

SCI GFDI 110

Avenue de la Libération, MALEMORT-sur-CORREZE (19)

Plan de gestion du site

Rapport

Réf : CESISO205273 / RESISO11840-01

LUL / AT / SPE

14/12/2020






SCI GFDI 110

Avenue de la Libération, MALEMORT-sur-CORREZE (19)

Plan de gestion du site

Pour cette étude, le chef de projet est Lucie LAVAUD

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport	14/12/2020	01	L. LAVAUD 	A. TURCK 	S. PETIT 

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CESISO205273 / RESISO11840-01
Numéro d'affaire :	A53710
Domaine technique :	SP13
Mots clé du thésaurus	PG, RISQUES SANITAIRES COHV DIAGNOSTIC COMPLEMENTAIRE

BURGEAP Agence Sud-Ouest • 4 Boulevard Jean-Jacques Bosc - Les portes de Bègles – 33130 Bègles

Tél : 05.56.49.38.22 • Fax : 05.56.49.89.69 • burgeap.bordeaux@groupeginger.com

SOMMAIRE

Synthèse technique	6
1. Codification des prestations	9
2. Introduction	10
2.1 Objet de l'étude	10
2.2 Documents de référence et ressources documentaires	10
3. Synthèse des études antérieures	11
3.1 Synthèse de l'étude historique et documentaire	11
3.2 Synthèse de l'état environnemental des différents milieux	12
4. Présentation du projet d'aménagement	16
5. Schéma conceptuel	18
6. Détermination des zones de pollution concentrée	21
6.1 Méthodologie nationale	21
6.1.1 Principes	21
6.1.2 Notion de sources - transfert - cibles	21
6.1.3 Zone de pollution concentrée	22
6.2 Détermination des seuils de coupure	23
6.2.1 Applicabilité aux composés à l'origine des impacts	23
6.2.2 Interprétation des constats de terrain (méthode 1) et approche cartographique (méthode 2)	23
6.2.3 Etude de la distribution des polluants au droit du site (Méthode 3)	29
6.2.4 Approche par bilan massique (Méthode 4)	31
6.3 Bilan des approches étudiées pour la détermination des seuils de coupure	34
7. Plan de gestion du site	36
7.1 Méthodologie	36
7.2 Contraintes liées au projet et aux impacts identifiés	36
7.3 Objectifs de réhabilitation pour les solutions de traitement	37
7.4 Sélection des techniques de traitement applicables au site	37
7.4.1 Présélection des techniques de traitement (hors coût)	37
7.4.2 Description des techniques retenues pour les sols (zone source)	39
7.4.3 Description des techniques retenues pour les eaux souterraines (panache)	41
7.4.4 Description des techniques pour les eaux souterraines et les sols	42
7.5 Sélection des critères et sous-critères pour la cotation des scénarios de gestion	44
7.6 Bilan coûts-avantages des scénarios de gestion	45
7.7 Elaboration des scénarios de gestion envisageables pour le site	47
7.8 Descriptif des scénarios de gestion	47
7.8.1 Scénario 1 : méthode 1 : Excavation des sols à la pelle mécanique sous tente et élimination hors site et traitement du panache par réduction chimique	47
7.8.2 Scénario 1 : méthode 2 : Excavation des sols à la bucket et élimination hors site et traitement du panache par réduction chimique	50
7.8.3 Préconisations spécifiques aux travaux de traitement	51
8. Analyse des Risques Résiduels (ARR)	53
9. Synthèse et recommandations	56
9.1 Synthèse	56
9.2 Recommandations	59

TABLEAUX

Tableau 1 : Investigations réalisées en octobre 2020	13
Tableau 2 : Critères statistiques des données pour le PCE	29
Tableau 3 : Données pour la détermination du seuil de coupure PCE par bilan massique (principe de Pareto)	33
Tableau 4 : Seuils de coupure définis selon les différentes méthodes	34
Tableau 5 : Géométrie de la zone concentrée	34
Tableau 6 : Synthèse des techniques de traitement envisageables	38
Tableau 7 : Critères et pondération retenus pour le bilan coûts / avantages des scénarios de gestion	45
Tableau 8 : Descriptif du scénario 1 méthode 1	48
Tableau 9 : Estimation des coûts de traitement de la source concentrée PCE par excavation à la pelle mécanique et traitement hors site couplé à de la réduction chimique in-situ	49
Tableau 10 : Descriptif du scénario 1 méthode 2	50
Tableau 11 : Estimation des coûts de traitement de la source concentrée PCE par excavation à la bucket et évacuation hors site et traitement du panache	51
Tableau 12 : Paramètres retenus liés au sol	53
Tableau 13 : Paramètres retenus liés aux scénari d'aménagements	53
Tableau 14 : Concentrations en air intérieur et extérieur	55
Tableau 15 : Estimation des couts des prestations complémentaires	61

FIGURES

Figure 1 : Synthèse des activités exercées au droit du site	12
Figure 2 : Localisation des sondages sols et des indices de pollution	14
Figure 3 : Plan masse du projet d'aménagement pressenti (source SCI GFDI 110)	17
Figure 4 : Coupe du projet (source SCI GFDI 110)	18
Figure 5 : Schéma conceptuel (usage futur)	20
Figure 6 : Localisation des impacts en COHV dans les sols en fonction des profondeurs sur le plan de masse	25
Figure 7 : Coupe ouest-est au droit de la zone source PCE	27
Figure 8 : Coupe nord-ouest / sud-est au droit de la zone source PCE	28
Figure 9 : Distribution des résultats d'analyses pour le PCE	30
Figure 10 : Maillage de Voronoï au droit de la zone source PCE	32
Figure 11 : Détermination du seuil de coupure PCE par bilan massique (principe de Pareto)	33
Figure 12 : Localisation des mailles ayant une concentration supérieure au seuil de coupure proposé pour le PCE et de la surface de la zone concentrée	35
Figure 13 : Réalisation schématique de l'opération de havage	40
Figure 14 : Synthèse du bilan coût avantage pour les 3 scénarios retenus	46
Figure 16 : Localisation des investigations complémentaires	59

ANNEXES

Annexe 1. Extrait du permis de construire

Annexe 2. Détail des calculs du bilan couts/avantages

Annexe 3. Rapport Analyses des risques résiduels
Annexe 4. Glossaire

Synthèse technique

Client	SCI GFDI 110
Informations sur le site	<ul style="list-style-type: none"> • Intitulé/adresse du site : Avenue de la Libération, MALEMORT-sur-CORREZE (19) • Parcelles cadastrales : Parties des parcelles AN 62, 63 et 228 • Superficie totale : 11 143 m² • Propriétaire actuel : M. NADIN (pressing, parcelle 63) et M. COURNEDE (parcelles 62 et 228) • Usage et exploitant actuel : pressing dont l'activité a cessé en décembre 2018 en partie sud et zone enherbée en partie nord
Statut réglementaire	<ul style="list-style-type: none"> • Installation ICPE : oui pressing • Régime ICPE : déclaration • Situation administrative : à l'arrêt
Contexte de l'étude	Projet de construction d'un supermarché
Projet d'aménagement	<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'un magasin Grand Frais, • Construction d'une boulangerie Marie BLACHERE, • Places de stationnement, • Espaces verts d'agrément.
Données disponibles / qualité du milieu souterrain	<ul style="list-style-type: none"> • Historique : en partie nord du foncier, ancienne Fonderie de la Corrèze, ancienne entreprise la Farmuze (mécanique générale) et partie sud création du pressing vers 1959 • Diagnostics réalisés : juillet et octobre 2020 sols, eaux souterraines et gaz du sol • Impacts ou accidents/incidents connus : aucun
Géologie / hydrogéologie	<ul style="list-style-type: none"> • remblais, présents de la surface à 1,0 m de profondeur en partie nord, • argile sableuse rouge de 0,0 à 2,0 m de profondeur, • Sable argileux rouge entre 1,0 et 1,5 m d'épaisseur, • Substratum, schiste à partir de 2,0 m de profondeur (SB25 et SB26) et 4 m (SB21 local pressing). • Une nappe est contenue dans les sables, elle est recoupée vers 1,3 m de profondeur. Des puits privés ont été observés lors de la visite de site. Son sens d'écoulement est orienté du nord/nord-est au sud/sud-ouest en direction de la Corrèze.
Impacts identifiés lors des précédentes études	<p>Les investigations sur les sols / les eaux souterraines de juillet 2020 ont montré :</p> <ul style="list-style-type: none"> • une zone de pollution concentrée en COHV dans les sols au droit du pressing, • un impact par des COHV dans les eaux souterraines au droit du site, et potentiellement en aval du site.
Investigations réalisées octobre 2020	<ul style="list-style-type: none"> • 12 sondages de sols au carottier sous gaine (3,0 à 4,0 m de profondeur) • Pose de 3 piézomètres et prélèvement de 4 échantillons d'eau souterraine • Mise en place de piézaires et prélèvement de 3 échantillons de gaz des sols
Polluants recherchés	<p>Sols : HCT C₁₀-C₄₀, HAP, BTEX, COHV MACAOH, 8 métaux, PCB, pack ISDI, granulométrie et COT ;</p> <p>Eaux : HCT C₁₀-C₄₀, HAP, PCB, 8 métaux, pack atténuation naturelle (COHV MACAOH, BTEX, éthène, éthane, COT, sulfates, méthane, chlorures et anions NO₃-) ;</p> <p>Gaz des sols : TPH, BTEX, naphthalène et COHV.</p>

Impacts identifiés lors de cette étude (octobre 2020)	<ul style="list-style-type: none"> • Zone source en PCE à l'extérieur à l'ouest du bâtiment du pressing (teneurs maximales entre 12 000 mg/kg (0 et 1 m) et 6 000 mg/kg (2 et 3 m), • Zone de pollution concentrée au droit du bâtiment du pressing, délimitée en extension horizontale et verticale, Ces deux zones sont situées au droit des futurs parkings, • Impact en COHV dans les eaux souterraines incluant un potentiel impact hors site, • Impact en COHV dans les gaz du sol au droit des futurs parkings en lien avec les impacts sols et eaux souterraines
Schéma conceptuel	<ul style="list-style-type: none"> • Impacts identifiés : sols impactés en COHV, nappe contenant des composés volatils halogénés, gaz du sol impacté en COHV • Enjeux à protéger : usagers futurs (adultes et enfants) • Voies d'expositions : inhalation de composés volatils
Plan de gestion	<p>L'analyse de la revue des techniques de réhabilitation et du bilan coûts-avantages met en évidence les solutions de gestion suivantes des zones sources :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Scénario 1 : <ul style="list-style-type: none"> • Méthode 1 : Excavation des terres polluées sous tente, élimination hors site couplée à de la réduction chimique in-situ, pour un coût estimé compris entre 1 059 et 1 255 k€ ; • Méthode 2 : Excavation des terres polluées à la bucket, élimination hors site puis remblaiement avec un sable réducteur, pour un coût estimé compris entre 1 614 et 1 811 k€ ; • Scénario 2 : Oxydation in-situ • Scénario 3 : Venting / sparging <p>A l'issue du bilan coût avantage, le scénario 1 a la notation la plus élevée du fait de la capacité de la méthode à traiter à la fois les sols et la nappe.</p> <p>Les scénarios 2 et 3 ne sont pas retenus pour les raisons suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oxydation in-situ : risque de formation de sous-produits toxiques dans un contexte géologique fracturé et milieu urbain proche, • Venting / sparging : durée de traitement long, difficilement applicable en milieu urbain et en contexte géologique facturé.

Recommandations	<p>Au vu des impacts identifiés et du projet envisagé, BURGEAP propose la stratégie d'action suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagnostic complémentaire afin d'affiner le volume de la zone source comprenant dix sondages sol et 2 piézomètres un amont du site et un autre à l'ouest, cout estimatif de 12 350 €, • Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) afin de s'assurer que l'état des milieux est compatible avec des usages déjà fixés hors site, cout estimatif de 7 600 €, • Plan de conception des Travaux (PCT) afin d'affiner le choix des solutions de réhabilitation (essais labo ou terrain) et étude avant-projet, cout estimatif de 80 k€, • Surveillance après travaux, cout estimatif de 10 500 € par an. <p>Soulignons que les conclusions sur la compatibilité de l'état des milieux avec l'usage futur ne sont valables que dans le cadre de la réhabilitation du site étudié et doivent prévoir notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le recouvrement pérenne et systématique des sols en place, par un dallage (enrobé ou dalle bétonnée) ou de la terre saine de 0,3 m d'épaisseur minimum, afin de supprimer tout contact direct avec les futurs usagers ; • l'usage de canalisations spécifiques d'alimentation d'eau potable (multicouche anti-perméation et avec des joints renforcées). <p>De plus, au vu de la variabilité saisonnière des concentrations dans l'air des sols, BURGEAP recommande également de réaliser une seconde campagne de mesures avant travaux ou une fois le projet construit.</p> <p>Enfin, l'ARR devra être mise à jour en cas de tout changement sur les projets d'aménagement.</p>
------------------------	---

1. Codification des prestations

La présente étude est conforme à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 et aux exigences de la norme AFNOR NF X 31-620-2 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués », pour le domaine A : « Etudes, assistance et contrôle ». Elle comprend les prestations suivantes :

Prestations élémentaires (A) concernées	Objectifs	Prestations globales (A) concernées	Objectifs
<input type="checkbox"/> A100	Visite du site	<input type="checkbox"/> AMO Assistance à Maîtrise d'ouvrage en phase études	Assister et conseiller son client pendant tout ou partie de la durée du projet, en phase études.
<input type="checkbox"/> A110	Etudes historiques, documentaires et mémorielles	<input type="checkbox"/> LEVE Levée de doute	Le site relève-t-il de la politique nationale de gestion des sites pollués, ou bien est-il « banalisable » ?
<input type="checkbox"/> A120	Etude de vulnérabilité des milieux	<input type="checkbox"/> INFOS	Réaliser les études historiques, documentaires et de vulnérabilité, afin d'élaborer un schéma conceptuel et, le cas échéant, un programme prévisionnel d'investigations.
<input type="checkbox"/> A130	Elaboration d'un programme prévisionnel d'investigations	<input type="checkbox"/> DIAG	Investiguer des milieux (sols, eaux souterraines, eaux superficielles et sédiments, gaz du sol, air ambiant...) afin d'identifier et/ou caractériser les sources potentielles de pollution, l'environnement local témoin, les vecteurs de transfert, les milieux d'exposition des populations et identifier les opérations nécessaires pour mener à bien le projet (prélèvements, analyses...)
<input type="checkbox"/> A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols	<input checked="" type="checkbox"/> PG Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site	Etudier, en priorité, les modalités de suppression des pollutions concentrées. Cette prestation s'attache également à maîtriser les impacts et les risques associés (y compris dans le cas où la suppression des pollutions concentrées s'avère techniquement complexe et financièrement disproportionnée) et à gérer les pollutions résiduelles et diffuses. Réalisation d'un bilan coûts-avantages (A330) qui permet un arbitrage entre les différents scénarios de gestion possibles (au moins deux), validés d'un point de vue sanitaire (A320) Préconisations sur la nécessité de réaliser, ou non, les prestations PCT (dont B111 et/ou B112 (voir NF X 31-620-3)), CONT, SUIVI, A400, et la définition des modalités de leur mise en œuvre ; ces préconisations peuvent également concerner l'organisation, la sécurité et l'encadrement des travaux à réaliser ; Préciser les mécanismes de conservation de la mémoire en lien avec les scénarios de gestion proposés
<input type="checkbox"/> A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines		
<input type="checkbox"/> A220	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou les sédiments		
<input type="checkbox"/> A230	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol		
<input type="checkbox"/> A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques		
<input type="checkbox"/> A250	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires	<input type="checkbox"/> IEM Interprétation de l'Etat des Milieux	La prestation IEM est mise en œuvre en cas de : <ul style="list-style-type: none"> • mise en évidence d'une pollution historique sur une zone où l'usage est fixé (installation en fonctionnement, quartier résidentiel, etc.) ; • mise en évidence d'une pollution hors des limites d'un site ; • signal sanitaire. Comparable à une photographie de l'état des milieux et des usages, la prestation IEM vise à s'assurer que l'état des milieux d'exposition est compatible avec les usages existants [9]. Elle permet de distinguer les situations qui : <ul style="list-style-type: none"> • ne nécessitent aucune action particulière ; • peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et leurs usages constatés ; • nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion
<input type="checkbox"/> A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées	<input type="checkbox"/> SUIVI	Suivi environnemental
<input type="checkbox"/> A270	Interprétation des résultats des investigations	<input type="checkbox"/> BQ Bilan quadriennal	Interpréter les résultats des données recueillies au cours des quatre dernières années de suivi Mettre à jour l'analyse des enjeux concernés par le suivi sur la période sur les ressources en eau, environnementales et l'analyse des enjeux sanitaires.
<input type="checkbox"/> A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux	<input type="checkbox"/> CONT Contrôles	Vérifier la conformité des travaux d'investigation ou de surveillance Contrôler que les mesures de gestion sont réalisées conformément aux dispositions prévues
<input checked="" type="checkbox"/> A320	Analyse des enjeux sanitaires	<input type="checkbox"/> XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués
<input checked="" type="checkbox"/> A330	Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages	<input type="checkbox"/> VERIF Evaluation du passif environnemental	Effectuer les vérifications en vue d'évaluer le passif environnemental lors d'un projet d'acquisition d'une entreprise
<input type="checkbox"/> A400	Dossiers de restriction d'usage, de servitudes		

2. Introduction

2.1 Objet de l'étude

Dans le cadre de l'achat d'un foncier pour la construction d'un magasin Grand Frais et d'une boulangerie Marie BLACHERE à Malemort-sur-Corrèze (19), la société SCI GFDI 110 a missionné BURGEAP pour la réalisation d'un plan de gestion, objet de ce rapport, faisant suite à l'offre BURGEAP référencée PESISO13632-01 en date du 28/09/2020. Le site est actuellement composé :

- Au nord : d'un terrain enherbé qui accueillait historiquement une fonderie et une entreprise de mécanique générale,
- Au sud : d'un pressing dont l'activité a cessé en 2018.

En juillet 2020, BURGEAP a réalisé un diagnostic initial du milieu souterrain qui a fait l'objet d'un rapport référencé RESISO11322-01. L'étude a mis en évidence la présence d'une zone concentrée en COHV dans les sols au droit de l'actuel pressing et d'un impact dans les eaux souterraines en COHV au droit du site et potentiellement en aval du site.

A ce titre, BURGEAP a recommandé :

- La réalisation d'un diagnostic complémentaire afin de caractériser et de délimiter la zone concentrée en COHV dans les sols, et de vérifier un potentiel impact hors site via les eaux souterraines, (rapport BURGEAP référencé RESISO11876-01)
- La réalisation d'un plan de gestion.

2.2 Documents de référence et ressources documentaires

Pour la réalisation de ce rapport, BURGEAP s'est appuyé sur :

- Rapport référencé RESISO11322-01 « Diagnostic Environnemental du milieu souterrain » datant d'août 2020, BURGEAP,
- Rapport référencé RESISO11876-01 « Diagnostic complémentaire du milieu souterrain » datant de décembre 2020, BURGEAP.

3. Synthèse des études antérieures

3.1 Synthèse de l'étude historique et documentaire

Dans le cadre de l'étude historique et documentaire, les données recueillies ont permis de montrer que le site a abrité diverses activités :

- Présence d'une entreprise de mécanique générale La Farmuze de 1976 à 2009, sur la partie la plus au nord du site. L'entreprise s'étalait au-delà du site étudié et comprenait principalement des ateliers de fabrication et de maintenance. Un bac dégraisseur, un filtre épurateur et une fosse septique étaient présents en limite hors site en amont (au nord).
- Présence d'une fonderie, au sud de La Farmuze, de 1965 à 2009. Ce site n'était pas ICPE et accueillait :
 - Une cuve enterrée de fuel (mais non repérée sur les plans historiques),
 - Des déchets solides de types mâchefers, sables brûlés.

La partie nord ne contient plus aucun bâti.

- Présence d'un pressing de 1959 à 2018 (bâti toujours présent) : d'après les informations observées lors de la visite du site (01/07/2020) et issues des documents consultés auprès des administrations publiques, les installations potentiellement polluantes suivantes ont été mises en évidence au droit du pressing :
 - Locaux techniques,
 - Atelier de nettoyage,
 - Le stockage de bidons de boues de perchloroéthylène à l'extérieur du pressing,
 - Présence d'un transformateur aux PCB,
 - Utilisation de perchloroéthylène au sein du pressing,
 - Présence d'une cuve de fuel aérienne.

La figure suivante synthétise les activités / installations potentiellement polluantes et les créations/extensions d'ateliers au droit du site étudié.

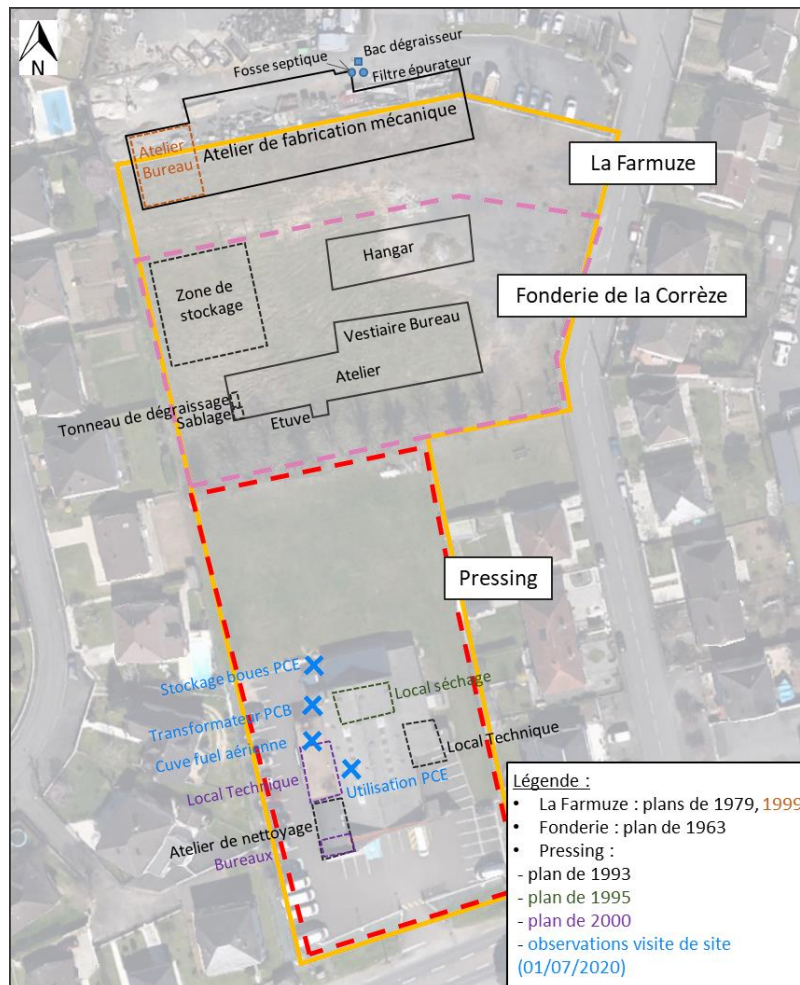


Figure 1 : Synthèse des activités exercées au droit du site

3.2 Synthèse de l'état environnemental des différents milieux

En octobre 2020, BURGEAP a réalisé un diagnostic complémentaire du milieu souterrain ciblé principalement sur le pressing. Le tableau suivant présente les investigations réalisées.

Tableau 1 : Investigations réalisées en octobre 2020

Milieux reconnus	Prestations		Localisation	N° Figure	Qté	Profondeur (m)	Substances analysées	Nombre d'échantillons
Sols	Sondage au carottier sous gaine	P R E S S I N G	Local de nettoyage (utilisation de PCE)	SB15 à SB22	8	3 à 4	HCT C ₁₀ -C ₄₀ , HAP, BTEX, COHV, MACAOH, 8 métaux, PCB, pack ISDI, granulométrie et COT	25
			Stockage des boues PCE	SB23 et SB24	2	3		6
			Hors emprise d'activité	SB25 et SB26	2	2 à 3		5
	Total					12		
Eaux souterraines	Pose de piézomètres et prélèvements d'eau	P R E S S I N G	Amont hydraulique du site		1	4,5 et 9,5	HCT C ₁₀ -C ₄₀ , HAP, PCB, , 8 métaux, pack atténuation naturelle (COHV MACAOH, BTEX, éthène, éthane, COD, sulfates, méthane, chlorures, anions NO ₃ -)	4
			Au droit du site		2			
Gaz des sols	Pose de piézaires et prélèvement des gaz du sol	P R E S S I N G	Au droit du site		2	1 à 1,5	TPH, BTEX, naphtalène et COHV	3
		F O N D E R I E	Au droit du site		1	1.5		

Au total, BURGEAP a réalisé :

- 12 sondages sols entre 3,0 et 4,0 m de profondeur,
- 3 piézomètres entre 4,5 et 9,5 m de profondeur,
- 3 piézaires entre 1,0 et 1,5 m de profondeur.

La **Figure 2** présente la localisation des points de prélèvement ainsi que les indices de pollution observés lors de la foration.

Observations terrains

Les terrains recoupés en sondage ont été décrits avant échantillonnage. Les descriptions ont porté sur leur lithologie et la présence ou non de niveaux jugés suspects.

Les niveaux de sol sont jugés suspects s'ils présentent des traces de souillures, des caractéristiques organoleptiques anormales (odeur, couleur, texture), des réponses positives au PID ou qu'ils renferment des matériaux de type déchets, mâchefers, verre, bois....

La présence de composés organiques volatils dans les gaz des sols et au niveau de chaque échantillon prélevé a été évaluée au moyen d'un détecteur à photo-ionisation (PID) équipé d'une lampe 10,6eV.

Au regard des observations réalisées au cours des investigations d'octobre 2020, la succession des formations géologiques, sous des couches d'enrobé ou de dalle béton, au droit du site est la suivante :

- Argile rouge plus ou moins sableuse entre 0,2 et 2,0 m d'épaisseur,
- Sable argileux rouge entre 1,0 et 1,5 m d'épaisseur,
- Schiste à partir de 2,0 m de profondeur jusqu'au-delà.



Figure 2 : Localisation des sondages sols et des indices de pollution

► Synthèse du milieu sol

Année	Sondages	Nom	Profondeur maximale	Technique	Composés recherchés	Conclusions des études
Juillet 2020	14	SB1 à SB14	2 m	Tarière mécanique	HCT C ₁₀ -C ₄₀ , HAP, BTEX, COHV MACAOH, 8 métaux, PCB, pack ISDI	<ul style="list-style-type: none"> Somme COHV : comprises entre 0 et 12 012 mg/kg entre 0 et 4 m, majoritairement en PCE. Un maximum à 1 m en SB25 (extérieur du pressing) : 12 000 mg/kg PCE, mesures PID élevées (> 15 000 ppm jusqu'à 2 m de profondeur). Des teneurs en PCE entre 3 et 4 m sont détectées jusqu'à 370 mg/kg dans les locaux du pressing
Octobre 2020	12	SB15 à SB26	4 m	Carottier sous gaine	HCT C ₁₀ -C ₄₀ , HAP, BTEX, COHV MACAOH, 8 métaux, PCB, pack ISDI, granulométrie et COT	<ul style="list-style-type: none"> Somme HCT C₁₀-C₄₀: maximum 200 mg/kg entre 2 et 3 m (à proximité du transformateur aux PCB) majoritairement en C₁₀-C₁₂ BTEX : traces (SB12, SB21 et SB25) HAP (16) : faibles teneurs avec un maximum de 6,2 mg/kg au droit de l'ancienne fonderie Métaux : traces en arsenic et en cuivre

- Les investigations complémentaires réalisées au voisinage de SB2 au droit duquel des teneurs élevées en COHV avaient été identifiées (rapport RESISO11876-01) permettent de préciser en surface et verticalement cet impact. Cependant les investigations en extérieur du bâtiment du pressing au voisinage de SB6 ne permettent pas de délimiter verticalement et en profondeur cet impact, (max observé entre 2 et 3 m – 6 100 mg/kg).
- Les retours d'expérience BURGEAP et les données bibliographiques montrent que le PCE est présent dans les sols en phase pure mobile ou non ([PCE] minimale entre 6 000 et 10 000 mg/kg) et en phase pure adsorbée ([PCE] minimale autour de 1 000 mg/kg MS). Il est attendu que de la phase pure mobile ou non soit découverte lors des travaux de réhabilitation.

► Synthèse du milieu eaux souterraines

Année	Sondages	Nom	Profondeur maximale	Technique	Composés recherchés	Conclusions des études
Juillet 2020	1	Pz1	8 m	Tarière mécanique	HCT C ₁₀ -C ₄₀ , HAP, COHV MACAOH, 8 métaux, PCB,	<p>Le niveau statique entre 2,2 et 3,6 m de profondeur par rapport à la surface.</p> <p>Les eaux souterraines s'écouleraient du nord/nord-est vers le sud/sud-ouest soit en direction de la Corrèze située en 250 m au sud du site.</p>
Octobre 2020	3	Pz2 à Pz4	4,5 à 9 m	Marteau fond de trou	HCT C ₁₀ -C ₄₀ , HAP, PCB, 8 métaux, pack atténuation naturelle (COHV MACAOH, éthène, éthane, COT, sulfates, méthane, chlorures, anions NO ₃ -)	<p>Résultats d'analyses :</p> <ul style="list-style-type: none"> COHV : impacts significatifs (PCE principalement et TCE, cis 1,2-DCE). Les teneurs atteignent 6 380 µg/l en limite ouest du site Somme HCT, métaux, HAP, BTEX et PCB : traces.

► Synthèse du milieu gaz du sol

Année	Sondages	Nom	Profondeur maximale	Technique	Composés recherchés	Conclusions des études
Octobre 2020	3	Pza1 à Pza3	1,5 m	Carottier sous gaine	TPH, BTEX, naphthalène et COHV	<ul style="list-style-type: none"> Somme des COHV : impacts significatifs (PCE principalement et TCE) avec un maximum mesuré en Pza1 (PCE 699 µg/m³) en limite ouest du site TPH et BTEX : des traces au droit des trois ouvrages Naphtalène : absence de détection sur l'ensemble des ouvrages

4. Présentation du projet d'aménagement

Le projet d'aménagement, qui nous a été communiqué par SCI GFDI 110, prévoit la construction d'un magasin Grand Frais et d'une boulangerie Marie BLACHERE avec des places de stationnements et des espaces verts. A ce stade de la réalisation du présent plan de gestion l'aménagement définitif n'est pas figé.

Le magasin sera bâti au nord de la parcelle, l'entrée et la sortie du public se fera coté parking soit au sud au niveau de l'avenue de la Libération. Le projet ne contient pas de niveau en sous-sol.

Les informations concernant les caractéristiques des aménagements ont été recueillies auprès du maître d'ouvrage, elles sont présentées en annexe 1. Les quantités déblais / remblais des terrassements généraux sont détaillées dans ce document. Il est estimé :

- Décapage de la terre végétale et stockage sur site pour réemploi et évacuation des excédents,
- Déblais en pleine masse et évacuation du site : 17 520 m³,
- Matériaux de remblaiement notamment pour zone sous fondations et bâtiment : 4 800 m³.

La présentation du projet associée à la qualité des sols et des gaz du sol identifiées dans les études précédentes au droit du site met en évidence la présence d'une à plusieurs zones d'impact dans le milieu souterrain dont la compatibilité avec les usages futurs doit être vérifiée sur le plan sanitaire et pour laquelle des mesures de gestion doivent être envisagées pour réduire les impacts sur le milieu souterrain (cf. § 8).

Les **Figure 3 et 4** page suivante illustrent le plan de masse du projet.



Figure 3 : Plan masse du projet d'aménagement pressenti (source SCI GFDI 110)

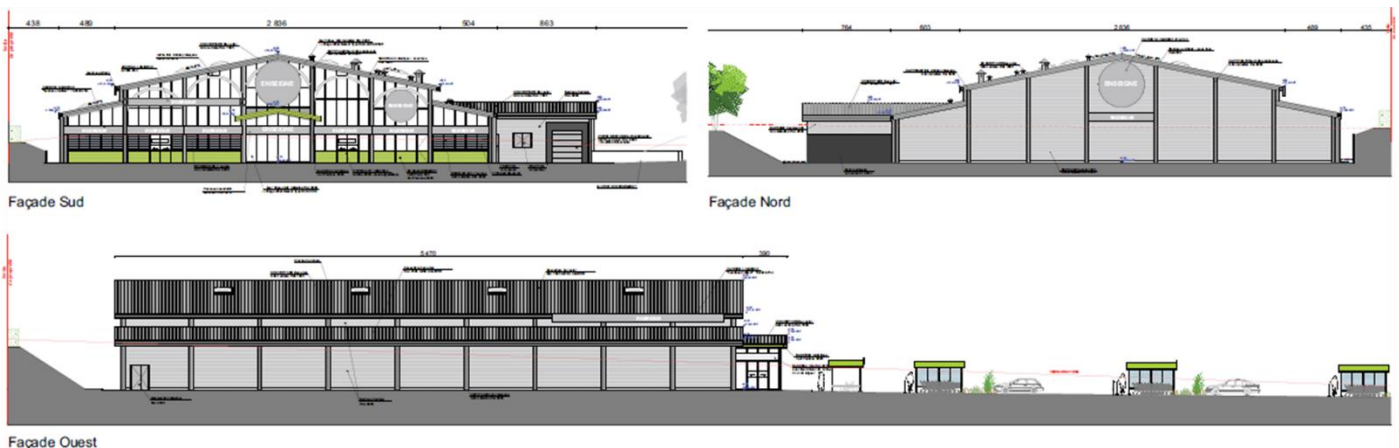


Figure 4 : Coupe du projet (source SCI GFDI 110)

5. Schéma conceptuel

Projet d'aménagement	Construction d'un magasin GRAND FRAIS et d'une boulangerie Marie BLACHERE avec des places de stationnement et des espaces verts.
Géologie et hydrogéologie	<p><u>Géologie :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Remblais compris entre 0.3 et 1 m d'épaisseur observés essentiellement au nord du site, • Argile sableuse rouge avec des passes graveleuses, • Schiste à partir de 2 m (SB25 et SB26) et 4 m (SB21) <p>Le niveau statique est compris entre 2,2 et 3,6 m par rapport au terrain actuel. Le sens d'écoulement est attendu vers le sud / sud-ouest, vers la Corrèze.</p>
Impacts identifiés	<p>Les zones impactées identifiées à l'issue des investigations de terrain sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • milieu sol : impacts en COHV majoritairement en PCE, en surface jusqu'à 12 000 mg/kg et en profondeur entre 3 et 4 m (370 mg/kg) • milieu eaux souterraines : impact en COHV principalement en PCE • milieu air du sol : impact en COHV principalement en PCE
Enjeux à considérer	<p>Les enjeux à considérer sur site sont les futurs usagers du site (adultes, enfants).</p> <p>Les enjeux à considérer hors site sont la rivière la Corrèze située à 250 m et les habitations avoisinantes avec potentiellement des puits privés</p>
Voies de transfert depuis les milieux impactés vers les milieux d'exposition	<p>Au droit des zones recouvertes par des bâtiments ou un revêtement spécifique, la voie de transfert à considérer est la volatilisation des composés volatils.</p> <p>La perméation des composés vers les canalisations d'eau potable est également possible.</p> <p>Hors site, le transfert des polluants se fait par migration dans les eaux souterraines</p>

Voies d'exposition► **Sur site**

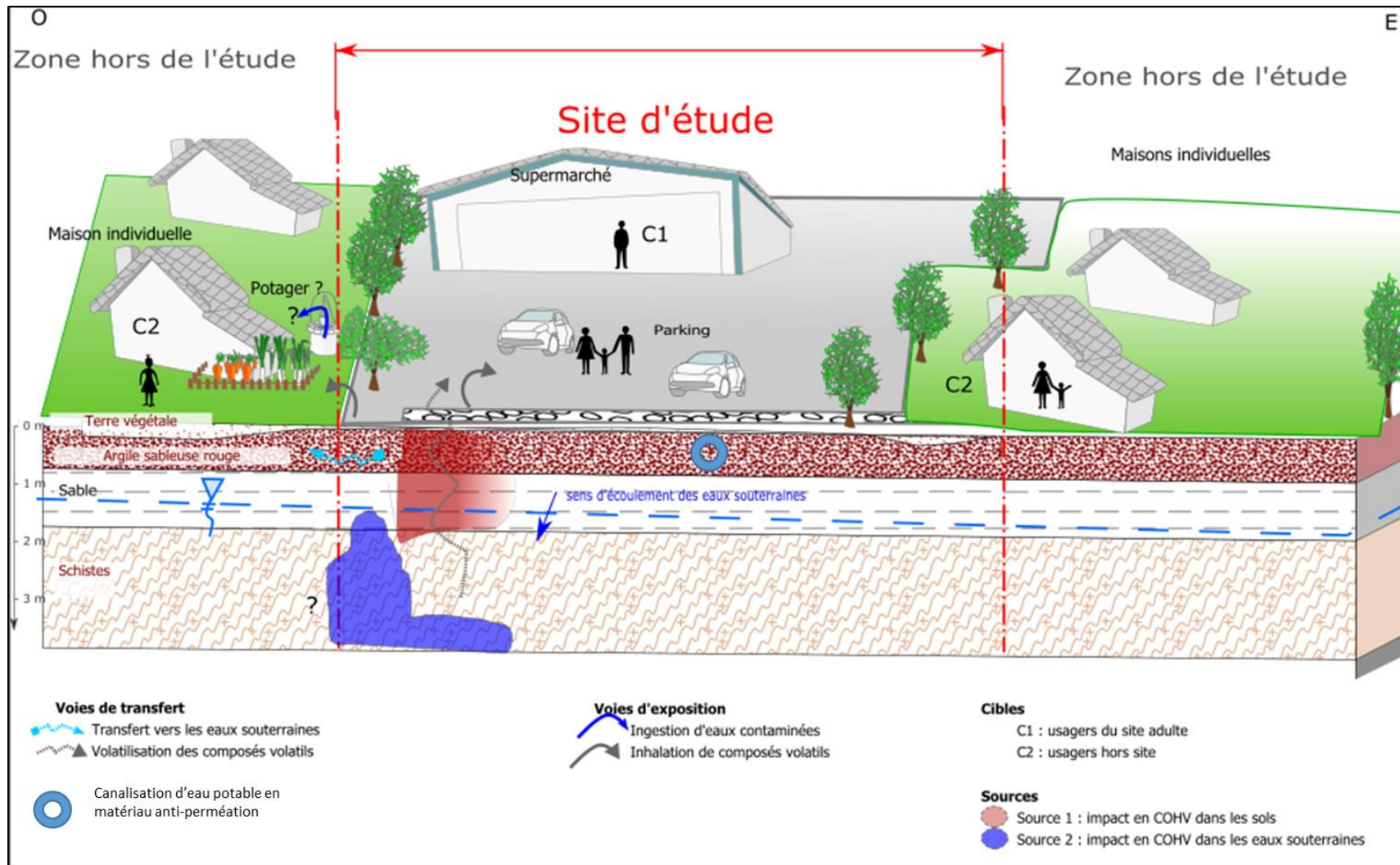
Au droit des zones recouvertes, la seule voie d'exposition à considérer est l'inhalation de composés volatils issus du milieu souterrain (ZNS et ZS).

► **Hors site**

Hors site, les voies d'exposition pour les cibles /enjeux identifiés à considérer sont :

- l'inhalation de composés volatils présents dans les eaux souterraines,
- l'inhalation et l'ingestion de l'eau issue des puits privés (remplissage piscine),
- l'ingestion des végétaux arrosés avec l'eau des puits privés,
- l'inhalation et l'ingestion de l'eau de la rivière en cas de baignade,
- l'ingestion de poissons pêchés dans la rivière.

Figure 5 : Schéma conceptuel (usage futur)



6. Détermination des zones de pollution concentrée

6.1 Méthodologie nationale

6.1.1 Principes

La méthodologie nationale des sites et sols pollués d'avril 2017 stipule que « Lorsque des pollutions concentrées sont identifiées (flottants sur les eaux souterraines, terres fortement imprégnées de produits, produits purs...), la priorité consiste d'abord à déterminer les modalités de suppression des pollutions concentrées plutôt que d'engager des études pour justifier leur maintien en l'état, en s'appuyant sur la qualité dégradée des milieux ou sur l'absence d'usage de la nappe ».

A l'issue des différentes études réalisées sur le site, il s'avère nécessaire de mettre en œuvre des mesures de gestion concernant les impacts identifiés sur le site. D'une manière générale, ces mesures peuvent consister en :

- des travaux de traitement des sources de pollution concentrée conformément à la méthodologie nationale de 2017 ;
- des mesures organisationnelles (gestion en phase chantier, surveillance) pour veiller à la bonne mise en œuvre de ces prescriptions ;
- la mise en œuvre de paramètres constructifs spécifiques (vide de construction, vide sanitaire, canalisation anti-perméation, membrane étanche, recouvrement des sols...) ;
- la proposition de restrictions d'usage éventuelles.

Ces travaux nécessitent la prise en compte des pollutions chimiques des sols mises en évidence et donc leur remise en état. La remise en état d'un site n'a pas pour objectif d'éliminer toute trace de polluants dans les sols mais de ramener la qualité du sous-sol dans un état sanitaire compatible avec sa reconversion, ce qui suppose la détermination d'objectifs de traitement tant sur le plan technique que sur le plan économique.

En effet, lorsqu'ils ne sont pas techniquement irréalisables, ces objectifs ne doivent pas engendrer des investissements financiers disproportionnés par rapport à la valeur foncière du site.

6.1.2 Notion de sources - transfert - cibles

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

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

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

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

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

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

- agir à la source consiste à réduire ou éliminer le stock de polluants en éliminant des déchets, en traitant les sols ou la nappe phréatique, en contrôlant les rejets ;
- supprimer une voie de transfert, par exemple en confinant une pollution dans un « sarcophage » étanche ou recouvrir un sol pollué par des métaux (hors Hg volatil) avec de la terre saine, un revêtement de bitume ou construire un sous-sol ou un vide sanitaire.

6.1.3 Zone de pollution concentrée

Sur la base des principes édictés dans la méthodologie nationale d'avril 2017 relative à la gestion des sites pollués, la réhabilitation d'un site nécessitera dans tous les cas de procéder à des travaux ayant à minima pour objectif de traiter les « zones de pollution concentrée », à savoir :

- les cuves, canalisations, cavités, dans lesquelles ont pu s'accumuler des produits indésirables ;
- les sols présentant de fortes anomalies de concentration.

La notion de « forte anomalie de concentration » dépend de la qualité générale du site.

Une pollution concentrée est définie comme le volume de milieu souterrain à traiter, délimité dans l'espace, au sein duquel les concentrations en une ou plusieurs substances sont significativement supérieures aux concentrations de ces mêmes substances à proximité immédiate de ce volume.

Une « forte anomalie de concentration » peut également définir un seuil à partir duquel les risques sanitaires deviennent inacceptables.

L'interprétation des résultats de diagnostics doit être faite selon :

- les constats de terrain/indices organoleptiques ;
- une méthode d'interprétation cartographique ;
- la réalisation d'un bilan massique.

Dans le cas du site, étant donné que des impacts en COHV sont présents dans les sols, la définition des zones de pollution concentrée devra reposer sur la notion de « seuils de coupure » (seuils de concentration à partir duquel il est économiquement intéressant de dépolluer).

Ces seuils de coupure, qui délimitent une zone de pollution concentrée, sont déterminés selon a minima deux méthodes concordantes, parmi :

- Méthode 1 : interprétation des constats de terrain ;
- Méthode 2 : interprétation cartographique ;
- Méthode 3 : étude de la distribution des polluants au droit du site ;
- Méthode 4 : bilan massique ;
- Méthode 5 : détermination de la présence d'une phase organique dans les sols (utilisation du logiciel OREOS) ;
- Méthode 6 : approche géostatistique.

Dans le présent plan de gestion, les méthodes 1 et 2 seront appliquées, en association avec les méthodes 3 et 4.

Ces différentes approches et les seuils de coupure ainsi déterminés sont présentés dans les paragraphes suivants.

6.2 Détermination des seuils de coupure

6.2.1 Applicabilité aux composés à l'origine des impacts

La détermination des seuils de coupure a été établie et appliquée aux composés ayant été identifiés et quantifiés lors des diagnostics à savoir le PCE et le TCE. Les produits de dégradation (cis1,2-DCE, trans1,2-DCE et chlorure de vinyle) sont minoritaires et corrélés aux anomalies en PCE et TCE. Les autres COHV, les HAP, et HCT recherchés lors des investigations n'ont pas été retrouvés en concentrations significatives d'anomalies.

La sélection de ces composés est justifiée par les points suivants :

- composés en lien direct avec l'activité historique du site (pressing avec utilisation de tétrachloroéthylène) ;
- présence de fortes concentrations sur des surfaces limitées ;
- présence d'un panache en COHV dans les eaux souterraines.

6.2.2 Interprétation des constats de terrain (méthode 1) et approche cartographique (méthode 2)

Cette approche des constats de terrain est simple à mettre en pratique et consiste à interpréter les constats effectués lors des investigations sur les sols, les gaz des sols et les eaux souterraines.

Ces constats sont par exemple :

- observation visuelle des sols, de l'eau (couleur, texture, sol imbibé de phase organique, présence de déchets...),
- mesures semi-quantitatives de composés volatils (PID, Dräger),
- détection de présence de phase organique flottante (LNAPL) ou coulante (DNAPL) dans un piézomètre et définition de son épaisseur,
- profondeur des observations et mesures citées ci-dessus.

Ces informations permettent notamment d'appréhender l'étendue spatiale des anomalies :

- couches de terrain présentant visuellement des anomalies fortes,
- présence de phase organique dans les sols ou dans les eaux souterraines.

Concernant les sols :

L'interprétation des constats de terrain est basée sur les constats réalisés par BURGEAP lors des investigations de 2020. Ces observations ne permettent pas de déterminer un seuil mais les remarques suivantes peuvent être formulées :

- les valeurs PID les plus élevées, de l'ordre de la centaine à quelques dizaines de milliers de ppmV (> 15 000 ppm), ont été relevées au niveau de la zone non saturée en SB2, SB25 et SB26.

L'approche cartographique croise les constats de terrains aux analyses réalisées en laboratoire sur les différents milieux de façon à obtenir une interprétation cartographique des zones dans lesquelles une pollution concentrée est présente.

Cette interprétation a permis de délimiter des zones sur le site avec les données suivantes :

- les concentrations maximales en COHV ont été mesurées au droit des sondages SB25 et SB26 à l'ouest du bâtiment du pressing et SB2, SB19, SB21 dans le local utilisant du PCE. La majorité des concentrations notables est mesurée entre 0 et 2 m de profondeur. Un maximum est mesuré entre 0 et 1 m en SB25 (12 000 mg/kg avec des mesures PID élevées supérieures à 15 000 ppm),
- la somme PCE et TCE représente 93 à 100 % des COHV.

Concernant les eaux souterraines

- les niveaux statiques en octobre 2020 au droit du site sont compris entre 118,29 et 119,81 m NGF, soit entre 2,1 et 3,6 m de profondeur par rapport au terrain actuel,
- la perméabilité des terrains aquifères semble être homogène sur l'ensemble du site,
- le perchloroéthylène (PCE) est le composé majoritaire puisqu'il constitue jusqu'à 92 % des COHV recherchés, puis le cis-1,2 DCE représente jusqu'à 24 % des COHV.

Concernant les gaz du sol

- le perchloroéthylène est le composé majoritaire et représente 92 % des COHV recherchés,
- les concentrations maximales en COHV ont été mesurées en PZa1 au droit du local utilisant du PCE (698,87 µg/m³ avec des mesures PID à 73 ppm durant le prélèvement).

