



2 et 6 rue de l'Abreuvoir à Garches (92)

Diagnostic complémentaire du milieu souterrain - Plan de gestion

Rapport

Réf : Projet IF2700200 – Rapport 1063184-05

LIV-MAL-JV / LBA-MAL-JV-LOD / EL

02/07/2024



GINGER BURGEAP Agence Ile-de-France • 143 avenue de Verdun – 92442 Issy-les-Moulineaux Cedex
Tél : 01.46.10.25.70 • burgeap.paris@groupeginger.com



SIGNALETIQUE

CLIENT

RAISON SOCIALE	EPFIF
COORDONNÉES	4 -14 rue Ferrus 75014 PARIS Tel : 01.40.78.90.90
INTERLOCUTEUR (nom et coordonnées)	Maeva CANONNE Tel : 01 40 78 90 62 / 06 09 25 35 92 E-mail : mcanonne@epfif.fr


GINGER BURGEAP

ENTITE EN CHARGE DU DOSSIER	GINGER BURGEAP Agence Ile-de-France 143, avenue de Verdun – 92442 Issy-les-Moulineaux Cedex Tél : 01.46.10.25.70 • burgeap.paris@groupeginger.com
CHEF DU PROJET	Lucile BAHNWEG Tél. 06 58 64 84 75 E-mail : l.bahnweg@groupeginger.com
COORDONNÉES Siège Social SAS au capital de 1 200 000 euros dirigée par Claude MICHELOT SIRET 682 008 222 003 79 / RCS Nanterre B 682 008 222/ Code APE 7112B / CB BNP Neuilly – S/S 30004 01925 00010066129 29	Siège Social 143, avenue de Verdun 92442 ISSY LES MOULINEAUX Tél : 01.46.10.25.70 E-mail : burgeap@groupeginger.com

RAPPORT

Offre de référence	GMPA44001 / 1053073 / CV_IF0002041-02 du 19/10/2023
Numéro et date de la commande	BON DE COMMANDE No 202318474 du 07/12/2023 (investigations et rapports de diagnostic) BON DE COMMANDE No 202318473 du 07/12/2023 (missions hors BPU)
Numéro de contrat / de rapport :	Réf : Projet IF2700200 – Rapport 1063184-05
Numéro d'affaire :	GMPA44001
Domaine technique :	SP02

SIGNATAIRES

DATE	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Supervision / validation Nom / signature
22/12/2023	01	M. LEFEBVRE	J. VILLEMAGNE	E. LANGARD
25/01/2024	02 Suite aux remarques de l'EPFIF	M. LEFEBVRE 	J. VILLEMAGNE	E. LANGARD 
04/03/2024	03 Suite aux remarques de l'EPFIF	M. LEFEBVRE 	J. VILLEMAGNE	E. LANGARD 
27/05/2024	04 Suite aux remarques de l'EPFIF	M. LEFEBVRE 	J. VILLEMAGNE 	E. LANGARD 
02/07/2024	05 Suite aux remarques de l'EPFIF	M. LEFEBVRE  L. BAHNWEG 	J. VILLEMAGNE 	E. LANGARD 

SOMMAIRE

Synthèse technique	9
2. Introduction	15
2.1 Objet de l'étude.....	15
2.2 Codification des prestations	17
2.3 Documents de référence et ressources documentaires	18
2.4 Projet d'aménagement.....	18
3. Données disponibles sur l'état des milieux	20
3.1 Synthèse de l'étude historique	20
3.2 Synthèse de l'étude de vulnérabilité	21
3.3 Synthèse de la qualité du milieu souterrain	22
4. Investigations sur les sols (A200) (octobre – novembre 2023).....	24
4.1 Programme et stratégie d'investigations.....	24
4.2 Observations et mesures de terrain	25
4.2.1 Succession lithologique.....	26
4.2.2 Niveaux suspects et mesures PID	26
4.3 Stratégie et mode opératoire d'échantillonnage	36
4.4 Conservation des échantillons	36
4.5 Valeurs de référence pour les sols.....	36
4.6 Résultats et interprétation des analyses sur les sols	37
5. Investigations sur les eaux souterraines (A210).....	61
5.1 Mise en place des piézomètres lors de la campagne d'octobre 2023	61
5.2 Piézométrie	61
5.3 Campagne de prélèvement d'eau	62
5.4 Conservation des échantillons	62
5.5 Programme analytique sur les eaux.....	63
5.6 Valeurs de référence pour les eaux.....	63
5.7 Résultats et interprétation des analyses sur les eaux souterraines	63
6. Investigations sur les gaz des sols (A230)	70
6.1 Mise en place des piézaires complémentaires.....	70
6.2 Echantillonnage des gaz des sols – campagne d'octobre 2023	70
6.3 Conservation des échantillons	71
6.4 Programme analytique sur les gaz des sols	71
6.5 Valeurs de référence pour les gaz des sols	71
6.6 Résultats et interprétation des analyses sur les gaz des sols	72
7. Synthèse des impacts et mise à jour du schéma conceptuel.....	77
7.1 Synthèse des impacts dans les différents milieux	77
7.2 Schéma conceptuel.....	80
8. Détermination des zones de pollution concentrée	85
8.1 Méthodologie nationale	85
8.1.1 Principes	85
8.1.2 Notion de sources - transferts - cibles.....	85
8.1.3 Zone de pollution concentrée	86
8.2 Détermination des seuils de coupure	87
8.2.1 Applicabilité aux composés à l'origine des impacts.....	87
8.2.2 Interprétation des constats de terrain (méthode 1) et approche cartographique (méthode 2).....	87
8.2.3 Etude de la distribution des polluants au droit du site (Méthode 3).....	97
8.2.4 Approche par bilan massique (Méthode 4).....	98
8.3 Bilan des approches étudiées pour la détermination des seuils de coupure	101

8.3.1	Seuil de coupure	101
8.3.2	Représentation cartographique et bilan de masse	101
9.	Plan de gestion	110
9.1	Méthodologie	110
9.2	Mesures constructives en lien avec la validation sanitaire des seuils de coupure	110
9.2.1	Enjeux à prendre en compte – Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) avant mise en œuvre des mesures constructives.....	110
9.2.2	Protection des bâtiments.....	113
9.2.3	Protection des usagers en extérieur.....	115
9.2.4	Protection des réseaux AEP	115
9.3	Contraintes liées au projet et aux impacts identifiés	116
9.4	Définitions des zones de pollution concentrée et panaches associés	116
9.4.1	Pollution concentrée.....	116
9.4.2	Panaches de composés dissous.....	117
9.4.3	Répartition de la pollution dans le sous-sol	117
9.5	Objectifs de réhabilitation pour les solutions de traitement	117
9.6	Contraintes associées aux travaux	118
9.7	Sélection des techniques de traitement applicables au site	118
9.7.1	Présélection des techniques de traitement	118
9.8	Solutions de gestion associées au choix des techniques de traitement applicables	120
9.9	Description des solutions de gestions et chiffrage.....	121
9.9.1	Solutions de gestion communes à tous les scenarii.....	121
9.9.2	Présentation des quatre scenarii de gestion retenus	121
9.10	Sélection des critères du bilan coûts-avantages	133
9.11	Bilan coûts-avantages des scénarios de gestion	134
9.11.1	Notation financière	134
9.11.2	Délais de traitement	134
9.11.3	Robustesse du traitement	135
9.11.4	Efficacité du traitement.....	135
9.11.5	Bilan environnemental : émissions de GES	136
9.11.6	Nuisances associées au traitement.....	136
9.11.7	Synthèse du bilan coûts-avantages	136
9.12	Choix d'un scénario de traitement	137
9.12.1	Déroulement des travaux	138
9.12.2	Cinématique des travaux	140
9.12.3	Limitation des nuisances	141
9.12.4	Surveillance des milieux.....	141
9.12.5	Récolement.....	141
9.12.6	Budget de traitement.....	141
9.12.7	Planning des travaux.....	142
9.13	Gestion des panaches et des impacts hors site	143
10.	Analyse des risques résiduels - ARR.....	144
10.1	Contexte et méthodologie	144
10.2	Composés et concentrations retenus dans les différents milieux	144
10.3	Identification des dangers.....	146
10.4	Caractérisation des Relation dose-réponse	146
10.5	Estimation des expositions.....	148
10.5.1	Concentrations dans les milieux d'exposition.....	148
10.5.2	Estimation des expositions.....	153
10.6	Quantification des risques sanitaires	154
10.6.1	Méthodologie.....	154
10.6.2	Quantification des risques sanitaires résiduels au droit du site	155
10.7	Analyse des incertitudes	156
10.8	Calcul de concentrations maximales admissibles	160

11. Synthèse et recommandations	163
11.1 Synthèse.....	163
11.2 Recommandations	165
Limites d'utilisation d'une étude de pollution	167

FIGURES

Figure 1 : Localisation du site (vue satellite GoogleMaps).....	16
Figure 2 : Plan de principe du rez-de-chaussée.....	18
Figure 3 : Plan de principe du sous-sol	19
Figure 4 : Plan des installations historiques (emprise d'étude = ancienne emprise étudiée en 2017)	21
Figure 5 : Localisation des investigations et mesures de terrain – couche de 0 à 1 m.....	30
Figure 6 : Localisation des investigations et mesures de terrain – couche de 1 à 2 m.....	31
Figure 7 : Localisation des investigations et mesures de terrain – couche de 2 à 3 m.....	32
Figure 8 : Localisation des investigations et mesures de terrain – couche de 3 à 4 m.....	33
Figure 9 : Localisation des investigations et mesures de terrain – couche de 4 à 5 m.....	34
Figure 10 : Localisation des investigations et mesures de terrain – couche de 5 à 6 m.....	35
Figure 11 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 0 à 1 m.....	53
Figure 12 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 1 à 2 m.....	54
Figure 13 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 2 à 3 m.....	55
Figure 14 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 3 à 4 m.....	56
Figure 15 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 4 à 5 m.....	57
Figure 16 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 5 à 6 m.....	58
Figure 17 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 6 à 7 m.....	59
Figure 18 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 7 à 8 m.....	60
Figure 19 : Piézométrie et impacts mesurés en COHV sur les eaux souterraines	69
Figure 20 : Schéma du dispositif de pompage	70
Figure 21 : Localisation des piézaires et synthèse des impacts dans les gaz des sols.....	76
Figure 22 : Synthèse des impacts dans les différents milieux.....	79
Figure 23 : Schéma conceptuel mis à jour – Axe NO / SE.....	83
Figure 24 : Schéma conceptuel mis à jour – Axe SSO / NNE.....	84
Figure 25 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 0 à 1 m.....	89
Figure 26 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 1 à 2 m.....	90
Figure 27 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 2 à 3 m.....	91
Figure 28 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 3 à 4 m.....	92
Figure 29 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 4 à 5 m.....	93
Figure 30 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 5 à 6 m.....	94
Figure 31 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 6 à 7m.....	95
Figure 32 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 7 à 8 m.....	96
Figure 33 : Distribution des résultats d'analyses pour les COHV	98
Figure 34 : Graphique d'évolution des pourcentages de volume de sol et de masse de polluant cumulés en fonction du seuil de coupure	100
Figure 35 : Localisation des zones de pollution concentrée à traiter de 0 à 1 m	103
Figure 36 : Localisation des zones de pollution concentrée à traiter de 1 à 2 m	104
Figure 37 : Localisation des zones de pollution concentrée à traiter de 2 à 3 m	105
Figure 38 : Localisation des zones de pollution concentrée à traiter de 3 à 4m	106
Figure 39 : Localisation des zones de pollution concentrée à traiter de 4 à 5m	107
Figure 40 : Localisation des zones de pollution concentrée à traiter de 5 à 6 m	108
Figure 41 : Localisation des zones de pollution concentrée à traiter de 6 à 7 m	109
Figure 42 : Types de mesures constructives pour la limitation des intrusions des gaz du sol dans l'air intérieur d'un bâtiment (source BATICOV 2017)	114

Figure 43 : Mécanismes en jeu dans le devenir d'une pollution de type organo-chlorés aliphatiques dans le milieu souterrain : crédit : Programme MACAOH 2001-2006 guide méthodologique ADEME 2008	116
Figure 44 : Plan d'aménagement du sous-sol au stade pré-projet	120
Figure 45 : Représentation schématique des différents modèles de calcul des transferts des sols vers l'air intérieur	148

TABLEAUX

Tableau 1 : Synthèse des investigations menées sur et hors site d'étude	22
Tableau 2 : Forages réalisés pour les investigations sur les sols et la pose d'ouvrages (piézomètres, piézairs)	25
Tableau 3 : Niveaux suspects et résultats des mesures de terrain	27
Tableau 4 : Résultats d'analyses sur les sols – campagne d'octobre 2023	38
Tableau 5 : Résultats d'analyses sur les sols – campagnes précédentes	43
Tableau 6 : Mesures piézométriques les 07/11 et 08/11/2023	61
Tableau 7 : Paramètres physico-chimiques des eaux souterraines	62
Tableau 8 : Analyses réalisées sur les eaux souterraines – campagne d'octobre 2023	63
Tableau 9 : Résultats des analyses des échantillons d'eaux souterraines – amont hydrogéologique	64
Tableau 10 : Résultats des analyses des échantillons d'eaux souterraines – partie centrale et latéral hydrogéologique	65
Tableau 11 : Résultats des analyses des échantillons d'eaux souterraines – aval hydrogéologique	66
Tableau 12 : Analyses des gaz des sols – campagne d'octobre 2023	71
Tableau 13 : Résultats des analyses des échantillons des gaz des sols	73
Tableau 14 : Synthèse des impacts mis en évidence	77
Tableau 15 : Mise à jour du schéma conceptuel (usage actuel)	81
Tableau 16 : Critères statistiques des données pour les COHV	97
Tableau 17 : Données pour la détermination du seuil de coupure des COHV par bilan massique (principe de Pareto)	100
Tableau 18 : Géométrie des zones concentrées	102
Tableau 19 : Avantages / inconvénients des mesures constructives envisageables	114
Tableau 20 : Synthèse des techniques de traitement envisageables pour les zones de pollution concentrée par COHV	119
Tableau 21 : Budget lié à l'élimination des futurs déblais inhérents au projet d'aménagement	121
Tableau 22 : Scénario 1 - Traitement par excavation et élimination en filière	123
Tableau 23 : Scénario 2- Traitement par extraction multiphasique	125
Tableau 24 : Résultats de l'essai d'oxydation chimique en laboratoire sur sols pollués : <i>source GINGER TLAB - extrait</i>	127
Tableau 25 : Scénario 3 - Traitement par oxydation chimique	128
Tableau 26 : Scénario 3 - Traitement par réduction chimique	129
Tableau 27 : Scénario 4 - Traitement par excavation et élimination en filière et traitement chimique	133
Tableau 28 : Critères et pondération retenus pour le bilan coûts / avantages des scénarios de gestion	133
Tableau 29 : BCA - note financière	134
Tableau 30 : BCA - Note de la durée de traitement	135
Tableau 31 : BCA – Robustesse du traitement	135
Tableau 32 : BCA – Efficacité du traitement	135
Tableau 33 : BCA - bilan des émissions de gaz à effet de serre GES	136
Tableau 34 : BCA – nuisances associées aux travaux	136
Tableau 35 : Synthèse du bilan coût avantage pour l'ensemble du site et les 4 scénarii retenus	137
Tableau 36 : Budget global de l'opération de traitement	142
Tableau 37 : Planning de principe des travaux de traitement	142
Tableau 38 : Concentrations retenues dans les différents milieux pour l'ARR	145
Tableau 39 : Valeurs toxicologiques de référence retenues	147

Tableau 40 : Paramètres retenus liés au sol	149
Tableau 41 : Paramètres retenus liés aux scénarios d'aménagements	149
Tableau 42 : Concentrations calculées dans l'air intérieur et extérieur.....	152
Tableau 43 : Budgets espace/temps retenus	153
Tableau 44 : Synthèse des QD et ERI	156
Tableau 45 : Variables générant les incertitudes majeures de l'évaluation	157
Tableau 46 : Concentrations modélisées dans l'air intérieur associées aux concentrations maximales admissibles dans l'air des sols	161
Tableau 47 : Niveaux de risques calculés à partir des CMA.....	162

ILLUSTRATIONS

Illustration 1 : Description de la technique d'excavation et traitement en filière.....	124
Illustration 2 : Description de la technique d'extraction multiphasique	126
Illustration 3 : Description de la technique d'oxydation chimique	130
Illustration 4 : Description de la technique de réduction chimique	131
Illustration 5 : Déroulement opérationnel prévisionnel	139
Illustration 6 : Cinématique du traitement	140

ANNEXES

Annexe 1. Propriétés physico-chimiques
Annexe 2. Méthodes analytiques, LQ et flaconnage
Annexe 3. Fiches d'échantillonnage des sols
Annexe 4. Bordereaux d'analyse des sols
Annexe 5. Coupe géologique et technique des piézomètres
Annexe 6. Fiches d'échantillonnage des eaux souterraines
Annexe 7. Bordereaux d'analyse des eaux souterraines
Annexe 8. Coupe technique des piézairs
Annexe 9. Fiches d'échantillonnage des gaz du sol
Annexe 10. Bordereaux d'analyse des gaz du sol
Annexe 11. Données toxicologiques
Annexe 12. Relations dose-réponse
Annexe 13. Estimation des concentrations dans les milieux d'exposition
Annexe 14. Détails des calculs de dose et de risque
Annexe 15. Détermination des CMA
Annexe 16. Glossaire

Synthèse technique

CONTEXTE		
Client	EPFIF	
Nom / adresse du site	2 et 6, rue de l'Abreuvoir à Garches (92)	
Contexte de l'étude	Acquisition du site en vue de la construction de logements.	
Projet d'aménagement	<ul style="list-style-type: none"> Démolition des bâtiments et structures présentes sur site ; Construction de bâtiments à usage de logements et commerces en rez-de-chaussée côté rue, sur un niveau de sous-sol avec des espaces verts de pleine terre dont jardins privés. 	
Informations sur le site lui-même	Superficie totale	1 269 m ²
	Parcelles cadastrales	Le projet est envisagé sur les parcelles n°402, 403, 404 et 846, section AK. Du fait de l'impossibilité d'intervenir sur les parcelles AK 403 et 846, les investigations n'ont été réalisées qu'au droit des parcelles AK 402 et 404. L'ensemble du présent rapport ne traite que des parcelles AK402 et AK404.
	Propriétaire	<ul style="list-style-type: none"> AK402 : M. Conte ; AK404 : EPFIF
	Exploitant et usage actuel	Aucun usage actuel
	Environnement proche	Urbain, avec voiries, habitations collectives et individuelles.
	Historique	<ul style="list-style-type: none"> le 2 rue de l'abreuvoir (parcelle AK404) aurait été le siège d'une ferme laitière avant d'être remplacée par un supermarché ; de 1948 à 1994 : une blanchisserie-teinturerie au niveau du 6 rue de l'abreuvoir (parcelle AK402) ; de 1931 à une date inconnue mais postérieure à 1966 : une menuiserie-ébénisterie au niveau du 8 rue de l'abreuvoir (parcelle AK846. Cette parcelle accueille aujourd'hui une clinique vétérinaire.
Statut réglementaire	Installation ICPE et régime	<p>Le site a accueilli 2 anciennes installations ICPE :</p> <ul style="list-style-type: none"> Etablissements Larode, classée pour une activité de menuiserie-ébénisterie sise 8 rue de l'abreuvoir (parcelle AK846), Société TEINTURIA, classée pour des activités de blanchisserie-teinturerie sis 6 rue de l'abreuvoir (parcelle AK402). Il subsiste un doute sur la cessation administrative des activités de ces deux sociétés (TEINTURIA et LARODE) car aucune preuve, date de notification ni procès-verbal de clôture du dossier administratif n'a été retrouvé lors de l'étude historique.
	Situation administrative	
Contexte géologique et hydrogéologique	Géologie	<p>Formations géologiques au droit de la zone d'étude de la surface vers la profondeur :</p> <ul style="list-style-type: none"> Limons sableux à limons argileux bruns à beige jusqu'à environ 3 à 4 m de profondeur ; Marnes et calcaires marneux beige, correspondant aux marnes à huîtres, rencontré de 3 à 4 m jusqu'à environ 4,5 à 6 m de profondeur. Ce niveau, à sa base, peut contenir des intercalations de minces couches d'argiles ; Argiles vertes à partir de 5,5 m de profondeur en moyenne.
	Hydrogéologie	<p>Deux aquifères : le premier du Stampien (Sables de Fontainebleau et Marnes à huîtres), le second du Bartonien contient une nappe d'extension régionale, séparés par la formation peu perméable des argiles vertes.</p> <p>Première nappe recoupée entre 3,3 et 4,3 m de profondeur au droit des parcelles AK402 et AK404 en juillet 2018 et entre 3,6 et 4,8 m au droit du passage Lanoé en décembre 2018, en 2023, entre 3 (sud du site) et 5 m (nord du site) de profondeur, écoulement vers le sud-sud-est.</p>

Impacts connus sur le milieu souterrain	Etudes antérieures	<ul style="list-style-type: none"> Note GINGER BURGEAP « Investigations sur le milieu souterrain réalisées en juin-juillet 2023 » pour les parcelles AK402 et AK404, référencée IF2700200 / 1051385-01, datée du 12/09/2023 ; Diagnostic et étude de capacité V3, de mars 2022, document transmis par l'EPFIF le 25/04/2022 ; Rapport GINGER BURGEAP « Diagnostic environnemental du milieu souterrain » pour les parcelles AK402 et AK404, référencé RSSPFI08870-02 du 27/03/2019, pour le compte de l'EPFIF ; Rapport GINGER BURGEAP « Diagnostic environnemental du milieu souterrain », pour les parcelles AK402 et AK404 référencé RSSPFI08293-02 du 24/08/2018, pour le compte de l'EPFIF ; Rapport GINGER BURGEAP « Etude historique et documentaire » pour les parcelles AK402 et AK404, référencé RSSPFI06763-02 du 24/08/2017, pour le compte de l'EPFIF.
	Impacts milieux sols et eaux superficielles	<ul style="list-style-type: none"> Impact généralisé et marqué en COHV, notamment en PCE, dans les sols, les eaux souterraines et les gaz des sols au droit des 2 parcelles, et plus particulièrement sur la parcelle AK402, à relier à l'activité de pressing exercée pendant plus de 40 ans sur celle-ci ; Teneurs maximales en COHV dans les sols : 17 000 mg/kg au droit de Pz1 (4-4,25 m), 9 128 mg/kg au droit de G11 (4 m), 1 704 mg/kg au droit de G9 (3,9 m) et 771 mg/kg au droit de Pz3 (4,5-5 m) ; Teneurs maximales en COHV dans la nappe superficielle : ΣCOHV : 424 000 µg/l (dont 200 000 µg/l en TCE) en Pz1 (données 2018) et 121 000 µg/l (dont 67 000 µg/l en PCE+TCE) en Pz11 (données 2023) ; La zone source a été localisée au droit de l'ancien atelier (partie centrale) et au droit d'une ancienne machine à laver sur la partie nord nord-est de la parcelle AK402. Cette source est à l'origine d'un panache de pollution (sols et nappe) au moins sous la parcelle AK404 (absence de données au droit des parcelles mitoyennes ; des COHV sont retrouvés à des teneurs faibles en amont hydrogéologique du site (passage Lanoë) tant en 2018 qu'en 2023.
	Impacts milieux gaz du sol et air ambiant	<ul style="list-style-type: none"> Les impacts dans les gaz des sols sont en lien avec les impacts mis en évidence dans les sols et les eaux souterraines, avec les plus forts impacts à proximité des zones sources ou des piézomètres où les eaux souterraines sont les plus impactées ; Teneurs maximales en COHV dans les gaz du sol, toutes campagnes confondues : 2 900 mg/m³ de PCE, 63 mg/m³ de TCE, 56 mg/m³ de cis-1,2-DCE, 197 mg/m³ de CV. En 2019, la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments situés sur les parcelles AK402 et AK404 est dégradée par rapport à la qualité de l'air extérieur par la présence de COHV (TCE : 390 µg/m³ en intérieur de la parcelle AK402) ; cette dégradation est à rattacher à la pollution constatée sur le milieu souterrain. La qualité de l'air intérieur semble aussi dans une moindre mesure dégradée par la présence d'hydrocarbures (HCT et BTEX).

