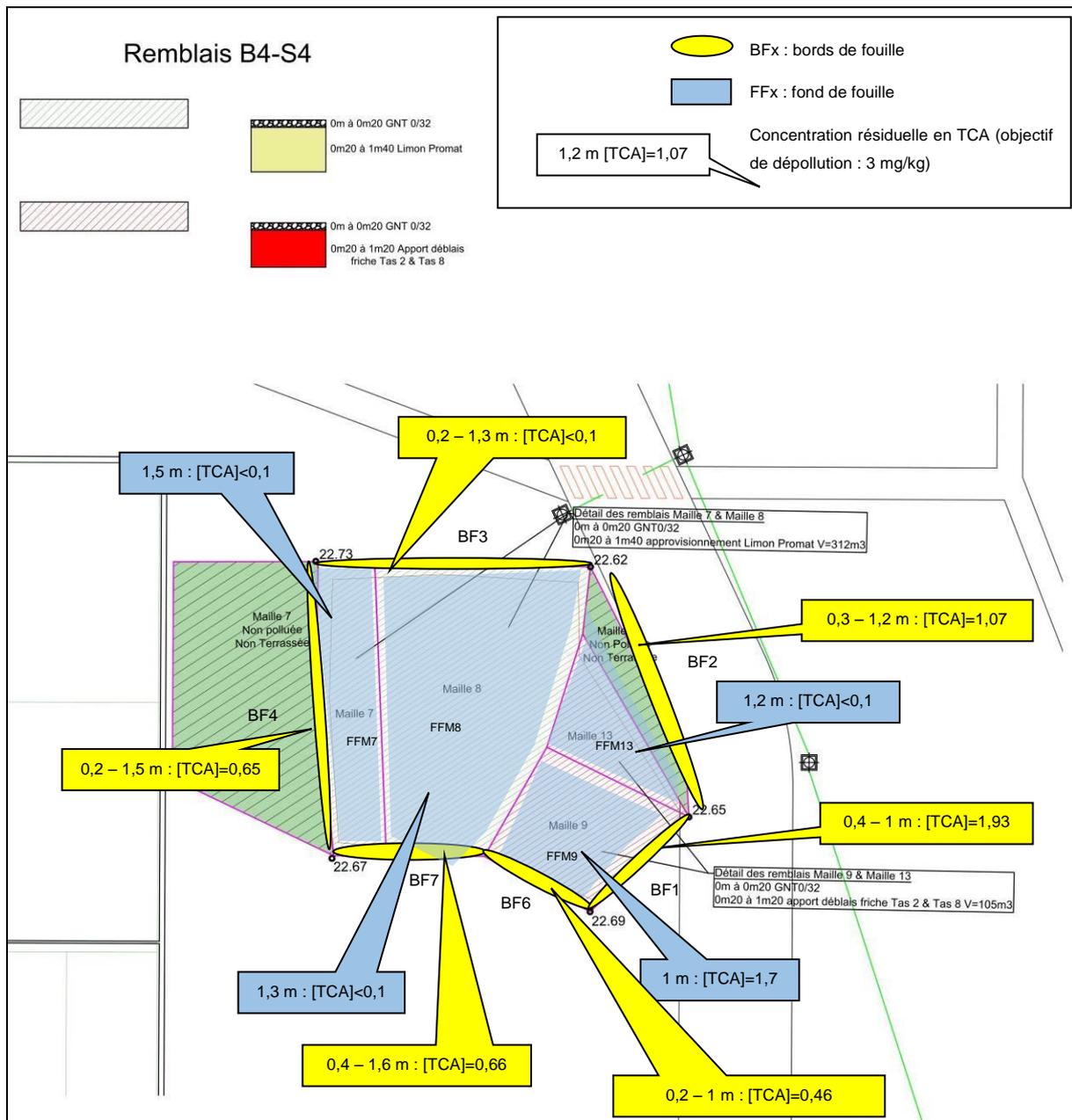


Figure 3 : Concentrations résiduelles sur B4-S4

5.1.3 SOURCE B2-S8

Plusieurs phases de terrassement ont été engagées pour retirer l'emprise impactée autour des installations de carburant. La présence de contraintes techniques a limité partiellement les travaux d'excavation :

- Radier de cuve : six cuves enterrées étaient présentes, et sous chacune d'elle, un radier béton a environ -4,4 m de profondeur par rapport au sol. Pour protéger la nappe souterraine sous-jacente, l'ensemble des dalles a été maintenu.
- Nappe souterraine et arrivées d'eau : des arrivées d'eau ont été constatées au-dessus et en dessous des radiers de cuves. Elles ont donc limité les profondeurs de terrassement.

Ces deux contraintes n'ont pas permis d'atteindre les objectifs pour deux fonds de fouilles (FF4 et FF5) à 5 m de profondeur. Ils ont toutefois été atteints pour trois autres fonds de fouille.

- Présence de bâtiments : la présence de bâtiment non démolis au moment des travaux de dépollution n'a pas permis d'atteindre les objectifs sur deux bords de fouille (BF11 et BF13).
- Pour le bord de fouille BF10, les objectifs ont été atteints pour les BTEX et une concentration en HCV très légèrement supérieure à l'objectif a été mesurée (1,7 mg/kg pour 1 mg/kg). Ce bord de fouille n'a pas été repris en présence de bâtiment non démolé et de passage de réseaux enterrés en service à proximité (limites techniques).

Pour des raisons de limites techniques, les objectifs n'ont donc pas été atteints sur trois bords de fouille. Ils ont toutefois été atteints pour huit autres bords de fouille.

Les concentrations résiduelles sont les suivantes.

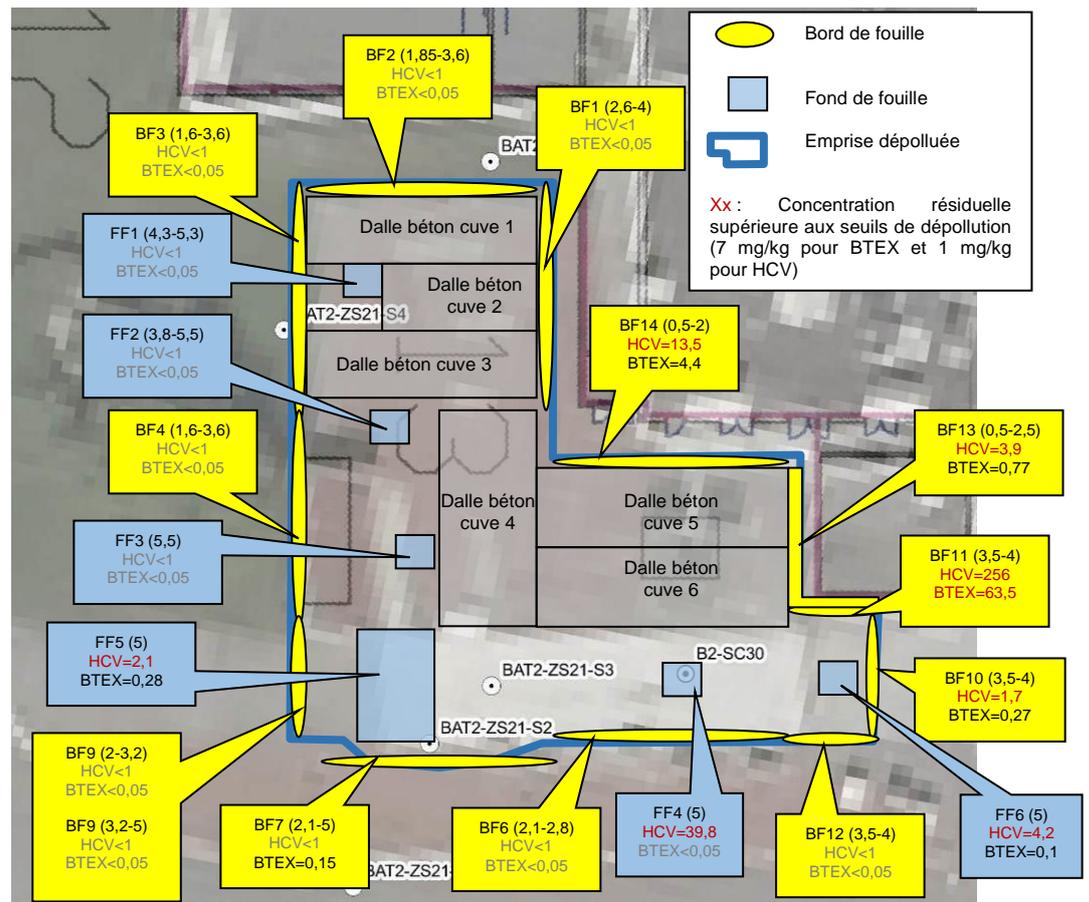


Figure 4 : Concentrations résiduelles de B2-S8 après travaux

Le bord de fouille BF11 est celui qui présentait des concentrations résiduelles significatives en HCV (256 mg/kg) et BTEX (63,5 mg/kg) entre 3,5 et 4 m. Pour délimiter cet impact, trois sondages ont été réalisés après remblaiement de la fouille, à l'aide d'une foreuse dans le local qui constituait la contrainte technique.

Dans ce local, la présence d'une fosse enterrée de récupération d'eau pluviale (3,5 m de profondeur) a également contraint la position des sondages (cf. Figure 5).

Les caractéristiques des sondages réalisés le 31 mars 2021 sont les suivants.

Sondages	S1 BF11	S2 BF11	S3 BF11
Coordonnées en Lambert 93	X : 688 901 m Y : 7 046 752 m	X : 688 904 m Y : 7 046 751 m	X : 688 903 m Y : 7 046 749 m
Profondeur (en m)	1,7 m (refus sur dalle béton)	5	5
Coupe	Dalle béton (11 cm) 0,11-1,7 : sable limoneux noir	Dalle béton (11 cm) 0,11- 2,7 : schiste noir 2,7-3,8 : limon gris/beige 3,8-5 : limon beige	Enrobé (10 cm) 0,1-2,7 : schiste noir 2,7 – 4 : limon gris 4-5 : argile grise
Echantillons prélevés et analysés	(0,2-1,5) (1,5-1,7)	(0,2-1,5) (1,5-2,7) (2,7-3,8) (3,8-5)	(0,1-1,5) (1,5-2,7) (2,7-4) (4,5-5)
Mesure de COV (en ppm) dans les échantillons	aucun	aucun	21 ppm entre 2,7 et 4 m 9 ppm entre 4 et 5 m

Tableau 9 : Caractéristiques des sondages autour de BF11

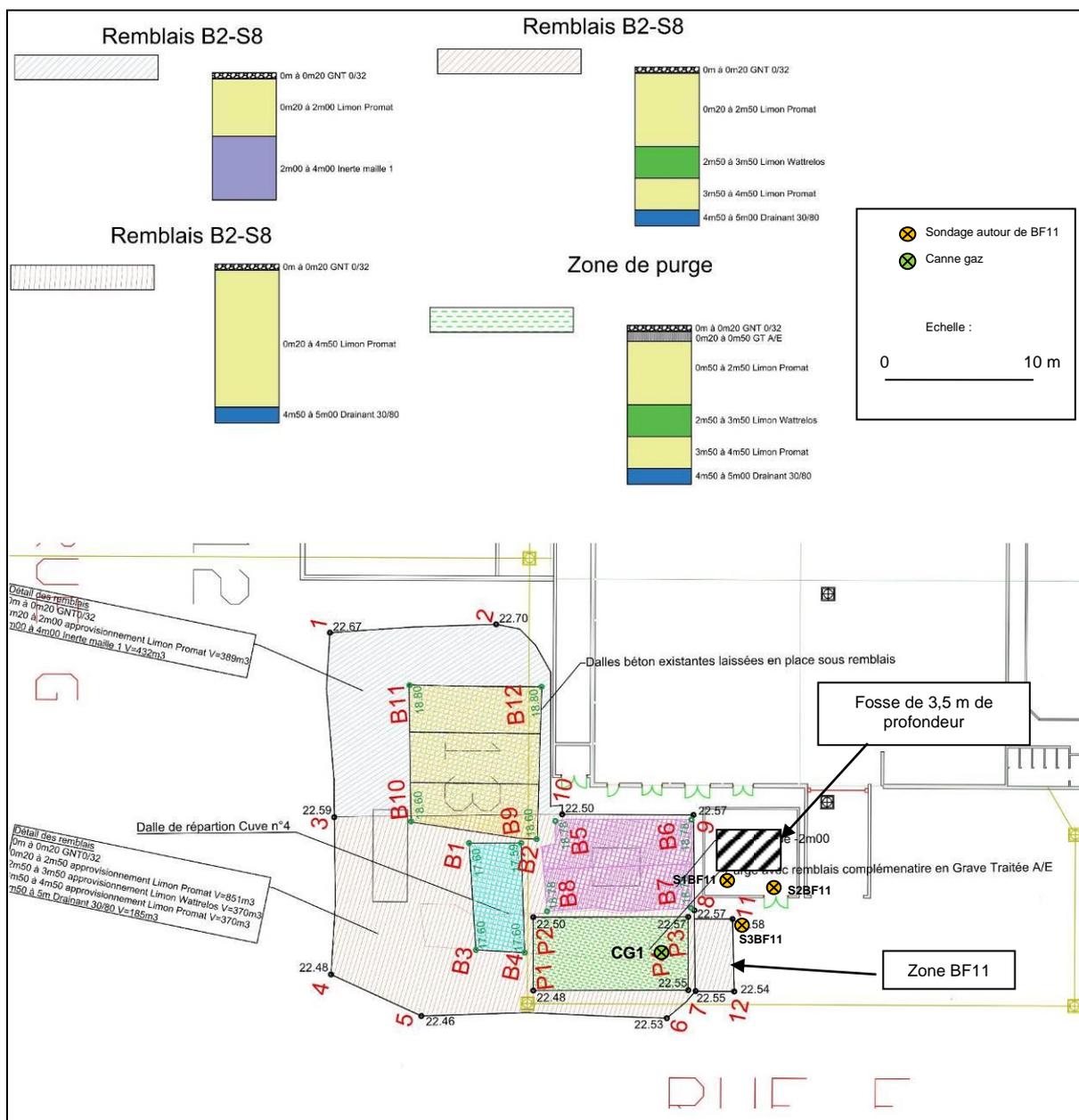


Figure 5 : Localisation des sondages autour de BF11 (B2-S8)

Les résultats d'analyses obtenus dans les sols des trois sondages complémentaires sont les suivants.

Paramètres	Unités	Incertitude à la LQ	LQ	S1BF11	S1BF11	S2BF11	S2BF11	S2BF11	S2BF11	S3BF11	S3BF11	S3BF11	S3BF11
				(0,2-1,5)	(1,5-1,7)	(0,2-1,5)	(1,5-2,7)	(2,7-3,8)	(3,8-5)	(0,1-1,5)	(1,5-2,7)	(2,7-4)	(4,5-5)
				SL n	SL n	S n	S n	L g b	L b	S n	S n	L g	A g
Matière sèche	% P.B.	5%	0,1	93,6	93,9	94,9	91,5	78,1	80,9	94,4	88,2	81,7	81,7
HCT													
somme C10-C40	mg/kg M.S.	45%	15	45	56	35,8	47,4	27,7	64,8	22,5	78,1	258	340
fraction C10-C16	mg/kg M.S.			7,32	8,31	9,29	9,18	3,05	15	5,47	13,7	5,15	7,33
fraction C16-C22	mg/kg M.S.			8,9	9,79	9,64	10,3	4,72	32,9	6,29	16,5	190	264
fraction C22-C30	mg/kg M.S.			15	22,2	10,5	14,2	8,16	12,7	7,35	27,7	55,3	63
fraction C30-C40	mg/kg M.S.			13,7	15,7	6,35	13,7	11,8	4,2	3,41	20,3	7,58	6,01
Hydrocarbures volatils													
fraction C5-C8	mg/kg M.S.			<1,00	<1,00	<1,00	41,7	<1,00	<1,00	1,3	1,5	26,7	2,5
fraction C8-C10	mg/kg M.S.		1	<1,00	<1,00	1,2	29	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	24,1	4
somme C5-C10	mg/kg M.S.			<1,00	<1,00	1,2	70,7	<1,00	<1,00	1,3	1,5	50,8	6,5
Hydrocarbures volatils													
Benzène	mg/kg M.S.	40%	0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Toluène	mg/kg M.S.	47%	0,05	<0,05	0,05	0,06	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ethylbenzène	mg/kg M.S.	47%	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
o-Xylène	mg/kg M.S.	45%	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
m+p-Xylène	mg/kg M.S.	47%	0,05	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Somme des BTEX	mg/kg M.S.			<0,0500	0,05	0,17	0,17	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500

LQ : limite de quantification A : argile S : sable L : limoneux Sc : schiste n : noir g : gris b : beige

Tableau 10 : Résultats d'analyses dans les sondages autour de BF11

Les résultats indiquent des concentrations en BTEX faibles et inférieures à 0,17 mg/kg. **L'impact mesuré dans le bord de fouille BF11 entre 3,5 et 4 m (63,5 mg/kg) est donc limité à la fouille.**

Les HCV sont quantifiés sur S2BF11 avec des concentrations importantes entre 1,5 et 2,7 m (70,7 mg/kg). Ils sont également quantifiés sur S3BF11 avec des concentrations importantes entre 2,7 et 4 m (50,8 mg/kg).

Les concentrations restent toutefois très inférieures à celle mesurée sur BF11 entre 3,5 et 4 m (256 mg/kg).

→ En présence de concentrations résiduelles après travaux, supérieures aux seuils de dépollution une campagne de prélèvement de gaz du sol a été réalisée et les résultats intégrés à une analyse de risque résiduelle (cf. § 7).

Au total 2129,20 tonnes de terres impactées ont été éliminées, soit environ 1521 m³ :

- 579,42 tonnes (environ 414 m³) évacués en ISDI,
- 1549,78 tonnes (environ 1107 m³) évacués en biocentre.

NOTA : les volumes traités ont été déterminés par COLAS sur la base des relevés topographiques.

5.2 CAMPAGNE DE PRELEVEMENTS DE GAZ DU SOL

En présence de pollution résiduelle sur B2-S8, une campagne de prélèvement de gaz du sol a été réalisée après remblaiement de la fouille jusqu'à -0,2 m. Le prélèvement a été effectué à l'aide d'une canne gaz installée à proximité du bord de fouille BF11 (cf. Figure 5).



5.2.1 PROTOCOLE D'ÉCHANTILLONNAGE DES GAZ DU SOL

L'échantillonnage a été réalisé conformément aux préconisations de la norme AFNOR NF X 31-620 d'août 2016 (Prestations de services relatives aux sites et sols pollués), selon une mission codifiée A230 : « Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air du sol ».

Le dispositif mis en place pour l'échantillonnage des gaz du sol est illustré ci-après.

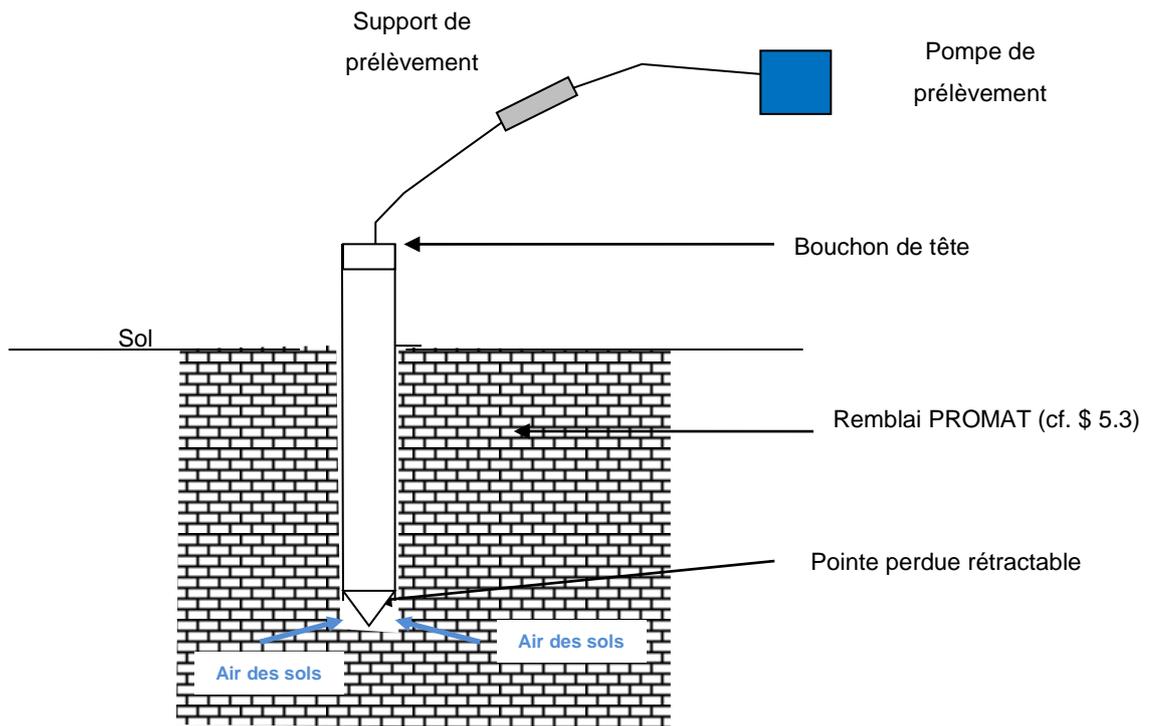


Figure 6 : Dispositif de prélèvement d'air du sol (piézair)

Les prélèvements d'air du sol ont été réalisés par un technicien spécialisé. Ils se sont déroulés selon la norme ISO-10381-7 (« Ligne directrice pour l'échantillonnage de l'air du sol »).

Les mesures ont été réalisées à l'aide d'une pompe, réglée à un débit de l'ordre 0,50 L/minute. Un tube de charbon actif a été installé pour fixer les gaz du sol. La pompe de prélèvement utilisée était à débit variable et à compensation de perte de charge. Les débits de prélèvement ont été vérifiés avant et après chaque prélèvement à l'aide d'un débitmètre type lame de savon monté en série en aval de chaque support de prélèvement. Le débit moyen a été considéré pour le calcul du volume prélevé.

Avant la purge, une mesure de COV a été réalisée pour définir les temps de pompage.

Les caractéristiques du prélèvement sont données dans le tableau suivant.

PRELEVEMENT	MESURE DE COV AVANT PURGE (EN PPM)	DUREE DU POMPAGE (EN MIN)	DEBIT MOYEN CALCULE (L / MIN)	VOLUME PRELEVE (L)
		Tube charbon actif	Tube charbon actif	Tube charbon actif
CG 1	0	120	0,49855	59,826

Tableau 11 : Volumes de gaz du sol prélevés

Au cours du prélèvement, une feuille de suivi a été complétée, incluant notamment les mesures relevées au PID et les conditions atmosphériques (température, pression atmosphérique et hygrométrie données à partir de la station météorologique la plus proche : Lille-Lesquin). Elle est donnée en Annexe 7.

5.2.2 REALISATION DES BLANCS DE TERRAIN ET DE TRANSPORT

Un blanc de terrain et un blanc de transport ont été réalisés le jour du prélèvement.

Le blanc de terrain a été ouvert à chaque ouverture du support de prélèvement puis refermé lors de la phase de pompage. Il a été ré-ouvert à chaque désinstallation du support de prélèvement. Le blanc de terrain a finalement été fermé et conditionné dans les mêmes conditions que les autres supports.

Le blanc de transport a été ouvert lors du conditionnement du premier support de prélèvement puis fermé et stocké dans la glacière comme les autres supports pendant toute la durée du transport vers le laboratoire.

Aucun pompage n'a été réalisé sur ces blancs.

5.2.3 CONDITIONNEMENT DES ECHANTILLONS

Une fois prélevé, les tubes de prélèvements ont été isolés de l'extérieur à l'aide de bouchons plastiques hermétiques, et maintenus en glacière jusqu'à leur arrivée au laboratoire par transporteur.

5.2.4 DONNEES METEOROLOGIQUES

Les données météorologiques sont issues de la station de Lille-Lesquin. Elles sont récapitulées dans le tableau suivant.

CAMPAGNES DE PRELEVEMENT	TEMPERATURE EXTERIEURE (EN °C)	PRESSION (EN HPA)	HUMIDITE DANS L'AIR AMBIANT (EN %)	VITESSE DU VENT ET DIRECTION
13 mars 2021	6 – 7,5 °	1028,7 – 1029,0	74 - 83	8 m/s Nord-sud

Tableau 12 : Données météorologique lors des prélèvements

Les conditions étaient peu favorables au dégazage des sols :

- Sol de remblai rapporté très humide, peu perméables (compactés par épaisseur de 50 cm).
- Pression supérieure à 1013 hPa.

La vitesse du vent et les bourrasques ont cependant favorisés le dégazage des sols.

NOTA : les matériaux rapportés pour le comblement de la fouille étaient pour partie constitués de limons provenant d'un chantier COLAS (cf. § 5.3.3). Les sols étaient très humides. Initialement, deux cannes gaz étaient prévues dans l'emprise B2-S8 remblayée, mais la faible perméabilité dans ces matériaux n'a pas permis de réaliser d'autres cannes-gaz (au moins 10 autres points de prélèvements ont été testés, mais les pompes de prélèvements d'air se mettaient en défaut après 1 ou 2 minutes de pompages (pas d'air dans les sols), rendant les prélèvements impossibles). Ce point sera discuté dans les incertitudes.

5.2.5 PROGRAMME ANALYTIQUE

Les analyses ont été réalisées au laboratoire EUROFINs. Le tableau suivant récapitule les méthodes par paramètre.

La liste des paramètres a été établie en corrélation avec les paramètres présents dans les bords et fond de fouille de B2-S8.

PARAMETRES	NORME
TPH, BTEX, naphthalène, MTBE	Méthode interne (GCMS)

Tableau 13 : Programme analytique – gaz du sol

5.2.6 CHOIX DES VALEURS DE REFERENCE

Les valeurs de référence retenues sont les seuils de détection du laboratoire et nos retours d'expérience.

5.2.7 RESULTATS DES ANALYSES

Le tableau suivant présente les résultats obtenus.

Paramètres	CG1	blanc terrain	blanc transport
TPH	µg/m3	µg/tube	µg/tube
Aliphatiques >C5 - C6	<42	<2.50	<2.50
Aliphatiques >C6 - C8	64	<2.50	<2.50
Aliphatiques >C8 - C10	<42	<2.50	<2.50
Aliphatiques >C10 - C12	50	<2.50	<2.50
Aliphatiques >C12 - C16	<42	<2.50	<2.50
Total Aliphatiques	114	<2.50	<2.50
Aromatiques C6 - C7 (Benzène)	<1	<0.05	<0.05
Aromatiques >C7 - C8 (Toluène)	<3	<0.20	<0.20
Aromatiques >C8 - C10	<42	<2.50	<2.50
Aromatiques >C10 - C12	<42	<2.50	<2.50
Aromatiques >C12 - C16	<42	<2.50	<2.50
Total Aromatiques	<42	<2.50	<2.50
BTEX			
Benzène	<1	<0.05	<0.05
Toluène	<3	<0.20	<0.20
Ethylbenzène	<2	<0.10	<0.10
m+p-Xylène	<2	<0.10	<0.10
o-Xylène	<1	<0.05	<0.05
MTBE			
MTBE (Zone 1)	<42	<2.50	<2.50
Naphtalène			
Naphtalène	<2	<0.10	<0.10

Tableau 14 : Résultats d'analyses – gaz du sol B2-S8

Résultats sur le blanc de terrain et transport

Pour les échantillons de terrain et de transport, aucun des paramètres recherchés n'a été quantifié. Aucune contamination extérieure n'est à souligner pendant la phase de prélèvement sur site et lors du transport. Les résultats dans la canne gaz sont donc représentatifs du dégazage mesuré dans l'air des sols.