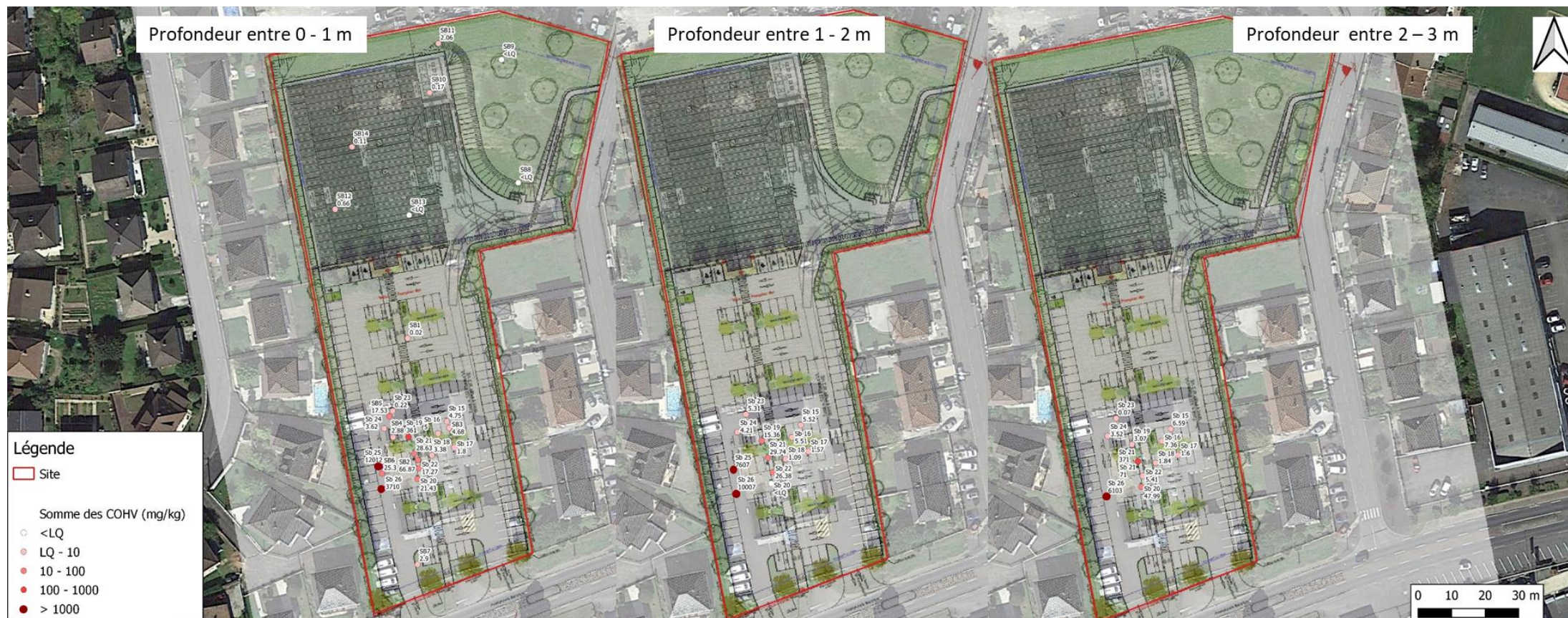


Figure 6 : Localisation des impacts en COHV dans les sols en fonction des profondeurs sur le plan de masse

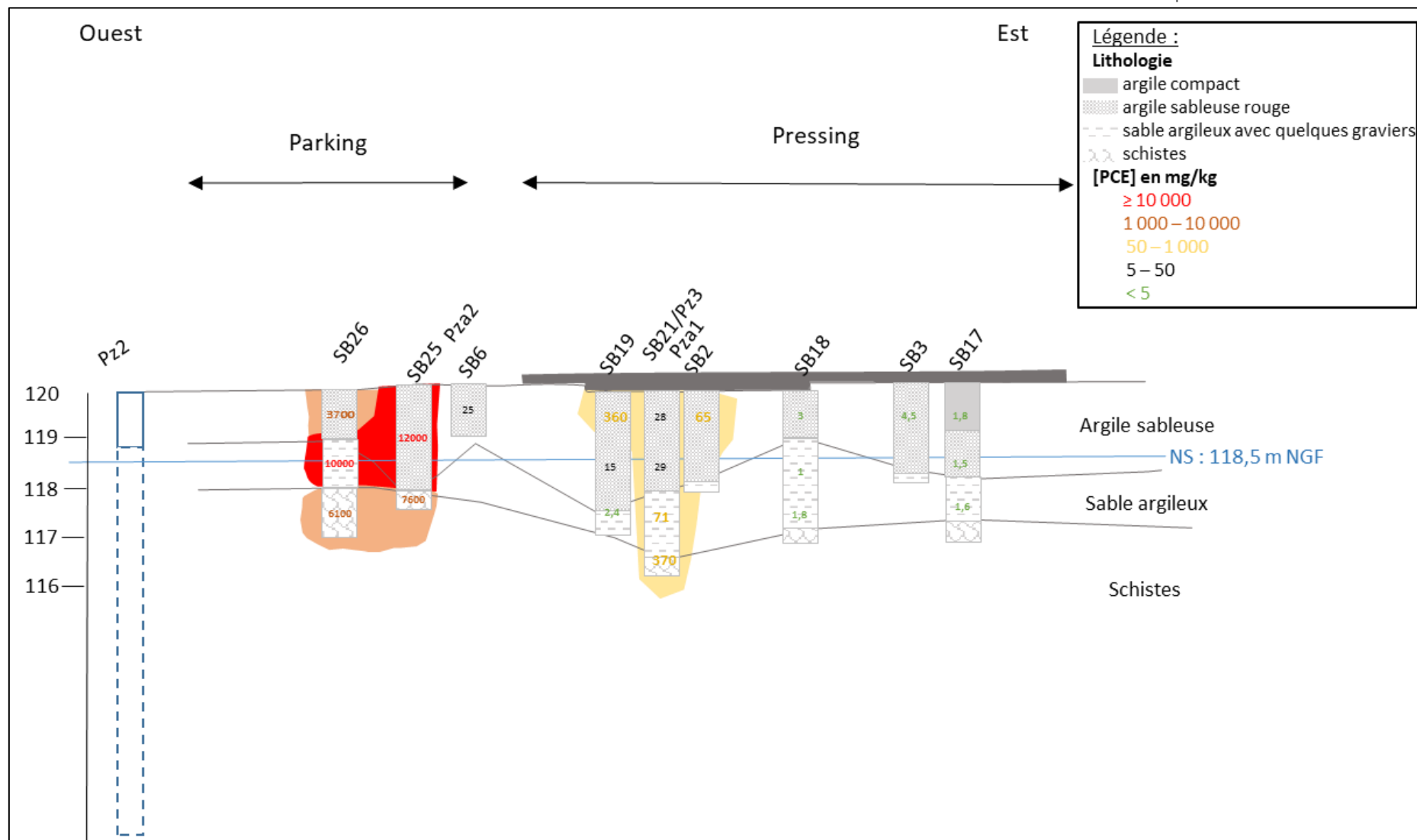
Synthèse de l'étude cartographique :

- une zone source très fortement concentrée en PCE (12 000 mg/kg) est localisée dans les sols à l'extérieur du bâtiment du pressing (à l'ouest) entre 0 et 2 m de profondeur. La source de pollution ne semble pas être délimitée verticalement et au sud de SB26,
- Une zone source concentrée en PCE est localisée dans les sols au droit du local utilisant du PCE jusqu'à 4 m de profondeur. La source de pollution semble être délimitée en extension horizontale et verticale,
- En dehors de la zone source, les teneurs en PCE sont relativement modérées avec des concentrations comprises entre la LQ et 71 mg/kg sur la majorité des échantillons. Seuls quatre échantillons présentent des concentrations supérieures à 300 mg/kg dans les argiles plus ou moins sableuses,
- Les impacts relevés dans les gaz des sols sont corrélables aux résultats observés dans les sols et les eaux souterraines,
- Les investigations réalisées au droit de de la parcelle Nord n'ont pas révélé d'impacts suggérant la présence d'une source concentrée,
- Un seuil de coupure peut être estimé en première approche à environ 300 mg/kg pour le PCE.

Des coupes de terrain ont été établies par profondeur depuis la surface jusqu'à 4 m de profondeur (dernier échantillon contaminé) par intervalle de 1 m. Ces profils ont permis de délimiter des zones sur le site avec les hypothèses suivantes :

- pour l'extension horizontale, on suppose que la limite se situe à équidistance des points de sondages pollués et non pollués ;
- pour l'extension verticale, on remarque d'une manière générale des pics de concentrations au niveau des sols superficiels, située entre 0 et 2 m de profondeur, et une décroissance des teneurs jusqu'à 4 m de profondeur (limite des sondages).

Les emprises des zones de pollution sont représentées sur les **Figures 7 et 8**.



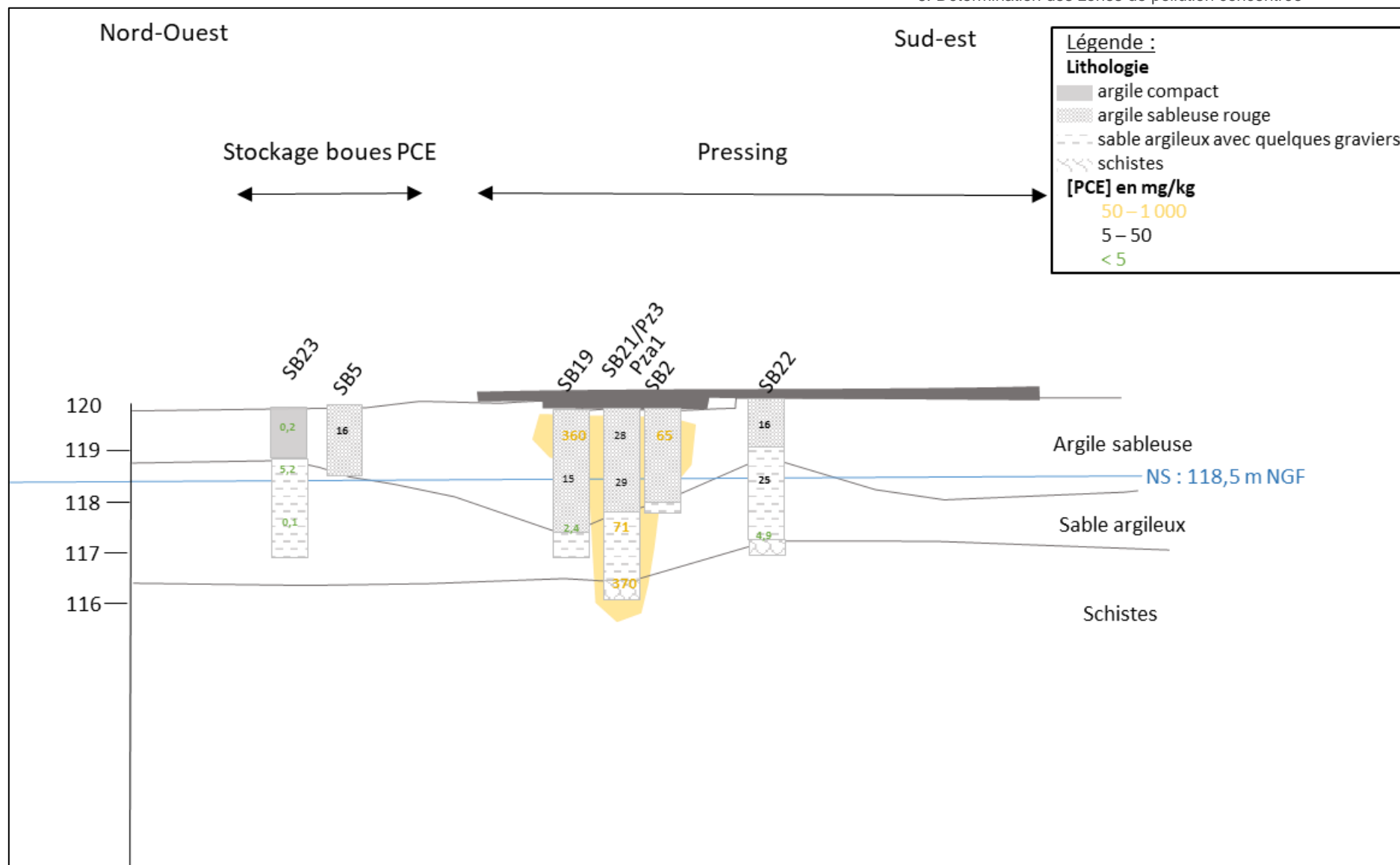


Figure 8 : Coupe nord-ouest / sud-est au droit de la zone source PCE

De cette approche ressort l'identification de zones impactées et centrées autour des sondages SB25 et SB26 et jusqu'à 3 m de profondeur et autour de SB19 et SB2 jusqu'à 4 m de profondeur.

6.2.3 Etude de la distribution des polluants au droit du site (Méthode 3)

Cette approche permet de caractériser le bruit de fond et/ou les concentrations anormales, en un polluant ou une famille de polluants, car significativement différentes de la distribution des concentrations de ce polluant ou famille de polluant (nuage de points).

Cette méthode doit permettre de distinguer les différentes populations de valeurs présentes et in fine de proposer un seuil de coupure (matérialisé par une rupture de pente) pour la pollution concentrée.

L'étude de la distribution des polluants s'appuie sur plusieurs démarches :

- détermination des concentrations maximales, moyennes, médianes et quelques percentiles ;
- analyse des fréquences d'occurrence des concentrations [=f(concentration)].

La démarche a été réalisée sur le PCE et les résultats sont présentés dans le **Tableau 2** et ainsi que sur la **Figure 9**.

Tableau 2 : Critères statistiques des données pour le PCE

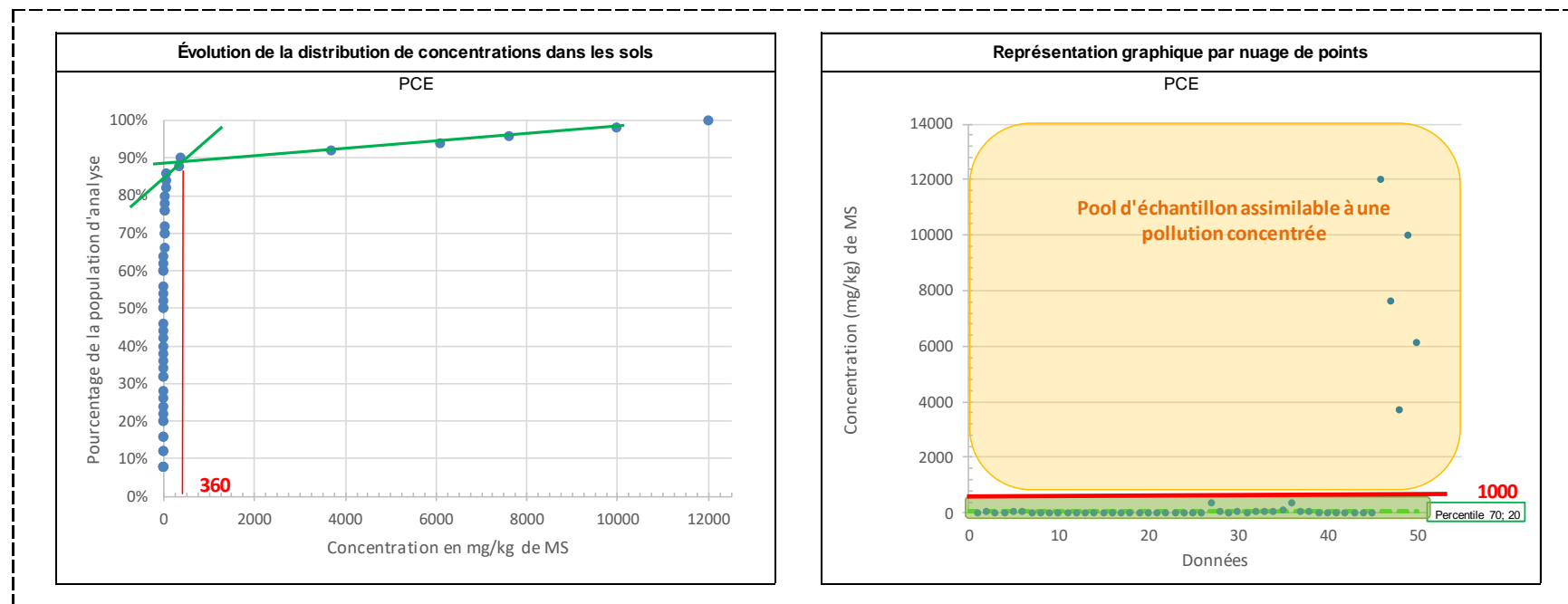
	Médiane	Percentile 60	Percentile 70	Percentile 80	Percentile 90	Maximum	Nbre données
PCE	5,1	10,14	23,6	50,6	2368	12000	45

A noter que les données disponibles sont suffisamment abondantes pour valider la représentativité de cette méthode (COHV : 45 échantillons), mais la répartition des concentrations en COHV est marquée par de très nombreuses valeurs proches de la limite de quantification.

Cette analyse met en évidence que :

- 80% des concentrations mesurées au droit du site sont inférieures ou égales à 50 mg/kg,
- 90 % des concentrations mesurées au droit du site inférieures ou égales à 2 360 mg/kg.

Figure 9 : Distribution des résultats d'analyses pour le PCE



L'évolution de la distribution des concentrations permet de définir un seuil de coupure pour le PCE autour de 360 mg/kg. La représentation graphique par nuage de points met en évidence un seuil de coupure autour de 1000 mg/kg.

6.2.4 Approche par bilan massique (Méthode 4)

Cette approche consiste à déterminer le volume à traiter permettant à la fois de supprimer une quantité significative de polluant (et donc de ses impacts) tout en restant économiquement acceptable.

Afin de définir les zones de pollution concentrées qu'il faudrait traiter, le principe de Pareto appelé également la loi du 80/20, est appliqué,

Ce principe est extrait du guide du BRGM « Définir la stratégie de dépollution : approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution » (rapport BRGM RP-64350-FR de février 2016) et est expliqué ci-dessous :

- modéliser la répartition spatiale de la pollution, aussi bien horizontalement que verticalement afin de définir des courbes d'isoconcentrations pour chaque horizon jugé pertinent ;
- calculer les volumes de sol correspondant à chaque plage de concentration (définie par chaque couple de courbes d'isoconcentrations) ;
- calculer la masse de polluant présente dans chaque volume, à partir de la densité apparente du sol (estimé à 1,8 dans les calculs) et de la concentration moyenne de la plage de concentration considérée ;
- étudier la répartition des pourcentages de volume de sol et de la masse de polluant en fonction des plages de concentrations et définir le seuil de coupure théorique (correspondant au retrait d'une quantité significative de polluant tout en traitant un volume limité de sol) ;

Le volume total de sol considéré est celui de la zone impactée, emprise divisée en mailles représentées chacune par un sondage, sur la profondeur maximale étudiée jusqu'à 4 m pour certaines zones. La superficie autour de chaque sondage a été déterminée via le calcul des zones d'influences théoriques selon la méthode dite « polygones de Voronoï » (distance médiane du point considéré avec les points qui l'entourent). Le maillage théorique est présenté en **Figure 10**.

Pour les concentrations en PCE identifiées sur le site d'étude, l'évolution des pourcentages du volume de sol et des pourcentages de masse de polluant a été tracée en fonction des plages de concentrations choisies. Le seuil de coupure « théorique » correspond à la concentration pour laquelle les deux courbes sont les plus éloignées l'une de l'autre.

Cette approche consiste en premier lieu à évaluer le stock de polluant rattaché à des volumes donnés du milieu souterrain. Dans un second temps, elle permet de déterminer le volume minimal/optimal à traiter pour réduire significativement la quantité de polluant dans le milieu souterrain, donc réduire in fine les impacts à un coût acceptable au regard des enjeux à protéger.

Les résultats sont présentés dans le **Tableau 3** et la **Figure 11** pour PCE.

Les seuils de coupures théoriques déduits des calculs réalisés sont les suivants :

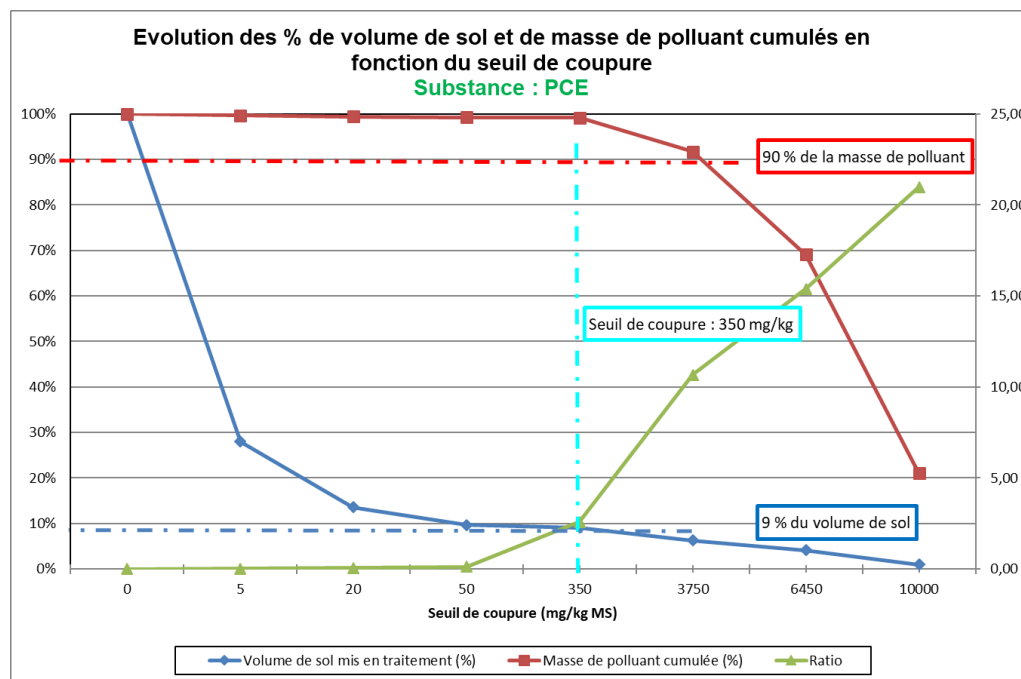
- Pour le PCE = 350 mg/kg MS (90% de la masse de polluant traitée en ne traitant que 9 % du volume de sol) ;



Figure 10 : Maillage de Voronoï au droit de la zone source PCE

Tableau 3 : Données pour la détermination du seuil de coupure PCE par bilan massique (principe de Pareto)

Intervalles de concentrations mg/kg MS	Seuil de coupure (mg/kg MS)	Moyenne concentrations (mg/kg MS)	Volume de l'intervalle (m3)	Masse de polluant dans l'intervalle en kg	Volume de sol mis en traitement (m3)	Volume de sol mis en traitement (%)	Volume de sol dans l'intervalle / volume total	Masse de polluant dans l'intervalle / masse totale de polluant	Masse de polluant cumulée (kg)	Masse de polluant cumulée (%)	Ratio
				(Dsol= 1,8)							
Tranche >0 / <=5	0	2	8 187	35	11 374	100%	72%	0%	11 704	100%	0,00
Tranche >5 / <=20	5	10	1 646	31	3 187	28%	14%	0%	11 669	100%	0,02
Tranche >20 / <=50	20	31	442	25	1 541	14%	4%	0%	11 638	99%	0,05
Tranche >50 / <=350	50	68	60	7	1 099	10%	1%	0%	11 614	99%	0,12
Tranche >350 / <=3750	350	1 477	329	874	1 039	9%	3%	7%	11 606	99%	2,58
Tranche >3750 / <=6450	3750	6 100	241	2 646	710	6%	2%	23%	10 732	92%	10,67
Tranche >6450 / <=10000	6450	8 800	355	5 623	469	4%	3%	48%	8 086	69%	15,39
Tranche >10000 / <=15000	10000	12 000	114	2 462	114	1%	1%	21%	2 462	21%	20,99
TOTAL			11 374	11 704			100%	100%			

Figure 11 : Détermination du seuil de coupure PCE par bilan massique (principe de Pareto)


6.3 Bilan des approches étudiées pour la détermination des seuils de coupure

Les différentes méthodes étudiées indiquent les seuils de coupure suivants, pour le composé étudié :

Tableau 4 : Seuils de coupure définis selon les différentes méthodes

Seuil de coupure (mg/kg MS)	Méthode 1 : investigations de terrain	Méthode 2 : interprétation cartographique	Méthode 3 : analyse statistique	Méthode 4 : bilan massique
PCE	Non défini	300	360	350

Au vu des différentes valeurs, **le seuil de coupure retenu est 360 mg/kg pour le PCE.**

Le Erreur ! Source du renvoi introuvable. et la Erreur ! Source du renvoi introuvable. illustrent l'emprise de la zone concentrée établie à partir des paragraphes précédents et des seuils de coupure.

Tableau 5 : Géométrie de la zone concentrée

Echantillon	Impact en PCE > 350 mg/kg	Topo	Base	Epaisseur de l'horizon impacté	Superficie (m ²)	Volume de sol (m ³)	Tonnage (t) d:1,8
SB19 (0-1)	360	0	1	4	150 à 250	600 à 1000	1 080 à 1 800
SB21 (3-4)	370	3	4				
SB25 (0-1)	12 000	0	2				
SB25 (1-2)	7 600						
SB26 (0-1)	3 700	0,05	3				
SB26 (1-2)	10 000						
SB26 (2-3)	6 100						
Zone non investiguée (local ouest)				Jusqu'au schistes	100	300 à 400	540 à 720
Total					350	1 400	2 520

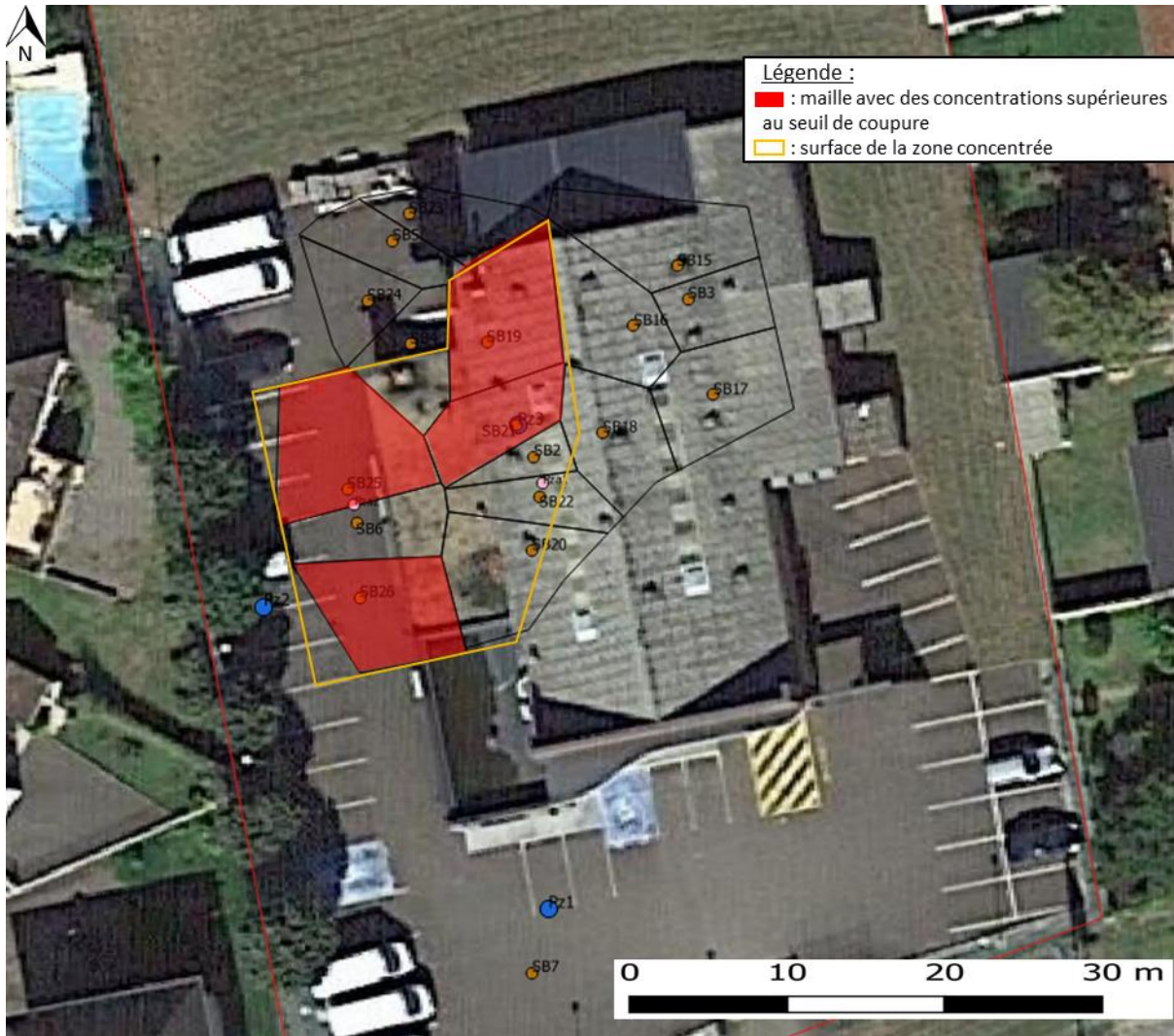


Figure 12 : Localisation des mailles ayant une concentration supérieure au seuil de coupure proposé pour le PCE et de la surface de la zone concentrée

7. Plan de gestion du site

7.1 Méthodologie

Les objectifs généraux de la réhabilitation du site ont été déterminés en référence à :

- la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués rédigée par la Direction générale de la Prévention des Risques, Bureau du sol et du sous-sol, en avril 2017 ;
- le guide méthodologique du BRGM « Quelles techniques pour quels traitements – Analyse coûts-bénéfices » de juin 2010 ;
- l'expérience de BURGEAP et les retours d'expérience de la profession sur les techniques de dépollution ;
- le guide ADEME « Taux d'utilisation et coût des différentes techniques et filières de traitement des sols et des eaux souterraines pollués en France » de janvier 2011.

Les objectifs du plan de gestion sont de proposer et de justifier la stratégie de réhabilitation à mettre en œuvre pour d'une part supprimer ou réduire les stocks de polluants présents dans le milieu souterrain et d'autre part restaurer la compatibilité entre la qualité des milieux au droit du site et l'usage futur, conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites pollués du 19 avril 2017.

Il s'agit donc :

- de traiter autant que techniquement et économiquement possible la (les) zone(s) concentrée(s) mise(s) en évidence, indépendamment de toute notion de risques ;
- pour la pollution résiduelle restant en place après le traitement des zones concentrées :
 - de maîtriser et surveiller sur le long terme la migration de la pollution résiduelle vers l'extérieur du site,
 - de proposer des dispositions constructives, des précautions et/ou des restrictions d'usage garantissant que la pollution résiduelle ne génère pas de risque vis-à-vis des usages et de la nappe.
- de valider, du point de vue sanitaire, les mesures de gestion proposées en fonction des aménagements et des usages pris en compte.

Le plan de gestion est réalisé sur la base des informations recueillies au cours des études précédentes, des reconnaissances complémentaires, de l'aménagement (projet, stade d'avancement et schéma(s) conceptuel(s) associés).

L'objectif du plan de gestion est d'atteindre le meilleur niveau de protection de l'environnement, humain et naturel, à un coût raisonnable, tout en évitant de mobiliser des ressources inutilement démesurées au regard des intérêts à protéger.

7.2 Contraintes liées au projet et aux impacts identifiés

Les caractéristiques des impacts ou les contraintes liées au projet, identifiées à l'issue des diagnostics vont conditionner en partie les scénarios de gestion envisageables sur le site :

- Substratum rocheux présent à partir de 2 à 3 m de profondeur,
- Eaux souterraines mesurées dès 2,0 m de profondeur,
- Présence de réseaux enterrés (électricité, EP, gaz),
- Terres impactées : zone non saturée et zone saturée accessibles et à faible profondeur ;
- Sensibilité du site en lui-même : problématique de gestion des nuisances à prévoir en cas de chantier de traitement des sols et des eaux souterraines ;

7.3 Objectifs de réhabilitation pour les solutions de traitement

Compte tenu des techniques de traitement applicables au site, l'objectif de traitement dans les sols considéré correspond à l'atteinte du seuil de coupure présenté en chapitre 6.3, soit une teneur inférieure au seuil suivant :

- PCE < 360 mg/kg.

7.4 Sélection des techniques de traitement applicables au site

7.4.1 Présélection des techniques de traitement (hors coût)

Les techniques de traitement sont de trois types :

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

Dans la plupart des cas, il n'existe pas de schéma type de traitement mais diverses techniques éprouvées pourront être associées pour obtenir un résultat quantifiable. Le traitement pourra être adapté en cours de réhabilitation pour optimiser son efficacité. Cependant, une simplicité dans la mise en œuvre du traitement sera recherchée : une technique simple et éprouvée est toujours préférable à une technique sophistiquée qui limiterait le nombre d'entreprises répondant à une consultation et qui complexifierait la maintenance du dispositif.

Dans un premier temps, une présélection des techniques de traitement a été réalisée afin d'identifier celles potentiellement applicables au site, tenant compte des critères sus mentionnés.

Une revue initiale des technologies disponibles est faite conformément aux traitements listés dans la norme AFNOR X31-620-3 et 4. Le tableau suivant liste les solutions de gestion adaptées à la problématique (surlignées en vert dans le Tableau 6).


Tableau 6 : Synthèse des techniques de traitement envisageables

Codification AFNOR (NFX31-620-4)	TECHNIQUE	Adapté à la problématique		Raison pour laquelle la technique N'EST PAS ADAPTEE à la problématique														Critère de décision ou d'orientation des solutions de gestion	
		Oui	Non	Polluant				Nature du milieu					Autres critères d'exclusion						Respect des objectifs de réhabilitation
				Constante de Henry (H)	Pression de vapeur (Pv)	Réactivité	Phase libre mobile	ZS	ZNS	Perméabilité (K)	Teneur en matière organique	Limitation liée au pH, au redox, O2 dissous, aux donneurs ou accepteurs d'électrons	Absence d'action sur la source	Accessibilité de la source	Impératif de temps	Place disponible	Impératif de subvention		
Techniques de traitement in situ (avec traitement sur site des polluants récupérés)																			
Méthodes physiques par extraction de la pollution in situ																			
C311	Ventilation de la zone non saturée in situ (venting)	X								X	X								
C311b	Extraction multiphase in situ		X											X	X				
C311c	Barbotage in situ / sparging in situ	X							X	X									
C311d	Pompage et traitement in situ		X							X						X			
C311e	Pompage et écrémage in situ		X							X									
Méthodes physiques par piégeage de la pollution in situ																			
C312	Confinement par couverture et étanchéification in situ		X											X					
C312b	Confinement vertical in situ		X																
C312c	Piège hydraulique ou confinement hydraulique in situ		X							X									
C312d	Solidification/stabilisation in situ		X																
Méthodes chimiques in situ																			
C313	Lavage in situ		X																
C313a	Lavage in situ		X																
C313b	Oxydation chimique in situ	X							X	X									
C313c	Réduction chimique in situ	X							X										
Méthodes thermiques in situ																			
C314	Désorption thermique in situ		X											X					
Méthodes biologiques in situ																			
C315	Biodégradation dynamisée (ou atténuation naturelle dynamisée) in situ		X													X			
C315a	Biodégradation dynamisée (ou atténuation naturelle dynamisée) in situ		X													X			
C315b	Bioventing in situ		X													X			
C315c	Biosparging in situ		X													X			
C315d	Phytoremédiation in situ		X													X			
Autres techniques in situ																			
C316	Barrière perméable réactive in situ - système mur		X																
C316a	Barrière perméable réactive in situ - système mur		X																
C316b	Barrière réactive in situ - système porte		X																
Techniques de traitement sur site (avec traitement sur site des polluants récupérés)																			
Méthodes physiques par évacuation de la pollution sur site																			
C321	Excavation des sols sur site	X								X									
C321a	Excavation des sols sur site	X								X									
C321b	Tri granulométrique sur site		X																
C321c	Lavage à l'eau sur site		X			X											X (voisinage sensible)		
Méthodes physiques par piégeage de la pollution sur site																			
C322	Encapsulation sur site		X														X		
C322a	Encapsulation sur site		X														X		
C322b	Solidification/ stabilisation sur site		X																
Méthodes thermiques sur site																			
C324	Désorption thermique sur site		X													X			
C324b	Désorption thermique sur site		X													X			
Méthodes biologiques sur site																			
C325	Bioréacteur sur site		X														X		
C325a	Bioréacteur sur site		X														X		
C325b	Bioterre sur site		X														X		
C325d	Landfarming sur site		X														X		


7.4.2 Description des techniques retenues pour les sols (zone source)

7.4.2.1 Excavation et traitement hors site - Code AFNOR C321a


Méthode 1 envisagée excavation à la pelle mécanique sous tente :



Excavation et traitement hors site (C321 a)



Principe




Cette technique consiste à excaver une source de pollution délimitée accompagnée d'actions complémentaires afin de traiter et/ou stocker les terres excavées. Il s'agit de la méthode la plus radicale, la plus simple et souvent la plus rapide pour supprimer une source de pollution.

Comment ça marche?

Sur la base des investigations réalisées, un plan du maillage de terrassement est effectué en fonction de la qualité des terres inertes ou polluées suivant la nature du polluant et le degré de pollution.

Un tri est réalisé sur terrain et suivant un maillage prédéfini, sous contrôle d'un ingénieur environnementaliste. Les terres excavées sont ensuite orientées vers un stockage temporaire avant transfert vers les installations de stockage/traitement ou évacuées directement vers ces filières.



Comment on fait?

Travaux préparatoires / Excavation

Au démarrage du chantier, des aires de stockage temporaires étanches peuvent être aménagées pour une meilleure gestion des flux. Durant les travaux de terrassement, un tri des terres est réalisé en fonction de leur degré de pollution avec une orientation vers les zones stockages spécifiques (observations organoleptiques, mesures PID ou analyses de laboratoire).

Dans certains cas, un tri granulométrique (concassage / criblage) permet d'optimiser les quantités de terres à traiter. Dans certains cas, les travaux d'excavation devront être réalisés avec blindage des fouilles et/ou talutage. Si les eaux souterraines sont interceptées par les excavations, une gestion spécifique de ces eaux est à prévoir.

Evacuation

Un certificat d'acceptation préalable (CAP) doit être établi préalablement à l'évacuation des terres vers la filière choisie.

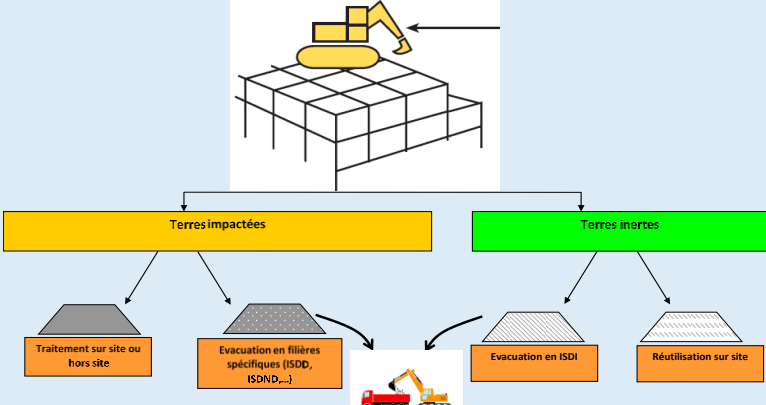
L'évacuation des déblais devra être accompagnée de l'établissement des bordereaux de suivi de déchets (BSD) pour chaque camion, confirmant la traçabilité de l'évacuation des déchets issus du site.

En fin de chantier, des échantillons en fonds et en flancs de fouille sont prélevés et analysés afin de valider que les seuils de dépollution sont bien atteints.


Remblaiement

Après contrôle et réception des bords et fond de fouille, les excavations seront remblayées par des terres d'apport saines.

Orientation des terres excavées en fonction de leur nature



Possibilité de valorisation des terres excavées



Avec quels moyens?

- Engins de travaux publics : pelle mécanique, tractopelle, camions bâchés (dans certains cas habilités à contenir des déchets ou à respecter la réglementation du Transport de Matières Dangereuses (TMD)) ;
- Blindage/ pompage de nappe si besoin
- Unité de tri granulométrique (cribleur / concasseur)
- Aménagement d'aire de stockage temporaire (géotextile, géomembrane,...)
- Tente ventilée en cas de fortes odeurs (COV)
- Système de brumisation pour limiter l'envol de poussières

Méthode 2 envisagée : excavation à l'aide de la bucket

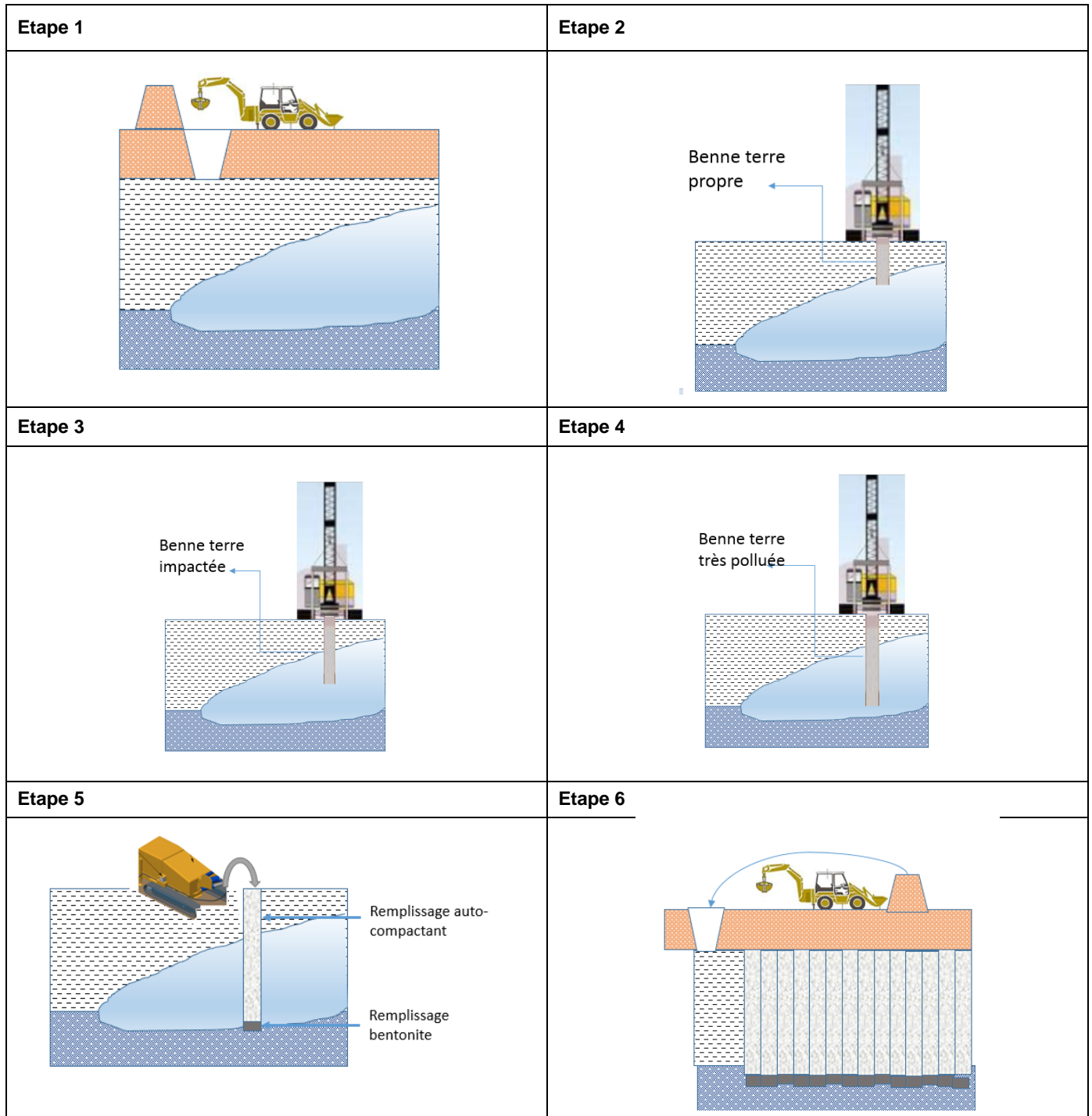



Figure 13 : Réalisation schématique de l'opération de havage


Le calcul des plots de havage et des volumes extraits sont définis en fonction des filières d'élimination, et des matériaux de remblaiement.

7.4.3 Description des techniques retenues pour les eaux souterraines (panache)


7.4.3.1 Description de la technique réduction in-situ – Code Afnor C313c et C316a



Réduction in situ (313 c)



Principe



La réduction in situ consiste à placer le milieu dans des conditions réductrices ou à injecter un réducteur pulvéulent pour dégrader les polluants en composés moins ou non toxiques. Elle concerne la zone saturée et peut être appliquée chimiquement ou biologiquement (voie anaérobie).

Comment ça marche ?

Réaction chimique ou biologique en zone source ou dans un panache de composés dissous (Barrière perméable réactive (BPR)).

La réaction chimique se fait par contact. Le fer de degré d'oxydation "0" dit fer zérovalent est le réducteur le plus utilisé.

La réduction biologique se fait grâce à l'introduction dans le milieu de matière organique "donneuse d'électrons", généralement des huiles, de la mélasse. Elle n'est pas adaptée à la présence de phase libre.


La réduction chimique

C'est une réaction de contact entre le réducteur et le polluant. Cette réaction se déroule en milieu saturé. Elle est de type :

$$C_2Cl_2H_2 + nFe^0 + nH_2O \rightarrow C_2H_2 + nCl^- + nFe^{2+} + nOH^-$$

Parmi les réducteurs, le plus populaire est le fer zérovalent micrométrique. Sa granulométrie est comprise entre 10 et 500 microns. Plus la granulométrie est fine plus il est efficace. Le fer nanovalent peut également être utilisé, ainsi que le fer émulsifié.

Comment on fait ?
Le traitement de zone source par injection ou malaxage de sols



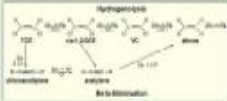
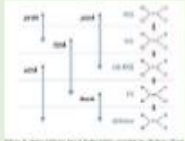
$Fe^0 + R-Cl \rightarrow Fe^{2+} + R-H + Cl^-$

L'injection avec un agent réducteur sous forme dissoute ou en suspension (gel) ou alors via un malaxage de sol se fait en zone saturée. Le principe est d'obtenir un contact intime entre le réducteur et le polluant à réduire. Un plan d'injection doit être élaboré. L'injection peut se faire à faibles pressions pour une imprégnation idéale des sols ou à hautes pressions pour un étalage des sols dans le cas de sols pour lesquels un rayon d'action plus important est recherché.

La réduction biologique

Elle met en œuvre soit :

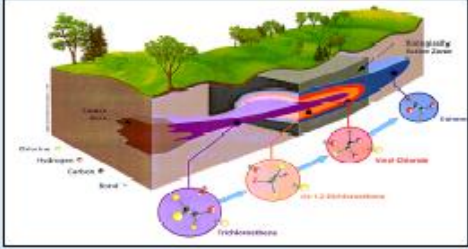
- une déhalogénéation directe pour laquelle une bactérie gagne de l'énergie et se développe sur la base du remplacement d'un atome de chlore par un hydrogène. L'hydrogène provient directement de la fermentation des substrats organiques.
- une déhalogénéation métabolique pour laquelle une enzyme non spécifique réduit le composé chloré lors du métabolisme d'un autre composé dans un environnement réducteur. La bactérie ne gagne pas d'énergie de cette réduction.

Avec quels moyens ?

- foreuse
- puits équipés de tubes à manchettes ou puits d'injection en flûtes de pan ou tranchee remplie avec du fer zérovalent
- centrale de mélange
- unité d'injection
- pour le malaxage, outil de malaxage simple ou double hélice
- piézomètres de contrôle
- pour les murs ou tranchees : exoatrie / trancheuse

Le traitement de panache de dissous en barrière réactive



La barrière perméable réactive peut être constituée par le remplissage d'une tranchee avec des réactifs ou bien une ligne d'injection qui remplit la porosité du sol par un filtre réactif ou crée un moteur de bioréduction en aval de la ligne d'injection. Le flux de polluant traverse un milieu très réducteur (E_v < -400 mV) qui peut réduire le polluant par voie chimique ou un milieu réducteur (< -60 mV) enrichi en matière organique fermentescible.

Avec quels moyens ?

- foreuse
- puits équipés de tubes à manchettes ou puits d'injection en flûtes de pan,
- centrale de mélange
- réducteurs en poudre ou en fluide visqueux
- piézomètres de contrôle

7.4.4 Description des techniques pour les eaux souterraines et les sols

7.4.4.1 Description de la technique venting/sparging – code Afnor C315b et C316c



Venting (C113 a) / bioventing (C315 b)

Principe



Le venting est un procédé de volatilisation des polluants par mise en dépression des terrains et aspiration de l'air des pores; le bioventing est un procédé d'injection /circulation d'air dans le sol contaminé à des débits qui permettent l'augmentation des concentrations et la stimulation de l'activité bactérienne.