MISSION		
Intitulé et objectifs	Diagnostic complémentaire du milieu souterrain et Plan de Gestion	
Investigations réalisées lors de cette dernière campagne	Sols	<p>23 sondages de sols au carottier battu comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 à 1 m de profondeur ; • 3 à 3 m de profondeur ; • 5 à 4 m de profondeur ; • 2 à 5 m de profondeur ; • 12 à 6 m de profondeur.
	Eaux souterraines	Pose de 7 piézomètres descendus à 6m de profondeur (toit des argiles vertes) et prélèvement de 11 échantillons d'eau souterraine
	Gaz des sols	Mise en place de 3 piézajirs descendus à 3 m de profondeur et prélèvement de 8 échantillons de gaz des sols
Polluants recherchés	Sols	<ul style="list-style-type: none"> • 12 métaux et métalloïdes ; • Hydrocarbures C5-C10 et C10-C40 ; • HAP ; • BTEX et naphtalène ; • COHV ; • PCB ; • Paramètres et composés sur lixiviats.
	Eaux souterraines	<ul style="list-style-type: none"> • 8 métaux et métalloïdes ; • Hydrocarbures C5-C10 et C10-C40 ; • HAP ; • BTEX et naphtalène ; • COHV ; • PCB.
	Gaz des sols	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrocarbures C5-C16 par TPH ; • BTEX et naphtalène ; • COHV.
Résultats des investigations	Qualité du sous-sol et impacts identifiés	<ul style="list-style-type: none"> • Les différentes campagnes d'investigations menées sur les sols, les eaux souterraines, les gaz du sol et l'air ambiant ont montré : • Un impact généralisé et marqué en COHV dans les sols (principalement PCE). La zone source a été localisée sur la parcelle AK402, au droit des anciennes machines à laver (Pz1), ainsi qu'en moindre mesure au droit de l'ancien atelier en partie centrale. Les teneurs maximales du site (17 g/kg), mesurées en Pz1 témoignent probablement de la présence d'une phase pure liquide. La pollution des sols s'est étendue sur la parcelle AK404 mitoyenne, à la faveur de niveaux peu perméables et dans le sens de la topographie (pendage des couches peu perméables). Des zones de pollution concentrées sont effectivement retrouvées dans la partie nord et nord-est de cette parcelle qui n'a accueilli aucune activité émettrice de PCE. <p>Les impacts sont situés dès la surface dans les zones sources primaires (machines à laver parcelle AK402), à partir de 3 à 4 m de profondeur pour les zones sources secondaires (parcelle AK404) et jusqu'au substratum argileux (6m voire 7 m de profondeur) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un impact généralisé et marqué en COHV (PCE et ses produits de dégradation TCE et cis-1,2-DCE) dans les eaux souterraines, lié à la zone source détectée dans les sols (teneurs maximales en COHV dans la nappe superficielle : $\Sigma\text{COHV} = 424 \text{ mg/l}$ dans Pz1 en 2018). Le panache de composés dissous s'étend suivant le sens d'écoulement des eaux souterraines, principalement vers le sud, mais également vers l'est puisque la zone source s'est étendue à ce niveau parcelle AK404, (cf. impacts identifiés dans les sols).

		<ul style="list-style-type: none"> Ces panaches se prolongent probablement hors site, vers le sud et l'est / sud est, en direction des commerces et logements le long de la rue de l'abreuvoir et de l'avenue du Maréchal Leclerc. Ceci devra être confirmé par la réalisation d'études au droit de ces parcelles ; Impact généralisé et marqué en COHV dans les gaz du sol. Les teneurs les plus importantes sont localisées dans le quart nord-est du terrain, similairement aux impacts sols et eaux souterraines. Les teneurs maximales sont relevées sur G10 en janvier 2019 (2889 mg/m³ de PCE) et PzaS4 en novembre 2023 (1841 mg/m³ de PCE).
	Schéma conceptuel	<ul style="list-style-type: none"> Usage actuel : parcelles AK402 et AK404 inoccupées Impacts identifiés : sols, gaz du sol et nappe contenant des composés volatils (principalement COHV) Enjeux à protéger : usagers actuels des parcelles avoisinantes et usagers des logements futurs Voies d'expositions : inhalation de composés volatils, ingestion d'eau contaminée si présence de puits privés utilisés (non confirmé à date)

RECOMMANDATIONS

Conséquences sur le projet / recommandations	Mesures de gestion à prévoir	<p>► Définition des zones de pollutions concentrées</p> <p>Un seuil de dépollution pour les sols a été établi à 100 mg/kg pour les COHV via la méthode du bilan massique couplée à la représentation cartographique des impacts. A partir de ce seuil, le volume total des terres impactées à gérer de manière spécifique a été estimé, en première approche, à 1 060 m³, soit environ 1 900 tonnes. Ce volume est réparti de la façon suivante : 220 m³ en zone non saturée dont 180 m³ d'impact très concentrés (> 500 mg/kg MS), et 840 m³ en zone saturée, dont 440 m³ d'impact très concentrés.</p> <p>Ces volumes s'inscrivent dans une superficie à traiter d'environ 250 m² pour les zones concentrées (100<<500 mg/kg MS) et d'environ 275 m² pour les zones très concentrées (>500 mg/kg MS).</p> <p>A noter que les impacts en hydrocarbures (HCT et HAP) seront, soit traités dans le cadre des zones sources concentrées en COHV, soit évacués hors site dans le cadre de la création du niveau de sous-sol ; excepté l'impact en HAP au droit de Pz10 de 1 à 2 m (70 mg/kg), toutefois cet impact compte-tenu de sa profondeur et de l'absence de naphthalène n'est pas de nature à engendrer des risques pour les futurs usagers.</p> <p>► Plan de gestion des zones de pollution concentrées</p> <p>Le Plan de Gestion a étudié 4 scénarios de gestion :</p> <ul style="list-style-type: none"> Scénario 1 : excavation des sols et élimination en filière ; Scénario 2 : extraction multiphasique ; Scénario 3 : traitement chimique in situ. Scénario 4 : solution mixte entre scénario 1 et scénario 3. <p>Après réalisation du bilan coût-avantages, le scénario 4 est proposé car c'est le mieux noté.</p> <p>Le budget global du traitement, est estimé à 2,37M€, hors cuvelage étanche du sous-sol et ventilation du sous-sol, mais intégrant la gestion des déblais impactés hors zone de pollution concentrée. La durée de traitement est évaluée à 6 mois, durée à laquelle doit être ajoutée les études préliminaires, consultation d'entreprises, et surveillance ultérieure.</p> <p>Une surveillance des milieux s'appliquera au milieu eau souterraine et air ambiant sur une durée de 4 ans pour vérifier l'état des milieux et leur évolution.</p> <p>► Mesures constructives</p> <p>Compte-tenu des teneurs résiduelles attendues dans les sols, les eaux souterraines et les gaz du sol à l'issue du traitement, des mesures constructives doivent être édictées, celles-ci sont les suivantes.</p> <ul style="list-style-type: none"> Concernant le bâtiment établi sur un niveau de sous-sol à usage de parking, le niveau de celui-ci interceptant la nappe, le niveau de sous-sol devra être non inondable dans un but de protection des usagers et des biens. Le projet devra donc prendre en compte une mesure
--	------------------------------	---

		<p>constructive afin d'étanchéifier à l'eau le niveau de sous-sol, ou bien prévoir une rehausse du bâtiment jusqu'à la cote des plus hautes eaux, ou tout autre mesure permettant de rendre le sous-sol non inondable. Dans tous les cas, nous recommandons de réaliser une étude hydrogéologique afin de déterminer les niveaux des plus hautes eaux au droit du site et d'aider au dimensionnement de cette mesure constructive.</p> <ul style="list-style-type: none"> Le niveau de sous-sol devra être muni d'une ventilation mécanique qui permettra de sécuriser le projet sur le long terme, la ventilation mécanique ayant l'avantage sur la ventilation naturelle, de pouvoir être modulée en fonction de la qualité de l'air intérieur. Le dimensionnement du système devra être réalisé par un bureau d'études fluides, afin d'atteindre les objectifs de qualité de l'air intérieur en tout temps et en tout point du parking Une attention particulière devra être portée à l'ensemble des fragilités au niveau de la dalle du bâtiment (fissures de retrait, passage VRD, ...) afin de s'assurer de la mise en place d'une étanchéité adaptée. Le projet prévoit le décapage des sols de surface et la substitution par des terres saines d'apport. Ainsi, les voies d'exposition des futurs usagers par contact direct, inhalation et ingestion de sols et poussières sont supprimées. Les canalisations AEP devront être constituées d'un matériau multicouche anti-perméation afin de limiter l'entrée de vapeurs de COV qui sont susceptibles d'altérer la qualité de l'eau potable distribuée au droit du site. <p style="text-align: center;">► Analyse des risques résiduels et hors site</p> <p>L'ARR a permis de mettre en évidence que l'état environnemental résiduel du site, après les travaux de traitement de la zone de pollution concentrée, et avec les mesures constructives définies ci-dessus est compatible avec l'usage prévu.</p> <ul style="list-style-type: none"> Des concentrations maximales admissibles sont définies pour les gaz des sols, concernant les solvants chlorés : PCE = 450 mg/m3, TCE = 9 mg/m3, Cis-1,2-DCE = 9 mg/m3, CV = 9 mg/m³. <p>Le présent plan de gestion n'aborde / n'examine pas la problématique des potentiels impacts hors site ni leurs éventuelles conséquences sur l'environnement parce que les données acquises sont insuffisantes et que la situation actuelle, avant prise en main éventuelle du projet par l'EPFIF, n'a pas été quantifiée ; c'est-à-dire que les éventuels risques pour les populations riveraines sont peut-être préexistants.</p> <p>Les travaux de traitement de la zone source permettront de diminuer les concentrations sur site. Cependant, il n'est pas certain que ces travaux aient une influence significative sur les concentrations hors site.</p> <p>Ces concentrations hors site ont une probabilité importante d'être atténués, celles-ci ne le seront cependant peut-être pas ou en proportion limitée. Les panaches dissous et gazeux ont une probabilité importante d'être atténués, mais le seront cependant en proportion limitée. En revanche, la durée de vie de ces concentrations hors site sera diminuée</p> <p>Les travaux de traitement de la zone source permettront de diminuer les concentrations sur site, et probablement dans une moindre mesure au droit des avoisinants, sans que cette diminution puisse être quantifiée, en l'état actuel des connaissances hors site.</p> <p>En conséquence il est recommandé que des études spécifiques soient faites hors site, sous forme d'une interprétation de l'état des milieux IEM.</p>
	<p>Investigations /missions complémentaires à prévoir</p>	<p>Suite à cette étude de Plan de Gestion, nous recommandons la réalisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> de nouvelles investigations sur site pour affiner le maillage des zones à traiter et des investigations en limites de site pour délimiter l'extension des zones impactées ; des investigations dans le milieu eau souterraine et air des sols, air ambiant, en aval du site pour évaluer les risques et le besoin éventuel de traiter le panache de composés dissous ; de nouvelles campagnes de mesures des gaz du sol, et des eaux souterraines au droit et en amont du site afin de suivre l'évolution des teneurs dans le temps;

		<ul style="list-style-type: none"> • une Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) hors site afin de vérifier la compatibilité sanitaire des milieux avec leurs usages (logements et commerces) en mitoyenneté du site. Cette étude sera basée sur des mesures de qualité de l'air intérieur, voire d'eaux souterraines si envisageable et d'eau du robinet, sur les autres parcelles objet du projet futur (AK403 et AK846), sur les parcelles mitoyennes au site (en priorité AK457), ainsi que, si possible, dans la résidence située de l'autre côté de la rue de l'abreuvoir et les parcelles au nord : AK458, AK395 et parcelle anciennement numérotée AK405) ; • une étude hydrogéologique de niveau des plus hautes eaux de nappe afin d'aider au dimensionnement des mesures constructives ; • un essai d'injection d'oxydant ; • une mise à jour du plan de gestion ; • un Plan de Conception des Travaux (PCT) qui permettra de préciser les éléments techniques des solutions de traitement et de préciser le coût des travaux.
--	--	---

2. Introduction

2.1 Objet de l'étude

Dans le cadre d'une convention passée entre la ville de Garches et l'EPFIF, l'EPFIF est chargé de la réalisation des études environnementales en vue de définir les modalités de la réhabilitation du site.

Le périmètre du projet comprend les parcelles AK402, AK403, AK404 et AK846 (**Figure 1**).

Les parcelles AK403 et AK846 sont non accessibles à ce jour, aucune investigation n'a été réalisée au droit de ces parcelles.

Le périmètre de la présente étude ne concerne donc que les parcelles AK402 et AK404.

Le site a accueilli dans le passé une blanchisserie sur la parcelle AK402, ainsi qu'une ferme laitière puis un supermarché sur la parcelle AK404.

Les études environnementales menées par GINGER BURGEAP depuis 2017 ont mis en évidence un impact généralisé et important en solvants chlorés (COHV), notamment en tétrachloroéthylène ou perchloroéthylène (PCE) dans les sols, les eaux souterraines et les gaz du sol, à relier à l'ancienne activité de pressing/blanchisserie. Les impacts n'ont pu être délimités spatialement lors de la campagne de prélèvements de sols, gaz de sols et eaux souterraines de juin et juillet 2023, détaillée dans la note de synthèse IF2700200 / 1051385-01 datée du 12/09/2023, notamment du fait de l'instabilité des bâtiments.

Dans ce cadre, l'EPFIF a missionné GINGER BURGEAP pour la réalisation :

- d'investigations complémentaires (sols, eaux souterraines, gaz du sol, pour quantifier et délimiter plus précisément les constats précédents et acquérir toutes les données nécessaires ;
- d'un Plan de Gestion du site, dont les objectifs sont d'étudier les modalités de suppression des pollutions concentrées, de maîtriser les impacts et les risques associés et de gérer les pollutions résiduelles et diffuses

Conformément au projet de réhabilitation envisagé par la ville et GPA, l'EPFIF a demandé à BURGEAP d'étudier le scénario de construction de logements sur un niveau de sous-sol à usage de parking avec des espaces verts de pleine terre (voire présence de jardins privés).

Rappelons que seules les parcelles AK402 et A404 ont été investiguées dans le cadre des études à mener, il n'a pas été possible d'accéder aux parcelles AK403 et AK846, mitoyennes en partie sud et qui font partie du projet d'aménagement (cf. **Figure 2**).

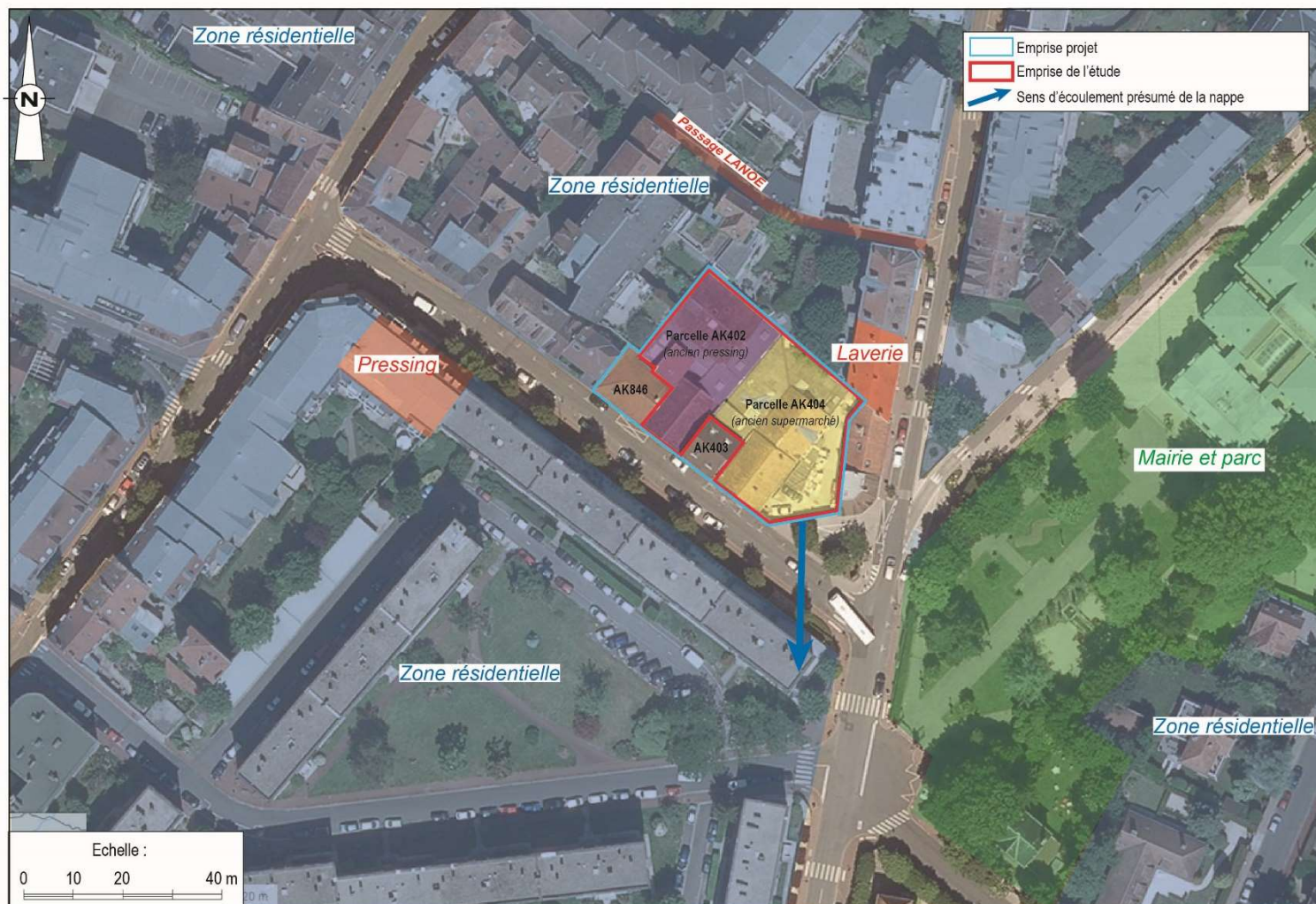


Figure 1 : Localisation du site (vue satellite GoogleMaps)

2.2 Codification des prestations

Le présent rapport 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 1, 2 et 5 : décembre 2021 - « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués »**, pour le domaine A : « Etudes, assistance et contrôle » et le domaine D : « Attestation de prise en compte des mesures de gestion de la pollution des sols et des eaux souterraines dans la conception des projets de construction ou d'aménagement ».

Prestations élémentaires (A) concernées	Objectifs	Prestations globales (A) concernées	Objectifs
<input type="checkbox"/> A100	Visite du site	<input type="checkbox"/> AMO 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 checked="" 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
<input checked="" 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 un plan de conception des travaux (PCT), un contrôle de la mise en œuvre des mesures (CONT), un suivi environnemental (SUIVI), la mise en place de restrictions d'usage et la définition des modalités de leur mise en œuvre. Précision des mécanismes de conservation de la mémoire en lien avec les scénarios de gestion proposés
<input checked="" 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 la mise en évidence d'une pollution historique sur une zone où l'usage est fixé (installation en fonctionnement, quartier résidentiel, etc.), la mise en évidence d'une pollution hors des limites d'un site, un 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 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 checked="" 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"/> XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués
<input type="checkbox"/> A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées	<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 checked="" type="checkbox"/> A270	Interprétation des résultats des investigations	Prestations globales (D) concernées	Objectifs
<input type="checkbox"/> A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux	<input type="checkbox"/> ATTES-ALUR	Attestation à joindre aux demandes de permis de construire (PC) ou d'aménager dans les secteurs d'information sur les sols (SIS) ou au second changement d'usage (loi ALUR).
<input type="checkbox"/> A310	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales		
<input checked="" type="checkbox"/> A320	Analyse des enjeux sanitaires		
<input checked="" 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		

2.3 Documents de référence et ressources documentaires

- Rapport GINGER BURGEAP « Etude historique et documentaire » pour les parcelles AK402 et AK404, référencé RSSPFI06763-02 du 24/08/2017, pour le compte de l'EPFIF ;
- Rapport GINGER BURGEAP « Diagnostic environnemental du milieu souterrain », pour les parcelles AK402 et AK404 référencé RSSPFI08293-02 du 24/08/2018, pour le compte de l'EPFIF ;
- Rapport GINGER BURGEAP « Diagnostic environnemental du milieu souterrain » pour les parcelles AK402 et AK404, référencé RSSPFI08870-02 du 27/03/2019, pour le compte de l'EPFIF ;
- Diagnostic et étude de capacité V3, de mars 2022, document transmis par l'EPFIF le 25/04/2022 ;
- Note GINGER BURGEAP « Investigations sur le milieu souterrain réalisées en juin-juillet 2023 » pour les parcelles AK402 et AK404, référencée IF2700200 / 1051385-01, datée du 12/09/2023.

2.4 Projet d'aménagement

Le projet prévoit la construction d'un bâtiment de commerces et logements établi sur un niveau de sous-sol. Les commerces seront établis en rez-de-chaussée le long de la rue, l'intérieur de la parcelle étant occupée par des logements en rez-de-chaussée. Des jardins privatifs sont prévus pour les logements, ainsi que des espaces verts ornementaux. En l'absence de coupe de projet, nous considérerons pour la suite de l'étude, un décaissement des terres sur 3 m pour l'établissement du niveau de sous-sol.



Figure 2 : Plan de principe du rez-de-chaussée

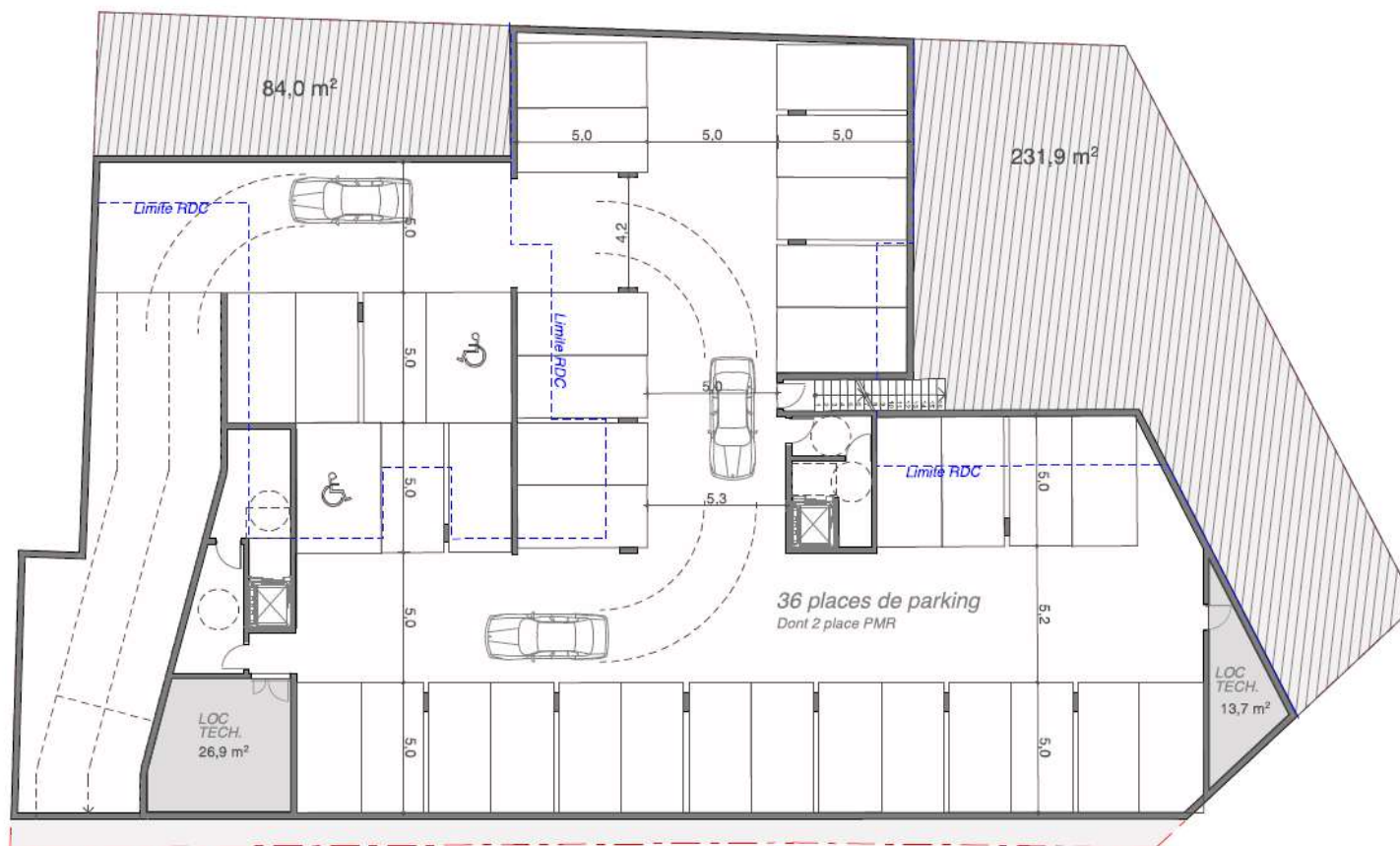


Figure 3 : Plan de principe du sous-sol

3. Données disponibles sur l'état des milieux

3.1 Synthèse de l'étude historique

Une étude historique et documentaire a été menée par GINGER BURGEAP pour le compte de l'EPFIF en 2017. Le rapport en découlant est référencé RSSPIF06763-02, daté du 24/08/2017.

Parcelle AK402 :

- La parcelle a été occupée par la société TEINTURIA à partir de 1948, classée au titre de la législation des ICPE en régime de déclaration sous la rubrique 91-B-1-b pour une activité de blanchisserie / teinturerie.
- L'atelier, où étaient réalisées les opérations de nettoyage à sec et d'apprêt des vêtements à la vapeur, est localisé dans un hangar situé dans la cour de la teinturerie et donne sur le 6 rue de l'abreuvoir. Cette activité a fait l'objet d'un récépissé de déclaration en date du 22/11/48 et est soumise aux prescriptions de l'arrêté préfectoral du 23/01/54 (document non retrouvé dans le dossier consulté aux archives départementales).
- Une laverie est aussi exploitée sur le site à partir de 1964 dans une extension de l'atelier de nettoyage à sec ; cette laverie comprend trois barboteurs et uneessoreuse (courrier et plan de 1964). Cette nouvelle activité est classée le 22/10/1964 en sous la rubrique 91-B-1-b. Le courrier de l'exploitant de 1964 mentionne aussi l'utilisation de benzine sur le site.