Lecture des résultats d'analyses de CG1

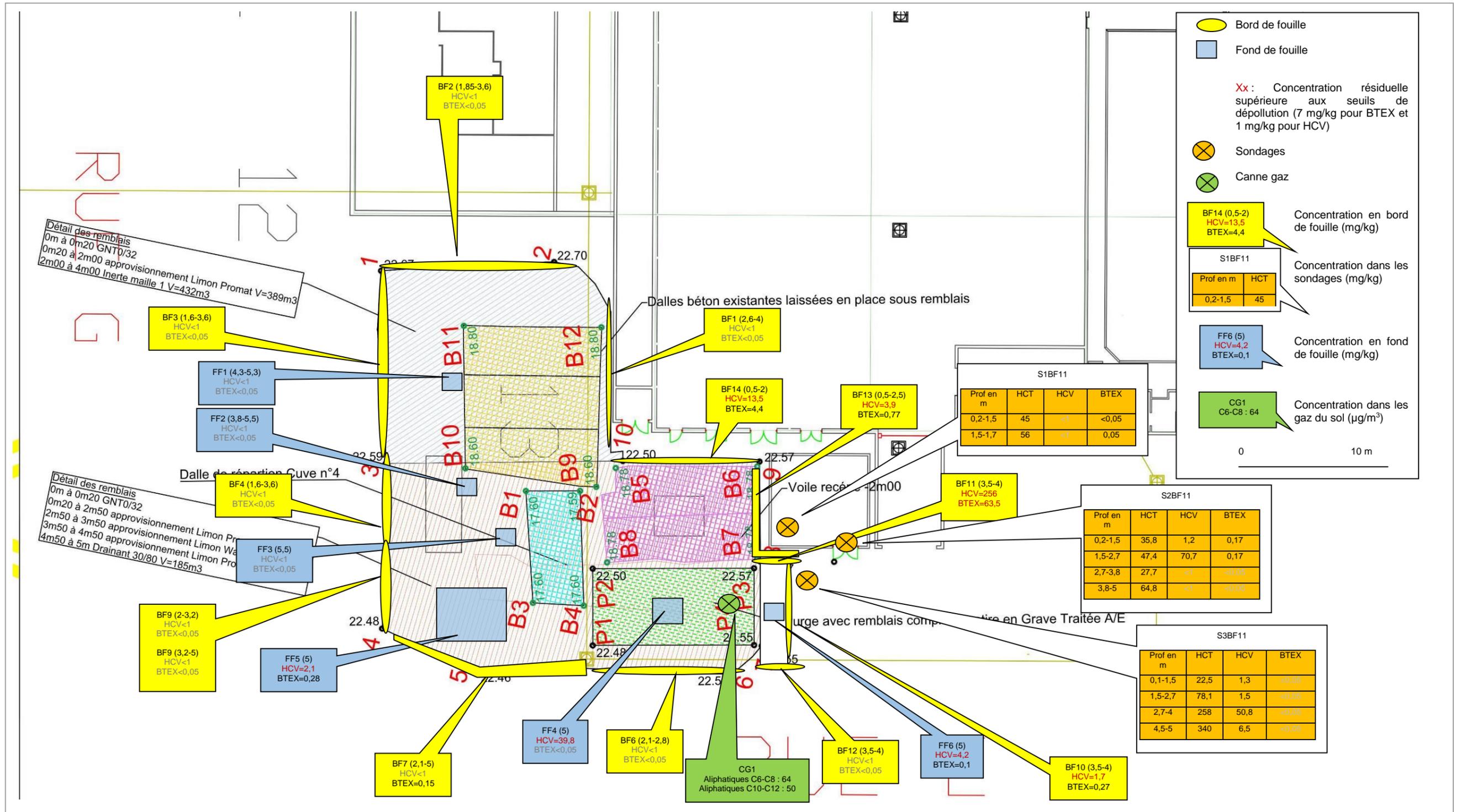
Les résultats de CG1 indiquent l'absence de BTEX, naphtalène et MTBE.

Des traces d'hydrocarbures aliphatiques C6-C8 et C10-C12 ont été mesurées.

Représentativité des résultats

Le taux important d'humidité et la faible perméabilité des sols apportés pour le remblaiement de la fouille ne permet pas de confirmer que le dégazage mesuré dans CG1 est représentatif du dégazage depuis les parois de la zone de BF11.

L'ensemble des concentrations résiduelles mesurées dans les sols et l'air des sols est repris en figure suivante.



Usine Française de Mécanique de Douvrin



Figure 7 : B2-S8 concentrations résiduelles dans les sols et les gaz du sol

Référence :	53435594
Source :	DKI
Échelle :	Cf. carte

5.3 REMBLAIEMENT

Les remblaiements ont été effectués par COLAS après atteinte des objectifs ou présence de limite technique. Différents matériaux ont été utilisés pour les remblaiements des fouilles :

- Des matériaux provenant de carrières autorisées.
- Des sols provenant des emprises excavées : les terres excavées des fouilles ont été placées sur une aire de stockage et COLAS a effectué des analyses sur chaque lot constitué. En l'absence d'impact les terres ont été utilisées en remblaiement.
- Des matériaux provenant de chantier COLAS après justification que les matériaux ne provenaient pas de sites industriels ou potentiellement pollués et confirmation de l'absence d'impact dans les sols par la réalisation d'analyses effectuées par COLAS.
- Des matériaux provenant de stock de terres présentes dans l'emprise nord du site. COLAS a effectué une caractérisation des différents stocks de terre provenant d'opérations de terrassement sur l'emprise FM.

Les remblaiements ont été effectués par couche de 50 cm avec compactage systématique. La validation des matériaux à utiliser en remblai a été effectuée par PSA (DEKRA ne s'est pas prononcé sur les conditions de remblaiement – hors contrat).

5.3.1 MATERIAUX DE CARRIERE AUTORISEE

Différents types de matériaux ont été rapportés de la carrière PROMAT et utilisés en remblaiement :

- Grave 0/14 utilisée en remblaiement de surface des fouilles,
- Matériaux concassés recyclés 30/80 pour remblayer le fond de fouille dans la zone de remontée de nappe,
- Calcaire 0-31,5 utilisé en couche de finition.

Les fiches de données des produits sont en Annexe 8.

Des limons inertes provenant de la carrière PROMAT ont également été utilisés pour remblayer les deux sources. Des analyses ISDI, HCV, COHV et de granulométrie ont été effectuées par COLAS. Les résultats d'analyses sont donnés en Annexe 9.

5.3.2 SOLS INERTES DES EMPRISES EXCAVEES

Pour chaque lot de terres excavées provenant des sources B2-S8 et B4-S4, COLAS a effectué des analyses ISDI, COHV et HCV. Quatre lots provenant de B2-S8 ont été utilisés en remblaiement de la source B2-S8 quand les critères de mise en ISDI étaient respectés et quand les concentrations en HCV et BTEX étaient inférieures aux seuils de dépollution. Les résultats des stocks de terres utilisées sont donnés en Annexe 9.



5.3.3 SOLS PROVENANT DE CHANTIER COLAS

COLAS a réutilisé des terres inertes provenant d'un de leur chantier de terrassement pour le remblaiement de B2-S8. D'après les éléments communiqués à PSA, les terres proviennent d'un site à Wattrelos, non construit, occupé par des prairies. Il ne s'agirait pas d'un site pollué. Des analyses ISDI, HCV, COHV et de granulométrie ont été effectuées par COLAS. Les résultats d'analyses des terres inertes rapportées sont donnés en Annexe 9.

5.3.4 SOLS PROVENANT DU SITE PSA

COLAS a caractérisé des stocks de terre provenant d'opérations de terrassement effectuées dans l'emprise de la Française de Mécanique et présents dans la zone nord. Un rapport spécifique a été établi par COLAS. Il a permis d'identifier la possibilité de réutilisation de deux stocks de terre.

Les résultats d'analyses sont donnés en Annexe 9.

Au final, ont été utilisés pour remblayer B2-S8 :

- Concassé recyclé 30/80 placé en fond de fouille dans la zone de remontée de nappe (185 m³),
- Sols inertes de l'emprise de B2-S8 (432 m³),
- Limon provenant de la carrière PROMAT (1610 m³),
- Limon provenant du chantier COLAS à Wattrelos (370 m³),
- Grave 0/14 provenant de la carrière PROMAT,
- Finition avec de la GNT 0/32 (vingt derniers centimètres) provenant de la carrière PROMAT.

Pour B4-S4 :

- Limon provenant de la carrière PROMAT (312 m³),
- Remblai provenant des tas n°2 et 8 de la friche nord PSA (105 m³),
- Finition avec de la GNT 0/32 (vingt derniers centimètres).

Les coupes de remblaiement sont en Annexe 10 .

5.3.5 BILAN DES ELIMINATIONS ET TRAÇABILITE

Le bilan des évacuations est le suivant. L'ensemble des Bordereaux de Suivi des Déchets (BSD) est disponible en Annexe 11.

source	exutoire	quantité éliminée (en t)		volume de terre éliminée (en m ³)	
B2-S8	Baudelet - ISDI	579,42	2129,20	413,90	1520,90
	Baudelet - biocentre	1549,78		1107,00	
B4-S4	Baudelet - ISDI	61,00	593,60	42,97	593,60
	Baudelet - biocentre	532,60		375,10	
TOTAL		2722,80		1938,90	

Tableau 15 : Bilan des éliminations

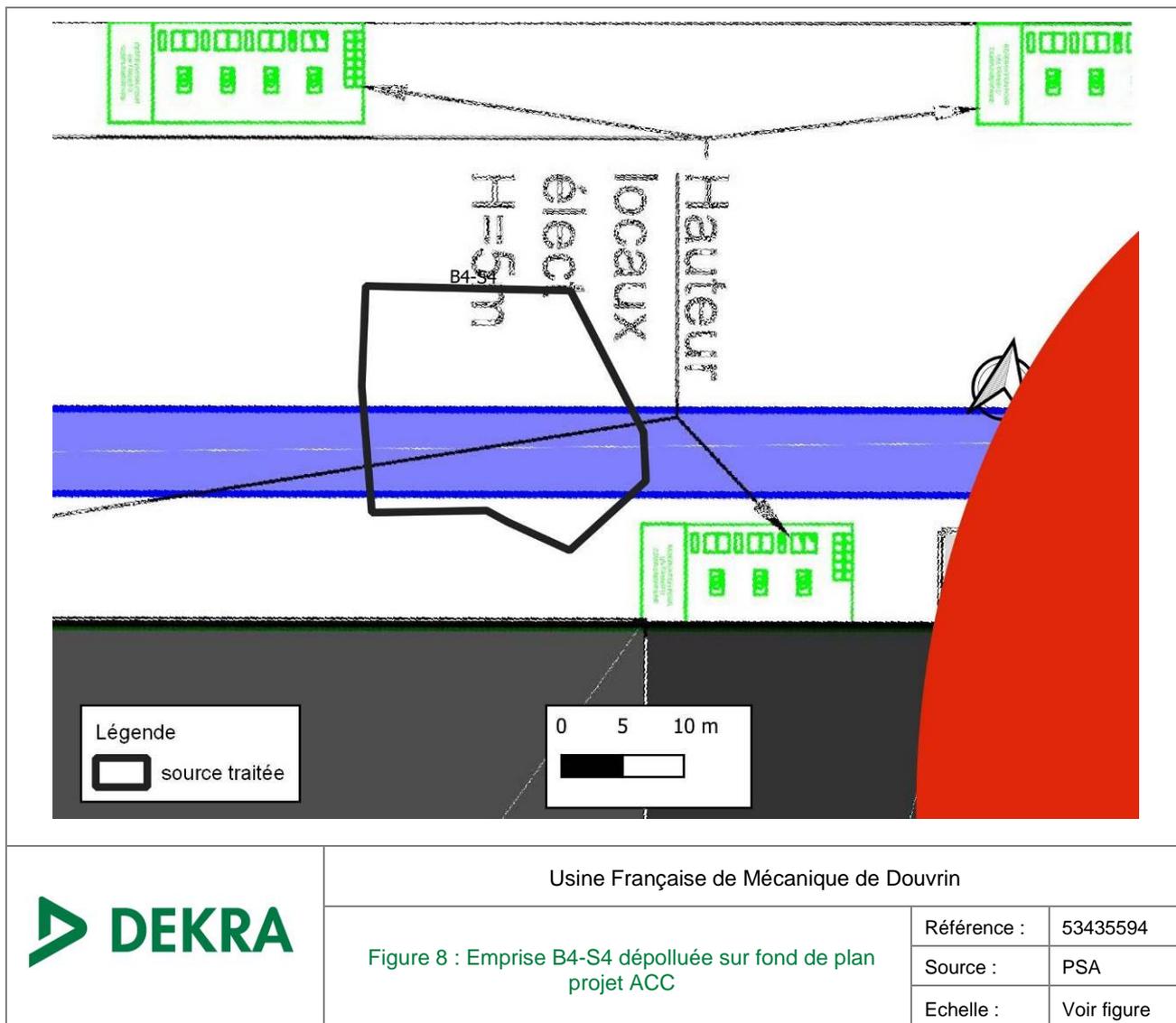


6 SCHEMA CONCEPTUEL ACTUALISE

Les travaux de dépollution ont été réalisés à proximité des bâtiments 2 et 4. L'usage des emprises dépolluées sera revu et modifié par le futur exploitant. Ainsi, l'emprise de la source B2-S8 accueillera une voirie, une zone de manœuvre de camion et potentiellement un bâtiment d'utilités.

L'emprise de la source B4-S4 sera occupée par une voirie et zone non construite.

Le schéma conceptuel dont la dernière version est issue du rapport de Plan de gestion est mis à jour avec les nouvelles données dans sa configuration future. NOTA : les sources de pollutions non traitées (cf. §3.1) y sont toujours représentées.



6.1.1 MILIEUX D'EXPOSITION

Milieu SOL

Deux sources de pollutions concentrées ont été retirées et dans les zones de pollutions résiduelles, les sols ont été recouverts par des matériaux sains.

Les autres sources de pollution, non traitées, resteront confinées sous les revêtements existants qui seront maintenus.

Dans ces conditions, le milieu sol n'est pas retenu comme milieu d'exposition.

Milieu EAUX SOUTERRAINES

Les eaux souterraines font l'objet d'une surveillance semestrielle par PSA. Des impacts sont observés dans la nappe, y compris par des composés volatils, mais dans l'emprise qui continuera d'être exploitée par PSA et ACC, il n'y aura aucun usage des eaux souterraines. Les impacts proviennent en partie de l'amont hydraulique PSA.

En aval hydraulique du site, l'eau souterraine est utilisée pour des usages sensibles (production d'eau potable et domestique). Ce milieu est donc retenu comme milieu d'exposition hors site et comme milieu de transfert de la pollution.

Milieu EAUX SUPERFICIELLES

Le canal d'Aire borde le site PSA au Nord. Il est artificialisé (bords et fond imperméables). Toutefois, une relation nappe / canal ne peut être exclue. Les eaux superficielles sont donc retenues comme milieu d'exposition.

Milieu AIR AMBIANT

Compte tenu de la présence de polluants volatils dans les sols des sources retirées (résiduels), dans les sols des sources non traitées, et dans les eaux souterraines, le milieu air ambiant est retenu comme milieu d'exposition sur site.

Milieu EAU POTABLE

Les canalisations existantes ne seront pas conservées. Les futures canalisations devront être installées dans des sols sains et être en matériaux métalliques / multicouches.

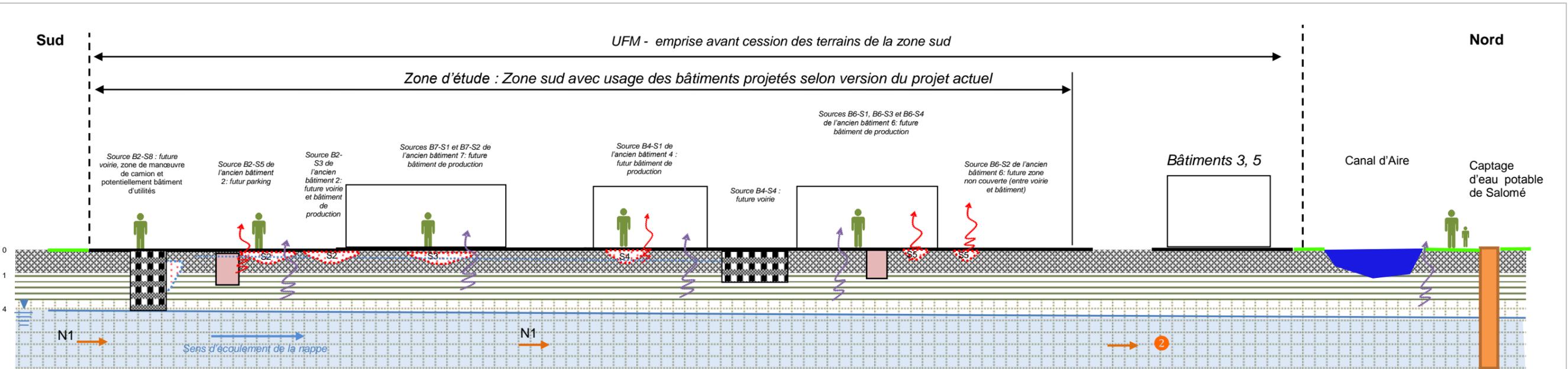
Dans ces conditions, le milieu eau potable (eau du robinet) n'est pas retenu comme milieu d'exposition sur site. Des prescriptions relatives à l'aménagement des futures canalisations d'eau potable seront émises à l'issue du présent rapport.

6.1.2 SYNTHÈSE DES VOIES DE TRANSFERT ET NATURE DES EXPOSITIONS

Modes d'exposition potentielle	Justification	Sélection pour l'évaluation Sur site
Ingestion de sol et/ou de poussières	Source de pollution retirée, et dans les zones de pollution résiduelles, les sols sont recouverts par des matériaux sains. Les sources non traitées resteront confinées sous revêtement étanche.	Non
Ingestion d'eau de nappe	Nappe non utilisée sur le site	Non
Ingestion d'eau du robinet	Les canalisations seront placées dans des sols sains et en matériaux insensibles à la perméation de polluant (canalisation métalliques ou en multicouches)	Non
Inhalation de composés volatils	Présence de polluants volatils dans les sols et les eaux souterraines	Oui
Inhalation de poussières de sol	Source de pollution retirée, et dans les zones de pollution résiduelles et sources non traitées, les sols sont recouverts par des matériaux sains ou revêtements étanches.	Non
Adsorption cutanée de sols et de poussières	Source de pollution retirée, et dans les zones de pollution résiduelles et sources non traitées, les sols sont recouverts par des matériaux sains ou revêtements étanches	Non
Adsorption cutanée d'eau de la nappe	Nappe non utilisée sur le site	Non
Absorption cutanée de composés volatils issus des sols et/ou de poussières	Source de pollution retirée, et dans les zones de pollution résiduelles et sources non traitées, les sols sont recouverts par des matériaux sains ou revêtements étanches	Non

Tableau 16 : Voies d'exposition sur site

Le schéma conceptuel du site est présenté en page suivante.



- Dalle béton ou asphalte
- Zone enherbée
- Remblais (environ 1 m d'épaisseur), pollution diffuse en COHV, métaux, HAP
- Alluvions et limons (environ 3 m d'épaisseur)
- Craie sénonienne (environ 50 m d'épaisseur)
- Source de pollution retirée
- Pollution concentrée résiduelle par les HCV et BTEX
- Pollution concentrée non traitée
 S2 : impact par le TCE et les HCT
 S3 : impact par des hydrocarbures lourds peu mobiles
 S4 : impact par le TCA
 S5 : impact par le TCA, HCT
- Galerie technique
- N1 : traces de BTEX, COHV et HCT dans la nappe souterraine

Voies de transfert

- 1 Transfert vers les sols et la nappe sous-jacents
- 2 Transfert hors site via la nappe

Voies d'exposition :

- Inhalation ; adsorption de polluants gazeux issus des sols
- Inhalation, adsorption de polluants gazeux issus des eaux souterraines
- Ingestion de sol, adsorption et inhalation de poussières
- Ingestion d'eau du robinet ou de plan d'eau
- Canalisation AEP

Cibles :

- Usagers du site et riverains (adulte et enfants)
- Captage d'eau potable de Salomé



Usine Française de Mécanique de Douvrin

Référence :

53435594

Figure 10 : Schéma conceptuel mis à jour

Source :

PSA

7 MISSION A320 : ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS

7.1 PRINCIPES DE L'ARR

7.1.1 NATURE ET OBJECTIFS DE LA MISSION

► **Référentiel méthodologique**

La prestation de DEKRA a été élaborée selon le référentiel méthodologique en vigueur, notamment au cadre fixé par la note ministérielle du 19 avril 2017 et définissant les modalités de gestion et de réaménagement de sites pollués.

La prestation réalisée est une analyse des enjeux sanitaires ; cette mission est codifiée « A320 » selon la norme N FX 31-620-2 de l'AFNOR qui encadre les « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués (études, ingénierie, réhabilitation de sites pollués et travaux de dépollution) ».

Compte-tenu du contexte, la présente analyse des enjeux sanitaires est réalisée selon la méthodologie d'une Analyse des Risques Résiduels après travaux (ARR).

L'objet d'une ARR est de produire une analyse quantitative des risques ou des effets néfastes liés aux expositions résiduelles à certaines substances chimiques, expositions définies selon l'usage existant (ou projeté).

► **Contexte**

Les travaux de dépollution menés entre janvier et avril 2021 sur la zone Sud du site Française de Mécanique Douvrin (UFM) ont concerné le retrait des deux sources de pollutions concentrées B2-S8 et B4-S4.

L'ARR est réalisée pour vérifier la compatibilité sanitaire entre les pollutions résiduelles mesurées au droit des deux sources traitées avec le projet d'aménagement ACC (version du 23 mars 2021) qui nous a été communiqué.

L'ARR s'appuiera sur les prélèvements de contrôle réalisés en fin de travaux :

- Analyses de sols en bords et fonds des deux fouilles ;
- Analyses de sols des trois sondages complémentaires autour du BF11 de B2-S8 ;
- Analyses des gaz du sol de B2-S8 ;
- Analyses des matériaux utilisés en remblaiement des deux sources.

NOTA : La présente analyse ne porte pas sur l'ensemble de la zone cédée par PSA (zone Sud). En particulier, l'ARR n'aura pas pour objet de mettre à jour les calculs de risques au droit des sources de pollutions concentrées non traitées (et maintenues sous revêtements étanches) à l'issue du réaménagement proposé par ACC. Cela devra être réalisé par le futur acquéreur.

► **Objectifs**

Les objectifs spécifiques de l'étude des risques sont :

- De quantifier les effets liés aux substances non cancérigènes et l'excès de risque lié aux composés cancérigènes ;
- De recommander des mesures compensatoires si nécessaire.

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, un milieu par lequel transite le polluant (eau de surface, eau souterraine, sol, air) ;
- Une cible, le récepteur du polluant (ici l'Homme).



7.1.2 PRINCIPES DE L'ARR

Le calcul de risques sanitaires permet de définir si le risque calculé est acceptable ou non. Il 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 précaution inscrit dans la loi du 2 février 1995 ;
- Le principe de proportionnalité, présent dans la circulaire du 3 décembre 1993 ;
- Le principe de spécificité, présent dans cette même circulaire ;
- Le principe de transparence, présent dans cette même circulaire.

En particulier, une ARR ne pouvant aboutir qu'à des résultats acceptables, des solutions de gestion ou des modifications d'aménagement devront être envisagées en cas de risques supérieurs aux limites acceptables.

7.1.3 DEMARCHE

La réalisation de cette étude s'effectue conformément à la démarche d'ARR en quatre étapes qui doivent permettre de répondre aux questions suivantes :

► **Identification du danger**

Est-ce que la substance engendre des effets indésirables pour l'homme ? Quels sont ces effets défavorables ?

L'identification du potentiel dangereux consiste à dresser la liste des types d'effets associés aux substances sélectionnées pour l'étude de risque. Il faut vérifier en particulier si la substance provoque des effets cancérigènes (sans seuil) ou non cancérigènes (à seuil).

► **Evaluation de la relation dose - effet**

Quelle est la relation entre la dose, ou le niveau d'exposition à une substance, et l'incidence et la gravité de ces effets chez l'homme ? Pour les effets précédemment identifiés, il s'agit ici de quantifier leur fréquence et leur gravité.

► **Evaluation de l'exposition**

Quelles sont les voies de transfert du polluant de la source vers la cible ? Quelles sont la durée, la fréquence et l'importance de l'exposition ?

Dans une étude de risque, l'exposition est définie comme le contact entre les sources et les cibles, c'est à dire entre les composés présents dans les divers milieux et l'homme (par ingestion, par inhalation, par contact cutané). L'évaluation de l'exposition est la détermination des voies d'expositions, de la fréquence, de la durée et de l'importance de l'exposition.

► **Caractérisation des risques**

Quelle est l'expression quantitative du risque correspondant à la synthèse de l'évaluation de la toxicité et de l'exposition ? Quelle est l'interprétation du résultat ? Quels sont les facteurs d'incertitude ?

Après ces différents calculs, le risque est alors défini comme acceptable ou inacceptable suivant les recommandations de l'annexe II de la circulaire du 8 février 2007.



7.1.4 LIMITE DE L'ETUDE

Cette étude a été réalisée suivant une méthode conforme aux pratiques en vigueur dans la profession.

Elle a été élaborée suivant la norme NF X 31-620 ainsi que suivant les standards environnementaux en vigueur à ce jour de l'US-EPA (*United States Environmental Protection Agency*), tout en respectant la méthodologie du guide « Gestion des sites pollués : Diagnostic approfondi ; Evaluations détaillées des risques » rédigé par le BRGM et l'INERIS sous la tutelle du Ministère en charge de l'Environnement (BRGM, 2000).

Les niveaux de risques acceptables sont issus du guide « Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » (BRGM) associé à la note ministérielle du 19 avril 2017.

L'étude et les conclusions sont élaborées en l'état actuel des connaissances scientifiques tant du point de vue chimique, géologique que toxicologique.

7.2 COLLECTE ET ANALYSE DES DONNEES

7.2.1 SCENARIO MODELISE

L'objectif de l'ARR est d'évaluer les expositions des occupants du site aux pollutions résiduelles relevées au droit des deux zones traitées après travaux, dans leur configuration finale.

► Description du site et des zones traitées

La zone d'étude se trouve au Sud du site Usine de la Française de Mécanique. Elle comportait initialement plusieurs bâtiments de production, les espaces extérieurs présentant localement des sols nus.

Un Plan de Gestion réalisé en 2020 a permis d'identifier onze sources concentrées de pollution dans les sols par les hydrocarbures et les solvants. A l'issue de cette étude, les principes de gestion suivants ont été retenus :

- Le traitement de la source B2-S8, située en extérieur. Cette source-sol avait atteint la nappe souterraine et se situait au voisinage d'installations de carburant à démanteler ;
- Le traitement de la source B4-S4, qui se trouvait pour partie dans une zone nue (avec risque de transfert de pollution vers la nappe) ;
- Pour les neuf autres sources, le maintien d'un confinement sous revêtement étanche.

Conformément à ces préconisations, les sources B2-S8 et B4-S4 ont été traitées entre janvier et avril 2021. En 2021, la zone d'étude va être cédée à la société ACC qui prévoit de la réaménager pour un usage qui restera de nature industrielle (fabrication de batteries pour véhicules électriques).