Comment ça marche?

Ces deux techniques nécessitent un réseau d'ouvrages d'extraction d'air. Pour le bioventing des ouvrages d'injection d'air doivent être ajoutés. Le venting consiste à appliquer une dépression générant une circulation d'air et la désorption des COV à traiter. Pour le bioventing les débits d'injection doivent être réglés de manière à apporter suffisamment d'oxygène sans créer de circulation d'air turbulente pour ne pas limiter la formation des biofilms. L'air extrait est traité en surface dans des installations fonctionnant en adsorption (charbon actif), dégradation biologique (biofiltre) ou oxydation (catox)

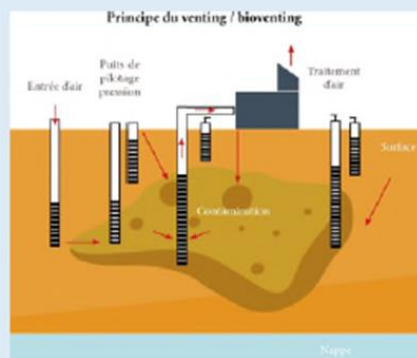
Comment on fait?

Le venting

Pour le venting, la mise en dépression de l'horizon à traiter au sein de la zone non saturée provoque des circulations d'air entre les régions de pressions élevées et de basses pressions. Le fait de réduire la pression dans le puits d'extraction en-dessous de la pression atmosphérique génère une circulation d'air vers le puits. La circulation d'air peut être améliorée par injection d'air dans des régions autour de la zone contaminée. Les niveaux de dépression atteignent généralement qq mbar à qq dizaines de mbar dans le sous-sol et les débits extraits qq m3/h /aiguille.

Le bioventing

Une injection d'air dans les puits dédiés amène l'oxygène aux micro-organismes. Ils utilisent les polluants et les dégradent en composés non dangereux. Au final les produits de réaction seront l'eau et le gaz carbonique. La production de CO2 est suivie pour vérifier le bon déroulement du traitement. Dans le cas contraire le taux d'oxygène et la quantité de nutriments (N,P) doivent être ajustés. Le bioventing permet de dégrader des molécules semi volatiles qui ne seraient pas désorbées par venting



Avec quels moyens?

- Puits d'extraction pour la mise en dépression des sols et aiguilles d'injection d'air ;
- Unité de traitement par mise en dépression
- Un compresseur pour l'injection d'air ;
- Une cuve tampon d'air comprimé ;
- Une armoire de commande avec automate ;
- Une nourrice de distribution avec électrovannes, manodétendeurs, débitmètres, capteurs de pression ;
- Des dessiccateurs / deshumidificateurs d'air ;
- Matériel de mesures et d'acquisition de données : PID, manomètres, débitmètres, détecteur de gaz (O2, CO2).



Mise en place des câbles de puits



Mise en place des réseaux



Sparging (C311 e) / Biosparging (C315 e)



Principe



Technique physique in-situ de volatilisation (sparging) ou biodégradation (biosparging) des composés dissous dans la nappe et gazeux en zone non saturée, par injection de gaz sous pression sous le toit de la nappe (le plus souvent de l'air)

Comment ça marche?

Le gaz injecté en zone saturée entraîne la volatilisation des composés dissous ou adsorbés en les remontant, et les entraîne ainsi en zone vadose (ou non saturée). Le sparging est habituellement couplé à un réseau de venting afin d'extraire les gaz du sol et les envoyer vers une unité de traitement. Le sparging et le biosparging sont souvent associés, car le gaz injecté est généralement de l'air ce qui vient enrichir le milieu en oxygène et stimuler l'activité bactérienne. On parle de biosparging lorsque la biodégradation est plus importante que la volatilisation.




Comment on fait?

Le sparging

Le sparging peut être utilisé pour traiter une zone source ou un panache de pollution. Dans ce cas, les aiguilles d'injection d'air sont disposées perpendiculairement au panache de pollution, pour créer une barrière. Un compresseur envoie de l'air sous pression sur les différents points d'injection, par cycles afin de laisser des temps de repos à la nappe. Les gaz extraits sont ensuite généralement traités par adsorption sur charbon actif, ou dégradés par biofiltre.

Le biosparging

La mise en œuvre du biosparging est similaire à celle du sparging, si ce n'est que le débit d'injection est plus faible, car l'objectif premier n'est pas de volatiliser les composés mais d'oxygéner le milieu afin de stimuler l'activité bactérienne. Des nutriments peuvent être ajoutés en complément. Le suivi de l'efficacité du biosparging se fait par la mesure du CO₂ dans l'air extrait. Les gaz extraits sont traités uniquement si le taux de COV dans l'air est en excès par rapport aux seuils réglementaires.

Le traitement de zone source par sparging / biosparging

Principe sparging / biosparging



Pilote de sparging



Avec quels moyens?

- Aiguilles d'injection orientées sur le dernier mètre en zone saturée ;
- Une unité de sparging comprenant :
 - Un compresseur ;
 - Une cuve tampon d'air comprimé ;
 - Une armoire de commande avec automate ;
 - Une rampe de distribution avec électrovannes, manostat, débitmètres, capteurs de pression ;
 - Des desiccateurs / déshumidificateurs d'air ;
 - Une cuve de nutriments le cas échéant en cas de biosparging ;
- Matériel de mesure et d'acquisition de données : PID, manomètres, débitmètres, détecteur de gaz (O₂, CO₂).

7.4.4.2 Description de la technique d'Oxydation in-situ – code Afnor C311b

Oxydation in situ (C113 b)

Principe

L'oxydation in situ consiste à placer le milieu dans des conditions oxydantes ou à injecter un oxydant puissant pour dégrader les polluants en composés moins ou non toxiques.
 Elle concerne la zone saturée et la zone de battement de nappe.
 L'oxydation chimique permet la décomposition des polluants en composés moins ou non toxiques grâce à l'injection ou au mélange avec des oxydants puissants.

Comment ça marche?
 L'oxydation chimique in situ est une technique de dégradation physico-chimique de polluants organiques par l'action de réactifs oxydants sur les polluants dont le passage de l'état réduit à un état oxydé se traduit par une décomposition partielle voire une minéralisation totale. Cette technique s'adresse aux pollutions organiques présentes en panache dans la ZS ou en zone source dans la ZS ou dans la ZNS. Elle est le plus souvent mise en oeuvre dans la ZS. Les principales variantes de mise en oeuvre de l'oxydation chimique in situ tiennent essentiellement à la nature des réactifs employés. Les principaux oxydants utilisés sont présentés ci-dessous. Des additifs (sulfates de fer, acide citrique) peuvent être injectés préalablement à l'oxydant dans un objectif d'amélioration de l'abattement des concentrations.

Oxydant	espèce réactive	forme	activateur	Persistence	Potentiel eV
Permanganate (Potassium, sodium)	MnO4-	poudre / liquide	sans	>3mois	1,7V
Péroxyde d'hydrogène catalysé	H2O2 / OH- /HO2-/O2- /HO2-	liquide	Fe2/Fe3/sans	<3heures	1,8/2,8/1,7/-2,4/-0,88V
Persulfate de sodium activé / non activé	S2O82- /SO4- /DH- /O2-	poudre / liquide	chaleur, H2O2, pH alcalin	<mois	2,1 / 2,6V
ozone	O3 / OH-	gaz	sans	<heures	3,1/2,8V

Polluants	Oxydants											
	Permanganate						Oxydants					
	#ajout de Fer						#ajout de Fer					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Chlorure d'hydrogène												
Chlorure de fer												
Chlorure de sodium												
Chlorure de potassium												
Chlorure de calcium												
Chlorure de magnésium												
Chlorure d'ammonium												
Chlorure de zinc												
Chlorure de cuivre												
Chlorure de cobalt												
Chlorure de nickel												
Chlorure de manganèse												
Chlorure de cadmium												
Chlorure de baryum												
Chlorure de strontium												
Chlorure de lithium												
Chlorure de potassium												
Chlorure de sodium												
Chlorure de calcium												
Chlorure de magnésium												
Chlorure d'ammonium												
Chlorure de zinc												
Chlorure de cuivre												
Chlorure de cobalt												
Chlorure de nickel												
Chlorure de manganèse												
Chlorure de cadmium												
Chlorure de baryum												
Chlorure de strontium												
Chlorure de lithium												
Chlorure de potassium												
Chlorure de sodium												
Chlorure de calcium												
Chlorure de magnésium												
Chlorure d'ammonium												
Chlorure de zinc												
Chlorure de cuivre												
Chlorure de cobalt												
Chlorure de nickel												
Chlorure de manganèse												
Chlorure de cadmium												
Chlorure de baryum												
Chlorure de strontium												
Chlorure de lithium												
Chlorure de potassium												
Chlorure de sodium												
Chlorure de calcium												
Chlorure de magnésium												
Chlorure d'ammonium												
Chlorure de zinc												
Chlorure de cuivre												
Chlorure de cobalt												
Chlorure de nickel												
Chlorure de manganèse												
Chlorure de cadmium												
Chlorure de baryum												
Chlorure de strontium												
Chlorure de lithium												
Chlorure de potassium												
Chlorure de sodium												
Chlorure de calcium												
Chlorure de magnésium												
Chlorure d'ammonium												
Chlorure de zinc												
Chlorure de cuivre												
Chlorure de cobalt												
Chlorure de nickel												
Chlorure de manganèse												
Chlorure de cadmium												
Chlorure de baryum												
Chlorure de strontium												
Chlorure de lithium												
Chlorure de potassium												
Chlorure de sodium												
Chlorure de calcium												
Chlorure de magnésium												
Chlorure d'ammonium												
Chlorure de zinc												
Chlorure de cuivre												
Chlorure de cobalt												
Chlorure de nickel												
Chlorure de manganèse												
Chlorure de cadmium												
Chlorure de baryum												
Chlorure de strontium												
Chlorure de lithium												
Chlorure de potassium												
Chlorure de sodium												
Chlorure de calcium												
Chlorure de magnésium												
Chlorure d'ammonium												
Chlorure de zinc												
Chlorure de cuivre												
Chlorure de cobalt												
Chlorure de nickel												
Chlorure de manganèse												
Chlorure de cadmium												
Chlorure de baryum												
Chlorure de strontium												
Chlorure de lithium												
Chlorure de potassium												
Chlorure de sodium												
Chlorure de calcium												
Chlorure de magnésium												
Chlorure d'ammonium												
Chlorure de zinc												
Chlorure de cuivre												
Chlorure de cobalt												
Chlorure de nickel												
Chlorure de manganèse												
Chlorure de cadmium												
Chlorure de baryum												
Chlorure de strontium												
Chlorure de lithium												
Chlorure de potassium												
Chlorure de sodium												
Chlorure de calcium												
Chlorure de magnésium												
Chlorure d'ammonium												
Chlorure de zinc												
Chlorure de cuivre												
Chlorure de cobalt												
Chlorure de nickel												
Chlorure de manganèse												
Chlorure de cadmium												
Chlorure de baryum												
Chlorure de strontium												
Chlorure de lithium												
Chlorure de potassium												
Chlorure de sodium												
Chlorure de calcium												
Chlorure de magnésium												
Chlorure d'ammonium												
Chlorure de zinc												
Chlorure de cuivre												
Chlorure de cobalt												
Chlorure de nickel												
Chlorure de manganèse												
Chlorure de cadmium												
Chlorure de baryum												
Chlorure de strontium												
Chlorure de lithium												
Chlorure de potassium												
Chlorure de sodium												
Chlorure de calcium												
Chlorure de magnésium												
Chlorure d'ammonium												
Chlorure de zinc												
Chlorure de cuivre												
Chlorure de cobalt												
Chlorure de nickel												
Chlorure de manganèse												
Chlorure de cadmium												
Chlorure de baryum												
Chlorure de strontium												
Chlorure de lithium												
Chlorure de potassium												
Chlorure de sodium												
Chlorure de calcium												
Chlorure de magnésium												
Chlorure d'ammonium												
Chlorure de zinc												
Chlorure de cuivre												
Chlorure de cobalt												
Chlorure de nickel												
Chlorure de manganèse												
Chlorure de cadmium												
Chlorure de baryum												
Chlorure de strontium												
Chlorure de lithium												
Chlorure de potassium												
Chlorure de sodium			</									

Tableau 7 : Critères et pondération retenus pour le bilan coûts / avantages des scénarios de gestion

Famille de critères	Pondération	Critères	Descriptif du critère
Critères économiques	5	Coût de traitement	Spécifique au traitement retenu
		Surveillance	Suivi lors des travaux ou post travaux
		Travaux annexes	Travaux nécessaires pour la mise en œuvre du traitement (blindage, création d'ouvrages pour du traitement in-situ ou d'aires dédiées pour du traitement sur site)
		Etudes complémentaires	Acquisition de données pour conforter le traitement, réalisation de dossier de demande de servitude
Durée	5	Durée du traitement	Durée de traitement hors surveillance
Critères techniques	5	Fiabilité	Robustesse de la technique, antériorité de son utilisation
		Atteinte des objectifs	Efficacité du traitement
Critères socio-politiques	3	Acceptabilité sociale	Incidence des travaux sur la qualité des milieux (eaux souterraines, superficielles, sols, gaz du sol et air atmosphérique) Incidence des travaux sur la qualité de vie des riverains et sur leurs activités
Nuisances aux tiers	4	Nuisances vis-à-vis des riverains	Bruit, envol de poussières, trafic routier
Critères environnementaux	3	Emissions des gaz à effet de serre	Trafic routier, consommation énergétique du traitement
Critères juridiques et réglementaires	3	Impact sur le projet : Contraintes résiduelles (restrictions d'usage, surveillance)	Selon le traitement qui sera mis en place, des impacts résiduels pourront être présents dans les sols et les eaux souterraines. La responsabilité à long terme du MOA concernant cette pollution résiduelle est-elle compatible avec le devenir du site (propriété, usage, réalisation de suivis).

7.6 Bilan coûts-avantages des scénarios de gestion

A ce stade de l'étude, 3 scénarios de gestion sont identifiés :

- **Scénario 1** : Excavation et traitement hors site couplée à une barrière perméable réactive (réduction chimique in-situ du panache)
- **Scénario 2** : Oxydation in-situ
- **Scénario 3** : Venting/sparging

Pour chaque scénario envisagé, une note est attribuée pour chacun des critères définis au chapitre 7.5, la somme des notes conduit à une note globale du scénario.

Le tableau et le graphe suivants présentent les résultats du bilan coûts-avantages. Les détails des calculs sont fournis en annexe 2.

	Critère économique	Délai	Critère technique	Critère socio-politique	Critère environnemental	Critère juridique	Nuisances tiers	TOTAL
Pondération	5	5	5	3	3	1	4	
Scénario 1 : Traitement de zone source par excavation + réduction	10	20	15	9	3	2	8	67
Scénario 2 : Oxydation	5	15	10	3	6	2	2	43
Scénario 3 : venting /sparing	10	5	10	0	6	2	0	33

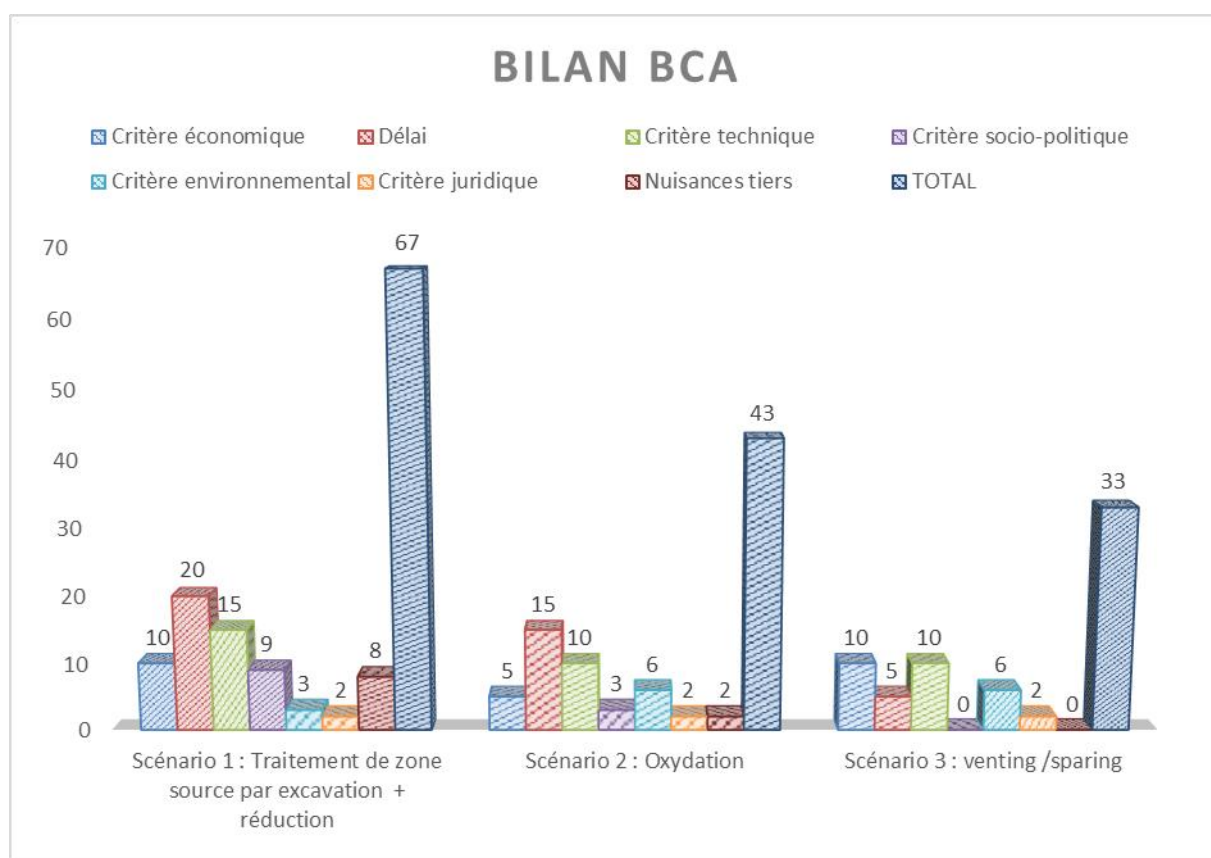


Figure 14 : Synthèse du bilan coût avantage pour les 3 scénarios retenus

Le scénario 1 par rapport au 2 et 3 est mieux noté en raison essentiellement des critères techniques permettant une efficacité garantie dans un délai court et en limitant les nuisances aux tiers.

Le scénario 1 peut être réalisé selon deux méthodes :

- Méthode 1 : excavation à la pelle mécanique sous tente couplée à la réduction chimique,
- Méthode 2 : excavation à la bucket couplée à la réduction chimique.

Il est important de rappeler ici que le plan de gestion est un outil d'aide à la décision pour le maître d'ouvrage et qu'il n'a pas vocation à être conclusif quant au scénario de gestion à mettre en place. La décision finale, son application et les responsabilités qui en découlent reviennent au maître d'ouvrage.

Les techniques de traitement d'oxydation et de venting/ sparging ne sont pas retenues (et non décrites dans les paragraphes suivants) pour les raisons suivantes :

- Oxydation in-situ : risque de formation de sous-produits toxiques dans un contexte géologique fracturé et milieu urbain proche,
- Venting / sparging : durée de traitement long, difficilement applicable en milieu urbain et en contexte géologique fracturé.

7.7 Elaboration des scénarios de gestion envisageables pour le site

Compte tenu des stratégies de gestion énoncées au §7.4, des objectifs de traitement indiqués au §7.3, des impacts sur et hors site et des contraintes liées à l'aménagement, BURGEAP propose pour la gestion du site de Grand Frais :

- **Scénario 1 : méthode 1** : Excavation à la pelle mécanique sous tente et traitement hors site couplée à de la réduction chimique in-situ,
- **Scénario 1 : méthode 2** : Excavation des terres à la bucket et traitement hors site couplée à de la réduction chimique in-situ.

7.8 Descriptif des scénarios de gestion

7.8.1 Scénario 1 : méthode 1 : Excavation des sols à la pelle mécanique sous tente et élimination hors site et traitement du panache par réduction chimique

Les principes de la technique de traitement associée à ce scénario sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8 : Descriptif du scénario 1 méthode 1

	Descriptif du scénario
Principe du scénario 1 méthode 1	Excavation des sols impactés (4 m maximum) au droit du pressing représentant une surface d'environ 350 m ² couplé à une barrière perméable réactive (traitement par réduction chimique in-situ)
Volumes et localisation des zones	L'entreprise de travaux retenue devra établir un plan de terrassement sur la base des cotes précises en X, Y et Z de la source. Les surfaces, volumes et filières d'élimination des terres concernées sont synthétisés dans le tableau 5.
Seuils de réception du traitement	Des analyses de bords et fonds de fouille devront être réalisées à l'atteinte de la cote projet afin de s'assurer du respect des seuils de réhabilitation pris en compte (seuils de coupure : 350 mg/kg pour le PCE).
Pré-dimensionnement du traitement	<u>Traitement:</u> L'objectif est de traiter les 1400 m ³ de terres impactées constituant les zones sources de pollution identifiées. Compte tenu de la présence d'habitations aux voisinages du site, les travaux d'excavation se feront sous tente afin de limiter un potentiel dégazage et l'envol de poussières. De plus, au vu des profondeurs, un terrassement sous talutage est envisagé avec un rabattement de la nappe en fond de fouille. Un barrière perméable réactive d'un volume d'environ 75 m ³ (traitement du panache par réduction chimique in-situ) sera mise en place le long du site à l'ouest et à l'aval et sera constituée par le remplissage d'une tranchée avec du massif filtrant (sable siliceux de granulométrie 2/4 mm) et d'un réactif (grenaille de fer de granulométrie 1 mm incorporé à 15% en masse dans le sable).
	<u>Transport et élimination des terres en centre adapté</u> Les centres d'acceptation pressentis sont l'incinérateur, le biocentre ou ISDD. Au moment de la consultation des entreprises de travaux, des échantillons de sols représentatifs de la zone à traiter devront être constitués et analysés pour que les entreprises puissent obtenir une acceptation (CAP : certificat d'acceptation préalable) avec la remise de leur offre. Le transport devra se faire en camions bâchés, bennes étanches.
	<u>Traitement des eaux en fond de fouille et contrôle des rejets</u> Afin de permettre la réalisation des opérations de terrassement, un pompage des eaux souterraines devra être effectué dans la fouille. Les eaux pompées feront l'objet d'un traitement sur une unité mobile (décanteur + filtre à charbon actif) afin d'abattre les concentrations en COHV. Les caractéristiques du pompage à mettre en place (débit, volume rejeté) dépendront de la superficie, de la profondeur de la fouille et de la perméabilité des terrains. Ces caractéristiques devront être étudiées en phase projet ou dans le plan de conception des travaux. <u>Traitement d'une potentielle phase pure lors des travaux</u> mise en place d'une unité de pompage pour le produit pur à faible débit, d'une unité de traitement (décanteur + filtre à charbon).
	<u>Remblaiement :</u> Les caractéristiques du remblaiement outre la barrière perméable réactive : type de matériaux, procédé de mise en place, compactage, essais et tests seront à la charge d'un bureau d'études géotechnique afin d'assurer le fondement du futur parking dans le respect des normes existantes. Néanmoins la qualité chimique des matériaux devra respecter les conditions suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • concentration en métaux dans la gamme de bruit de fond défini par l'INRA, • COHV-BTEX, naphthalène < à la limite de quantification.
Délai	Ce type de traitement est rapide. Pour 1400 m ³ de terres à excaver (maximum estimé), l'ordre de grandeur est de 6 à 9 mois.
Mesures constructives	Protection des usagers en extérieur : sols recouverts en surface Protection des réseaux AEP : les réseaux AEP devront être en matériaux anti-perméation
Surveillance	<u>Réception des travaux :</u> prélèvements des sols et analyses de réception en bord et fond de fouille : COHV MACAOH prélèvements des eaux souterraines en fond de fouille : COHV MACAOH
Restrictions d'usage	Conformément au "guide de mise en œuvre des restrictions d'usage applicables aux sites et sols pollués", l'outil à privilégier pour instaurer les restrictions d'usage est la servitude d'utilité publique.
Coût	voir tableau ci-dessous

Les couts détaillés dans le tableau suivant sont issus de consultations de filières d'élimination.

Tableau 9 : Estimation des coûts de traitement de la source concentrée PCE par excavation à la pelle mécanique et traitement hors site couplé à de la réduction chimique in-situ

Poste	Quantité			Unité	Prix U €HT	Prix k€HT		
Gestion de la source concentrée par excavation sous tente et élimination en centre autorisé (jusqu'à 4 m)								
Plan de terrassement / préparation, Installations de chantier / repli	1	à	1	forfait	30 000	30 000	à	30 000
Mise en place d'une tente de confinement (y compris aménagement, installation, traitement de l'air)	1	à	1	forfait	72 000	72 000	à	72 000
Terrassement des terres à la pelle mécanique (hyp 350 m ² x 4)	1400	à	1400	m3	8	11 200	à	11 200
Pompage et traitement des eaux de fond de fouille	1	à	1	forfait	10 000	10 000	à	10 000
Transport/Élimination en ISDD / biocentre	2020	à	1620	t	175	353 500	à	283 500
Transport / Élimination en incinération (pas de seuil COHV)	500	à	900	t	585	292 500	à	526 500
Remblaiement	1325	à	1325	m3	6	7 950	à	7 950
Fourniture des matériaux de remblai	1325	à	1325	m3	12	15 900	à	15 900
Gestion de la phase pure en phase chantier	1	à	1	forfait	11 000	11 000	à	11 000
Suivi de l'air ambiant en phase chantier (à préciser)	2	à	2	mois	2 300	4 600	à	4 600
Mise en œuvre des mesures de gestion nécessaires à la santé et la sécurité des travailleurs et des riverains	1	à	1	forfait	21 500	21 500	à	21 500
<i>sous-total</i>						830 150	à	994 150
Gestion de la source concentrée par réduction chimique								
Fourniture et préparation et mélange du massif filtrant (sable siliceux de granulométrie 2/4 mm) et du réactif (grenaille de fer de granulométrie 1 mm incorporé à 15% en masse dans le	75	à	75	m3	700	52 500	à	52 500
<i>sous-total</i>						52 500	à	52 500
TOTAL gestion source concentrée						882 650		1 046 650
Ingénierie des travaux								
Ingénierie, MOE, contrôles extérieurs	20			%	-	176 530	à	209 330
TOTAL gestion source concentrée						1 059 180	à	1 255 980
TOTAL y compris alea de 20 %						1 271 016	à	1 507 176

Le budget global est estimé entre 1 059 et 1 255 k€ selon le niveau d'excavation considéré et les filières de traitement choisies. En considérant un aléa de 20 %, le montant maximal est estimé à 1 507 k€ HT.

7.8.2 Scénario 1 : méthode 2 : Excavation des sols à la bucket et élimination hors site et traitement du panache par réduction chimique

Les principes de la technique de traitement associée à ce scénario sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10 : Descriptif du scénario 1 méthode 2

	Descriptif du scénario
Principe du scénario 1 méthode 2	Excavation à la bucket des sols impactés (4 m maximum) au droit de la zone du pressing représentant une surface d'environ 350 m ² couplé à traitement de réduction chimique
Volumes et localisation des zones	Les surfaces, volumes et filières d'élimination des terres concernées sont synthétisés dans le tableau 5 .
Seuils de réception du traitement	Des analyses de bords et fonds d'ouvrages devront être réalisées à l'atteinte de la cote projet afin de s'assurer du respect des seuils de réhabilitation pris en compte (seuils de coupure : 350 mg/kg pour le PCE).
Pré-dimensionnement du traitement	<u>Traitement:</u> L'objectif est de traiter les 1400 m ³ de terres impactées constituant les zones sources de pollution identifiées. les excavations par substitution en forage gros diamètre des terres polluées seront réalisées selon la méthode dite tubé/foré à l'aide d'un outil court dit bucket. Le terrassement se fera jusqu'à la cote indiquée à l'aide de la bucket, puis déchargement des matériaux contenus dans la bucket dans une benne positionnée à côté de la foreuse pour transfert des terres polluées vers la filière choisie. Le tubage de la fouille se fait à l'avancement. Un barrière perméable réactive d'un volume d'environ 75 m ³ (traitement du panache par réduction chimique in-situ) sera mise en place le long de la zone source à l'ouest et à l'aval et sera constituée par le remplissage d'une tranchée avec du massif filtrant (sable siliceux de granulométrie 2/4 mm) et d'un réactif (grenaille de fer de granulométrie 1 mm incorporé à 15% en masse dans le sable).
	<u>Transport et élimination des terres en centre adapté</u> Les centres d'acceptation pressentis sont l'incinérateur, le biocentre ou ISDD. Au moment de la consultation des entreprises de travaux, des échantillons de sols représentatifs de la zone à traiter devront être constitués et analysés pour que les entreprises puissent obtenir une acceptation (CAP : certificat d'acceptation préalable) avec la remise de leur offre. Le transport devra se faire en camions bâchés, bennes étanches.
	<u>Traitement d'une potentielle phase pure lors des travaux</u> mise en place d'une unité de pompage pour le produit pur à faible débit, d'une unité de traitement (décanteur + filtre à charbon).
	<u>Remblaiement :</u> Les caractéristiques du remblaiement outre la barrière perméable réactive : remblaiement à l'aide des matériaux granulaires autocompactants. Néanmoins la qualité chimique des matériaux devra respecter les conditions suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • concentration en métaux dans la gamme de bruit de fond défini par l'INRA, • COHV-BTEX, naphthalène < à la limite de quantification.
Délai	Ce type de traitement est rapide. Pour 1400 m ³ de terres à excaver (maximum estimé), l'ordre de grandeur est de 3 à 6 mois.
Mesures constructives	Protection des usagers en extérieur : sols recouverts en surface Protection des réseaux AEP : les réseaux AEP devront être en matériaux anti-perméation
Surveillance	<u>Réception des travaux :</u> prélèvements des sols et analyses de réception en fond de fouille : COHV MACAOH prélèvements des eaux souterraines en fond de fouille : COHV MACAOH
Restrictions d'usage	Conformément au "guide de mise en œuvre des restrictions d'usage applicables aux sites et sols pollués", l'outil à privilégier pour instaurer les restrictions d'usage est la servitude d'utilité publique.
Coût	voir tableau ci-dessous

Les couts détaillés dans le tableau suivant, sont issus d'un chantier récent réalisé dans la région Haute Garonne et de consultations de filières d'élimination.

Tableau 11 : Estimation des coûts de traitement de la source concentrée PCE par excavation à la bucket et évacuation hors site et traitement du panache

Poste	Quantité			Unité	Prix U€HT	Prix k€HT		
Gestion de la source concentrée par excavation à la bucket et élimination en centre autorisé (jusqu'à 4 m)								
Plan de terrassement / préparation, Installation de chantier / repli	1	à	1	forfait	30 000	30 000	à	30 000
Terrassement des terres à la bucket	1 400	à	1 400	m3	345	483 000	à	483 000
Remblayage des buckets	1 400	à	1 400	m3	64	89 600	à	89 600
Fourniture des matériaux de remblai	1 325	à	1 325	m3	12	15 900	à	15 900
Transport/Élimination en ISDD / biocentre (seuil COHV 15 000 mg/kg)	2 020	à	1 620	t	175	353 500	à	283 500
Transport / Élimination en incinération (pas de seuil COHV)	500	à	900	t	585	292 500	à	526 500
Gestion de la phase pure en phase chantier	1	à	1	forfait	11 000	11 000	à	11 000
Suivi de l'air ambiant en phase chantier (à préciser)	2	à	2	mois	1 600	3 200	à	3 200
Mise en œuvre des mesures de gestion nécessaires à la santé et la sécurité des travailleurs et des riverains	1	à	1	forfait	14 400	14 400	à	14 400
<i>sous-total</i>						1 293 100	à	1 457 100
Gestion de la source concentrée par réduction chimique								
Fourniture et préparation et mélange du massif filtrant (sable siliceux de granulométrie 2/4 mm) et du réactif (grenaille de fer de granulométrie 1 mm incorporé à 15% en masse dans le sable)	75	à	75	m3	700	52 500	à	52 500
<i>sous-total</i>						52 500	à	52 500
TOTAL gestion source concentrée						1 345 600	à	1 509 600
Ingénierie des travaux								
Ingénierie, MOE, contrôles extérieurs	20			%	-	269 120	à	301 920
TOTAL gestion source concentrée						1 614 720	à	1 811 520
TOTAL y compris alea de 20 %						1 937 664	à	2 173 824

7.8.3 Préconisations spécifiques aux travaux de traitement

Les préconisations spécifiques décrites ci-après sont valables pour l'ensemble des techniques de traitement retenues.

7.8.3.1 Contrôle des travaux

Conformément aux prescriptions de la méthodologie nationale, les travaux de traitement des sols impactés pourront être contrôlés par un organisme extérieur (assistant à maître d'ouvrage ou maître d'œuvre par exemple).

Un suivi de la qualité des sols, des eaux souterraines et des gaz du sol sera mis en place au cours des travaux de traitement afin de vérifier le bon déroulement des techniques de traitement employées.

BURGEAP recommande notamment la réalisation des contrôles suivants en phase chantier :

- prélèvements de réception des excavations en fond et bords de fouilles ;
- contrôles de réception des terres de remblaiement (inertes chimiquement) ;
- suivi de la qualité des eaux souterraines.

7.8.3.2 Mesures de protection des travailleurs

Des équipements de protection collective et individuelle adaptés aux polluants en présence devront être mis en œuvre pour réduire autant que possible le contact avec les sols et les polluants dispersés dans l'air et assurer la protection des travailleurs et de toute personne susceptible d'être exposée.

Le personnel effectuant les travaux doit être informé des risques encourus, équipé de moyens de protection individuelle appropriés et formé à leur utilisation.

Par ailleurs, devront être effectifs :

- l'interdiction de fumer ;
- la prise de repas à l'extérieur du site ou dans une base vie ;
- l'humidification des terres pour limiter l'envol des poussières ;
- l'installation de vestiaires et sanitaires à l'usage du personnel sur le chantier.

Concernant les possibles émanations de COHV en cas de travaux d'excavation, BURGEAP conseille la mise en place d'une tente et de surveiller les concentrations dans l'air atmosphérique à l'aide d'une balise PID installée à proximité de la fouille. Ces mesures seront intégrées au CCTP.

En outre, les travaux devront respecter strictement les différentes réglementations ainsi que les guides les concernant, notamment :

- toutes les réglementations concernant la sécurité ;
- tous les textes relatifs à l'hygiène et à la sécurité sur les chantiers, à la protection de l'environnement, aux limitations des bruits de chantier ;
- guide INRS/ADEME « Hygiène et sécurité sur les chantiers de réhabilitation de sites pollués » ;
- guide INRS/ADEME « Protection des travailleurs sur les chantiers de réhabilitation de sites pollués » ;
- guide OPPBTP « Intervention sur les sols pollués - Prévention du risque chimique ».

7.8.3.3 Limitation des nuisances

Les techniques utilisées par les entreprises devront permettre de garantir une maîtrise des risques sanitaires pour les opérateurs et toute émission. Elles devront s'attacher à générer le moins de nuisances possibles ou de façon ponctuelle compte tenu du contexte du site (habitations avoisinantes).

A noter le risque de nuisances olfactives liées aux COHV dans les sols du site est probable mais sera limité soit par la mise en place d'une tente de confinement soit par la technique même du bucket.

7.8.3.4 Récolement

A l'issue des travaux de traitement, un dossier de récolement devra être rédigé.

Il comprendra, à minima, les éléments suivants :

- un descriptif des moyens mis en place, des travaux réalisés et de leurs modes d'exécution ;
- le programme des travaux et du calendrier réel d'exécution ;
- le bilan des traitements et évacuation/valorisation avec le nombre de transport par camion, les CAP, les BSD et les bons de pesée ou bons de sortie et bons d'arrivées des camions correspondants, ainsi que les tableaux de suivi des quantités correspondants ;
- les résultats des essais de contrôle justifiant de la bonne réalisation des travaux et de l'atteinte des objectifs ;
- les levés topographiques ;
- un dossier photographique ;

- les résultats du suivi environnemental.

8. Analyse des Risques Résiduels (ARR)

Les quotients de danger et excès de risques individuels liés aux différentes expositions ont été calculés à partir des valeurs toxicologiques et des niveaux d'exposition estimés. La méthodologie adoptée est celle préconisée par les circulaires ministérielles de février reprise dans les textes d'avril 2017. L'évaluation du risque concerne l'ensemble des substances pour lesquelles on a considéré ici l'additivité des risques.

Les hypothèses prises pour réaliser cette ARR sont :

- **Enjeux à protéger** : usagers futurs au droit du parking (travailleurs adultes et adultes/enfants de passage)
- **Voies d'expositions (depuis les gaz des sols)** : inhalation de composés volatils

Les hypothèses retenues pour la réalisation des calculs de transferts des gaz des sols vers l'air intérieur et l'air extérieur, sont rappelées dans les tableaux ci-après.

Tableau 12 : Paramètres retenus liés au sol

Lithologie sous le bâtiment	Unités	Horizon1	Sources de données
Nature lithologique	m	Limons sableux	Données de terrain
Epaisseur	m	0.1	Hypothèse réaliste : volatilité élevée des substances considérées et des paramètres de sols plutôt favorables au transfert de vapeur
Porosité	-	25%	Utilisé au niveau de la source et pour les transferts
Teneur en eau	-	15%	Utilisé au niveau de la source et pour les transferts
Perméabilité	m ²	1.00E-12	Donnée bibliographique
foc	-	0.7%	Utilisé uniquement au niveau de la source pour le calcul des concentrations dans les gaz du sol le cas échéant
Masse volumique du sol	kg/l	1.80	Utilisé uniquement au niveau de la source pour le calcul des concentrations dans les gaz du sol le cas échéant

Profondeur de la pollution	Unités	Valeurs	Sources de données
Profondeur du toit de la source en ZNS sous le bâtiment (sous la dalle la plus basse ou sous le VS)	m	0.1	Hypothèse réaliste : volatilité élevée des substances considérées et des paramètres de sols plutôt favorables au transfert de vapeur

Tableau 13 : Paramètres retenus liés aux scénarii d'aménagements

J&E (1991)			
Paramètres nécessaires pour l'utilisation du modèle de J&E (1991)	Unités	Valeurs	Sources de données
Périmètre	m	11	Approche sécuritaire : Périmètre de plus petite pièce considérée
Différence de pression entre l'air intérieur et extérieur (dP)	Pa	4.00	Valeur par défaut
Epaisseur de la dalle (Lcrack = Zcrack en l'absence de sous-sol)	m	0.15	Donnée donneur d'ordre
Taux de fissuration de la dalle du bâtiment (A crack en périphérie)	(-)	2.E-04	Valeur par défaut

Bakker (RIVM, 2008)			
Paramètres nécessaires pour l'utilisation du modèle Bakker (2008)	Unités	Valeurs	Sources de données
Différence de pression entre l'air intérieur et extérieur (dP)	Pa	2.00	Valeur par défaut
Épaisseur de la dalle du rez de chaussée	m	0.15	Donnée donneur d'ordre
Perméabilité à l'air de la dalle du rez de chaussée	m ²	2.0E-13	Valeur par défaut de Bakker et al., 2008 pour une dalle de bonne qualité
Porosité de la dalle béton du rez de chaussée	-	0.12	Valeur par défaut
Teneur en gaz du béton du rez de chaussée	-	0.05	Valeur par défaut
Teneur en eau du béton du rez de chaussée	-	0.07	Valeur par défaut

Paramètres de sol génériques	Unités	Valeurs	Sources de données / Commentaires
Température de référence des sols (proche bâtiment)	°C	15	Utilisée pour calculer les perméabilités à cette température de référence. NB : Paramètre peu sensible
Viscosité dynamique	(g/cm/s)	1.8.E-04	Viscosité à la température de référence utilisée pour calculer les perméabilités. (Ne pas modifier)
Viscosité dynamique	(Pa.h)	4.9.E-09	Viscosité à la température de référence utilisée pour calculer les perméabilités. (Ne pas modifier)

Géométrie et Ventilation du bâtiment	Unités	Valeurs	Sources de données
Surface	m ²	7	Donnée donneur d'ordre
Hauteur	m	2.5	Donnée donneur d'ordre
Renouvellement d'air	/h	1	Donnée donneur d'ordre : standard ERP Approche sécuritaire pour une pièce de 17,5 m ³ : pour les bureaux et locaux sans travail physique, débit minimum de 25 m ³ /h/personne

Dilution par le vent	Unités	Valeurs	Sources de données
Hauteur de la zone de mélange (adulte)	m	1.5	Hauteur des voies respiratoires des cibles (1,5m pour les adultes)
Longueur de la zone de mélange	m	120	Plus grande distance en extérieur entre l'entrée du parking et la zone de retournement des camions (approche sécuritaire)
Vitesse moyenne de vent	m/s	2.0	Valeur contraignante

Recouvrement de surface	Unités	Valeurs	Sources de données
Nature du recouvrement	-	Enrobé	Blanc et al. (2012) retiennent pour l'enrobé extérieur (parking) une porosité de 3% et une teneur en eau nulle
Porosité	-	0.03	Donnée bibliographique
Teneur en eau	-	0.00	Donnée bibliographique
Épaisseur	m	0.15	Donnée du donneur d'ordre

► Concentrations dans l'air intérieur et extérieur

Le tableau ci-après présente les concentrations estimées en air intérieur et extérieur.

Tableau 14 : Concentrations en air intérieur et extérieur

Substances	Concentrations calculées dans l'air intérieur						Concentrations calculées dans l'air extérieur		
	AIR EXTERIEUR			AIR INTERIEUR			J&E	Bakker	Avec recouvrement
	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)			Adultes
	Bruit de fond (source OQAI (P90) ou INERIS,2009 (urbain))	Valeurs réglementaires - décret n° 2010-1250 (valeur limite/valeur cible)	Valeurs guide OMS	Bruit de fond logement (P90 - source OQAI)	Valeur réglementaire Décret n° 2011-1727	VGAI ANSES , VRAI HCSP, INDEX, VG OMS	Air intérieur des lieux de vie (µg/m ³)	Air intérieur des lieux de vie (µg/m ³)	Air extérieur (µg/m ³)
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES									
benzène	2.2	5	1.7	5.7	2	2	8.63E-06	9.61E-06	1.19E-07
toluène	9	-	-	46.9	-	20 000	3.44E-05	3.82E-05	1.65E-06
ethylbenzène	2.1	-	-	7.5	-	1 500	2.73E-06	2.91E-06	3.05E-07
M+p-Xylène	5.6	-	-	22	-	200	8.00E-06	8.42E-06	1.33E-06
o-Xylène	2.3	-	-	8.1	-	200	5.73E-06	6.36E-06	1.06E-06
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH									
Aliphatic nC>5-nC6	-	-	-	-	-	-	3.04E-05	3.54E-05	3.79E-06
Aliphatic nC>6-nC8	-	-	-	-	-	-	1.82E-04	2.12E-04	7.17E-06
Aliphatic nC>8-nC10	-	-	-	-	-	-	5.55E-04	6.45E-04	8.90E-05
Aliphatic nC>10-nC12	9.8	-	-	62.7	-	-	8.95E-05	1.04E-04	5.56E-05
Aliphatic nC>12-nC16	-	-	-	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	7.17E-06
Aromatic nC>8-nC10	-	-	-	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	7.85E-06
Aromatic nC>10-nC12	-	-	-	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-06
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS									
tétrachloroéthylène (PCE)	2.4	-	250	5.2	-	250	9.18E-04	9.71E-04	6.81E-03
trichloroéthylène (TCE)	1.6	-	23	3.3	-	10	8.34E-05	9.01E-05	4.42E-04
dichloroéthylène (cis 1,2-DCE)	-	-	-	-	-	-	2.71E-05	2.89E-05	2.46E-04
dichloroéthylène (trans 1,2-DCE)	-	-	-	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	2.49E-06
1,1 dichloroéthylène (1,1 DCE)	-	-	-	-	-	-	4.63E-05	5.19E-05	1.71E-05
chlorure de vinyle (VC)	-	-	10	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	2.87E-07
1,1,2 trichloroéthane	-	-	-	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	1.06E-07
1,1,1 trichloroéthane	-	-	-	-	-	-	1.11E-05	1.19E-05	6.23E-06
1,1 dichloroéthane	-	-	-	-	-	-	8.17E-06	8.70E-06	4.12E-06
chloroforme (TCmA)	-	-	-	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	1.97E-06
dichlorométhane	-	-	-	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	4.11E-07

Au regard des concentrations calculées dans l'air intérieur et l'air extérieur (à partir des teneurs mesurées dans les gaz du sol), il n'est pas observé de dépassement des valeurs guides et réglementaires, ou de bruit de fond.

En l'absence de dépassement des valeurs de référence (valeur guide ou valeur réglementaire), et ceci indépendamment des temps d'exposition, aucune incompatibilité du milieu avec les usages n'est mise en évidence à ce stade. Les indices de risques restent toutefois à évaluer en fonction des temps d'exposition de chaque cible.

Par ailleurs, il est à noter que les teneurs modélisées en extérieur en PCE, TCE et cis-1,2- DCE, sont supérieures à celles modélisées en intérieur. De plus, les paramètres trans-1,2-DCE, 1,1-DCE, VC TCmA et dichloroéthane ont été mesurés exclusivement en extérieur.

En outre l'ARR a permis de valider le seuil de coupure de 360 mg/kg en PCE au droit du futur parking.

Dans le cadre de la mission qui a été confiée à BURGEAP par la SCI GFDI 110, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués.

Ainsi, l'état environnemental du site est compatible avec l'usage prévu et selon le projet d'aménagement dont la configuration future présente un bâtiment et un parking, respectivement en parties Nord et Sud du site (selon le plan du Maître d'ouvrage daté du 02/12/2020).

Soulignons que les conclusions sur la compatibilité de l'état des milieux avec l'usage futur ne sont valables que dans le cadre de la réhabilitation du site étudié (la compatibilité entre la qualité de la nappe et les usages existants hors site ne peut être conclue, des investigations hors site sont nécessaire ainsi que la réalisation d'une IEM), et doivent prévoir notamment :

- le recouvrement pérenne et systématique des sols en place, par un dallage (enrobé ou dalle bétonnée) ou de la terre saine de 0,3 m d'épaisseur minimum, afin de supprimer tout contact direct avec les futurs usagers ;
- l'usage de canalisations spécifiques d'alimentation d'eau potable (multicouche antiperméation et avec des joints renforcées).

De plus, au vu de la variabilité saisonnière des concentrations dans l'air des sols, BURGEAP recommande également de réaliser une seconde campagne de mesures avant travaux ou une fois le projet construit.

Enfin, l'ARR devra être mise à jour en cas de tout changement sur les projets d'aménagement.

Le rapport est présenté en **Annexe 3**.

9. Synthèse et recommandations

9.1 Synthèse

► Objectif

Dans le cadre de la construction d'un magasin Grand Frais et d'une boulangerie Marie BLACHERE à Malemort-sur-Corrèze (19), la société SCI GFDI 110 a missionné BURGEAP pour la réalisation d'un diagnostic complémentaire du milieu souterrain et d'un plan de gestion, objet de ce rapport. Le site est actuellement composé :

- Au nord : d'un terrain enherbé qui accueillait historiquement une fonderie et une entreprise de mécanique générale,
- Au sud : d'un pressing dont l'activité a cessé en 2018.

En juillet 2020, BURGEAP a réalisé un diagnostic initial du milieu souterrain qui a fait l'objet d'un rapport référencé RESISO11322-01. L'étude a mis en évidence la présence d'une zone concentrée en COHV dans les sols au droit de l'actuel pressing et d'un impact dans les eaux souterraines en COHV au droit du site et potentiellement en aval du site. Les investigations complémentaires réalisées en octobre 2020 ont eu comme objectif de délimiter la zone source en PCE et de vérifier l'étendu du panache en PCE dans les eaux souterraines en limite du site.

► Qualité des milieux

Les investigations sur les matrices sols, eaux souterraines et gaz des sols ont mis en évidence :

- Une zone source concentrée en PCE dans les sols jusqu'à une profondeur moyenne estimée à 4 m en lien avec l'ancienne activité du site (pressing utilisant du perchloroéthylène). La surface de la zone source est estimée à 350 m²,
- Au vu des teneurs dans les sols en PCE, une potentielle phase pure mobile ou non peut être observée,
- Un panache en COHV dans les eaux souterraines avec un potentiel impact hors-site,
- Un impact en COHV dans les gaz des sols,
- Les principaux impacts se situent au droit des futurs parkings.