Les installations polluantes recensées sur site sont les suivantes (date inconnue) :

- des machines à laver (nettoyage à sec) ;
- une chaudière ;
- un bruleur à mazout ;
- une citerne à mazout de 1 600 litres ;
- des presses à vêtements ;
- des tables d'apprêteuses.

Parcelle AK404

La parcelle aurait été le siège d'une ferme laitière avant d'être remplacée par un supermarché.

Les installations polluantes recensées sur site sont les suivantes (date inconnue) :

- une machine hydraulique de presse à cartons ;
- un local de stockage de marchandises.

Parcelle AK846

La parcelle a été occupée par une menuiserie-ébénisterie depuis 1931 et jusqu'en 1966 au moins. L'activité est classée ICPE (rubrique 81-2-b : atelier où l'on travaille le bois situé à moins de 30 mètres de maisons habitées par un tiers (6 à 7 machines)). Il existe un doute sur la cessation administrative de l'activité.

Les installations polluantes recensées sur site sont les suivantes (date inconnue) :

- 6 à 7 machines à découper le bois.



Figure 4 : Plan des installations historiques (emprise d'étude = ancienne emprise étudiée en 2017)

3.2 Synthèse de l'étude de vulnérabilité

La première nappe rencontrée au droit du site est contenue dans les formations oligocènes (Sables de Fontainebleau et les Marnes à Huitres). Compte tenu de sa faible profondeur (environ 3,5-4,5 mètres) et de l'absence de couche imperméable la surmontant, cette nappe est considérée comme **vulnérable** face à une éventuelle pollution induite par les activités potentiellement polluantes exercées sur le site.

Aucun captage d'eau destinée à la consommation humaine n'est répertorié à moins de 3 km en aval hydrogéologique présumé du site. Le captage d'eau industriel le plus proche est situé à 3,5 km, en aval hydrogéologique présumé du site étudié.

Néanmoins, le site s'inscrit dans un quartier résidentiel. Les usages hors site peuvent donc être considérés comme sensibles (logements avec présence d'adultes et d'enfants, potentiellement de puits privés).

3.3 Synthèse de la qualité du milieu souterrain

Trois campagnes d'investigations environnementales se sont précédemment succédé sur site en 2018, 2019 et juin 2023.

Le tableau suivant récapitule les investigations menées durant ces différentes phases.

Tableau 1 : Synthèse des investigations menées sur et hors site d'étude

Investigations	Juillet 2018	Décembre 2018 – janvier 2019	Juin 2023
Localisation	Parcelle AK402	Parcelles AK402 et AK404 et passage Lanoë	Parcelles AK402 et AK404 et passage Lanoë
Machine de forage	Tarière mécanique	Carottier à gouge	Carottier sous gaine
Sols	6 sondages entre 3,5 et 8 m de profondeur	AK402 : 1 sondage à 8 m de profondeur pour délimiter une zone source AK404 : 2 sondages à 8 m pour délimiter la zone source en limite sud-est 2 sondages entre 3 et 4 m de profondeur, équipés en piézairs	AK402 : 1 sondage à 5 m AK404 : 3 sondages entre 2,8 et 5 m
Eaux souterraines	3 piézomètres entre 6 et 9 m de profondeur	Passage Lanoë : 2 piézomètres à 10 m de profondeur	AK402 : 1 piézomètre à 6 m de profondeur AK404 : 3 piézomètres entre 4 et 6 m de profondeur
Gaz du sol	3 piézairs à 3,5 m de profondeur au droit de sondages de sols	AK404 : 2 piézairs à 3,5 m de profondeur pour délimiter la zone source en limite sud-est	AK402 : 1 piézair à 3 m de profondeur AK404 : 2 piézairs à 3 m de profondeur
Air ambiant	Non investigué	2 mesures intérieures (1 au droit de AK402 et 1 au droit de AK404) et 1 mesure en extérieur	Non investigué car les sites ne sont plus en activité
Observations	2 sondages prolongés à 8 m de profondeur compte-tenu des observations de terrain 2 piézomètres posés à 6 et 9 m de profondeur au lieu des 8 m prévus (refus sur dalle calcaire à 6 m et indices organoleptiques)	Parcelle AK402 : 2 sondages prévus non réalisés (refus à 1 m et 0,1 m sur dalle béton)	Parcelle AK402 Sécurisation des sondages vis-à-vis du plancher chauffant réalisée Crainte quant à la stabilité du bâtiment, aucun sondage réalisé en intérieur, investigations réalisées uniquement dans la cour à l'entrée de la parcelle 9 sondages à 6 m prévus, 1 réalisé 3 piézairs à 3 m prévus, 1 réalisé 3 piézomètres prévus, 1 réalisé Parcelle AK404 Présence d'un vide qui n'a pas permis de réaliser plusieurs sondages Présence d'une succession de dalle et ou de pavés qui a entraîné des casses de la machine de forage et des refus Effondrement de la toiture de l'ancien supermarché au cours d'intempéries (hors présence des intervenants), sondages non réalisés

Investigations	Juillet 2018	Décembre 2018 – janvier 2019	Juin 2023
			<p>2 piézomètres posés en petit diamètre compte-tenu des problématiques de dalles et pavés</p> <p>1 piézomètre posé à 4 m compte-tenu des problématiques de dalles et pavés</p> <p>9 sondages prévus, 3 réalisés</p> <p>4 piézairs prévus, 2 réalisés</p> <p>3 piézomètres prévus, 2 réalisés en petit diamètre et 1 posé à faible profondeur</p>

A partir de juin 2023, les investigations ont été réalisées sous ARVA¹ ou masque à cartouches compte-tenu des teneurs élevées mesurées en COHV dans les différents milieux investigués (sols, eaux souterraines, gaz des sols).

A noter que le bâtiment de la parcelle AK404 a été démoli en septembre 2023 et qu'un sous-sol de faible profondeur a été découvert. La présence de ce sous-sol permet d'expliquer le vide observé au droit de plusieurs sondages qui n'avaient pas pu être réalisés en juin 2023.

Les résultats d'analyses mettent en exergue :

Sols :

- Impact généralisé et marqué en COHV, notamment en PCE, est mesuré dans les sols au droit de la parcelle AK402, à relier à l'activité de pressing exercée pendant plus de 40 ans sur le site.
- La zone source a été localisée au droit de l'ancien atelier (partie centrale) et au droit d'une ancienne machine à laver sur la partie nord-est de la parcelle AK402 : sondages G9, G11 et Pz1 avec des concentrations en PCE respectivement de 1600 mg/kg à 4 m de profondeur, 9100 mg/kg à 4 m de profondeur et 17000 mg/kg à 4 m de profondeur. Cette zone source a migré vers la parcelle AK404, voire au-delà vers le sud-sud-est.
- L'extension verticale des impacts n'a pas été délimitée, mais est a priori limitée par les argiles vertes peu perméables (perméabilité inférieure ou égale à 10^{-8} m/s) ; cette extension sera difficile à déterminer puisque la réalisation de sondage s'enfonçant dans les argiles présente un fort risque de mise en contact des deux nappes et donc d'un transfert facilité de la pollution vers la seconde nappe.
- La zone source en COHV se trouve sur le site mais les impacts en COHV ne sont pas circonscrits aux deux parcelles étudiées.

Nappe superficielle :

- Cette source est à l'origine d'un panache de pollution (sols et nappe) qui s'étend au moins au droit de la parcelle AK404 (absence de données au droit des parcelles AK846, AK403, AK395 et AK405) ;
- Des COHV sont retrouvés dans les eaux souterraines à des teneurs faibles en amont hydrogéologique du site (passage Lanoë) tant en 2018 qu'en 2023.

Gaz des sols :

- Les impacts dans les gaz des sols sont en lien avec les impacts mis en évidence dans les sols et les eaux souterraines, avec les plus fortes concentrations mesurées à proximité des zones sources et au droit des zones où les eaux souterraines sont les plus impactées.

¹ Appareil Respiratoire à Ventilation Assistée

Air ambiant :

- En 2019, la qualité de l'air intérieur dans les bâtiments situés sur les parcelles AK402 et AK404 est dégradée vis-à-vis de la qualité de l'air extérieur par la présence de COHV (TCE : 390 µg/m³ en intérieur de la parcelle AK402) ; cette dégradation est à rattacher à la pollution constatée sur le milieu souterrain. La qualité de l'air intérieur pourrait également être dégradée par la présence d'hydrocarbures (HCT et BTEX) au niveau de la parcelle AK404 ; toutefois ce point reste à confirmer.

4. Investigations sur les sols (A200) (octobre – novembre 2023)

4.1 Programme et stratégie d'investigations

Le programme des investigations est présenté dans le **Tableau 2**.

Date d'intervention	Du 30/10/23 au 03/11/2023
Prestataires de forage Technique de forage	<p>ATME (parcelle AK402) et GAUFOR (parcelle AK404)</p> <ul style="list-style-type: none"> Méthode de foration : sondage carotté sous gaine : carottier sous gaine en intérieur et géoprobe en extérieur Réalisation de profils semi-quantitatifs du contenu en COV dans les carottes de sol à l'aide d'un PID, Prélèvement d'échantillons de sol non remaniés sélectionnés à partir de ces profils selon la méthode MACAOH ; Conditionnement des échantillons sélectionnés dans du méthanol (méthode MACAOH) pour limiter les pertes de COV par volatilisation lors du transfert au laboratoire.
Investigations menées	<p>Cf. tableau 2 et Figure 3.</p> <p>Les sondages ont été suivis en continu par un collaborateur spécialisé de GINGER BURGEAP qui a effectué les prélèvements.</p> <p>Une intervention de sécurisation des sondages vis-à-vis du plancher chauffant a été réalisée pour les nouveaux sondages par GINGER VSCAN, au droit de la parcelle AK402.</p> <p>Le bâtiment de la parcelle AK402 a été au préalable étayé par un prestataire mandaté par l'EPFIF afin de sécuriser l'intervention dans le bâtiment.</p> <p>Des prélèvements de sols ont également été réalisés lors de la pose des piézairs et piézomètres.</p>
Ecarts au programme prévisionnel	Sondages prévus à 6 m de profondeur, des difficultés ont été rencontrées sur certains sondages en raison de la présence d'une dalle béton épaisse au droit de la parcelle AK402, de refus sur caillasses et de présence de dalles successives et pavés sur la parcelle AK404.
Repli en fin de chantier	<p>Sondages rebouchés avec les déblais de forage.</p> <p>Rebouchage des surfaces par du ciment quand nécessaire.</p> <p>Déchets de chantier : les cuttings de forages ont été placés en big-bag et ont été laissés sur site en attente de leur évacuation par l'EPFIF (mission non incluse dans la prestation de GINGER BURGEAP).</p> <p>Les déchets liés aux prélèvements d'échantillons ont été évacués par les soins de GINGER BURGEAP.</p> <p>Les gaines de forage ont été évacuées par ATME et GAUFOR.</p>
Laboratoire d'analyses	AGROLAB, accréditation reconnue par le COFRAC

Tableau 2 : Forages réalisés pour les investigations sur les sols et la pose d'ouvrages (piézomètres, piézairs)

Parcelle	Sondage	Profondeur atteinte(m)	Autres
AK402 (ancienne blanchisserie)	S2	4	Refus sur caillasses
	S3	4	Refus sur caillasses
	S4	4	Refus sur caillasses
	S5	-	Non réalisé, refus sur dalle béton épaisse
	S6	4	Refus sur caillasses
	S15	4	Refus sur caillasses
	S16	1	Refus sur dalle et impossibilité de le déplacer (plancher chauffant)
	PzaS4	3	En remplacement du PzaS5, équipement du sondage S4 (pas de coupe spécifique)
	PzaS5	-	Non réalisé, refus sur dalle béton épaisse
	PzaS6	3	-
	Pz6	-	Hauteur sous plafond insuffisante pour passage machine
AK404 (ancien supermarché)	S7	6	Pas de prélèvement entre 5 et 6 m, sols trop liquides
	S8	6	--
	S10	6	--
	S11	5	Sols trop liquides au-delà de 5 m
	S12	6	Pas de prélèvement entre 5 et 6 m, sols trop liquides
	S13	6	--
	S17	5	Pas de remontée de sols entre 4 et 5 m
	Pza12	3	--
	PzaPz13	3	--
	Pz7	6	Déplacé sur parcelle AK404 (hauteur sous plafond trop basse, pas de possibilité de décaler en raison du plancher chauffant)
	Pz9	6	En remplacement du Pz9 détruit lors de la démolition du bâtiment
	Pz10	6	En remplacement du Pz10 posé en juin 2023, en diamètre trop petit, l'autre Pz10 a été rebouché
	Pz11	6	En remplacement du Pz11 posé en juin 2023, en diamètre trop petit, l'autre Pz11 a été rebouché
	Pz12	6	--
	Pz13	6	--
	Pz14	6	--

Les propriétés chimiques des polluants recherchés, les méthodes analytiques, les limites de quantification et le descriptif du flaconnage utilisé figurent en **Annexe 1** et en **Annexe 2**.

4.2 Observations et mesures de terrain

Les terrains recoupés en sondage ont été décrits avant échantillonnage :

- Succession lithologique ;
- Présence ou non de niveaux jugés suspects (traces de souillures, caractéristiques organoleptiques anormales (odeur, couleur, texture), présence de matériaux de type déchets, mâchefers, verre, bois...) ;
- Présence ou non de composés organiques volatils dans les gaz des sols (évaluée au niveau de chaque échantillon prélevé au moyen d'un détecteur à photo-ionisation (PID) régulièrement calibré).

Les échantillons ont ensuite été sélectionnés pour analyses chimiques en laboratoire (cf. § 4.3).

4.2.1 Succession lithologique

Au regard des observations réalisées au cours des investigations, la succession des formations géologiques au droit du site est la suivante, de la surface vers la profondeur :

- Des remblais, entre la surface et 1 mètre de profondeur en moyenne ;
- Des limons et limons sableux brun jusqu'à 3 à 4 mètres de profondeur environ ;
- Des marnes avec passage calcaire beige, correspondant aux marnes à huîtres, rencontrées de 3 à 4 m jusqu'à environ 4,5 à 6 m de profondeur. Ce niveau peut contenir à sa base des intercalations de minces couches d'argiles ;
- Les argiles vertes, à partir de 5,5 mètres de profondeur en moyenne. D'après la carte géologique de Paris du BRGM (n°183), l'épaisseur des argiles vertes est de 5 mètres en moyenne et n'excède pas 7 m.

A noter qu'en l'état actuel, les données disponibles étant situées sur une petite superficie, la cartographie du substratum imperméable n'est pas concluante. Les données collectées hors site sur les parcelles adjacentes pourraient probablement permettre de réaliser cette cartographie.

Les terrains étaient généralement humides à partir de 2 à 3 m de profondeur, des arrivées d'eau franches ont été mises en évidence à partir de 4 à 5 m en moyenne.

4.2.2 Niveaux suspects et mesures PID

Les caractéristiques des niveaux suspects et les résultats des tests de terrain positifs (mesures PID) sont reportés dans le **tableau 3**.

L'intégralité des observations figure dans les fiches d'échantillonnage de sols rassemblées en **Annexe 3**.

Il est à noter que les odeurs n'ont pas été relevées durant cette campagne de mesure puisque les intervenants étaient dotés d'appareils respiratoires à ventilation assistée (ARVA), filtrant les polluants volatils.

Tableau 3 : Niveaux suspects et résultats des mesures de terrain

Sondage	Profondeur (m)	Lithologie	Indices de pollution	Mesure de terrain (valeur PID en ppmV maximale mesurée et profondeur associée)
S2	0-1	Remblais sablo-graveleux	Traces noires, mâchefers et briques	49
	1-2	Limon graveleux-sableux	-	25.9
	2-3	Limon graveleux et marne graveleuse	-	1.6
	3-4	Limon sableux avec argile	Morceaux de mâchefers et briques	4.7
S3	0-1	Remblais sableux	Béton, briques	16.6
	1-2	Limon sableux	Traces noires et morceaux de briques	27.7
	2-3	Limon sableux	Traces noires et rouille	8.2
	3-4	Limon sableux, marnes calcaires	Traces noires et rouille	5.7
S4	1-2	Limon sableux	Couleur noire	89.8
	2-3	Limon	-	2.9
	3-4	Marnes et caillasse / argile	Couleur noire	2.2
S6	0-1	Limon sableux	Mâchefers	111.7
	1-2	Limon sableux	Couche noire	93.9
	2-3	Limon	-	880.7
	3-4	Marnes	Couche noire	601.8
S7	0-1	Remblais, limon sableux	Morceaux de polystyrène	5000
	1-2	Limon sableux	Traces de rouille	5
	2-3	Limon	Taches noires	159.7
	3-4	Limon graveleux	Couleur bleu foncé / noir	1518
	4-5	Argile	Traces noires et rouille	589
S8	0-1	Remblais limono-calcaire	-	16.3
	1-2	Limon	-	111.7
	2-3	Limon	-	18.8
	3-4	Limon, argile	-	2398
	4-5	Marnes et calcaires	-	5000
	5-6	Marnes et calcaires, argiles	-	5000
S10	0-1	Remblais graveleux	-	1626
	1-2	Limon sableux	-	206.9
	2-3	Limon	-	101
	3-4	Limon, argile et calcaire	-	979
	4-5	Argile- marnes et caillasses	-	5000
	5-6	Argile	-	657
S11	0-1	Limon sableux	Traces noires	700,7
	1-2	Limon	Traces de rouille	334.8
	2-3	Limon compact	-	2.5
	3-4	Marnes calcaires	-	2094
	4-5	Marnes et caillasses, argiles	-	770.7
S12	0-1	Remblais graveleux, limon sableux	Morceaux de carrelage, brique et taches noires	> 5000
	1-2	Limon	Taches noires et morceaux de carrelage	1881
	2-3	Limon à argile verte	-	460.3
	3-4	Argiles et marnes et caillasses	-	372.7
	4-5	Marnes et caillasses et argile	-	52.3
S13	0-1	Remblais graveleux	Morceaux de briques et de dalle	159.7
	1-2	Limon	Petits morceaux de briques	766.6
	2-3	Marnes calcaires	-	45.7
	3-4	Marnes calcaires, limons sableux	Traces de rouille	5.6
	4-5	Marnes et calcaire	-	1.2

Sondage	Profondeur (m)	Lithologie	Indices de pollution	Mesure de terrain (valeur PID en ppmV maximale mesurée et profondeur associée)
	5-6	Marnes calcaires à argile verte	-	12.8
S16	0-1	Remblais sablo-graveleux noir à limon	Couleur noire et mâchefers	10.4
S15bis	0-1	Remblais sablo-graveleux et limono-graveleux	-	399.8
	1-2	Limon graveleux	Mâchefers	66.8
	2-3	Limon	-	68.5
	3-4	Marnes blanches à argiles verte	-	502.8
S17	0-1	Remblais graveleux, limon	-	13.3
	1-2	Limon	-	182.1
	2-3	Limon graveleux	-	154
	3-4	Limon à marne graveleuse	-	15
	4-5	Pas de carotte, retombées uniquement	-	27
PzaS4	Ouvrage posé dans le sondage S4 – voir sondage S4 plus haut			
PzaS6	2-3	Limon sableux	Mâchefers et briques	525.5
PzaS12	2-3	Limons sableux et argile limoneuse	-	13.4
PzaPz13	2-3	Marnes et calcaire, limon sableux	-	1
Pz7	0-1	Remblais sablo graveleux, limon	-	31.4
	1-2	Remblais sablo graveleux, limon	-	49.2
	2-3	Limon à limon graveleux	Morceaux de briques, taches noirâtres	82.9
	3-4	Limon sableux	Morceaux de briques	81.4
	4-5	Limon sableux	Morceaux de briques	139.5
	5-6	Limon sableux et argile verte	-	562
Pz9	0-1	Limon sableux	Grosses traces noires à 50 cm	3.2
	1-2	Limon sableux	-	5.2
	2-3	Limon à limons graveleux	-	6.8
	3-4	Limons, marnes et calcaires	Morceaux de briques à 3.60 m	0
	4-5	Limon	-	3.2
	5-6	Marnes et caillasses, argiles vertes	Traces noires	6.9
Pz10	0-1	Mélange de limons et de marnes et calcaires	-	53.2
	1-2	Limon avec un passage sableux	-	86.2
	2-3	Limon avec un passage sableux	-	66.9
	3-4	Limon et argile verte	Traces de rouille	20.3
	4-5	Marnes et caillasses	-	99
	5-6	Argile verte	-	0.8
Pz11	1-2	Limon graveleux	-	10.9
	2-3	Limon	Quelques traces noires	14.3
	3-4	Limon, marnes et caillasses	-	40.4
	4-5	Limon, marnes et caillasses	-	355.7
	5-6	Argile verte, marnes et caillasses	-	1235
Pz12	1-2	Limon sableux	-	31.3
	2-3	Limon sableux, argile limoneuse	Traces de rouille	25.4
	3-4	Limon sableux, marnes et caillasses	-	27.2
	4-5	Limon, argile verte	Morceaux de carrelage	33.5
	5-6	Marnes et caillasses, argile verte	-	79.9
Pz13	0-1	Remblais limono-graveleux	Gris-brun	3.3
	1-2	Limon	-	5.1
	2-3	Limon et marnes et caillasses	Traces bleues	4.7
	3-4	Marnes		4.7
	4-5	Limon	-	29
	5-6	Argile	-	3.5
Pz14	0-1	Remblais sableux à limons	Brique et béton	3.6
	1-2	Limon sableux	-	18.8
	2-3	Limon	-	25.6

Sondage	Profondeur (m)	Lithologie	Indices de pollution	Mesure de terrain (valeur PID en ppmV maximale mesurée et profondeur associée)
	3-4	Limon et argile	-	196.8
	4-5	Marnes et calcaire	-	5000
	5-6	Marnes et calcaires et argiles	-	5000

Les indices de pollution (réponses PID) les plus marqués détectés lors de cette campagne de mesures sont localisés en profondeur (de 2-3 m en moyenne jusqu'en fond de sondages).