Les bâtiments actuels seront démolis, mais le dallage béton sera conservé. De nouveaux bâtiments seront construits selon le Plan de projet fourni en annexe 2.

Par ailleurs, aucun usage des eaux souterraines ne sera autorisé sur site. Les futures canalisations d'eau potable seront installées selon des modalités prévenant tout risque de perméation de polluants volatils dans l'eau de boisson.

► Description des travaux réalisés

Les travaux de dépollution ont consisté en :

- Un démantèlement des infrastructures pétrolières (pour la zone B2-S8) ;
- L'excavation de terres impactées jusqu'aux cotes maximales respectives de 5,5 m (B2-S8) et 1,6 m (B4-S4) ;
- Le remblaiement des fouilles avec des matériaux d'origines diverses, mais tracées ;
- Pas de réfection des éventuels revêtements existants ;



- La gestion hors site des terres impactées excavées.

Pour rappel, les seuils de dépollution sur sols bruts fixés à l'issue du Plan de Gestion étaient les suivants :

Source B2-S8 : HCV < LQ et BTEX < 7 mg/kg.

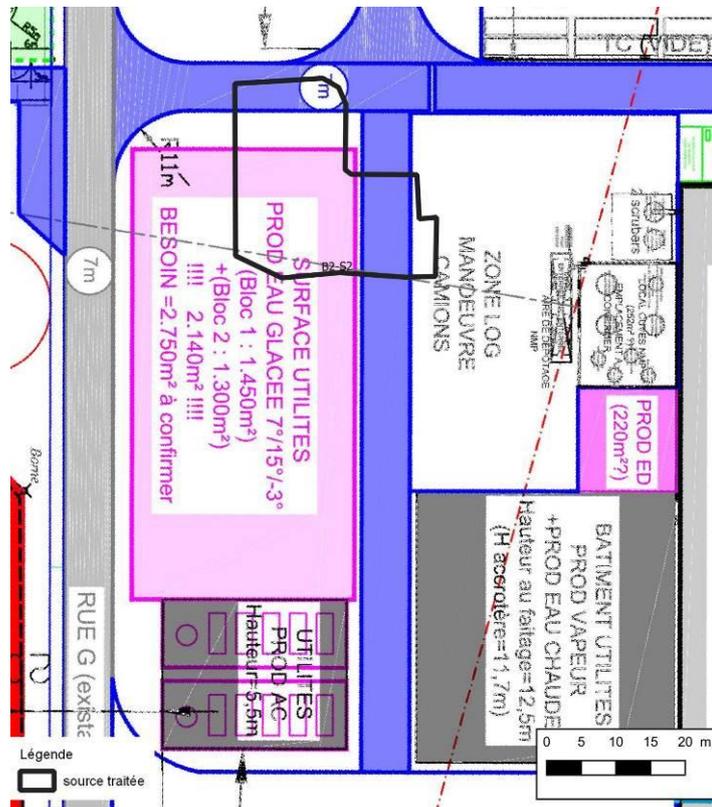
Source B4-S4 : 1,1,1-TCA < 3 mg/kg.

► Configuration finale des zones traitées à l'issue du réaménagement par ACC

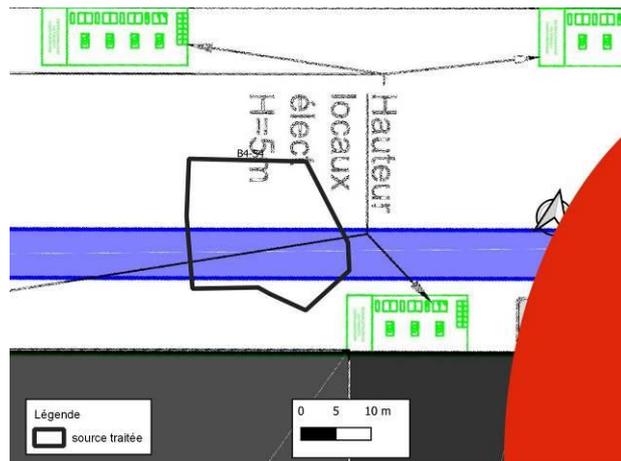
Comme illustré ci-dessous, l'emprise de la source résiduelle B2-S8 accueillera après réaménagement une voirie (en bleu), une zone de manœuvre de camions (en blanc) et un bâtiment d'utilités (en rose). Les sols seront intégralement imperméabilisés.

L'emprise de la source résiduelle B4-S4 sera occupée par une voirie ; elle sera non bâtie mais entièrement imperméabilisée.

Ainsi, les zones dépolluées ne constitueront à terme que des zones de passage et non des postes de travail à temps plein ; les cibles retenues seront donc des travailleurs exposés quelques heures par jour.



Emprise dépolluée de la source B2-S8 sur plan de projet ACC.



Emprise dépolluée de la source B4-S4 sur plan de projet ACC.

7.2.2 CARACTERISTIQUES DES SOLS

► Coupe lithologique de terrain

D'après les observations réalisées lors des précédentes études – réalisées à l'échelle de toute la zone Sud, la coupe moyenne des terrains est constituée :

- De 0 à 1,5 m : de remblai limono-sableux noirâtre ;
- De 1,5 à 3,5 m : de limons et argiles beiges ;
- Au-delà de 3,5 m : de craie.

Lors des travaux de dépollution de 2021, trois sondages complémentaires ont été réalisés en bordure sud-est de la fouille B2-S8 (afin de dimensionner l'impact relevé sur un des échantillons de contrôle BF11).

La coupe relevée était la suivante :

- 0-2,7 m : schiste noir → assimilable au « remblai noirâtre » de la coupe ci-dessus ;
- 2,7 - 4 m : Limons gris-beige ; → assimilables aux « limons et argiles beiges » de la coupe ci-dessus ;
- 4 – 5 m : Argile beige-grise → assimilable à la « craie » de la coupe ci-dessus.

Dans la suite de l'étude, nous retiendrons une épaisseur de remblai de 2,7 m, puis la présence de limons beiges de 2,7 à 4 m, et enfin de craie.

Des analyses complémentaires avaient été réalisées lors de précédentes études pour caractériser les sols; les résultats – toujours valables - sont rappelés ci-après.

► Granulométrie

Des analyses granulométriques avaient été réalisées dans le cadre du diagnostic complémentaire mené par DEKRA en 2017 sur des échantillons représentatifs des trois lithologies rencontrées sur site.

Paramètres	Unité	B2-SC17 (0,3-1)	B4-SC9 (1,2-2,5)	B6-SC2 (0,5-1,5)
Coupe de terrain	-	Remblai	Limon	Remblai
matière sèche	% massique	87,50	85,20	91,70
Granulométrie				
parties min. < 2µm	% fract. min.	23	23	7
Fraction 2 -50 µm	% fract. min.	38	57	23
Fraction 50 µm-2 mm	% fract. min.	39	19	70
Lithologie selon analyse	-	L	Lf	Ls

Tableau 17 : Analyses complémentaires sur brut : granulométrie des terrains en place.

Du point de vue lithologique (cf. *triangle des textures ci-après*), les sols analysés sont désignés comme étant de nature :

- Limoneuse (L) à Limono-sableuse (Ls) pour le remblai entre 0 et 2,7 m ;
- Limoneuse fine (Lf) pour les limons sous-jacents et la craie jusqu'à 4 m.

Pour le remblai, on préférera la texture sablo-limoneuse à celle purement limoneuse car elle présente une porosité à l'air plus importante. Ce choix se veut conservatoire car les limons sableux favoriseront plus le dégazage que les limons.

Enfin, une précédente étude de pollution menée en 2017 par DEKRA sur le Bâtiment 1 voisin du site UFM de Douvrin a décrit la craie sous-jacente comme étant de nature Limoneuse fine (Lf).

Les caractéristiques de ces formations, disponibles dans la littérature, seront donc retenues pour caractériser les sols présents en termes de porosité totale, perméabilité...

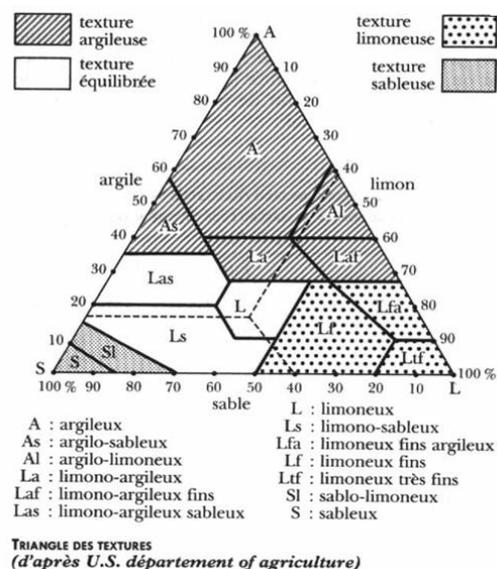


Figure 11 : Triangle des textures.

► **Carbone Organique Total**

Cette analyse permet de connaître pour un sol la quantité de carbone « liée » à la matière organique. Le COT influe sur l'affinité entre certains polluants organiques et le sol. Les polluants organiques seront plus mobiles dans les sols présentant un taux de COT faible.



Dans la suite de l'étude, on retiendra – de façon conservatoire - les valeurs les plus faibles de COT mesurées dans les horizons impactés (de la surface jusqu'à 3,0 m de profondeur), soit :

- **42 000 mg/kg pour le remblai entre 0 et 2,7 m** (parmi 16 valeurs comprises entre 42 000 et 140 000 mg/kg) ;
- **9 000 mg/kg pour les limons et argiles sous-jacentes** jusqu'à 4 m de profondeur (parmi 4 valeurs comprises entre 9 000 et 129 000 mg/kg) ;

Paramètres	Unité	B2-SC1 (0,3-1,5)	B2-SC7 (0,3-1,2)	B2-SC19 (0,3-1,5)	B2-SC20 (0,3-1,4)	B2-SC5 (0,7-1,5)	B2-SC16 (0,3-1,2)	B2-SC26 (0,3-1,6)	B4-SC4 (0,3-1,5)	B4-SC3 (1,5-2)	B4-SC5 (1,5-1,8)	B4-ZS13- SC7 (1-1,5)
Description de terrain	-	Sg	Sg	Sg	Sg	Sg	Sg	Sg	Ln	Ln	Ln	Ln
matière sèche	% massique	94,80	93,40	95,20	93,80	93,20	94,20	95,10	93,30	87,20	83,50	84,50
COT	mg/kg MS	140000	140000	120000	92000	100000	110000	140000	140000	72000	58000	42000
<i>Tranche 0 - 1,5 m</i>												

Paramètres	Unité	B6-SC2 (0,5-1,5)	B6-SC7 (1,1-1,6)	B6-ZS18- SC4(0,3-1,2)	B7-SC3 (1-1,7)	B7-SC6 (0,5-2)	B2-SC30 (1,5-3)	B4-SC9 (1,2-2,5)	B4-ZS13- SC3 (1,2-2,4)	B6-ZS11- SC3 (1-1,6)
Description de terrain	-	Sn	Ln	Sg	Ln	Ln	Av	Lg	Lg	Sv
matière sèche	% massique	91,70	82,80	94,50	90,30	85,20	81,40	85,20	80,80	90,20
COT	mg/kg MS	43000	56000	110000	71000	46000	15000	9000	14000	29000
<i>Tranche 0 - 1,5 m</i>							<i>Tranche 1,5 - 3m</i>			

Tableau 18 : Analyses complémentaires sur brut : COT.

7.2.3 CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX D'APPORT

► Principe de remblaiement

D'après les informations fournies par l'entreprise COLAS en charge des travaux, le remblaiement des fouilles a été réalisé par des apports de matériaux d'origines diverses.

B2-S8 :

- De 5,5 m (fond de fouille) à 4,5 m : Grave drainante 30/80 en fond de fouille, dans la tranche saturée des sols.
- De 4,5 à 2 m :
 - o Soit « Limons » issus d'un chantier COLAS noté « Wattlelos » ;
 - o Soit « Limons » issus de la carrière Promat ;
 - o Soit « déblais provenant d'autres zones du site Usine FM Douvrin » (Tas 2, Tas 8) ;
 - o Soit de matériaux non souillés extraits des zones traitées ;
- De 2 à 0,2 m : « Limons » issus de la carrière Promat ;
- De 0,2 m à la surface : Grave calcaire 0/31,5 (couche de finition) ;

B4-S4 :

- De 1,6 m (fond de fouille) à 0,2 m :
 - o Soit « Limons » issus de la carrière Promat ;
 - o Soit « Limons » issus d'un chantier COLAS noté « Wattlelos ».
- De 0,2 m à la surface : Grave calcaire 0/31,5 (couche de finition) ;

Les matériaux d'apport ont été compactés par couche de 0,5 m d'épaisseur.

► Granulométrie

Des analyses granulométriques ont été réalisées sur les matériaux d'apport.



Granulométrie	COLAS	REMBLAI PROMAT				FM Douvrin	
	Watrelos	REMBLAI	PROMAT 2	PROMAT 4	PROMAT 6	Tas 2	Tas 8
Fraction 0,02 - 2 µm	5,74	6,19	6,14	13,71	13,33	5,82	5,92
Fraction 2 - 20 µm	37,3	41,11	40,02	39,99	41,89	41,8	29,69
Fraction 20 - 63 µm	46,28	36,99	39,99	29,69	29,3	37,23	20,44
Fraction 20-63 µm	83,58	78,1	80,01	69,68	71,19	79,03	50,13
Fraction 63 - 200 µm	9,54	11,05	11,81	7,41	12,6	7,08	8,77
Fraction 200 - 2000 µm	1,14	4,66	2,03	9,21	2,87	8,07	35,18
Fraction 63 - 2000 µm	10,68	15,71	13,84	16,62	15,47	15,15	43,95
Lithologie déduite	Ltf	Lf	Lf	Lf	Lf	Lf	Lf

Tableau 19 : Analyses complémentaires sur brut : granulométrie des matériaux d'apport.

A la lecture de ces résultats, les matériaux ci-dessus sont désignés comme étant de nature Limoneuse fine (Lf) à Limoneuse très fine (Ltf).

Une texture Limoneuse fine (Lf) sera retenue dans la suite de notre analyse pour caractériser les matériaux de remblai mis en place entre 0,2 et 4,5 m (maximum) dans les deux fouilles.

7.2.4 SUBSTANCES PRESENTES DANS L'ENVIRONNEMENT

► Dans les sols

A l'issue des travaux de dépollution, des prélèvements de contrôle ont été réalisés sur les terrains en place.

La localisation des prélèvements est présentée dans les paragraphes précédents.

Les résultats de ces prélèvements sont présentés dans les tableaux en page suivante.

Source résiduelle B2-S8 :

- 12 prélèvements en fond de fouille, entre 5 et 5,5 m de profondeur ;
- 6 prélèvements en parois de fouille, répartis entre 0,5 et 5 m de profondeur ;
- 10 analyses des sols prélevés sur 3 sondages de 1,7 à 5 m de profondeur autour de la paroi de fouille BF11.

Nota : Le prélèvement en bord de fouille BF11 (prélevé entre 3,5 et 4 m) présente des concentrations en polluants significativement supérieures à celles mesurées sur les 27 autres échantillons de sols de cette zone.

Les polluants présents dans les sols après traitement sont :

- Les hydrocarbures totaux (max = 1 400 mg/kg – FF4 (5 m)) ;
- Les hydrocarbures volatils (max = 256 mg/kg – BF11 3,5-4m) ;
- Les BTEX (max BTEX = 63.5 mg/kg – BF11 3,5-4m).

Source résiduelle B4-S4 :

- 4 prélèvements en fond de fouille, entre 1 et 1,5 m de profondeur ;
- 6 prélèvements en parois de fouille, entre 0,2 et 1,5 m de profondeur.

Les polluants présents dans les sols après traitement sont :

- Les hydrocarbures totaux (max= 202 mg/kg – BF2) ;
- Le 1,1,1-TCA (max = 2,9 mg/kg – FFM13) ;
- Les autres COHV ne sont pas détectés.

Matériaux de remblai

Des analyses ont également été réalisées dans les matériaux utilisés pour remblayer les deux fouilles.

Les résultats mettent en évidence l'absence d'impact par les polluants recherchés.



Seuls quelques marquages peu significatifs sont relevés localement : Max HCT = 138 mg/kg ; Max HAP = 5 mg/kg ;
 Max BTEX = 0,84 mg/kg (uniquement sur les matériaux extraits des deux zones traitées et réutilisés en remblais) ; HCV
 et COHV < LQ.

Au vu des faibles concentrations en jeu, nous considérerons – dans la suite de notre analyse – que ces matériaux sont
 sains (exempts de polluants). Ce choix sera discuté dans l'analyse des incertitudes.

Propriétés des polluants

Les polluants identifiés dans les sols présentent des propriétés volatiles.

Les hydrocarbures sont constitués de chaînes carbonées saturées (hydrocarbures aromatiques) ou insaturées
 (hydrocarbures aliphatiques). La mobilité et la volatilité des hydrocarbures sont inversement proportionnels au nombre
 d'atomes de carbone présent dans les chaînes.

Le 1,1,1-TCA et les BTEX sont quant à eux volatils et mobiles.

Certains polluants comme les COHV présentent des caractéristiques physico-chimiques qui leur donnent la capacité de
 traverser certains matériaux constitutifs des parois des réseaux d'adduction en eau potable ; c'est l'effet dit de
 « perméation ».

Paramètres	Echantillons en Fond de fouille									Echantillons en Bord de fouille										
	B2S8 FF1-1	B2S8 FF1-2	B2S8 FF2-1	B2S8 FF2-2	B2S8 FF3	B2S8 FF4 (5)	B2S8 FF5	B2S8 FF6	B2S8 BF1	B2S8 BF2	B2S8 BF3	B2S8 BF4	B2S8 BF6	B2S8 BF7	B2S8 BF10	B2S8 BF11	B2S8 BF12	B2S8 BF13	B2S8 BF14	
Matière sèche	81,1	82,1	79,4	81,8	81,8	81,6	80,9	81,5	94	93,6	91,6	81,8	81	89,6	81,5	88	81,3	95,1	90,4	
Hydrocarbures Totaux (HCT) - mg/kg																				
HCT C10-C40	<15	<15	<15	<15	16,3	1400	72,9	89,3	<15	<15	18	<15	32,7	190	46,6	615	22,5	89,6	135	
fraction C10-C16	<4	<4	<4	<4	1,72	186	7,87	23,4	<4	<4	6,04	<4	3,6	21,1	15	131	14,2	25,1	36,7	
fraction C16-C22	<4	<4	<4	<4	3,21	748	37,4	33,7	<4	<4	8,9	<4	18,8	81,3	17,7	323	5	27,8	48,2	
fraction C22-C30	<4	<4	<4	<4	5,67	392	21	19,7	<4	<4	1,91	<4	7,65	59,2	11,5	128	1,49	17,7	38,7	
fraction C30-C40	<4	<4	<4	<4	5,7	70,9	6,64	12,4	<4	<4	1,13	<4	2,65	28,1	2,31	32,8	1,77	18,9	11,4	
Hydrocarbures volatils (HCV) - mg/kg																				
HCV C5-C10	<1	<1	<1	<1	<1	39,8	2,1	4,2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,7	256	<1,00	3,9	13,5	
fraction C5-C8	<1	<1	<1	<1	<1	5,6	2,1	1,7	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,7	167	<1,00	2,4	6,2	
fraction C8-C10	<1	<1	<1	<1	<1	34,2	<1	2,5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1,00	88,8	<1,00	1,5	7,3	
BTEX - mg/kg																				
Benzène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,12	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	1,98	<0,05	0,07	0,14	
Toluène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,05	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	0,21	<0,05	0,23	1,58	
Ethylbenzène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	5,67	<0,05	0,05	0,38	
Xylènes totaux	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,06	0,06	26,75	<0,05	0,28	2,3
BTEX totaux	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,28	0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,15	0,27	63,5	<0,05	0,77	4,4	

xx : dépassement du seuil de dépollution fixé

Tableau 20 : Fouille S2-B8 - Analyses de FF et BF.

Paramètres	Sondages autour de B2S8 BF11									
	S1BF11 (0,2-1,5)	S1BF11 (1,5-1,7)	S2BF11 (0,2-1,5)	S2BF11 (1,5-2,7)	S2BF11 (2,7-3,8)	S2BF11 (3,8-5)	S3BF11 (0,1-1,5)	S3BF11 (1,5-2,7)	S3BF11 (2,7-4)	S3BF11 (4,5-5)
Matière sèche	93,6	93,9	94,9	91,5	78,1	80,9	94,4	88,2	81,7	81,7
Hydrocarbures Totaux (HCT) - mg/kg										
HCT C10-C40	45	56	35,8	47,4	27,7	64,8	22,5	78,1	258	340
fraction C10-C16	7,32	8,31	9,29	9,18	3,05	15	5,47	13,7	5,15	7,33
fraction C16-C22	8,9	9,79	9,64	10,3	4,72	32,9	6,29	16,5	190	264
fraction C22-C30	15	22,2	10,5	14,2	8,16	12,7	7,35	27,7	55,3	63
fraction C30-C40	13,7	15,7	6,35	13,7	11,8	4,2	3,41	20,3	7,58	6,01
Hydrocarbures volatils (HCV) - mg/kg										
HCV C5-C10	<1,00	<1,00	1,2	70,7	<1,00	<1,00	1,3	1,5	50,8	6,5
fraction C5-C8	<1,00	<1,00	<1,00	41,7	<1,00	<1,00	1,3	1,5	26,7	2,5
fraction C8-C10	<1,00	<1,00	1,2	29	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	24,1	4
BTEX - mg/kg										
Benzène	<0,05	<0,05	0,06	0,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Toluène	<0,05	0,05	0,06	0,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ethylbenzène	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Xylènes totaux	<0,05	<0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
BTEX totaux	<0,0500	0,05	0,17	0,17	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500	<0,0500

xx : dépassement du seuil de dépollution fixé

Tableau 21 : Fouille S2-B8 - Analyses de sols au voisinage de BF11.



Paramètres	Fonde de fouille				Bord de fouille					
	B4S4- FFM7	B4S4- FFM8	B4S4- FFM9	B4S4- FFM13	B4S4- BF1	B4S4- BF2	B4S4- BF3	B4S4- BF4	B4S4- BF6	B4S4- BF7
Matière sèche	76,3	77,4	90,7	92,9	91,8	89,6	91,1	92,4	91,1	95,1
Hydrocarbures Totaux (HCT) - mg/kg	59,6	50,4	87,6	115	70,4	202	85,2	108	66,7	65,8
fraction C10-C40	14,2	3,27	20,7	22	23,3	20,7	27,7	28,5	18,3	7,25
fraction C16-C22	10,7	6,85	24	28,8	16,6	26,9	25,7	23,1	16,7	19
fraction C22-C30	18,2	18,1	30,5	42	22,4	92,7	21,2	37,7	24,1	26,3
fraction C30-C40	16,4	22,1	12,4	22	8,04	61,6	10,7	18,8	7,63	13,2
COHV - mg/kg										
Dichlorométhane	<0.06	<0.06	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Chlorure de vinyle	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
1,1-Dichloroéthylène	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Trans-1,2-dichloroéthylène	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
cis 1,2-Dichloroéthylène	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Chloroforme	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Tétrachlorométhane	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
1,1-Dichloroéthane	<0.10	<0.10	<0.10	0,1	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
1,2-Dichloroéthane	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
1,1,1-Trichloroéthane	<0.10	<0.10	1,7	2,9	1,93	1,07	<0.10	0,65	0,46	0,66
1,1,2-Trichloroéthane	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Trichloroéthylène	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Tétrachloroéthylène	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Bromochlorométhane	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Dibromométhane	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
1,2-Dibromoéthane	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Bromoforme	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Bromodichlorométhane	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Dibromochlorométhane	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20

Tableau 22 : Fouille S4-B4 - Analyses de FF et BF.

► Dans l'air du sol

Un unique prélèvement de gaz du sol (CG1) a pu être réalisé au moyen d'une canne-gaz au droit de la fouille B2-S8, au voisinage du prélèvement impacté BF11. Les résultats obtenus sont présentés dans le paragraphe 5.2 du présent livrable. Les analyses ont mis en évidence la présence d'hydrocarbures volatils aliphatiques C6-C8 et C10-C12 dans les gaz du sol. A l'inverse, les hydrocarbures aromatiques, les BTEX, le naphthalène et le MTBE ne sont pas détectés.

Nota : La représentativité de CG1 pour caractériser le dégazage résiduel des terrains au droit de la zone dépolluée B2-S8 a été remise en cause du fait de la saturation en eau des matériaux d'apport dans la fouille, qui a fortement limité le dégazage des terrains encaissants. *Ce résultat ne sera donc pas exploité en première approche.*

► Dans la nappe

Les eaux souterraines font l'objet d'une surveillance semestrielle par PSA / FM Douvrin.

La nappe circule à environ 4 m de profondeur, selon un sens d'écoulement globalement orienté vers le nord-est (cf. figure ci-dessous).

Les piézomètres permettant de préciser la qualité des eaux souterraines à l'aplomb des zones traitées sont PZ30 (amont), PZ28 et PZ31 (aval bâtiment 4).

Les derniers résultats disponibles (Rapport Flandres-Analyses campagnes semestrielles-juin et octobre 2020) sont présentés dans les tableaux en pages suivantes.



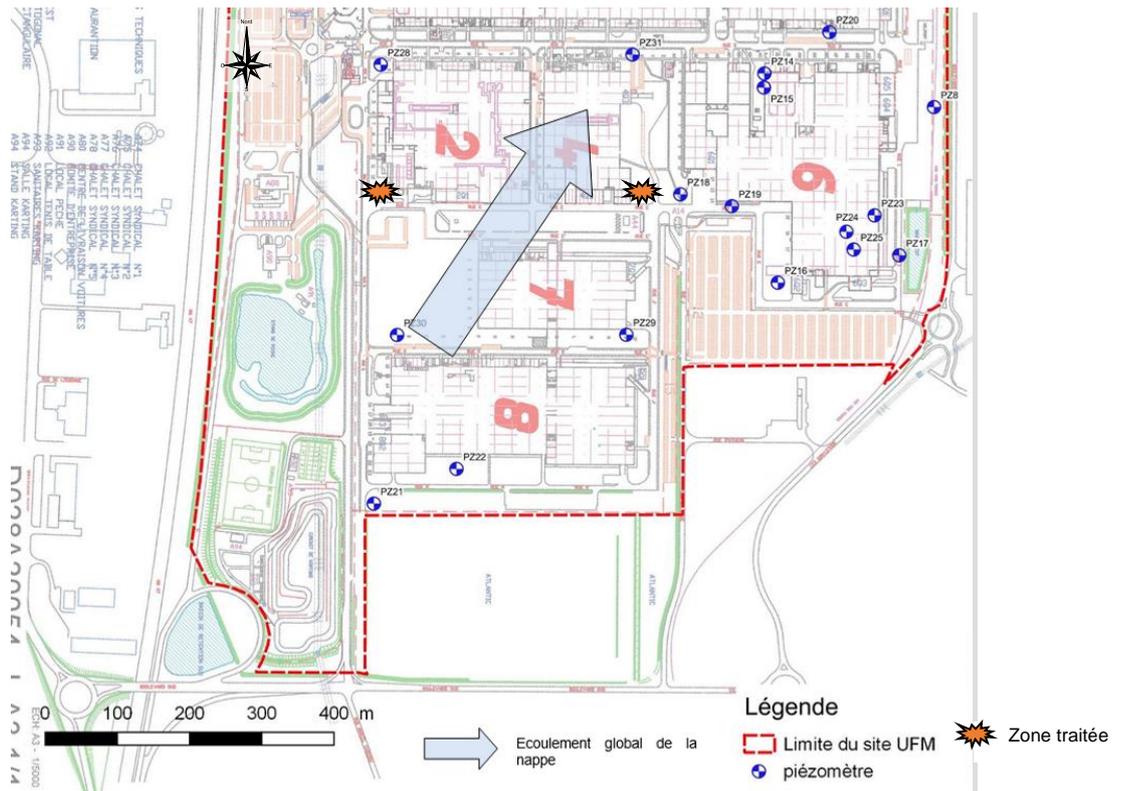


Figure 12 : Sens général d'écoulement de la nappe et localisation des piézomètres (source : DEKRA, 2017).