La prise en compte de l'ensemble des données sur la zone permet de définir des seuils de réhabilitation sur les sols et mettre en évidence une zone source concentrée nécessitant la mise en œuvre d'une solution de gestion :

Zone	Surface impactée (m ²)	Epaisseur impactée (m)	Volume impacté (m ³)	Seuil de réhabilitation dans les terrains meubles
1	350	Terrains meubles : entre 0 et 4 m Substratum : schiste	1400	PCE : 360 mg/kg

Enfin pour les eaux souterraines et les gaz des sols, il n'est pas fixé d'objectifs chiffrés mais un abattement asymptotique des concentrations qui est à considérer comme l'effet induit des mesures de réhabilitation menées sur les sols.

► Plan de gestion

L'analyse de la revue des techniques de réhabilitation et du bilan coûts-avantages met en évidence les solutions de gestion suivantes des zones sources :

- Scénario 1 :
 - Méthode 1 : Excavation des terres polluées à la pelle mécanique sous tente, élimination hors site couplée barrière perméable réactive au fer zéro valent (traitement du panache par réduction chimique in situ, pour un coût estimé compris entre 1 059 et 1 255 k€ ;
 - Méthode 2 : Excavation des terres polluées à la bucket, élimination hors site barrière perméable réactive au fer zéro valent (traitement du panache par réduction chimique in situ), pour un coût estimé compris entre 1 614 et 1 811 k€ ;
- Scénario 2 : Oxydation in-situ
- Scénario 3 : Venting/sparging

A l'issue du bilan coût avantage, le scénario 1 a la notation la plus élevée du fait de la capacité de la méthode à traiter à la fois les sols et la nappe.

Les techniques de traitement d'oxydation et de venting/ sparging ne sont pas retenues pour les raisons suivantes :

- Oxydation in-situ : risque de formation de sous-produits toxiques dans un contexte géologique fracturé et milieu urbain proche,
- Venting / sparging : durée de traitement long, difficilement applicable en milieu urbain et en contexte géologique fracturé.

► Analyse des Risques Résiduels

L'état résiduel attendu de la zone est compatible avec l'usage prévu.

► Surveillance de la qualité des milieux

Durant la phase de travaux, BURGEAP recommande les contrôles suivants dans le cadre du scénario 1:

- suivi de la qualité des eaux souterraines;
- contrôle en parois et fonds de fouilles, afin de confirmer l'atteinte des objectifs ;
- suivi de la qualité de l'air ambiant.

► Conservation de la mémoire

Tout usage du sol, du sous-sol ou de la nappe est interdit excepté ceux définis dans le présent plan de gestion. Des restrictions d'usages sont à mettre en œuvre.

9.2 Recommandations

Au vu des impacts identifiés et du projet envisagé, BURGEAP propose la stratégie d'action suivante :

- Diagnostic complémentaire afin d'affiner le volume de la zone source comprenant dix sondages sol et 2 piézomètres un amont du site et un autre à l'ouest (cf Figure 15), pour un cout estimé à 12 350 euros,
- Investigations hors site et Interprétation de l'Etat des Milieux afin de s'assurer que l'état des milieux est compatible avec des usages déjà fixés hors site, pour un cout estimé à 7 600 euros,
- Plan de conception des Travaux (PCT) afin d'affiner le choix des solutions de réhabilitation (essais labo ou terrain) et étude avant-projet, pour un cout estimé à 81 600 euros,
- Une surveillance des eaux souterraines (une campagne trimestrielle) après travaux, pour un cout estimé à 10 520 euros par an.

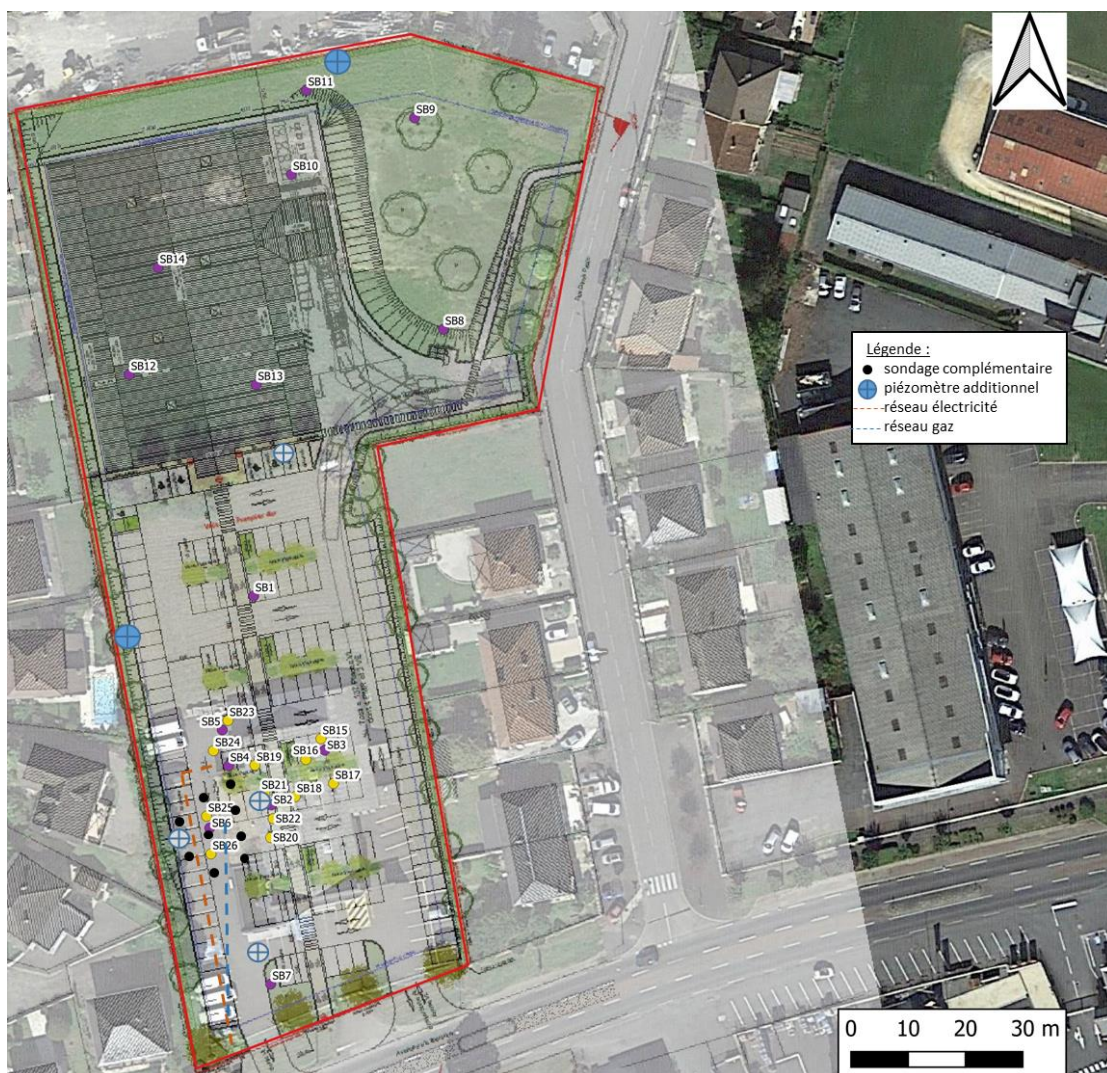


Figure 15 : Localisation des investigations complémentaires

Le tableau ci-contre présente les couts de ces prestations.

N°	Poste	Unité	Quantité	P.U HT en euros	Montant HT en euros	Total HT en euros
1	Diagnostic complémentaire : maillage de la zone source et réalisation de deux piézomètres					
1.1	Préparation du chantier, DICT, analyse des risques, implantation des sondages	forfait	1	350	350	
1.2	Investigations sol					
1.2.1	Amené repli d'une machine de forage	forfait	1	660	660	
1.2.2	Mise en station	unité	10	60	600	
1.2.3	Sondages sous gaine (10 x 4ml)	ml	40	90	3600	
1.2.4	Suivi des sondages et prélèvements d'échantillons par un technicien spécialisé	jour	1,5	550	825	
1.2.5	Conditionnement des échantillons et expédition en laboratoire	forfait	1	75	75	
1.2.6	Analyses : COHV (MACAOH)	unité	40	30	1200	
1.3	Investigations eaux souterraines					
1.3.1	Amené repli d'une machine de forage	forfait	pm	660	inclus dans 1.2.1	
1.3.2	Forage destructif au marteau fond de trou pour pose piézomètre 52/60 mm (profondeur moyenne de 12 m)	ml	24	38	912	
1.3.3	Fourniture et pose tube piézométrique, comprenant le massif filtrant et bouchon bentonique	ml	24	26	624	
1.3.4	Développement de l'ouvrage	unité	2	66	132	
1.3.5	Fourniture et pose bouche à clé ras le sol	unité	2	96	192	
1.3.6	Suivi des ouvrages et prélèvements d'échantillons d'eau de l'ensemble des piézomètres du site par un technicien spécialisé	jour	2,5	550	1375	
1.3.7	Matériel d'échantillonnage (pompes et tuyaux)	forfait	1	150	150	
1.3.8	Conditionnement des échantillons et expédition en laboratoire	forfait	1	75	75	
1.3.9	Analyse : COHV	unité	6	30	180	
1.4	Note de résultats					
	Interprétation des données, rédaction et illustration du rapport	forfait	1	1400	1400	
					<i>sous-total</i>	12 350
2	Interprétation de l'Etat des Milieux					
	Prélèvement hors site					
2.1	Prélèvement air ambiant dans les habitations					

2.1.2	Prélèvements d'échantillons par un technicien spécialisé, y compris matériel de pompage et support de prélèvement	unité	4	190	760	
2.1.2	Support de prélèvement, badge passif non inclus dans le contrat cadre	unité	4	20	80	
2.1.3	Analyses : COHV	unité	4	48	192	
2.2	Prélèvement des eaux souterraines dans les puits privés					
2.2.1	Prélèvements d'échantillons d'eau par un technicien spécialisé	jour	1	550	550	
2.2.2	Matériel d'échantillonnage (pompes et tuyaux)	forfait	1	150	150	
2.2.3	Conditionnement des échantillons et expédition en laboratoire	forfait	1	75	75	
2.2.4	Analyse : COHV	unité	4	30	120	
2.3	Prélèvements de l'eau du robinet des habitations					
2.3.1	Prélèvements d'échantillons d'eau par un technicien spécialisé	jour	1	550	550	
2.3.2	Analyse : COHV	unité	4	30	120	
2.4	Note de résultats					
	Rapport de l'IEM	forfait	1	5 000	5000	
					<i>sous-total</i>	<i>7 597</i>
3	Plan de conception des travaux					
	Rédaction, essais labo/terrain (5% du montant des travaux)	%	5		81600	
4	Surveillance après travaux					
	Campagne de surveillance trimestrielle des eaux souterraines sur site	forfait	4	2 630	10520	
	Total des prestations					112 067

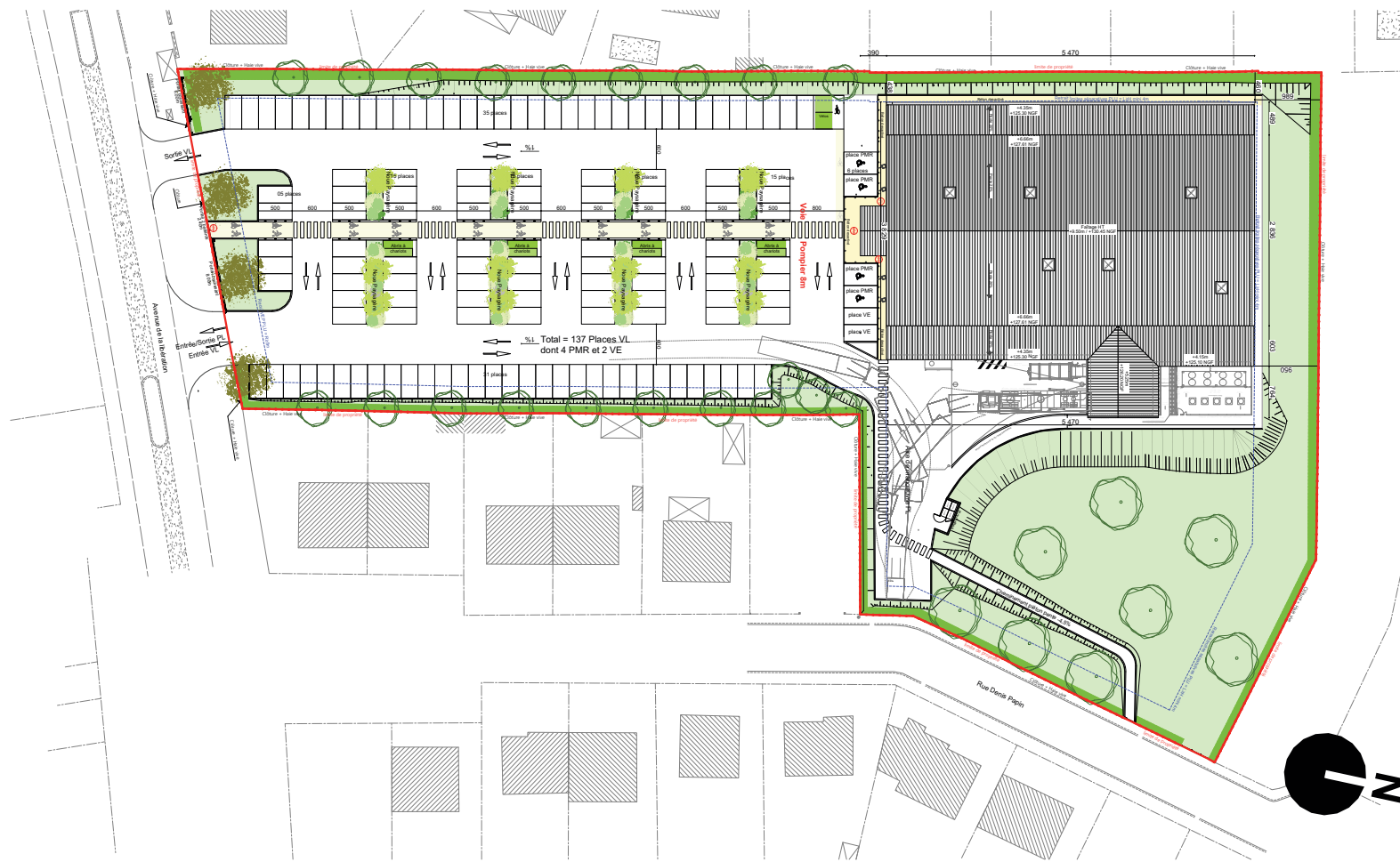
Tableau 15 : Estimation des couts des prestations complémentaires

ANNEXES



Annexe 1.

Extrait du permis de construire



Plan masse - Implantation



04.02. - Implantation, organisation, composition et volume des constructions nouvelles avec le rapport aux paysages environnants.

Présentation de la surface commerciale

Le terrain accueillera la construction d'une surface commerciale de produit frais associée à une boulangerie.

Le commerce de produits frais est structuré sous forme de GIE rassemblant plusieurs sociétés pour la vente de produits frais : Fruits et Légumes, Boucherie, Crèmerie - fromagerie, Fruits secs, poissonnerie.

La boulangerie est indépendante du GIE, installée dans une cellule voisine.

Implantation

Le magasin sera bâti au Nord de la parcelle parallèlement à l'avenue de la Libération. Son implantation respecte le recul de $L \geq H$ par rapport aux limites séparatives et Recul $\geq 5m$ par rapport aux voies ou emprises publiques conformément au PLU.

Volumes

Le bâtiment reprend la volumétrie d'une halle avec une toiture principale à deux pentes de 20% et deux toitures latérales également à pente de 20%, un volume d'entrée pour l'accès au magasin et un volume pour la livraison accrochée à la façade Est.

Matériaux et couleurs des constructions

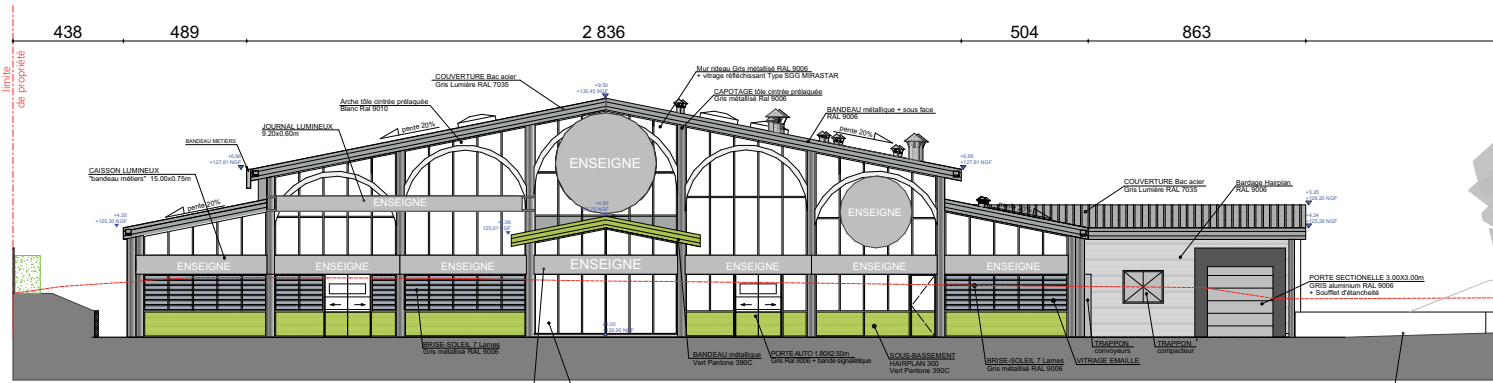
La façade nord sera constituée de bardage métallique plein couleur gris posé à l'horizontale, la façade sud sera constituée par un mur rideau en menuiserie, gris métallisé. Le rez-de-chaussée comprendra du vitrage clair et la partie supérieure sera en vitrage réfléchissant. La façade nord sera entièrement composée de vitrage réfléchissant.

Les façades ouest et est seront habillées d'un bardage métallique posé à l'horizontale.

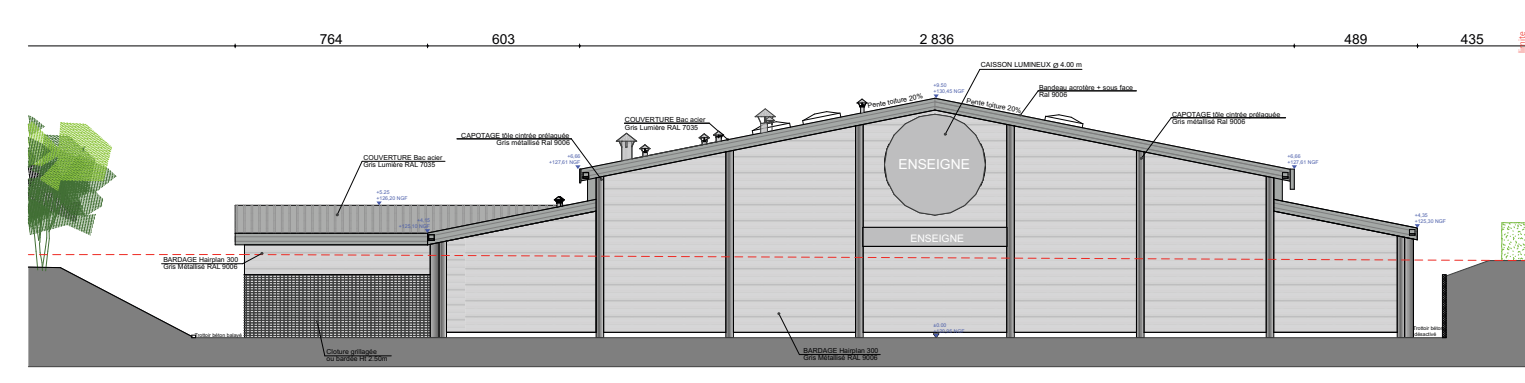
La toiture sera réalisée en bac acier de couleur gris lumière.

Les portes métalliques intégrées dans les zones de bardage seront pleines dans le même RAL que ce dernier. Celles situées dans les murs rideaux seront quant à elles vitrées. Le soubassement du magasin sera marqué par la présence de brises soleil et tôle laquée verte, en façade avant et par un bardage gris en façade arrière.

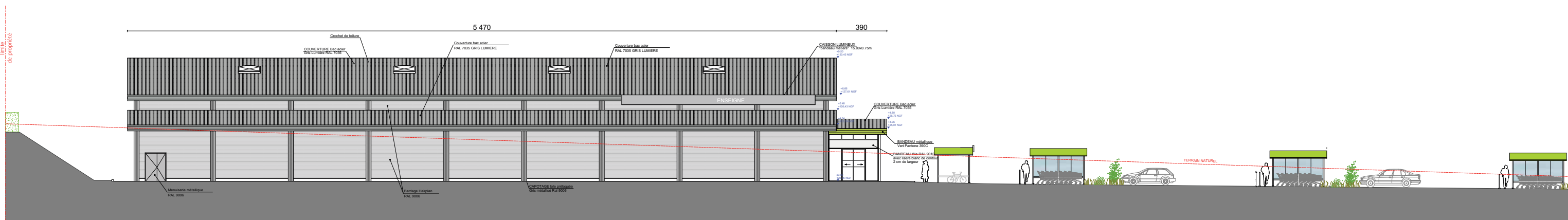
Les couleurs du bâtiment seront le gris métallisé associé par touche aux couleurs issues de la charte graphique du commerce.



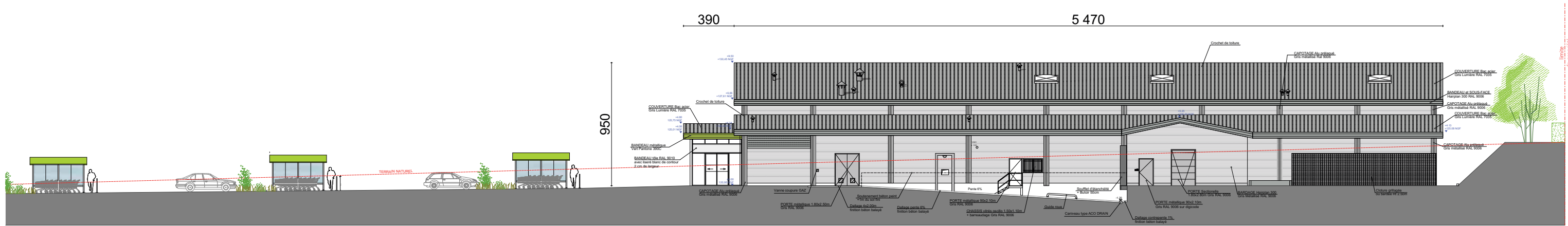
Façade Sud



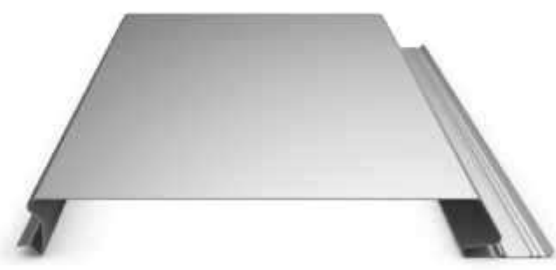
Façade Nord



Façade Ouest



Façade Est



Cassette de bardage Hairplan 300



Couverture bac acier

Notice descriptive

1:1,25, 1:300

PC 04f

MAITRE D'OUVRAGE

SCI GFDI 110
685 Rue Juliette Récamier
69970 Chaponnay

MAITRISE D'OEUVRE

FAYE ARCHITECTES & ASSOCIES
BT6 - 10, Allée Jean Dubuffet
33130 Bègles

Construction d'un immeuble commercial
Avenue de la Libération, 19360 Malemort-sur-Corrèze
Demande de Permis de Construire

10/09/2020

04.03. - Végétations, clôtures et aménagement

Végétations

Une surface d'environ 3 755m² sera perméable et végétalisée. Elle sera répartie sur la périphérie du terrain. Cette surface correspond à 33% de la surface totale du terrain soit plus de 30% conformément à l'art.Ux13 du PLU.

19 arbres seront supprimés (cf PC02a Plan de l'existant) et remplacés par 19 arbres équivalents. 2 arbres seront conservés et un total de 30 arbres seront plantés. Des platanes seront privilégiés pour les 4 sujets le long de l'Avenue de la Libération

Dans la marge de recul sur les voies et emprises publiques, des haies vives ainsi que des arbres seront plantés.

Les voies internes seront agrémentées de séquences végétales par des noues paysagères composées d'arbustes et de feuillus d'essences rustiques mélangées.

Conformément au PLU, les clôtures seront doublées par des haies vives de feuillus d'essences rustiques sur les voies publiques ainsi que sur les limites séparatives.

Clôtures

Les clôtures existantes seront déposées au profit de clôtures nouvelles en panneaux rigides type SODITRADE, doublées de haies de feuillus. Elle feront, au maximum, 1m80 de hauteur y compris muret d'assise, conformément à l'art.Ux11 2.2 du PLU.

Des portails coulissants et portillons d'accès piétons/vélos seront intégrés aux clôtures au droit des divers accès.

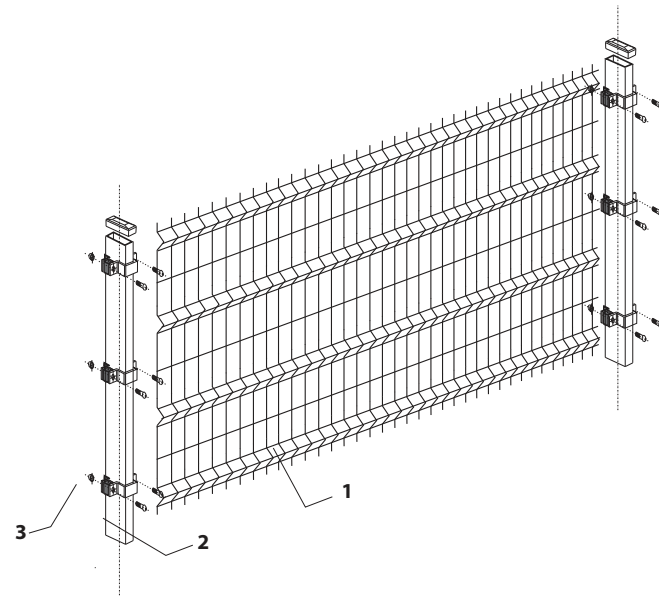
Aménagements

En complément de l'aménagement paysagé, le parking sera agrémenté d'un abris vélos ainsi que de 4 abris chariots (voir détails ci-contre).

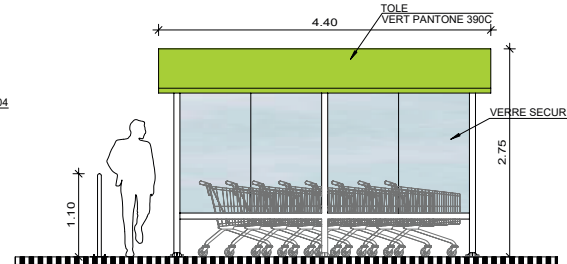
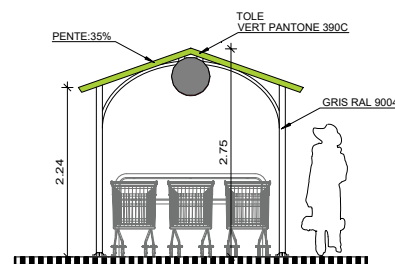
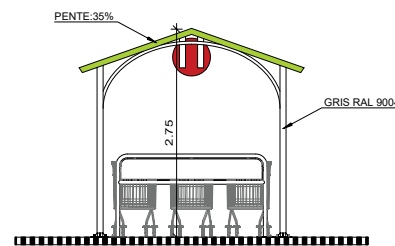
Un cheminement piétons/vélos sera aménagé au centre du parc de stationnement depuis l'Avenue de la Libération et identifié par une signalétique adaptée.

Un cheminement piétons sera aménagé depuis la rue Denis PAPIN.

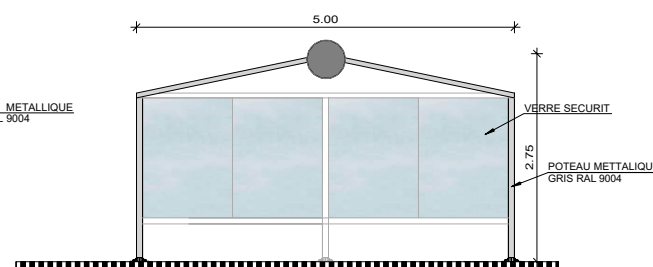
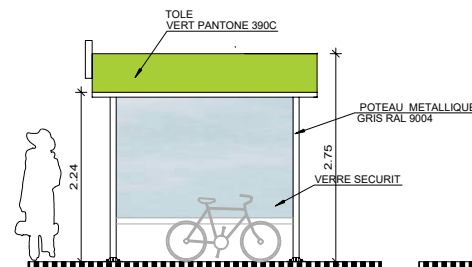
L'ensemble des cheminements seront accessibles aux PMR.



Type de clôtures panneaux rigides



Détail abris chariots



Détail abris vélos

Notice descriptive

MAITRE D'OUVRAGE

SCI GFDI 110
685 Rue Juliette Recamier
69970 Chaponnay

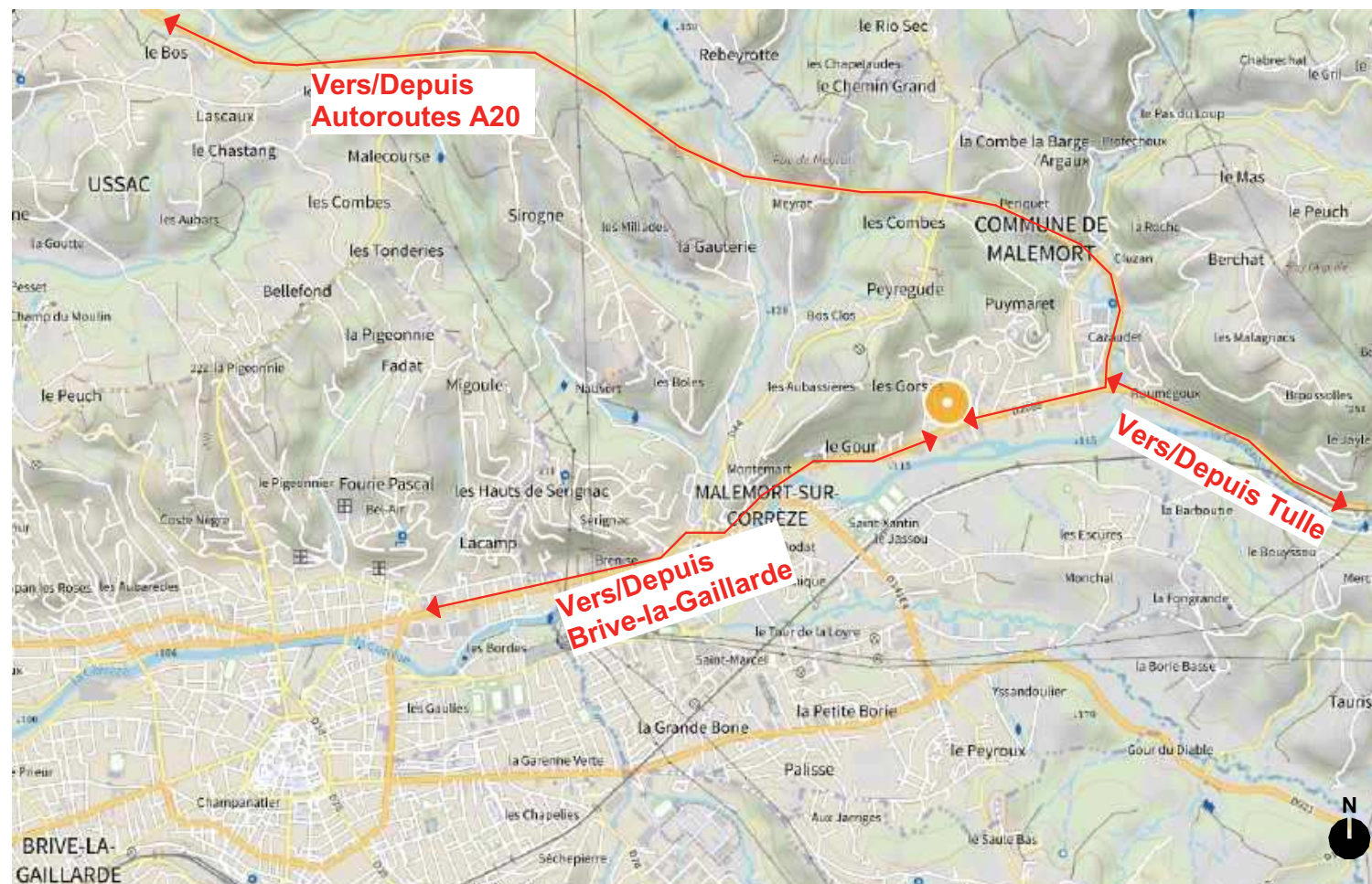
MAITRISE D'OEUVRE

FAYE ARCHITECTES & ASSOCIES
BT6 - 10, Allée Jean Dubuffet
33130 Bègles

Construction d'un immeuble commercial
Avenue de la Libération, 19360 Malemort-sur-Corrèze
Demande de Permis de Construire

PC 04g

10/09/2020



04.04. - Accès et aire de stationnement

Accès

L'accès au site depuis les axes principaux se fera au Sud de la parcelle depuis l'Avenue de la Libération en provenance de Brive-la-Gaillarde à l'Ouest, de Tulle à l'Est et de l'autoroute A20 via le contournement Nord de l'Agglomération.

L'entrée/sortie des Poids lourds s'effectuera par le même accès sur l'Avenue de la Libération

L'entrée et la sortie des VL se fera par 2 accès distincts sur l'Avenue de la Libération

Un accès mutualisé piétons/vélos se fera au centre de la parcelle depuis l'Avenue de la Libération.

Un accès piéton sera aménagé depuis la rue Denis Papin.

Stationnement

Le parking d'une surface totale de stationnement de 3 520m², sera traité en enrobé sur une structure de voirie légère suivant les préconisations de l'étude de sols.

Le projet prévoit 137 places de stationnements, dont 4 places PMR et 2 places réservées au véhicules électriques à proximité de l'entrée du magasin. Ces places seront signalées par marquage au sol de couleur et par des panneaux réglementaires devant chaque place.

Un abri vélo et 2 roues et 4 abris caddies répartis sur le parking seront aménagés aux couleurs de l'enseigne.

Livraisons

Les livraisons du magasin sont prévues uniquement par le quai situé sur la façade Est du bâtiment. Entre l'entrée prévue à cet effet directement depuis la rue de l'Avenue de la Libération et la zone de livraison, la chaussée sera traitée en enrobé avec une structure de voirie lourde adaptée pour 2 PL/jour.

Circulations piétonnes

Les circulations piétonnes sont balisées depuis l'accès de la rue de l'Avenue de la Libération et la rue Denis Papin jusqu'à l'entrée de l'établissement.

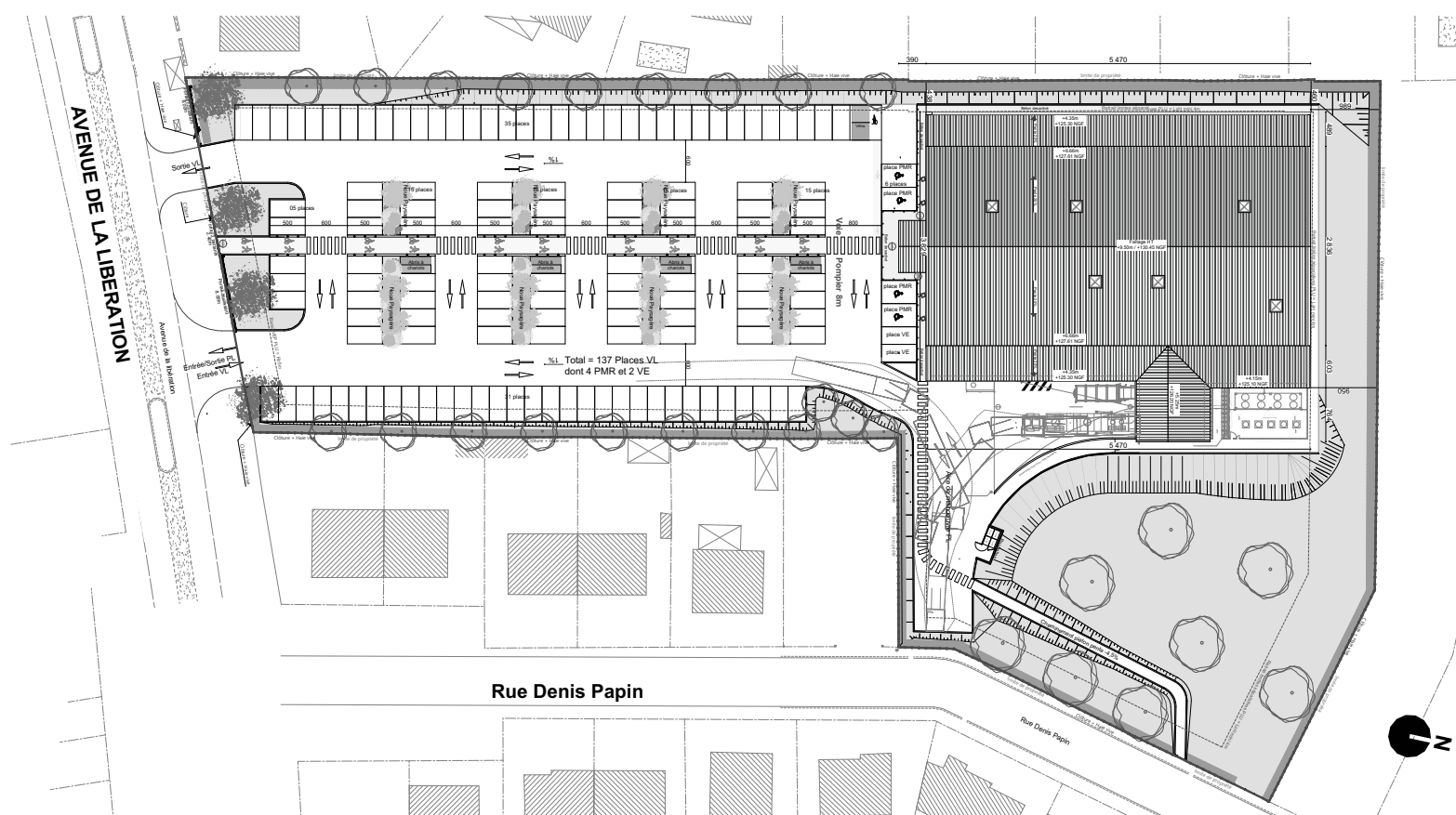
Pour les piétons traversant le parking, les circulations sont matérialisées au sol par des peintures et du cloutage. Les cheminements piétons accompagnent la façade principale et maillent l'ensemble du parking.

L'éclairage extérieur est prévu pour respecter les normes d'accessibilité de 20 LUX en tout point et 50 LUX au droit des cheminements piétons. Les candélabres seront de type galvanisé, d'une hauteur de 8m, avec luminaires de type LED.

04.05. - Gestion des déchets

Pour l'alimentaire, un local déchet alimentaire réfrigéré sera mis en place à l'intérieur du bâtiment crée. Les déchets seront acheminés en bordure de voie les jours de ramassage d'ordures ménagères. Un compacteur à cartons avec trappons d'accès sera mis en place. Il se situera à l'est du bâtiment, à proximité de l'aire de livraisons

Les poubelles de la Boulangerie seront stockées dans un enclos extérieur, situé à proximité de la boulangerie à l'est de la parcelle, avant collecte.



Notice descriptive

Poids Lourds

Véhicules légers

Piétons/Vélos

Piétons

Plan masse - Implantation

MAITRE D'OUVRAGE

SCI GFDI 110
685 Rue Juliette Recamier
69970 Chaponnay

MAITRISE D'OEUVRE

FAYE ARCHITECTES & ASSOCIES
BT6 - 10, Allée Jean Dubuffet
33130 Bègles

Construction d'un immeuble commercial
Avenue de la Libération, 19360 Malemort-sur-Corrèze
Demande de Permis de Construire

PC 04h

10/09/2020

04.06. - Travaux et aménagements VRD

04.06.01 Préparation de terrain et démolitions

- Installation de chantier : amenée et repli de matériel

- Dégagement d'emprise : défrichage du site et abattage de quelques sujets. La démolition du bâtiment existant sur la parcelle sera traitée par une entreprise spécialisée en amont de l'intervention des VRD.

- Déplacements de signalisation verticale présente en entrée ou sortie de site

- Balisage de chantier notamment par rapport aux entrées/sorties de véhicules sur la RD 1089

04.06.02 Terrassements généraux et préparation de voirie

- Décapage de la terre végétale et stockage sur site pour réemploi et évacuation des excédents

- Déblais en pleine masse et évacuation du site : 17 520 m³

- Matériaux de remblaiement notamment pour zone sous fondations et bâtiment : 4 800 m³

EMPIERREMENTS DE STRUCTURE SOUS VOIRIES - en attente étude de sol pour validation du corps de chaussée :

- Hypothèses de dimensionnements : o Trafic PL inférieur à 25 PL/j/sens de circulation sur la voie type « lourde »

- Voirie lourde : 60 cm de 0/150 + 20 cm 0/20 ; en attente d'une étude de sol pour validation des hypothèses de dimensionnement

- Voirie légère : 40 cm de 0/150 + 20 cm 0/20 ; en attente d'une étude de sol pour validation des hypothèses de dimensionnement

- Cheminements piétons : 30 cm 0/20

- Géotextile sous voiries et cheminements piétons

- Réalisation d'essais de portance sous les voiries notamment type lourde

04.06.03 Réseaux divers

RESEAU EAUX PLUVIALES

La gestion des eaux pluviales est prévue à la parcelle avec un débit de fuite conforme au PLU de la commune de Malemort avant rejet au réseau d'eaux pluviales présent en accotement de la RD 1089.

Les travaux prévus comprennent :

- Tranchée (y compris lit de sable, enrobage, jusqu'à 10 cm en-dessus de la génératrice supérieure et grillage avertisseur)

- Fourniture et pose de canalisation gravitaire

- Fourniture et pose de grille et regard de collecte

- Création de noue de rétention / infiltration avant rejet dans un collecteur

- Réalisation d'une gestion des eaux pluviales par tamponnage des volumes, avec mise en place dans les zones sous les noues et sous voiries légères de bassin de rétention enterrés.

ASSAINISSEMENT

Le bâtiment existant possède une boîte de branchement reliée au collecteur d'assainissement de l'Agglo de Brive, présent dans l'emprise de la 1089. A partir de la boîte de branchement un réseau en PVC CR16 DN 160 mm sera réalisé pour desservir le bâtiment à créer.

EAU POTABLE

Le bâtiment existant possède un raccordement en eau potable de diamètre 40 mm. Ce branchement permettra à partir du coffret compteur présent en limite de propriété coté RD1089, l'alimentation du bâtiment, à l'aide d'un PEHD PN10 bars DN 40 mm, après compteur.

DEFENSE INCENDIE

La défense incendie du bâtiment sera réalisée à partir des hydrants conformes à l'extérieur du site, soit un hydrant présent à l'angle de la parcelle rue Denis Papin et un hydrant présent au carrefour entre l'avenue des Châtaigniers et l'avenue de la Libération.

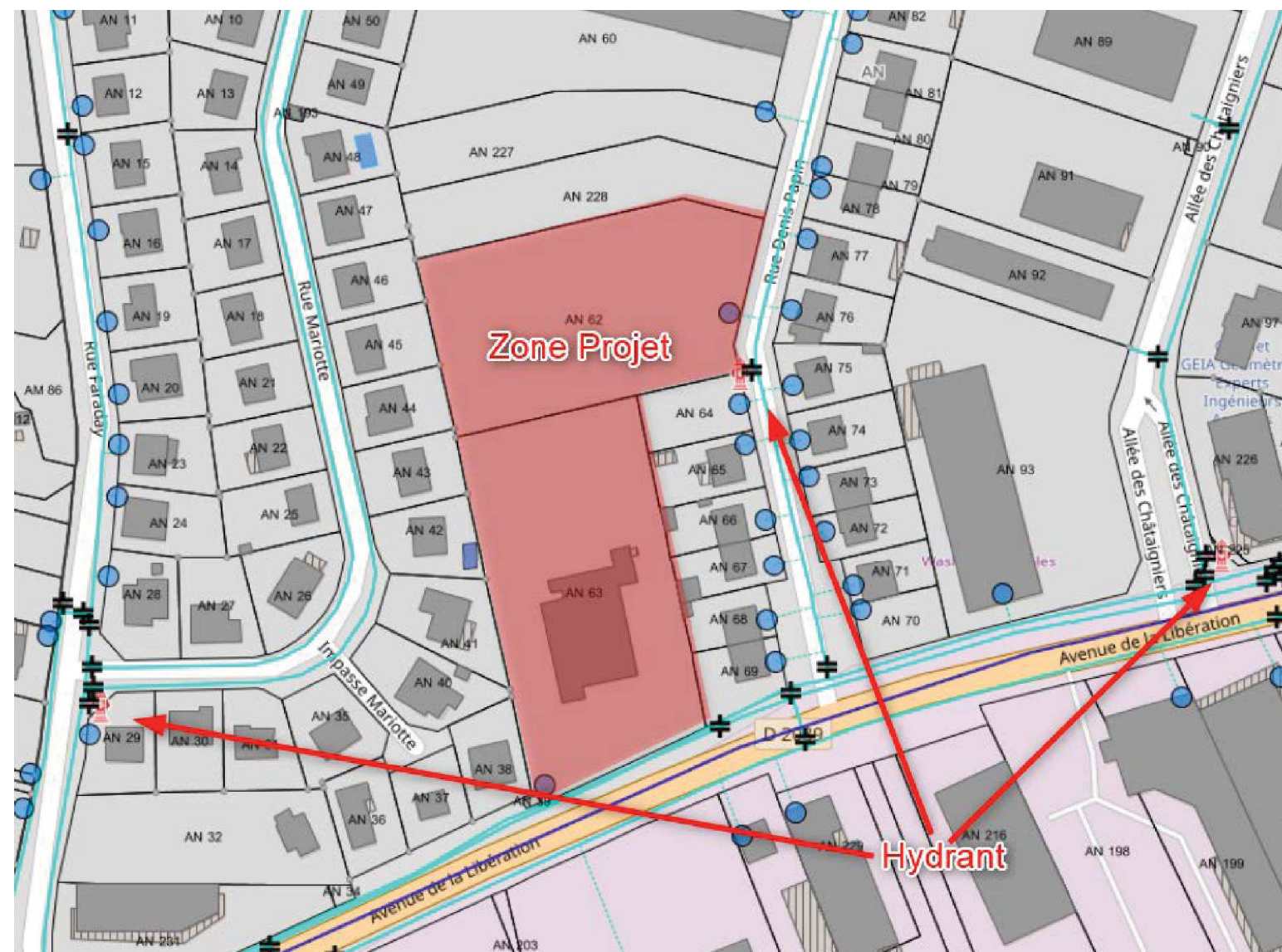


Figure 1 : Implantation des hydrants

ELECTRICITE

Le bâtiment sera alimenté via un branchement électrique à partir du réseau existant, alimentant précédemment le pressing Salambo. Une vérification de la puissance nécessaire par rapport à la puissance délivrée par le réseau ENEDIS sera nécessaire.

Le génie civil pour le passage des câbles et le raccordement seront réalisés par la société aménageur du bâtiment.

Notice descriptive

PC 04i

MAITRE D'OUVRAGE

SCI GFDI 110

685 Rue Juliette Récamier
69970 Chaponnay

MAITRISE D'OEUVRE

FAYE ARCHITECTES & ASSOCIES

BT6 - 10, Allée Jean Dubuffet
33130 Bègles

Construction d'un immeuble commercial
Avenue de la Libération, 19360 Malemort-sur-Corrèze
Demande de Permis de Construire

08/09/2020

TELECOM/FIBRE

Le bâtiment sera alimenté via le branchement existant en limite de parcelle, permettant l'alimentation du bâtiment et le raccordement au réseau fibre.