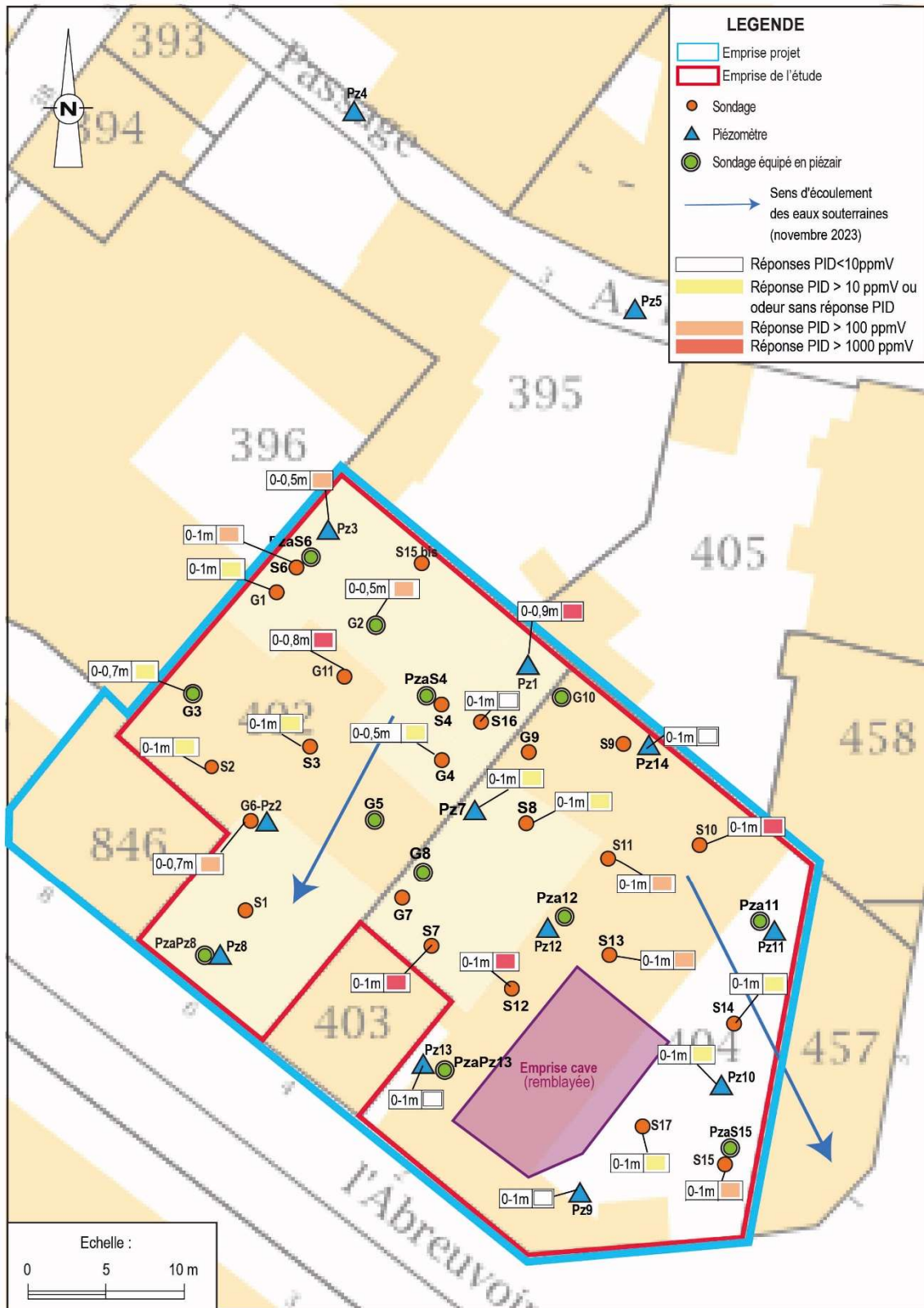


Figure 5 : Localisation des investigations et mesures de terrain – couche de 0 à 1 m

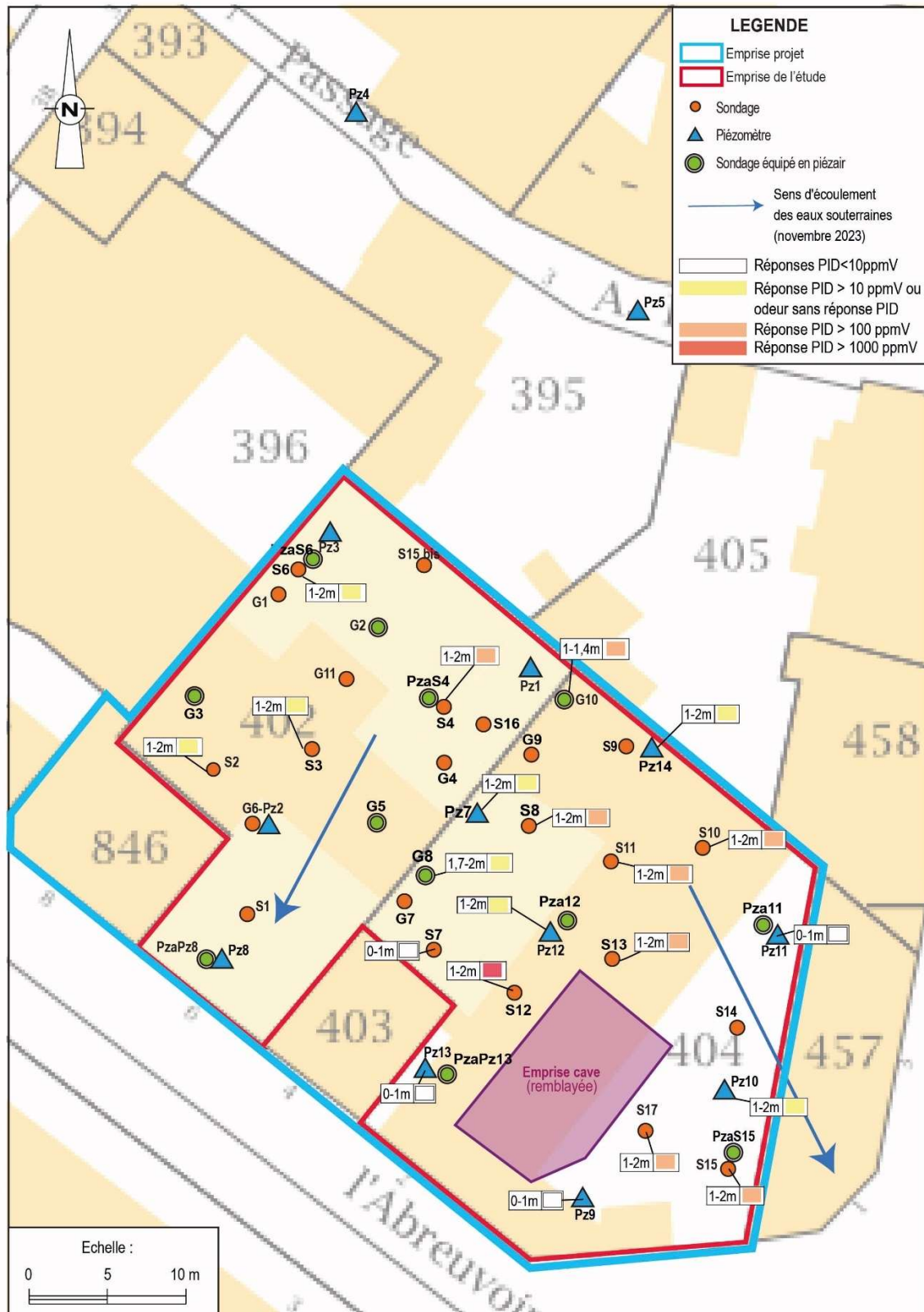


Figure 6 : Localisation des investigations et mesures de terrain – couche de 1 à 2 m

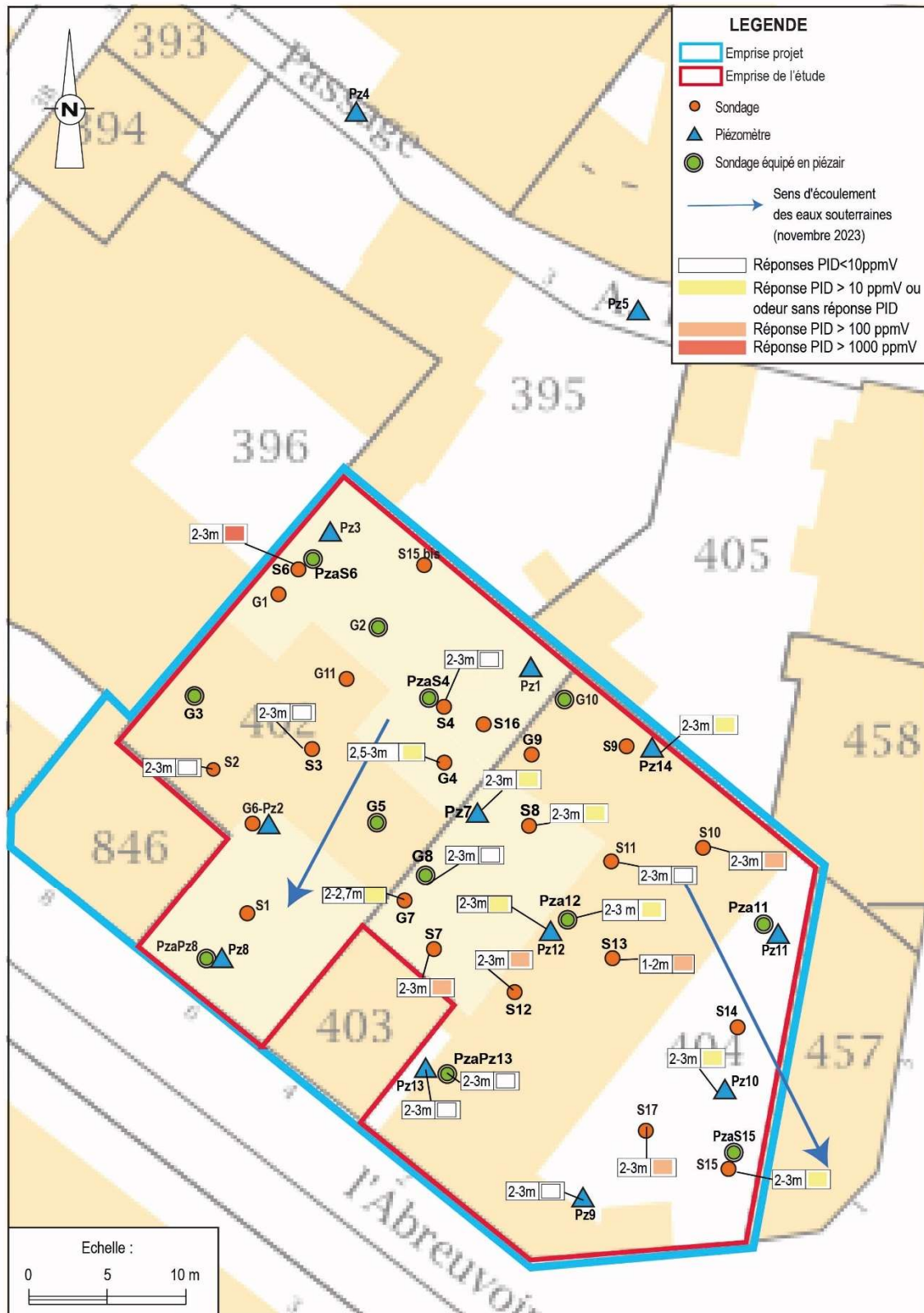


Figure 7 : Localisation des investigations et mesures de terrain – couche de 2 à 3 m

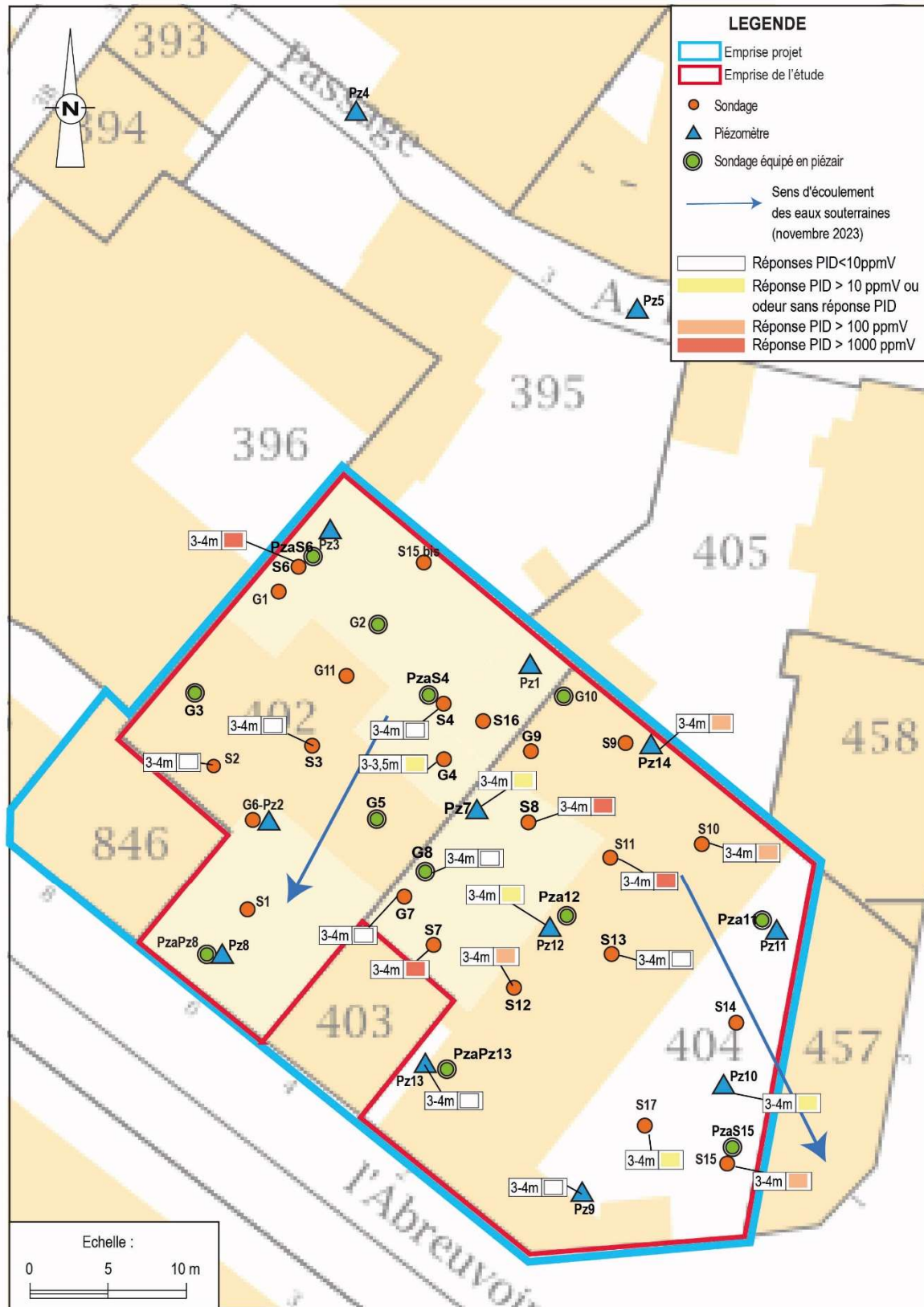


Figure 8 : Localisation des investigations et mesures de terrain – couche de 3 à 4 m

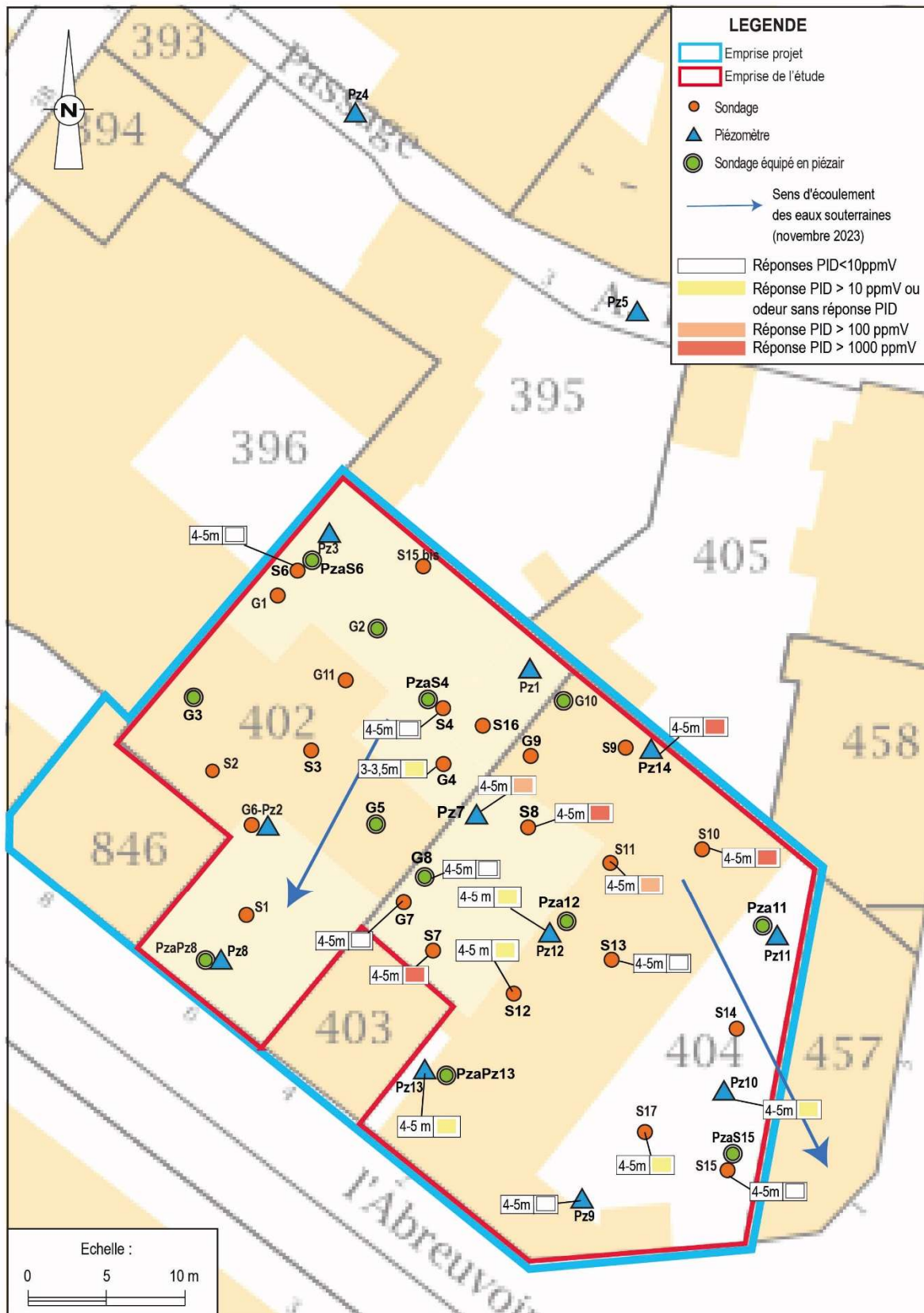


Figure 9 : Localisation des investigations et mesures de terrain – couche de 4 à 5 m

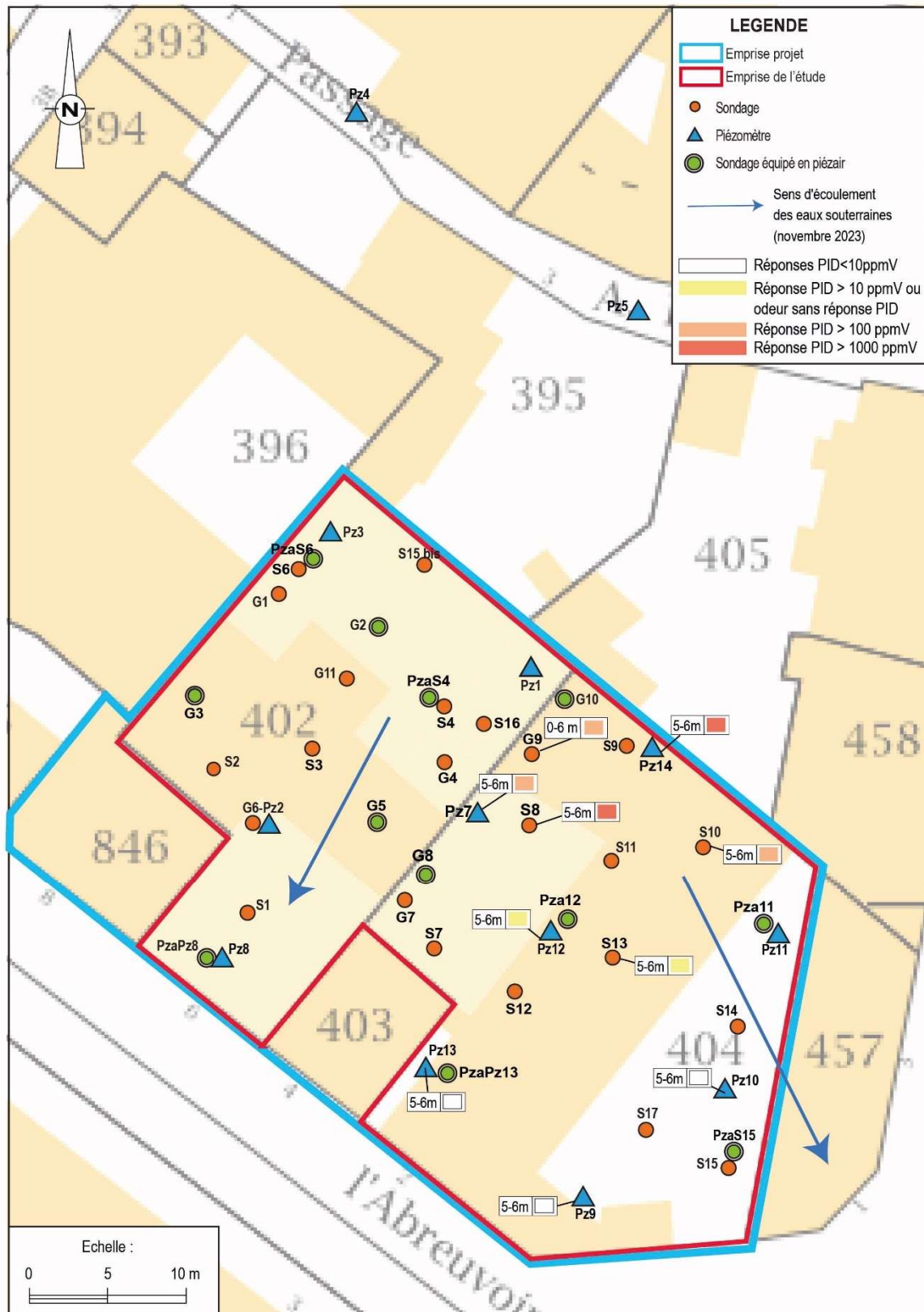


Figure 10 : Localisation des investigations et mesures de terrain – couche de 5 à 6 m

4.3 Stratégie et mode opératoire d'échantillonnage

Après le levé de la coupe du sondage, le collaborateur de GINGER BURGEAP a procédé au prélèvement des échantillons de sols les plus représentatifs selon le protocole détaillé ci-après :

- un échantillon pour chaque horizon lithologique homogène ;
- un échantillon par mètre, si l'épaisseur de l'horizon dépasse 1 m ;
- un échantillon de chaque niveau lithologique suspect.

Une fois prélevés, les échantillons ont été conditionnés dans des bocaux d'une contenance de 375 ml.

Les échantillons soumis à analyses en laboratoire ont été choisis en fonction des observations de terrain et/ou de leur proximité d'une installation potentiellement polluante ayant pu avoir un impact sur les milieux étudiés et/ou du projet d'aménagement.

4.4 Conservation des échantillons

Après description, conditionnement et étiquetage, les échantillons de sol ont été stockés en glacière jusqu'à leur arrivée au laboratoire ou au réfrigérateur dans les locaux de GINGER BURGEAP.

4.5 Valeurs de référence pour les sols

Conformément à la méthodologie en vigueur, les concentrations dans les sols au droit de la zone d'étude ont été comparées en premier lieu à des concentrations caractéristiques de bruit de fond régionaux ou propre à certains contextes (urbain, agricole...). Dans un second temps, l'ensemble des résultats obtenus sur le site sera pris en compte pour évaluer le bruit de fond propre au site pour chaque famille de polluants et déterminer si le site présente des zones de pollution concentrée.

Ces valeurs de comparaison sont présentées dans les premières colonnes des tableaux de présentation des résultats d'analyse.

Métaux et métalloïdes sur sol brut	<p>Pour les métaux et métalloïdes, la gamme de concentrations qui sera utilisée pour comparaison est extraite d'une étude réalisée par M. Baize (INRA) basée sur des prélèvements d'échantillons de surface de sols agricoles en Ile de France (départements 77,78, 91 et 95). Le 90^{ème} percentile de la distribution des concentrations mesurées a été retenu. Ces valeurs sont issues d'une note CIRE du 3 juillet 2006, proposant aux DDASS franciliennes des « seuils de sélection » pour sélectionner les éléments traces métalliques pour le calcul des risques. Cette note ne traite pas de l'arsenic, pour lequel la valeur retenue est basée sur les valeurs de cette même étude pour le territoire français (sol sans anomalie géochimique).</p> <p>Pour le plomb, le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) mentionne une valeur de 300 mg (Pb)/kg sol, comme étant une valeur seuil entraînant un dépistage du saturnisme infantile. Un seuil de vigilance a également été établi à 100 mg/kg de plomb dans les sols. Ces valeurs sont des valeurs de gestion mais ne constituent pas la valeur du bruit de fond.</p>
HAP	<p>En l'absence de données locales, les valeurs de référence qui seront utilisées sont issues de celles établies par l'ATSDR (Toxicological profile for PAHs, 1995 et 2005) et de celles des fiches toxicologiques de l'INERIS pour des sols urbains ou agricoles.</p>
Autres composés	<p>Pour les autres composés, en l'absence de valeurs caractérisant le bruit de fond, un simple constat de présence ou d'absence a été réalisé en référence à des teneurs supérieures ou inférieures aux limites de quantification du laboratoire.</p>

Gestion des déblais

Les concentrations sur le sol brut et sur l'éluât ont été comparées :

- aux critères d'acceptation définis dans l'arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux déchets inertes ;
- à la Décision du Conseil du 19 décembre 2002 « *établissant des critères et des procédures d'admission des déchets dans les décharges, conformément à l'article 16 et à l'annexe II de la directive 1999/31/CE* » ;
- aux valeurs couramment utilisées par les exploitants d'installations de stockage de déchets. Il s'agit ici de données issues de notre expérience et de notre connaissance du marché local².

Notons que si une réutilisation des terres est effectivement envisagée, les caractéristiques géotechniques des terrains à réutiliser devront être évaluées par le maître d'ouvrage et l'ensemble des recommandations des guides cités ci-dessus devra être pris en compte.

4.6 Résultats et interprétation des analyses sur les sols

Les résultats d'analyse sont synthétisés dans les Tableaux 4 et 5 suivants.

Les bordereaux des analyses réalisées dans le cadre de ce diagnostic sont présentés en **Annexe 4**.

² Rappelons que ces critères n'ont pas de valeur réglementaire mais l'acceptation des terres dans un centre de stockage de déchets dépend de l'accord de l'exploitant, dernier décisionnaire quant à l'acceptation des terres au regard de ses arrêtés préfectoraux et de sa stratégie pour l'exploitation de son installation.