Les analyses d'eaux souterraines sur le piézomètre AMONT (PZ30) indiquent :

- Des impacts en ETM sur la nappe (notamment Fer, Manganèse et Sélénium) ;
- Des marquages légers en HCT (max = 0,14 mg/L), puis leur absence sur 3 campagnes ;
- Des traces non significatives de HAP dans la nappe (somme 16 HAP < 1 µg/L);
- L'absence des BTEX depuis 2017.

Paramètres	Unité	PZ30								T	Annexe 3 du décret N°2001-1220 ou valeur indicative
		Juillet-17	Octobre-17	Juillet-18	Nov-18	Avril-19	Octobre-19	Juin-20	Octobre-20		
Température de l'eau	°C	12,80	12,30	12,20	12,40	12,90	12,60	12,80	13,10	↔	
pH sur site	unité de pH	7,09	7,00	6,77	6,88	6,86	6,90	6,50	8,50	↗	
Conductivité	µs/cm	991	756	887	726	939	865	984	969	↔	
Indice phénol	mg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	↔	0,1
Indice hydrocarbure	mg/L	0,12	0,04	0,14	0,01	0,09	0,01	< 0,01	0,01	↔	1
Chlorures	mg/L	26,80	30,20	18,70	29,30	20,80	43,80	33,40	46,70	↗	200
Sulfates	mg/L	171,00	127,00	134,00	134,00	125,00	126,00	192,00	133,00	↘	250
Fluorures	mg/L	0,18	0,16	0,28	0,20	0,20	0,22	0,25	0,20	↘	
Chrome VI	µg/L	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00	↔	
Baryum	mg/L	0,177	0,088	0,517	0,076	0,091	0,071	0,052	0,060	↗	
Cadmium	mg/L	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	↔	0,005
Chrome	mg/L	0,032	0,009	0,138	0,007	0,009	0,004	< 0,005	< 0,005	↔	0,05
Fer	mg/L	20,29	4,97	74,45	3,92	5,07	2,24	0,01	0,01	↘	
Manganèse	mg/L	0,936	0,367	8,042	0,286	0,466	0,204	< 0,005	0,005	↔	
Nickel	mg/L	0,035	0,015	0,171	0,012	0,015	0,012	0,005	0,006	↗	
Plomb	mg/L	0,0135	0,0039	0,0924	0,0027	0,0045	0,0018	< 0,0010	< 0,0010	↔	0,05
Sélénium	mg/L	0,0081	0,0105	0,0142	0,0110	0,0128	0,0085	0,0112	0,0112	↔	0,01
Zinc	mg/L	0,083	0,036	0,436	0,028	0,039	0,019	< 0,005	< 0,005	↔	5
Naphtalène	µg/L	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	↔	
Acénaphthylène	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Acénaphthène	µg/L	< 0,010	< 0,010	0,040	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Fluorène	µg/L	0,020	0,010	0,050	< 0,010	< 0,010	0,010	0,010	0,010	↔	
Phénanthrène	µg/L	0,030	0,010	0,110	< 0,010	< 0,010	0,010	0,010	0,010	↔	
Anthracène	µg/L	< 0,010	< 0,010	0,030	< 0,010	< 0,010	0,010	0,010	0,010	↔	
Pyrène	µg/L	0,010	0,010	0,020	< 0,010	< 0,010	0,010	0,010	0,010	↔	
Benzo (a) anthracène	µg/L	< 0,005	< 0,005	0,009	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
Chrysène	µg/L	< 0,010	< 0,010	0,010	< 0,010	< 0,010	0,010	0,010	0,010	↔	
Dibenzo (a,h) anthracène	µg/L	0,010	0,010	0,010	< 0,010	< 0,010	0,010	0,010	0,010	↔	
Fluoranthène	µg/L	0,010	0,010	0,040	< 0,010	< 0,010	0,010	0,010	0,010	↔	
Benzo(b)fluoranthène	µg/L	< 0,005	< 0,005	0,008	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
Benzo(k)fluoranthène	µg/L	< 0,005	< 0,005	0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
Benzo(a)pyrène	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Benzo(g,h,i)pyrène	µg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
indeno(1,2,3-c,d)pyrène	µg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
HAP somme des 4	µg/L	0,020	0,020	0,023	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	↔	
HAP somme des 6	µg/L	0,040	0,040	0,073	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	↔	1
PCB 28	µg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	↔	
PCB 52	µg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	↔	
PCB 101	µg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	↔	
PCB 118	µg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	↔	
PCB 138	µg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	↔	
PCB 153	µg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	↔	
PCB 180	µg/L	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	↔	
Somme des 7	µg/L	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	↔	
Benzène	µg/L	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	↔	
Toluène	µg/L	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	↔	
Ethylbenzène	µg/L	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	↔	
p+m-Xylène	µg/L	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	< 0,200	↔	
o-xylène	µg/L	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	↔	

Interprétation selon le SEQ 'Système d'évaluation de la Qualité des eaux souterraines

Classe	Définition de la classe de qualité
Eau de très bonne qualité	Eau de très bonne qualité
Eau de bonne qualité	Eau de bonne qualité
Eau de qualité moyenne	Eau de qualité moyenne
Eau de qualité médiocre	Eau de qualité médiocre
Eau de mauvaise qualité	Eau de mauvaise qualité

Tableau 23 : Qualité de la nappe en amont des zones traitées (PZ30).



Comme en amont hydraulique, les analyses d'eaux souterraines sur les deux piézomètres AVAL (PZ28 et PZ31) indiquent :

- Des impacts en ETM sur la nappe (Fer, Manganèse et Nickel) ;
- Des marquages légers en HCT (max = 0,14 mg/L), puis leur absence sur 3 campagnes ;
- Des traces non significatives de HAP dans la nappe (somme 16 HAP < 1 µg/L);
- L'absence des BTEX depuis 2017.

En l'absence d'impact avéré sur les eaux souterraines par des composés volatils à l'aplomb de la zone d'étude, aucun dégazage des eaux souterraines n'est donc attendu.

		PZ28									Annexe 3 du décret N°2001-1220 ou valeur indicative
		Juillet-17	Octobre-17	Juillet-18	Nov-18	Avril-19	Octobre-19	Juin-20	Octobre-20	T	
Paramètres	Unité										
Température de l'eau	°C	13,10	12,60	12,30	12,70	12,90	12,70	13,40	13,40	↔	
pH sur site	unité de pH	6,64	6,60	6,47	6,60	6,48	6,50	6,20	8,10	↗	
Conductivité	µs/cm	2113	1592	1866	1388	1861	1278	1780	1722	↔	
Indice phénol	mg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	↔	0,1
Indice hydrocarbure	mg/L	0,10	0,01	0,04	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01	↔	1
Chlorures	mg/L	51,40	54,90	56,60	69,20	78,10	105,00	78,30	228,00	↗	200
Sulfates	mg/L	540,00	587,00	574,00	525,00	428,00	417,00	381,00	450,00	↗	250
Fluorures	mg/L	0,26	0,17	0,23	0,20	0,20	0,23	0,27	0,21	↘	
Chrome VI	µg/L	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00	↔	
Baryum	mg/L	0,975	0,582	0,821	0,127	0,133	0,102	0,042	0,044	↔	
Cadmium	mg/L	0,005	0,004	0,006	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	↔	0,005
Chrome	mg/L	0,083	0,055	0,070	0,010	0,013	0,015	0,005	0,005	↔	0,05
Fer	mg/L	54,99	27,26	41,35	5,58	6,00	6,35	0,02	0,01	↘	
Manganèse	mg/L	9,082	5,635	9,200	1,600	1,940	1,480	0,250	0,311	↗	
Nickel	mg/L	0,206	0,143	0,185	0,065	0,063	0,038	0,029	0,027	↔	
Plomb	mg/L	0,0439	0,0286	0,0434	0,0048	0,0074	0,0060	0,0010	0,0010	↔	0,05
Sélénium	mg/L	0,0088	0,0102	0,0093	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	0,0050	↔	0,01
Zinc	mg/L	0,320	0,264	0,344	0,070	0,081	0,083	0,018	0,017	↘	5
Naphtalène	µg/L	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	↔	
Acénaphthylène	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Acénaphthène	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Fluorène	µg/L	0,020	0,030	0,030	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	↔	
Phénanthrène	µg/L	0,040	0,040	0,090	0,060	0,020	0,010	0,010	0,010	↔	
Anthracène	µg/L	< 0,010	0,010	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	↔	
Pyrène	µg/L	0,010	0,030	0,030	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	↔	
Benzo (a) anthracène	µg/L	< 0,005	0,005	0,010	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	↔	
Chrysène	µg/L	< 0,010	0,010	0,020	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	↔	
Dibenzo (a,h) anthracène	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Fluoranthène	µg/L	0,020	0,030	0,050	0,030	0,010	0,010	0,010	0,010	↔	
Benzo(b)fluoranthène	µg/L	< 0,005	< 0,005	0,009	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
Benzo(k)fluoranthène	µg/L	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
Benzo(a)pyrène	µg/L	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Benzo(g,h,i)peryène	µg/L	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
indeno(1,2,3-c,d)pyrène	µg/L	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
HAP somme des 4	µg/L	< 0,020	< 0,020	0,024	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	↔	
HAP somme des 6	µg/L	< 0,050	< 0,060	0,084	0,060	0,040	0,040	0,040	0,040	↔	1
PCB 28	µg/L	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
PCB 52	µg/L	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
PCB 101	µg/L	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
PCB 118	µg/L	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
PCB 138	µg/L	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
PCB 153	µg/L	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
PCB 180	µg/L	< 0,005	< 0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	↔	
Somme des 7	µg/L	< 0,035	< 0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	↔	
Benzène	µg/L	< 0,100	< 0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	↔	
Toluène	µg/L	< 0,100	< 0,100	0,100	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	↔	
Ethylbenzène	µg/L	< 0,100	< 0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	↔	
p+m-Xylène	µg/L	< 0,200	< 0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200	↔	
o-xylène	µg/L	< 0,100	< 0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	↔	

		PZ31									Annexe 3 du décret N°2001-1220 ou valeur indicative
		Juillet-17	Octobre-17	Juillet-18	Nov-18	Avril-19	Octobre-19	Juin-20	Octobre-20	T	
Paramètres	Unité										
Température de l'eau	°C			14,20	14,40	14,50	14,30	14,90	14,90	↔	
pH sur site	unité de pH			6,98	6,89	6,94	6,90	6,50	8,40	↗	
Conductivité	µs/cm			1084	897	1070	877	1114	1070	↔	
Indice phénol	mg/L			< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	↔	0,1
Indice hydrocarbure	mg/L			< 0,01	< 0,01	0,02	0,01	< 0,01	< 0,01	↔	1
Chlorures	mg/L			91,70	84,80	80,50	80,10	88,80	82,30	↔	200
Sulfates	mg/L			115,00	121,00	106,00	114,00	147,00	106,00	↘	250
Fluorures	mg/L			0,21	0,20	0,20	0,25	0,45	0,24	↘	
Chrome VI	µg/L			< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00	< 10,00	↔	
Baryum	mg/L			0,712	0,426	0,362	0,142	0,085	0,087	↔	
Cadmium	mg/L			0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	↔	0,005
Chrome	mg/L			0,260	0,120	0,098	0,026	0,005	0,005	↔	0,05
Fer	mg/L			143,90	81,92	73,86	13,30	0,02	0,01	↘	
Manganèse	mg/L			6,110	5,360	3,265	0,893	0,120	0,368	↗	
Nickel	mg/L			0,243	0,151	0,102	0,041	0,009	0,011	↗	
Plomb	mg/L			0,1310	0,0551	0,0443	0,0097	0,0010	0,0010	↔	0,05
Sélénium	mg/L			0,0149	0,0100	0,0068	0,0050	0,0050	0,0050	↔	0,01
Zinc	mg/L			0,500	0,302	0,206	0,058	0,006	0,005	↘	5
Naphtalène	µg/L			< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	↔	
Acénaphthylène	µg/L			< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Acénaphthène	µg/L			< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Fluorène	µg/L			< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Phénanthrène	µg/L			< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Anthracène	µg/L			< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Pyrène	µg/L			< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Benzo (a) anthracène	µg/L			< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	↔	
Chrysène	µg/L			< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Dibenzo (a,h) anthracène	µg/L			< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Fluoranthène	µg/L			< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Benzo(b)fluoranthène	µg/L			< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	↔	
Benzo(k)fluoranthène	µg/L			< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	↔	
Benzo(a)pyrène	µg/L			< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	↔	
Benzo(g,h,i)peryène	µg/L			< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	↔	
indeno(1,2,3-c,d)pyrène	µg/L			< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	↔	
HAP somme des 4	µg/L			< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,020	< 0,020	0,020	↔	
HAP somme des 6	µg/L			< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,040	< 0,040	0,040	↔	1
PCB 28	µg/L			< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	↔	
PCB 52	µg/L			< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	↔	
PCB 101	µg/L			< 0,005	<						

7.2.5 VOIES DE TRANSFERT

► Voies de transfert exclues

Dans la configuration future du site, la totalité des sols est soit bâtie, soit imperméabilisée ; un éventuel transfert de polluants par envol de poussières de sols superficiels est donc exclu au droit des deux sources résiduelles.

Tout transfert vers des végétaux ou des animaux est également exclu en l'absence de culture ou d'élevage sur site.

Par ailleurs, la zone d'étude étant entièrement rénovée, les nouveaux réseaux AEP seront aménagés selon des prescriptions spécifiques (matériau constitutif multicouche, remblai de tranchée propre...), permettant de s'affranchir de tout risque de perméation de polluants dans les canalisations de transport d'eau potable. Cette voie de transfert théorique et donc également exclue de notre analyse.

En l'absence d'impact marqué sur la nappe en aval des sources résiduelles, le transfert de polluants en aval hydraulique du site *via* la nappe est également exclu.

► Voies de transfert retenues

Au vu des éléments ci-dessus, les voies de transfert finalement retenues sont :

- Le dégazage de polluants volatils présents dans les sols vers l'air ambiant du local des utilités (source B2-S8) ;
- Le dégazage de polluants volatils présents dans les sols vers l'air extérieur ;
- Le transfert de polluants présents dans les sols vers la nappe sous-jacente (source B2- S8 uniquement).

7.2.6 MILIEUX ET VOIES D'EXPOSITION

Les milieux d'exposition retenus se limitent à l'air ambiant. Les eaux souterraines ne sont pas retenues comme milieux d'exposition en l'absence d'usage de la nappe sur site. L'étude des expositions hors site d'éventuels usagers des eaux souterraines est hors périmètre de l'ARR.

Le détail des voies d'exposition est donné dans le tableau suivant.

VOIES D'EXPOSITION POTENTIELLES	SELECTION POUR L'EVALUATION	JUSTIFICATION
Ingestion directe de sol et/ou de poussières	Non	Projet d'aménagement prévoyant un recouvrement intégral des sols au droit des deux zones traitées.
Absorption cutanée de sols et/ou de poussières	Non	
Inhalation de polluants adsorbés sur les poussières de sol	Non	
Inhalation de polluants sous forme gazeuse	OUI	Les polluants présents dans les sols sont volatils (TCA, HCV, BTEX). L'absorption cutanée constitue une voie d'exposition minoritaire par rapport à l'inhalation de vapeurs.
Absorption cutanée de polluants sous forme gazeuse	(OUI)	
Ingestion d'eau contaminée issue de la nappe	Non	Pas d'usage de la nappe sur site. Transfert de la pollution hors site via la nappe non étudié
Inhalation de vapeurs d'eau polluée	Non	
Ingestion d'eau du robinet contaminée	Non	Projet d'aménagement devra prévoir l'installation de canalisation en matériaux multicouche, au sein d'une tranchée remblayée avec des matériaux sains.
Absorption cutanée d'eau du robinet contaminée	Non	
Absorption cutanée d'eau contaminée depuis un plan d'eau ou un cours d'eau	Non	Pas de transfert vers les eaux superficielles
Ingestion d'aliments d'origine végétale cultivés sur site	Non	Pas de végétaux autoproduits sur la zone d'étude.
Ingestion d'aliments d'origine animale à partir d'animaux chassés, pêchés ou élevés sur site ou à proximité	Non	Ni élevage, ni pêche ni chasse à proximité

Tableau 25 : Récapitulatif des voies d'exposition potentielles.

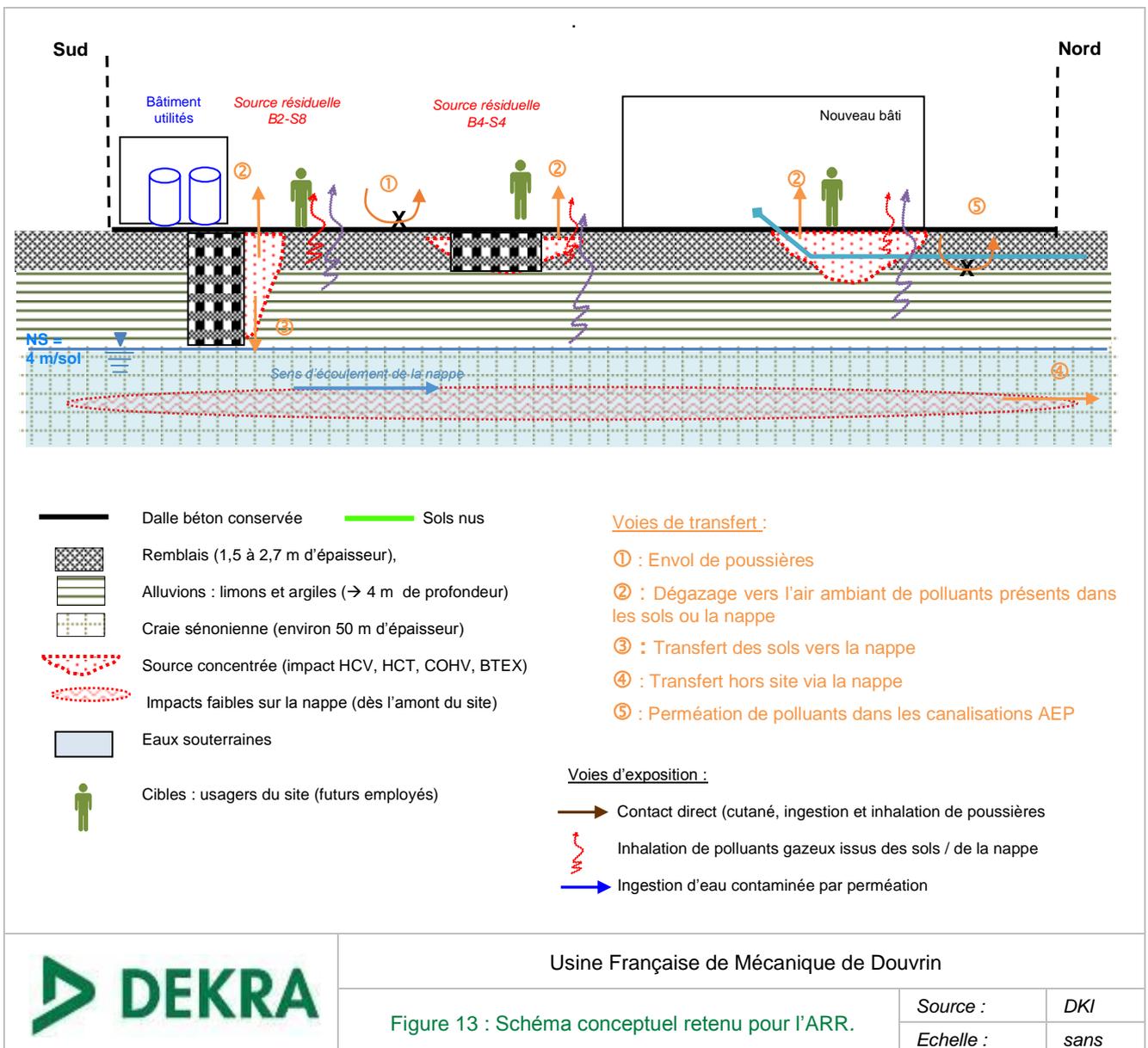


7.2.7 SCHEMA CONCEPTUEL ARR

Le schéma conceptuel se présente sous la forme d'un graphique synthétique rassemblant les cas possibles d'exposition directe ou indirecte aux polluants.

Il identifie :

- Le scénario étudié et les cibles associées (personnes exposées, milieux sensibles...);
- Les sources potentielles ou avérées de pollution;
- Les voies de transfert;
- Les voies d'exposition.



7.3 EVALUATION DES DANGERS

7.3.1 PRINCIPE DE L'EVALUATION DES DANGERS

L'évaluation du potentiel dangereux des substances consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme.

Pour évaluer les dangers d'une substance, il est nécessaire de connaître :

- Son comportement dans l'environnement, qui est déterminé par ses caractéristiques physico-chimiques (solubilité, volatilité...);
- Ses effets sur la santé, qui consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme, et de définir les valeurs de référence qui représentent la limite entre le risque acceptable et le risque inacceptable.

L'ensemble des éléments concernant l'évaluation des dangers est présenté en annexe.

Cf. Annexe 12 : Evaluation des dangers.

7.3.2 TOXICOLOGIE DES SUBSTANCES

Dans le cadre d'une EQRS, les éléments suivants sont recherchés :

- L'identification du potentiel dangereux des substances : effets toxiques aigus, chroniques, effets cancérigènes, organes cibles,
- L'évaluation de la relation dose-effet qui a pour but de définir une relation quantitative entre la dose ou la concentration absorbée ou administrée et l'incidence de l'effet délétère. On recherche alors les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR).

► **Pour les substances à seuil (ou toxiques)**

Les effets néfastes apparaissent à partir d'une certaine concentration d'exposition. On recherche les valeurs des doses de référence (RfD pour la voie orale) et concentration de référence (RfC pour la voie inhalation). Ces valeurs correspondent à des niveaux d'exposition sans risque appréciable d'effets néfastes sur l'homme.

► **Pour les substances sans seuil (cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques) :**

Il n'y a pas de niveau d'exposition sans risque, il y a un risque dès la première exposition. Les valeurs toxicologiques de références sont exprimées sous forme d'Excès de Risque Unitaire (ERUo pour la voie orale et ERUi pour la voie inhalation) qui expriment la relation entre le niveau d'exposition et la probabilité supplémentaire de développer l'effet cancérigène.

Les informations recueillies en termes de toxicité des substances sont présentées en annexe.



► **Choix des VTR**

Les VTR sont établies expérimentalement par des organismes de santé de notoriété internationale ou nationale. Les valeurs proposées peuvent donc diverger en fonction de l'organisme qui les établit ou encore ne fonction des conditions expérimentales.

La note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 aide à la sélection des VTR proposées en recommandant de respecter la hiérarchisation suivante :

- En premier lieu, sélectionner les VTR construites par l'ANSES si elles existent ;
- En second lieu, si une expertise nationale a été menée, retenir les VTR issues de la sélection approfondie réalisée dans le cadre de l'expertise (sous réserve que l'expertise soit postérieure à la date de parution de la VTR la plus récente) ;
- Sinon, sélectionner la VTR la plus récente parmi les trois bases de données suivantes : l'US-EPA¹, l'ASTDR², ou l'OMS³, sauf s'il est fait mention par l'organisme de référence que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée ;
- Enfin, si aucune VTR n'est retrouvée dans les quatre bases de données précédentes, choisir la plus récente proposée par Santé Canada⁴, RIVM⁵, l'OEHHA⁶ ou l'EFSA⁷.

7.3.3 PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES SUBSTANCES

Les propriétés physico-chimiques des différentes substances sélectionnées sont également répertoriées en annexe. Quelques propriétés sont à remarquer :

► **La pression de vapeur**

Elle indique la tendance d'un composé à être volatilisé depuis sa phase libre. Plus la pression de vapeur est importante, plus il pourra être volatilisé.

A titre indicatif, une pression de vapeur supérieure à 1 mm Hg indique une forte tendance à la volatilisation. Si elle est inférieure à 10⁻³ mm Hg, le composé aura une faible tendance à la volatilisation.

Pour illustration :

Substance	Pression de vapeur (mm Hg)
Naphtalène	8,5E-02 (faible)
Benzène	75,25 (très élevée)

► **La constante de Henry :**

Elle indique la tendance d'un composé à être volatilisé à partir d'une phase aqueuse. Plus la constante H est élevée, plus le composé est volatil.

A titre indicatif, une constante de Henry supérieure à 0,04 indique une forte tendance à la volatilisation, tandis qu'une constante de Henry inférieure à 0,0004 indique une faible tendance à la volatilisation.

¹ US-EPA : United States – Environmental Protection Agency – <http://epa.gov/iris/>

² ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Etats-Unis) – <http://atsdr.cdc.gov/>

³ OMS : Organisation Mondiale de la Santé

⁴ Santé Canada : <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/psl1-lsp1/index-fra.php>

⁵ RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Institut national de la santé publique et de l'environnement (Pays-Bas) <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701025.pdf>

⁶ OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment (antenne californienne de l'US-EPA) <http://www.oehha.ca.gov/risk/ChemicalDB.index.asp>

⁷ EFSA : European Food Safety Authority – <http://www.efsa.europa.eu/fr/>



Pour illustration :

Substance	H
Naphtalène	0,0192 (moyenne)
Benzène	0,225 (élevée)

► **Les coefficients d'adsorption :**

Le coefficient de partition octanol-eau, Kow, indique la tendance du composé à être adsorbé sur les particules solides ou la matière organique.

Le coefficient d'adsorption sur la matière organique, Koc, indique la tendance du composé à être adsorbé sur la matière organique spécifiquement. Plus ces valeurs sont importantes plus le composé est adsorbable.

Pour illustration :

Substance	Log Kow	Koc
Naphtalène	3,4	933-2000
Benzène	2,13	60

7.3.4 SELECTION DES SUBSTANCES RETENUES

► **Principes de sélection des substances**

On distinguera dans la suite de l'étude les substances et concentrations présentes :

- Dans les sols en bords et fond de fouille pour la source résiduelle S2-B8 ;
- Dans les sols en bords et fond de fouille pour la source résiduelle S4-B4 ;
- Dans la nappe au droit du site.

En première approche, l'ensemble des composés détectés dans les sols (prélèvements de fin de travaux) et la nappe est retenu :

- Les ETM (dans la nappe) ;
- Les hydrocarbures volatils C5-C10 ;
- Les hydrocarbures totaux C10-C40 ;
- Les BTEX (5 composés) ;
- Les COHV, dont le 1,1,1-trichloroéthane.

Puis, les critères spécifiques de sélection des substances sont :

- La présence et la concentration de la substance dans le milieu de transfert ;
- Le potentiel de volatilisation, traduit par de fortes valeurs de pression de vapeur et de constante de Henry ;
- L'existence de valeurs toxicologiques de référence pour les voies d'exposition retenues (fortes valeurs de l'ERUi pour les substances cancérigènes et faibles valeurs de RfC pour les substances non cancérigènes).