Le génie civil pour le passage des câbles et le raccordement seront réalisés par la société aménageur du bâtiment.

GAZ

Le bâtiment sera alimenté via le branchement existant en limite de parcelle.

Le réseau privé sera réalisé en partenariat avec GRDF.

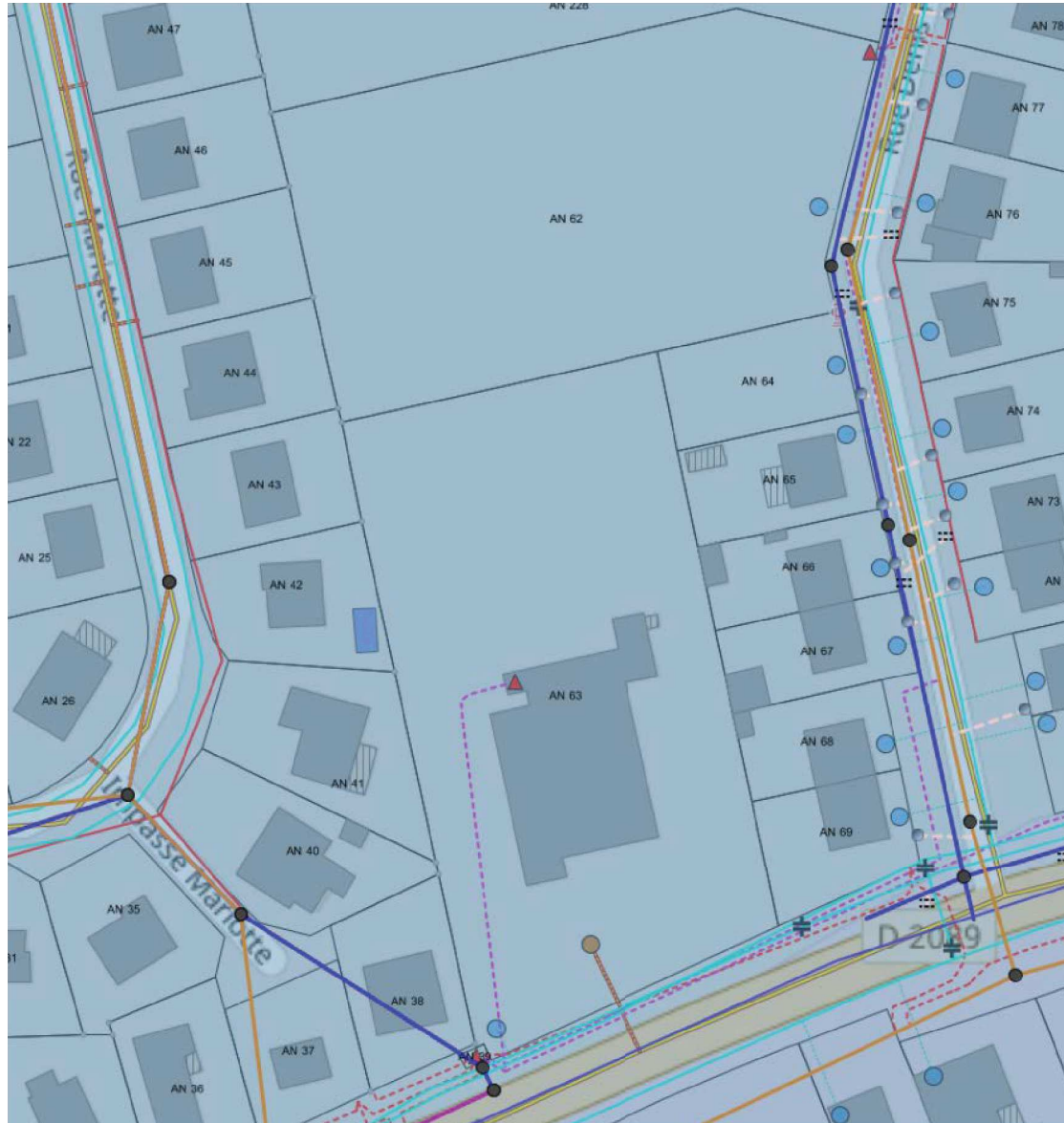


Figure 2 : Implantation des réseaux et branchements

RESEAU ECLAIRAGE EXTERIEUR

Un réseau d'éclairage extérieur sera réalisé avec la mise en place de candélabres hauteur comprise entre 6 et 8 mètres, à LED pour un éclairage moyen à 20 Lux, créé à partir du TGBT.

04.06.04 Voirie

La desserte du site s'effectuera par une voirie légère dédiée aux véhicules légers mais également sur la portion destinée aux livraisons à double sens, par une voirie type lourde.

Une circulation à double sens Poids Lourds à partir du portail Est, coté RD1089 sera réalisée, afin de sécuriser les usages. Tandis qu'une circulation à sens unique VL à partir de ce même portail sera proposée.

Notice descriptive

MAITRE D'OUVRAGE

SCI GFDI 110
685 Rue Juliette Recamier
69970 Chaponnay

MAITRISE D'OEUVRE

FAYE ARCHITECTES & ASSOCIES
BT6 - 10, Allée Jean Dubuffet
33130 Bègles

PC 04j

Construction d'un immeuble commercial

Avenue de la Libération, 19360 Malemort-sur-Corrèze

Demande de Permis de Construire

08/09/2020

Le but est d'avoir une zone de circulation PL dédiée impactant le moins possible la surface commerciale et le parking. La zone de retournement à proximité du magasin permettra aux PL de pouvoir réaliser les manoeuvres afin de se positionner contre le quai de livraison.

Un cheminement piéton central entre la RD1089 et le bâtiment commerce sera réalisé, permettant grâce à une largeur de 2,4 m une circulation piétonne et vélos. Un autre cheminement piéton entre la rue Denis Papin et le commerce sera également réalisé.

Les cheminements piétons ainsi que les traversées piétonnes seront sécurisés par rapport aux véhicules.

Les voiries seront bordées par des bordures de type T2 ainsi que les cheminements piétons.

BORDURES ET CANIVEAUX

- Fourniture et mise en oeuvre de bordure T2 en béton posée en bordures hautes et basses
- Fourniture et pose de bandes podotactiles le long des passages piétons

REVETEMENT DE SURFACE

REVETEMENT DE VOIRIE:

- VOIRIE LEGERE:
 - Enduit de scellement
 - Enrobé noir BBSG sur 6 cm

VOIRIE LOURDE:

- Enduit de scellement
- Grave Bitume classe III sur 8 cm
- Enrobé noir BBSG sur 6 cm

CHEMINEMENTS PIETONS:

- Enrobé coloré BBSG sur 5 cm

04.06.05 Espaces verts

Les espaces verts comprennent une surface supérieure à 30% de la surface totale du projet et en adéquation avec les prescriptions du PLU, notamment par rapport aux essences végétales mises en place.

04.06.05 Signalisation

SIGNALISATION HORIZONTALE

La signalisation horizontale sera composée de peintures au sol directionnelles, des marquages des places de stationnements à la peinture blanche ou coloré en fonction des affectations (PMR, famille, vélo, électrique, ...). Tandis que les traversées de cheminements piétons et les bandes d'éveil seront en résines gravillonnées.

SIGNALISATION VERTICALE

La signalisation verticale comprendra toute la signalisation par panneau de police de la gamme « taille petite ».

04.06.06 Mobilier urbain

Le mobilier sera composé de potelets permettant la sécurisation des zones piétonnes et des abords du magasin.

04.06.07 Fermeture du site

CLOTURE

Le site sera entièrement clôturé à l'aide d'une clôture en panneaux de type soudé hauteur 1,8 m de couleur gris anthracite.

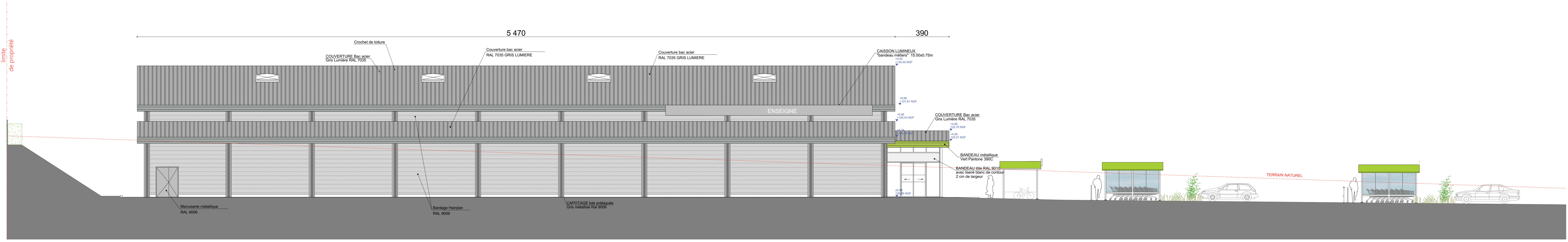
PORTAILS

Le site possèdera deux portails, automatiques et autoportés en métal de même couleur que la clôture, hauteur 1,8 m.

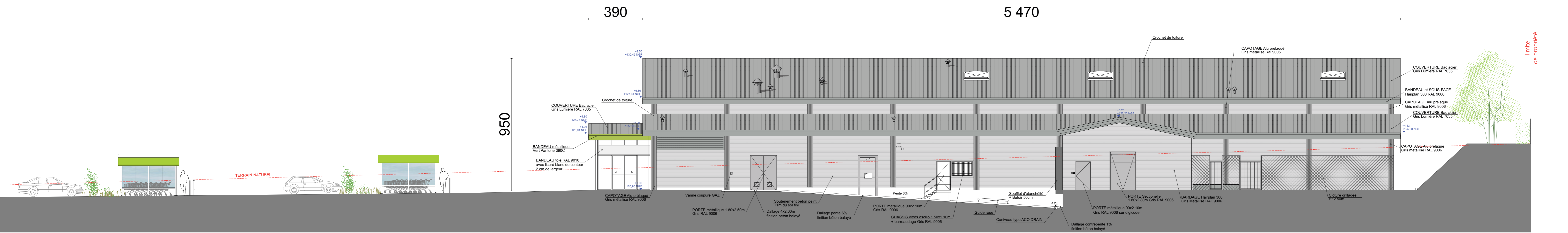
Un portillon pour l'accès piéton/cyclo sera disposé le long de la RD1089 avec une largeur d'ouverture de 2m et une hauteur de 1,8 m

PORTILLON

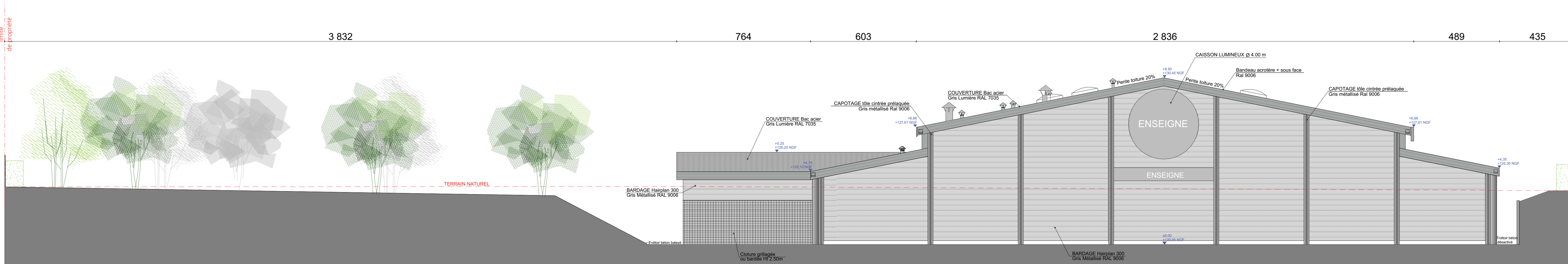
Un portillon pour un accès coté rue Denis Papin sera mis en place, hauteur 1,8 m largeur 2m.



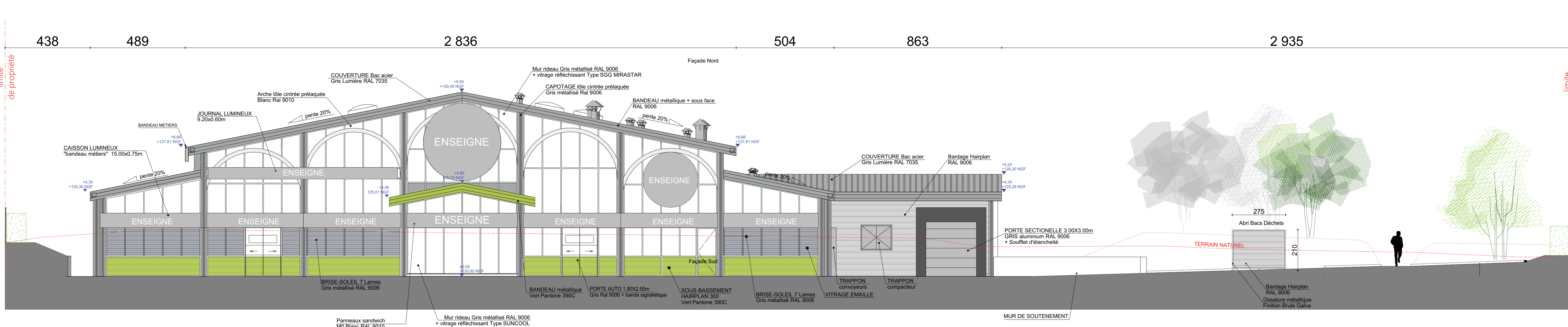
Façade Ouest



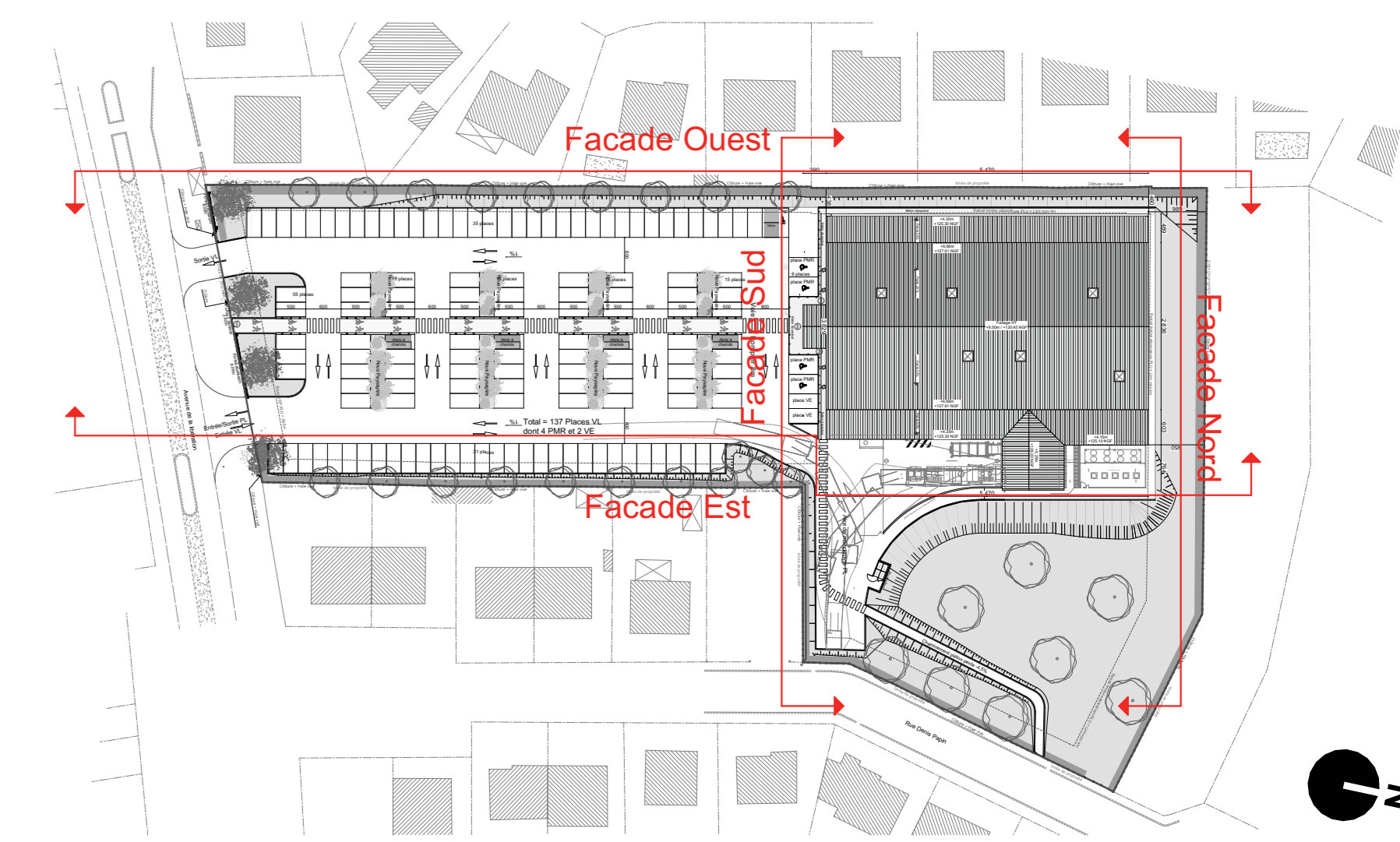
Façade Est



Façade Nord



Façade Sud



Repérage Façades

Annexe 2. Détail des calculs du bilan couts/avantages

		Scénario 1 : Traitement de zone source par excavation sous tente + réduction	Scénario 2 : Oxydation	Scénario 3 : venting /sparing	Pondération
Critère économique : coût traitement + surveillance + investigations complémentaires + travaux annexes					
0	2800-3500 K€				
1	2100-2800 K€		1		
2	1400-2100 K€	2		2	
3	900-1400 K€				
4	<900 K€				
	Note	10	5	10	5
Critère technique : Fiabilité / atteinte des objectifs					
0	Technique incertaine				
1	Technique moyennement expérimentée - efficacité à déterminer				
2	Technique expérimentée - efficacité à déterminer		2	2	
3	Technique éprouvée - efficacité élevée, à déterminer	3			
4	Technique éprouvée - efficacité élevée garantie				
	Note	15	10	10	5
Critère socio-politique : acceptabilité sociale					
0	Zone source résiduelle présente distribuant panaches en aval et au droit du site			0	
1	Zone source résiduelle présente distribuant panaches au droit du site		1		
2	Zone source résiduelle sans risque sanitaire résiduel (pas de vecteur/ pas de transfert)				
3	Impacts résiduels, suppression de la zone source concentrée	3			
4	Plus de zone source				
	Note	9	3	0	3
Critère environnemental : Impact environnemental					
0	>100 kg CO2e /tonne traitée				
1	50-100 kg/CO2e tonne traitée	1			
2	20-50kg/CO2e tonne traitée		2	2	
3	5-20 kg/CO2e tonne traitée				
4	<5kg CO2e /tonne traitée				
	Note	3	6	6	3
Critère juridique/réglementaire : Impact sur le projet					
0	Contraint fortement le projet (modification programmatique)				
1	Contraintes apportant des modifications dans le projet et une surveillance				
2	Contraintes associées de type surveillance	2	2	2	
3	Aucun impact				
4	Apporte un plus, par exemple en termes de tout aménagement possible				
	Note	2	2	2	1
Nuisances tiers					
0	Fortes nuisances (bruit, poussière, rotation de camion)		0	0	
1	Nuisances modérées				
2	Nuisances modérées (chantier sous tente)	2			
3	Nuisances faibles				
4	Aucunes nuisances				
	Note	8	0	0	4
	Note totale	67	41	33	3

Annexe 3. Rapport Analyses des risques résiduels

SCI GFDI 110

Avenue de la Libération, MALEMORT-sur-CORREZE (19)

Analyse des Risques Résiduels prédictive

Rapport

Réf : CESISO205273 / RESISO11976-01

LDU / GDU / SPE

12/2020






SCI GFDI 110

Avenue de la Libération, MALEMORT-sur-CORREZE (19)

Analyse des Risques Résiduels prédictive

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Rapport	12/2020	01	L. DUBEC 	G. DUCHET 	S. PETIT 

Numéro de contrat / de rapport :	Réf : CESISO205273 / RESISO11976-01
Numéro d'affaire :	A53710
Domaine technique :	SP03
Mots clé du thésaurus	ARR EQRS COHV TPH BTEX

BURGEAP Agence Sud-Ouest • 4 Boulevard Jean-Jacques Bosc - Les portes de Bègles – 33130 Bègles
Tél : 05.56.49.38.22 • Fax : 05.56.49.89.69 • burgeap.bordeaux@groupeginger.com

SOMMAIRE

Synthèse technique	5
1. Codification des prestations	7
2. Contexte	8
3. Conceptualisation de l'exposition	9
3.1 Géologie et hydrogéologie	9
3.2 Synthèse des impacts résiduels dans les différents milieux	9
3.3 L'usage des milieux	18
3.3.1 Projet d'aménagement/usage pris en compte/environnement du site	18
3.3.2 Enjeux/cibles à considérer	24
3.4 Voies de transferts depuis les milieux impactés vers les milieux d'exposition	24
3.5 Voies d'expositions	24
3.5.1 Sur site	24
4. Analyse des Risques Résiduels (ARR)	27
4.1 Contexte et méthodologie	27
4.2 Composés et concentrations retenues dans les différents milieux	27
4.3 Identification des dangers	30
4.4 Caractérisation des Relation dose-réponse	30
4.5 Estimation des expositions	32
4.5.1 Concentrations dans les milieux d'exposition	32
4.5.2 Estimation des expositions	37
4.6 Quantification des risques sanitaires	38
4.6.1 Méthodologie	38
4.6.2 Quantification des risques sanitaires résiduels au droit du site	39
4.7 Analyse des incertitudes	40
5. Synthèse et recommandations	46
5.1 Synthèse	46
5.2 Recommandations	47

TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des impacts mis en évidence	10
Tableau 2 : Voies d'exposition retenues	24
Tableau 3 : Concentrations retenues dans les différents milieux pour l'ARR	29
Tableau 4 : Valeurs toxicologiques de référence retenues	31
Tableau 5 : Paramètres retenus liés au sol	33
Tableau 6 : Paramètres retenus liés aux scénarii d'aménagements	33
Tableau 7 : Concentrations en air intérieur et extérieur	35
Tableau 8 : Budgets espace/temps retenus	37
Tableau 9 : Synthèse des QD et ERI – Modèle Johnson & Ettinger en intérieur	39
Tableau 10 : Synthèse des QD et ERI – Modèle Bakker en intérieur	39
Tableau 11 : Variables générant les incertitudes majeures de l'évaluation	41

FIGURES

Figure 1 : Synthèse des activités exercées au droit du site	8
Figure 2 : Cartographie des impacts en COHV dans les sols – profondeur 0-1 m	11
Figure 3 : Cartographie des impacts en COHV dans les sols – profondeur 1-2 m	12
Figure 4 : Cartographie des impacts en COHV dans les sols – profondeur 2-4 m	13
Figure 5 : Cartographie des impacts en COHV dans les eaux souterraines.....	14
Figure 6 : Cartographie des impacts en COHV dans les gaz des sols	15
Figure 7 : Cartographie des impacts en TPH dans les gaz des sols	16
Figure 8 : Cartographie des impacts en BTEX dans les gaz des sols	17
Figure 9 : Localisation des sondages sur fond plan de masse	19
Figure 10 : Localisation des piézomètres sur fond plan de masse	20
Figure 11 : Localisation des piézaires sur fond plan de masse et résultats COHV associés	21
Figure 12 : Localisation des piézaires sur fond plan de masse et résultats BTEX associés	22
Figure 13 : Localisation des piézaires sur fond plan de masse et résultats TPH associés	23
Figure 14 : Schéma conceptuel (usage futur)	26
Figure 15 : Représentation schématique des différents modèles de calcul des transferts des sols vers l'air intérieur	32

ANNEXES

Annexe 1. Données toxicologiques
Annexe 2. Relations dose-réponse
Annexe 3. Estimation des concentrations dans les milieux d'exposition
Annexe 4. Détails des calculs de dose et de risque
Annexe 5. Détails des calculs de dose et de risque – validation seuil de coupure du tétrachloroéthylène (inhalation en extérieur)
Annexe 6. Détails des calculs de dose et de risque – vérification acceptabilité pour un enfant / adolescent fréquentant le parking le dimanche

Synthèse technique

Client	SCI GFDI 110
Informations sur le site	<ul style="list-style-type: none"> • Intitulé/adresse du site : Avenue de la Libération, MALEMORT-sur-CORREZE (19) • Parcelles cadastrales : Parties des parcelles AN 62, 63 et 228 • Superficie totale : 11 143 m² • Propriétaire actuel : M. NADIN (pressing, parcelle 63) et M. COURNEDE (parcelles 62 et 228) • Usage et exploitant actuel : pressing dont l'activité a cessé en décembre 2018 en partie sud et zone enherbée en partie nord
Statut réglementaire	<ul style="list-style-type: none"> • Installation ICPE : oui (pressing) • Régime ICPE : déclaration • Situation administrative : à l'arrêt – cessation d'activité notifiée
Contexte de l'étude	Projet de construction d'un supermarché
Projet d'aménagement	<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'un magasin Grand Frais, • Construction d'une boulangerie Marie BLACHERE, • Places de stationnement, • Espaces verts d'agrément.
Données disponibles / qualité du milieu souterrain	<ul style="list-style-type: none"> • Historique : en partie nord du foncier, ancienne Fonderie de la Corrèze, ancienne entreprise la Farmuze (mécanique générale) et partie sud création du pressing vers 1959 • Diagnostics réalisés : juillet et octobre 2020 (sols, eaux souterraines et gaz du sol) • Impacts ou accidents/incidents connus : aucun
Géologie / hydrogéologie	<ul style="list-style-type: none"> • Remblais (gravier dans matrice limoneuse, présence de cendre et verre), présents de la surface à 1 m de profondeur en partie nord, • argile sableuse rouge de 0,0 à 2,0 m de profondeur, • Sable argileux rouge entre 1,0 et 1,5 m d'épaisseur, • Substratum, schiste à partir de 2,0 m de profondeur (SB25 et SB26) et 4 m (SB21 ; local pressing), • Une nappe est contenue dans les sables, elle est recoupée vers 1,3 m de profondeur. Des puits privés ont été observés lors de la visite de site. Son sens d'écoulement est orienté du nord/nord-est au sud/sud-ouest en direction de la Corrèze.
Impacts initiaux identifiés	<p>Les investigations sur les sols / les eaux souterraines de juillet 2020 ont montré :</p> <ul style="list-style-type: none"> • une zone de pollution concentrée en COHV dans les sols au droit du pressing, • un impact par des COHV dans les eaux souterraines au droit du site, et potentiellement en aval du site.
Investigations complémentaires réalisées (octobre 2020)	<ul style="list-style-type: none"> • 12 sondages de sols au carottier sous gaine (3,0 à 4,0 m de profondeur) • Pose de 3 piézomètres et prélèvement de 4 échantillons d'eau souterraine • Mise en place de piézaires et prélèvement de 3 échantillons de gaz des sols
Polluants recherchés	<p>Sols : HCT C₁₀-C₄₀, HAP, BTEX, COHV MACAOH, 8 métaux, PCB, pack ISDI, granulométrie et COT ;</p> <p>Eaux : HCT C₁₀-C₄₀, HAP, PCB, 8 métaux, pack atténuation naturelle (COHV MACAOH, BTEX, éthène, éthane, COT, sulfates, méthane, chlorures et anions NO₃-) ;</p> <p>Gaz des sols : TPH, BTEX, naphthalène et COHV</p>

Impacts complémentaires identifiés	<ul style="list-style-type: none"> • Zone source en PCE à l'extérieur à l'ouest du bâtiment du pressing (teneurs maximales entre 12 000 mg/kg (0 et 1 m) et 6 000 mg/kg (2 et 3 m), • Zone de pollution concentrée au droit du bâtiment du pressing, délimitée en extension horizontale et verticale. Ces deux zones sont situées au droit des futurs parkings, • Impact en COHV dans les eaux souterraines incluant un potentiel impact hors site, • Impact en COHV dans les gaz du sol au droit des futurs parkings en lien avec les impacts sols et eaux souterraines.
Schéma conceptuel	<ul style="list-style-type: none"> • Impacts identifiés : sols impactés en COHV, nappe contenant des composés volatils halogénés, gaz du sol impacté en COHV • Enjeux à protéger : usagers futurs au droit du parking (travailleurs adultes et adultes/enfants de passage) • Voies d'expositions : inhalation de composés volatils
Analyse des Risques Résiduels post travaux	<p>L'ARR a été réalisée sur la base des teneurs dans les gaz des sol mesurées en phase diagnostic et elle a également consisté à vérifier le seuil de coupure en tétrachloroéthylène proposé dans le plan de gestion.</p> <p>Les quotients de danger et excès de risques individuels liés aux différentes expositions ont été calculés à partir des valeurs toxicologiques et des niveaux d'exposition estimés. La méthodologie adoptée est celle préconisée par les circulaires ministérielles de février reprise dans les textes d'avril 2017. L'évaluation du risque concerne l'ensemble des substances pour lesquelles on a considéré ici l'additivité des risques.</p> <p>Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par la SCI GFDI 110, avec les conditions d'études retenues, et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués.</p> <p>Ainsi, l'état environnemental du site est compatible avec l'usage prévu et selon le projet d'aménagement dont la configuration future présente un bâtiment et un parking, respectivement en parties Nord et Sud du site (selon le plan du Maître d'ouvrage daté du 02/12/2020).</p> <p>En outre, l'ARR a permis de valider le seuil de coupure de 360 mg/kg en tétrachloroéthylène proposé dans le plan de gestion (rapport BURGEAP référencé RESISO11840-01). Ce seuil concerne la zone de pollution concentrée exclusivement au droit du futur parking.</p>
Recommandations	<p>Soulignons que les conclusions sur la compatibilité de l'état des milieux avec l'usage futur ne sont valables que dans le cadre de la réhabilitation du site étudié (cf. Plan de Gestion), et devant prévoir notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le recouvrement pérenne et systématique des sols en place, par un dallage (enrobé ou dalle bétonnée) ou de la terre saine de 0,3 m d'épaisseur minimum, afin de supprimer tout contact direct avec les futurs usagers ; • l'usage de canalisations spécifiques d'alimentation d'eau potable (multicouche antiperméation et avec des joints renforcés). <p>De plus, au vu de la variabilité saisonnière des concentrations dans l'air des sols, nous recommandons également de réaliser une seconde campagne de mesures avant travaux ou une fois les aménagements réalisés.</p> <p>Enfin, l'ARR devra être mise à jour en cas de tout changement sur les projets d'aménagement.</p>

1. Codification des prestations

La présente étude est conforme à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 et aux exigences de la norme AFNOR NF X 31-620-2 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués », pour le domaine A : « Etudes, assistance et contrôle ». Elle comprend les prestations suivantes :

Prestations élémentaires (A) concernées	Objectifs	Prestations globales (A) concernées	Objectifs
<input type="checkbox"/> A100	Visite du site	<input type="checkbox"/> AMO Assistance à Maîtrise d'ouvrage en phase études	Assister et conseiller son client pendant tout ou partie de la durée du projet, en phase études.
<input type="checkbox"/> A110	Etudes historiques, documentaires et mémorielles	<input type="checkbox"/> LEVE Levée de doute	Le site relève-t-il de la politique nationale de gestion des sites pollués, ou bien est-il « banalisable » ?
<input type="checkbox"/> A120	Etude de vulnérabilité des milieux	<input type="checkbox"/> INFOS	Réaliser les études historiques, documentaires et de vulnérabilité, afin d'élaborer un schéma conceptuel et, le cas échéant, un programme prévisionnel d'investigations.
<input type="checkbox"/> A130	Elaboration d'un programme prévisionnel d'investigations	<input type="checkbox"/> DIAG	Investiguer des milieux (sols, eaux souterraines, eaux superficielles et sédiments, gaz du sol, air ambiant...) afin d'identifier et/ou caractériser les sources potentielles de pollution, l'environnement local témoin, les vecteurs de transfert, les milieux d'exposition des populations et identifier les opérations nécessaires pour mener à bien le projet (prélèvements, analyses...)
<input type="checkbox"/> A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols	<input type="checkbox"/> PG Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site	Etudier, en priorité, les modalités de suppression des pollutions concentrées. Cette prestation s'attache également à maîtriser les impacts et les risques associés (y compris dans le cas où la suppression des pollutions concentrées s'avère techniquement complexe et financièrement disproportionnée) et à gérer les pollutions résiduelles et diffuses. Réalisation d'un bilan coûts-avantages (A330) qui permet un arbitrage entre les différents scénarios de gestion possibles (au moins deux), validés d'un point de vue sanitaire (A320) Préconisations sur la nécessité de réaliser, ou non, les prestations PCT (dont B111 et/ou B112 (voir NF X 31-620-3)), CONT, SUIVI, A400, et la définition des modalités de leur mise en œuvre ; ces préconisations peuvent également concerner l'organisation, la sécurité et l'encadrement des travaux à réaliser ; Préciser les mécanismes de conservation de la mémoire en lien avec les scénarios de gestion proposés
<input type="checkbox"/> A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines	<input type="checkbox"/> IEM Interprétation de l'Etat des Milieux	La prestation IEM est mise en œuvre en cas de : <ul style="list-style-type: none"> • mise en évidence d'une pollution historique sur une zone où l'usage est fixé (installation en fonctionnement, quartier résidentiel, etc.) ; • mise en évidence d'une pollution hors des limites d'un site ; • signal sanitaire. Comparable à une photographie de l'état des milieux et des usages, la prestation IEM vise à s'assurer que l'état des milieux d'exposition est compatible avec les usages existants [9]. Elle permet de distinguer les situations qui : <ul style="list-style-type: none"> • ne nécessitent aucune action particulière ; • peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et leurs usages constatés ; • nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion
<input type="checkbox"/> A220	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou les sédiments	<input type="checkbox"/> SUIVI	Suivi environnemental
<input type="checkbox"/> A230	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol	<input type="checkbox"/> BQ Bilan quadriennal	Interpréter les résultats des données recueillies au cours des quatre dernières années de suivi Mettre à jour l'analyse des enjeux concernés par le suivi sur la période sur les ressources en eau, environnementales et l'analyse des enjeux sanitaires.
<input type="checkbox"/> A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques	<input type="checkbox"/> CONT Contrôles	Vérifier la conformité des travaux d'investigation ou de surveillance Contrôler que les mesures de gestion sont réalisées conformément aux dispositions prévues
<input type="checkbox"/> A250	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires		
<input type="checkbox"/> A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées		
<input checked="" type="checkbox"/> A270	Interprétation des résultats des investigations		
<input type="checkbox"/> A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux		
<input type="checkbox"/> A310	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales		
<input checked="" type="checkbox"/> A320	Analyse des enjeux sanitaires		
<input type="checkbox"/> A330	Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un bilan coûts/avantages		
<input type="checkbox"/> A400	Dossiers de restriction d'usage, de servitudes		

2. Contexte

Dans le cadre d'un projet d'achat pour la construction d'un magasin Grand Frais et d'une boulangerie Marie BLACHERE à Malemort-sur-Corrèze (19), et suite à la découverte de pollution principalement par des COHV dans les sols, eaux souterraines et gaz des sols, la société SCI GFDI 110 a missionné BURGEAP pour la réalisation d'un plan de gestion avec ARR prédictive.

Le site est actuellement composé :

- Au nord : d'un terrain enherbé qui accueillait historiquement une fonderie et une entreprise de mécanique générale,
- Au sud : d'un pressing dont l'activité a cessé en 2018.

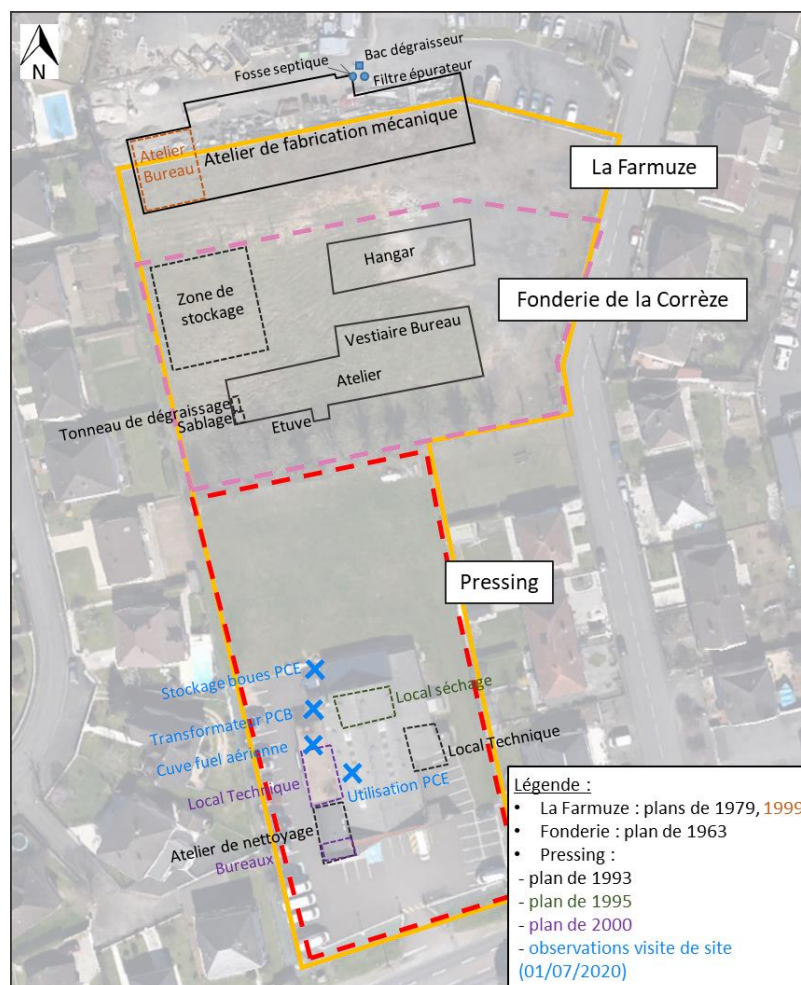


Figure 1 : Synthèse des activités exercées au droit du site

En juillet 2020, puis en octobre 2020, BURGEAP a réalisé un diagnostic initial et un diagnostic complémentaire du milieu souterrain qui ont fait l'objet des deux rapports référencés RESISO11322-01 et RESISO11876-01. Ces diagnostics ont mis en évidence la présence d'une zone concentrée en COHV dans les sols au droit de l'actuel pressing et d'un impact dans les eaux souterraines en COHV au droit du site et potentiellement en aval de celui-ci. Des impacts dans le milieu gaz des sols ont également été mis en évidence.

3. Conceptualisation de l'exposition

Le schéma conceptuel est présenté de façon à visualiser :

- la ou les sources de pollution,
- les voies de transfert possibles,
- les milieux d'exposition,
- les cibles potentielles.

Il est présenté et discuté dans les paragraphes suivants.

Le schéma conceptuel mis à jour à l'issue du diagnostic environnemental du site et pour les usages futurs envisagés est présenté sur la **Figure 14**.

3.1 Géologie et hydrogéologie

Pour rappel, la lithologie rencontrée au droit du site est la suivante :

- Remblais (gravier dans matrice limoneuse, présence de cendre et verre) compris entre 0,3 et 1 m d'épaisseur observés essentiellement au nord du site,
- Argile sableuse rouge avec des passes graveleuses,
- Schiste.

Le niveau statique est compris entre 2,2 et 3,6 m par rapport au terrain actuel. Le sens d'écoulement est attendu vers le sud / sud-ouest, en direction de *la Corrèze*.

3.2 Synthèse des impacts résiduels dans les différents milieux

Les investigations réalisées ont mis en évidence les impacts suivants, représentés sous forme de tableau :

Tableau 1 : Synthèse des impacts mis en évidence

Source caractérisée	Sondages / échantillons associés	Impacts identifiés dans les sols	Impacts identifiés dans les eaux souterraines	Impacts identifiés dans les gaz des sols	Cohérence source-impact	Cohérence entre les différents milieux
Ancienne activité de fonderie au Nord du site	SB8 à SB14 (dénominations des échantillons associés SBX (0-1), SbX (1-2) et SbX (2-3))	<ul style="list-style-type: none"> Impact léger en COHV (teneur maximale en TCE : 1,4 mg/kg) Traces en HAP au droit du sondage SB12 	<ul style="list-style-type: none"> Impacts significatifs en COHV (PCE principalement et TCE, cis 1,2-DCE). Les teneurs atteignent 6 380 µg/l en limite Sud-Ouest du site Traces en HCT, métaux, HAP, BTEX et PCB 	<ul style="list-style-type: none"> Impact léger en COHV (PCE principalement) Traces en TPH et BTEX 	Oui	Oui pour les trois milieux investigués
Ancienne activité de pressing au Sud du site	SB1 à SB7, SB15 à SB26 (dénominations des échantillons associés SBX (0-1), SbX (1-2) et SbX (2-3))	<ul style="list-style-type: none"> Impacts significatifs en COHV (teneur maximale en PCE : 12 000 mg/kg en Sb25 (0-1)) Traces en HCT (max. 200 mg/kg en Sb24 (2-3)) 		<ul style="list-style-type: none"> COHV : impacts significatifs (PCE principalement et TCE) avec un maximum mesuré en Pza1 (PCE = 698.98 µg/m³) au droit de l'ancien pressing Traces en TPH et BTEX 	Oui	

Les cartographies suivantes illustrent les principaux impacts et traces retrouvés dans les sols (en COHV), eaux souterraines (en COHV) et gaz des sols (en COHV, TPH et BTEX) :

Nota : sur les cartographies suivantes, les résultats égale à 0 signifient <LQ (inférieur à la limite de quantification)



Figure 2 : Cartographie des impacts en COHV dans les sols – profondeur 0-1 m



Figure 3 : Cartographie des impacts en COHV dans les sols – profondeur 1-2 m



Figure 4 : Cartographie des impacts en COHV dans les sols – profondeur 2-4 m



Figure 5 : Cartographie des impacts en COHV dans les eaux souterraines



Figure 6 : Cartographie des impacts en COHV dans les gaz des sols



Figure 7 : Cartographie des impacts en TPH dans les gaz des sols



Figure 8 : Cartographie des impacts en BTEX dans les gaz des sols

3.3 L'usage des milieux

3.3.1 Projet d'aménagement/usage pris en compte/environnement du site

Le projet d'aménagement qui nous a été communiqué par le Maître d'Ouvrage en date du 02/12/2020, prévoit la construction d'un ensemble immobilier constitué de :

- Bâtiment commercial (usage de magasin de légumes frais),
- parc de stationnement aérien,
- espaces-verts d'ornement exclusivement.

Les informations suivantes ont pu être recueillies auprès du maître d'ouvrage :

- mode constructif : bâtiment de plain-pied sur dalle pleine terre – pas de précision sur le type de dalle portée ou indépendante,
- ventilation : taux standard d'un ERP. Par conséquent, le taux usuellement pris pour les bureaux a été pris en compte, soit 1 volume / heure,
- bâtiment sans étage,
- recouvrement des sols hors bâtiment : enrobé de 15 cm, et terre végétale pour les zone d'ornement (pas de passage prévu sur ces zones, excepté pour leur entretien),
- dimension de la plus petite pièce en rez-de-chaussée (usage bureau) : 7 à 8 m² sous 2,5 m de hauteur de plafond.

Le projet d'aménagement est fourni sur les figures suivantes. Sur celles-ci sont également localisés les sondages (Figure 9), les piézomètres (Figure 10) et les piézairs (Figure 11, Figure 12 et Figure 13).



Figure 9 : Localisation des sondages sur fond plan de masse



Figure 10 : Localisation des piézomètres sur fond plan de masse

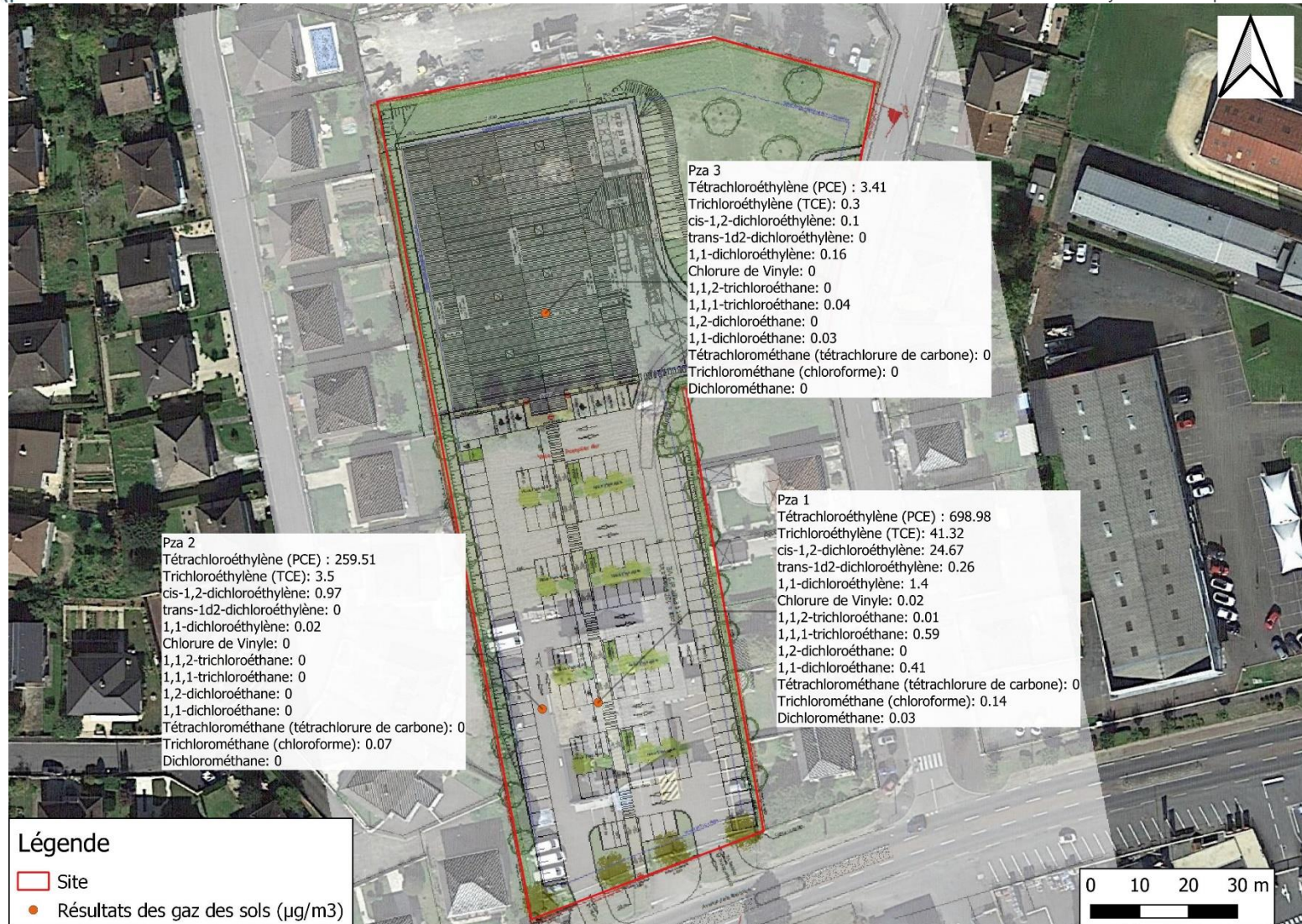


Figure 11 : Localisation des piézaires sur fond plan de masse et résultats COHV associés



Figure 12 : Localisation des piézaires sur fond plan de masse et résultats BTEX associés



Figure 13 : Localisation des piézaires sur fond plan de masse et résultats TPH associés

3.3.2 Enjeux/cibles à considérer

Les enjeux à considérer **sur site** sont les futurs usagers du site : **les travailleurs adultes** qui exerceront leur activité professionnelle sur le site.

Les calculs de risques couvrent donc les autres cibles qui pourraient être présentes sur le site, mais de façon moins exposées, que ce soit en raison de leur localisation (en extérieur, etc.), ou du fait d'une fréquence et d'une durée d'exposition moindre (ex : le public adulte et enfant fréquentant le magasin, travailleurs adultes dédiés à l'entretien des espaces verts, enfant/adolescent fréquentant le parking pour faire du roller, skateboard, etc.).

Le périmètre de la présente étude concerne uniquement le site d'aménagement. Les enjeux hors site ne sont pas l'objet de la présente analyse.