Tableau 4 : Résultats d'analyses sur les sols – campagne d'octobre 2023

		Campagne d'octobre 2023																										
		Campagne																										
		Localisation																										
		Echantillon																										
		Profondeur (m)																										
		Valeur PID (ppmV)																										
		Indice organoléptique																										
		Lithologie																										
		Remblais sablo-graveleux noir à limon																										
		Limon sableux																										
		Limon sableux																										
		Limon																										
		Mame																										
		Limon sableux																										
		Remblais sablo-graveleux et limono-graveleux																										
		Limono-graveleux																										
		Limon																										
		Marnes blanches à Argiles verte																										
		Remblais sableux																										
		Limon sableux																										
		Limon sableux																										
		Limon sableux, marnes calcaires																										
		Limon sableux																										
		Limon																										
		Marnes et caillasse																										
		Remblais sablo-graveleux																										
		Limon graveleux																										
		Limon graveleux et marne graveleux																										
		Limon sableux avec argile																										
ANALYSES SUR SOL BRUT																												
Matière sèche	%	-	-	-	-	-	-	84.2	83.7	84.5	80.3	80.5	84.1	82.8	85.4	83.3	73.9	84.3	82.5	83.4	81.9	82.4	81.4	86.5	93.4	81.4	84.4	82
COT Carbone Organique Total (3)	mg/kg M.S.	-	30 000	30 000	60 000	-	-	160 000	-	-	1 500	-	-	4 100	-	-	17 000	-	-	-	4 600	-	-	-	-	-	3 400	-
Métaux et métalloïdes																												
Antimoine (Sb)	mg/kg M.S.	1.5	-	-	-	-	-	0.7	-	-	<0.5	-	-	<0.5	-	-	<0.5	-	-	-	<0.5	-	-	-	-	-	<0.5	-
Arsenic (As)	mg/kg M.S.	25	-	-	-	-	-	8.6	-	-	18	-	-	8.6	-	-	19	-	-	-	9.4	-	-	-	-	-	8.6	-
Baryum (Ba)	mg/kg M.S.	3000	-	-	-	-	-	430	-	-	44	-	-	67	-	-	81	-	-	-	73	-	-	-	-	-	45	-
Cadmium (Cd)	mg/kg M.S.	0.51	-	-	-	-	-	0.4	-	-	0.3	-	-	0.2	-	-	0.3	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	0.2	-
Chrome (Cr)	mg/kg M.S.	65.2	-	-	-	-	-	29	-	-	24	-	-	22	-	-	32	-	-	-	24	-	-	-	-	-	26	-
Cuivre (Cu)	mg/kg M.S.	28	-	-	-	-	-	67	-	-	5.9	-	-	7.8	-	-	15	-	-	-	10	-	-	-	-	-	20	-
Mercurure (Hg)	mg/kg M.S.	0.32	-	-	-	-	-	0.23	-	-	<0.05	-	-	<0.05	-	-	0.22	-	-	-	0.09	-	-	-	-	-	0.3	-
Molybdène (Mo)	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	2.9	-	-	2.7	-	-	<1.0	-	-	1.6	-	-	-	<1.0	-	-	-	-	-	<1.0	-
Nickel (Ni)	mg/kg M.S.	31.2	-	-	-	-	-	35	-	-	20	-	-	15	-	-	20	-	-	-	15	-	-	-	-	-	16	-
Plomb (Pb)	mg/kg M.S.	53.7	-	-	-	-	-	64	-	-	11	-	-	10	-	-	48	-	-	-	15	-	-	-	-	-	24	-
Sélénium (Se)	mg/kg M.S.	0.31	-	-	-	-	-	3.2	-	-	<1.0	-	-	<1.0	-	-	<1.0	-	-	-	<1.0	-	-	-	-	-	1.3	-
Zinc (Zn)	mg/kg M.S.	88	-	-	-	-	-	110	-	-	24	-	-	34	-	-	48	-	-	-	38	-	-	-	-	-	71	-
Hydrocarbures volatils C5-C10																												
Fraction C5 - C8 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	<0.60	<0.40	-	<2.0	<0.20	<0.20	-	<0.60	<0.40	-	<0.20	<0.60	<0.40	-	<0.20	<0.40	<0.20	<0.40	<0.20	<0.20
Fraction > C6 - C8 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	<0.40	<0.40	-	<0.40	<0.40	0.75	-	<0.40	<0.40	-	<0.40	<0.40	<0.40	-	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	-	<0.40
Fraction > C8 - C10 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	<0.40	<0.40	-	<0.40	<0.40	33	-	<0.40	<0.40	-	<0.40	<0.40	<0.40	-	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	-	<0.40
Fraction > C8 - C10 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	<1.0	<1.0	-	<1.0	<1.0	34	-	<1.0	<1.0	-	<1.0	<1.0	<1.0	-	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	-	<1.0
Indice des hydrocarbures C5-C10	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	<1.0	<1.0	-	<1.0	<1.0	34	-	<1.0	<1.0	-	<1.0	<1.0	<1.0	-	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	-	<1.0
Indice hydrocarbone C10-C40																												
Fraction > C10 - C12 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	10	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	40.3	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Fraction > C12 - C16 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	18.9	<4.0	<4.0	34.9	<4.0	<4.0	25.2	<4.0	<4.0	41.8	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0
Fraction > C16 - C20 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	9.4	<2.0	<2.0	65.4	<2.0	<2.0	6.8	<2.0	<2.0	66.5	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Fraction > C20 - C24 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	11.6	<2.0	<2.0	37.2	<2.0	<2.0	18.5	<2.0	<2.0	39.9	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Fraction > C24 - C28 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	14	<2.0	<2.0	27.4	<2.0	<2.0	38	<2.0	<2.0	34.2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Fraction > C28 - C32 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	11	<2.0	<2.0	20	<2.0	<2.0	30	<2.0	<2.0	58	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Fraction > C32 - C36 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	4.6	<2.0	<2.0	13	<2.0	<2.0	13	<2.0	<2.0	19.9	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Fraction > C36 - C40 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<2.0	<2.0	<2.0	6.5	<2.0	<2.0	3.4	<2.0	<2.0	22.3	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Indice des hydrocarbures C10-C40	mg/kg M.S.	LQ	500	500	500	5 000	50 000	81	<20.0	<20.0	200	<20.0	<20.0	140	<20.0	<20.0	1300	<20.0	<20.0	<20.0	<20.0	<20.0	<20.0	<20.0	<20.0	<20.0	<20.0	<20.0
HAP																												
Naphtalène	mg/kg M.S.	0.125	-	-	-	-	-	0.063	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.17	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Acénaphthylène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	7.4	<1.0	0.34	<1.0	3.1	<0.50	<4.6	<0.050	0.37	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Acénaphthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.15	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Fluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Phénanthrène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	0.29	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.29	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Anthracène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050
Fluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	0.36	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.3	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050					

4. Investigations sur les sols (A200) (octobre – novembre 2023)

LQ : Limite de quantification du laboratoire / n.d. : Non détecté
 (1) Valeurs **en gras** : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, INRA. *En italique* : source = ATSDR
 (2) Valeurs limites indicatives issues des textes européens, des arrêtés ministériels et des critères communément appliqués par les centres de stockage
 (3) [Pour l'acétate en ISDI], une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluat, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.
 (4) Valeur limite des ISDI : valeur non réglementaire mais parfois appliquée par les gestionnaires d'ISDI
 (5) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlore, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission [en ISDI] s'il respecte soit les valeurs associées au chlore et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble.

Concentration supérieure au bruit de fond et inférieure aux valeurs limites des ISDI
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI et inférieure aux valeurs limites de remblaiement de carrière
Concentration supérieure aux valeurs limites de remblaiement de carrière et inférieure aux valeurs limites des ISDI+
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI+ et inférieure aux valeurs limites des ISDND
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDND et inférieure aux valeurs limites des ISDI
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI, de remblaiement de carrière, des ISDI+, des ISDND, des ISDI

4. Investigations sur les sols (A200) (octobre – novembre 2023)

LQ : Limite de quantification du laboratoire / n.d. : Non détecté

1) Valeurs **en gras** : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAZE, INRA, *En l'attitude* : source = ATSDR

2) Valeurs limitatives issues des textes européens, des arrêtés ministériels et des critères communément appliqués par les centres de stockage

3) Pour l'acceptation en ISDI, une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total *s*ur échant, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.

4) Valeur limite des ISDI : valeur non réglementaire mais parfois appliquée par les gestionnaires d'ISDI

5) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs **fixées** pour le chlore, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission (en ISDI) s'il respecte soit les valeurs associées au chlore et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble.

Concentration supérieure au bruit de fond et inférieure aux valeurs limites des ISDI
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI et inférieure aux valeurs limites de remblaiement de carrière
Concentration supérieure aux valeurs limites de remblaiement de carrière et inférieure aux valeurs limites des ISDI+
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI+ et inférieure aux valeurs limites des ISDND
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDND et inférieure aux valeurs limites des ISDD
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI, de remblaiement de carrière, des ISDI+, des ISDND, des ISDD

<p>0 : Limite de quantification du laboratoire / n.d. : Non détecté</p> <p>1 : Valeurs en gras : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, INRA. <i>En italique</i> : source = ATSDR</p> <p>2 : Valeurs en italique issues des textes européens, des arrêtés ministériels et des critères communautaires appliqués par les centres de stockage</p> <p>3 : [Pour l'acceptation en ISDI], une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur échant, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.</p> <p>4 : Valeur limite des ISDI : valeur non réglementaire mais appliquée par les gestionnaires d'ISDI</p> <p>5 : Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs liées pour le chlore, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission [en ISDI] s'il respecte soit les valeurs associées au chlore et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble.</p>
Concentration supérieure au bruit de fond et inférieure aux valeurs limites des ISDI
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI et inférieure aux valeurs limites de remblaiement de carrière
Concentration supérieure aux valeurs limites de remblaiement de carrière et inférieure aux valeurs limites des ISDI+
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI+ et inférieure aux valeurs limites des ISDI
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI et inférieure aux valeurs limites des ISDI
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI, de remblaiement de carrière, des ISDI+, des ISDI, des ISDI

Campagne						Campagne d'octobre 2023																					
Localisation						AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404						
Echantillon						Pz12 (2-3)	Pz12 (3-4)	Pz12 (4-5)	Pz12 (5-6)	Pz13 (4-5)	Pz13 (5-6)	S12 (0-1)	S12 (1-2)	S12 (2-3)	S12 (3-4)	S12 (4-5)	S10 (0-1)	S10 (1-2)	S10 (2-3)	S10 (3-4)	S10 (4-5)	S10 (5-6)					
Profondeur (m)						2-3	3-4	4-5	5-6	4-5	5-6	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6					
Valeur PID (ppmV)						25.4	27.2	33.5	58.2	29	3.5	> 5000	1881	460.3	372.7	52.3	1626	206.9	101	979	5000	657					
Indice organoleptique						Traces de rouille	-	Morceaux de carrelage	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Lithologie						Limon sableux, argile limoneuse	Limon sableux, marnes et caillasses	Limon, argile verte	Marnes et caillasses, argile verte	Limon	Argile	Remblais graveleux, limon sableux	Limon	Limon à argile verte	Argiles et marnes et caillasses	Marnes et caillasses, argile verte	Remblais graveleux	Limon sableux	Limon	Limon, argile et calcaire	Argile- marnes et caillasses	Argile					
Bruit de fond (1)	Valeurs limite des ISDI	Valeurs limites de remblaiement de carrière (2)	Valeurs limites des ISDI + (ISDI aménagées) (2)	Valeurs limites des ISDND*	Valeurs limites des ISDD*																						
ANALYSES SUR SOL BRUT																											
Matériau sèche	%	-	-	-	-	-	86.6	67.2	72.3	70.1	80.8	69.7	82.1	80.1	82.7	75.7	78.6	86.8	85.8	83.9	75.8	83	70.6				
COT	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6 000	-	-	-	-	-	-	3 200	-	-	-				
Métaux et métalloïdes																											
Antimoine (Sb)	mg/kg M.S.	1.5	Résultats de lixiviation conformes aux seuils définis pour les déchets inertes dans l'arrêté du 12/12/2014	Résultats de lixiviation conformes aux seuils définis pour les déchets inertes dans l'arrêté du 12/12/2014	Résultats de lixiviation conformes aux seuils définis pour les déchets inertes dans l'arrêté du 12/12/2014	Tests de lixiviation conformes à la Décision du Conseil du 19/12/02 pour les déchets non dangereux	Tests de lixiviation conformes à la Décision du Conseil du 19/12/02 pour les déchets dangereux	-	-	-	-	<0.5	-	-	-	-	-	-	-	<0.5	-	-	-				
Arsenic (As)	mg/kg M.S.	25						-	-	-	-	7.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baryum (Ba)	mg/kg M.S.	3000						-	-	-	-	67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-
Cadmium (Cd)	mg/kg M.S.	0.51						-	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-
Chrome (Cr)	mg/kg M.S.	65.2						-	-	-	-	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	-	-
Cuivre (Cu)	mg/kg M.S.	28						-	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.9	-	-
Mercurure (Hg)	mg/kg M.S.	0.32						-	-	-	-	1.23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.05	-	-
Molybdène (Mo)	mg/kg M.S.	-						-	-	-	-	<1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.7	-	-
Nickel (Ni)	mg/kg M.S.	31.2						-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-	-
Plomb (Pb)	mg/kg M.S.	53.7						-	-	-	-	77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-
Sélénium (Se)	mg/kg M.S.	0.31						-	-	-	-	1.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
Zinc (Zn)	mg/kg M.S.	88						-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	-	-
Hydrocarbures volatils C8-C10																											
Fraction C5 - C6 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0.40	<0.80	<0.60	<2.0	<0.20	<0.40	-	<0.40	<0.20	<0.20	<0.40	<0.40	<0.20	-	<0.60	<0.20	<0.60				
Fraction > C6 - C8 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	-	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	-	<0.40	<0.40	<0.40				
Fraction > C8 - C10 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	-	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	-	<0.40	<0.40	<0.40				
Somme des hydrocarbures C5-C10	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	-	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	-	<1.0	<1.0	<1.0				
Indice hydrocarbure C10-C40																											
Fraction > C10 - C12 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<4.0	<4.0	<4.0	8.8	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0				
Fraction > C12 - C16 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<4.0	<4.0	<4.0	36.5	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0	<4.0				
Fraction > C16 - C20 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	2.4	<2.0	<2.0	27.2	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0				
Fraction > C20 - C24 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	8	<2.0	<2.0	17.1	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0				
Fraction > C24 - C28 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	2.9	3.9	6.8	19.5	11.8	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	5	3.1	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0				
Fraction > C28 - C32 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<2.0	4.3	6.8	16	17	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	7.1	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0				
Fraction > C32 - C36 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<2.0	<2.0	4.8	11.1	19.4	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	8.1	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0				
Fraction > C36 - C40 exclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<2.0	<2.0	<2.0	8.5	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0				
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg M.S.	LQ	500	500	500	5 000	50 000	<20.0	<20.0	<20.0	140	78.6	<20.0	<20.0	<20.0	<20.0	27.9	<20.0	<20.0	<20.0	<20.0	<20.0	<20.0				
HAP																											
Naphtalène	mg/kg M.S.	0.125	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050				
Acénaphthylène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	0.27	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.17	<0.050	<0.050	<0.050	<0.43	0.59					
Acénaphthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050				
Fluorène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050				
Phénanthrène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	0.32	0.19	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.41	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050				
Anthracène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	0.095	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.087	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050				
Fluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	0.11	<0.050	0.28	<0.20	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.61	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050				
Pyrrène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	0.085	<0.050	0.29	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.46	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050				
Benz(a)anthracène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	0.061	<0.050	0.15	0.093	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.32	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050				
Chrène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	0.15	0.084	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.31	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050				
Benzofluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	0.065	<0.050	0.13	0.1	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.28	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050				
Benzofluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	0.075	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.15	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050				
Benz(a)pyrrène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	0.079	<0.050	0.15	0.12	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.31	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050				
Dibenz(a,h)anthracène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050				
Benzofluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	0.083	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.19	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.10	<0.050				
Indène(1,2,3-cd)pyrrène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	0.13	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.22	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050				
Somme des HAP	mg/kg M.S.	25	50	50	50	500	500	0.4	n.d.	1.853	0.857	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3.517	n.d.	n.d.	n.d.	0.43	0.59	0.59				
BTEX																											
Benzène	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0.10	<0.20	<0.15	<0.50	<0.05	<0.10	<0.050	<0.10	<0.05	<0.05	<0.10	<0.10	<0.05	<0.050	<0.15	<0.05	<0.15				
Toluène	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0.10	<0.20	<0.15	<0.50	<0.05	<															

Tableau 5 : Résultats d'analyses sur les sols – campagnes précédentes

Campagne						Campagne de juillet 2018															
Localisation		AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402		
Echantillon		G5 (1.5 - 2)	G5 (2.5 - 3)	G5 (3 - 3.5)	G4 (0 - 0.5)	G4 (1.25 - 2)	G4 (2 - 2.5)	G4 (3.25 - 3.5)	P21 (0.5 - 1.2)	P21 (2.2 - 2.9)	P21 (4 - 4.25)	P21 (7.5 - 8.2)	G1 (0 - 0.75)	G1 (0.75 - 1.5)	G1 (1.5 - 2.25)	G1 (3 - 3.25)					
Profondeur (m)		1.5-2	2.5 - 3	3 - 3.5	0 - 0.5	1.25 - 2	2 - 2.5	3.25 - 3.5	0.5 - 1.2	2.2 - 2.9	4 - 4.25	7.5 - 8.2	0 - 0.75	0.75 - 1.5	1.5 - 2.25	3 - 3.25					
Valeur PID (ppmV)		0	0	0	11	3.8	0	2	160	>5 000	>5 000	>5 000	18	10	12	55					
Indice organoleptique		RAS	RAS	RAS	gris foncé odeur	RAS	RAS	RAS	RAS	Traces noires	Traces noires	Gris foncé	Noir	RAS	RAS	RAS					
Lithologie																					
Bruit de fond (1)	Valeurs limite des ISDI	Valeurs limites de remblaiement de carrière (2)	Valeurs limites des ISDI + (ISDI aménagées) (2)	Valeurs limites des ISDI*	Valeurs limites des ISDI*																
						Limon brun foncé	Limon brun clair	Limon beige	Sable gris foncé	Limon brun clair	Limon brun clair	Limon brun clair	Limon brun foncé	Limon brun foncé	Marnes	Sables limoneux brun foncé	Limon brun foncé	Limon brun foncé	Limon brun clair		

ANALYSES SUR SOL BRUT																							
Matière sèche	%	-	-	-	-	-	-	82.4	84.3	86.2	87.6	82.1	82.4	79.9	81.1	73.4	71.6	73.7	84.8	83.9	84.3	84.1	
COT	mg/kg M.S.	-	-	30 000	30 000	60 000	-	-	-	3 600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 700	-	-	
Métaux et métalloïdes																							
Antimoine (Sb)	mg/kg M.S.	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Arsenic (As)	mg/kg M.S.	25	-	-	-	-	-	27	-	4.5	8.1	-	9.8	19	7.9	27	12	10	9.4	-	10	6.9	
Baryum (Ba)	mg/kg M.S.	3000	-	-	-	-	-	0.2	-	<0.1	0.3	-	0.2	0.1	0.3	0.4	0.5	0.1	0.2	-	0.2	<0.1	
Cadmium (Cd)	mg/kg M.S.	0.51	-	-	-	-	-	28	-	10	19	-	26	46	23	54	36	37	21	-	26	7.9	
Chrome (Cr)	mg/kg M.S.	65.2	-	-	-	-	-	18	-	2.7	18	-	11	8.4	15	14	25	14	27	-	8.3	2.3	
Cuivre (Cu)	mg/kg M.S.	28	-	-	-	-	-	0.29	-	<0.05	0.12	-	0.14	0.06	0.1	0.06	<0.05	0.35	-	-	<0.05	<0.05	
Mercur (Hg)	mg/kg M.S.	0.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Molybdène (Mo)	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	31	-	6.4	11	-	17	25	13	39	24	26	15	-	17	4.7	
Nickel (Ni)	mg/kg M.S.	31.2	-	-	-	-	-	38	-	4.8	30	-	85	13	39	30	24	8.2	45	-	14	3.3	
Plomb (Pb)	mg/kg M.S.	63.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sélénium (Se)	mg/kg M.S.	0.31	-	-	-	-	-	40	-	-	12	-	94	-	48	35	110	140	130	62	-	37	9.7
Zinc (Zn)	mg/kg M.S.	88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Hydrocarbures volatils C5-C10	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fraction > C5 - C6 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fraction > C6 - C8 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fraction > C8 - C10 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fraction > C8 - C10 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<1.0	-	<1.0	<1.0	-	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	-	<1.0	<1.0	<1.0	
Somme des hydrocarbures C5-C10	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Indice hydrocarbure C10-C40																							
Fraction > C10 - C12 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<4	<4	<4	<4	<4	12	110	590	9	<4	<4	<4	<4	<4	<4	
Fraction > C12 - C16 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<4	<4	<4	<4	<4	22	60	290	6	<4	<4	<4	<4	<4	<4	
Fraction > C16 - C20 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<2	<2	<2	<2	<2	7	12	3	56	3	<2	7	4	5	5	
Fraction > C20 - C24 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<2	<2	<2	<2	<2	7	23	15	220	6	3	5	4	6	6	
Fraction > C24 - C28 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<2	<2	<2	<2	<2	7	23	15	220	6	3	5	4	6	6	
Fraction > C28 - C32 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<2	<2	<2	<2	<2	7	23	15	220	6	3	5	4	6	6	
Fraction > C32 - C36 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<2	<2	<2	<2	<2	7	23	15	220	6	3	5	4	6	6	
Fraction > C36 - C40 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<2	<2	<2	<2	<2	7	23	15	220	6	3	5	4	6	6	
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg M.S.	LQ	500	500	500	5 000	50 000	<30	<30	<30	<30	<30	39	118	222	1520	37	<30	<30	33	<30	38	
HAP																							
Naphtalène	mg/kg M.S.	0.125	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.45	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Acénaphthylène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Acénaphtène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Fluorène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Phénanthrène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.28	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Anthracène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Fluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	0.071	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.43	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Pyrrène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	0.1	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.39	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Benzofluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	0.098	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.11	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Chrysène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	0.11	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.17	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Benzobfluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	0.19	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.13	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Benzofluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	0.082	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Benzofluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	0.11	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Dibenzofluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	0.11	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Benzofluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	0.15	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Benzofluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0.050	<0.050	<0.050	0.17	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.092	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	
Somme des HAP	mg/kg M.S.	25	50	50	50	500	500	n.d.	n.d.	n.d.	1.081	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	2.052	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
BTEX																							
Benzène	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<0.05	<0.050	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.1	<5.0	<0.05	<0.05	<0.050	<0.05	<0.05	
Toluène	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<0.05	<0.050	<0.05</													

4. Investigations sur les sols (A200) (octobre – novembre 2023)

[illegible]

LQ : Limite de quantification du laboratoire / n.d. : Non détecté

(1) Valeurs **en gras** : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, INRA. *En italique* : source = ATSDR

(2) Valeurs limites indicatives issues des textes européens, des arrêtés ministériel et des critères communément appliqués par les centres de stockage

(3) [Pour l'acceptation en ISDI], une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluat, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.

(4) Valeur limite des ISDI : valeur non réglementaire mais parfois appliquée par les gestionnaires d'ISDI

(5) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlore, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore lué conforme aux critères d'admission [en ISDI] s'il respecte soit les valeurs associées au chlore et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble.