► **Composés non retenus en l'absence d'impact (pour toutes les voies d'exposition)**

Les composés qui ne sont pas détectés dans les sols ou la nappe ne sont pas retenus dans le cadre de l'ARR, les limites de quantification usuelles ayant été respectées par le laboratoire. Cela concerne les COHV, à l'exception du 1,1,1-trichloroéthane.



► Composés non retenus pour l'inhalation

Absence de propriété volatile

Les éléments traces métalliques (métaux) constituent les principaux polluants dans la nappe. Or, ils ne disposent pas de propriété volatile, à l'exception du mercure dans certaines conditions (non recherché dans les eaux souterraines, impact non suspecté). Aucun dégazage de la nappe n'est donc attendu ; les ETM ne seront donc pas retenus dans la suite de notre analyse.

Absence de valeurs toxicologiques de référence

Les coupes d'hydrocarbures présentant plus de 16 atomes de carbones ne disposant pas de VTR relative à l'inhalation. Les hydrocarbures HC > C16 ne seront pas retenus dans l'évaluation du risque lié à cette voie d'exposition.

► Substances retenues à l'issue de la démarche

A l'issue de la démarche, les substances retenues pour la **voie inhalation** sont celles présentes dans les sols :

- Les hydrocarbures légers C5 à C16 ;
- Les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) ;
- Le 1,1,1-trichloroéthane.

7.3.5 CONCENTRATIONS RETENUES

► Choix des concentrations

Pour la voie inhalation, on dispose de données à la fois sur brut et dans l'Air du sol (aucun polluant retenu dans la nappe). Le choix a été fait de ne pas exploiter la seule mesure disponible dans les gaz du sol car elle semble peu représentative du dégazage réel des terrains au droit de la zone résiduelle B2-S8.

Ainsi, le choix est fait de retenir les concentrations mesurées dans les sols bruts.

Dans une démarche conservatoire à majorante, le choix des concentrations se porte généralement sur les teneurs maximales mesurées dans le milieu. Toutefois, pour la source résiduelle B2-S8, un des échantillons de contrôle (BF11 3,5-4m) présente des concentrations en HCV et BTEX significativement supérieures à celles des 27 autres échantillons de contrôle de la zone. Or, les investigations menées autour de cette paroi de fouille n'ont pas mis en évidence de concentrations équivalentes ; l'impact a donc été considéré comme localisé (cf. § 5.1.3).

Pour les paramètres HCV et BTEX, nous ferons donc le choix de retenir *les concentrations moyennes* mesurées dans les sols, car elles paraissent plus représentatives du dégazage des milieux au droit de la zone d'étude. Pour les autres paramètres (HCT), la concentration maximale sera retenue.

Pour la source résiduelle B4-S4, les teneurs résiduelles montrant une certaine homogénéité, les concentrations maximales mesurées dans les sols bruts seront retenues. Ces choix seront discutés dans l'analyse des incertitudes.

► Répartition des fractions d'hydrocarbures

Lors de la réalisation des prélèvements de contrôle, des indices d'hydrocarbures totaux ont été recherchés (HCT C10-C40 et HCV C5-C10), sans distinction entre les différentes coupes, ni entre composés aliphatiques et aromatiques.



B2-S8 :

Pour établir une spéciation des fractions d'hydrocarbures au droit de la source résiduelle B2-S8, plusieurs hypothèses ont été combinées.

1/ Pour les fractions C5-C10, l'indice HCV a été réparti de façon arbitraire et uniforme entre les quatre fractions suivantes : hydrocarbures aliphatiques C5-C6, aliphatiques C6-C8, aliphatiques C8-C10 et aromatiques C8-C10. Chacune de ces fractions s'est vue attribuer une concentration égale à 25% de la concentration en HCV C5-C10.

2/ Les fractions aromatiques C5-6 et C6-C8 correspondent aux concentrations en benzène et toluène.

3/ Enfin, pour les fractions C12 à C40, une répartition théorique de type « gasoil dégradé » a été retenue, en adéquation avec la prépondérance de composés C16 à C30 relevée sur l'analyse de HCT.

B4-S4 :

Pour la spéciation des fractions d'hydrocarbures au droit de la source résiduelle B4-S4, une répartition théorique de type « huiles minérales » a été retenue, en adéquation avec la prépondérance de composés lourds (> C16) relevée sur l'analyse de HCT.

→ A l'issue de cette démarche, les substances sélectionnées et les concentrations retenues pour chaque source sont présentées dans les tableaux suivants.

Paramètres	Concentrations retenues pour B2-S8 résiduelle			
	Concentration maximale	Point / ouvrage concerné	Concentration moyenne	nombre de points
Matière sèche				
Hydrocarbures Totaux (HCT) - mg/kg				
HCT C10-C40	1400	FF4	168	moyenne sur 22 échantillons
<i>fraction C10-C16</i>	186		25	
<i>fraction C16-C22</i>	748		87	
<i>fraction C22-C30</i>	392		43	
<i>fraction C30-C40</i>	70,9		14	
Hydrocarbures volatils (HCV) - mg/kg				
HCV C5-C10	256	BF11	35	moyenne sur 13 échantillons
<i>fraction C5-C8</i>	167		22	
<i>fraction C8-C10</i>	88,8		21	
BTEX - mg/kg				
Benzène	1,98	BF11	0,4	moyenne sur 10 échantillons
Toluène	29,1		3,2	
Ethylbenzène	5,67		2,0	
Xylènes	26,75		4,2	

	Répartition retenue	Origine de la valeur
Aliphatiques > C5-C6	8,8	25% de la C° moyenne en HCV
Aliphatiques > C6-C8	8,8	25% de la C° moyenne en HCV
Aliphatiques > C8-C10	8,8	25% de la C° moyenne en HCV
Aliphatiques > C10-C12	84,0	TPH gasoil dégradé
Aliphatiques > C12-C16	420,0	TPH gasoil dégradé
Aliphatiques > C16-C35	518**	TPH gasoil dégradé
Aromatiques C5-C6	<i>cf benzène</i>	<i>moyenne sur 10 éch.</i>
Aromatiques C6-C8	<i>cf toluène</i>	<i>moyenne sur 10 éch.</i>
Aromatiques > C8-C10	8,8	25% de la C° moyenne en HCV
Aromatiques > C10-C12	8,4	TPH gasoil dégradé
Aromatiques > C12-C16	44,8	TPH gasoil dégradé
Aromatiques > C16-C21	263,2**	TPH gasoil dégradé
Aromatiques > C21-C35	44,8**	TPH gasoil dégradé

Tableau 26 : Concentrations retenues au droit de B2-S8 (source résiduelle).

Paramètres	Concentrations retenues pour B4-S4 résiduelle			
	Concentration maximale	Point concerné	Concentration moyenne	nombre de points
Matière sèche	88,84	moyenne	88,84	10
Hydrocarbures Totaux (HCT) - mg/kg				
HCT C10-C40	202	BF2	91	10
<i>fraction C10-C16</i>	<i>28,5</i>	<i>BF4</i>	<i>19</i>	<i>10</i>
<i>fraction C16-C22</i>	<i>28,8</i>	<i>FFM13</i>	<i>20</i>	<i>10</i>
<i>fraction C22-C30</i>	<i>92,7</i>	<i>BF2</i>	<i>33</i>	<i>10</i>
<i>fraction C30-C40</i>	<i>61,6</i>	<i>BF2</i>	<i>19</i>	<i>10</i>
COHV - mg/kg				
Dichlorométhane	< *	/	< *	10
Chlorure de vinyle	< *	/	< *	10
1,1-Dichloroéthylène	< *	/	< *	10
Trans-1,2-dichloroéthylène	< *	/	< *	10
cis 1,2-Dichloroéthylène	< *	/	< *	10
Chloroforme	< *	/	< *	10
Tetrachlorométhane	< *	/	< *	10
1,1-Dichloroéthane	0,1 * (= LQ)	FFM13	0,1 * (= LQ)	FFM13
1,2-Dichloroéthane	< *	/	< *	10
1,1,1-Trichloroéthane	2,9	FFM13	1,3	10
1,1,2-Trichloroéthane	< *	/	< *	10
Trichloroéthylène	< *	/	< *	10
Tetrachloroéthylène	< *	/	< *	10
Bromochlorométhane	< *	/	< *	10
Dibromométhane	< *	/	< *	10
1,2-Dibromoéthane	< *	/	< *	10
Bromoforme	< *	/	< *	10
Bromodichlorométhane	< *	/	< *	10
Dibromochlorométhane	< *	/	< *	10

	Répartition théorique pour une huile minérale (-)	Concentration correspondante (mg/kg)
Aliphatiques > C5-C6	0	0 *
Aliphatiques > C6-C8	0	0 *
Aliphatiques > C8-C10	0,001	0,20
Aliphatiques > C10-C12	0,003	0,61
Aliphatiques > C12-C16	0,16	32
Aliphatiques > C16-C35	0,7	142**
Aromatiques > C6-C8 (BTEX)	0	0 *
Aromatiques > C8-C10	0,001	0,20
Aromatiques > C10-C12	0,001	0,20
Aromatiques > C12-C16	0,007	1,4
Aromatiques > C16-C21	0,08	16**
Aromatiques > C21-C35	0,046	9**
Somme HCT C10-C40	0,997	202
Somme HCT C5-C40	1	203

Tableau 27 : Concentrations retenues au droit de B4-S4 (source résiduelle).



7.4 EVALUATION DES EXPOSITIONS

7.4.1 DEFINITION DES CONCENTRATIONS D'EXPOSITION

Dans cette phase, il s'agit de quantifier les doses de substances auxquelles sont exposées les cibles.

Les doses d'exposition, pour un type de cible, une substance et une voie d'exposition donnée sont détaillées dans les chapitres suivants.

► Formule générale de calcul de l'exposition

Pour la voie orale et la voie cutanée, la formule de la dose journalière d'exposition est, pour une substance et une voie d'exposition :

$$\text{DJE (mg/kg}_{\text{pc}}\text{/j)} = \frac{C_{\text{env}} \cdot Q_{\text{adm}} \cdot F \cdot D_{\text{exp}}}{P \cdot D_{\text{moy}}}$$

Avec C_{env} : concentration dans le milieu administré (air, eau, aliment...) (mg/kg)

Q_{adm} : quantité de milieu administrée par voie d'exposition (orale/cutanée) (kg/j)

F : fréquence d'exposition (jour/an)

D_{exp} : durée d'exposition en années (unité : an) ; 6 ans / enfant et 30 ans / adulte

P : poids corporel (unité : kgpc) ; 15 kg / enfant, ou 70 kg / adulte

D_{moy} : durée sur laquelle l'exposition est moyennée (unité : jours), c'est-à-dire D_{exp} pour le calcul de la dose d'exposition pour un effet à seuil et $D_{\text{vie}} = 70$ ans pour un effet sans seuil

► Calcul de l'exposition pour la voie respiratoire

Pour la voie respiratoire, la dose journalière d'exposition est remplacée par la concentration moyenne inhalée, CI, par jour :

$$\text{CI (mg/m}^3\text{)} = \sum_i (C_i \cdot t_i) \cdot \frac{F \cdot fr \cdot D_{\text{exp}}}{D_{\text{moy}}}$$

Avec C_i : concentration en polluants dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (mg/m³)

t_i : fraction de temps exposé à la concentration C_i pendant une journée (sans unité)

F : fréquence d'exposition (jour/an)

fr : facteur de rétention des poussières dans les poumons (sans unité) ; 0,75

D_{exp} : durée d'exposition (unité : an) ; 6 ans / enfant et 30 ans / adulte

D_{moy} : durée sur laquelle l'exposition est moyennée (unité : jours) ; c'est-à-dire D_{exp} pour le calcul de la dose d'exposition pour un effet à seuil et $D_{\text{vie}} = 70$ ans pour un effet sans seuil

L'exposition totale à une substance pour un scénario et un récepteur est la somme des expositions par chacune des voies d'expositions.



7.4.2 EVALUATION LIEE A L'INHALATION DE VAPEURS

► Outil de l'évaluation

L'équation permettant de déterminer les CI (concentrations inhalées) présentée au paragraphe précédent a été utilisée pour l'évaluation des expositions liées à l'inhalation de vapeurs.

Les concentrations dans l'air ont été estimées à partir d'un code de calcul permettant de simuler les phénomènes de dégazage des substances depuis les sols et ou la nappe.

Les équations du logiciel RISC 4.0 (développé par BP oil International version de 2001) réécrites sous Excel ont été utilisées pour l'évaluation des expositions dans l'air.

La modélisation des expositions aux vapeurs dans l'air intérieur et extérieur à partir des sols a été réalisée à partir équations de *Johnson & Ettinger (1991)* utilisées avec une source de pollution infinie.

Le transfert de vapeur est conditionné par un mouvement diffusif (équations de *Millington and Quirck* et équation de *Fick*) et un mouvement convectif induit par les effets de la ventilation.

Les équations utilisées pour réaliser ces simulations sont présentées en annexe.

Cf. Annexe 13 : Détails des calculs de l'ARR.

► Valeurs des paramètres

Les paramètres permettant d'estimer les concentrations *dans l'air intérieur et extérieur*, par dégazage des substances *depuis les sols*, ont été déterminés à partir :

- Des données de terrain (par ex : profondeur de la source sol, teneur en matière sèche ...) ;
- Des données de la littérature pour les paramètres non mesurés (ex : porosité du sol), en se basant sur des valeurs adaptées à la réalité du terrain.

Les valeurs des paramètres permettant de calculer les CI sont présentées dans les tableaux suivants :

- Valeurs des paramètres d'exposition pour les cibles ;
- Valeurs des paramètres de modélisation.

7.4.3 VALEURS DES PARAMETRES D'EXPOSITION DES CIBLES

Les cibles retenues pour la suite de l'évaluation sont les futurs employés travaillant au droit des zones dépolluées B2-S8 et B4-S4.

Paramètre		unité	Cible exposée sur B2-S8	Cible exposée sur B4-S4
D _{exp}	Durée d'exposition	An	42	42
D _{vie}	Durée de vie	An	70	70
F _{exp}	Fréquence d'exposition	Jr/an	218	218
T _{INT}	Taux d'exposition en intérieur	-	1h/24h	0h/24h
T _{EXT}	Taux d'exposition en extérieur	-	1h/24h	1h/24h

Tableau 28 : Valeur des paramètres d'exposition pour les cibles étudiées.



Durée d'exposition

Pour chaque Cible Employé, la durée d'exposition de 42 ans correspond à la totalité de la vie active ; cette hypothèse est majorante puisqu'elle implique que la personne travaillera toute sa vie au même endroit.

Fréquence d'exposition :

La fréquence d'exposition de 218 jours/an correspond au nombre légal de jours travaillés en France par an.

Fraction de temps passé à l'intérieur / à l'extérieur :

Pour les cibles étudiées, en l'absence de poste de travail au droit des sources B2-S8 et B4-S4, nous avons considéré une exposition de 1h/24 sur les extérieurs et de 1h/24 en intérieur dans le bâtiment d'utilités (B2-S8). Ces durées d'exposition correspondent à des moyennes standard.

7.4.4 VALEURS DES PARAMETRES DE MODELISATION

► Hypothèse simplificatrice

Lors du choix des paramètres de modélisation, deux configurations sont envisageables pour estimer les expositions liées aux teneurs résiduelles dans les sols après excavation (cf. schéma ci-dessous):

- Soit on modélise une *source résiduelle en fond de fouille* : les teneurs résiduelles sont présentes à partir du fond de fouille et jusqu'au pied de la pollution. Cette source est surplombée de matériaux d'apport, dont la porosité peut favoriser le dégazage (cas d'un remblai sablo-graveleux par exemple).
- Soit on modélise une *source résiduelle en paroi de fouille* : les teneurs résiduelles sont présentes à partir du toit de la source et jusqu'au pied de la pollution. La zone de transfert est constituée des terrains de même lithologie que ceux présents avant l'excavation.

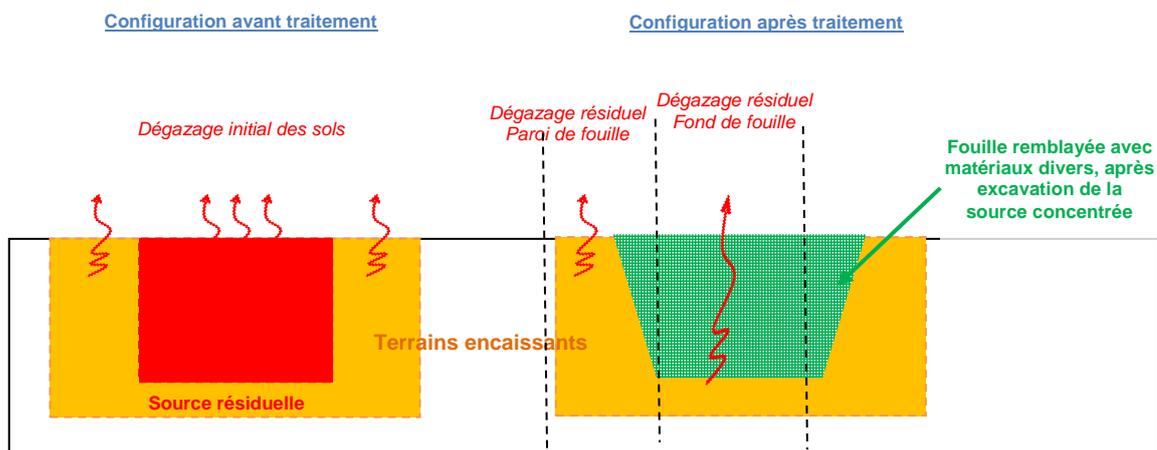


Figure 14 : Représentation schématique du dégazage à partir des bords de fouille ou du fond de fouille.

Comme en 2017, nous ferons le choix de considérer une source résiduelle en paroi de fouille, présente de la surface et jusqu'aux pieds respectifs des zones sources. Le remblaiement des fouilles ne sera donc pas modélisé. En effet, les dépassements des seuils de dépollution en fin de travaux concernent principalement les prélèvements en bords de fouille.

Ce modèle sera également considéré pour modéliser le dégazage à l'intérieur du bâtiment d'utilités.

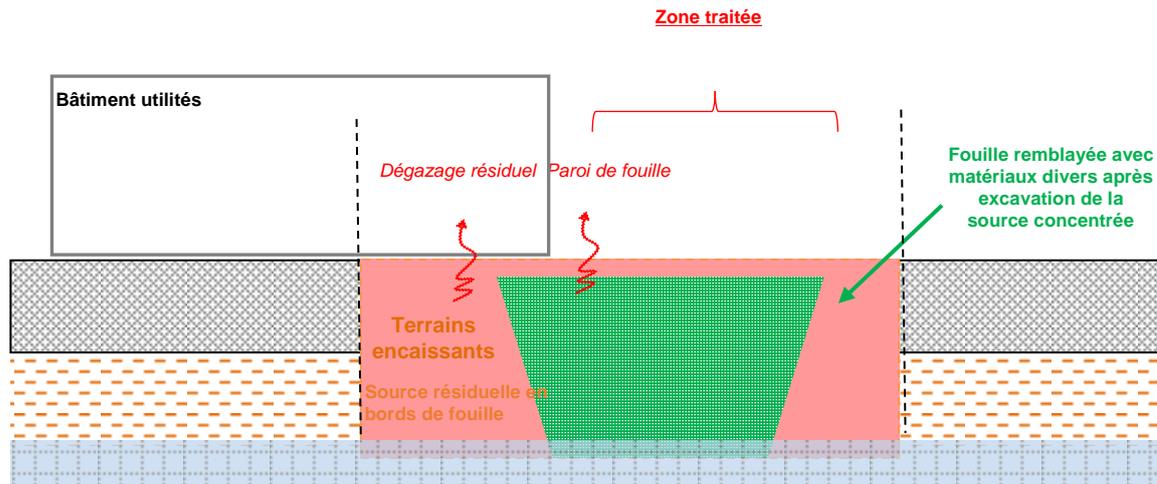


Figure 15 : Configuration modélisée sur B2-S8.

► Profondeur des sources sol et nappe

Les sources résiduelles de pollution à l'origine du dégazage des terrains sont modélisées respectivement entre 0.2 et 4 m (B2-S8), entre 0,2 et 1,5 m de profondeur (B4-S4).

Rappel : La nappe se trouve à environ 4 m/sol.

► Nature des sols

La nature des sols est définie sur la base des analyses granulométriques réalisées en octobre 2017. Les sols encaissants seront assimilés à des « limons sableux » (pour le remblai), des « limons fins » (pour les limons et la craie sous-jacente).

Les caractéristiques de ces formations disponibles dans la littérature seront retenues pour caractériser la source-sol et la zone de transfert en termes de porosité totale, perméabilité...

► Caractéristiques constructives

Certaines hypothèses constructives arbitraires et conservatoires ont été retenues pour modéliser les expositions dans le futur bâtiment des utilités.

→ Les paramètres utilisés pour la modélisation du dégazage au droit des deux sources résiduelles sont synthétisés dans les tableaux suivants.

B2-S8 - Configuration "Bord de fouille"	unité	Valeur	Origine de la valeur
Caractéristiques des sols de 0 à 2,7 m (remblai noir)			
Porosité totale	cm ³ /cm ³	0,387	Valeur par défaut pour un Limon sableux ('Sandy loam' - Johnson & Ettinger)
Contenu en eau	cm ³ /cm ³	0,103	Terrain : moyenne des % en eau sur 17 échantillons analysés entre 0 et 2,7 m dans la fouille B2-S8
Fraction de carbone organique	mg/mg sol	0,042	Terrain: Valeur minimale mesurée dans le remblai en 2017 (sur 16 valeurs)
Densité du sol	g/cm ³	1,66	Valeur par défaut pour un remblai sableux ('Sand' - Johnson & Ettinger)
Caractéristiques des limons de 2,7 à 4 m			
Porosité totale	cm ³ /cm ³	0,439	Valeur par défaut pour un Limon fin ('Silt loam' - Johnson & Ettinger)
Contenu en eau	cm ³ /cm ³	0,189	Terrain : moyenne des % en eau sur 17 échantillons analysés entre 2,7 et 4 m dans la fouille B2-S8
Fraction de carbone organique	mg/mg sol	0,009	Terrain: Valeur minimale mesurée dans les limons en 2017 (sur 4 valeurs)
Densité du sol	g/cm ³	1,49	Valeur par défaut pour un Limon fin ('Silt loam' - Johnson & Ettinger)
Caractéristiques de la Source-Sol			
Profondeur de la zone source	m	0,1	Terrain : teneurs résiduelle sub-affleurantes en bord de fouille
Épaisseur de la zone source	m	3,9	Terrain : teneurs résiduelles présentes de 0,1 m à 4 m de profondeur
Caractéristiques constructives du local de production d'eau froide			
Superficie du local	m ²	2100	Dimensions du local de production de froid, lues sur plan : 30 m x 70 m
Périmètre du local	m	200	Dimensions du local de production de froid, lues sur plan : 30 m x 70 m
Hauteur du local	m	3	Hauteur arbitraire minimale sous plafond d'un local technique
Volume du local	m ³	6300	Superficie x Hauteur
Nombre d'échange d'air par jour dans le local	échange/j	20	Valeur par défaut pour un usage industriel
Épaisseur des fondations	m	0,1	Épaisseur arbitraire minimale de dalle dans un local technique
Perméabilité de la zone non saturée aux vapeurs	cm ²	1,00E-08	Valeur par défaut pour un Limon sableux ('Sandy loam' - RISC 4.0)
Différence de pression	g/cm.s ²	40	Valeur par défaut du logiciel RISC 4.0
Fraction de fissure des fondations	/	2,00E-04	Valeur par défaut Johnson & Ettinger
Porosité dans les fissures	cm ³ /cm ³	0,12	Valeur par défaut Johnson & Ettinger
Contenu en eau dans les fissures	cm ³ /cm ³	0,07	Valeur par défaut Johnson & Ettinger
Caractéristiques de la zone de respiration ("box model")			
Épaisseur du revêtement l'extérieur	m	0,03	Présence d'enrobé, voire d'une dalle béton
Hauteur	m	1,5	Hauteur de respiration communément utilisée dans ce type de modélisation
Longueur	m	50	Plus grande dimension de la zone dépolluée
Vitesse du vent	m/s	2,5	Vitesse de vent moyenne dans la région de Lille (source: site w indfinder)

Tableau 29 : Valeurs des paramètres pour la modélisation du dégazage – B2-S8.

B4-S4 - Configuration "Bord de fouille"	unité	Valeur	Origine de la valeur
Caractéristiques des sols de 0 à 1,5 m (remblai noir)			
Porosité totale	cm ³ /cm ³	0,387	Valeur par défaut pour un Limon sableux ('Sandy loam' - Johnson & Ettinger)
Contenu en eau	cm ³ /cm ³	0,103	Terrain : moyenne des % en eau sur 17 échantillons analysés entre 0 et 2,7 m dans la fouille B2-S8
Fraction de carbone organique	mg/mg sol	0,042	Terrain: Valeur minimale mesurée dans le remblai en 2017 (sur 16 valeurs)
Densité du sol	g/cm ³	1,66	Valeur par défaut pour un remblai sableux ('Sand' - Johnson & Ettinger)
Caractéristiques de la Source-Sol			
Profondeur de la zone source	m	0,1	Terrain : teneurs résiduelle sub-affleurantes en bord de fouille
Epaisseur de la zone source	m	1,4	Terrain : teneurs résiduelles présentes de 0,1 m à 1,5 m de profondeur
Caractéristiques de la zone de respiration ("box model")			
Epaisseur du revêtement l'extérieur	m	0,03	Présence d'enrobé (a minima)
Hauteur	m	1,5	Hauteur de respiration communément utilisée dans ce type de modélisation
Longueur	m	50	Plus grande dimension de la zone dépolluée
Vitesse du vent	m/s	2,5	Vitesse de vent moyenne dans la région de Lille (source: site windfinder)

Tableau 30 : Valeurs des paramètres pour la modélisation du dégazage – B4-S4.

7.5 CARACTERISATION DES RISQUES

Afin de caractériser les effets potentiels, les concentrations d'exposition (calculées dans l'évaluation de l'exposition) sont comparées avec les valeurs toxicologiques de référence (présentées dans l'évaluation des dangers).

Ces comparaisons sont faites séparément pour les substances à seuil et les substances sans seuil.

Les risques sont d'abord calculés pour chaque substance et chaque voie d'exposition.

L'exposition à plusieurs substances peut induire l'additivité, la synergie (amplification des effets) ou l'antagonisme (annulation des effets).

En l'absence de données sur la synergie entre les substances, il a été considéré, en première approche, l'additivité des risques liés à l'exposition à plusieurs substances dont on suppose que les effets propres à chacune vont s'additionner.

7.5.1 PRINCIPES DE L'ÉVALUATION

► Calcul de risque pour les substances non cancérogènes

Pour les substances non cancérogènes, la possibilité de survenue d'un effet toxique chez l'homme est représentée par un **Quotient de Danger (QD)**, également appelé Indice de Risque (IR), calculé comme suit :

Pour la voie d'exposition par inhalation : $QD = CI / RfC$

Pour les autres voies d'exposition : $QD = DJE / RfD$

→ Le guide méthodologique associé à la note ministérielle du 19 avril 2017 recommande de considérer comme acceptable un indice de risque cumulé inférieur à 1.



Lorsque le QD est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît peu probable, y compris pour les populations sensibles. Au-delà de 1, la possibilité d'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue. En outre, cette possibilité apparaît d'autant plus forte que le QD augmente, mais ce n'est pas une relation linéaire.