3.4 Voies de transferts depuis les milieux impactés vers les milieux d'exposition

Au droit des zones recouvertes par des bâtiments ou un revêtement spécifique (enrobé et terre végétale dans le cadre du projet), la voie de transfert à considérer est la volatilisation des composés volatils.

La perméation des composés vers les canalisations d'eau potable est également possible. Néanmoins, cette voie est écartée en raison des mesures de gestion recommandées dans le plan de gestion, à savoir que les canalisations seront constituées d'un matériau multicouche anti-perméation.

3.5 Voies d'expositions

3.5.1 Sur site

En regard du projet d'aménagement, la seule voie d'exposition à considérer est l'inhalation de composés volatils issus du milieu souterrain (ZNS¹).

La sélection des voies d'exposition ainsi que l'argumentaire de cette sélection, sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 2 : Voies d'exposition retenues

VOIES D'EXPOSITION	Habitations	Bureaux	RAISON DE LA SELECTION
	Adultes et enfants résidents	Adultes travailleurs	
Inhalation de polluant sous forme gazeuse	Oui	Oui	Du fait de la présence de composés volatils dans les sols et la nappe
Inhalation de polluant adsorbé sur les poussières du sol	Non	Non	En raison de la couverture des sols en place (dallage, bâtiments, terre saine de minimum 0,3 m d'épaisseur), l'inhalation de poussières ne peut plus se produire
Inhalation de vapeur d'eau polluée*	Non	Non	Les conduites AEP seront constituées d'un matériau multicouche anti-perméation
Ingestion directe de sol et/ou de poussières	Non	Non	En raison de la couverture des sols (dallage, bâtiments, terre végétale, enrobé), l'envol de poussières et le contact direct avec les sols ne peut plus se produire.
Ingestion d'aliments d'origine végétale cultivés sur ou à proximité du site	Non	Non	Absence de culture actuellement et dans le futur sur site

¹ Zone Non Saturée

VOIES D'EXPOSITION	Habitations	Bureaux	RAISON DE LA SELECTION
	Adultes et enfants résidents	Adultes travailleurs	
Ingestion d'aliments d'origine animale à partir d'animaux élevés ou pêchés à proximité du site	Non	Non	Absence d'élevages actuellement et dans le futur sur site ou dans le voisinage
Ingestion d'eau contaminée	Non	Non	Canalisations constituées d'un matériau multicouche anti-perméation
Absorption cutanée de sols et/ou de poussières	Non	Non	Absence de relations dose-réponse dans la littérature scientifique**
Absorption cutanée d'eau contaminée (bain, douche, baignade en gravière)	Non	Non	Absence de relations dose-réponse dans la littérature scientifique**
Absorption cutanée de polluant sous forme gazeuse	Non	Non	Voie d'exposition négligeable devant la voie inhalation de vapeur. Absence de relations dose-réponse dans la littérature scientifique

* voie d'exposition considérée par la comparaison entre les concentrations dans les eaux utilisées et les concentrations maximales admissibles dans les eaux potables (voir paragraphe des investigations sur les eaux souterraines).

** Les expositions par contact cutané avec les sols ne sont pas considérées dans la présente étude compte tenu de l'absence de valeur toxicologique de référence pour cette voie d'exposition. En effet, comme cela est préconisé dans la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, en l'absence de connaissance des effets potentiels des substances étudiées par voie cutanée, la transposition de la valeur toxicologique établie par voie orale n'est pas effectuée

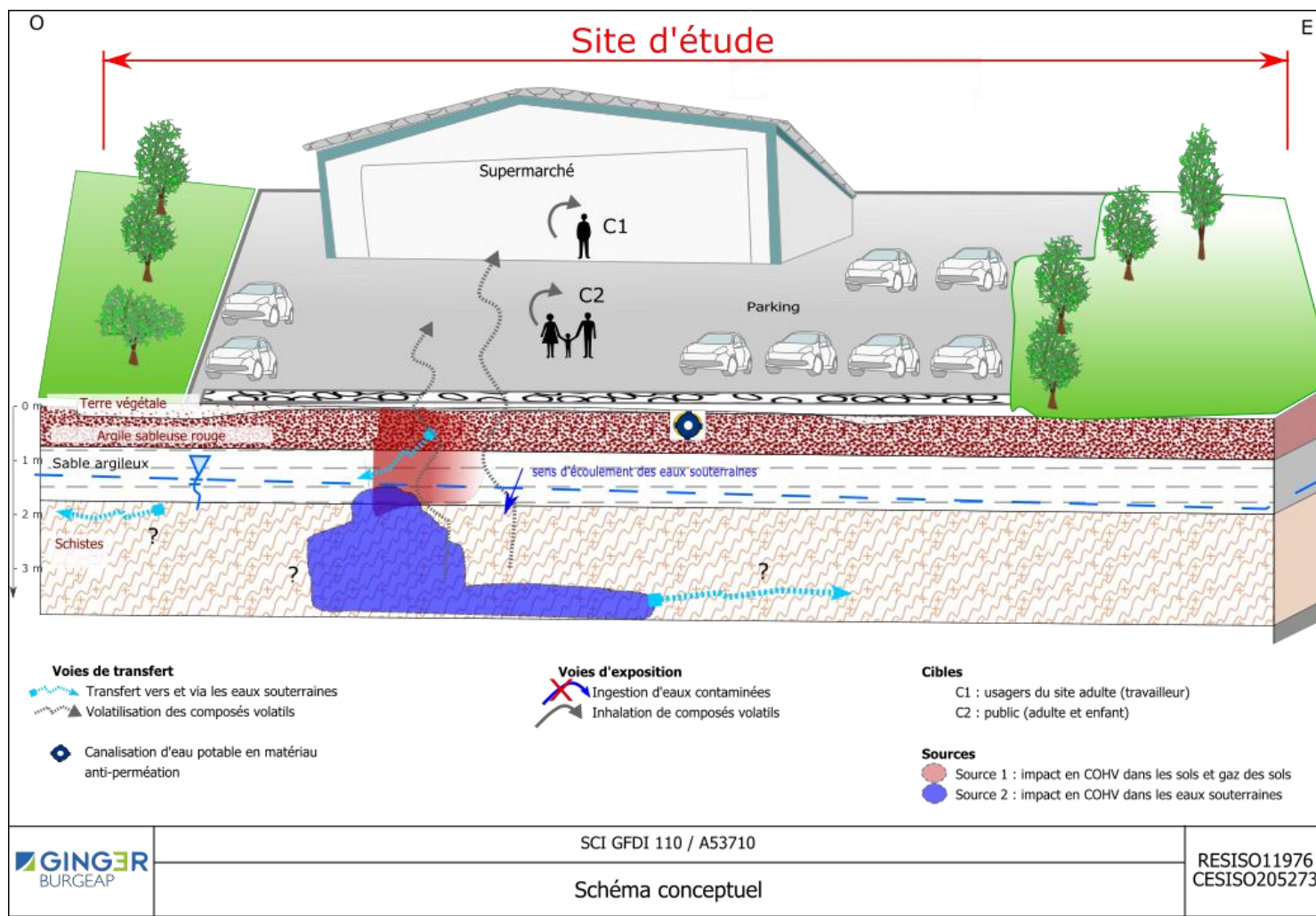


Figure 14 : Schéma conceptuel (usage futur)

4. Analyse des Risques Résiduels (ARR)

4.1 Contexte et méthodologie

Conformément aux textes ministériels relatifs à la gestion des sites et sols pollués de 2007 puis 2017, la compatibilité entre l'état attendu des terrains après mise en œuvre des mesures de gestion proposées et l'usage futur du site doit être vérifiée sur le plan sanitaire.

L'analyse des risques résiduels (ARR) consiste donc à vérifier que l'état des milieux à l'issue des travaux (concentrations résiduelles dans les sols) est compatible avec les usages futurs.

L'ARR qui repose sur le schéma conceptuel final peut être réalisée :

- *a priori* (avant la réalisation des travaux de réhabilitation ou « ARR prédictive »). Les calculs de risque sont menés sur des concentrations résiduelles estimées en tenant compte des performances connues des techniques de dépollution. Dans ce cas, lors du récolement à l'issue des travaux, les concentrations résiduelles mesurées et les caractéristiques des aménagements prévus seront comparées aux données d'entrée de la présente ARR afin de statuer sur la bonne mise en œuvre du plan de gestion. Une ARR prédictive apporte une certaine garantie sur l'acceptabilité sanitaire mais ne remplace pas celle réalisée à l'issue des travaux de réhabilitation ;
- *a posteriori* (à réception des travaux de réhabilitation ou « ARR fin de travaux »). Dans ce cas, à l'issue des travaux, les concentrations résiduelles mesurées lors du récolement et les caractéristiques des aménagements prévus sont intégrées à l'ARR afin de statuer sur la compatibilité entre les pollutions résiduelles et les usages.

L'ARR est ici réalisée *a priori*, avant les travaux de réhabilitation, en considérant les teneurs mesurées dans les terrains qui resteront en place au droit du site et avec validation des seuils de coupure (= objectifs de réhabilitation) proposées dans le rapport de Plan de Gestion et pour les pollutions concentrées.

La méthodologie appliquée est conduite en 4 étapes :

- Etape 1 : Identification des dangers
- Etape 2 : Caractérisation des Relation dose-réponse
- Etape 3 : Estimation des expositions
- Etape 4 : Caractérisation des risques

Cette méthodologie nécessite l'étape préalable de choix justifié et raisonné des composés et concentrations à prendre en compte.

4.2 Composés et concentrations retenues dans les différents milieux

La synthèse des investigations sur le site, combinée au scénario d'exposition retenu, permet de réaliser la sélection des composés à prendre en compte pour les milieux d'exposition considérés.

La seule voie d'exposition retenue est l'inhalation de composés volatils. Les concentrations mesurées dans les gaz du sol (état initial) sont donc préférentiellement retenues par rapport aux concentrations sols et eaux souterraines (diminution des incertitudes liées à la modélisation des transferts). Cette démarche est adoptée dans la mesure où les concentrations au sein des gaz du sol après travaux ne sont pas connues.

Il s'agit donc d'une approche de l'évaluation des risques sanitaires que l'on peut qualifier de « *réaliste à majorante* », puisqu'elle tient compte notamment des concentrations mesurées dans les gaz du sol avant travaux de réhabilitation (sources de pollution encore en place), et non à partir des concentrations résiduelles estimées ou objectifs préconisés de réhabilitation des sols (cf. Plan de Gestion).

La prise en compte des objectifs de réhabilitation définis dans les sols (cf. Plan de Gestion) est étudiée dans le chapitre traitant des incertitudes.

Dans une approche réaliste :

- les piézaires Pza1 et Pza2 ont été pris en compte pour la modélisation au droit de la future zone de parking puisqu'ils sont à la fois positionnés au droit des futurs parkings et des deux principales zones d'impacts,
- le piézair Pza3 a été pris en compte pour le calcul de risque sous le futur bâtiment puisqu'il est positionné au droit de celui-ci (dans une zone où des COHV ont été détectés dans les sols et dans les eaux souterraines).

Dans une approche majorante, les concentrations maximales sont retenues entre Pza1 et Pza2.

Les concentrations retenues sont présentées dans le tableau en page suivante.

Tableau 3 : Concentrations retenues dans les différents milieux pour l'ARR

Substances	Concentrations à la source retenues sous le bâtiment		Concentrations à la source retenues en extérieur	
	Gaz du sol	Investigations correspondantes et critères de sélection	Gaz du sol	Investigations correspondantes et critères de sélection
	mg/m ³		mg/m ³	
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES				
benzène	0.00003	Pza3	0.00001	Pza1
toluène	0.00012	Pza3	0.00014	Pza1
ethylbenzène	0.00001	Pza3	0.00003	Pza1
M+p-Xylène	0.00003	Pza3	0.00014	Pza1
o-Xylène	0.00002	Pza3	0.00009	Pza1
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH				
Aliphatic nC>5-nC6	0.000102	Pza3	0.00028	Pza1
Aliphatic nC>6-nC8	0.00061	Pza3	0.00053	Pza1
Aliphatic nC>8-nC10	0.00186	Pza3	0.00658	Pza1
Aliphatic nC>10-nC12	0.0003	Pza3	0.00411	Pza1
Aliphatic nC>12-nC16		<LQ en Pza3	0.00053	Pza1
Aromatic nC>8-nC10		<LQ en Pza3	0.00058	Pza1
Aromatic nC>10-nC12		<LQ en Pza3	0.00014	Pza1
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS				
tétrachloroéthylène (PCE)	0.00341	Pza3	0.69898	Pza1
trichloroéthylène (TCE)	0.0003	Pza3	0.04132	Pza1
dichloroéthylène (cis 1,2-DCE)	0.0001	Pza3	0.02467	Pza1
dichloroéthylène (trans 1,2-DCE)		<LQ en Pza3	0.00026	Pza1
1,1 dichloroéthylène (1,1 DCE)	0.00016	Pza3	0.0014	Pza1
chlorure de vinyle (VC)		<LQ en Pza3	0.00002	Pza1
1,1,2 trichloroéthane		<LQ en Pza3	0.00001	Pza1
1,1,1 trichloroéthane	0.00004	Pza3	0.00059	Pza1
1,1 dichloroéthane	0.00003	Pza3	0.00041	Pza1
chloroforme (TCmA)		<LQ en Pza3	0.00014	Pza1
dichlorométhane		<LQ en Pza3	0.00003	Pza1

4.3 Identification des dangers

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

Pour les substances prises en compte dans le cadre de cette évaluation, les effets toxiques ont été collectés et notamment les effets cancérogènes (apparition de tumeurs), les effets mutagènes (altération du patrimoine génétique) ainsi que les effets sur la reproduction (reprotoxicité).

En ce qui concerne le potentiel cancérogène, différents organismes internationaux (l'OMS, l'Union Européenne et l'US-EPA) distinguent différentes catégories ou classes. Seule la classification de l'Union Européenne a un caractère réglementaire. C'est également la seule qui classe les substances chimiques quant à leur caractère mutagène et reprotoxique.

L'ensemble des voies d'exposition a été traité en effets chroniques, correspondant à de longues durées d'exposition (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA et supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

L'ensemble des informations concernant le potentiel toxique des substances retenues est reporté en Annexe 1.

4.4 Caractérisation des Relation dose-réponse

L'évaluation quantitative de la relation entre la dose (ou la concentration) et l'incidence de l'effet néfaste permet d'élaborer la **Valeur Toxicologique de Référence** (VTR). Des VTR sont établies par diverses instances internationales ou nationales¹ à partir de l'analyse des données toxicologiques expérimentales chez l'animal et/ou des données épidémiologiques. Ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une dose et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose).

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu, deux grands types d'effets toxiques peuvent être distingués :

- les effets à seuil pour lesquels il existe un seuil d'exposition en dessous duquel l'effet néfaste n'est pas susceptible de se manifester,
- les effets sans seuil pour lesquels la probabilité de survenue de l'effet néfaste croît avec l'augmentation de la dose.

La note d'information [N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014](#) relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués est prise en compte pour la sélection des VTR.

Les valeurs toxicologiques de référence sont synthétisées dans le tableau en page suivante. Les relations dose-réponse des composés retenus sont discutées dans les incertitudes au paragraphe 4.7.

¹ IRIS US-EPA (Integrated Risk Information System ; US Environmental Protecting Agency)

ATSDR Toxicological Profiles (US Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

OMS (Organisation Mondiale de la Santé)

Santé canada (Ministère Fédéral de la Santé – Canada),

RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu – Institut National de Santé Publique et de l'Environnement – Pays Bas),

OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment of California – Etat Unis)

En France, l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement, du Travail) peut également produire des VTR.

Tableau 4 : Valeurs toxicologiques de référence retenues

Substance	CAS N°	Effets sans seuil			Effets à seuil							
		ERUi	TYPE CANCER	SOURCE	VTRi	ORGANE	SOURCE	SF	VTRi spécifique effet cancérigène	ORGANE	SOURCE	SF
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹			($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES												
benzène	71-43-2	2.6E-05	leucémie	Anses, 2013	10	sang	Anses, 2008	10	-	-	-	-
toluène	108-88-3	-	-	-	19 000	syst. Nerveux	Anses, 2017	5	-	-	-	-
ethylbenzène	100-41-4	-	-	-	1 500	effet ototoxique	ANSES 2016	30	-	-	-	-
M+p-Xylène	1320-20-7	-	-	-	200	syst. Nerveux	ATSDR, 2007 retenu par Anses, 2018	300	-	-	-	-
o-Xylène	95-47-6	-	-	-	200	syst. Nerveux	ATSDR, 2007 retenu par Anses, 2018	300	-	-	-	-
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH												
Aliphatic nC>5-nC6	non adéquat	-	-	-	3 000	syst. nerveux	Anses, 2014	75	-	-	-	-
Aliphatic nC>6-nC8	non adéquat	-	-	-	3 000	syst. nerveux	Anses, 2014	75	-	-	-	-
Aliphatic nC>8-nC10	non adéquat	-	-	-	1 000	syst. Hépatique	TPHCWG, 1997	1000	-	-	-	-
Aliphatic nC>10-nC12	non adéquat	-	-	-	1 000	syst. Hépatique	TPHCWG, 1997	1000	-	-	-	-
Aliphatic nC>12-nC16	non adéquat	-	-	-	1 000	syst. Hépatique	TPHCWG, 1997	1000	-	-	-	-
Aromatic nC>8-nC10	non adéquat	-	-	-	200	poids	TPHCWG, 1997	1000	-	-	-	-
Aromatic nC>10-nC12	non adéquat	-	-	-	200	poids	TPHCWG, 1997	1000	-	-	-	-
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS												
tétrachloroéthylène (PCE)	127-18-4	2.6E-07	hépatique	US-EPA, 2012 retenu par Anses, 2018	400	neurotoxicité	Anses, 2018	30	-	-	-	-
trichloroéthylène (TCE)	79-01-6	1.0E-06	cancer du rein	Anses, 2018	3 200	rein	Anses, 2018	75	-	-	-	-
dichloroéthylène (cis 1,2-DCE)	156-59-2	-	-	-	60	hépatique	RIVM, 2009	3000	-	-	-	-
dichloroéthylène (trans 1,2-DCE)	156-60-5	-	-	-	60	hépatique	RIVM, 2009	3000	-	-	-	-
1,1 dichloroéthylène (1,1 DCE)	75-35-4	-	-	-	200	hépatique	US-EPA, 2002	30	-	-	-	-
chlorure de vinyle (VC)	75-01-4	3.8E-06	Tumeurs hépatiques	Anses, 2012	100	hépatique	US-EPA, 2000	30	-	-	-	-
1,1,2 trichloroéthane	79-00-5	1.6E-05	hépatique	US-EPA, 1987	-	-	-	-	-	-	-	-
1,1,1 trichloroéthane	71-55-6	-	-	-	1 000	syst. nerveux	OEHHA, 2004 retenu par INERIS, 2014	300	-	-	-	-
1,1 dichloroéthane	75-34-3	1.6E-06	glandes mammaires	OEHHA 2011	-	-	-	-	-	-	-	-
chloroforme (TCmA)	67-66-3	-	-	-	98	hépatique	ATSDR, 1998	100	63	cancer rénal	ANSES, 2008	100
dichlorométhane	75-09-2	1.0E-08	hépatique	US-EPA, 2011	600	foie	US-EPA, 2011	30	-	-	-	-

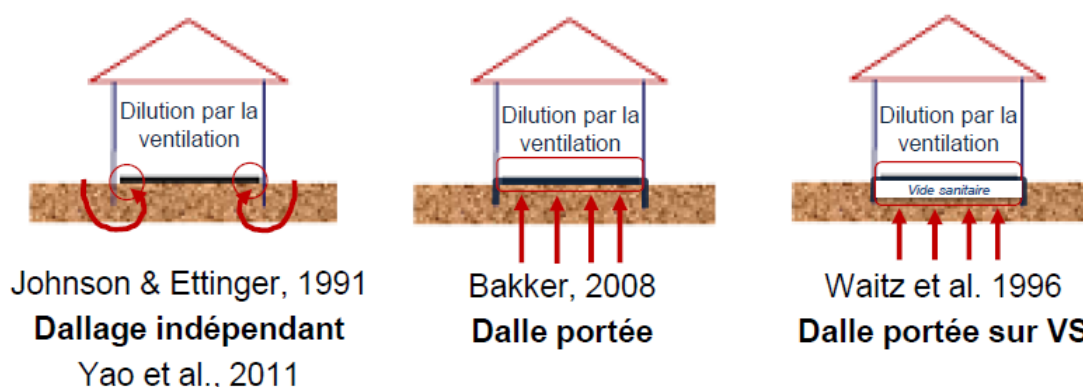
4.5 Estimation des expositions

4.5.1 Concentrations dans les milieux d'exposition

4.5.1.1 Estimation des concentrations dans l'air intérieur et extérieur

La modélisation des transferts des gaz des sols vers l'air intérieur est associée au développement d'outils datant du début des années 1990. Ces outils sont très peu nombreux, les principaux utilisés en France qui intègrent le transport diffusif et le transport convectif sont VOLASOIL ^[3] (Waitz et al, 1996) adapté aux situations avec vide sanitaire, le modèle dit de « Johnson and Ettinger »^[4] (Johnson and Ettinger, 1991) adapté aux constructions en dallage indépendant (avec fissuration périphérique de la dalle liée au séchage) et le modèle développé par Bakker et al (2008)^[5] pour les constructions en dalle portée ou radier (fondation et dalle d'un seul tenant, sans fissuration périphérique).

Figure 15 : Représentation schématique des différents modèles de calcul des transferts des sols vers l'air intérieur



Plusieurs projets de recherche ont mis en évidence des grandes disparités entre les résultats de ces outils de modélisation associés aux modes constructifs, aux hypothèses calculatoires et aux phénomènes considérés¹. Par ailleurs, des retours d'expérience réalisés à partir de mesures de concentration ont conduit à des bases de données de facteur d'atténuation (US-EPA, France BRGM dans le cadre des diagnostics sur les établissements sensibles). Aux États-Unis, l'analyse du retour d'expérience conduit les différents États à recommander l'application de certains facteurs d'atténuation en fonction de la localisation des mesures.

En France, l'application d'un facteur d'atténuation est énoncée dans la Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués du Ministère de l'Environnement d'avril 2017 et dans le guide méthodologique FLUXOBAT de novembre 2013. Selon ce guide méthodologique, l'application d'un facteur d'atténuation a principalement pour objectif « l'évaluation d'un potentiel de transfert des pollutions vers l'air intérieur (...) ». Il s'agit d'une modélisation empirique.

^[3] Waitz *et al.*, 1996. The VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds. M.F.W. Waitz; J.I. Freijer; F.A. Swartjes. May 1996. RIVM. Report n° 7581001.

^[4] Johnson PC and Ettinger RA, 1991. Heuristic model for predicting the intrusion rate of contaminant vapors into buildings. *Env. Sci. Technol.* 25, p 1445-1452

^[5] Bakker et al. 2008 RIVM Report 711701049/2008 : Site-specific human risk assessment of soil contamination with volatile compounds

¹ Fluxobat

Aussi, « l'évaluation des transferts et des expositions aux pollutions provenant du sol » est communément réalisée à l'aide d'une modélisation analytique dite « intégrale » et adaptée pour des systèmes relativement simples (Modèles de Johnson & Ettinger et/ou de Bakker *et al.*).

Pour notre site et dans le cadre du Plan de gestion des pollutions, une modélisation de type analytique est alors retenue pour l'évaluation des transferts des polluants provenant du sous-sol. Le maître d'ouvrage n'ayant pas connaissance du mode constructif des futurs bâtiments (« dalle pleine terre »), les modèles de Johnson et Ettinger, ainsi que de Bakker seront utilisés.

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

Les équations sont détaillées en Annexe 3.

► Hypothèses retenues – paramètres liés au sol et aux aménagements

Les concentrations dans l'air intérieur sont estimées à partir des concentrations mentionnées dans le **Tableau 3**. Les hypothèses retenues pour la réalisation des calculs de transferts des gaz des sols vers l'air intérieur et l'air extérieur, sont rappelées dans les tableaux ci-après.

Tableau 5 : Paramètres retenus liés au sol

Lithologie sous le bâtiment	Unités	Horizon1	Sources de données
Nature lithologique	m	Limons sableux	Données de terrain
Epaisseur	m	0.1	Hypothèse réaliste : volatilité élevée des substances considérées et des paramètres de sols plutôt favorables au transfert de vapeur
Porosité	-	25%	Utilisé au niveau de la source et pour les transferts
Teneur en eau	-	15%	Utilisé au niveau de la source et pour les transferts
Perméabilité	m ²	1.00E-12	Donnée bibliographique
foc	-	0.7%	Utilisé uniquement au niveau de la source pour le calcul des concentrations dans les gaz du sol le cas échéant
Masse volumique du sol	kg/l	1.80	Utilisé uniquement au niveau de la source pour le calcul des concentrations dans les gaz du sol le cas échéant

Profondeur de la pollution	Unités	Valeurs	Sources de données
Profondeur du toit de la source en ZNS sous le bâtiment (sous la dalle la plus basse ou sous le VS)	m	0.1	Hypothèse réaliste : volatilité élevée des substances considérées et des paramètres de sols plutôt favorables au transfert de vapeur

Tableau 6 : Paramètres retenus liés aux scénarii d'aménagements

J&E (1991)			
Paramètres nécessaires pour l'utilisation du modèle de J&E (1991)	Unités	Valeurs	Sources de données
Périmètre	m	11	Approche sécuritaire : Périmètre de plus petite pièce considérée
Différence de pression entre l'air intérieur et extérieur (dP)	Pa	4.00	Valeur par défaut
Epaisseur de la dalle (Lcrack = Zcrack en l'absence de sous-sol)	m	0.15	Donnée donneur d'ordre
Taux de fissuration de la dalle du bâtiment (A crack en périphérie)	(-)	2.E-04	Valeur par défaut

Bakker (RIVM, 2008)

Paramètres nécessaires pour l'utilisation du modèle Bakker (2008)	Unités	Valeurs	Sources de données
Différence de pression entre l'air intérieur et extérieur (dP)	Pa	2.00	Valeur par défaut
Épaisseur de la dalle du rez de chaussée	m	0.15	Donnée donneur d'ordre
Perméabilité à l'air de la dalle du rez de chaussée	m ²	2.0E-13	Valeur par défaut de Bakker et al., 2008 pour une dalle de bonne qualité
Porosité de la dalle béton du rez de chaussée	-	0.12	Valeur par défaut
Teneur en gaz du béton du rez de chaussée	-	0.05	Valeur par défaut
Teneur en eau du béton du rez de chaussée	-	0.07	Valeur par défaut

Paramètres de sol génériques	Unités	Valeurs	Sources de données / Commentaires
Température de référence des sols (proche bâtiment)	°C	15	Utilisée pour calculer les perméabilités à cette température de référence. NB : Paramètre peu sensible
Viscosité dynamique	(g/cm/s)	1.8.E-04	Viscosité à la température de référence utilisée pour calculer les perméabilités. (Ne pas modifier)
Viscosité dynamique	(Pa.h)	4.9.E-09	Viscosité à la température de référence utilisée pour calculer les perméabilités. (Ne pas modifier)

Géométrie et Ventilation du bâtiment	Unités	Valeurs	Sources de données
Surface	m ²	7	Donnée donneur d'ordre
Hauteur	m	2.5	Donnée donneur d'ordre
Renouvellement d'air	/h	1	Donnée donneur d'ordre : standard ERP Approche sécuritaire pour une pièce de 17,5 m ³ : pour les bureaux et locaux sans travail physique, débit minimum de 25 m ³ /h/personne

Dilution par le vent	Unités	Valeurs	Sources de données
Hauteur de la zone de mélange (adulte)	m	1.5	Hauteur des voies respiratoires des cibles (1,5m pour les adultes)
Longueur de la zone de mélange	m	120	Plus grande distance en extérieur entre l'entrée du parking et la zone de retournement des camions (approche sécuritaire)
Vitesse moyenne de vent	m/s	2.0	Valeur contraignante

Recouvrement de surface	Unités	Valeurs	Sources de données
Nature du recouvrement	-	Enrobé	Blanc et al. (2012) retiennent pour l'enrobé extérieur (parking) une porosité de 3% et une teneur en eau nulle
Porosité	-	0.03	Donnée bibliographique
Teneur en eau	-	0.00	Donnée bibliographique
Épaisseur	m	0.15	Donnée du donneur d'ordre

► Concentrations dans l'air intérieur et extérieur

Le tableau ci-après présente les concentrations estimées en air intérieur et extérieur.

Tableau 7 : Concentrations en air intérieur et extérieur

Substances	Concentrations calculées dans l'air extérieur						Concentrations calculées dans l'air intérieur		Concentrations calculées dans l'air extérieur
	AIR EXTERIEUR			AIR INTERIEUR			J&E	Bakker	Avec recouvrement
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Adultes
	Bruit de fond (source OQAI (P90) ou INERIS,2009 (urbain))	Valeurs réglementaires - décret n° 2010-1250 (valeur limite/valeur cible)	Valeurs guide OMS	Bruit de fond logement (P90 - source OQAI)	Valeur réglementaire Décret n° 2011-1727	VGAI ANSES, VRAI HCSP, INDEX, VG OMS	Air intérieur des lieux de vie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Air intérieur des lieux de vie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Air extérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES									
benzène	2.2	5	1.7	5.7	2	2	8.63E-06	9.61E-06	1.19E-07
toluène	9	-	-	46.9	-	20 000	3.44E-05	3.82E-05	1.65E-06
ethylbenzène	2.1	-	-	7.5	-	1 500	2.73E-06	2.91E-06	3.05E-07
M+p-Xylène	5.6	-	-	22	-	200	8.00E-06	8.42E-06	1.33E-06
o-Xylène	2.3	-	-	8.1	-	200	5.73E-06	6.36E-06	1.06E-06
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH									
Aliphatic nC>5-nC6	-	-	-	-	-	-	3.04E-05	3.54E-05	3.79E-06
Aliphatic nC>6-nC8	-	-	-	-	-	-	1.82E-04	2.12E-04	7.17E-06
Aliphatic nC>8-nC10	-	-	-	-	-	-	5.55E-04	6.45E-04	8.90E-05
Aliphatic nC>10-nC12	9.8	-	-	62.7	-	-	8.95E-05	1.04E-04	5.56E-05
Aliphatic nC>12-nC16	-	-	-	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	7.17E-06
Aromatic nC>8-nC10	-	-	-	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	7.85E-06
Aromatic nC>10-nC12	-	-	-	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	1.90E-06
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS									
tétrachloroéthylène (PCE)	2.4	-	250	5.2	-	250	9.18E-04	9.71E-04	6.81E-03
trichloroéthylène (TCE)	1.6	-	23	3.3	-	10	8.34E-05	9.01E-05	4.42E-04
dichloroéthylène (cis 1,2-DCE)	-	-	-	-	-	-	2.71E-05	2.89E-05	2.46E-04
dichloroéthylène (trans 1,2-DCE)	-	-	-	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	2.49E-06
1,1 dichloroéthylène (1,1 DCE)	-	-	-	-	-	-	4.63E-05	5.19E-05	1.71E-05
chlorure de vinyle (VC)	-	-	10	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	2.87E-07
1,1,2 trichloroéthane	-	-	-	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	1.06E-07
1,1,1 trichloroéthane	-	-	-	-	-	-	1.11E-05	1.19E-05	6.23E-06
1,1 dichloroéthane	-	-	-	-	-	-	8.17E-06	8.70E-06	4.12E-06
chloroforme (TCmA)	-	-	-	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	1.97E-06
dichlorométhane	-	-	-	-	-	-	0.00E+00	0.00E+00	4.11E-07

Au regard des concentrations calculées dans l'air intérieur et l'air extérieur (à partir des teneurs mesurées dans les gaz du sol), il n'est pas observé de dépassement des valeurs guides et réglementaires, ou de bruit de fond.

En l'absence de dépassement des valeurs de référence (valeur guide ou valeur réglementaire), et ceci indépendamment des temps d'exposition, aucune incompatibilité du milieu avec les usages n'est mise en évidence à ce stade. Les indices de risques restent toutefois à évaluer en fonction des temps d'exposition de chaque cible.

Par ailleurs, il est à noter que les teneurs modélisées en extérieur en PCE, TCE et cis-1,2- DCE, sont supérieures à celles modélisées en intérieur. De plus, les paramètres trans-1,2-DCE, 1,1-DCE, VC TCmA et dichloroéthane ont été mesurés exclusivement en extérieur.

Par conséquent, la modélisation des niveaux de risque sanitaire à partir des concentrations maximales calculées en extérieur et intérieur (approche majorante tenant compte du renouvellement de l'air intérieur avec celui de l'extérieur), sera étudiée dans le § 4.7 dédié aux incertitudes.

4.5.2 Estimation des expositions

4.5.2.1 Exposition par inhalation

Le calcul de la concentration moyenne inhalée est réalisé avec l'équation générique suivante (guide EDR du Ministère en charge de l'environnement/BRGM/INERIS, version 2000) :

$$CI_j = [C_j \times t_j \times T \times F / T_m]$$

avec :

- CI_j : concentration moyenne inhalée du composé j (en mg/m³).
- C_j : concentration du composé j dans l'air inhalé (mg/m³).
- T : durée d'exposition (années).
- F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an (jours/an).
- t_j : fraction du temps d'exposition à la concentration C_j pendant une journée (-)
- T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours).

Les concentrations moyennes inhalées sont calculées à partir des concentrations de gaz dans l'air présentées dans le [Tableau 7](#) précédent.

Le détail des calculs est donné en Annexe 4.

4.5.2.2 Budget espace-temps (BET)

Le budget espace-temps des cibles considérées est présenté ci-après.

Tableau 8 : Budgets espace/temps retenus

Scénario	Cibles		Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée
	Adultes	Enfants	
2a Bureaux de plain-pied	T = 42 ans 220 jours par an 8h/jour en intérieur 0,4h/jour en extérieur*	-	- 70 ans (correspondant à la durée de vie considérée par l'ensemble des organismes nationaux et internationaux pour l'établissement de valeurs toxicologiques et l'évaluation des risques) pour les effets cancérigènes quelle que soit la cible considérée - T (correspondant à durée d'exposition) pour les effets toxiques non cancérigènes quelle que soit la cible considérée

Les données utilisées sont issues de la synthèse des travaux du département santé environnement de l'institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition¹ d'une part, de l'Exposure Factor Handbook (US-EPA, EFH, 1997 et 2001) d'autre part, et enfin de la réglementation du travail en France.

Pour les durées d'exposition dans le contexte du travail, le cas le plus défavorable a été considéré pour les adultes qui travailleraient pendant 42 ans au même endroit (correspondant à la durée totale de la période de travail) ; cependant la variabilité de cette durée d'exposition est importante. Les durées de 220 jours/an et 8 h/jour en intérieur et 0,4h/j en extérieur correspondent aux durées « classiques » du travail en France.

¹ Demeureaux C, Zeghnoun A. Synthèse des travaux du département santé environnement de l'institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition. Saint Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2012. 28p.

4.6 Quantification des risques sanitaires

4.6.1 Méthodologie

4.6.1.1 Estimation du risque pour les effets toxiques sans seuil

Pour les effets toxiques sans seuil, et pour des faibles expositions, l'excès de risque individuel (ERI) est calculé de la façon suivante :

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

Les ERI s'expriment sous la forme mathématique 10^{-n} . Par exemple, un excès de risque de 10^{-5} présente la probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer pour 100 000 personnes exposées durant la vie entière.

Pour chaque scénario d'exposition, un ERI global est ensuite calculé en faisant :

- pour chaque composé, la somme des risques liés à chacune des voies d'exposition,
- la somme des risques liés à chacun des composés cancérigènes.

Il n'existe pas de niveau d'excès de risque individuel universellement acceptable. Les documents du ministère en charge de l'environnement de février 2007, confirmés par ceux de 2017, relatifs aux sites et sols pollués et aux modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués, considèrent que le niveau de risque « usuellement [retenue] au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé », de 10^{-5} est acceptable.

En cas d'exposition conjointe à plusieurs agents dangereux, l'Environmental Protection Agency des Etats-Unis (US-EPA) recommande de sommer l'ensemble des excès de risque individuels (ERI), quels que soient le type de cancer et l'organe touché, de manière à apprécier le risque cancérigène global qui pèse sur la population exposée.

4.6.1.2 Estimation du risque pour les effets toxiques à seuil

Pour les effets toxiques à seuil, un quotient de danger (QD) est défini pour chaque voie d'exposition de la manière suivante :

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

Un QD inférieur ou égal à 1 signifie que l'exposition de la population n'atteint pas le seuil de dose à partir duquel peuvent apparaître des effets indésirables pour la santé humaine. A l'inverse, un ratio supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer dans la population, sans qu'il soit possible d'estimer la probabilité de survenue de cet événement.

En l'absence de doctrine unique sur l'additivité des risques et compte tenu de la méconnaissance à l'heure actuelle des mécanismes d'action pour la majorité des substances, nous procéderons à l'additivité des quotients de danger **en premier niveau d'approche**.

4.6.2 Quantification des risques sanitaires résiduels au droit du site

Les quotients de danger et excès de risques individuels liés aux différentes expositions ont été calculés à partir des valeurs toxicologiques (Tableau 4) et des niveaux d'exposition estimés au paragraphe précédent. Le détail du calcul est donné en Annexe 4.

La méthodologie adoptée est celle préconisée par les circulaires ministérielles de février reprise dans les textes d'avril 2017. L'évaluation du risque nécessite la prise en compte simultanée d'expositions par différentes voies (inhalation en intérieur et en extérieur) et concerne l'ensemble des substances pour lesquelles on considérera ici l'additivité des risques.

Tableau 9 : Synthèse des QD et ERI – Modèle Johnson & Ettinger en intérieur

	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)		Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger spécifique (QD)		Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)	
	Adulte 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Composés tirant le risque
INHALATION air intérieur dans le lieu de vie J&E	6.74E-11	tétrachloroéthylène (PCE)	0.0E+00	non calculé	9.4E-07	tétrachloroéthylène (PCE)
INHALATION air extérieur avec recouvrement	1.34E-11	tétrachloroéthylène (PCE)	3.1E-10	chloroforme (TCmA)	2.2E-07	tétrachloroéthylène (PCE)
TOTAL (J&E)	8.1E-11		3.1E-10		1.2E-06	
TOTAL (Bakker)	8.7E-11		3.1E-10		1.2E-06	
Risques non significatifs						
Risques significatifs						

Tableau 10 : Synthèse des QD et ERI – Modèle Bakker en intérieur

	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)		Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger spécifique (QD)		Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)	
	Adulte 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Composés tirant le risque
INHALATION air intérieur dans le lieu de vie Bakker	7.31E-11	tétrachloroéthylène (PCE)	0.0E+00	non calculé	1.0E-06	tétrachloroéthylène (PCE)
INHALATION air extérieur avec recouvrement	1.34E-11	tétrachloroéthylène (PCE)	3.1E-10	chloroforme (TCmA)	2.2E-07	tétrachloroéthylène (PCE)
TOTAL (J&E)	8.1E-11		3.1E-10		1.2E-06	
TOTAL (Bakker)	8.7E-11		3.1E-10		1.2E-06	
Risques non significatifs						
Risques significatifs						

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par GRAND FRAIS, avec les conditions d'études retenues (notamment la prise en compte de l'état environnemental initial des gaz du sol ; une seule campagne d'analyses sur les gaz du sol), et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués.

Ainsi, l'état environnemental du site est compatible avec l'usage prévu et selon le projet d'aménagement dont la configuration future présente un bâtiment et un parking, respectivement en parties Nord et Sud du site (selon le plan du Maître d'ouvrage daté du 02/12/2020).

4.7 Analyse des incertitudes

L'analyse des incertitudes d'une évaluation des risques et la sensibilité des paramètres retenus pour cette évaluation est une partie intégrante d'un calcul de risque sanitaire.

Afin de ne pas alourdir cette analyse les paramètres clés de l'évaluation réalisée sont ici discutés ainsi que leurs incidences sur les résultats de l'évaluation. Ces paramètres clés sont dépendants de scénario d'exposition et des substances retenues.

Tableau 11 : Variables générant les incertitudes majeures de l'évaluation

Variable	Voie d'exposition touchée	Poids dans l'évaluation	Approche retenue																
Non prise en compte de l'exposition au bruit de fond																			
Bruit de fond	Inhalation	Faible	<p>Dans la mesure où le bruit de fond et ses incidences sanitaires n'ont pas à ce jour fait l'objet d'une procédure de gestion nationale, la présente étude a été menée en ne considérant que la compatibilité vis-à-vis des composés présents en concentrations supérieures au bruit de fond sur le site. Cette pratique correspond à ce qui est couramment réalisé dans ce type d'étude. Cependant, il faut rappeler que :</p> <ul style="list-style-type: none"> la présence potentielle de composés organiques volatils (benzène, solvants, etc.) ou de poussières dans l'air atmosphérique de certaines agglomérations (suivis parfois par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air), non liée au site, n'est pas prise en compte ; la présence potentielle dans l'air intérieur de composés organiques volatils (solvants, formaldéhydes, etc.) issus des aménagements et activités dans les locaux, non liée au site, n'est pas prise en compte. 																
Choix et caractéristiques des composés																			
Nature des composés et concentrations retenues	Inhalation intérieur et extérieur	Fort	<p>Sécuritaire : les composés ayant été détectés au moins une fois dans les gaz des sols ont été retenus pour l'étude au droit de chaque zone.</p> <p>Réaliste : la localisation des ouvrages a conditionné les résultats pris en compte :</p> <ul style="list-style-type: none"> les piézaires Pza1 et Pza2 ont été pris en compte pour le calcul de risque au droit de la future zone de parking puisqu'ils sont positionnés au droit de celle-ci (dans les deux principales zones d'impacts significatifs), le piézair Pza3 a été pris en compte pour le calcul de risque sous le futur bâtiment puisqu'il est positionné au droit de celui-ci (dans une zone où des COHV ont été détecté dans les sols et dans les eaux souterraines). <p>Sécuritaire : Les concentrations maximales sont retenues entre Pza1 et Pza2.</p>																
Valeurs Toxicologiques de référence	Inhalation	Faible	<p>Les VTR ont été retenues conformément à la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.</p> <p>Concernant le polluant principal tirant le risque, c'est-à-dire le PCE :</p> <ul style="list-style-type: none"> Pour les effets chroniques à seuil par inhalation au tétrachloroéthylène (effets critiques neurologiques), nous retenons la VTR proposée par l'Anses (2018) de 400 µg/m3 (facteur d'incertitude global de 30) et un niveau de confiance global fort. Etant identique à la RfC proposée par l'US-EPA en 2012, la MRL établie récemment par l'ATSDR (juin 2019) n'est pas retenue, Pour les effets sans seuil par inhalation l'Anses (2018) considère que la valeur proposée par l'OEHHA (2016) ne répond pas aux critères de qualité scientifique fixés par la commission spécialisée (CES substance). En effet, l'étude source et la construction de la valeur présentent des limites qui ne permettent pas leur exploitation. La VTR de l'US-EPA (2012) est alors retenue : ERUi de 2,6.10⁻⁷ (µg/m3)⁻¹. 																
Cumul des QD et des ERI	Toutes	Fort	<p>Il convient de rappeler la limite méthodologique des évaluations de risques sanitaires lorsque plusieurs substances peuvent avoir entre elles des effets synergiques ou antagonistes. A l'heure actuelle, les éléments qui permettraient de déterminer si les effets se cumulent ou non ne sont pas disponibles et il n'y a pas de consensus sur une méthode pour prendre en compte les effets de mélanges.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Somme</th> <th>Justification</th> <th>Consensus</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ERI</td> <td>Oui quels que soient les organes cibles, les types de cancer et les voies d'exposition</td> <td>On parle de cancer en général quelle que soit la cause ou le mécanisme</td> <td>Oui, internationaux</td> </tr> <tr> <td>QD</td> <td>discutable</td> <td>Approche par organe cible</td> <td>Proche des consensus nationaux et internationaux</td> </tr> <tr> <td>Si SQD>1</td> <td>Faire la somme par organe cible</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Somme	Justification	Consensus	ERI	Oui quels que soient les organes cibles, les types de cancer et les voies d'exposition	On parle de cancer en général quelle que soit la cause ou le mécanisme	Oui, internationaux	QD	discutable	Approche par organe cible	Proche des consensus nationaux et internationaux	Si SQD>1	Faire la somme par organe cible		
	Somme	Justification	Consensus																
ERI	Oui quels que soient les organes cibles, les types de cancer et les voies d'exposition	On parle de cancer en général quelle que soit la cause ou le mécanisme	Oui, internationaux																
QD	discutable	Approche par organe cible	Proche des consensus nationaux et internationaux																
Si SQD>1	Faire la somme par organe cible																		
Caractéristiques des sources de pollution et concentrations dans les différents milieux																			
Source gaz du sol	Inhalation intérieur et extérieur	Fort	<p>Sécuritaire pour la campagne de mesure réalisée : prise en compte des résultats les plus pénalisants des gaz du sol (piézaires) en fonction de la configuration du projet (voir plus haut) et profondeur de la source gaz du sol supposée à 0,1 m sous le bâtiment et en extérieur.</p> <p>A noter qu'en prenant en compte les concentrations maximales mesurées dans les gaz des sols sur l'ensemble du site et ce, pour l'ensemble du projet, les niveaux de risques demeurent inchangés et donc les conclusions de l'ARR également.</p> <p>Au vu de la variabilité saisonnière des concentrations dans les gaz des sols, nous recommandons cependant de réaliser une seconde campagne de mesure avant travaux et/ou une fois les aménagements définis.</p> <p>En effet, les conditions météorologiques peuvent avoir un impact sur les concentrations mesurées (incidence sur le panache gazeux, sur les transferts vers l'air intérieur et sur les concentrations dans l'air intérieur), L'impact théorique de ces conditions sur les concentrations est mentionné ci-après. Il est à noter que l'importance de ces effets est dépendant de la localisation de la pollution, de la nature des terrains et des transferts mais également des caractéristiques des bâtiments (et des réseaux suspectés de contribuer aux transferts) :</p>																