Concentration supérieure au bruit de fond et inférieure aux valeurs limites des ISD

Concentration supérieure au bruit de fond et inférieure aux valeurs limites des ISDI

Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI et inférieure aux valeurs limites de remblaiement de carrière

Concentration supérieure aux valeurs limites de remblaiement de carrière et inférieure aux valeurs limites des ISDI+

Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI+ et inférieure aux valeurs limites des ISDND

Concentration supérieure aux valeurs limites des ISND et inférieure aux valeurs limites des ISDD

4. Investigations sur les sols (A200) (octobre – novembre 2023)

		Campagne					Campagne de décembre 2018 - janvier 2019									
		Localisation	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402		
		Echantillon	G11 (2-1,1)	G11 (2-2,8)	G11 (5-6)	G11 (6-7)	G11 (7-8)	G12 (8-1,4-5)	G12 (9-5,1)	G11 (3,5)	G11 (4)	G11 (4,2)				
		Profondeur (m)	0,1 - 1	2 - 2,8	5,0 - 6,0	6,0 - 7,0	7,0 - 8,0	0,1 - 0,5	0,5 - 1	3,5	4	4,2				
		Valeur PID (ppmV)	1,6	3 à 82	13,6 à 42,8	10,5 à 30,7	5,5 à 8,2	-	-	126	>5 000	324				
		Indice organoleptique	Mâchefer en surface	RAS	RAS	Couleur noire	Couleur noire	RAS	RAS	RAS	RAS	RAS				
		Lithologie														
Bruit de fond (1)	Valeurs limite des ISDI	Valeurs limites de remblaiement de carrière (2)	Valeurs limites des ISDI + (ISDI aménagées) (2)	Valeurs limites des ISDND*	Valeurs limites des ISDD*	Limons sableux marion foncé avec silex	Limons sableux brun	Limons argileux vert et blanc	Argile verte noire	Argile verte noire	Remblais limono-sableux graveleux jaune	Limons sableux brun	Limons argileux blanc	Limons argileux blanc vert	Limons argileux blanc vert	

ANALYSES SUR SOL BRUT																				
Matière sèche COT	%	-	-	-	-	-	81,7	83,9	76,8	71,7	78,9	88,8	84,9	84,5	89,4	71,2				
COT Carbone Organique Total (3)	mg/kg M.S.	-	30 000	30 000	60 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Métaux et métalloïdes																				
Antimoine (Sb)	mg/kg M.S.	1,5	Résultats de lixiviation conformes aux seuls définis pour les déchets inertes dans l'arrêté du 12/12/2014	Résultats de lixiviation conformes aux seuls définis pour les déchets inertes dans l'arrêté du 12/12/2014	Résultats de lixiviation conformes aux seuls définis pour les déchets inertes dans l'arrêté du 12/12/2014	Tests de lixiviation conformes à la Décision du Conseil du 19/12/02 pour les déchets non dangereux	Tests de lixiviation conformes à la Décision du Conseil du 19/12/02 pour les déchets dangereux	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Arsenic (As)	mg/kg M.S.	25						8,8	25	18	17	11	5,6	9	-	-	-	-		
Baryum (Ba)	mg/kg M.S.	3000						0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cadmium (Cd)	mg/kg M.S.	0,51						<0,1	36	26	<0,1	<0,1	0,2	<0,1	-	-	-	-	-	-
Chrome (Cr)	mg/kg M.S.	65,2						30	8,2	28	30	8,2	10	14	-	-	-	-	-	-
Cuivre (Cu)	mg/kg M.S.	28						30	8,2	28	30	8,2	10	14	-	-	-	-	-	-
Mercurure (Hg)	mg/kg M.S.	0,32						0,55	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	0,26	-	-	-	-	-	-
Molybdène (Mo)	mg/kg M.S.	-						-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nickel (Ni)	mg/kg M.S.	31,2						13	23	24	28	18	8,3	16	-	-	-	-	-	-
Pb (Pb)	mg/kg M.S.	53,7						46	11	13	13	4,8	17	22	-	-	-	-	-	-
Sélénium (Se)	mg/kg M.S.	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Zinc (Zn)	mg/kg M.S.	88	51	45	45	59	30	60	70	-	-	-	-	-	-					
Hydrocarbures volatils C5-C10																				
Fraction C5 - C6 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Fraction > C6 - C8 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Fraction > C8 - C10 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Fraction > C6 - C10 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<10	<1,0	<1,0	4,5	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0				
Somme des hydrocarbures C5-C10	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Indice hydrocarbure C10-C40																				
Fraction > C10 - C12 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<4	<4	8	20	<4	<4	<4	-	-	-				
Fraction > C12 - C16 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<4	13	28	67	<4	13	<4	-	-	-				
Fraction > C16 - C20 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<2	17	13	31	4	<2	7	-	-	-				
Fraction > C20 - C24 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<2	14	6	14	<2	6	31	-	-	-				
Fraction > C24 - C28 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<2	13	5	11	3	10	33	-	-	-				
Fraction > C28 - C32 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<2	13	4	9	6	5	19	-	-	-				
Fraction > C32 - C36 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<2	13	4	9	6	5	19	-	-	-				
Fraction > C36 - C40 exclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<2	4	<3	<3	<2	3	11	-	-	-				
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg M.S.	LQ	500	500	500	5 000	50 000	<20	87	64	3	151	<20	27	108	-				
HAP																				
Naphtalène	mg/kg M.S.	0,125	-	-	-	-	<0,050	<0,050	0,092	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Acénaphthylène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Acénaphtène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Fluorène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Phénanthrène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	0,096	0,18	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Anthracène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Fluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Pyrene	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Benzo(a)anthracène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Chrysène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Benzo(a)pyrène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Dibenz(a,h)pyrène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Benzo(g,h,i)perylene	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Somme des HAP	mg/kg M.S.	25	50	50	50	500	500	n.d.	n.d.	0,188	0,18	n.d.	n.d.	n.d.	-	-				
BTX																				
Benzène	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-				
Toluène	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-				
Ethylbenzène	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-				
m,p-Xylène	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	-	-				
o-Xylène	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	-	-				
Somme des BTX	mg/kg M.S.	LQ	6	6	6	30	200	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	-	-				
COHV																				
Tétrachloroéthylène (PCE)	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	12	70	140	980	35	7,7	2	38	9100	600				
Trichloroéthylène (TCE)	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	0,11	0,26	1,3	3,9	0,12	0,1	<0,05	0,51	28	7				
Gis-1,2-dichloroéthylène	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,025	0,21	0,73	0,99	0,043	<0,025	<0,025	0,63	<2,5	2,2				
Trans-1,2-dichloroéthylène	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025				
1,1-dichloroéthylène	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10				
Chlorure de Vinyle	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02				
1,1,2-trichloroéthane	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				
1,1,1-trichloroéthane	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				
1,2-dichloroéthane	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				
1,1-dichloroéthane	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10				
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				
Trichlorométhane (chloroforme)	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				
Dichlorométhane	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05				
Somme des COHV (4)	mg/kg M.S.	LQ	2	2	2	10	100	12,11	70,47	142,03	984,89	35,163	7,8	2	39,14	9128				
PCB																				
PCB (28)	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
PCB (52)	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
PCB (101)	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
PCB (118)	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
PCB (138)	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
PCB (153)	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
PCB (180)	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Somme des PCB	mg/kg M.S.	LQ	1	1	1	50	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
ANALYSES SUR ELUAT																				
Paramètres généraux																				
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Conductivité corrigée à 25 °C	µS/cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Fraction soluble (5)	mg/kg M.S.	4000	4000	12000	60000	100000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Carbone organique total	mg/kg M.S.	500	500	800	1000	3000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Indice phénol	mg/kg M.S.	1	1	3	50	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Anions																				
Fluorures	mg/kg M.S.	-	10	10	30	150	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Chlorures (5)	mg/kg M.S.	-	800	800	2400	15000	25000	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Sulfates (5)	mg/kg M.S.	-	1000	> 12(FS)	3000	20000	50000	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Métaux et métalloïdes																				
Antimoine	mg/kg M.S.	-	0,06	0,06	0,18	0,7	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Arsenic	mg/kg M.S.	-	0,5	0,5	1,5	2	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Baryum	mg/kg M.S.	-	20	20	60	100	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Cadmium	mg/kg M.S.	-	0,04	0,04	0,12	0,4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Chrome	mg/kg M.S.	-	0,5	0,5	1,5	10	70													

LQ : Limite de quantification du laboratoire / n.d. : Non détecté

(1) Valeurs **en gras** : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols. Denis BAIZE, INRA. *En italique* : source = ATSDR

(2) Valeurs limites indicatives issues des textes européens, des arrêtés ministériel et des critères communément appliqués par les centres de stockage

(3) [Pour l'acceptation en ISDI], une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluat, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.

(4) Valeur limite des ISDI : valeur non réglementaire mais parfois appliquée par les gestionnaires d'ISDI

(5) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission [en ISDI] s'il respecte soit les valeurs associées au chlorure et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble.

Concentration supérieure au bruit de fond et inférieure aux valeurs limites des ISD

Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI et inférieure aux valeurs limites de remblai

Concentration supérieure aux valeurs limites de remblaiement de carrière et inférieure aux valeurs

Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI+ et inférieure aux valeurs limites des ISDN

Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDND et inférieure aux valeurs limites des ISDP

Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI de remblaiement de carrière, des ISDI+ de

LEV. MAIL: CCLDADMAIL@VLCID.FL

LO : Limite de quantification du laboratoire / n.d. : Non détecté

(1) Valeurs en **gras** : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, INRA. *En italique* : source = ATSDR

(2) Valeurs limites indiquées issues des textes européens, des arrêtés ministériel et des critères communément appliqués par les centres de stockage

(3) [Pour l'acception en ISDI, une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluat, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.

(4) Valeur limite des ISDI : valeur non réglementaire mais parfois appliquée par les gestionnaires du fractionnement

(5) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlore, le sulfate ou la réaction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission [en ISDI] s'il respecte soit les valeurs associées au chlore et au sulfate, soit les valeurs associées au chlore et à la réaction soluble.

LO : Limite de quantification du laboratoire / n.d. : Non détecté	
1	Valeurs en % chaux = source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, INRA, En italique : source = ATSDR
2	Valeurs limites indicatives issues des textes européens, des arrêtés ministériels et des critères communément appliqués par les centres de stockage
3	[Pour l'acceptation en ISDI], une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluat, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.
4	Valeur limite en ISDI : valeur non réglementaire mais parfois appliquée par les gestionnaires d'ISDI
5	Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlore, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission (en ISDI) s'il respecte soit les valeurs associées au chlore et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble.
Concentration supérieure au bruit de fond et inférieure aux valeurs limites des ISDI	
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI et inférieure aux valeurs limites de remblaiement de carrière	
Concentration supérieure aux valeurs limites de remblaiement de carrière et inférieure aux valeurs limites des ISDI*	
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI* et inférieure aux valeurs limites des ISDND	
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDND et inférieure aux valeurs limites des ISDD	
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI, de remblaiement de carrière, des ISDI*, des ISDND, des ISDD	

Campagne							Campagne de juin 2023																		
							Localisation		AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	AK404	
Echantillon							Pz10 (1-2) - 1,1	Pz10 (3-3,8) - 3,3	Pz10 (3,8-4) - 3,9	Pz10 (4-5) - 4,3	Pz11 (0,3-0,8) - 0,7	Pz11 (1,4-2) - 1,7	Pz11 (2-3) - 2,3	Pz11 (3-4) - 3,1	Pz11 (3-4) - 3,7	Pz11 (4-5) - 4,1	Pz11 (5-5,3) - 5,1	PzaPz11 (2,5-3)	S9 (0,3-0,8) - 0,75	S9 (0,8-1) - 0,9	S9 (1-2) - 1,7				
Profondeur (m)							1,1	3,3	3,9	4,3	0,7	1,7	2,3	3,1	3,7	4,1	5,1	2,5-3	0,75	0,9	1,7				
Valeur PID (ppmV)							110	63,2	10,9	23,6	33,8	0,1	174,2	> 5000	> 5000	> 5000	12,7	174,2	163	67	> 5 000				
Indice organoleptique							-	-	-	-	-	-	-	Tâches noires très ponctuelles	Tâches noires très ponctuelle.	-	-	-	-	-	-				
Lithologie							Limon brun	Limon argileux brun	Argile verte	Argile verte	Limon sableux brun/beige	Limon brun	Limon brun	Limon brun ocre	Limon brun ocre	Argile verte	Marnes et caillasses, sable	Limon brun	Marnes et caillasses / remblais (0,3-0,6) Argile verte (0,6-0,8)	Limon sableux brun	Limon sableux brun				
Bruit de fond (1)	Valeurs limite des ISDI	Valeurs limites de remblaiement de carrière (2)	Valeurs limites des ISDI + (ISDI aménagées) (2)	Valeurs limites des ISDN ⁴	Valeurs limites des ISDD ⁴																				
ANALYSES SUR SOL BRUT																									
Matière sèche	%	-	-	-	-	-	78,5	73,1	73,4	73,8	83,3	81,1	82,1	83,9	83,9	83,8	83,9	82,6	81,9	86,4	83,8				
COT Carbone Organique Total (3)	mg/kg M.S.	-	30 000	30 000	60 000	-	7 300	-	-	-	8 400	6 800	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
Métaux et métalloïdes																									
Antimoine (Sb)	mg/kg M.S.	1,5	Résultats de lixiviation conformes aux seuils définis pour les déchets inertes dans l'arrêté du 12/12/2014	Résultats de lixiviation conformes aux seuils définis pour les déchets inertes dans l'arrêté du 12/12/2014	Résultats de lixiviation conformes aux seuils définis pour les déchets inertes dans l'arrêté du 12/12/2014	Tests de lixiviation conformes à la Décision du Conseil du 19/12/02 pour les déchets non dangereux	Tests de lixiviation conformes à la Décision du Conseil du 19/12/02 pour les déchets dangereux	<0,5	-	-	-	<0,5	<0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
Arsenic (As)	mg/kg M.S.	25						9,5	-	-	-	12	7,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baryum (Ba)	mg/kg M.S.	3000						96	-	-	-	77	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cadmium (Cd)	mg/kg M.S.	0,51						0,1	-	-	-	0,2	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chrome (Cr)	mg/kg M.S.	65,2						25	-	-	-	21	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cuivre (Cu)	mg/kg M.S.	28						27	-	-	-	10	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mercur (Hg)	mg/kg M.S.	0,32						0,79	-	-	-	0,15	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Molybdène (Mo)	mg/kg M.S.	-						<1,0	-	-	-	1,3	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nickel (Ni)	mg/kg M.S.	31,2						13	-	-	-	12	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plomb (Pb)	mg/kg M.S.	53,7						100	-	-	-	48	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sélénium (Se)	mg/kg M.S.	0,31	<1,0	-	-	-	<1,0	<1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Zinc (Zn)	mg/kg M.S.	88	81	-	-	-	47	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Hydrocarbures volatils C5-C10																									
Fraction C5 - C6 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<0,40	<0,40	<0,40	-	-	<0,20	<0,60	<0,40	<0,20	<0,80	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20				
Fraction > C6 - C8 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<0,40	<0,40	<0,40	-	-	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40				
Fraction > C8 - C10 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<0,40	<0,40	<0,40	-	-	1,2	<0,40	<0,40	4,1	3,5	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40				
Somme des hydrocarbures C5-C10	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<1,0	<1,0	<1,0	-	-	1,2	<1,0	<1,0	4,1	3,5	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0				
Indice hydrocarbures C10-C40																									
Fraction > C10 - C12 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0				
Fraction > C12 - C16 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0				
Fraction > C16 - C20 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0				
Fraction > C20 - C24 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	48	<2,0	<2,0	<2,0	2,6	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0				
Fraction > C24 - C28 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	160	<2,0	4,3	<2,0	<2,0	5,7	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0				
Fraction > C28 - C32 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	100	<2,0	2,6	<2,0	<2,0	3,1	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0				
Fraction > C32 - C36 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	38,2	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0				
Fraction > C36 - C40 inclus	mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	7,7	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0				
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg M.S.	LQ	500	500	500	5 000	50 000	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	360	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0				
HAP																									
Naphtalène	mg/kg M.S.	0,125	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Acénaphthylène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	0,19	<0,050	<0,050	<0,050	0,073	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,25	<0,050	<0,050	0,22	<0,050				
Acénaphthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Fluorène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Phénanthrène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,3	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Anthracène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,062	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Fluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	0,068	<0,050	<0,050	<0,050	0,54	<0,050	0,084	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Pyrene	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,49	<0,050	0,088	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Benzo[a]anthracène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,24	<0,050	0,12	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Chrysène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,3	<0,050	0,16	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Benzo[b]fluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,23	<0,050	0,13	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Benzo[k]fluoranthène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,12	<0,050	0,061	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Benzo[a]pyrène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,29	<0,050	0,097	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Dibenz[a,h]anthracène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Benzo[g,h,i]perylene	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,19	<0,050	0,091	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Indeno[1,2,3-cd]pyrène	mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	0,22	<0,050	0,082	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050				
Somme des HAP	mg/kg M.S.	25	50	50	50	500	500	0,258	n.d.	n.d.	n.d.	2,982	0,073	0,913	n.d.	n.d.	n.d.</								

4. Investigations sur les sols (A200) (octobre – novembre 2023)

Campagne														Campagne de juin 2023													
		Localisation		AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402	AK402											
Echantillon		Pz8 (0,3-1) - 0,4	Pz8 (1-2) - 1,15	Pz8 (2-7,7) - 2,6	Pz8 (2,7-3) - 2,8	Pz8 (4-4,6) - 4,3	Pz8 (5-6) - 5,9	S1 (0,5-1) - 0,6	S1 (1-2) - 1,1	S1 (2-4,3) - 2,8	S1 (3-3,6) - 3,1	S1 (3-6,4) - 3,8	S1 (4-6,5) - 4,8														
Profondeur (m)		0,4	1,15	2,6	2,8	4,3	5,9	0,6	1,1	2,8	3,1	3,8	4,8														
Valeur PID (ppmV)		37,3	34,5	19,4	42,6	11,5	> 5 000	13	11	9,2	37	83	152														
Indice organoleptique		Graves noires (0,3-0,5)		-		-		Couleur bleutée		Traces noires, débris de brique		-															
Lithologie		0,3-0,5 : remblais sableux brun 0,5-1 : remblais limono-sableux brun		Limon brun		Limon brun		Limon mameux blanc		Argile verte		Argile gris-bleu															
Bruit de fond (1)		Valeurs limite des ISDI		Valeurs limites de remblaiement de carrière (2)		Valeurs limites des ISDI + (ISDI aménagées) (2)		Valeurs limites des ISDN*		Valeurs limites des ISDD*		0,3-0,5 : remblais sableux brun 0,5-1 : remblais limono-sableux brun															
Valeurs limite des ISDI		de remblaiement de carrière (2)		Valeurs limites des ISDI + (ISDI aménagées) (2)		Valeurs limites des ISDN*		Valeurs limites des ISDD*		0,3-0,5 : remblais sableux brun 0,5-1 : remblais limono-sableux brun		Limon brun															
Valeurs limites de remblaiement de carrière (2)		Valeurs limites des ISDI + (ISDI aménagées) (2)		Valeurs limites des ISDN*		Valeurs limites des ISDD*		0,3-0,5 : remblais sableux brun 0,5-1 : remblais limono-sableux brun		Limon brun		Limon brun															
Valeurs limites des ISDI + (ISDI aménagées) (2)		Valeurs limites des ISDN*		Valeurs limites des ISDD*		0,3-0,5 : remblais sableux brun 0,5-1 : remblais limono-sableux brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun															
Valeurs limites des ISDN*		Valeurs limites des ISDD*		0,3-0,5 : remblais sableux brun 0,5-1 : remblais limono-sableux brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun															
Valeurs limites des ISDD*		0,3-0,5 : remblais sableux brun 0,5-1 : remblais limono-sableux brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun															
0,3-0,5 : remblais sableux brun 0,5-1 : remblais limono-sableux brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun															
Limon brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun															
Limon brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun		Limon brun															
Limon mameux blanc		Argile verte		Argile gris-bleu		Limon sableux		Limon brun		Limon mameux brun à beige		Marne et caillasses															
Argile verte		Argile gris-bleu		Limon sableux		Limon brun		Limon mameux brun à beige		Marne et caillasses		Argile verte															
Argile gris-bleu		Limon sableux		Limon brun		Limon mameux brun à beige		Marne et caillasses		Argile verte		Marne et caillasses															
Limon sableux		Limon brun		Limon mameux brun à beige		Marne et caillasses		Argile verte		Marne et caillasses		Argile verte															
Limon brun		Limon mameux brun à beige		Marne et caillasses		Argile verte		Marne et caillasses		Argile verte		Marne et caillasses															
Limon mameux brun à beige		Marne et caillasses		Argile verte		Marne et caillasses		Argile verte		Marne et caillasses		Argile verte															
Marne et caillasses		Argile verte		Marne et caillasses		Argile verte		Marne et caillasses		Argile verte		Marne et caillasses															
Argile verte		Marne et caillasses		Argile verte		Marne et caillasses		Argile verte		Marne et caillasses		Argile verte															
Marne et caillasses		Argile verte		Marne et caillasses		Argile verte		Marne et caillasses		Argile verte		Marne et caillasses															
Analyse		%		%		%		%		%		%															
COT Carbone Organique Total (3)		mg/kg M.S.	-	30 000	30 000	60 000	-	-	-	-	-	-	-														
Métaux et métalloïdes		mg/kg M.S.	-	30 000	30 000	60 000	-	-	-	-	-	-	-														
Antimoine (Sb)		mg/kg M.S.	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Arsenic (As)		mg/kg M.S.	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Baryum (Ba)		mg/kg M.S.	3000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Cadmium (Cd)		mg/kg M.S.	0,51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Chrome (Cr)		mg/kg M.S.	65,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Cuivre (Cu)		mg/kg M.S.	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Mercure (Hg)		mg/kg M.S.	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Molybdène (Mo)		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Nickel (Ni)		mg/kg M.S.	31,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Plomb (Pb)		mg/kg M.S.	53,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Sélénium (Se)		mg/kg M.S.	0,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Zinc (Zn)		mg/kg M.S.	88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Hydrocarbures volatils C5-C10		mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Fraction C5 - C6 inclus		mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Fraction > C6 - C8 inclus		mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Fraction > C8 - C10 inclus		mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Fraction > C10 - C20 inclus		mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Somme des hydrocarbures C5-C10		mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Indices hydrocarbures C10-C40		mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Fraction > C10 - C12 inclus		mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Fraction > C12 - C16 inclus		mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Fraction > C16 - C20 inclus		mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Fraction > C20 - C24 inclus		mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Fraction > C24 - C28 inclus		mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Fraction > C28 - C32 inclus		mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Fraction > C32 - C36 inclus		mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Fraction > C36 - C40 exclus		mg/kg M.S.	LQ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Somme des hydrocarbures C10-C40		mg/kg M.S.	LQ	500	500	500	5 000	50 000	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0	<20,0														
HAP		mg/kg M.S.	0,125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Naphthalène		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Acénaphthylène		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Acénaphthène		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Fluoranthène		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Phénanthrène		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Anthracène		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Fluoranthène		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Pyrène		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Benzofluoranthène		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Chrysène		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Benzofluoranthène		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
1,1,2-trichloroéthane		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
1,1,1-trichloroéthane		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
1,2-dichloroéthane		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
1,1-dichloroéthane		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Tétrachloroéthylène (PCE)		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Trichloroéthylène (TCE)		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Cis-1,2-dichloroéthylène		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Trans-1,2-dichloroéthylène		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
1,1-dichloroéthylène		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Chlorure de Vinyle		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
1,1,2-trichloroéthane		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
1,1,1-trichloroéthane		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
1,2-dichloroéthane		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
1,1-dichloroéthane		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Trichlorométhane (chloroforme)		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Dichlorométhane		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Somme des COHV (4)		mg/kg M.S.	LQ	2	2	2	10	100	14,29	0,24	0,3	n.d.	18,35														
PCB		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
PCB (28)		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
PCB (52)		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
PCB (101)		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
PCB (118)		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
PCB (138)		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
PCB (153)		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
PCB (180)		mg/kg M.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Somme des PCB		mg/kg M.S.	LQ	1	1	1	50	50	n.d.	n.d.	-	-	-														
ANALYSES SUR ELUAT																											
Paramètres généraux																											
pH		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Conductivité corrigée à 25 °C		µS/cm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-														
Fraction soluble (5)		mg/kg M.S.	-	4000	4000	12000	60000	100000	-	-	-	-	-														
Carbone organique total		mg/kg M.S.	-	500	500	500	800	1000	-	-	-	-	-														
Indice phénol		mg/kg M.S.	-	1	1	3	50	100	-	-	-	-	-														
Aroliés		mg/kg M.S.	-	10	10	30	150	500	-	-	-	-	-														
Fluorures		mg/kg M.S.	-	0,5	0,5	1,5	10	50	-	-	-	-	-														
Chlorures (6)		mg/kg M.S.	-	800	800	2400	15000	25000	-	-	-	-	-														
Sulfates (6)		mg/kg M.S.	-	1000	> 1/2[S]	3000	20000	50000	-	-	-	-	-														
Métaux et métalloïdes																											
Antimoine		mg/kg M.S.	-	0,06	0,06	0,18	0,7	5	-	-	-	-	-														
Arsenic		mg/kg M.S.	-	0,5	0,5	1,5	2	25	-	-	-	-	-														
Baryum		mg/kg M.S.	-	20	20	60	100	300	-	-	-	-	-														
Cadmium		mg/kg M.S.	-	0,04	0,04	0,12	-	-	-	-	-	-	-														
Chrome		mg/kg M.S.	-	0,5	0,5	1,5	10	70	-	-	-	-	-														
Cuivre		mg/kg M.S.	-	2	2	6	50	100	-	-	-	-	-														
Mercure		mg/kg M.S.	-	0,01	0,01	0,03	0,2	2	-	-	-	-	-														
Molybdène		mg/kg M.S.	-	0,5	0,5	1,5	10	30	-	-	-	-	-														
Nickel		mg/kg M.S.	-	0,4	0,4	1,2	10	40	-	-	-	-	-														
Plomb		mg/kg M.S.	-	0,5	0,5	1,5	50	100	-	-	-	-	-														
Sélénium		mg/kg M.S.	-	0,1	0,1	0,3	0,5	7	-	-	-	-	-														
Zinc		mg/kg M.S.	-	4	4	12	50	200	-	-	-	-	-														

(*) Limite de quantification du laboratoire / n.d. : Non détecté

1) Valeurs en gras : source = Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols, Denis BAIZE, INRA, En *Italie* : source = ATSDR

2) Valeurs en italique : source = des tests émergents, des critères ministériels et des critères communément appliqués par les centres de stockage

3) [Pour l'acceptation en ISDI, une valeur limite plus élevée peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le carbone organique total sur éluat, soit au pH du sol, soit pour un pH situé entre 7,5 et 8,0.