► **Calcul de risque pour les substances cancérigènes**

L'effet cancérigène implique que, quel que soit le niveau d'exposition, la substance est susceptible d'induire un effet. Il y a donc un risque dès la première dose d'exposition – on parle dans ce cas d'effet sans seuil.

La relation entre le niveau d'exposition chez l'homme et la probabilité de développer un cancer est exprimée par l'**Excès de Risque Unitaire (ERU)**.

L'ERU représente la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de développer un cancer s'il est exposé toute sa vie à une unité de dose toxique.

L'ERU multiplié par la Concentration Inhalé (CI) pour l'inhalation, ou la Dose Journalière d'Exposition (DJE) pour les autres voies, permet de déduire un **Excès de Risque Individuel (ERI)**, qui représente la probabilité que l'individu a de développer l'effet (cancer) associé à la substance, pendant toute sa vie, du fait de l'exposition considérée.

Pour la voie d'exposition par inhalation : **ERI = CI x ERUi**

Pour les autres voies d'exposition : **ERI = DJE x ERUo**

L'ERI est calculé pour chaque substance. En première approche, on considérera pour l'évaluation du risque la somme des ERI ainsi calculés.

Cette valeur d'ERI est à comparer à un niveau de risque acceptable généralement compris entre 10^{-4} et 10^{-6} . Un risque de 10^{-5} signifie l'apparition d'un cas de cancer supplémentaire dû à l'exposition à la substance, dans une population de 100 000 personnes, en plus du risque de base.

→ Le guide méthodologique associé à la note ministérielle du 19 avril 2017 indique que le niveau de risque acceptable correspond à un ERI inférieur à la valeur de 10^{-5} .

7.5.2 RESULTATS DES CONCENTRATIONS DE POLLUANTS DANS L'AIR

Les résultats des concentrations de polluants sous formes gazeuse et particulaire sont présentés ci-dessous.

Le polluant présent en concentration la plus importante sous forme vapeur est de loin le 1,1,1-trichloroéthane.

Polluant	Concentration de polluant sous forme vapeur (mg/m ³)		
	B2-S8		B4-S4
	Intérieur Local	Extérieurs	Extérieurs
1,1,1-trichloroéthane	*	*	7,23E-02
benzène	1,09E-03	1,82E-03	*
toluène	2,82E-03	4,63E-03	*
éthylbenzène	1,33E-03	1,89E-03	*
xylènes	5,13E-03	6,99E-03	*
HC aliph. C5-C6	3,20E-01	6,04E-01	*
HC aliph. C6-C8	1,08E-01	2,03E-01	*
HC aliph. C8-C10	1,45E-02	2,74E-02	9,69E-04
HC aliph. C10-C12	1,33E-02	2,52E-02	5,59E-04
HC aliph. C12-C16	5,16E-03	9,75E-03	6,05E-03
HC aliph. C16-C35	1,46E-04	2,76E-04	6,16E-04
HC arom. C8-C10	2,72E-03	5,14E-03	1,17E-04
HC arom. C10-C12	4,79E-04	9,05E-04	2,15E-05
HC arom. C12-C16	4,85E-04	9,16E-04	2,89E-05
HC arom. C16-C35	7,28E-05	1,38E-04	2,56E-05

Tableau 31 : Résultats des concentrations de polluant dans l'air.

7.5.3 RESULTATS DE LA CARACTERISATION DES RISQUES – CIBLE B2-S8

La cible étudiée est un Employé exposé aux polluants présents dans la source résiduelle B2-S8 dans le bâtiment des utilités et sur les extérieurs.

Les risques totaux calculés pour la **Cible B2-S8** sont :

Risques toxiques : QD = 0,014 < 1 **Risques sans seuil : ERI = 1,25E-06 < 1E-05**

→ Les résultats mettent en évidence des risques toxiques et cancérigènes inférieurs aux limites retenues ; les risques apparaissent donc acceptables en première approche pour la Cible exposée au droit de la source résiduelle B2-S8.

Ce résultat devra être validé (ou infirmé) par l'analyse des incertitudes.

Le détail des contributions respectives des substances et des voies d'exposition aux risques calculés est présenté dans le tableau ci-dessous et est illustré dans les figures en page suivante.

Polluant	QUOTIENT DE DANGER (QD)			EXCES DE RISQUE INDIVIDUEL (ERI)		
	Inhalation à l'INTERIEUR	Inhalation en EXTERIEUR	SOUS-TOTAL par substance	Inhalation à l'INTERIEUR	Inhalation en EXTERIEUR	SOUS-TOTAL par substance
1,1,1-TCA	*	*	/	**	**	/
benzène	2,72E-03	4,53E-03	7,25E-03	4,25E-07	7,07E-07	1,13E-06
toluène	3,69E-06	6,07E-06	9,76E-06	**	**	/
éthylbenzène	2,21E-05	3,13E-05	5,34E-05	4,97E-08	7,05E-08	1,20E-07
xylènes	6,39E-04	8,70E-04	1,51E-03	**	**	/
HC aliph. C5-C6	4,32E-04	8,17E-04	1,25E-03	**	**	/
HC aliph. C6-C8	1,46E-04	2,75E-04	4,21E-04	**	**	/
HC aliph. C8-C10	3,60E-04	6,81E-04	1,04E-03	**	**	/
HC aliph. C10-C12	3,31E-04	6,26E-04	9,58E-04	**	**	/
HC aliph. C12-C16	1,28E-04	2,43E-04	3,71E-04	**	**	/
HC arom. C8-C10	3,39E-04	6,40E-04	9,79E-04	**	**	/
HC arom. C10-C12	5,96E-05	1,13E-04	1,72E-04	**	**	/
HC arom. C12-C16	6,03E-05	1,14E-04	1,74E-04	**	**	/
SOUS-TOTAL par voie	5,24E-03	8,95E-03	1,42E-02	4,74E-07	7,77E-07	1,25E-06
*: substance absente de cette source			**: substance non concernée par ce type d'effet			

Tableau 32 : Résultats de la caractérisation des risques – Cible B2-S8.

Ces répartitions appellent les commentaires suivants :

La voie d'exposition contribuant majoritairement aux risques totaux est l'**inhalation de vapeurs de polluants en extérieur**, qui représente 63% du QD_{TOTAL} et de 62% de l'ERI_{TOTAL}.

Les risques à seuil sont majoritairement liés à l'inhalation de **benzène** (51% du QD_{TOTAL}).

Les risques sans seuil sont majoritairement dus à l'inhalation de **benzène** (90% de l'ERI_{TOTAL}).

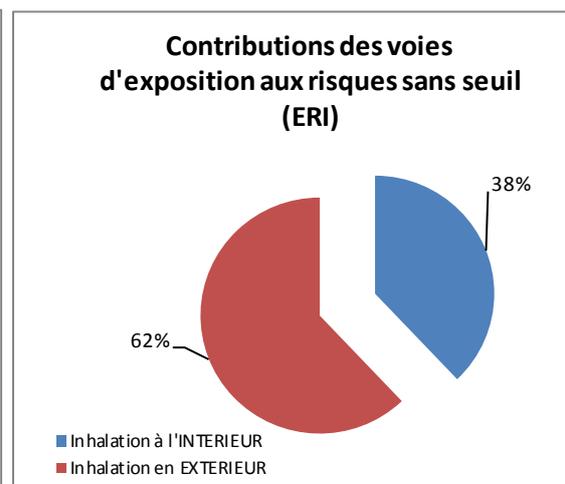
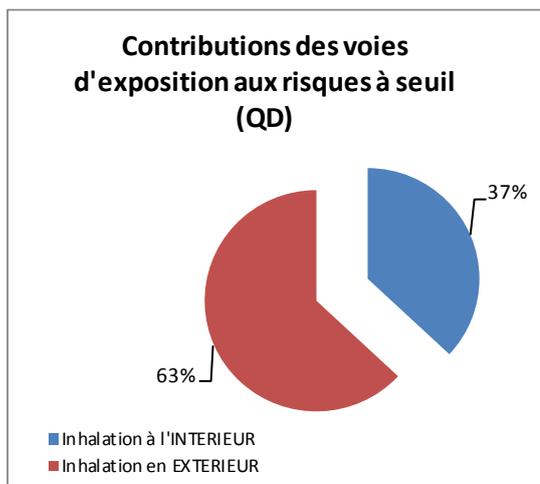
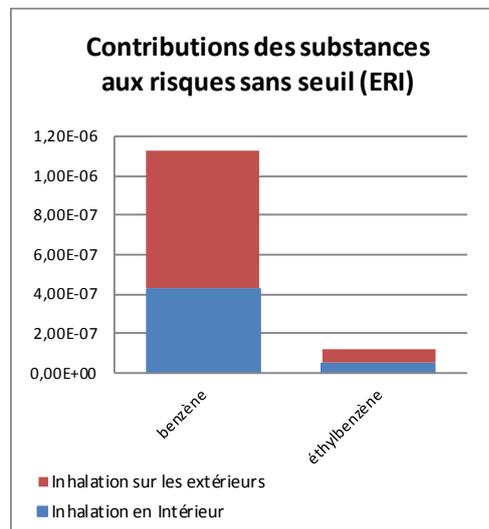
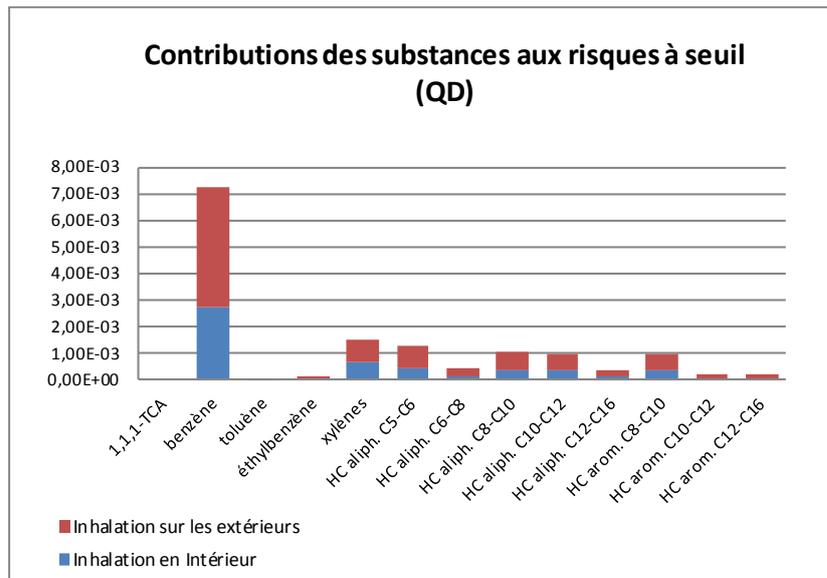


Figure 16 : Contributions des voies d'exposition et des substances aux risques totaux.

7.5.4 RESULTATS DE LA CARACTERISATION DES RISQUES – CIBLE B4-S4

La cible étudiée est un Employé exposé aux polluants présents dans la source résiduelle B4-S4 sur les extérieurs.

Les risques totaux calculés pour la **Cible B4-S4** sont : **QD = 0,0002 << 1**

→ Les résultats mettent en évidence des risques toxiques inférieurs de plusieurs ordres de grandeur par rapport à la limite retenue. Les substances présentes n'engendrent pas de risque sans seuil.

Les risques apparaissent donc acceptables pour la cible exposée au droit de la source résiduelle B4-S4. Ce résultat devra être validé (ou infirmé) par l'analyse des incertitudes.

Polluant	QUOTIENT DE DANGER (QD)	EXCES DE RISQUE INDIVIDUEL (ERI)
	Inhalation en EXTERIEUR	Inhalation en EXTERIEUR
1,1,1-TCA	3,60E-07	**
benzène	*	**
toluène	*	**
éthylbenzène	*	**
xylènes	*	**
HC aliph. C5-C6	*	**
HC aliph. C6-C8	*	**
HC aliph. C8-C10	2,41E-05	**
HC aliph. C10-C12	1,39E-05	**
HC aliph. C12-C16	1,51E-04	**
HC arom. C8-C10	1,45E-05	**
HC arom. C10-C12	2,68E-06	**
HC arom. C12-C16	3,60E-06	**
SOUS-TOTAL par voie	2,10E-04	**

Tableau 33 : Résultats de la caractérisation des risques – Cible B4-S4.

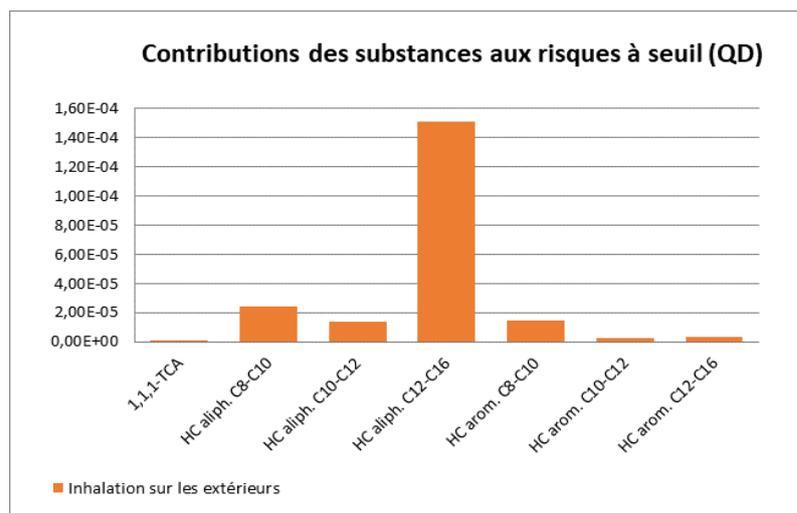


Figure 17 : Contributions des substances aux risques totaux – B4-S4.

Les risques à seuil sont majoritairement liés à l'inhalation d'hydrocarbures aliphatiques C12-C16 (72% du QD_{TOTAL}).

7.6 ANALYSE DES INCERTITUDES

L'explication et la discussion des incertitudes qui concernent les paramètres et les hypothèses de calcul sont destinées à faciliter l'interprétation des résultats et permettre une gestion optimale des risques.

Les choix qui ont été faits sur les valeurs à attribuer à certains paramètres ou sur le comportement des individus sont entachés d'une incertitude. L'ensemble des paramètres déterminants est discuté dans ce chapitre, et notamment les concentrations de référence et les paramètres descriptifs de l'exposition.

L'approche générale se veut sécuritaire et conduit à des valeurs du risque majorantes.

Ce chapitre permettra d'apprécier la sensibilité des paramètres et de vérifier l'influence sur le résultat du calcul.

Le cas de la source résiduelle B2-S8 sera étudié avec plus d'attention car les pollutions résiduelles y sont plus importantes.

7.6.1 SCENARIO MODELISE

► Scénario d'exposition

Le scénario d'exposition étudié est celui d'un réaménagement des deux zones traitées pour un usage industriel (projet ACC fourni à DEKRA).

Les voies d'exposition identifiées ont concerné :

- L'inhalation de polluants volatils sous forme vapeur en intérieur pour S2-B8 uniquement ;
- L'inhalation de polluants volatils sous forme vapeur sur les extérieurs pour les deux sources résiduelles.

Concernant l'exposition liée à une éventuelle perméation de polluants volatils dans les canalisations d'eau potable, des prescriptions spécifiques ont été proposées en vue de l'aménagement des futurs réseaux.

Les voies d'expositions retenues sont conformes au plan d'aménagement fourni par la société ACC, futur exploitant et au schéma conceptuel.

► Configuration modélisée

On a vu au paragraphe 7.4.4 que deux types de configurations pouvaient être retenues pour modéliser le dégazage résiduel à l'aplomb d'une source excavée puis remblayée avec des matériaux d'apport : la configuration « Bord de fouille » (retenue en première approche) et la configuration « Fond de fouille ».

La configuration « Bord de fouille » a semblé la plus représentative des risques résiduels et a abouti à des risques sanitaires acceptables.

→ *A titre de comparaison, calculons à nouveau les risques sanitaires de la cible travaillant au droit de la zone résiduelle B2-S8, en modélisant cette fois une configuration de type « Fond de Fouille ».*

Dans cette nouvelle configuration, la source résiduelle se trouvera à 3,9 m de profondeur et dégazera au travers 3,9 m de remblai d'apport constitué de Limons fins de 0,2 à 4 m, puis de sables graveleux de 0 à 0,2 m (couche de finition).

La perméabilité aux vapeurs sous construction sera celle de la grave sableuse – qui favorise le transfert de vapeurs. La fraction de carbone organique sera celle des sols profonds.



	QD B2-S8	ERI B2-S8
Hypothèse initiale : configuration Bord de Fouille (BF) profondeur de la source = 0,2 m Limons sableux de 0 à 2,7 m, puis Limons très fins de 2,7 à 4 m Ki / perméabilité aux vapeurs sous construction = 1E-08 (valeur pour les Ls) COT = 0,042 (caractéristique des remblais noirâtres)	1,42E-02	1,25E-06
Hypothèse testée : configuration Fond de Fouille (FF) profondeur de la source = 3,9 m Grave sableuse de 0 à 0,2 m, puis Limons très fins de 0,2 à 4 m Perméabilité aux vapeurs sous construction (Ki) = 1E-06 (valeur pour les GrS) COT = 0,009 (caractéristique des limons et marnes)	6,47E-02	7,27E-06

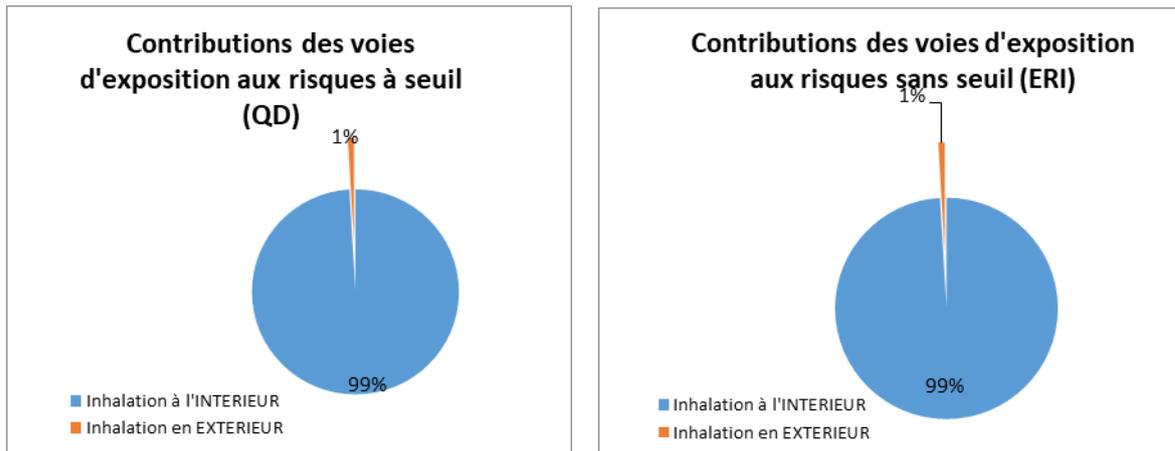


Tableau 34 : Analyse des incertitudes – Configuration Fond de fouille.

Les résultats mettent en évidence des risques cinq fois plus élevés que dans la configuration parois de Fouille, tout en restant inférieurs aux seuils considérés, donc acceptables.

L'exposition à l'intérieur du bâtiment des utilités devient majoritaire par rapport à l'exposition sur les extérieurs (99% du QD_{TOTAL} et de l'ERI_{TOTAL}).

7.6.2 CHOIX DES SUBSTANCES

► Démarche générale

La démarche adoptée a consisté à retenir l'ensemble des composés volatils détectés dans les sols et disposant d'une valeur toxicologique de référence pour la voie inhalation. Cette approche est réaliste compte tenu des pollutions en présence et des voies d'exposition retenues.

Les composés non détectés (teneurs inférieures aux limites de quantification) n'ont pas été retenus. Cette démarche reste réaliste au regard des limites de quantification proposées par le laboratoire, conformes aux exigences actuelles.

► Prise en compte de la Qualité des remblais dans la modélisation

Dans l'ensemble, les analyses de contrôle réalisées sur les matériaux d'apport ont mis en évidence l'absence d'impact marqué par les polluants recherchés.

Seuls quelques marquages peu significatifs avaient été relevés sur les matériaux extraits des deux zones traitées et réutilisés en remblais : max HCT = 138 mg/kg ; max HAP = 5 mg/kg ; max BTEX = 0,84 mg/kg ; HCV et COHV < LQ.

Ces concentrations résiduelles ne sont pas exploitées dans la configuration retenue en première approche (« Bord de fouille »), puisque la partie remblayée de la fouille n'y est pas modélisée.

A l'inverse, elles auraient pu être exploitées dans la configuration « Fond de fouille » ; en effet, la prise en compte de polluants entre la surface et le fond de fouille augmenterait théoriquement les risques sanitaires.

Toutefois, les substances tirant les risques sanitaires, le benzène et les HCV, ne sont pas détectées dans les remblais. La prise en compte de la qualité globalement très bonne des matériaux de remblais ne modifierait donc pas les conclusions générales de l'étude.

7.6.3 CONCENTRATIONS RETENUES

► **Concentrations dans les sols bruts / dans les gaz du sol**

Au droit de B2-S8, le choix a été fait de retenir préférentiellement les mesures faites dans les sols par rapport à celle réalisée dans les gaz du sol, cette dernière ayant été jugée peu représentative (matériau d'apport gorgé d'eau en surface).

Pourtant, lorsqu'elles sont réalisées dans des conditions correctes, les mesures dans les gaz du sol ont l'avantage d'être plus représentatives du dégazage réel des milieux car elles permettent de s'affranchir d'une étape de modélisation (i.e : la modélisation du dégazage de la matrice sol brut vers l'air du sol) et des incertitudes associées.

De façon générale, les modélisations réalisées à partir de résultats analytiques sur sols bruts tendent à surestimer le dégazage réel des sols. Ainsi, il est probable que le dégazage modélisé à partir des concentrations en bords et fond de fouille soit surestimé, ainsi que les risques sanitaires associés.

Pour les futures analyses des enjeux sanitaires, DEKRA recommande la réalisation de prélèvements et d'analyses de gaz du sol afin d'estimer plus finement les expositions attendues des salariés.

► **Concentrations maximales / concentrations moyennes dans les sols**

Dans les sols de B4-S4, dans une approche conservatoire, le choix a été fait de retenir les concentrations résiduelles maximales en polluants. A l'inverse, dans les sols de B2-S8, le choix a été fait de ne pas retenir les concentrations maximales en HCV et BTEX, mais les concentrations moyennes, afin de ne pas généraliser à l'ensemble des terrains, un impact localisé et situé en profondeur.

→ A titre de comparaison, calculons à nouveau les risques sanitaires de la cible travaillant au droit de la zone résiduelle B2-S8, en considérant les concentrations maximales en BTEX (échantillon BF11).

	QD _{B2-S8}	ERI _{B2-S8}
Hypothèse initiale : Prise en compte des concentrations moyennes en BTEX B = 0,4 mg/kg - T = 3,2 mg/kg - E = 2,0 mg/kg - X = 4,2 mg/kg	1,42E-02	1,25E-06
Hypothèse testée : Prise en compte des concentrations maximales en BTEX B = 1,98 mg/kg - T = 29,1 mg/kg - E = 5,7 mg/kg - X = 26,7 mg/kg,	5,09E-02	5,94E-06

Tableau 35 : Analyse des incertitudes – Concentrations maximales en BTEX.

Les résultats mettent en évidence des risques environ quatre fois plus élevés, tout en restant inférieurs aux seuils considérés, donc acceptables.



7.6.4 TOXICITE DES COMPOSES

► Valeurs toxicologiques de référence

Les valeurs les plus pertinentes de VTR ont été sélectionnées. Lorsque plusieurs valeurs toxicologiques sont disponibles, ces dernières ont été étudiées et les choix réalisés pour chaque substance sont présentés dans les "fiches de données physico-chimiques et toxicologiques" (en annexe).

L'extrapolation des VTR à partir d'études sur l'homme ou les animaux induit de nombreuses incertitudes. Pour les effets à seuil, le principe même de la dérivation des VTR induit l'utilisation de facteurs d'incertitudes qui atteignent 1000 dans le cas des substances retenues.

Dans l'état actuel des connaissances, l'application de ces VTR implique des estimations majorantes du risque.

D'autre part, nous avons privilégié les VTR issues d'études sur l'homme afin de réduire les incertitudes sur ce paramètre. Nous avons également retenu les VTR proposées par des organismes reconnus pour leur compétence dans ce domaine. Il s'agit notamment de l'ANSES (France), l'USEPA (base de données IRIS) et de l'ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) aux Etats Unis, de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) et du RIVM aux Pays bas.

En l'absence de VTR pour une voie d'exposition et/ou pour un certain type d'effet, nous avons choisi de ne pas dériver les valeurs manquantes (notamment pour la voie inhalation) conformément aux recommandations ministérielles.

En cas de difficulté à choisir parmi différentes valeurs toxicologiques de référence, la démarche introduite par la CIRCULAIRE DGS/SD 7B n°2006-234 du 30 mai 2006 prévoyait de retenir celles établies par certains organismes classés par ordre de préférence. La démarche recommandée par la récente NOTE D'INFORMATION N°DGS/EA1/DGPR/2014/307 prévoit maintenant de privilégier la valeur la plus récente.

► Cumul des indices de risques des différentes voies d'exposition et des différents composés

L'ensemble des QD et des ERI a été sommé. La sommation est justifiée pour les composés sans seuil (cancérogènes) car on parle de cancer (en général) quels que soit la cause ou le mécanisme.

Pour les composés à seuil (non cancérogènes), ce n'est justifié qu'en première approche.

Cependant, dans le cas présent, une approche par substance ne modifierait pas les résultats de l'étude, les risques à seuil étant déjà inférieurs aux seuils retenus.

7.6.5 PARAMETRES D'EXPOSITION

Les paragraphes suivants traitent de la stabilité des valeurs choisies pour les paramètres de calcul.

► Paramètres physiques caractérisant les récepteurs

Les paramètres utilisés pour caractériser physiquement les récepteurs (poids corporel, durée de vie et d'exposition) sont des valeurs standards, conservatoires et communément admises et utilisées par les groupes de travail et organismes internationaux : US EPA, OMS, INERIS, RIVM.

► Fréquence et durée d'exposition / temps passé en intérieur

Les fréquences et durée d'exposition retenues se veulent réalistes à conservatoires pour la cible étudiée.

L'hypothèse retenue est que la personne travaillera pendant 42 ans dans les mêmes locaux, ce qui est majorant. Les fréquences d'exposition de 1 heure par journée de travail à l'intérieur du local technique d'une part et sur la zone de déchargement d'autre part sont également conservatoires.

Les risques sont également acceptables pour une durée d'exposition de 7h.



7.6.6 PARAMETRES RELATIFS A LA MODELISATION

► Incertitudes liées au modèle utilisé

L'émission de polluants sous forme gazeuse depuis les sols et la nappe a été estimée avec le modèle de *Johnson et Ettinger*, qui prend en compte la diffusion et la convection.

Le modèle permet de calculer les concentrations dans l'air à partir d'une source de pollution finie ou infinie. Dans le cas présent, le modèle prend en compte le cas d'une source de pollution infinie, c'est-à-dire que la concentration en substance dans les sources reste identique en tout temps : la perte par évaporation n'est pas prise en considération.

Cette option n'a pas d'effet majeur sur l'évaluation du risque non cancérigène (effet à seuil) puisqu'on compare la plus forte concentration (généralement atteinte pour une durée simulée de moins d'un an) avec une dose de référence. En revanche, l'option de source infinie est majorante pour l'évaluation du risque cancérigène, puisque c'est l'exposition cumulée sur plusieurs années qui permet d'évaluer le risque. Or, dans la réalité la concentration devrait diminuer au fil des années.