Variable	Voie d'exposition touchée	Poids dans l'évaluation	Approche retenue																																																																																																
			<ul style="list-style-type: none"> la température a un effet d'une part sur la volatilité des polluants et également sur l'éventuel tirage thermique du bâtiment et ainsi sur les transferts du sol vers l'air intérieur ; le vent peut induire des modifications du panache de pollution gazeuse dans le sol, des pressions dans les différents milieux investigués et du renouvellement d'air des bâtiments, celles-ci étant essentiellement ventilées naturellement ; la pression atmosphérique peut avoir un effet sur la migration des polluants du sol vers le compartiment atmosphérique, les phases dépressionnaires pouvant être associées à un transfert accru ; l'humidité n'a pas d'effet à proprement parlé sur les transferts mais davantage sur les incertitudes associées à l'adsorption des polluants sur les supports de prélèvement. <p>Dans notre cas :</p> <ul style="list-style-type: none"> la température était supérieure à 12,5°C lors des prélèvements donc plutôt propice à un dégazage, il n'y avait pas de vent lors des prélèvements, la pression (env. 1018 hPa) n'a a priori pas eu d'influence majeure sur la volatilité des composés, la pluie durant la mesure de Pza1 (en intérieur) exclusivement a pu augmenter les flux de gaz des sols vers l'air intérieur. <p>Les conditions étaient donc plutôt propices à un dégazage lors des mesures de gaz des sols.</p>																																																																																																
Source « sol » et « nappe »	Inhalation intérieur et extérieur	Fort	<p>Sécuritaire : Rappelons qu'en 1^{ère} approche, cette ARR « prédictive » a intégré les concentrations mesurées dans les gaz du sol (état initial). Pour la future zone de parking (sols impactés par les COHV), la modélisation des niveaux de risque à partir des objectifs de réhabilitation définis dans les sols (cf. rapport de Plan de Gestion référencé RESISO11840-01) induirait les modifications suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> pour un objectif de réhabilitation « usage de parking » (seuil de coupure établi à 360 mg/kg en tétrachloroéthylène) : <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)</th> <th colspan="2">Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger spécifique (QD)</th> <th colspan="2">Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)</th> </tr> <tr> <th>Adulte 1</th> <th>Composés tirant le risque</th> <th>Adulte 1</th> <th>Composés tirant le risque</th> <th>Adulte 1</th> <th>Composés tirant le risque</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INHALATION air intérieur dans le lieu de vie J&E</td> <td>6.74E-11</td> <td>tétrachloroéthylène (PCE)</td> <td>0.0E+00</td> <td>non calculé</td> <td>9.4E-07</td> <td>tétrachloroéthylène (PCE)</td> </tr> <tr> <td>INHALATION air extérieur avec recouvrement</td> <td>2.90E-06</td> <td>tétrachloroéthylène (PCE)</td> <td>4.1E-07</td> <td>chloroforme (TCmA)</td> <td>0.05</td> <td>tétrachloroéthylène (PCE)</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>2.9E-06</td> <td></td> <td>4.1E-07</td> <td></td> <td>0.05</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Risques non significatifs</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Risques significatifs</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)</th> <th colspan="2">Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger spécifique (QD)</th> <th colspan="2">Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)</th> </tr> <tr> <th>Adulte 1</th> <th>Composés tirant le risque</th> <th>Adulte 1</th> <th>Composés tirant le risque</th> <th>Adulte 1</th> <th>Composés tirant le risque</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INHALATION air intérieur dans le lieu de vie Bakker</td> <td>3.94E-10</td> <td>tétrachloroéthylène (PCE)</td> <td>0.0E+00</td> <td>non calculé</td> <td>5.5E-06</td> <td>tétrachloroéthylène (PCE)</td> </tr> <tr> <td>INHALATION air extérieur avec recouvrement</td> <td>2.90E-06</td> <td>tétrachloroéthylène (PCE)</td> <td>4.1E-07</td> <td>chloroforme (TCmA)</td> <td>0.05</td> <td>tétrachloroéthylène (PCE)</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>2.9E-06</td> <td></td> <td>4.1E-07</td> <td></td> <td>0.05</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Risques non significatifs</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Risques significatifs</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Les niveaux de risque modélisés resteraient donc inférieurs aux critères d'acceptabilité (voir détails des calculs en Annexe 5), dans le cadre d'une construction sur dallage indépendant (modèle Johnson & Ettinger) ou sur dalle portée ou radier (modèle de Bakker et al.). Ces modèles sont utilisés dans la mesure où les objectifs de réhabilitation correspondent à des teneurs résiduelles dans les sols (« en fond de fouille » dans le cadre d'une excavation des sols).</p>		Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)		Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger spécifique (QD)		Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)		Adulte 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Composés tirant le risque	INHALATION air intérieur dans le lieu de vie J&E	6.74E-11	tétrachloroéthylène (PCE)	0.0E+00	non calculé	9.4E-07	tétrachloroéthylène (PCE)	INHALATION air extérieur avec recouvrement	2.90E-06	tétrachloroéthylène (PCE)	4.1E-07	chloroforme (TCmA)	0.05	tétrachloroéthylène (PCE)	TOTAL	2.9E-06		4.1E-07		0.05		Risques non significatifs							Risques significatifs								Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)		Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger spécifique (QD)		Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)		Adulte 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Composés tirant le risque	INHALATION air intérieur dans le lieu de vie Bakker	3.94E-10	tétrachloroéthylène (PCE)	0.0E+00	non calculé	5.5E-06	tétrachloroéthylène (PCE)	INHALATION air extérieur avec recouvrement	2.90E-06	tétrachloroéthylène (PCE)	4.1E-07	chloroforme (TCmA)	0.05	tétrachloroéthylène (PCE)	TOTAL	2.9E-06		4.1E-07		0.05		Risques non significatifs							Risques significatifs						
	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)		Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger spécifique (QD)		Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)																																																																																														
	Adulte 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Composés tirant le risque																																																																																													
INHALATION air intérieur dans le lieu de vie J&E	6.74E-11	tétrachloroéthylène (PCE)	0.0E+00	non calculé	9.4E-07	tétrachloroéthylène (PCE)																																																																																													
INHALATION air extérieur avec recouvrement	2.90E-06	tétrachloroéthylène (PCE)	4.1E-07	chloroforme (TCmA)	0.05	tétrachloroéthylène (PCE)																																																																																													
TOTAL	2.9E-06		4.1E-07		0.05																																																																																														
Risques non significatifs																																																																																																			
Risques significatifs																																																																																																			
	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)		Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger spécifique (QD)		Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)																																																																																														
	Adulte 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Composés tirant le risque	Adulte 1	Composés tirant le risque																																																																																													
INHALATION air intérieur dans le lieu de vie Bakker	3.94E-10	tétrachloroéthylène (PCE)	0.0E+00	non calculé	5.5E-06	tétrachloroéthylène (PCE)																																																																																													
INHALATION air extérieur avec recouvrement	2.90E-06	tétrachloroéthylène (PCE)	4.1E-07	chloroforme (TCmA)	0.05	tétrachloroéthylène (PCE)																																																																																													
TOTAL	2.9E-06		4.1E-07		0.05																																																																																														
Risques non significatifs																																																																																																			
Risques significatifs																																																																																																			

Variable	Voie d'exposition touchée	Poids dans l'évaluation	Approche retenue																
			<p>Aussi, les paramètres et hypothèses de modélisation sont identiques à ceux retenus dans l'ARR initiale et restent globalement sécuritaires (voies et temps d'exposition inchangés, caractéristiques constructives (notamment une épaisseur de dallage de 0,15 m), etc.). Notons toutefois :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'adoption d'une faible profondeur de la pollution résiduelle (10 cm sous dalle), • la prise en compte des teneurs initiales dans les sols en métabolites (trichloroéthylène, cis-1,2-dichloroéthylène, 1,1-dichloroéthylène, chlorure de vinyle, et 1,1,-trichloroéthane), • la prise en compte des teneurs en hydrocarbures et en benzène mesurées dans les sols et les teneurs en TEX, TPH aliphatiques C5-C16 et aromatiques C8-C10 retrouvés dans les gaz des sols car ils n'avaient pas été quantifiés dans les sols, • la prise en compte des teneurs maximales mesurées dans les eaux souterraines au droit de la zone extérieure concernée (pour faire le calcul des concentration dans l'air depuis les eaux souterraines et les sols, les flux en régime permanent depuis les eaux souterraines ont été additionnés aux flux en régime permanent depuis les sols). <p>L'approche adoptée d'évaluation des risques reste donc sécuritaire (voir détails des calculs en Annexe 5).</p> <p>En résumé, <u>la prise en compte des seuils de coupure établis dans le Plan de Gestion (selon le rapport BURGEAP référencé RESISO11840-01) ne modifierait pas la conclusion de la présente ARR</u> (niveaux de risque sanitaire acceptables).</p>																
Cas d'un mélange de composés en un même point	Toutes	Fort	<p>Si toutes les concentrations en différents composés sont retrouvés dans un même sondage, on considère être en présence d'un mélange de constituant dont les propriétés vont être dépendantes de l'équilibre triphasique qui se mettra en place dans le milieu sol (phase pure du produit, produit dissous dans l'eau des sols, produit volatilisé dans l'air des sols).</p> <p>Réaliste : pour les modélisations depuis les sols et la nappe, la prise en compte des substances individuellement conduit à considérer les concentrations à l'équilibre pour chaque substance, ce qui a tendance à augmenter les concentrations et les niveaux de risques.</p>																
Profondeur de la source	Toutes	Fort	<p>Réaliste : Le modèle considéré ne tient pas compte de l'évolution de la source de pollution et des flux en fonction du temps (source infinie). Ainsi, compte tenu de la volatilité élevée des substances considérées et des paramètres de sols favorables au transfert de vapeur, afin de ne pas majorer de manière irréaliste le risque sanitaire, nous avons retenu la profondeur de 10 cm par défaut.</p>																
Caractéristiques des sols																			
Lithologie	Toutes	Fort	<p>Sécuritaire : argiles sableuses assimilées à des limons sableux</p>																
Perméabilité, porosité, teneur en gaz des sols	Toutes	Fort	<p>Sécuritaire : En l'absence de mesures sur site, les paramètres issus de la littérature ont été pris en compte.</p>																
Fraction de carbone organique	Toutes	Moyen	<p>Sécuritaire : retenir la plus faible valeur du taux de matière organique car la matière organique permet au polluant de se fixer et de se dégrader.</p> <p><u>Pour valider le seuil de coupure du tétrachloroéthylène, la fraction de carbone organique dans les sols au niveau de la source de pollution prise en compte est de 0.7%, elle correspond aux terrains limons sableux, donc plus faible que pour des argiles sableuses identifiées sur les coupes de sondages. Cette valeur est issue de la base de données du logiciel RISC 4.0.</u></p>																
Paramètres d'aménagement																			
Couverture de sol extérieur	Inhalation extérieur	Fort	<p>Réaliste : recouvrement de surface en enrobé</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Gamme enrobé asphalté (hors enrobé poreux)</th> <th>bétons (pour mémoire)</th> <th>sol graveleux (pour mémoire)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>porosité</td> <td>3%</td> <td>12%</td> <td>40%</td> </tr> <tr> <td>teneur en gaz</td> <td>3%</td> <td>5%</td> <td>35%</td> </tr> <tr> <td>teneur en eau</td> <td>0%</td> <td>7%</td> <td>5%</td> </tr> </tbody> </table> <p>En prenant un recouvrement de 30 cm de terre végétale, les niveaux de risque et donc conclusions finales de l'ARR demeurent inchangés.</p>		Gamme enrobé asphalté (hors enrobé poreux)	bétons (pour mémoire)	sol graveleux (pour mémoire)	porosité	3%	12%	40%	teneur en gaz	3%	5%	35%	teneur en eau	0%	7%	5%
	Gamme enrobé asphalté (hors enrobé poreux)	bétons (pour mémoire)	sol graveleux (pour mémoire)																
porosité	3%	12%	40%																
teneur en gaz	3%	5%	35%																
teneur en eau	0%	7%	5%																
Mode constructif	Inhalation dans l'air intérieur	Fort	<p>Les calculs de transfert des pollutions du sol vers l'air intérieur (et les risques induits) ont été calculés en considérant les deux modèles suivants en raison du manque de donnée sur le type de dalle pleine terre envisagée :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le modèle de Johnson et Ettinger (1991) qui prend en compte un transfert des pollutions à travers les fissures périphériques associées à la rétraction du dallage indépendant lors de son séchage, • le modèle de Bakker et al. (2008) ou Waitz et al. (1996) qui intègre dans les calculs la perméabilité de la dalle. En l'absence de caractéristiques particulières de la dalle, la valeur de la perméabilité retenue par défaut est de 2.10^{-13} m^2 pour les modèles de Bakker et al. (2008) ou Waitz et al. (1996). <p>Dans le cas où le mode constructif serait modifié, la présente ARR serait à mettre à jour.</p> <p>A noter que pour le modèle Bakker, la prise en compte d'une dalle de perméabilité 10^{-11} m^2 pour simuler le vieillissement de la dalle, ne modifie pas les conclusions d'acceptabilité du risque.</p>																
Taille et caractéristique	Inhalation dans l'air intérieur	Faible	<p>Moyen : La prise en compte de pièce de vie de taille inférieure en rez-de-chaussée ne modifie pas les conclusions de l'étude</p>																

Variable	Voie d'exposition touchée	Poids dans l'évaluation	Approche retenue																																									
du bâtiment et du dallage																																												
Taux de ventilation des bâtiments	Inhalation dans les bâtiments	Fort	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lieu</th> <th>Renouvellement d'air (h-1)</th> <th>Source de la valeur retenue</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Logements (en l'absence de connaissance des systèmes installés)</td> <td>0,3 h⁻¹</td> <td>Associé au débit minimal de la réglementation pour la ventilation VMC simple flux Hygro A ou B Référence : Arrêté modifié du 28 octobre 1983</td> </tr> <tr> <td>Logements (VMC double flux ou VMC simple flux autoréglable)</td> <td>0,5 h⁻¹</td> <td>Associé au débit minimal de la réglementation pour ces systèmes Référence : Arrêté du 24 mars 1982</td> </tr> <tr> <td>Bureaux</td> <td>1 h⁻¹</td> <td>Pour les bureaux et locaux sans travail physique, débit minimum de 25 m³/h/personne Référence : R232-5-3 du décret n°84-1093 (code du travail)</td> </tr> <tr> <td>Vide sanitaire (de prime abord, valeur incertaine nécessitant une étude spécifique par la maîtrise d'œuvre)</td> <td>3 m³/h/m²</td> <td>Débit conventionnel correspondant à une surface des grilles de 3 cm²/m² Référence : Avis de bureaux de contrôle pour des vides sanitaires sans canalisation de gaz.</td> </tr> <tr> <td>Parkings enterrés en ventilation mécanique de surface supérieure à 100 m²</td> <td>300 m³/h/place</td> <td>Valeur basse du débit en marche normale pour une surface supérieure à 100 m² Référence : Arrêté 31 janvier 1986 modifié par l'arrêté du 18 août 1986 et l'arrêté du 19 décembre 1988</td> </tr> </tbody> </table>	Lieu	Renouvellement d'air (h-1)	Source de la valeur retenue	Logements (en l'absence de connaissance des systèmes installés)	0,3 h ⁻¹	Associé au débit minimal de la réglementation pour la ventilation VMC simple flux Hygro A ou B Référence : Arrêté modifié du 28 octobre 1983	Logements (VMC double flux ou VMC simple flux autoréglable)	0,5 h ⁻¹	Associé au débit minimal de la réglementation pour ces systèmes Référence : Arrêté du 24 mars 1982	Bureaux	1 h ⁻¹	Pour les bureaux et locaux sans travail physique, débit minimum de 25 m ³ /h/personne Référence : R232-5-3 du décret n°84-1093 (code du travail)	Vide sanitaire (de prime abord, valeur incertaine nécessitant une étude spécifique par la maîtrise d'œuvre)	3 m ³ /h/m ²	Débit conventionnel correspondant à une surface des grilles de 3 cm ² /m ² Référence : Avis de bureaux de contrôle pour des vides sanitaires sans canalisation de gaz.	Parkings enterrés en ventilation mécanique de surface supérieure à 100 m ²	300 m ³ /h/place	Valeur basse du débit en marche normale pour une surface supérieure à 100 m ² Référence : Arrêté 31 janvier 1986 modifié par l'arrêté du 18 août 1986 et l'arrêté du 19 décembre 1988																							
			Lieu	Renouvellement d'air (h-1)	Source de la valeur retenue																																							
			Logements (en l'absence de connaissance des systèmes installés)	0,3 h ⁻¹	Associé au débit minimal de la réglementation pour la ventilation VMC simple flux Hygro A ou B Référence : Arrêté modifié du 28 octobre 1983																																							
			Logements (VMC double flux ou VMC simple flux autoréglable)	0,5 h ⁻¹	Associé au débit minimal de la réglementation pour ces systèmes Référence : Arrêté du 24 mars 1982																																							
			Bureaux	1 h ⁻¹	Pour les bureaux et locaux sans travail physique, débit minimum de 25 m ³ /h/personne Référence : R232-5-3 du décret n°84-1093 (code du travail)																																							
Vide sanitaire (de prime abord, valeur incertaine nécessitant une étude spécifique par la maîtrise d'œuvre)	3 m ³ /h/m ²	Débit conventionnel correspondant à une surface des grilles de 3 cm ² /m ² Référence : Avis de bureaux de contrôle pour des vides sanitaires sans canalisation de gaz.																																										
Parkings enterrés en ventilation mécanique de surface supérieure à 100 m ²	300 m ³ /h/place	Valeur basse du débit en marche normale pour une surface supérieure à 100 m ² Référence : Arrêté 31 janvier 1986 modifié par l'arrêté du 18 août 1986 et l'arrêté du 19 décembre 1988																																										
<p>Ces taux influencent de manière inversement linéaire les concentrations dans les bâtiments et donc les risques induits. Une diminution de ces taux de ventilation est susceptible de remettre en cause les conclusions de l'étude. Par conséquent, au vu de cette analyse des incertitudes, il est recommandé de garantir cette ventilation minimale de 24 vol/jour. Lors de la conception du bâtiment, le maître d'ouvrage devra en s'appuyant sur le bureau d'étude fluide, confirmer les débits et in fine en fonction de la géométrie et de la fréquentation, ce taux de renouvellement d'air.</p> <p>Si de tels débits n'étaient pas atteints, le maître d'ouvrage devra mettre à jour l'ARR et éventuellement le plan de gestion.</p> <p>A noter toutefois que la prise en compte d'un taux de 0,5/h (soit 12/j) ne change pas les conclusions de l'étude sur l'acceptabilité du risque.</p>																																												
Vieillessement du bâtiment, des systèmes et équipements	Inhalation dans les bâtiments	Fort	<p>Parmi les polluants présents dans les gaz du sol en concentrations supérieures à la valeur guide pour l'air intérieur (VGAI), certains présentent des effets pour lesquels les risques ont été calculés sur le long terme (durées d'exposition de 40 ans).</p> <p>Le vieillissement du bâtiment ne peut être anticipé dans la présente ARR. La défaillance de la ventilation (réduction des débits) en lien avec des défauts d'entretien et de maintenance pourrait conduire à augmenter les concentrations dans l'air intérieur. Ainsi il est recommandé d'inscrire dans les documents supports de l'exploitation (carnet de vie, carnet d'entretien) cet enjeu afin que les futurs exploitants mettent en œuvre l'entretien et la maintenance nécessaire.</p> <p>Le vieillissement de la dalle interface entre le sol et l'air intérieur devra être limité (fissuration) et les points singuliers de passage de la dalle (réseaux par exemple) devront être étanchés. Ainsi, lors de la conception et lors de la construction, cet enjeu devra avoir été considéré.</p>																																									
Durée d'exposition des cibles	Inhalation intérieur et extérieur Ingestion de sols et/ou poussières	Faible	<p>Réaliste : dans le cas d'une durée d'exposition plus grande, les niveaux de risque pour les effets à seuil restent inchangés. Pour les effets sans seuil, les niveaux de risque restent acceptables. De la même façon, une fréquence d'exposition d'une heure au lieu de 20 min par jour en extérieur ne change pas les conclusions.</p> <p>Rappelons qu'en 1^{ère} approche, cette ARR « prédictive » a concerné exclusivement les travailleurs sur le site, il n'est pas exclu que des enfants et/ou adolescents viennent fréquenter le parking (usage particulièrement sensible du parking) lors de la fermeture du magasin le dimanche principalement, soit 52 jours/an et 4h/jour en approche sécuritaire. E</p> <p>Les résultats sont les suivants :</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)</th> <th colspan="2">Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger spécifique (QD)</th> <th colspan="2">Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)</th> </tr> <tr> <th>Enfant 1</th> <th>Composés tirant le risque</th> <th>Enfant 1</th> <th>Composés tirant le risque</th> <th>Enfant 1</th> <th>Composés tirant le risque</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>INHALATION air extérieur avec recouvrement</td> <td>1.70E-11</td> <td>tétrachloroéthylène (PCE)</td> <td>1.1E-09</td> <td>chloroforme (TCMA)</td> <td>7.7E-07</td> <td>tétrachloroéthylène (PCE)</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>1.7E-11</td> <td></td> <td>1.1E-09</td> <td></td> <td>7.7E-07</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Risques non significatifs</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Risques significatifs</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)		Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger spécifique (QD)		Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)		Enfant 1	Composés tirant le risque	Enfant 1	Composés tirant le risque	Enfant 1	Composés tirant le risque	INHALATION air extérieur avec recouvrement	1.70E-11	tétrachloroéthylène (PCE)	1.1E-09	chloroforme (TCMA)	7.7E-07	tétrachloroéthylène (PCE)	TOTAL	1.7E-11		1.1E-09		7.7E-07		Risques non significatifs							Risques significatifs						
					Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)		Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger spécifique (QD)		Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)																																			
Enfant 1	Composés tirant le risque	Enfant 1		Composés tirant le risque	Enfant 1	Composés tirant le risque																																						
INHALATION air extérieur avec recouvrement	1.70E-11	tétrachloroéthylène (PCE)	1.1E-09	chloroforme (TCMA)	7.7E-07	tétrachloroéthylène (PCE)																																						
TOTAL	1.7E-11		1.1E-09		7.7E-07																																							
Risques non significatifs																																												
Risques significatifs																																												
<p>Les niveaux de risque modélisés sont donc inférieurs aux critères d'acceptabilité (voir détails des calculs en Annexe 6) pour ces cibles.</p>																																												

Plusieurs facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués. Pour la majorité des facteurs engendrant ces incertitudes, l'approche adoptée a été « majorante » notamment par l'utilisation des hypothèses suivantes :

- la prise en compte des concentrations maximales obtenues dans les gaz du sol au droit de chaque projet d'aménagement (bâtiment et parking) ;
- les durées d'exposition.

Les recommandations principales sont rappelées ci-après :

Ces conclusions ne sont valables que pour les conditions précisées ci-dessus. Dans tous les cas, l'ARR devra être mise à jour une fois le projet d'aménagement défini.

Au vu de la variabilité saisonnière des concentrations dans l'air des sols, nous recommandons également de réaliser une seconde campagne de mesure avant les travaux et/ou une fois les aménagements définis.

5. Synthèse et recommandations

5.1 Synthèse

Dans le cadre d'un projet d'achat pour la construction d'un magasin Grand Frais et d'une boulangerie Marie BLACHERE à Malemort-sur-Corrèze (19), et suite à la découverte de pollution principalement par des COHV des milieux sols, eaux souterraines et gaz des sols, la SCI GFDI 110 a missionné BURGEAP pour la réalisation d'un plan de gestion avec ARR prédictive.

Le site est actuellement composé :

- Au nord : d'un terrain enherbé qui accueillait historiquement une fonderie et une entreprise de mécanique générale,
- Au sud : d'un pressing dont l'activité a cessé en 2018.

Les investigations sur les sols, les eaux souterraines et l'air du sol ont montré :

Source caractérisée	Sondages / échantillons associés	Impacts identifiés dans les sols	Impacts identifiés dans les eaux souterraines	Impacts identifiés dans les gaz des sols
Ancienne activité de fonderie au Nord du site	SB8 à SB14 (dénominations des échantillons associés SBX (0-1), SbX (1-2) et SbX (2-3))	<ul style="list-style-type: none"> • Impact léger en COHV (teneur maximale en TCE : 1,4 mg/kg) • Traces en HAP au droit du sondage SB12 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacts significatifs en COHV (PCE principalement et TCE, cis 1,2-DCE). Les teneurs atteignent 6 380 µg/l en limite Sud-Ouest du site • Traces en HCT, métaux, HAP, BTEX et PCB 	<ul style="list-style-type: none"> • Impact léger en COHV (PCE principalement) • Traces en TPH et BTEX
Ancienne activité de pressing au Sud du site	SB1 à SB7, SB15 à SB26 (dénominations des échantillons associés SBX (0-1), SbX (1-2) et SbX (2-3))	<ul style="list-style-type: none"> • Impacts significatifs en COHV (teneur maximale en PCE : 12 000 mg/kg en Sb25 (0-1)) • Traces en HCT (max. 200 mg/kg en Sb24 (2-3)) 	<ul style="list-style-type: none"> • Traces en HCT, métaux, HAP, BTEX et PCB 	<ul style="list-style-type: none"> • COHV : impacts significatifs (PCE principalement et TCE) avec un maximum mesuré en Pza1 (PCE = 698,98 µg/m³) au droit de l'ancien pressing • Traces en TPH et BTEX

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par la SCI GFDI 110, avec les conditions d'études retenues (notamment la prise en compte de l'état environnemental initial des gaz du sol ; une seule campagne d'analyses sur les gaz du sol), et en l'état actuel des connaissances scientifiques, les niveaux de risques estimés sont inférieurs aux critères d'acceptabilité tels que définis par la politique nationale de gestion des sites pollués.

Ainsi, l'état environnemental du site est compatible avec l'usage prévu et selon le projet d'aménagement dont la configuration future présente un bâtiment et un parking, respectivement en parties Nord et Sud du site (selon le plan du Maître d'ouvrage daté du 02/12/2020).

En outre, l'ARR a permis de valider le seuil de coupure de 360 mg/kg en tétrachloroéthylène proposé dans le plan de gestion (rapport BURGEAP référencé RESISO11840-01). Ce seuil concerne la zone de pollution concentrée exclusivement au droit du futur parking.

Soulignons que cette conclusion sur la compatibilité de l'état des milieux avec l'usage futur, n'est valable que dans le cadre de la réhabilitation du site étudié (cf. Plan de Gestion), et devant prévoir notamment :

- le recouvrement pérenne et systématique des sols en place, par un dallage (enrobé ou dalle bétonnée) ou de la terre saine de 0,3 m d'épaisseur minimum, afin de supprimer tout contact direct avec les futurs usagers ;

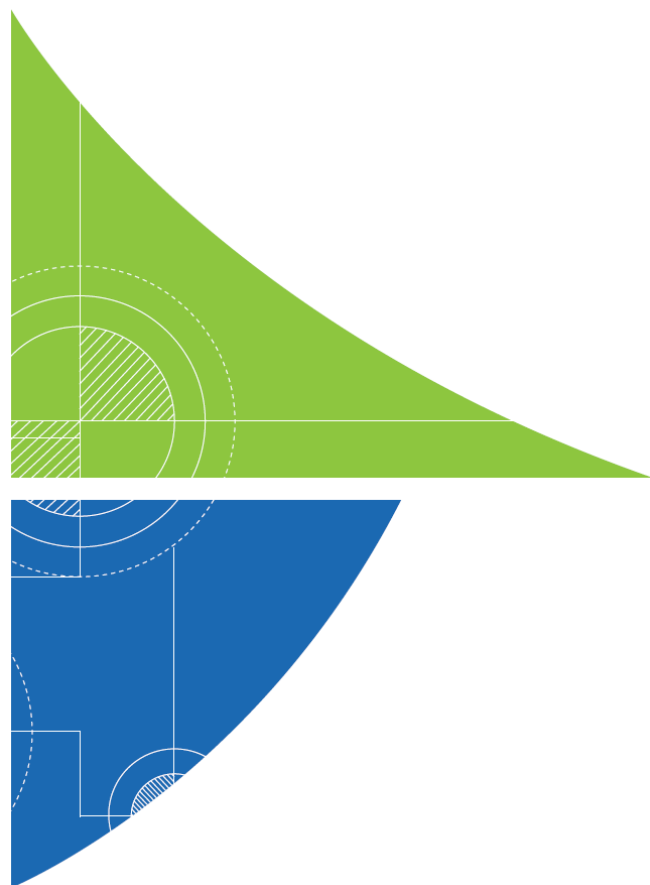
- l'usage de canalisations spécifiques d'alimentation d'eau potable (multicouche antiperméation et avec des joints renforcées).

5.2 Recommandations

L'ARR devra être mise à jour en cas de tout changement sur le projet d'aménagement.

Au vu de la variabilité saisonnière des concentrations dans l'air des sols, nous recommandons également de réaliser une seconde campagne de mesure avant travaux et/ou une fois les aménagements définis.

ANNEXES



Annexe 1.

Données toxicologiques

Cette annexe contient 7 pages

Identification des dangers

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

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

Types d'effets distingués

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

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

Les mentions de danger des substances sont présentées en préambule ainsi que les symboles (SGH01 à SGH09) qui les représentent. Ces mentions de danger sont liées au classement établi par l'Union Européenne.

Classification en termes de cancérogénicité

UE	US-EPA	CIRC
C1 (H350 ou H350i) : cancérogène avéré ou présumé l'être : C1A : Substance dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est avéré C1B : Substance dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est supposé	A : Preuves suffisantes chez l'homme	1 : Agent ou mélange cancérogène pour l'homme
C2 : Substance suspectée d'être cancérogène pour l'homme	B1 : Preuves limitées chez l'homme B2 : Preuves non adéquates chez l'homme et preuves suffisantes chez l'animal	2A : Agent ou mélange probablement cancérogène pour l'homme
Carc.3 : Substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles (R40)	C : Preuves inadéquates chez l'homme et preuves limitées chez l'animal	2B : Agent ou mélange peut-être cancérogène pour l'homme
	D : Preuves insuffisantes chez l'homme et l'animal E : Indications d'absence de cancérogénicité chez l'homme et chez l'animal	3 : Agent ou mélange inclassables quant-à sa cancérogénicité pour l'homme 4 : Agent ou mélange probablement non cancérogène chez l'homme -

Classification en termes de mutagénicité

UE	
M1 (H340) : Substance dont la capacité d'induire des mutations héréditaires est avérée ou qui sont à considérer comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains. Substance dont la capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains est avérée.	M1A : Classification fondée sur des résultats positifs d'études épidémiologiques humaines. Substance considérée comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains.
	M1B : Classification fondée sur des essais in vivo de mutagénicité sur des cellules germinales et somatiques et qui ont donné un ou des résultats positifs et sur des essais qui ont montré que la substance a des effets mutagènes sur les cellules germinales humaines, sans que la transmission de ces mutations à la descendance n'ait été établie.
M2 (H341) : Substance préoccupantes du fait qu'elle pourrait induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains.	

Classification en termes d'effets reprotoxiques

UE	
R1 (H360 ou H360F ou H360D ou H360FD ou H360Fd ou H360fD) : Reprotoxique avéré ou présumé	R1A : Substance dont la toxicité pour la reproduction humaine est avérée. La classification d'une substance dans cette catégorie s'appuie largement sur des études humaines.
	R1B : Substance présumée toxique pour la reproduction humaine. La classification d'une substance dans cette catégorie s'appuie largement sur des données provenant d'études animales.
R2 (H361 ou H361f ou H361d ou H361fd) : Substance suspectée d'être toxique pour la reproduction humaine. Les substances sont classées dans cette catégorie lorsque les résultats des études ne sont pas suffisamment probants pour justifier une classification dans la catégorie 1 mais qui font apparaître un effet indésirable sur la fonction sexuelle et la fertilité ou sur le développement.	

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

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

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

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

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

Symboles et phrases de risques

Le SGH ou Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques est un ensemble de recommandations élaborées au niveau international. Il vise à harmoniser les règles de classification des produits chimiques et de communication des dangers (étiquettes, fiches de données de sécurité). En Europe, dans les secteurs du travail et de la consommation, le SGH est mis en application via le règlement CLP. Le nouveau règlement européen CLP (*Classification, Labelling and Packaging*) 1272/2008 du 16 décembre 2008 relatif à la classification à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges et modifiant les directives 67/548/CEE, 1999/45/CE et le règlement 1907/2006 a été publié le 31 décembre 2008 au Journal officiel de l'Union européenne.

Le règlement CLP est entré en vigueur le **20 janvier 2009**. Il prévoit néanmoins une période de transition durant laquelle l'ancien et le nouveau système de classification et d'étiquetage coexisteront. Sauf dispositions particulières prévues par le texte, la mise en application du nouveau règlement devient obligatoire à partir du **1er décembre 2010** pour les **substances** et du **1er juin 2015** pour les **mélanges**. Il est à souligner que, pour éviter toute confusion, les produits ne peuvent porter de double étiquetage. Au 1er juin 2015, le système préexistant sera définitivement abrogé et la nouvelle réglementation sera la seule en vigueur.

Les principales nouveautés pour l'étiquette de sécurité sont l'apparition de nouveaux pictogrammes de danger, de forme losange et composés d'un symbole noir sur un fond blanc bordé de rouge, et l'ajout de mention d'avertissement indiquant la gravité du danger ("DANGER", pour les produits les plus dangereux, et "ATTENTION"). Les étiquettes comporteront également des mentions de danger (ex: "Mortel par inhalation") en remplacement des phrases de risque (phrases R) et des nouveaux conseils de prudence (ex: "Éviter tout contact avec les yeux, la peau ou les vêtements").

MENTIONS DE DANGER
► 28 mentions de danger physique

- H200 : Explosif instable
- H201 : Explosif ; danger d'explosion en masse
- H202 : Explosif ; danger sérieux de projection
- H203 : Explosif ; danger d'incendie, d'effet de souffle ou de projection
- H204 : Danger d'incendie ou de projection
- H205 : Danger d'explosion en masse en cas d'incendie
- H220 : Gaz extrêmement inflammable
- H221 : Gaz inflammable
- H222 : Aérosol extrêmement inflammable
- H223 : Aérosol inflammable
- H224 : Liquide et vapeurs extrêmement inflammables
- H225 : Liquide et vapeurs très inflammables
- H226 : Liquide et vapeurs inflammables
- H228 : Matière solide inflammable
- H240 : Peut exploser sous l'effet de la chaleur
- H241 : Peut s'enflammer ou exploser sous l'effet de la chaleur
- H242 : Peut s'enflammer sous l'effet de la chaleur
- H250 : S'enflamme spontanément au contact de l'air
- H251 : Matière auto-échauffante ; peut s'enflammer
- H252 : Matière auto-échauffante en grandes quantités ; peut s'enflammer
- H260 : Dégage au contact de l'eau des gaz inflammables qui peuvent s'enflammer spontanément
- H261 : Dégage au contact de l'eau des gaz
- H270 : Peut provoquer ou aggraver un incendie ; comburant
- H271 : Peut provoquer un incendie ou une explosion ; comburant puissant
- H272 : Peut aggraver un incendie ; comburant
- H280 : Contient un gaz sous pression ; peut exploser sous l'effet de la chaleur
- H281 : Contient un gaz réfrigéré ; peut causer des brûlures ou blessures cryogéniques
- H290 : Peut être corrosif pour les métaux

► 38 mentions de danger pour la santé

- H300 : Mortel en cas d'ingestion
- H301 : Toxique en cas d'ingestion
- H302 : Nocif en cas d'ingestion
- H304 : Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires
- H310 : Mortel par contact cutané
- H311 : Toxique par contact cutané
- H312 : Nocif par contact cutané
- H314 : Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves
- H315 : Provoque une irritation cutanée
- H340 : Peut induire des anomalies génétiques <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H341 : Susceptible d'induire des anomalies génétiques <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H350 : Peut provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H351 : Susceptible de provoquer le cancer <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H360 : Peut nuire à la fertilité ou au fœtus <indiquer l'effet spécifique s'il est connu> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H361 : Susceptible de nuire à la fertilité ou au fœtus <indiquer l'effet s'il est connu> <indiquer la voie d'exposition s'il est formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H362 : Peut être nocif pour les bébés nourris au lait maternel
- H317 : Peut provoquer une allergie cutanée
- H318 : Provoque des lésions oculaires graves
- H319 : Provoque une sévère irritation des yeux
- H330 : Mortel par inhalation
- H331 : Toxique par inhalation
- H332 : Nocif par inhalation
- H334 : Peut provoquer des symptômes allergiques ou d'asthme ou des difficultés respiratoires par inhalation
- H335 : Peut irriter les voies respiratoires
- H336 : Peut provoquer somnolence ou vertiges
- H370 : Risque avéré d'effets graves pour les organes <ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H371 : Risque présumé d'effets graves pour les organes <ou indiquer tous les organes affectés, s'ils sont formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H372 : Risque avéré d'effets graves pour les organes <indiquer tous les organes affectés, s'ils sont formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>
- H373 : Risque présumé d'effets graves pour les organes <indiquer tous les organes affectés, s'ils sont formellement prouvé qu'aucune autre voie d'exposition ne conduit au même danger>

► Pour certaines mentions de danger pour la santé des lettres sont ajoutées au code à 3 chiffres :

- H350i : Peut provoquer le cancer par inhalation
- H360F : Peut nuire à la fertilité
- H360D : Peut nuire au fœtus
- H361f : Susceptible de nuire à la fertilité
- H361d : Susceptible de nuire au fœtus
- H360FD : Peut nuire à la fertilité. Peut nuire au fœtus
- H361fd : Susceptible de nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au fœtus
- H360Fd : Peut nuire à la fertilité. Susceptible de nuire au fœtus
- H360Df : Peut nuire au fœtus. Susceptible de nuire à la fertilité.

► 5 mentions de danger pour l'environnement

- H400 : Très toxique pour les organismes aquatiques
- H410 : Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
- H411 : Toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
- H412 : Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
- H413 : Peut être nocif à long terme pour les organismes aquatiques

► Symboles de danger

- **SHG01 : Explosif** (ce produit peut exploser au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, d'un choc ou de frottements).
- **SGH02 : Inflammable** (Le produit peut s'enflammer au contact d'une flamme, d'une étincelle, d'électricité statique, sous l'effet de la chaleur, de frottements, au contact de l'air ou au contact de l'eau en dégageant des gaz inflammables).
- **SGH03 : Comburant** (peut provoquer ou aggraver un incendie – peut provoquer une explosion en présence de produit inflammable).
- **SGH04 : Gaz sous pression** (peut exploser sous l'effet de la chaleur (gaz comprimé, liquéfié et dissous) – peut causer des brûlures ou blessures liées au froid (gaz liquéfiés réfrigérés).
- **SGH05 : Corrosif** (produit qui ronge et peut attaquer ou détruire des métaux – peut provoquer des brûlures de la peau et des lésions aux yeux en cas de contact ou de projection).
- **SGH06 : Toxique ou mortel** (le produit peut tuer rapidement – empoisonne rapidement même à faible dose).
- **SGH07 : Dangereux pour la santé** (peut empoisonner à forte dose – peut irriter la peau, les yeux, les voies respiratoires – peut provoquer des allergies cutanées – peut provoquer somnolence ou vertige – produit qui détruit la couche d'ozone).
- **SGH08 : Nuit gravement pour la santé** (peut provoquer le cancer, modifier l'ADN, nuire à la fertilité ou au fœtus, altérer le fonctionnement de certains organes – peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires – peut provoquer des difficultés respiratoires ou des allergies respiratoires).
- **SGH09 : Dangereux pour l'environnement** (produit polluant – provoque des effets néfastes à court et/ou long terme sur les organismes des milieux aquatiques).

SGH01	SGH02	SGH03
		
SGH04	SGH05	SGH06
		
SGH07	SGH08	SGH09
		

Le tableau ci-après reprend l'ensemble des informations propres à chaque substance considérée dans la présente étude.

	CAS n°R	Volatilité	solubilité	Classement	Mention de danger	classement cancérogénéicité			EFFETS TOXIQUES A SEUIL		
		Pv	S	symboles		UE	CIRC (IARC)	EPA	Organe cible (oral)	Organe cible (inh°)	
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES											
Naphtalène	91-20-3	+	+	SGH07, SGH08, SGH09	H351, H302, H400, H410	C2	2B	C		<i>poids</i>	<i>sys. Resp.</i>
Acenaphtylène	208-96-8	-	+	-	-	-	-	D		-	-
Acenaphtène	83-29-9	-	+	-	-	-	-	-		<i>syst.hepatique</i>	-
Fluorène	86-73-7	-	+	-	-	-	3	D		<i>syst.hepatique</i>	-
Phénanthrène	85-01-8	-	+	-	-	-	3	D		<i>syst.hepatique</i>	-
Anthracène	120-12-7	--	-	-	-	-	3	D		-	-
Fluoranthène	206-44-0	--	-	-	-	-	3	D		<i>syst.hepatique</i>	-
Pyrène	129-00-0	--	-	-	-	-	3	D		<i>rein</i>	-
Benzo(a)anthracène	56-55-3	--	--	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2B	B2		-	-
Chrysene	218-01-9	--	-	SGH08, SGH09	H350, H341, H400, H410	C1B M2	3	B2		-	-
benzo(b)fluoranthène	205-99-2	--	--	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2B	B2		-	-
benzo(k)fluoranthène	207-08-9	--	--	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2B	B2		-	-
Benzo(a)pyrène	50-32-8	--	--	SGH07, SGH08, SGH09	H340, H350, H360FD, H317, H400, H410	C1B M1B R1B	1	A		<i>developpement</i>	<i>developpement</i>
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	--	--	SGH08, SGH09	H350, H400, H410	C1B	2A	B2		-	-
benzo(g,h,i) pérylène	191-24-2	--	--	-	-	-	3	D		-	-
indéno(1,2,3-c,d)pyrène	193-39-5	--	-	-	-	-	2B	B2		-	-
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES											
benzène	71-43-2	++	++	SGH02, SGH07, SGH08	H225, H350, H340, H372, H304, H319, H315	C1A M1B	1	A		<i>sang</i>	<i>sang</i>
toluène	108-88-3	++	++	SGH02, SGH07, SGH08	H225, H361d, H304, H373, H315, H336	R2	3	D		<i>hepatique, rein</i>	<i>syst. Nerveux</i>
ethylbenzène	100-41-4	+	++	SGH02, SGH07	H225, H332	-	2B	-		<i>hepatique, rein</i>	<i>effet ototoxique</i>
xylènes	1330-20-7	+	++	SGH02, SGH07	H226, H332, H312, H315	-	3	-		<i>poids corporel</i>	<i>syst. Nerveux</i>
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS											
PCE (tétrachloroéthylène)	127-18-4	++	++	SGH08, SGH09	H351, H411	C2	2A	B1		<i>hépatique</i>	<i>neurotoxicité</i>
TCE (trichloroéthylène)	79-01-6	++	++	SGH07, SGH08	H350, H341, H319, H315, H336, H412	C1B M2	1	A		<i>multiples</i>	<i>rein</i>
cis 1,2DCE (dichloroéthylène)	156-59-2	++	++	SGH02, SGH07	H225, H335, H412	-	-	D		<i>rein</i>	<i>hépatique</i>
trans 1,2DCE (dichloroéthylène)	156-60-5	++	++	SGH02, SGH07	H225, H335, H412	-	-	D		<i>immunitaire</i>	<i>hépatique</i>
1,1 DCE (1,1 dichloroéthylène)	75-35-4	++	++	SGH02, SGH07, SGH08	H224, H351, H332	C2	3	C		<i>hépatique</i>	<i>hépatique</i>
VC (chlorure de vinyle)	75-01-4	++	++	SGH02, SGH08	H220, H350	C1A	1	A		<i>hépatique</i>	<i>hépatique</i>
1,1,2 trichloroéthane	79-00-5	++	++	SGH07, SGH08	H351, H332, H312, EUH066	C2	3	C		<i>foie</i>	-
1,1,1 trichloroéthane	71-55-6	++	++	SGH07	H332, EUH059	-	3	D		<i>poids corporel</i>	<i>syst. nerveux</i>
1,2 dichloroéthane	107-06-2	++	++	SGH02, SGH07, SGH08.	H225, H350, H302, H319, H335, H315	C1B	2B	B2		-	<i>hépatique</i>

	CAS n°R	Volatilité	solubilité	Classement symboles	Mention de danger	classement cancérogénéicité			EFFETS TOXIQUES A SEUIL	
		Pv	S			UE	CIRC (IARC)	EPA	Organe cible (oral)	Organe cible (inh°)
1,1 dichloroéthane	75-34-3	++	++	SGH02, SGH07	H225, H302, H319, H335, H412	-	-	C	-	-
Tétrachlorométhane	56-23-5	++	++	SGH06, SGH08	H351, H331, H311, H301, H372, H412, EUH059	C2	2B	B2	hépatique	hépatique
TCmA (trichlorométhane ou chloroforme)	67-66-3	++	++	SGH07, SGH08	H351, H302, H373, H315	C2	2B	B2	hépatique	hépatique
dichlorométhane	75-09-2	++	++	SGH08, SGH09	H351	C2	2B	B2	foie	foie
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH										
Aliphatic nC>5-nC6	non adéquat	++	+	white spirit, essences spéciales, solvants aromatiques légers, pétroles lampants (kérosène) : SGH08	tout type d'hydrocarbures : H350, H340, H304	classement fonction des hydrocarbures			non adapté	sys. nerveux
Aliphatic nC>6-nC8	"	++	+				non adapté	sys. nerveux		
Aliphatic nC>8-nC10	"	+	-				sys. nerveux sys. hépatique	sys. Hépatique		
Aliphatic nC>10-nC12	"	+	-				sys. nerveux sys. hépatique	sys. Hépatique		
Aliphatic nC>12-nC16	"	-	--				sys. nerveux sys. hépatique	sys. Hépatique		
Aromatic nC>5-nC7 benzène	"	++	++				-	-		
Aromatic nC>7-nC8 toluène	"	++	++				-	-		
Aromatic nC>8-nC10	"	+	+				poids	poids		
Aromatic nC>10-nC12	"	+	+				poids	poids		
Aromatic nC>12-nC16	"	-	+				poids	poids		

LEGENDE Volatilité :	LEGENDE Solubilité :
++ : Pv > 1000 Pa (COV)	++ : S > 100 mg/l
+ : 1000 > Pv > 10 Pa (COV)	+ : 100 > S > 1 mg/l
- : 10 > Pv > 10 ⁻² Pa (non COV)	- : 1 > S > 0.01 mg/l
-- : 10 ⁻² > Pv > 10 ⁻⁵ Pa (non COV)	-- : S < 0.01 mg/l

Annexe 2. Relations dose-réponse

Cette annexe contient 7 pages.

Relations dose-effet/dose-réponse

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

La relation entre une dose et son effet est représentée par une grandeur numérique appelée Valeur Toxicologique de Référence (VTR). Etablies par diverses instances internationales ou nationales¹ (Cf § H) sur l'analyse des connaissances toxicologiques animales et épidémiologiques, ces VTR sont une appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques établissant une relation quantitative entre une dose et un effet (toxiques à seuil de dose) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxiques sans seuil de dose).

Selon les mécanismes toxicologiques en jeu et pour des expositions chroniques, deux grands types d'effets sanitaires peuvent être distingués : **les effets à seuil** de dose (effets non cancérogènes et effets cancérogènes à seuil²) et **les effets sans seuil** de dose (substances cancérogènes génotoxiques). Une même substance peut produire ces deux types d'effets.

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

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

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

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

Pour les effets à seuil de dose, les VTR sont exprimées en mg/kg/j pour l'ingestion et en µg/m³ pour l'inhalation, avec des dénominations variables selon les pays et les organismes, les principales dénominations sont reprises ci-dessous :

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

¹ ATSDR Toxicological Profiles (US Agency for Toxic Substances and Disease Registry)

IRIS US-EPA (Integrated Risk Information System ; US Environmental Protection Agency)

OMS. Guidelines for drinking-water quality.

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

En France, l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail) peut également produire des VTR

² Cancérogènes épigénétiques ou non génotoxiques

- CAA (Concentration dans l'Air Admissible – OMS);

En France, la dénomination retenue par l'ANSES¹ pour l'ensemble de ses valeurs est la dénomination générique « VTR » (Valeur Toxicologique de Référence)

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

- l'excès de risque unitaire lié à la voie d'exposition orale : ERUo en (mg/kg/j)⁻¹,
- l'excès de risque unitaire par inhalation : ERUi en (µg/m³)⁻¹.

Critères de choix des VTR

La note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués est prise en compte pour la sélection des VTR.

En l'absence de VTR établie par l'ANSES, en application de la note DGS/DGPR précitée, pour chaque substance, les différentes VTR actuellement disponibles seront recherchées de façon à discuter le choix réalisé sur les critères suivants :

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

Ainsi, en l'absence d'**expertise nationale** ou de VTR proposée par l'**Anses**, la VTR sera retenue selon l'ordre de priorité défini par la circulaire DGS/DGPR du 31/10/2014, à savoir :

- la VTR la plus récente parmi les trois bases de données : **US-EPA, ATSDR ou OMS** 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.
- Puis, si aucune VTR n'était retrouvée dans les 4 bases de données (Anses, US-EPA, ATSDR et OMS), la VTR la plus récente proposée par **Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA**.

VTR pour la voie cutanée

Lors de la réalisation d'évaluations des risques sanitaires en France, l'exposition cutanée n'est pas prise en compte, en raison de l'absence de valeurs toxicologiques de référence (VTR) et de méthodologie d'élaboration. Ainsi, l'INERIS a récemment travaillé sur la prise en compte de la voie cutanée et a proposé une méthode de construction de VTR pour des effets sensibilisants pour une exposition de la peau (INERIS, rapport DRC-07-85452-12062A, 2007).

A l'heure actuelle, l'INERIS continue son travail concernant les VTR pour des effets cutanés. L'objet de son rapport DRC-09-94380-01323A d'avril 2009, est d'ajuster la méthodologie précédemment proposée en prenant notamment en compte les recommandations du document guide développé pour la mise en oeuvre du règlement REACH relatif à une méthodologie d'établissement des DNEL (Derived No Effect Level) pour les effets sensibilisants. La méthodologie a été appliquée à trois substances sensibilisantes : l'hydroquinone, substance pour laquelle deux types de tests étaient disponibles (LLNA et GPMT) qui présentait ainsi une bonne étude de cas pour la méthodologie et le benzo(a)pyrène, substance couramment retrouvée en évaluation des risques. Le 3-méthyleugénol, faiblement sensibilisant, a également été étudié dans l'objectif

¹ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail

d'avoir un aperçu sur l'étendue possible des valeurs des DNEL. Ces valeurs ne sont pas reprises dans le présent document.