4) Valeur limite des ISDI : valeur non réglementaire mais parfois appliquée par les gestionnaires d'SDI

5) Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlore, le sulfite ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission [en ISDI] s'il respecte soit les valeurs associées au chlore et au sulfite, soit celle associée à la fraction soluble

Concentration supérieure au bruit de fond et inférieure aux valeurs limites des ISDI
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI et inférieure aux valeurs limites de remblaiement de carrière
Concentration supérieure aux valeurs limites de remblaiement de carrière et inférieure aux valeurs limites des ISDI+
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDI+ et inférieure aux valeurs limites des ISDND
Concentration supérieure aux valeurs limites des ISDND et inférieure aux valeurs limites des ISDD
ISDD des ISDD

► Campagne d'octobre - novembre 2023

Sur sol brut	
Parcelle AK402	Parcelle AK404
Métaux et métalloïdes	
Ponctuellement anomalies modérées en cuivre, nickel, plomb, sélénium et zinc (teneurs mesurées de 1 à 2 fois supérieures aux valeurs de bruit de fond régional, 10 fois pour le sélénium), dans les remblais de surface (0-1 m).	Anomalies modérées en arsenic, cuivre, mercure, nickel, plomb, sélénium et zinc (teneurs mesurées jusqu'à 10 fois supérieures aux valeurs de bruit de fond régional), principalement dans les remblais de surface (0-1 m).
Composés organiques	
Présence d'hydrocarbures sur près de la moitié des échantillons analysés (fractions majoritaires C12-C25, correspondant à du fioul) avec des teneurs comprises entre la limite de quantification et 450 mg/kg. On note un impact ponctuel et modéré dans l'échantillon S15bis de 3 à 4 m (1300 mg/kg). = 3	Présence d'hydrocarbures sur environ 25% des échantillons analysés (fractions majoritaires hétérogènes, comprises entre C12 et C32) avec des teneurs allant de la limite de quantification à une centaine de mg/kg, tant en surface qu'en profondeur. On note deux teneurs plus élevées au droit de Pz10 de 2 à 3 m (520 mg/kg) et Pz7 de 0 à 1 m (620 mg/kg).
On note ponctuellement la présence d'hydrocarbures volatils C6-C10 sur le 1 ^{er} mètre du sondage S15bis.	On note la présence d'hydrocarbures volatils HCT C6-C10, en faibles teneurs (teneurs maximales = 15 mg/kg) ponctuellement au droit de 3 échantillons.
Présence d'un bruit de fond faible en HAP (quantification sur 9 des 20 échantillons à des teneurs inférieures à 10 mg/kg pour la somme des 16 HAP).	Présence de 2 impacts modérés en HAP au droit des échantillons Pz7 de 0 à 1 m (166 mg/kg, dont 1,1 mg/kg en naphtalène, teneur la plus importante au droit du site) et Pz10 de 1 à 2 m (70 mg/kg), en lien avec les teneurs mises en évidence en HCT C12-C40. En dehors de ces 2 points, présence d'un bruit de fond en HAP (quantification sur 35% des échantillons en teneurs mesurées de l'ordre de la limite de quantification du laboratoire ou ponctuellement plus élevées sans dépasser toutefois le bruit de fond des sols urbains (25 mg/kg)).
Les BTEX ne sont pas quantifiés.	Présence ponctuelle de BTEX à l'état de traces (teneurs maximales = 1,19 mg/kg)
Quantification des COHV sur l'ensemble des échantillons analysés, à des teneurs allant de quelques mg/kg à 145 mg/kg. Le PCE est le composé majoritaire (en moyenne, il représente 99% de la teneur mesurée pour la somme des COHV). Les teneurs les plus importantes sont mesurées au nord de la parcelle au droit du sondage S6 en surface (Σ COHV = 145 mg/kg de 0 à 1 m, 100 mg/kg de 2 à 3 m). Les concentrations tendent à diminuer avec la profondeur dans cette partie du site.	60 % des échantillons présentent une contamination par des COHV. Le PCE représente en moyenne 90% de cette contamination, hormis dans les échantillons Pz11 (4-5m) (Σ COHV = 7,5mg/kg) et S10 (4-5m) (Σ COHV = 133 mg/kg), où ce composé n'est pas majoritaire (30%), s'accompagnant de sous-produits de dégradation (TCE et CIS 1,2 DCE principalement, puis en chlorure de vinyle dans une moindre mesure). Le PCE est globalement peu dégradé. Au niveau des échantillons où il est minoritaire (Pz11 et S10), un micro-environnement propice à la biodégradation de ces composés prend place et permet un développement d'une microflore adaptée à une respiration halogénée. Les impacts les plus importants sont localisés dans la partie nord du site (sondages S7, S8, S10 Pz7 et Pz14), majoritairement à partir de 3,5 m de profondeur, et jusqu'en fond de sondage (max Σ COHV = 2 923 mg/kg). La partie sud-est du site n'est pas concernée par les impacts en COHV ; les sondages S14, S15, S17, Pz9, Pz13, Pz10 présentant des teneurs inférieures à la médiane (4 mg/kg) et souvent non quantifiées.
Présence ponctuelle PCB en concentrations non significatives.	Présence ponctuelle de PCB en concentrations non significatives.
Sur éluât	
Présence de fraction soluble associée à des sulfates en concentrations supérieures aux critères d'acceptation en ISDI sur 2 des 5 échantillons analysés.	Présence de fraction soluble associée à des sulfates en concentrations supérieures aux critères d'acceptation en ISDI sur 5 des 14 échantillons analysés. Présence de fluorures en concentration supérieure au critère d'acceptation en ISDI sur 1 échantillon.
Absence d'anomalie en métaux	Présence de molybdène lessivable en concentration supérieure au critère d'acceptation en ISDI sur 1 échantillon. Cette anomalie est associée à des indices organoleptiques de pollution (couleur noire, réponse PID élevée).

► Rappel des résultats des campagnes précédentes (2018, 2019 et juin 2023)

Sur sol brut	
Parcelle AK402	Parcelle AK404
Métaux et métalloïdes	
Anomalies ponctuelles et modérées en arsenic, cadmium, chrome, mercure, nickel, plomb et zinc (teneurs mesurées jusqu'à 5 fois supérieures aux valeurs de bruit de fond régional).	Anomalies ponctuelles et modérées en arsenic, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb (teneurs mesurées jusqu'à 7 fois supérieures aux valeurs de bruit de fond régional). Anomalies fortes en cadmium et zinc sur le sondage G7 (jusqu'à 22 fois la valeur de bruit de fond régional), en profondeur.
Composés organiques	
Présence d'hydrocarbures sur 50% des échantillons analysés (fractions majoritaires variables, principalement non volatiles), tant en surface qu'en profondeur. Les teneurs moyennes ne dépassent pas quelques dizaines de mg/kg, hormis au droit des sondages : <ul style="list-style-type: none"> Pz1 autour de 4 m de profondeur, avec une concentration de l'ordre de 1500 mg/kg pour la somme des HCT C10-C40 (répartition homogène des différentes fractions carbonées). Cet impact, est relativement limité puisque l'échantillon prélevé à 7,5 m n'est pas impacté par ces composés ; G2 (ancienne zone de nettoyage à sec), entre 2 et 2.75 m de profondeur, avec une concentration de 700 mg/kg pour la somme des HCT C10-C40 (fraction majoritaires C12 à C20). Cette anomalie ne semble pas s'étendre en profondeur puisque la teneur mesurée autour de 3 m est de l'ordre de 300 mg/kg. 	Présence d'hydrocarbures sur près de 35% des échantillons analysés (fractions majoritaires C24 à C32) avec des teneurs allant de la dizaine de mg/kg à quelques centaines de mg/kg. Les concentrations les plus importantes sont quantifiées dans les terrains de surface.
Présence d'un bruit de fond modéré en HAP (quantification sur 9 des 20 échantillons), avec des teneurs inférieures ou de l'ordre de grandeur des valeurs de référence, tant en surface qu'en profondeur.	Présence d'un bruit de fond en HAP (quantification sur 35% des échantillons), avec des teneurs inférieures ou de l'ordre de grandeur des valeurs de référence, tant en surface qu'en profondeur.
Quantification des COHV sur 75% des échantillons analysés, à des teneurs allant de quelques mg/kg à 17 700 mg/kg. Le PCE est le composé majoritaire (en moyenne, il représente 98% de la teneur mesurée pour la somme des COHV). Les teneurs les plus importantes sont mesurées sur des échantillons présentant des indices de pollutions (couleur noire, réponse PID importantes), d'une part au droit de sondages localisés de part et d'autre des anciennes machines à laver sises au nord et à l'est du terrain : <ul style="list-style-type: none"> Pz1, avec un pic de pollution entre 2 et 5 m de profondeur ; Pz3 avec un pic de pollution entre 4.5 et 5 m de profondeur à minima (pas d'analyse au-delà de 5m) ; D'autre part au droit de l'ancien atelier de nettoyage à sec : <ul style="list-style-type: none"> G11, avec un pic de pollution entre 4 et 7 m de profondeur. 	70 % des échantillons présentent une contamination par des COHV. Le PCE représente en moyenne 90% de cette contamination. Globalement, les teneurs les plus importantes sont localisées dans la partie nord-ouest de la parcelle, le long de la limite avec la parcelle AK402. Le sondage G9 présentent les contaminations les plus importantes, avec un pic de pollution de l'ordre de 1700 mg/kg autour de 4 m de profondeur. Sur ce sondage, des teneurs non négligeables de cis 1,2 DCE (produit de la dégradation du PCE) sont également mises en évidence, témoignant là-aussi d'une microflore capable de dégrader PCE et TCE en cis-DCE. Ce dernier composé est moins énergétique que ces molécules mères et moins de micro-organismes sont capables de poursuivre la chaîne de biodégradation jusqu'à la minéralisation totale. La contamination diminue en profondeur (~15 mg/kg vers 5-6 m).
Présence ponctuelle de BTEX en concentrations non significatives ; non quantification des PCB.	Présence ponctuelle de BTEX et PCB en concentrations non significatives.
Sur éluât	
Présence de fraction soluble associée à des sulfates en concentrations supérieures aux critères d'acceptation en ISDI sur 2 des 10 échantillons analysés.	Présence de fraction soluble associée à des sulfates en concentration supérieures aux critères d'acceptation en ISDI sur 1 des 9 échantillons analysés.
Absence d'anomalie en métaux	Absence d'anomalie en métaux

► Synthèse

Zones de pollutions concentrées identifiées

Un impact généralisé en COHV, principalement en PCE, est identifié au droit et aux abords de l'ancienne blanchisserie située sur la parcelle AK402. Le PCE étant le composé principal utilisé pour le nettoyage à sec des tissus, cette contamination est à relier à l'activité de pressing/blanchisserie exercée sur la parcelle AK402 durant près de 40 ans. Des produits de dégradation de ce composé (TCE, cis-1,2-DCE et CV) sont également quantifiés en moindre mesure (sommées TCE+cis-1,2-DCE+CV en teneurs 10 à 50 fois inférieures au PCE). C'est souvent pour cette famille de polluants. La déplétion de zone source par un mécanisme de biodégradation est réel mais prend du temps car le métabolisme est indirect et nécessite que plusieurs conditions soient réunies, dont en général une condition anaérobie stricte, un mécanisme métabolique primaire la respiration halogénée comme source d'accepteurs d'électrons, à la place d'accepteurs d'électrons plus communs (nitrates, fer ferreux, sulfates,...) ; ces mécanismes, complexes et de composantes variées ne sont pas fiables pour une résorption rapide de la pollution mais contribuent à modifier progressivement les ratios de chloroéthènes dans le milieu.

Les zones sources identifiées au cours des campagnes de mesures menées par GINGER BURGEAP entre 2018 et 2023 sont localisées :

- Sur la parcelle AK402 :
 - Au droit des anciennes machines à laver, probablement en raison d'une mauvaise étanchéité de ces machines, principalement au droit de **Pz1** (dans une moindre mesure S6, S16 et Pz3) depuis la surface (au droit de S6 et S16) et jusqu'à 5 m de profondeur a minima - Σ COHV = **17 670** mg/kg. Les teneurs maximales du site (17 g/kg), mesurées en Pz1 témoignent probablement de la présence d'une phase pure liquide (non relevée lors des prélèvements) ;
 - Au droit de l'ancien atelier de nettoyage à sec (ouvrage **G11**) entre 4 et 7 m de profondeur - Σ COHV entre **140** et **9 130** mg/kg ;
- Des zones sources sont retrouvées dans la partie nord et nord-est de la parcelle AK404, en mitoyenneté avec la parcelle AK402. Aucune installation productrice de PCE n'était installée historiquement dans cette zone, toutefois le PCE, plus dense que l'eau s'est écoulée depuis la parcelle AK402 et a pu migrer latéralement, en suivant la topographie inclinée vers le sud et l'est, sur les niveaux peu perméables (intercalation de niveau fins d'argiles à la base des marnes à huîtres à partir de 4 mètres de profondeur et argiles vertes à partir de 5,5 mètres de profondeur en moyenne). Un transport par la nappe d'eau souterraine rencontrée à faible profondeur (3 à 3,5 mètres en moyenne) est également possible. Une diminution des teneurs est observée avec l'éloignement de la zone source. Ces zones sont représentées par :
 - **S8** entre 3 et 5 m de profondeur- Σ COHV = **2 920** mg/kg ;
 - **G9** entre 3 et 4 m de profondeur : Σ COHV = **1 700** mg/kg ;
 - **Pz14** entre 4 et 6 m de profondeur - Σ COHV entre **350** et **435** mg/kg. L'impact ne semble pas se poursuivre en partie sud de cette parcelle puisque les teneurs mesurées sur les ouvrages réalisés (S14, S15, S17, Pz9, Pz13, Pz10) sont inférieures à la médiane (4 mg/kg) ou à la limite de quantification.

Gestion des déblais hors site

- Préciser si identification ou non de matériaux non inertes au regard de l'arrêté du 12/12/2014
- En cas d'évacuation hors site des matériaux excavés, sur la base des critères d'acceptation des filières de traitement et de leurs caractéristiques physico-chimiques, les filières d'élimination identifiées envisageables sont les suivantes :

☒ ISDI ☒ Comblement de carrière ☒ ISDND ☒ Biocentre ☒ ISDD ☒ Incinération

Les terres dépassant les seuils d'ISDD seront évacuées en biocentre ou en incinération. Certaines filières de biocentre sont susceptibles d'accepter des terres présentant des teneurs en COHV jusqu'à 100 000 mg/kg MS. Toutefois afin de sécuriser le projet, nous avons envisagé une possible évacuation d'une partie des terres fortement impactées en filière d'incinération.

La cartographie des principales anomalies est présentée en **figures 9 à 14**.