Une autre hypothèse majorante induite par le modèle de *Johnson et Ettinger* est que toutes les vapeurs arrivant sous les fondations vont passer dans le bâtiment, même si les dalles et les murs peuvent constituer des barrières étanches aux vapeurs.

D'après les remarques citées ci-dessus, l'utilisation du modèle de *Johnson et Ettinger* constitue une approche majorante, en particulier pour l'évaluation des risques sans seuil.

7.6.7 CARACTERISTIQUES DU BATI

► Emprise retenue pour le dégazage

Pour l'exposition en intérieur au droit de la source B2-S8, l'emprise considérée est celle du bâtiment des utilités. Ses dimensions (longueur, largeur) ont été estimées sur plan et se veulent donc réalistes.

S'agissant d'un bâtiment destiné à accueillir des utilités, il apparaît cohérent que son intérieur ne soit pas compartimenté (prise en compte de la totalité de son emprise comme zone de dégazage).

► Hauteur sous plafond

La hauteur sous plafond du bâtiment des utilités n'est pas connue. Elle a été arbitrairement fixée comme étant égale à 3 m. Cette valeur se veut conservatoire pour un local technique, dont la hauteur sous plafond sera probablement plus élevée.

► Taux de ventilation

Le taux de ventilation retenu est de 20 j-1. Les valeurs dans la littérature sont comprises entre 6 et 30 jour-1.

Ce taux de ventilation est proche des recommandations pour un usage de type industriel. Il se veut donc réaliste.

Il influence de manière inversement linéaire les concentrations dans les bâtiments et donc les risques induits. Ainsi, la prise ne compte d'un taux de ventilation deux fois moins important (12 j-1, comme pour une habitation par exemple) ne modifierait pas les résultats de l'étude, les risques restant assez largement acceptables.

► Epaisseur de la dalle

Comme pour la hauteur sous plafond du bâtiment des utilités, une épaisseur arbitraire de dalle béton a été fixée à 10 cm. Cette hypothèse se veut réaliste à conservatoire (épaisseur minimale de dalle).

Une épaisseur standard de 3 cm d'enrobé a été retenue sur les extérieurs.



► Différence de pression

La littérature indique des valeurs variant de 10 à 200 g/cm.s². Plus la différence de pression est importante, plus le dégazage est important. La valeur par défaut préconisée par le logiciel RISC est de 10 g/cm.s². Le modèle VOLASOIL recommande pour l'estimation des flux vers un bâtiment de plain-pied une différence de pression de 40 g/cm.s². Cette dernière valeur conservatoire a donc été retenue pour effectuer les modélisations.

7.6.8 CARACTERISTIQUES DES SOLS

La nature de terrains a été définie sur la base d'analyses granulométriques sur les principales lithologies identifiées : remblai, limons et craie. Les caractéristiques retenues pour les sols se veulent donc réalistes.

► Porosité totale

Les valeurs prises en compte sont celles proposées par défaut par l'US EPA pour les deux lithologies modélisées (les limons et la craie étant tous deux assimilable à des limons fins) retenues. Dans l'absolu, ces valeurs sont sécuritaires au regard des données proposées dans la littérature.

► Contenu en eau

Le contenu en eau des trois lithologies identifiées a été déduit des teneurs en matière sèche mesurées dans les deux formations modélisées lors des prélèvements de contrôle de fin de travaux.

Les valeurs retenues correspondent à des moyennes sur un nombre significatif d'échantillons de sols. Ces mesures sont donc réalistes.

► Carbone Organique Total

Pour chaque lithologie, la teneur retenue pour le Carbone Organique Total est la valeur *minimale* parmi les mesures réalisées sur le terrain dans la tranche de terrain concernée. Il s'agit de valeurs réalistes à conservatoires.

7.6.9 INFLUENCE SUR LES RISQUES ESTIMES

Cette discussion sur les incertitudes a montré que la démarche générale adoptée va dans le sens d'une estimation majorante des risques calculés au droit des deux zones dépolluées, notamment en modélisant les expositions à partir de données sur sols bruts (pas de donnée valide dans les gaz du sol pour évaluer plus finement les expositions).

Dans l'ensemble, la présente analyse des incertitudes confirme donc les résultats obtenus lors de la caractérisation des risques. Les risques calculés sont acceptables, sous réserve de réaliser les investigations complémentaires présentées dans le paragraphe suivant.



7.7 CONCLUSION DE L'ARR

Les travaux de dépollution menés entre janvier et avril 2021 sur la zone Sud du site Française de Mécanique Douvrin (UFM) ont concerné le retrait des deux sources de pollutions concentrées B2-S8 et B4-S4.

Les travaux ont consisté en l'excavation et la gestion hors site de terres polluées ; les excavations ont été stoppées à l'atteinte des limites techniques liées à la zone saturée et à la conservation d'un bâtiment. Les fouilles ont été remblayées.

Des prélèvements de contrôle ont été réalisés en parois et fond de fouille. Des pollutions résiduelles sont présentes dans les milieux à l'issue des travaux ; les concentrations en bords de fouille sont localement supérieures aux seuils de dépollution fixés.

Conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, une Analyse des Risques Résiduels après travaux (ARR après travaux) a été engagée et a fait l'objet du présent rapport.

Son objectif était de vérifier la compatibilité sanitaire entre les pollutions résiduelles mesurées au droit des deux sources traitées avec le projet d'aménagement ACC (version du 23 mars 2021) communiqué à DEKRA.

Les hypothèses suivantes ont été retenues pour bâtir le modèle :

- Aménagement d'un bâtiment d'utilités ;
- Extérieurs entièrement imperméabilisés ;
- Absence d'usage d'eaux souterraines sur site, de culture de végétaux, d'élevage.

Les cibles étudiées sont les employés travaillant dans le bâtiment et fréquentant les extérieurs.

Dans ce scénario, les expositions aux polluants présents dans les sols se limitent à l'inhalation de vapeurs de polluants en atmosphère intérieure et extérieure (pas de contact direct).

Les calculs réalisés et l'analyse des incertitudes ont conclu que les risques sanitaires sont acceptables pour les teneurs résiduelles relevées.

L'Analyse des Risques Résiduels valide ainsi l'arrêt des travaux au droit de B2-S8 et B4-S4 sur le plan sanitaire.

DEKRA rappelle les prescriptions qui concernent le site à l'issue des travaux :

- La mise en place de canalisations d'eau potable permettant de s'affranchir de tout risque de perméation ultérieur (canalisation aérienne ou dans un matériau multicouche adapté...) ;
- Le maintien de la surveillance périodique de la qualité des eaux souterraines afin d'identifier toute dégradation ultérieure de l'état des milieux ;
- L'élaboration d'un dossier de servitude ou de restriction d'usage permettant de garder mémoire des pollutions résiduelles et des éventuelles restrictions d'usages associées.

Enfin, rappelons que les résultats de cette étude ne sont valables que pour les hypothèses retenues. Toute évolution de la configuration ou de la destination du site devra donner lieu à une mise à jour de la présente analyse.

8 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

8.1 CONCLUSIONS

Dans le cadre de la cessation partielle d'activités, et conformément au Plan de Gestion n°USINE_DOUVRIN_UFM_20200617_PG_zone_sud_V1, le site de la Française de Mécanique de Douvrin a engagé des travaux de suppression de deux sources de pollutions concentrées de sol dans l'emprise des terrains concernés. PSA a donc confié à DEKRA Industrial SAS, le suivi de l'exécution des recommandations du plan de gestion pour garantir la remise en état en adéquation avec les obligations de la Française de mécanique.

Les seuils de coupure retenus étaient les suivants :

- HCV et BTEX de B2-S8 : seuils respectifs de 1 et 7 mg/kg,
- 1,1,1-TCA de B4-S4 : seuil à 3 mg/kg.

Le marché de travaux de dépollution a été passé par PSA à COLAS. Il prévoyait pour les deux sources identifiées, l'excavation sélective des terres impactées, leur stockage provisoire par lot homogène, l'analyse de chaque lot constitué pour définition des exutoires appropriés et leur transport en camion semi-remorque bâché.

Les travaux d'excavation réalisés entre janvier et avril 2021 auront permis de traiter :

- Source B2-S8 : 2129,20 tonnes de terres impactées, représentant environ 1521 m³,
- Source B4-S4 : 593,60 tonnes de terres impactées, représentant environ 418 m³.

Les objectifs de dépollution ont été atteints pour la source B4-S4.

Pour la source B2-S8, des impacts résiduels avec des concentrations en HCV et BTEX supérieures aux seuils de dépollution ont été observées sur un des treize bords de fouille analysés. Les limites techniques n'ont pas permis de purger ce résiduel qui est présent sous un bâtiment sur une emprise faible et limitée (confirmé trois sondages périphériques). Une analyse de risques résiduels (ARR) a donc été réalisée.

L'ARR a été réalisée conformément à la démarche nationale développée dans la note ministérielle du 19 avril 2017. Les hypothèses suivantes ont été retenues pour bâtir le modèle :

- La prise en compte des prélèvements de contrôle en fond et parois de fouille ;
- L'usage futur selon les plans du projet ACC (version du 23 mars 2021) au droit des deux sources traitées ;
- Des expositions sur les espaces extérieurs et en intérieurs de locaux techniques ;
- L'absence d'usage d'eaux souterraines sur site, et de culture de végétaux.

Dans ce scénario, l'exposition aux polluants présents se limite à l'inhalation de vapeurs de polluants en atmosphère extérieure et intérieure.

Les calculs réalisés et l'analyse des incertitudes ont conclu que les risques sanitaires sont acceptables au droit des sources traitées.

8.2 RECOMMANDATIONS

Sur la base des hypothèses retenues, le site apparaît compatible avec l'usage futur retenu.

Toutefois, en présence d'impacts résiduels dans les sols de la source B2-S8, nous recommandons dans le cadre des futurs projets d'aménagement :

- L'installation de canalisation d'eau potable en matériaux insensibles à la perméation de polluants (en acier ou multicouches),
- De maintenir sous revêtement étanche les pollutions résiduelles,
- Si ces revêtements devaient être retirés, de procéder à l'évacuation des terres ou de mettre à jour les calculs de risques et plan de gestion,
- En cas de modification du projet, de mettre à jour l'ARR,
- De poursuivre la surveillance de la qualité des eaux souterraines à fréquence semestrielle avec l'analyse des métaux, HCV, HCT, BTEX, COHV, HAP.

NOTA : en parallèle de ces travaux, PSA est en cours de retrait d'installation de carburants sur trois autres zones. A l'issue de ces derniers travaux, un dossier de Restriction d'Usage en Parties (RUP) sera rédigé vis-à-vis des impacts résiduels sur B2-S8 et des sources de pollutions concentrées maintenues sous revêtement étanche.

9 LIMITES ET INCERTITUDES DE LA MISSION – JUSTIFICATION DES ECARTS

9.1 INCERTITUDES LIEES AUX INVESTIGATIONS

Les prélèvements de bords et fond de fouille ont été réalisés à partir d'échantillonnages ponctuels. Par conséquent, ils ne sauraient prétendre à l'exhaustivité quant à la représentativité de la qualité de ceux-ci sur l'ensemble de la fouille.

Les prélèvements de gaz du sol effectués dans B2-S8 ont montré des incertitudes sur le réel dégazage depuis les parois de la source B2-S8. Cette incertitude a été prise en compte dans les calculs d'ARR.

9.2 INCERTITUDES LIEES AUX RESULTATS D'ANALYSES

Du fait des techniques de laboratoire, les résultats d'analyses sont soumis à une certaine incertitude. Ces incertitudes sont exprimées en pourcentage et sont présentées sur les bordereaux d'analyses.

9.3 AUTRES LIMITES OU INCERTITUDES

Cette étude a été réalisée suivant une méthode généralement employée dans l'industrie et est conforme aux pratiques en vigueur dans la profession.

Les conclusions présentées dans ce rapport sont basées sur les conditions du site telles qu'observées lors de la visite et sur les informations fournies. Les informations obtenues sont supposées être exactes. Cette étude ne peut prétendre à l'exhaustivité.

- Les informations collectées lors des entretiens et des visites du site sont supposées fournies de bonne foi ;
- Le présent rapport et ses annexes constituent un tout indissociable. Une utilisation erronée qui pourrait être faite suite à une diffusion ou reproduction partielle ne saurait engager DEKRA INDUSTRIAL SAS ;
- Des éléments nouveaux mis en évidence lors de l'exécution des travaux, a posteriori de la mission confiée à DEKRA INDUSTRIAL SAS et n'ayant pu être détectés au cours des reconnaissances peuvent rendre caduques certaines des recommandations figurant dans le rapport.

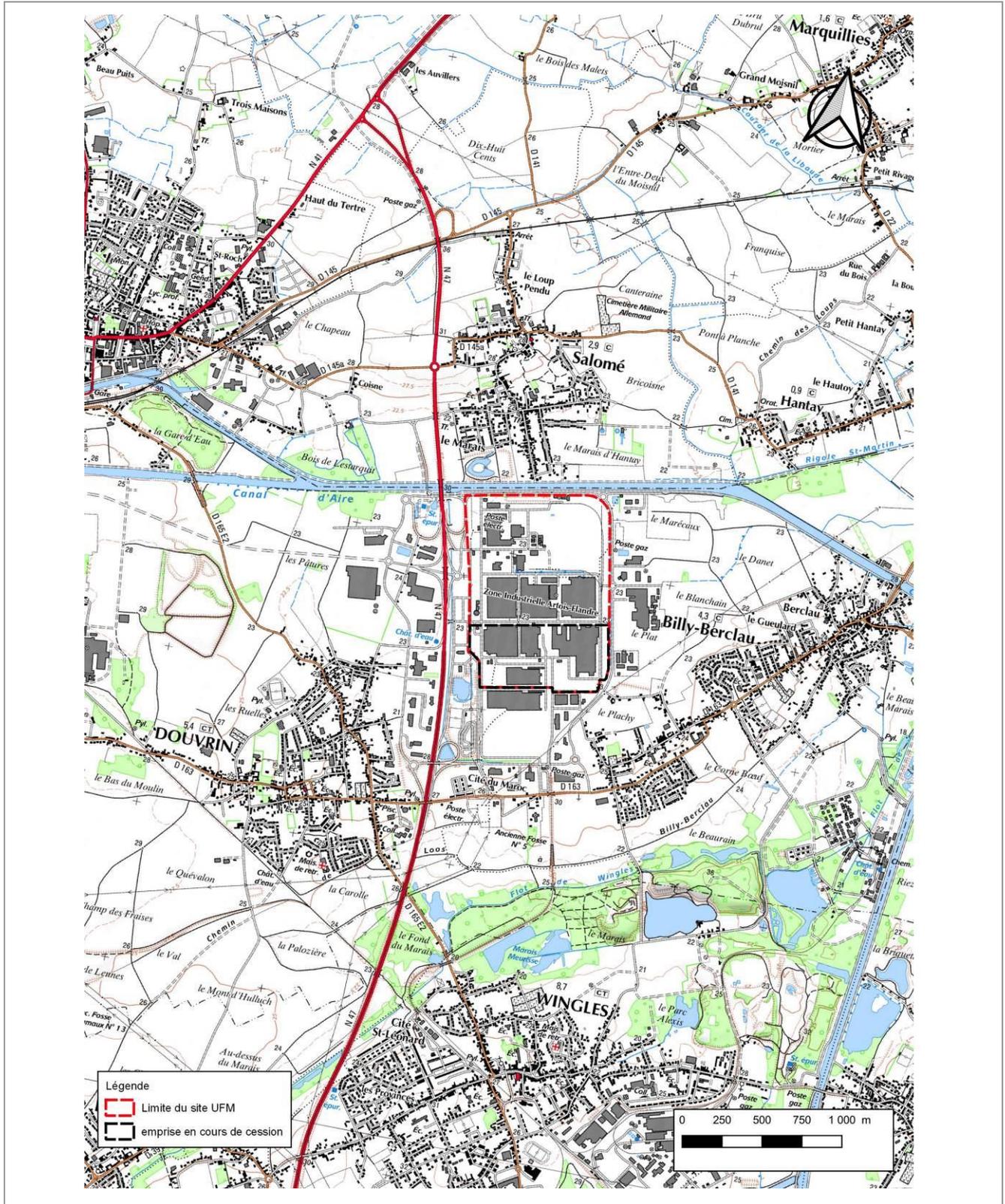
9.4 JUSTIFICATION DES ECARTS

Non concerné.



ANNEXE 1 : CARTE DE LOCALISATION, PHOTOGRAPHIE AERIENNE ACTUELLE





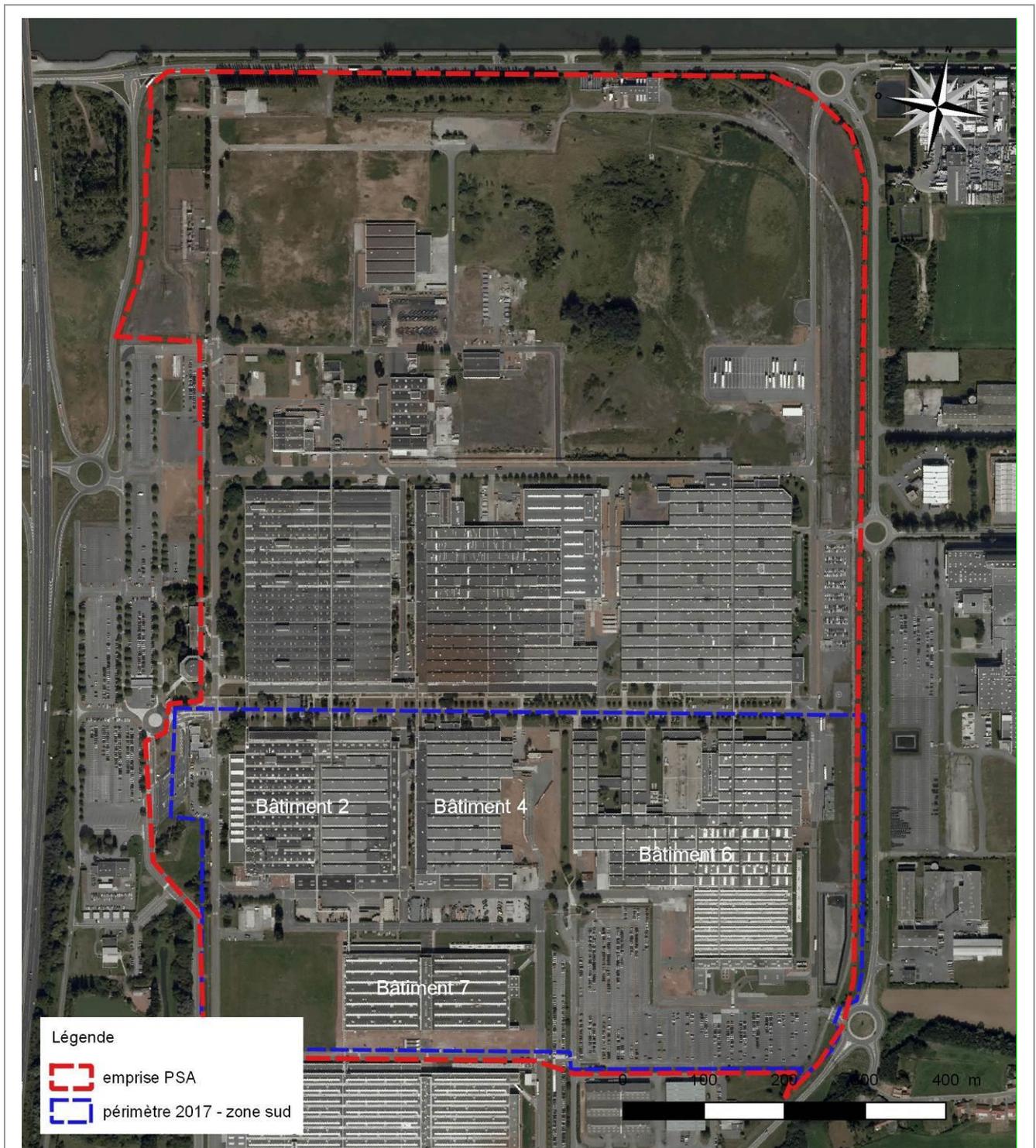
Usine Française de Mécanique de Douvrin



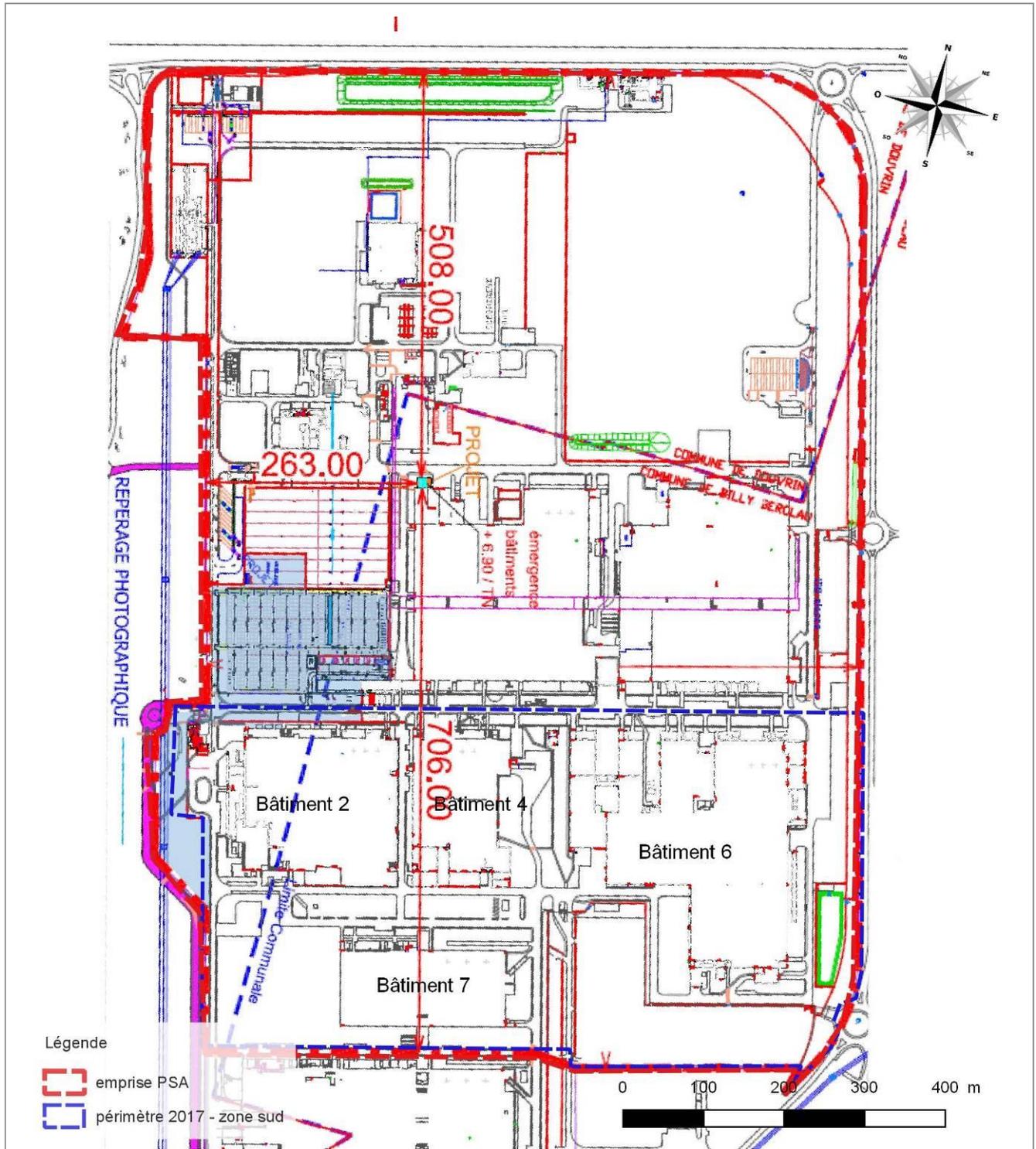
Annexe 1.1: Plan de localisation du site

Référence :	53435594
Source :	IGN (géoportail)
Échelle :	Cf. carte





	Usine Française de Mécanique de Douvrin		
	Annexe 1.2: Plan de localisation géographique du site et délimitation des périmètres	Référence :	53435594
		Source :	IGN (géoportail)
		Échelle :	Cf. carte



Usine Française de Mécanique de Douvrin



Annexe 1.3: Plan de masse

Référence :	53435594
Source :	PSA
Échelle :	Cf. carte



ANNEXE 2 : PLAN DE MASSE DU PROJET ACC (VERSION DU 23/03/2021)





Usine Française de Mécanique de Douvrin



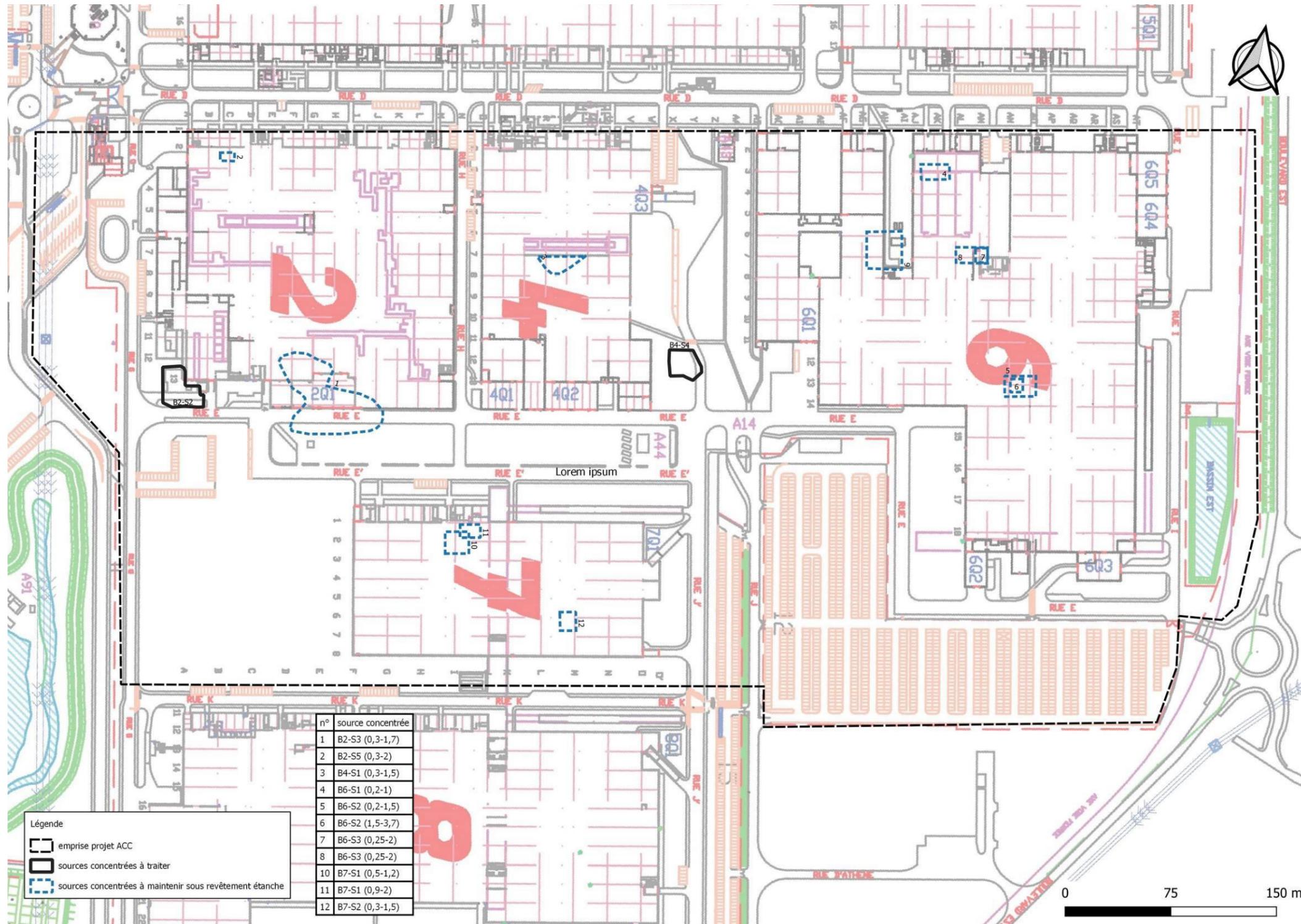
Annexe 2. Plan du projet ACC – version du 23/03/2021