In fine, BURGEAP applique la note DGS/DGPR d'octobre 2014 qui mentionne « en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, il ne doit être envisagé aucune transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire ».

Autres valeurs de comparaison utilisées

L'utilisation d'autres valeurs que les Valeurs Toxicologiques de Référence peut être réalisée parallèlement à la quantification des risques sanitaires. Ces autres valeurs permettent en effet de discuter de l'exposition des individus et d'estimer l'état des milieux, à savoir si un impact est mesuré (ou mesurable) ou non.

Ces valeurs de comparaison regroupent des valeurs réglementaires (France et Europe), des valeurs guide (OMS, INDEX, CHSPF) qui sont généralement des valeurs qui servent de point de départ à l'élaboration de valeurs réglementaires et, dans le contexte particulier du code du travail, des valeurs limites pour l'exposition professionnelle (VLEP) qu'elles soient réglementaires ou indicatives. Les VLEP peuvent en effet avec les seuils olfactifs être des éléments de l'interprétation de l'état du milieu air en l'absence de toute autre valeur guide.

Ces valeurs ne sont en aucun cas (conformément à la note DGS/DGPR d'octobre 2014) utilisées pour évaluer les Quotient de Danger (QD) et excès de risques individuels (ERI) faisant référence à une évaluation des risques sanitaires. Ces valeurs appelées valeurs de comparaison constituent des critères de gestion.

Valeurs réglementaires

► Milieu EAU

Pour le milieu eau, les valeurs réglementaires pour les eaux potables issues de la réglementation française (décret 2007-49 et arrêté du 11 janvier 2007) mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique sont utilisées.

Les valeurs réglementaires existantes constituent les critères de gestion des eaux à vocation alimentaire (donc la valeur limite de concentrations des eaux au robinet des habitations), à ce titre, il n'est pas approprié d'établir un autre critère de gestion pour les eaux de nappe qui ont vocation à être utilisées à des fins alimentaires directement (ingestion de l'eau d'un puits sans traitement) ou indirectement (ingestion de l'eau après traitement, ingestion de produits alimentaires arrosés avec l'eau de nappe, etc.). Sont également présentées les limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinées à la consommation humaine issues de ce même décret.

Au niveau Européen, la directive de la communauté européenne : Directive de la CE (03/11/98) donnent également la majorité des valeurs françaises.

Pour la baignade les valeurs réglementaires définies dans le décret n°2003-462 du 21 mai 2003 **relatif aux dispositions réglementaires des parties I, II et III du code de la santé (articles 1332, annexe 13-5) sont retenues.**

NB : Un travail interne est actuellement en cours concernant la diffusion des Normes de qualité environnementales (NQE)

► Milieu AIR

Le Décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 transpose la directive européenne 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe et précise notamment les nouvelles normes à appliquer.

Ces valeurs réglementaires françaises sont établies pour l'air atmosphérique extérieur, pour des durées d'exposition (3h, 24h ou vie entière) et sur la base de moyennes horaires, journalières ou annuelles. On distingue 5 niveaux de **valeurs réglementaires** :

- Objectif de qualité : niveau de concentration à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.
- Valeur cible : niveau de concentration à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
- Valeur limite pour la protection de la santé : niveau de concentration à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
- Seuil d'information et de recommandation : niveau de concentration au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.
- Seuil d'alerte de la population : niveau de concentration au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Des valeurs réglementaires françaises existent pour le monoxyde de carbone, le benzène, le benzo(a)pyrène, les PM10 et PM2.5, dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, arsenic, cadmium, nickel et plomb.

Enfin, pour l'air intérieur des ERP (Etablissement recevant du public) des valeurs guides réglementées en France ont été mises en place, elles sont reprises dans le présent document. La loi du 1er août 2008 relative à la responsabilité environnementale oblige à définir des « valeurs-guides pour l'air intérieur » dans les ERP. Le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur y pourvoit pour le formaldéhyde, gaz incolore principalement utilisé pour la fabrication de colles, liants ou résines, et pour le benzène, substance cancérigène aux effets hématologiques issue de phénomènes de combustion (gaz d'échappement, cheminée, cigarette, etc.). La valeur-guide pour le formaldéhyde est fixée pour une exposition de longue durée à 30 µg/m³ au 1er janvier 2015 et à 10 µg/m³ au 1er janvier 2023. La valeur-guide pour le benzène est fixée pour une exposition de longue durée à 5 µg/m³ au 1^{er} janvier 2013 et à 2 µg/m³ au 1^{er} janvier 2016.

► Autres milieux

D'autres milieux sont concernés par des valeurs réglementaires en France (dans le domaine alimentaire par exemple). Celles-ci ne sont pas détaillées ici mais constituent au même titre que les concentrations dans l'eau et l'air des valeurs de gestion.

Valeurs guides

Les valeurs guides peuvent porter sur le milieu eau, air, sol et matrices alimentaires (animales, végétales). Ces valeurs, bien que reposant sur des critères sanitaires sont considérées comme des valeurs de gestion, et ne constituent pas, stricto sensu, des valeurs toxicologiques de référence.

► OMS –Eaux potables

L'OMS édite un ouvrage intitulé « Guidelines for drinking water quality » qui reprend les valeurs guides pour les eaux potables de nombreuses substances. Cet ouvrage régulièrement mis à jour est actuellement à sa 4^{ème} édition, elle date de 2011.

► OMS –Air et air intérieur

Le bureau Europe de l'Organisation Mondiale de la Santé a publié en 2000 un document intitulé « Air Quality Guidelines in Europe » [WHO 2000]¹ dans lequel figurent des valeurs guides pour la qualité de l'air.

¹ WHO. Air Quality Guidelines. Second edition WHO Regional Publications, European Series, No. 91.2000, 273 pages.

L'objet de ce guide est de fournir une base pour la protection de la santé publique contre les effets néfastes des polluants atmosphériques, dans la perspective d'une cessation ou d'une réduction de l'exposition aux polluants qui nuisent certainement ou probablement à la santé ou au bien-être. Ce guide présente des informations générales et des conseils aux autorités internationales, nationales et locales qui souhaitent évaluer les risques et prendre des décisions concernant leur gestion. Ce guide établit des niveaux de polluants au-dessous desquels l'exposition (à vie ou pendant une période donnée) ne représente pas de risque important pour la santé publique.

En ce qui concerne les polluants abordés, les sections relatives à l'évaluation des risques pour la santé et aux valeurs-guides exposent les considérations les plus pertinentes qui ont conduit à l'adoption des valeurs-guides recommandées.

Certains polluants ont été revus par l'OMS en 2005 (WHO air quality guidelines, global update, 2005)¹. Cette révision s'appuie sur l'ensemble des connaissances acquises ces dernières années (études épidémiologiques notamment).

Enfin, en 2010, l'OMS a publié un document intitulé « WHO guidelines for indoor air quality » [WHO 2010] dans lequel figurent des valeurs guides spécifiques pour la qualité de l'air intérieur.

► INDEX –Air intérieur

Le rapport final du projet INDEX : « Critical Appraisal of the setting and implementation of indoor exposures limits in the EU », 2005 élaboré par l'institut de la protection de la santé et du consommateur propose des valeurs guide pour l'air intérieur.

Les substances listées dans ce document sont le benzène, le toluène, les xylènes, le styrène, le naphthalène, l'acétaldéhyde, le formaldéhyde, le dioxyde de carbone, le dioxyde d'azote, l'ammoniac, le limonène, l'alpha pinène.

Les informations sur les expositions, la toxicité et la caractérisation du risque ont conduit les membres du projet à donner des recommandations quant aux expositions dans l'air intérieur à ne pas dépasser pour différentes durées.

► ANSES – Air intérieur

L'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail) a pour mission de contribuer à assurer la sécurité sanitaire humaine dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation, notamment en mobilisant une expertise scientifique et technique pluridisciplinaire nécessaire à l'évaluation des risques.

Pour faire face à l'enjeu que représente la qualité de l'air intérieur et apporter aux pouvoirs publics des informations utiles à la gestion de ce risque, l'ANSES s'est auto-saisie en octobre 2004, de l'élaboration de valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAI) en France. Elles sont exclusivement construites sur des critères sanitaires. Elles sont exprimées sous forme de concentration dans l'air, associée à un temps d'exposition (VGAI court terme, VGAI long terme, VGAI intermédiaire), en dessous de laquelle aucun effet sanitaire, aucune nuisance, ou aucun effet indirect important sur la santé n'est en principe attendu pour la population générale.

Dans le cadre de substances dont les effets se manifestent sans seuil de dose, les VG sont exprimées sous la forme de niveaux de risque correspondant à une probabilité de survenue de la maladie.

En décembre 2014, date de la mise à jour de ce document, 11 polluants d'intérêt de l'air intérieur ont fait l'objet d'une expertise de l'Anses sur les VGAI.

Voir : <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualit%C3%A9-d%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-vgai>

¹ WHO. Air Quality Guidelines. Global update 2005. Report on a working group meeting. Bonn, Germany. 18-20 october 2005.

► CSHPF et HCSP

Le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) est une instance d'expertise scientifique et technique, placée auprès du ministre chargé de la santé. Cette instance a un rôle d'évaluation et de gestion des risques pour la santé de l'homme. Le CSHPF peut être consulté lorsque se posent des problèmes sanitaires. Les avis et les recommandations émis par le CSHPF constituent une base essentielle à la prise de décision en santé publique et peuvent également servir d'appui à l'élaboration de textes réglementaires.

Les avis et rapports du CSHPF sont consultables sur le site suivant : <http://www.sante.gouv.fr/avis-et-rapports-du-cshpf.html>

Le Haut Conseil de la santé publique a été officiellement installé le 14 mars 2007. Ses 105 membres ont élu leur président et leur vice-président. Le HCSP est une instance d'expertise créée par la Loi relative à la politique de santé publique du 9 août 2004. Il reprend, en les élargissant, les missions du Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF) et celles du Haut Comité de la santé publique.

Les avis et rapports du HCSP sont consultables sur le site suivant :

<http://www.hcsp.fr/explore.cgi/accueil?ae=accueil>

Organismes consultés pour la recherche de VTR

Les bases de données consultées pour la recherche des VTR sont les suivantes (présentée dans l'ordre de priorité préconisé par la note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) :

- **Anses** (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail).
- **US EPA** (United States Environmental Protection Agency – Etat Unis) dont dépend la base de données **IRIS** – Integrated Risk Information System).
- **ATSDR** (Agency for Toxic Substances and Disease Registry – Etats-Unis).
- **OMS** (Organisation Mondiale de la Santé – Bureau régional de l'Europe)/**IPCS** (International Program on Chemical Safety).

Ces organismes établissent leurs propres VTR à partir d'études expérimentales ou épidémiologiques. Les valeurs issues de ces bases de Données sont des données à caractère national mais elles sont internationalement reconnues..

Viennent ensuite les organismes pour lesquels la transparence dans l'établissement des valeurs n'est pas toujours adaptée à la sélection de leur VTR :

- **Health Canada = Santé canada** (Ministère Fédéral de la Santé – Canada),
- **RIVM** (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu – Institut National de Santé Publique et de l'Environnement – Pays Bas),
- **OEHHA** (Office of Environmental Health Hazard Assessment of Californie – Etat Unis) qui établit également ces propres VTR. L'OEHHA se base souvent sur les mêmes études que l'US EPA mais les VTR sont souvent plus conservatoires.
- **EFSA** (European Food Safety Authority).

Des recueils de données sont consultés par ailleurs car ils regroupent les VTR des différents organismes cités ci-avant. Ce sont :

- **Furetox** (Faciliter l'Usage des REsources TOXicologique), base de données française réalisée en partenariat avec l'Institut de Veille sanitaire, l'ARS Nord Pas de Calais et l'ARS Ile de France.
- **TERA** (toxicology excellence for risk assessment), base de données **de ITER** (International Toxicity Estimates for Risk Database), établit une synthèse des données toxicologiques issues des autres bases de données.
- **INERIS** (Institut National de l'Environnement Industriel et des risques - France), établit des fiches de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques qui synthétisent notamment

l'ensemble des données toxicologiques issues des autres bases de données - à l'heure actuelle ce programme contient une cinquantaine de fiches.

- **IPCS INCHEM** (International Programme on Chemical Safety) : Portail d'accès à de nombreux sites dont le **CIRC** (Centre International de Recherche sur de Cancer), le **JEFCA** ([Joint Expert Committee on Food Additives](#)) et autres instances internationales.

Le recueil de donnée **RAIS** (Risk Assessment Information System – Etat Unis) reprenant les valeurs des autres organismes américains, en particulier du **NTP** (National Toxicology Program) et de **IRIS** de l'US EPA, n'est pas considéré compte tenu de l'absence de toute transparence dans les valeurs affichées.

Annexe 3. Estimation des concentrations dans les milieux d'exposition

Cette annexe contient 8 pages.

Concentrations de vapeurs dans l'air intérieur - bâtiment de plain-pied sur dallage indépendant

Description du modèle utilisé

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

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



Johnson & Ettinger, 1991
Dallage indépendant
Yao et al., 2011

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

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

Avec :

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

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

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

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

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

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

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

A_B : surface des bâtiments (cm²)

L_T : distance de la source au dallage (cm)

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

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

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

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

k_v : perméabilité intrinsèque des sols (cm^2)

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

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

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

Z_{crack} : profondeur des fissures sous le sol

π : 3.14159

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

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

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

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

La différence de pression entre l'air des bâtiments et l'air du sol ΔP : 40 $g/cm \cdot s^2$ (valeur conservatoire définie par Johnson et Ettinger). Cette différence de pression varie dans la littérature de 0 à 20 Pa (1 Pa = 10 $g/cm \cdot s^2$). L'effet du vent et de la température (chauffage) induit des variations de pression comprises typiquement entre 4 et 5 Pa (Loureiro et al. 1990 ; Grimsrud et al. 1983). Johnson et Ettinger considère qu'un ΔP de 4 Pa est conservatoire.

La perméabilité intrinsèque est obtenue à partir de la formule suivante : $k_i = \frac{K \times \mu}{\rho \times g}$

Calcul des coefficients de diffusion

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

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

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

Le coefficient de diffusion dans le milieu poreux est ensuite défini comme la somme des deux termes précédents.

Le coefficient de tortuosité (τ^{-1}) est défini de la manière suivante :

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

Avec :

H constante de Henry adimensionnelle,

θ porosité totale,
 θ_{eau} teneur en eau du sol,
 θ_{gaz} teneur en gaz du sol.

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

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

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

Avec C_t : concentration en polluant dans le sol (mg/kg)
 ρ_b : densité du sol (g/cm^3)
 F_{oc} : fraction de carbone organique dans le sol (g co/g sol)
 K_{oc} : coefficient de partition du carbone organique (mg/l/g)
 K_H : constante de Henry ((mg/l)/(mg/l))
 θ_a : teneur en air dans les sols (cm^3 d'air/ cm^3 de sol)
 θ_w : teneur en eau dans les sols (cm^3 d'eau/ cm^3 de sol)

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

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

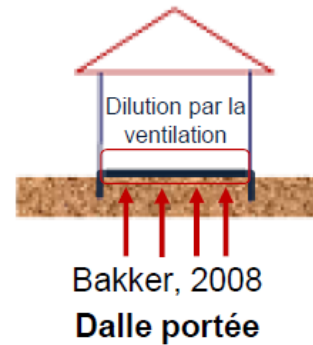
Avec C_{wi} : concentration de la substance i dans l'eau du sol (mg/l),
 H : constante de Henry (-)
 X : fraction molaire de la substance i dans le mélange (-)
 S : solubilité de la substance i (mg/l)

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

Concentration de vapeurs dans l'air intérieur - bâtiment de plain pied sur dalle portée

Les équations reprises ci-après sont tirées de **Bakker et al.** 2008 (RIVM Report 711701049/2008) pour un bâtiment de plain-pied avec une dalle portée, elles ont été réécrites sous excel par nos soins.

Le flux de polluant gazeux venant du sol vers l'air intérieur J_T combine le transport convectif et diffusif à travers les différents horizons de sols et la dalle considérée ici comme un milieu poreux équivalent. Les équations proposées par Waitz et al. (1996) pour chaque couche sont reprises par Bakker et al. (2008).



Le flux de polluant J_T s'écrit :

$$J_T = \frac{-F_T \cdot C_{gds}}{\exp\left[-F_T \frac{L_T}{D_{eff}}\right] - 1} \quad (1)$$

Avec J_T : flux total du polluant du sol vers l'air intérieur (g/m²/h)
 F_T : flux convectif total à travers le système sol+dalle (m³/m²/h)
 L_T : longueur totale du système considéré entre la source et l'air intérieur (m) : hauteur de sols (L_s) + de dalle (L_f)
 D_{eff} : coefficient de diffusion effectif intégrant les sols et la dalle (m²/h)
 C_{gds} : concentration dans les gaz du sol à la source (g/m³)

NB : Les équations sont simplifiées par l'auteur considérant que la concentration dans l'air intérieur à la surface de la dalle est négligeable devant celle dans les gaz du sol.

Le flux convectif F_T s'écrit comme suit :

$$F_T = \frac{dP_T}{L_s/K_s + L_f/K_f} \quad (2)$$

Avec dP_T : différence de pression entre l'intérieur du bâtiment et les sols (jusqu'à la source) (Pa)
 F_T : flux convectif total à travers le système sol+dalle (m³/m²/h)
 L_s : hauteur de sol entre la source et la base de la dalle (m)
 L_f : épaisseur de la dalle (m)
 K_s : conductivité équivalente du sol entre la source et la dalle (m²/Pa/h)
 K_f : conductivité équivalente de la dalle (m²/Pa/h)

Pour une succession de lithologies présentant des perméabilités différentes, le coefficient de conductivité équivalent K_s est calculé comme suit :

$$K_s = \frac{L_s}{\sum_{(0 \text{ à } L_s)} \left[\frac{L_h}{k_h} \right]} \cdot \frac{1}{\eta} \quad (3)$$

Avec : L_h : épaisseur de l'horizon h (m)
 L_s : profondeur de la source considérée (m)
 k_h : perméabilité au gaz de l'horizon h (m²)
 η : viscosité dynamique du gaz (m²)

La concentration dans l'air intérieur C_{int} est dépendante du débit massique de polluant J_T et du taux de renouvellement d'air du bâtiment vv_i . D'un point de vue théorique, le renouvellement d'air vv_i dépend du taux de ventilation τ_i mais également du débit d'air entrant dans le bâtiment à travers les sols Q_{soil} .

$$C_{\text{int}} = \frac{J_T}{h_i \times vv_i} \quad (4) \quad \text{avec} \quad vv_i = \tau_i + \frac{Q_{\text{soil}}}{A_c \times h_i} \quad (5) \quad \text{et} \quad Q_{\text{soil}} = F_T \cdot A_c \cdot 24 \quad (6)$$

Avec C_{int} : concentration en polluant dans l'air intérieur (mg/m^3)
 h_i : hauteur du rez-de-chaussée (m)
 vv_i : taux de renouvellement de l'air intérieur (j^{-1})
 τ_i : taux de ventilation d'air de l'espace du bâtiment considéré (j^{-1}), valeur issue de la réglementation
 J_T : flux total du polluant du sol vers l'air intérieur (m^3/j)
 Q_{soil} : flux d'air du sol vers l'air intérieur (m^3/j)
 F_T : flux convectif total à travers le système sol+dalle ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$)
 A_i : surface du bâtiment (m^2)

Pour les sources situées à faible profondeur sous la structure (< quelques mètres) ou des tailles conséquentes de bâtiments (plusieurs centaines de m^2), considérant que l'empreinte du bâtiment va conduire à accumuler les polluants sous la dalle, les terrains ne sont pas considérés comme un frein sous la dalle, les équations retenues par BURGEAP sont alors les suivantes pour la perméabilité, le flux convectif et le flux total :

$$J_T = \frac{-F_T \cdot C_{\text{gds}}}{\exp\left[-F_T \frac{L_f}{D_f}\right] - 1} \quad (7)$$

Avec J_T : flux total du polluant du sol vers l'air intérieur ($\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$)
 F_T : flux convectif total à travers la dalle ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$)
 L_f : épaisseur de la dalle (m)
 D_f : coefficient de diffusion à travers la dalle (m^2/h)
 C_{gds} : concentration dans les gaz du sol (g/m^3)
 Le flux convectif F_T s'écrit comme suit :

$$F_T = \frac{dP_T}{L_f / K_f} \quad (8)$$

Avec dP_T : différence de pression entre l'intérieur du bâtiment et les sols sous-jacents (Pa)
 F_T : flux convectif total à travers la dalle ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$)
 L_f : épaisseur de la dalle (m)
 K_f : conductivité équivalente de la dalle ($\text{m}^2/\text{Pa}/\text{h}$)

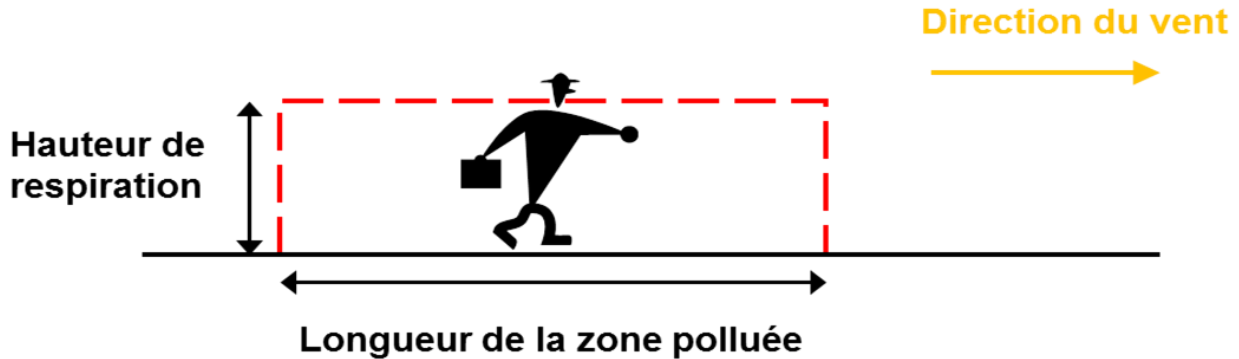
Parmi les paramètres suivants, certains sont retenus pour le modèle.

	Paramètre	Bakker et al (2008)	Source
dPt	Différence de pression entre bâti et sol	4 Pa	Valeur conservatoire par défaut proposée par Johnson et Ettinger (1991)
Kf	Perméabilité de la dalle (si non connue pour des nouvelles constructions)	$2 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2$	Soit $2 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$ correspondant à une dalle de qualité « normale » selon Bakker et al. (2008)
Kf	Perméabilité de la dalle (pour des radiers et cuvelage)	$2 \cdot 10^{-9} \text{ cm}^2$	Soit $2 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$ correspondant à une dalle de bonne qualité selon Bakker et al. (2008)
Kf	Perméabilité de la dalle (en présence d'une géomembrane en base ou résine de type epoxy)	$2 \cdot 10^{-11} \text{ cm}^2$	Soit $2 \cdot 10^{-15} \text{ m}^2$ correspondant à une dalle de très bonne qualité selon Bakker et al. (2008)
	Porosité de la dalle (pour Df)	12%	Cette valeur est déterminée pour un béton ordinaire de rapport E/C = 0,48, d'après « Caractérisation des pâtes de ciments et des bétons – Méthodes, analyse, interprétation ». Véronique BAROGHEL-BOUNY. LCPC, 1994.
	Teneur en eau de la dalle (pour Df)	7%	Valeur par défaut
L_{crack}, L_f	Epaisseur de la dalle	0,1m	Hypothèse

Concentration de vapeur dans l'air extérieur

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

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



La concentration moyenne dans l'air extérieur est calculée de la façon suivante :

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

Avec $C_{i, air-ext}$: concentration moyenne dans l'air extérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) à la hauteur de l'organe respiratoire (H)
 F : flux de polluant à l'interface sol/air extérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)
 L : longueur de la zone de mélange (correspondant à la longueur de la zone polluée) (en m)
 v : vitesse moyenne du vent (m/s).
 H : hauteur de la zone de mélange (m) correspondant à la hauteur de l'organe respiratoire de la cible

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

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

Où:-

- dC/dz : gradient de concentration ($\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{m}$) entre la concentration à la source (la concentration dans les gaz à l'équilibre avec les sols pollués ou les eaux de la nappe polluée).
- le coefficient de diffusion effectif (D_{eff} en m^2/j) dans le sol prend en considération à la fois la diffusion dans la phase aqueuse et dans la phase gazeuse¹ est donné ci-après.

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

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

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

¹ Dans la notice d'utilisation de VOLASOIL, il est souligné qu'en zone non saturée, le coefficient de diffusion dans la phase gazeuse est approximativement 10^4 fois plus grand que le coefficient de diffusion dans la phase aqueuse (Glotfely & Schomburg, 1991).

Le coefficient de diffusion dans le milieu poreux est ensuite défini comme la somme des deux termes précédents.

Le coefficient de tortuosité (τ^{-1}) est défini de la manière suivante :

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

Avec :

- H : constante de Henry adimensionnelle,
- θ : porosité totale,
- θ_{eau} : teneur en eau du sol,
- θ_{air} : teneur en gaz du sol.

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

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

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

- Avec** C_t : concentration en polluant dans le sol (mg/kg)
 ρ_b : densité du sol (g/cm^3)
 F_{oc} : fraction de carbone organique dans le sol (g co/g sol)
 K_{oc} : coefficient de partition du carbone organique (mg/l/g)
 K_H : constante de Henry ((mg/l)/(mg/l))
 θ_a : teneur en air dans les sols (cm^3 d'air/ cm^3 de sol)
 θ_w : teneur en eau dans les sols (cm^3 d'eau/ cm^3 de sol)

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

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

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

Caractéristique des recouvrements :

Les terrains naturels pollués sont considérés comme recouverts par une couche d'enrobé : Un enrobé (ou enrobé bitumineux ou béton bitumineux) est un mélange de graviers, de sable et de liant hydrocarboné (type goudron ou bitume) appliqué en une ou plusieurs couches pour constituer la chaussée des routes, la piste des aéroports et d'autres zones de circulation. Un enrobé drainant ou béton bitumineux drainant est un revêtement routier bitumineux, utilisé pour constituer la chaussée des routes. Il fait partie de la famille des enrobés bitumineux.

Les caractéristiques en termes de porosités et teneur en eau des enrobés asphaltés sont diverses dépendant de la typologie des enrobés.

La teneur en gaz doit être comprise entre 3 et 5%, en dessous de 3 %, le revêtement serait sujet à des déformations permanentes trop importantes (Roberts et al. 1996). En dessous de 2%, le volume de vide n'est pas suffisant pour la dilatation du matériau en cas de fortes chaleurs¹

Une seule référence mentionne la teneur en eau (VDOT, 2011) qui doit être suivie lors du séchage du matériau et ne pas dépasser 1% sur le mélange fini. La teneur en eau peut avoir des effets délétères sur la performance

¹ <http://www.asphaltinstitute.org/engineering/frequently-asked-questions-faqs/asphalt-pavement-construction/>

à long terme du recouvrement. Pour Parker (1996), les seuils à partir desquels de tels effets peuvent se produire varient de 0,5 à 2%.

Dans l'application des calculs de risques à la réutilisation des terres excavées, Blanc et al. (2012) retiennent pour l'enrobé extérieur (parking) une porosité de 3% et une teneur en eau nulle, aucun argumentaire n'est cependant donné sur la source de ces valeurs.

Le tableau suivant présente ces rapports pour différentes hypothèses.

	Gamme enrobé asphalté (hors enrobé poreux)							bétons (pour mémoire)
porosité	2%	2%	3%	3%	4%	5%	5%	12%
teneur en gaz	1%	2%	2%	3%	3%	3%	4%	5%
teneur en eau	1%	0%	1%	0%	1%	2%	1%	7%
D0/ Deff	1856	184	414	107	191	298	114	312

Annexe 4.

Détails des calculs de dose et de risque

Cette annexe contient 3 pages.

	Inhalation air intérieur - J&E - air intérieur des lieux de vie				
	Effets toxiques sans seuil Concentrations moyennes de vapeurs inhalées (µg/m ³) Adulte 1	Effets toxiques à seuil cancérigènes Concentrations moyennes de vapeurs inhalées (µg/m ³) Adulte 1	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI) Adulte 1	Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger (QD) spécifique Adulte 1	Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD) Adulte 1
SUBSTANCES					
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES					
Naphtalène	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES					
benzène	1.04E-06	1.73E-06	2.70E-11	non calculé	1.73E-07
toluène	4.15E-06	6.91E-06	non calculé	non calculé	3.64E-10
ethylbenzène	3.29E-07	5.49E-07	non calculé	non calculé	3.66E-10
M+p-Xylène	9.64E-07	1.61E-06	non calculé	non calculé	8.04E-09
o-Xylène	6.91E-07	1.15E-06	non calculé	non calculé	5.76E-09
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH					
Aliphatic nC>5-nC6	3.67E-06	6.11E-06	non calculé	non calculé	2.04E-09
Aliphatic nC>6-nC8	2.19E-05	3.66E-05	non calculé	non calculé	1.22E-08
Aliphatic nC>8-nC10	6.69E-05	1.11E-04	non calculé	non calculé	1.11E-07
Aliphatic nC>10-nC12	1.08E-05	1.80E-05	non calculé	non calculé	1.80E-08
Aliphatic nC>12-nC16	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
Aromatic nC>8-nC10	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
Aromatic nC>10-nC12	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
Aromatic nC>12-nC16	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS					
tétrachloroéthylène (PCE)	1.11E-04	1.84E-04	2.88E-11	non calculé	4.61E-07
trichloroéthylène (TCE)	1.00E-05	1.67E-05	1.00E-11	non calculé	5.23E-09
dichloroéthylène (cis 1,2-DCE)	3.27E-06	5.45E-06	non calculé	non calculé	9.09E-08
dichloroéthylène (trans 1,2-DCE)	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
1,1 dichloroéthylène (1,1 DCE)	5.58E-06	9.30E-06	non calculé	non calculé	4.65E-08
chlorure de vinyle (VC)	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
1,1,2 trichloroéthane	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
1,1,1 trichloroéthane	1.33E-06	2.22E-06	non calculé	non calculé	2.22E-09
1,1 dichloroéthane	9.84E-07	1.64E-06	1.57E-12	non calculé	non calculé
chloroforme (TCmA)	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
dichlorométhane	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
TOTAL	2.42E-04	4.04E-04	6.74E-11	0.00E+00	9.38E-07

	Inhalation air intérieur - Bakker - air intérieur des lieux de vie				
	Effets toxiques sans seuil Concentrations moyennes de vapeurs inhalées (µg/m ³)	Effets toxiques à seuil cancérogènes Concentrations moyennes de vapeurs inhalées (µg/m ³)	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)	Effets toxiques à seuil cancérogènes Quotient de danger (QD) spécifique	Effets toxiques à seuil non cancérogènes Quotient de danger (QD)
	Adulte 1	Adulte 1	Adulte 1	Adulte 1	Adulte 1
SUBSTANCES					
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES					
Naphtalène	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES					
benzène	1.16E-06	1.93E-06	3.01E-11	non calculé	1.93E-07
toluène	4.60E-06	7.67E-06	non calculé	non calculé	4.03E-10
ethylbenzène	3.51E-07	5.86E-07	non calculé	non calculé	3.90E-10
M+p-Xylène	1.02E-06	1.69E-06	non calculé	non calculé	8.46E-09
o-Xylène	7.67E-07	1.28E-06	non calculé	non calculé	6.39E-09
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH					
Aliphatic nC>5-nC6	4.26E-06	7.11E-06	non calculé	non calculé	2.37E-09
Aliphatic nC>6-nC8	2.55E-05	4.25E-05	non calculé	non calculé	1.42E-08
Aliphatic nC>8-nC10	7.78E-05	1.30E-04	non calculé	non calculé	1.30E-07
Aliphatic nC>10-nC12	1.25E-05	2.09E-05	non calculé	non calculé	2.09E-08
Aliphatic nC>12-nC16	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
Aromatic nC>8-nC10	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
Aromatic nC>10-nC12	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
Aromatic nC>12-nC16	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS					
tétrachloroéthylène (PCE)	1.17E-04	1.95E-04	3.04E-11	non calculé	4.88E-07
trichloroéthylène (TCE)	1.09E-05	1.81E-05	1.09E-11	non calculé	5.65E-09
dichloroéthylène (cis 1,2-DCE)	3.48E-06	5.80E-06	non calculé	non calculé	9.66E-08
dichloroéthylène (trans 1,2-DCE)	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
1,1 dichloroéthylène (1,1 DCE)	6.26E-06	1.04E-05	non calculé	non calculé	5.22E-08
chlorure de vinyle (VC)	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
1,1,2 trichloroéthane	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
1,1,1 trichloroéthane	1.44E-06	2.39E-06	non calculé	non calculé	2.39E-09
1,1 dichloroéthane	1.05E-06	1.75E-06	1.68E-12	non calculé	non calculé
chloroforme (TCmA)	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
dichlorométhane	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
TOTAL	2.68E-04	4.47E-04	7.31E-11	0.00E+00	1.02E-06

	Inhalation air extérieur avec recouvrement				
	Effets toxiques sans seuil Concentrations moyennes de vapeurs inhalées ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Effets toxiques à seuil cancérigènes Concentrations moyennes de vapeurs inhalées ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)	Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger (QD) spécifique	Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)
	Adulte 1	Adulte 1	Adulte 1	Adulte 1	Adulte 1
SUBSTANCES					
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES					
benzène	7.18E-10	1.20E-09	1.87E-14	non calculé	1.20E-10
toluène	9.94E-09	1.66E-08	non calculé	non calculé	8.72E-13
ethylbenzène	1.84E-09	3.06E-09	non calculé	non calculé	2.04E-12
M+p-Xylène	8.00E-09	1.33E-08	non calculé	non calculé	6.67E-11
o-Xylène	6.39E-09	1.07E-08	non calculé	non calculé	5.33E-11
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH					
Aliphatic nC>5-nC6	2.28E-08	3.81E-08	non calculé	non calculé	1.27E-11
Aliphatic nC>6-nC8	4.32E-08	7.21E-08	non calculé	non calculé	2.40E-11
Aliphatic nC>8-nC10	5.37E-07	8.95E-07	non calculé	non calculé	8.95E-10
Aliphatic nC>10-nC12	3.35E-07	5.59E-07	non calculé	non calculé	5.59E-10
Aliphatic nC>12-nC16	4.32E-08	7.21E-08	non calculé	non calculé	7.21E-11
Aromatic nC>8-nC10	4.73E-08	7.89E-08	non calculé	non calculé	3.94E-10
Aromatic nC>10-nC12	1.14E-08	1.91E-08	non calculé	non calculé	9.53E-11
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS					
tétrachloroéthylène (PCE)	4.11E-05	6.84E-05	1.07E-11	non calculé	1.71E-07
trichloroéthylène (TCE)	2.66E-06	4.44E-06	2.66E-12	non calculé	1.39E-09
dichloroéthylène (cis 1,2-DCE)	1.48E-06	2.47E-06	non calculé	non calculé	4.12E-08
dichloroéthylène (trans 1,2-DCE)	1.50E-08	2.50E-08	non calculé	non calculé	4.17E-10
1,1 dichloroéthylène (1,1 DCE)	1.03E-07	1.71E-07	non calculé	non calculé	8.57E-10
chlorure de vinyle (VC)	1.73E-09	2.88E-09	6.57E-15	non calculé	2.88E-11
1,1,2 trichloroéthane	6.40E-10	1.07E-09	1.02E-14	non calculé	non calculé
1,1,1 trichloroéthane	3.75E-08	6.26E-08	non calculé	non calculé	6.26E-11
1,1 dichloroéthane	2.48E-08	4.14E-08	3.97E-14	non calculé	non calculé
chloroforme (TCmA)	1.19E-08	1.98E-08	non calculé	3.14512E-10	2.02E-10
dichlorométhane	2.48E-09	4.13E-09	2.48E-17	non calculé	6.88E-12
TOTAL	4.65E-05	7.74E-05	1.34E-11	3.15E-10	2.18E-07

Annexe 5.

Détails des calculs de dose et de risque – validation seuil de coupure du tétrachloroéthylène (inhalation en extérieur)

Cette annexe contient 1 page.

	Inhalation air extérieur avec recouvrement				
	Effets toxiques sans seuil Concentrations moyennes de vapeurs inhalées (µg/m3)	Effets toxiques à seuil cancérigènes Concentrations moyennes de vapeurs inhalées (µa/m3)	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)	Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger (QD) spécifique	Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)
	Adulte 1	Adulte 1	Adulte 1	Adulte 1	Adulte 1
SUBSTANCES					
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES					
Naphtalène	3.62E-09	6.03E-09	2.03E-14	non calculé	1.63E-10
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES					
benzène	4.82E-07	8.04E-07	1.25E-11	non calculé	8.04E-08
toluène	1.28E-06	2.13E-06	non calculé	non calculé	1.12E-10
ethylbenzène	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
M+p-Xylène	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
o-Xylène	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH					
Aliphatic nC>5-nC6	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
Aliphatic nC>6-nC8	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
Aliphatic nC>8-nC10	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
Aliphatic nC>10-nC12	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
Aliphatic nC>12-nC16	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
Aromatic nC>8-nC10	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
Aromatic nC>10-nC12	5.07E-02	8.45E-02	non calculé	non calculé	4.23E-04
Aromatic nC>12-nC16	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé	non calculé
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS					
tétrachloroéthylène (PCE)	9.83E+00	1.64E+01	2.56E-06	non calculé	0.04
trichloroéthylène (TCE)	3.06E-01	5.10E-01	3.06E-07	non calculé	1.59E-04
dichloroéthylène (cis 1,2-DCE)	1.96E-01	3.27E-01	non calculé	non calculé	0.01
dichloroéthylène (trans 1,2-DCE)	1.90E-05	3.17E-05	non calculé	non calculé	5.29E-07
1,1 dichloroéthylène (1,1 DCE)	5.01E-02	8.36E-02	non calculé	non calculé	4.18E-04
chlorure de vinyle (VC)	8.16E-03	1.36E-02	3.10E-08	non calculé	1.36E-04
1,1,2 trichloroéthane	7.23E-04	1.21E-03	1.16E-08	non calculé	non calculé
1,1,1 trichloroéthane	1.55E-01	2.59E-01	non calculé	non calculé	2.59E-04
1,1 dichloroéthane	9.40E-05	1.57E-04	1.50E-10	non calculé	non calculé
chloroforme (TCmA)	1.57E-05	2.61E-05	non calculé	4.15E-07	2.67E-07
dichlorométhane	6.27E-06	1.04E-05	6.27E-14	non calculé	1.74E-08
TOTAL	1.06E+01	1.77E+01	2.90E-06	4.15E-07	4.78E-02

Annexe 6.

Détails des calculs de dose et de risque – vérification acceptabilité pour un enfant / adolescent fréquentant le parking le dimanche

Cette annexe contient 1 page.

	Inhalation air extérieur avec recouvrement				
	Effets toxiques sans seuil Concentrations moyennes de vapeurs inhalées (µg/m3)	Effets toxiques à seuil cancérigènes Concentrations moyennes de vapeurs inhalées (µg/m3)	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)	Effets toxiques à seuil cancérigènes Quotient de danger (QD) spécifique	Effets toxiques à seuil non cancérigènes Quotient de danger (QD)
	Enfant 1	Enfant 1	Enfant 1	Enfant 1	Enfant 1
SUBSTANCES					
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES					
benzène	9.10E-10	4.25E-09	2.37E-14	non calculé	4.25E-10
toluène	1.26E-08	5.87E-08	non calculé	non calculé	3.09E-12
ethylbenzène	2.33E-09	1.09E-08	non calculé	non calculé	7.23E-12
m+p-Xylène	1.01E-08	4.73E-08	non calculé	non calculé	2.36E-10
o-Xylène	8.10E-09	3.78E-08	non calculé	non calculé	1.89E-10
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH					
Aliphatic nC>5-nC6	2.89E-08	1.35E-07	non calculé	non calculé	4.50E-11
Aliphatic nC>6-nC8	5.47E-08	2.55E-07	non calculé	non calculé	8.52E-11
Aliphatic nC>8-nC10	6.80E-07	3.17E-06	non calculé	non calculé	3.17E-09
Aliphatic nC>10-nC12	4.25E-07	1.98E-06	non calculé	non calculé	1.98E-09
Aliphatic nC>12-nC16	5.47E-08	2.55E-07	non calculé	non calculé	2.55E-10
Aromatic nC>8-nC10	5.99E-08	2.80E-07	non calculé	non calculé	1.40E-09
Aromatic nC>10-nC12	1.45E-08	6.76E-08	non calculé	non calculé	3.38E-10
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS					
tétrachloroéthylène (PCE)	5.20E-05	2.43E-04	1.35E-11	non calculé	6.07E-07
trichloroéthylène (TCE)	3.37E-06	1.57E-05	3.37E-12	non calculé	4.92E-09
dichloroéthylène (cis 1,2-DCE)	1.88E-06	8.76E-06	non calculé	non calculé	1.46E-07
dichloroéthylène (trans 1,2-DCE)	1.90E-08	8.87E-08	non calculé	non calculé	1.48E-09
1,1 dichloroéthylène (1,1 DCE)	1.30E-07	6.07E-07	non calculé	non calculé	3.04E-09
chlorure de vinyle (VC)	2.19E-09	1.02E-08	8.32E-15	non calculé	1.02E-10
1,1,2 trichloroéthane	8.10E-10	3.78E-09	1.30E-14	non calculé	non calculé
1,1,1 trichloroéthane	4.75E-08	2.22E-07	non calculé	non calculé	2.22E-10
1,1 dichloroéthane	3.15E-08	1.47E-07	5.03E-14	non calculé	non calculé
chloroforme (TCmA)	1.51E-08	7.03E-08	non calculé	1.12E-09	7.17E-10
dichlorométhane	3.14E-09	1.46E-08	3.14E-17	non calculé	2.44E-11
TOTAL	5.88E-05	2.75E-04	1.70E-11	1.12E-09	7.71E-07

Annexe 4. Glossaire

Cette annexe contient 2 pages.

AEA (Alimentation en Eau Agricole) : Eau utilisée pour l'irrigation des cultures

AEI (Alimentation en Eau Industrielle) : Eau utilisée dans les processus industriels

AEP (Alimentation en Eau Potable) : Eau utilisée pour la production d'eau potable

ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) : base de données répertorie les incidents ou accidents qui ont, ou auraient, pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publiques ou à l'environnement.

ARR (Analyse des risques résiduels) : Il s'agit d'une estimation par le calcul (et donc théorique) du risque résiduel auquel sont exposées des cibles humaines à l'issue de la mise en œuvre de mesures de gestion d'un site. Cette évaluation correspond à une EQRS.

ARS (Agence régionale de santé) : Les ARS ont été créées en 2009 afin d'assurer un pilotage unifié de la santé en région, de mieux répondre aux besoins de la population et d'accroître l'efficacité du système.

BASIAS (Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Service) : Cette base de données gérée par le BRGM recense de manière systématique les sites industriels susceptibles d'engendrer une pollution de l'environnement.

BASOL : Base de données gérée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie recensant les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif.

Biocentre : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Elles prennent en charge les déchets en vue de leur traitement basé sur la biodégradation aérobie de polluants chimiques.

BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes) : Les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes) sont des composés organiques mono-aromatiques volatils qui ont des propriétés toxiques.

COHV (Composés organo-halogénés volatils) : Solvants organiques chlorés aliphatiques volatils qui ont des propriétés toxiques et sont ou ont été couramment utilisés dans l'industrie.

DREAL (Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement) : Cette structure régionale du ministère du Développement durable pilote les politiques de développement durable résultant notamment des engagements du Grenelle Environnement ainsi que celles du logement et de la ville.

DRIEE (Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie) : Service déconcentré du Ministère en charge de l'environnement pour la région parisienne, la DRIEE met en œuvre sous l'autorité du Préfet de la Région les priorités d'actions de l'État en matière d'Environnement et d'Énergie et plus particulièrement celles issues du Grenelle de l'Environnement. Elle intervient dans l'ensemble des départements de la région grâce à ses unités territoriales (UT).

Eluat : voir lixiviation

EQRS (Evaluation quantitative des risques sanitaires) : Il s'agit d'une estimation par le calcul (et donc théorique) des risques sanitaires auxquels sont exposées des cibles humaines.

ERI (Excès de risque individuel) : correspond à la probabilité que la cible a de développer l'effet associé à une substance cancérigène pendant sa vie du fait de l'exposition considérée. Il s'exprime sous la forme mathématique suivante 10^{-n} . Par exemple, un excès de risque individuel de 10^{-5} représente la probabilité supplémentaire, par rapport à une personne non exposée, de développer un cancer pour 100 000 personnes exposées pendant une vie entière.

ERU (Excès de risque unitaire) : correspond à la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance cancérigène.

HAP (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) : Ces composés constitués d'hydrocarbures cycliques sont générés par la combustion de matières fossiles. Ils sont peu mobiles dans les sols.

HAM (Hydrocarbures aromatiques monocycliques) : Ces hydrocarbures constitués d'un seul cycle aromatiques sont très volatils, les BTEX* sont intégrés à cette famille de polluants..

HCT (Hydrocarbures Totaux) : Il s'agit généralement de carburants pétroliers dont la volatilité et la mobilité dans le milieu souterrain dépendent de leur masse moléculaire (plus ils sont lourds, c'est-à-dire plus la chaîne carbonée est longue, moins ils sont volatils et mobiles).

IEM (Interprétation de l'état des milieux) : au sens des textes ministériels du 8 février 2007, l'IEM est une étude réalisée pour évaluer la compatibilité entre l'état des milieux (susceptibles d'être pollués) et les usages effectivement constatés, programmés ou potentiels à préserver. L'IEM peut faire appel dans certains cas à une grille de calcul d'EQRS spécifique.

ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes) : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement sous le régime de l'enregistrement. Ce type d'installation permet l'élimination de déchets industriels inertes par dépôt ou enfouissement sur ou dans la terre. Sont considérés comme déchets inertes ceux répondant aux critères de l'arrêté ministériel du 12 décembre 2014.

ISDND (Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux) : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Cette autorisation précise, entre autres, les capacités de stockage maximales et annuelles de l'installation, la durée de l'exploitation et les superficies de l'installation de la zone à exploiter et les prescriptions techniques requises.

ISDD (Installation de Stockage de Déchets Dangereux) : Ces installations sont classées pour la protection de l'environnement et sont soumises à autorisation préfectorale. Ce type d'installation permet l'élimination de déchets dangereux, qu'ils soient d'origine industrielle ou domestique, et les déchets issus des activités de soins.

Lixiviation : Opération consistant à soumettre une matrice (sol par exemple) à l'action d'un solvant (en général de l'eau). On appelle lixiviat la solution obtenue par lixiviation dans le milieu réel (ex : une décharge). La solution obtenue après lixiviation d'un matériau au laboratoire est appelée un éluat.

PCB (Polychlorobiphényles) : L'utilisation des PCB est interdite en France depuis 1975 (mais leur usage en système clos est toléré). On les rencontre essentiellement dans les isolants diélectriques, dans les transformateurs et condensateurs individuels. Ces composés sont peu volatils, peu solubles et peu mobiles.

Plan de Gestion : démarche définie par les textes ministériels du 8 février 2007 visant à définir les modalités de réhabilitation et d'aménagement d'un site pollué.

QD (Quotient de danger) : Rapport entre l'estimation d'une exposition (exprimée par une dose ou une concentration pour une période de temps spécifiée) et la VTR* de l'agent dangereux pour la voie et la durée d'exposition correspondantes. Le QD (sans unité) n'est pas une probabilité et concerne uniquement les effets à seuil.

VTR (Valeur toxicologique de référence) : Appellation générique regroupant tous les types d'indices toxicologiques qui permettent d'établir une relation entre une dose et un effet (toxique à seuil d'effet) ou entre une dose et une probabilité d'effet (toxique sans seuil d'effet). Les VTR sont établies par des instances internationales (l'OMS ou le CIPR, par exemple) ou des structures nationales (US-EPA et ATSDR aux Etats-Unis, RIVM aux Pays-Bas, Health Canada, ANSES en France, etc.).

VLEP (Valeur Limite d'Exposition Professionnelle) : Valeur limite d'exposition correspondant à la valeur réglementaire de concentration dans l'air de l'atmosphère de travail à ne pas dépasser durant plus de 8 heures (VLEP 8H) ou 15 minutes (VLEP CT) ; la VLEP 8H peut être dépassée sur de courtes périodes à condition de ne pas dépasser la VLEP CT.