Référence :	53435594
Source :	PSA
Échelle :	Cf. carte



ANNEXE 3 : LOCALISATION DES SOURCES DE POLLUTIONS CONCENTREES

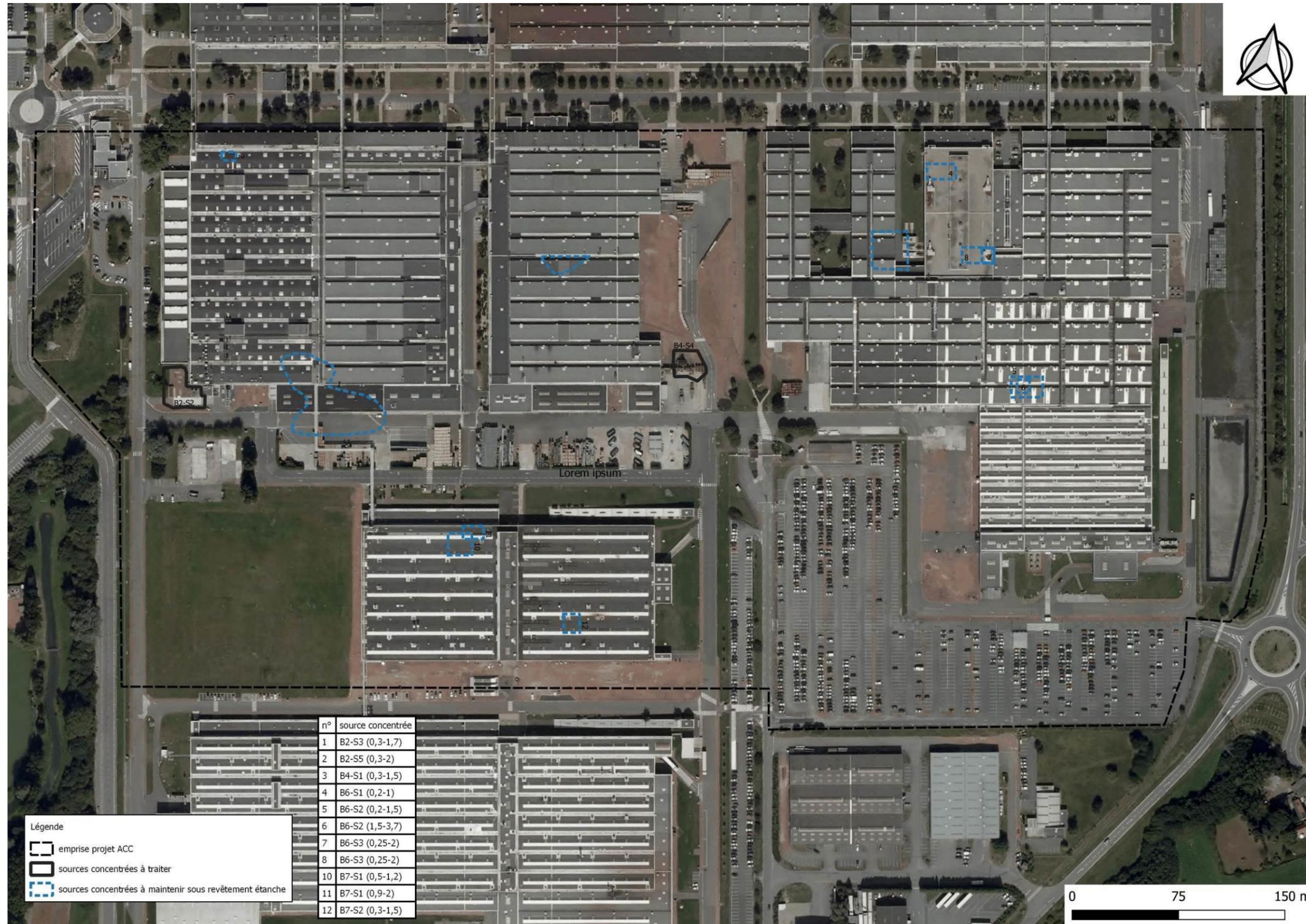




Annexe 3. Localisation des sources de pollutions concentrées sur fond de plan masse UFM

Usine Française de Mécanique de Douvrin

Référence :	53435594
Source :	DEKRA
Échelle :	Cf. carte



Usine Française de Mécanique de Douvrin



Annexe 3. Localisation des sources de pollutions concentrées sur fond de photographie aérienne

Référence :	53435594
Source :	DEKRA
Échelle :	Cf. carte



Usine Française de Mécanique de Douvrin



Annexe 3. Localisation des sources de pollutions concentrées sur fond de Projet ACC

Référence :	53435594
Source :	DEKRA
Échelle :	Cf. carte

ANNEXE 4 : MISE A JOUR DE L'EMPRISE A DEPOLLUER SUR B4-S4



Paramètres	Unité	Incertitude		LQ	BAT4-ZS13-S1 (0,4-1,4)	BAT4-ZS13-S1 (2-4)	BAT4-ZS13-S2 (0,2-1,4)	BAT4-ZS13-S3 (0,3-1,2)	BAT4-ZS13-S4 (0,3-1)	BAT4-ZS13-S4 (1-3)	BAT4-ZS13-S5 (0,3-1)	B4-ZS8- SC2(0,3-1,2)	B4-ZS13-SC1 (0,2-1,2)	B4-ZS13-SC1 (1,2-1,6)
		Sg	Lb		Sg	Sg	Sg	Ab	Sg	Lbr	Ln	Ln		
matière sèche	% massique	7,6	%	-	81,1	82,4	92,2	92,7	95,6	82,3	94,3	91,40	94,30	79,80
COHV														
1,2-dichloroéthane	mg/kg MS	24	%	0,03	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,1-dichloroéthène	mg/kg MS	31	%	0,05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
cis-1,2-dichloroéthène	mg/kg MS	14	%	0,03	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg MS	18	%	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
dichlorométhane	mg/kg MS	18	%	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,2-dichloropropane	mg/kg MS	16	%	0,03	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,3-dichloropropène	mg/kg MS	33	%	0,1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
tétrachloroéthylène	mg/kg MS	27	%	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
tétrachlorométhane	mg/kg MS	31	%	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg MS	25	%	0,02	1,5	0,2	5,70	3,00	16,00	<	0,21	1,20	0,13	0,04
trichloroéthylène	mg/kg MS	20	%	0,02	<	<	0,07	0,05	0,12	<	<	<	<	<
chloroforme	mg/kg MS	14	%	0,02	<	<	<	0,05	0,02	<	<	<	<	<
chlorure de vinyle	mg/kg MS	62	%	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
hexachlorobutadiène	mg/kg MS	24	%	0,1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
bromoforme	mg/kg MS	33	%	0,05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Hydrocarbures totaux														
fraction C10-C12	mg/kg MS	28	%	5	<	<	<	18	<	<	<	<	<	<
fraction C12-C16	mg/kg MS	28	%	5	<	<	<	31	<	<	5,5	6,4	<	<
fraction C16-C21	mg/kg MS	28	%	5	<	<	6,1	470	<	<	9,5	7,9	<	<
fraction C21-C40	mg/kg MS	28	%	5	6,3	<	81	710	<	<	15	10	5,3	<
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	28	%	20	<	<	85	1200	<	<	30	25	<	<
TPH														
fraction aromat. >C5-C7	mg/kg MS	28	%	0,4								<		<
fraction aromat. >C7-C8	mg/kg MS	28	%	0,05								0,17		<
fraction aromat. >C8-C10	mg/kg MS	28	%	0,3								<		<
fraction aromat. >C10-C12	mg/kg MS	72	%	3								<		<
fraction aromat. >C12-C16	mg/kg MS	72	%	9								<		<
fraction aromat. >C16-C21	mg/kg MS	72	%	9								<		<
fraction aromat. >C21-C35	mg/kg MS	66	%	15								20		<
fraction aliphat. >C5-C6	mg/kg MS	48	%	0,5								<		<
fraction aliphat. >C6-C8	mg/kg MS	48	%	0,6								<		<
fraction aliphat. >C8-C10	mg/kg MS	48	%	0,6								<		<
fraction aliphat. >C10-C12	mg/kg MS	75	%	1								<		<
fraction aliphat. >C12-C16	mg/kg MS	76	%	3								<		<
fraction aliphat. >C16-C21	mg/kg MS	76	%	3								<		<
fraction aliphat. >C21-C35	mg/kg MS	75	%	5								11		<

L : limon
 C : craie
 A : argile
 S : sable
 g : gris
 n : noir
 b : beige
 br : brun
 xx : concentrations significatives

xxx : concentration supérieure à la valeur de l'AM du 12/12/2014

xxx : concentration supérieure aux valeurs de dimensionnement d'impact (hors

Bâtiment 4- Résultats des analyses de sol pour la source 4 (B4-S4) ½



Paramètres	Unité	Incertitude		LQ	B4-ZS13-SC2 (0,2-1,4)	B4-ZS13-SC3 (1,2-2,4)	B4-ZS13-SC3 (2,4-3)	B4-ZS13-SC4 (0,8-2)	B4-ZS13-SC4 (2-3)	B4-ZS13-SC5 (1,2-2)	B4-ZS13-SC6 (1,2-2)	B4-ZS13-SC7 (1-1,5)	B4-ZS13-SC7 (2-3)	B4-ZS13-SC8 (1,2-1,7)
			%		Sg	Lg	Lb	Lb	Lb	Sg	Sg	Ln	Lb	Ln
matière sèche	% massique	7.6	%	-	93,70	80,80	82,90	82,60	83,60	82,70	82,70	84,50	82,60	82,30
COHV														
1,2-dichloroéthane	mg/kg MS	24	%	0,03	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,1-dichloroéthane	mg/kg MS	31	%	0,05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
cis-1,2-dichloroéthane	mg/kg MS	14	%	0,03	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg MS	18	%	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
dichlorométhane	mg/kg MS	18	%	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,2-dichloropropane	mg/kg MS	16	%	0,03	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,3-dichloropropène	mg/kg MS	33	%	0,1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
tétrachloroéthylène	mg/kg MS	27	%	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
tétrachlorométhane	mg/kg MS	31	%	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg MS	25	%	0,02	19	1,90	0,16	<	<	<	0,25	<	<	<
trichloroéthylène	mg/kg MS	20	%	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
chloroforme	mg/kg MS	14	%	0,02	0,09	<	<	<	<	<	<	<	<	<
chlorure de vinyle	mg/kg MS	62	%	0,02	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
hexachlorobutadiène	mg/kg MS	24	%	0,1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
bromoforme	mg/kg MS	33	%	0,05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Hydrocarbures totaux														
fraction C10-C12	mg/kg MS	28	%	5		<					<	<		
fraction C12-C16	mg/kg MS	28	%	5		<					<	6		
fraction C16-C21	mg/kg MS	28	%	5		<					<	9,9		
fraction C21-C40	mg/kg MS	28	%	5		<					<	150		
hydrocarbures totaux C10-C40	mg/kg MS	28	%	20		<					<	170		
TPH														
fraction aromat. >C5-C7	mg/kg MS	28	%	0,4		<						<		
fraction aromat. >C7-C8	mg/kg MS	28	%	0,05		<						0,14		
fraction aromat. >C8-C10	mg/kg MS	28	%	0,3		<						<		
fraction aromat. >C10-C12	mg/kg MS	72	%	3		<						<		
fraction aromat. >C12-C16	mg/kg MS	72	%	9		<						<		
fraction aromat. >C16-C21	mg/kg MS	72	%	9		<						<		
fraction aromat. >C21-C35	mg/kg MS	66	%	15		<						54		
fraction aliphat. >C5-C6	mg/kg MS	48	%	0,5		<						<		
fraction aliphat. >C6-C8	mg/kg MS	48	%	0,6		<						<		
fraction aliphat. >C8-C10	mg/kg MS	48	%	0,6		<						<		
fraction aliphat. >C10-C12	mg/kg MS	75	%	1		<						<		
fraction aliphat. >C12-C16	mg/kg MS	76	%	3		<						<		
fraction aliphat. >C16-C21	mg/kg MS	76	%	3		<						3,4		
fraction aliphat. >C21-C35	mg/kg MS	75	%	5		<						31		

L : limon C : craie A : argile
 définie à l'issue de la PHASE 2 (hors seuil de coupure)
 xx : concentrations significatives

S : sable

g : gris

n : noir

b : beige

br : brun

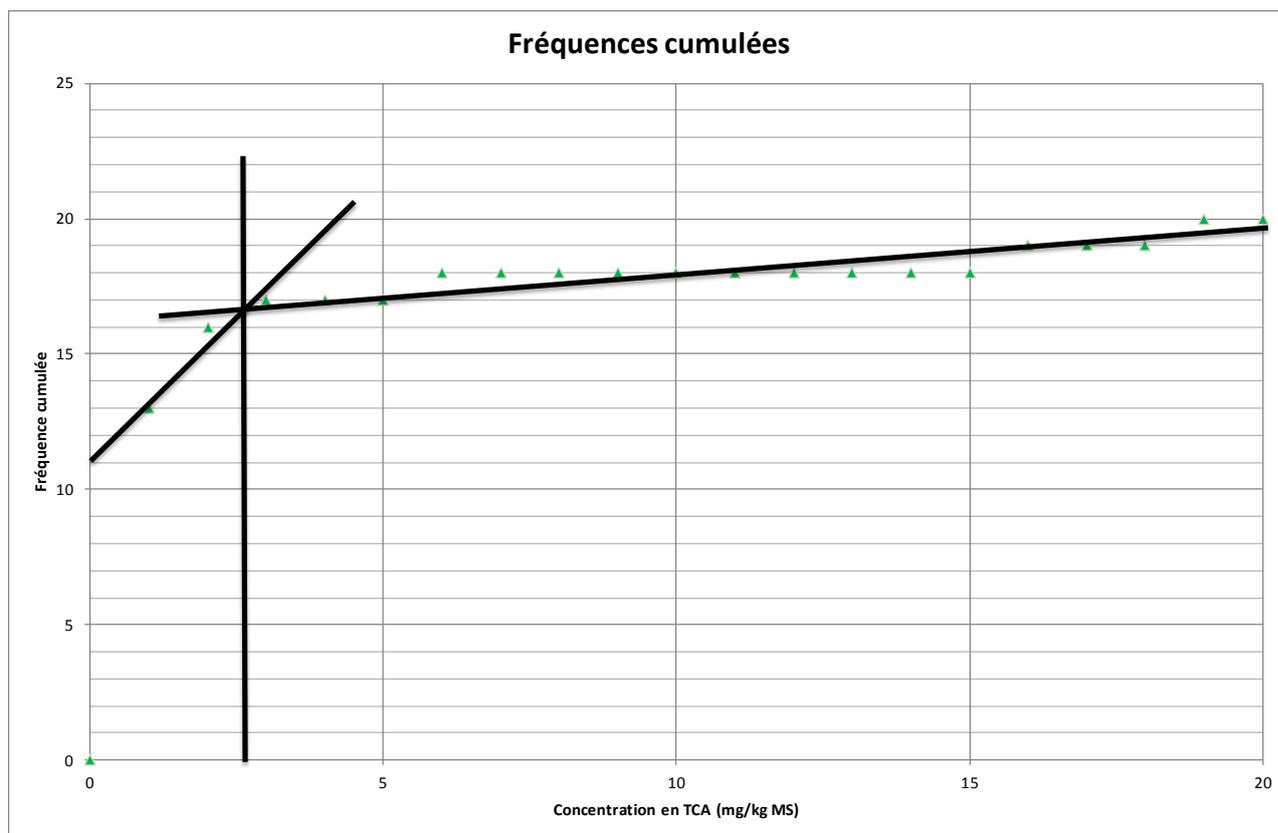
xxx : concentration supérieure à la valeur de l'AM du 12/12/2014

xxx : concentration supérieure aux valeurs de dimensionnement d'impact

Résultats des analyses de sol pour la source 4 (B4-S4) 2/2



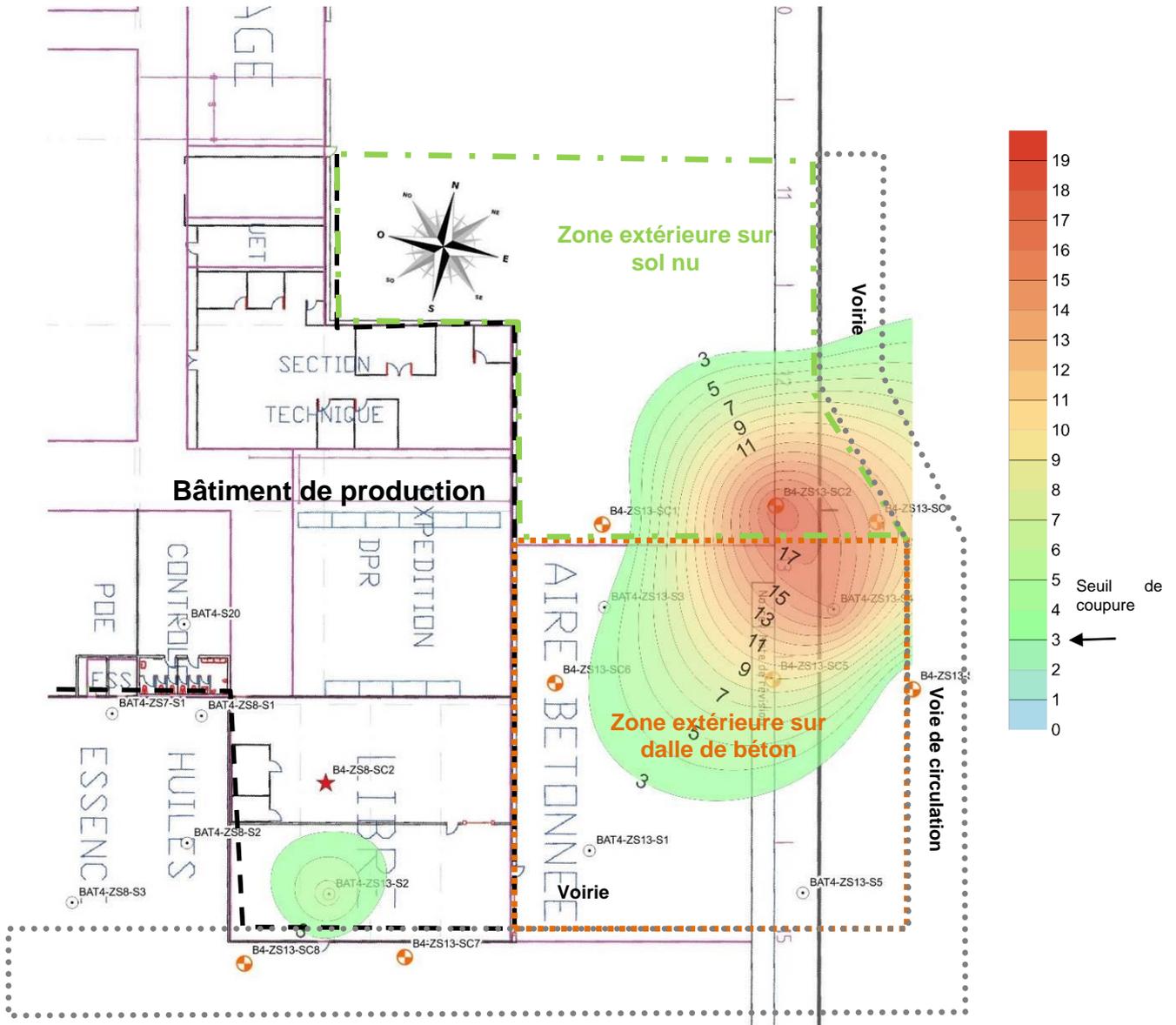
Résultats de l'analyse statistique par fréquence cumulée :



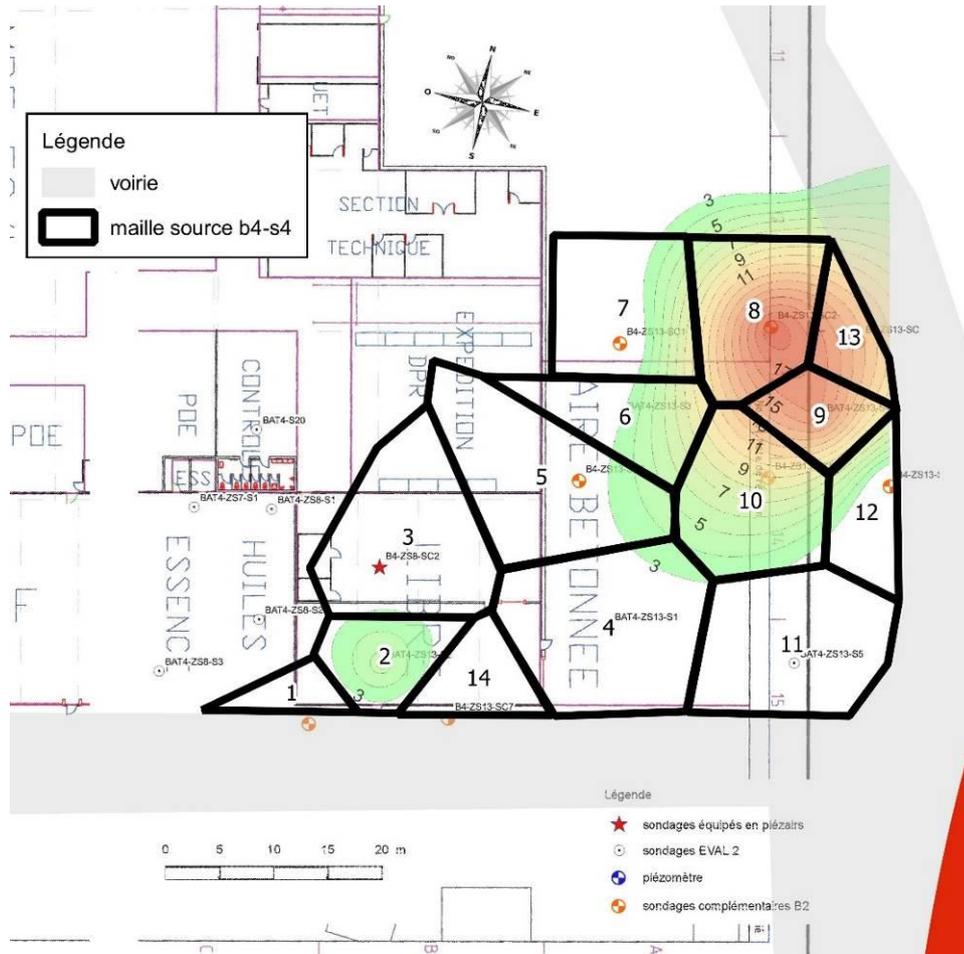
Le seuil de coupure à 3 mg/kg en 1,1,1-TCA est confirmé.

Les cartographies d'impacts sont en page suivante.





Cartographie des impacts entre 0,2 et 1,6 m de profondeur pour des concentrations en 1,1,1-TCA supérieures à 3 mg/kg



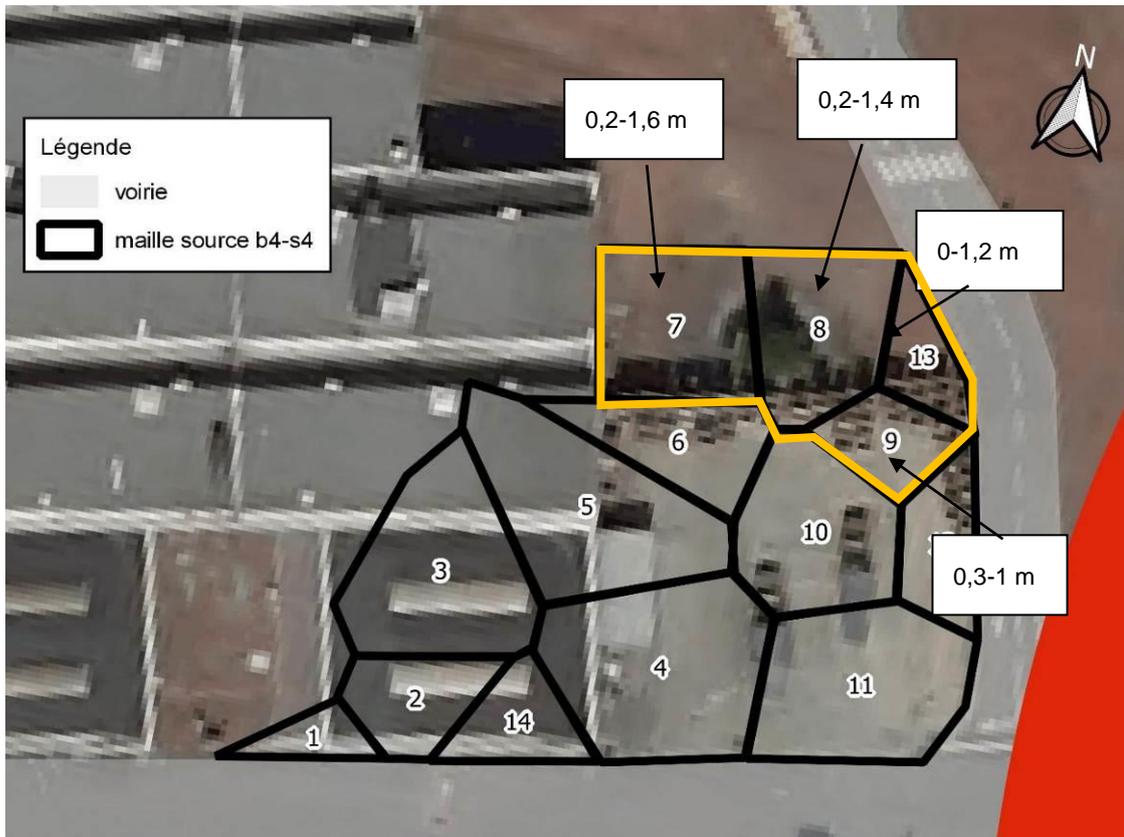
Superposition modifiée de l'approche cartographique et bilan massique pour la source B4-S4 – horizon 0,2-1,6 m

Les caractéristiques de l'emprise à dépolluer sont les suivantes.

maille	horizon à traiter (en m)	épaisseur en m	surface en m ²	volume de sol en m ³	poids (en t)	gamme de concentration en 1,1,1-TCA (en mg/kg)
7	0,2-1,6 (remblai)	1,4	172	240,8	385,28	0,04-19
8	0,2-1,4 (remblai)	1,2	160	192	307,2	
9	0,3-1 (remblai)	0,7	75	52,5	84	
13	0-1,2 (remblai)	1,2	60	72	115,2	
Total				557	892	

Estimation des surfaces et volumes de terres à dépolluer pour la source B4-S4

L'emprise à dépolluer est la suivante.



Source B4-S4 : emprise à dépolluer