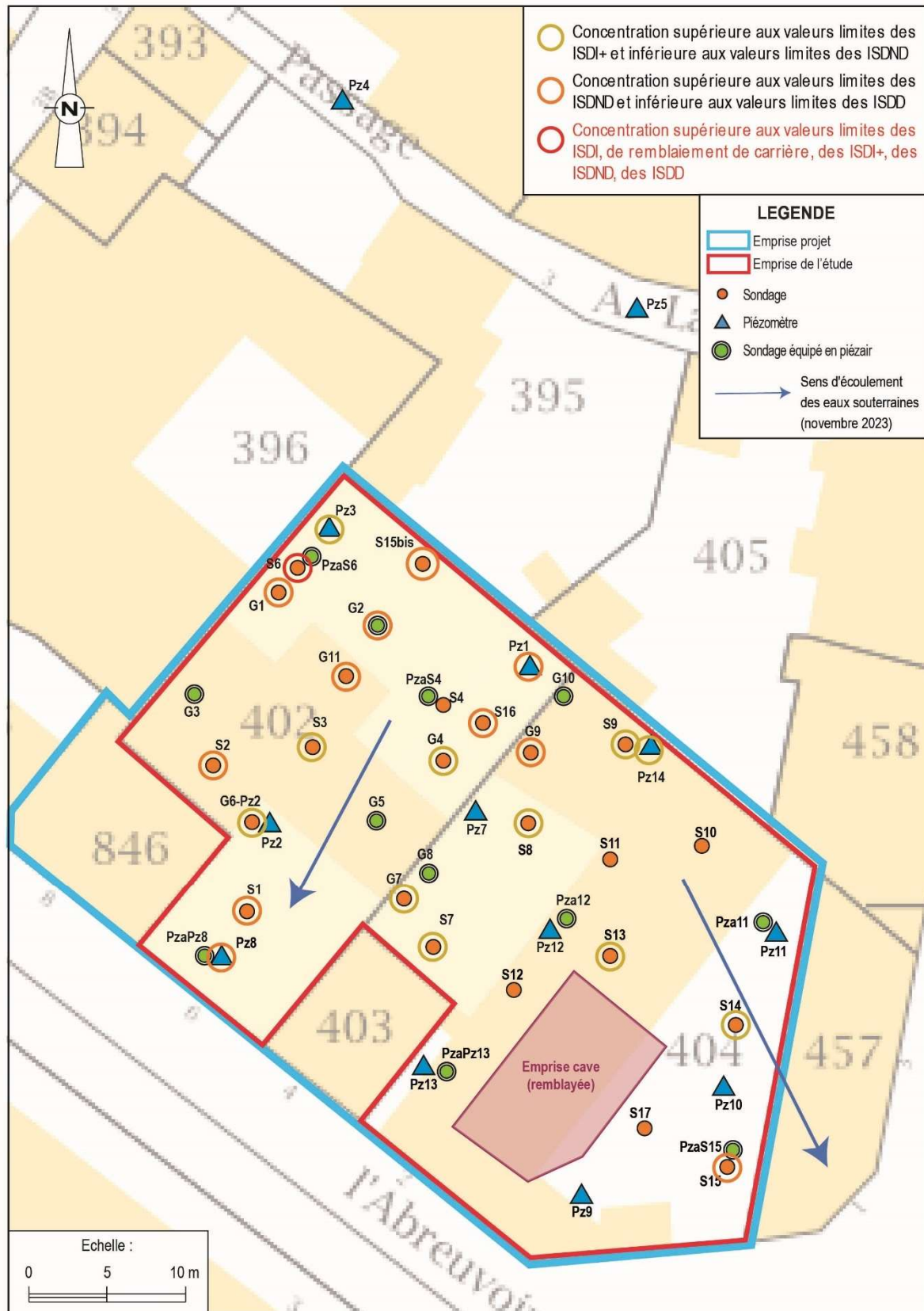


Figure 11 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 0 à 1 m

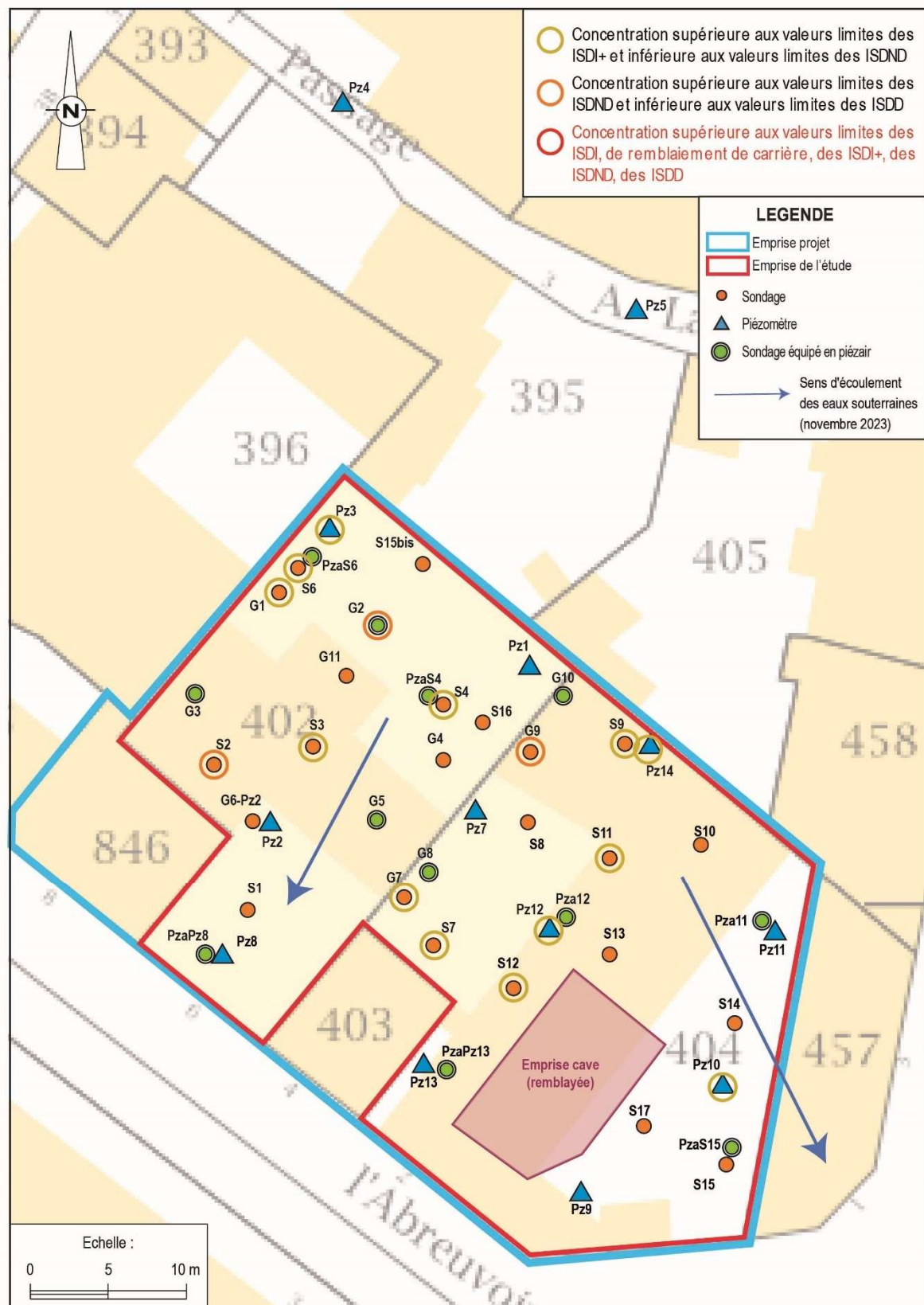


Figure 12 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 1 à 2 m

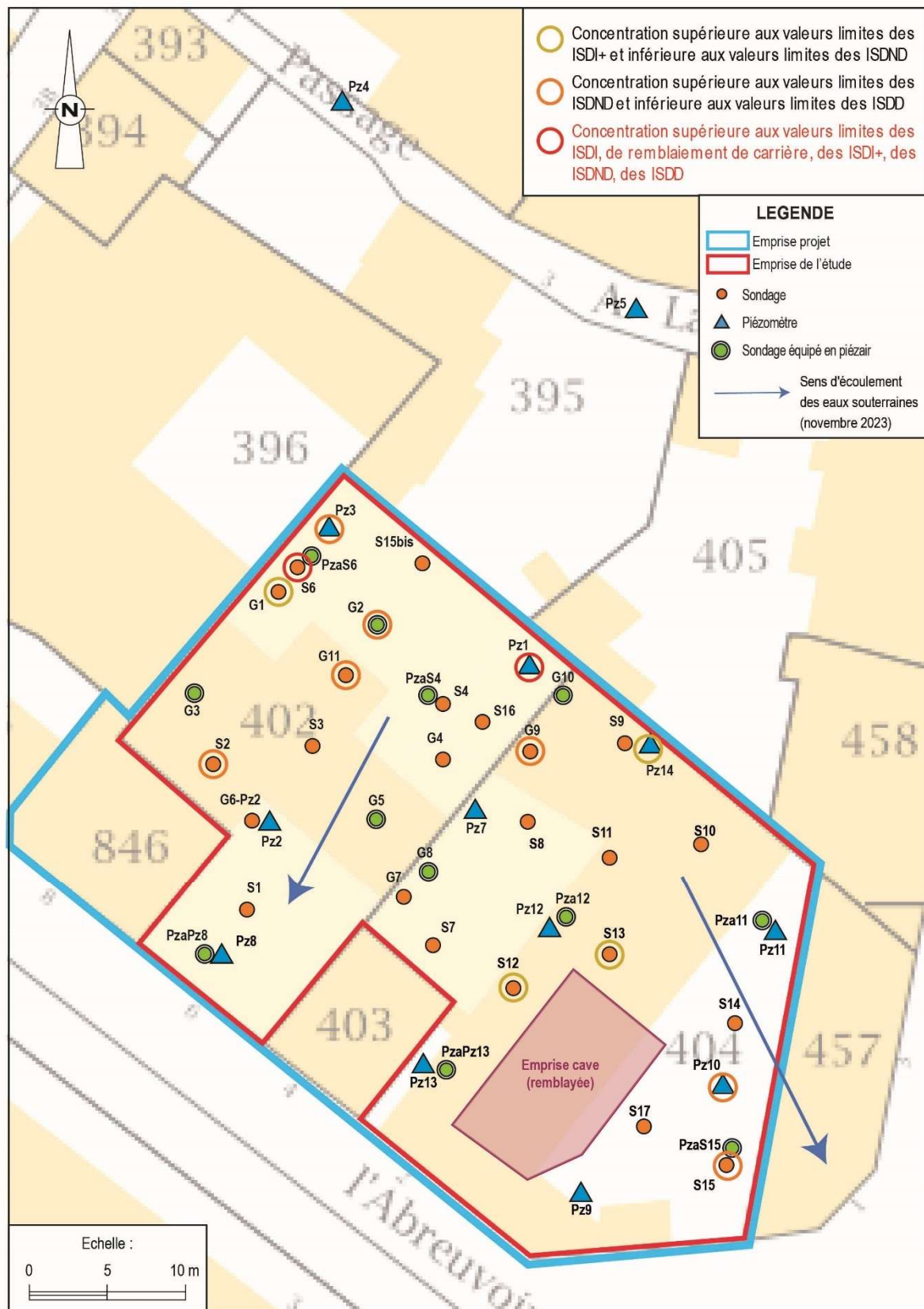


Figure 13 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 2 à 3 m



Figure 14 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 3 à 4 m



Figure 15 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 4 à 5 m

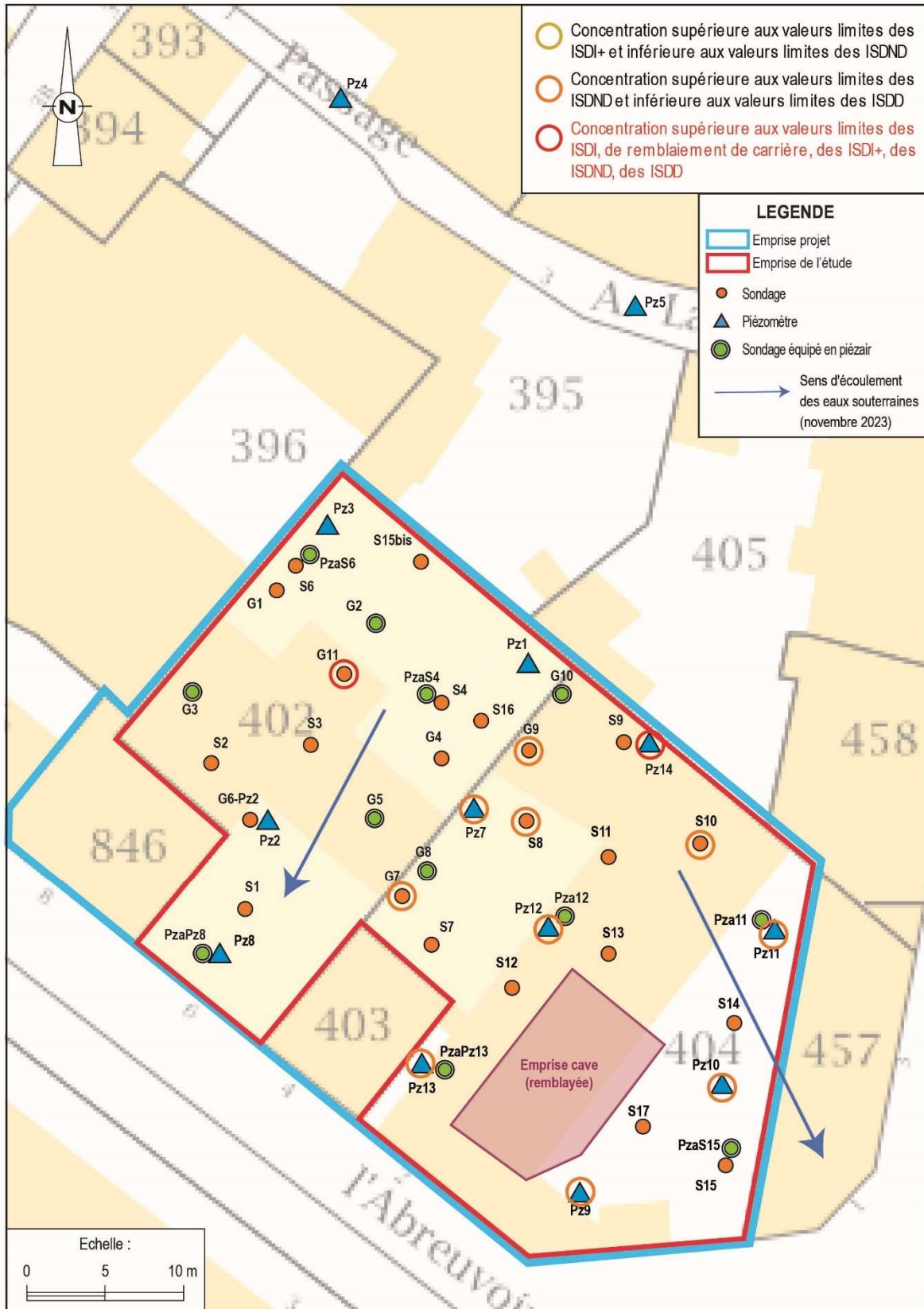


Figure 16 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 5 à 6 m

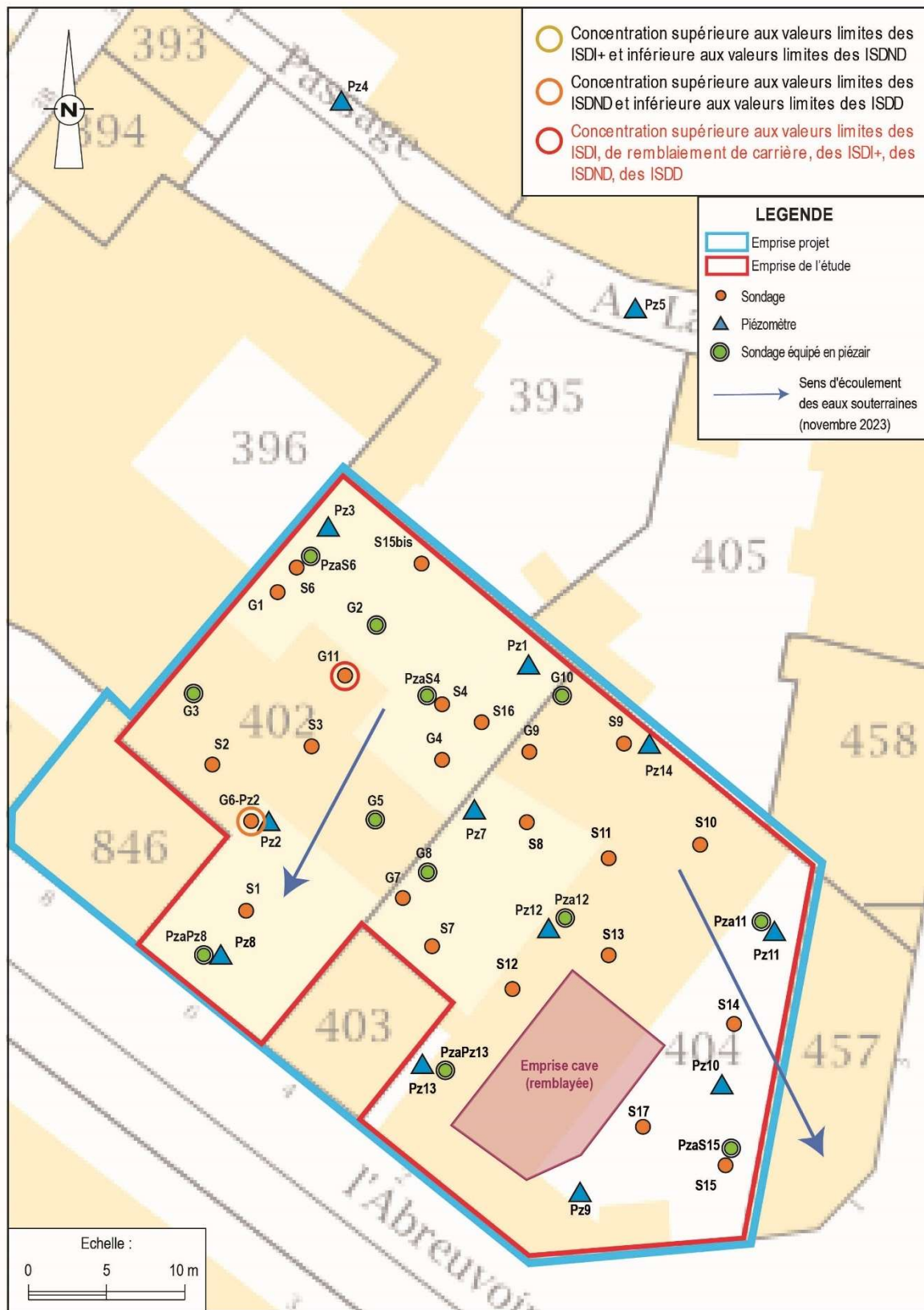


Figure 17 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 6 à 7 m

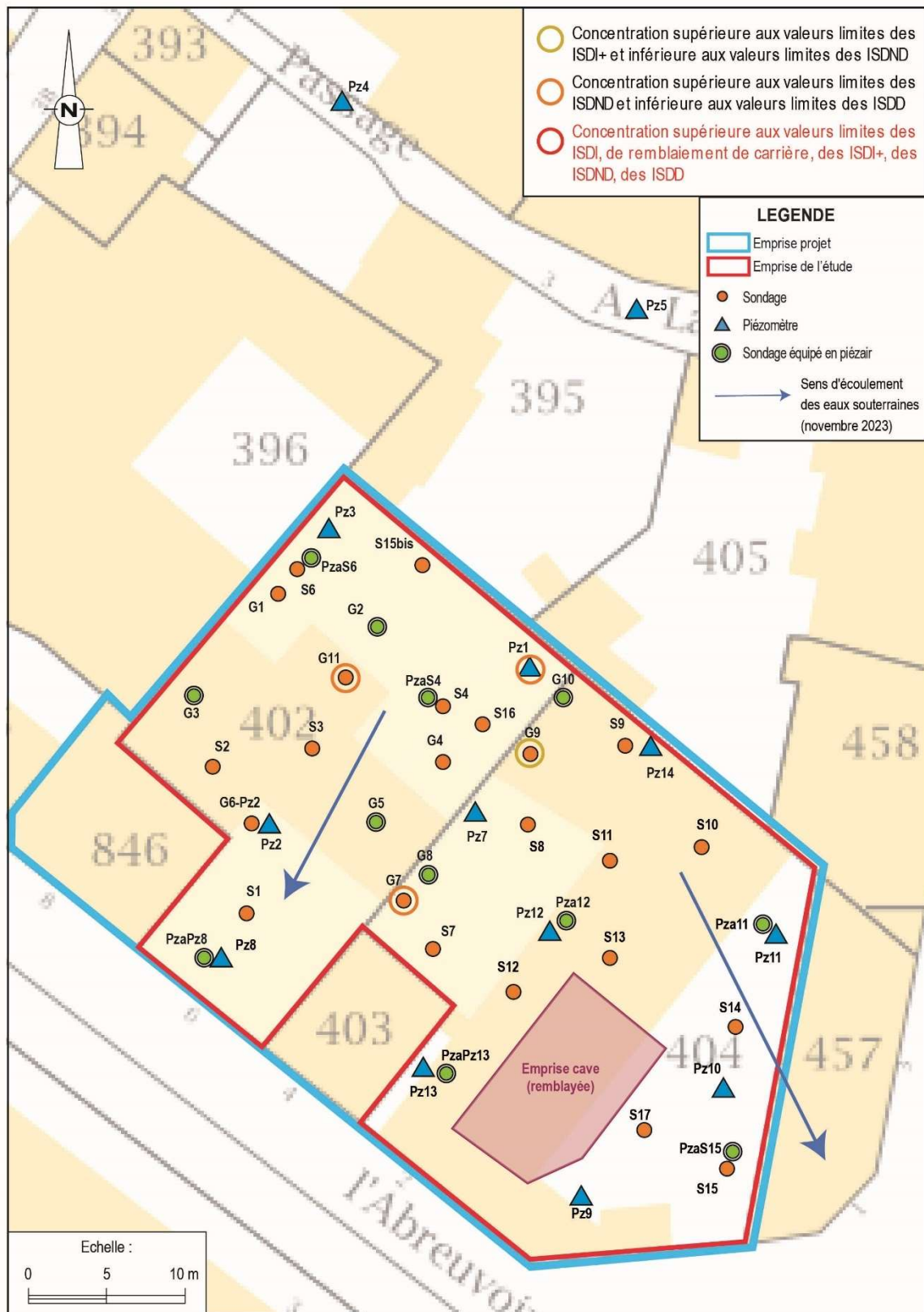


Figure 18 : Cartographie des anomalies en COHV dans les sols de 7 à 8 m

5. Investigations sur les eaux souterraines (A210)

5.1 Mise en place des piézomètres lors de la campagne d'octobre 2023

7 piézomètres à 6 mètres de profondeur ont été mis en place par la société GAUFOR du 31/10 au 02/11/2023. Ils sont localisés en **figure 5**.

Les coupes techniques des ouvrages réalisés sont disponibles en **Annexe 5**.

Les cuttings de forage ont été mis en big-bag et laissés sur site. Ils seront évacués par l'EPFIF.

Des indices de pollution, reportés dans le **Tableau 3**, ont été mis en évidence lors de la foration.

Les ouvrages Pz9, Pz10 et Pz11 mentionnés ci-après pour les prélèvements d'octobre-novembre 2023 sont les nouveaux ouvrages créés en octobre 2023 suite à la démolition, en remplacement de ceux posés en juin 2023.

Les sondages Pz10 et Pz11 de juin 2023 ont été rebouchés dans les règles de l'art par GAUFOR, la tête de l'ouvrage a été retirée et la tête de l'ouvrage a été cimenté. L'ouvrage Pz9 n'a pas été rebouché puisqu'il n'a pas été retrouvé suite à la démolition du bâtiment.

5.2 Piézométrie

Les ouvrages ont été nivelés par la société GEOMETRIC, géomètre expert, le 06/11/2023. Le niveau piézométrique a été mesuré au droit de l'ensemble des ouvrages les 07/11 et 08/11/2023.

Tableau 6 : Mesures piézométriques les 07/11 et 08/11/2023

Ouvrage	Cote du repère (m NGF)	Nature du repère	Niveau piézométrique/repère (m)	Epaisseur de phase coulante observée (m)	Cote de la nappe (m NGF)
Pz1	116,147	Capot ras le sol	2,77	sans objet	113,377
Pz2	115,939	Capot ras le sol	3,93		112,009
Pz4 (hors site)	117,467	Capot ras le sol	4,24		113,227
Pz7	115,53	Capot ras le sol	3,02		112,51
Pz8	115,735	Capot ras le sol	3,75		111,985
Pz9	114,994	Capot ras le sol	3,13		111,864
Pz10	115,102	Capot ras le sol	2,6		112,502
Pz11	115,528	Capot ras le sol	3,16		112,368
Pz12	115,638	Capot ras le sol	3,14		112,498
Pz13	115,573	Capot ras le sol	3,74		111,833
Pz14	115,67*	Capot ras le sol	2,76		112,91

Au regard de ces mesures, les eaux souterraines s'écouleraient du nord vers le sud, voire sud-est au droit du site lors de cette campagne de mesures. L'esquisse piézométrique est présentée en **Figure 5**.

Dans ce cadre, les piézomètres Pz1, Pz3, Pz14 seront considérés en partie amont du site, les piézomètres Pz2, Pz7 et Pz12 en partie centrale du site, les piézomètres Pz10 et Pz11 en partie latérale tandis que les piézomètres Pz8, Pz9 et Pz13 seront considérés en partie aval du site.

5.3 Campagne de prélèvement d'eau

L'échantillonnage des eaux souterraines a été réalisé par un intervenant de GINGER BURGEAP du 07/11 au 08/11/2023. Les prélèvements ont été réalisés de l'amont hydraulique vers l'aval.

Le prélèvement a été fait après stabilisation des paramètres physico-chimiques des eaux en sortie de pompe et/ou après renouvellement d'au moins 3 fois le volume d'eau contenu dans l'ouvrage. Les eaux de renouvellement des piézomètres ont été stockées en bidons puis dans le cubitainer situé sur la parcelle AK402. L'EPFIF se chargera de l'évacuation du cubitainer.

Les échantillons pour analyse des métaux ont été filtrés en laboratoire après échantillonnage sans stabilisant.

Les paramètres physico-chimiques, le niveau dynamique et les éventuels indices de pollution notés lors de la purge sont reportés sur les fiches de prélèvement présentées en **Annexe 6**. Les mesures des paramètres physico-chimiques en fin de purge sont rassemblées dans le **Tableau 7**.

Tableau 7 : Paramètres physico-chimiques des eaux souterraines

Paramètre		Indice visuel ou olfactif de dégradation de la qualité	Température	Conductivité électrique	pH	Oxygène dissous	Redox corrigé
Unité		-	°C	µS/cm	-	mg/L	mV
Pz1	amont	grisâtre	14,85	772	6,11	0,31	210
Pz2	latéral	RAS	14,79	1652	6,85	2,82	218
Pz4	amont , hors site	RAS	14,77	2051	6,64	3,01	212
Pz7	latéral	RAS	14,45	2582	6,34	3,6	214
Pz8	aval	RAS	16,5	1530	6,51	0,01	213
Pz9	aval	RAS	15,53	2000	6,5	1,75	214
Pz10	latéral	RAS	15,98	2768	6,68	1,73	213
Pz11	latéral	RAS	16,35	1859	6,47	1,31	209
Pz12	latéral	RAS	14,26	2461	6,48	2,98	210
Pz13	aval	RAS	15,43	2555	6,38	0,33	211
Pz14	amont	RAS	14,76	1975	6,19	0,65	210

Au droit du site, les eaux souterraines sont neutres et de conductivité électrique élevée, hormis les eaux prélevées en Pz1, dont la conductivité est moyenne. Cela peut traduire une production de chlorures dans le panache liée aux lents processus métaboliques de dégradation des chloroéthènes, processus qui seraient plus faiblement actifs en Pz1, où la source, probablement trop concentrée les inhibe.

Ces eaux sont d'ailleurs les seules à présenter une couleur suspecte et forte réponse PID (saturation de l'outil de mesure >5 000 ppmV), en cohérence avec les impacts relevés dans les sols au droit de cet ouvrage.

Sur les autres ouvrages, aucun indice visuel de pollution n'a été relevé dans les eaux souterraines.

5.4 Conservation des échantillons

Après conditionnement dans les flacons fournis par le laboratoire et étiquetage, les échantillons d'eau ont été stockés en glacière jusqu'à leur arrivée au laboratoire ou au réfrigérateur dans les locaux de GINGER BURGEAP. Le délai de transport n'a pas excédé 48 h.

5.5 Programme analytique sur les eaux

Les analyses chimiques ont été réalisées par le laboratoire AGROLAB reconnu par le COFRAC.

Les échantillons ont été filtrés au laboratoire avant analyse pour les métaux et métalloïdes.

Tableau 8 : Analyses réalisées sur les eaux souterraines – campagne d'octobre 2023

Polluants recherchés	Nombre d'échantillons analysés
HCT C6-C10	11
HCT C10-C40	11
BTEX	11
HAP	11
COHV	11
PCB	11
8 métaux et métalloïdes	11

5.6 Valeurs de référence pour les eaux

Pour le milieu « eaux souterraines », il n'existe pas de définition de bruit de fond.

L'interprétation des résultats des analyses des eaux souterraines se basent sur des comparaisons avec les valeurs issues dans l'ordre suivant :

- des concentrations en polluants retrouvées dans les eaux prélevées entre l'amont et l'aval du site afin d'évaluer l'influence du site sur la qualité des eaux souterraines ;
- des annexes I et II de l'arrêté du 17 décembre 2008 modifié par arrêté du 23 juin 2016 relatif aux critères d'évaluation et aux modalités de détermination de l'état des eaux souterraines pris en application de la directive européenne 2006/118/CE sur la protection des eaux souterraines contre la pollution et la détérioration ;
- de l'annexe II de l'arrêté du 11 janvier 2007 modifié par l'arrêté du 4 août 2017 et par l'arrêté du 30/12/2022 relative aux limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinées à la consommation humaine ;
- de l'annexe I de l'arrêté du 11 janvier 2007 modifié par l'arrêté du 4 août 2017 et par l'arrêté du 30/12/2022 qui spécifie les limites et références de qualité des eaux destinées à la consommation humaine ;
- des valeurs "guides" de l'OMS (Guidelines for drinking-water quality, fourth edition, 2011).

NB : La nappe phréatique au droit du site n'est pas utilisée pour la production d'eau potable, les valeurs relatives à l'eau potable ou potabilisable ne sont donc utilisées qu'à titre de hiérarchisation des impacts identifiés.

5.7 Résultats et interprétation des analyses sur les eaux souterraines

Les résultats d'analyse sont présentés dans les tableaux 9 à 11. Les bordereaux des analyses réalisées dans le cadre de ce diagnostic sont présentés en **Annexe 7**.

Tableau 9 : Résultats des analyses des échantillons d’eaux souterraines – amont hydrogéologique

		Valeurs de référence dans l'eau				Pz1 surface	Pz1 fond	Pz1	Pz3 surface	Pz3 fond	Pz14	Pz4 (hors site)	Pz4 (hors site)	Pz4 (hors site)	Pz5 (hors site)
		Eau potable Ann1 arrêté du 11/01/07 (1) (valeur limite, sauf italique : référence, souligné : vigilance)	Eau potable OMS, 2017 en italique : provisoire	Critères d'évaluation Arrêté 17/12/2008 (2)	Eaux brutes Ann2 arrêté du 11/01/07 (1)	27/07/2018	27/07/2018	07/11/2023	27/07/2018	27/07/2018	08/11/2023	13/12/2018	11/07/2023	08/11/2023	13/12/2018
Métaux et métalloïdes															
Arsenic (As)	µg/L	10	10	10	100	9,2	12	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Cadmium (Cd)	µg/L	5	3	5	5	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,16	<0,10	<0,10
Chrome (Cr) (3)	µg/L	50	50	-	50	4,1	2,7	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Cuivre (Cu)	µg/L	2000	2000	-	-	<2,0	<2,0	9,2	<2,0	2,8	<2,0	45	<2,0	<2,0	<2,0
Nickel (Ni)	µg/L	20	70	-	20	74	44	27	7,3	12	36	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Plomb (Pb) (3)	µg/L	10	10	10	50	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Zinc (Zn)	µg/L	-	-	-	5000	11	4,4	460	2,2	4,2	<2,0	25	<2,0	3,1	24
Hydrocarbures volatils C5-C10															
Fraction C5 - C6 inclus	µg/L	-	-	-	-	-	-	<2000	-	-	<2000	-	<2,0	<2,0	-
Fraction > C6 - C8 inclus	µg/L	-	-	-	-	-	-	<4,0	-	-	<4,0	-	<4,0	<4,0	-
Fraction > C8 - C10 inclus	µg/L	-	-	-	-	-	-	<4,0	-	-	<4,0	-	<4,0	<4,0	-
Somme des hydrocarbures C5-C10	µg/L	-	-	-	-	<1000	<1000	-	<1000	<1000	-	<10	-	-	<10
Somme des hydrocarbures C5-C10	µg/L	-	-	-	-	-	-	<10	-	-	<10	-	<10	<10	-
Indice hydrocarbure C10-C40															
Fraction C10-C12	µg/L	-	-	-	-	21	19	120	35	30	20	<10	<10	<10	<10
Fraction C12-C16	µg/L	-	-	-	-	<10	11	58	26	25	<10	<10	<10	<10	<10
Fraction C16-C20	µg/L	-	-	-	-	<5,0	5,8	20	5,6	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C20-C24	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	23	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C24-C28	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	32	5,3	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C28-C32	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	15	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C32-C36	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	5,5	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C36-C40	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Somme des hydrocarbures C10-C40 (4)	µg/L	-	-	-	1000	<50	50	274	86	71	<50	<50	<50	<50	<50
HAP															
Naphtalène	µg/L	-	-	-	-	1,4	2,7	4	1,3	1	1,3	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Acénaphthylène	µg/L	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Acénaphthène	µg/L	-	-	-	-	0,02	0,02	0,04	<0,20	0,15	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluorène	µg/L	-	-	-	-	0,011	<0,010	0,049	0,042	0,064	0,032	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Phénanthrène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,17	<0,010	0,013	0,059	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Anthracène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoranthène (6)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,14	<0,010	<0,010	0,011	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Pyréne	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,096	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(a)anthracène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,035	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Chrysène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,07	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(b)fluoranthène (5) (6)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,041	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(k)fluoranthène (5) (6)	µg/L	-	-	-	-	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pyrène (6)	µg/L	0,01	0,7	-	-	<0,010	<0,010	0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(g,h,i)peryène (5) (6)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,018	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Indeno(1,2,3-cd)pyrène (5) (6)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,015	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Somme des 4 HAP (5)	µg/L	0,1	-	-	-	n.d.	n.d.	0,084	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Somme des 6 HAP (6)	µg/L	-	-	-	1	n.d.	n.d.	0,237	n.d.	n.d.	0,011	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BTEX															
Benzène	µg/L	1	10	-	-	150	170	<200	<20	<20	<200	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Toluène	µg/L	-	700	-	-	130	180	<500	<50	<50	<500	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Ethylbenzène	µg/L	-	300	-	-	<50	<50	<500	<50	<50	<500	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
m,p-Xylène	µg/L	-	-	-	-	<20	29	<200	<20	<20	<200	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
o-Xylène	µg/L	-	-	-	-	<50	<50	<500	<50	<50	<500	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Somme xylènes	µg/L	-	500	-	-	n.d.	29	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Somme des BTEX	µg/L	-	-	-	-	280	379	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
COHV															
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/L	-	40	10	-	9 100	200 000	160 000	11 000	9 000	90 000	23	22	10	89
Trichloroéthylène (TCE)	µg/L	-	20	10	-	2 100	33 000	34 000	3 500	2 900	24 000	1	1	<0,5	3
Somme TCE + PCE	µg/L	10	-	-	-	11 200	233 000	194 000	14 500	11 900	114 000	24	23	10	92
Cis-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-	15 000	190 000	44 000	7 000	6 300	82 000	<0,50	<0,50	<0,50	7
Trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-	360	370	<500	57	<50	<500	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Somme cis + trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	50	-	-	15 360	190 370	44 000	7 057	6 300	82 000	n.d.	n.d.	n.d.	7
1,1-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-	280	290	120	<10	<10	140	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Chlorure de Vinyle	µg/L	0,5	0,3	-	-	91	140	<200	250	230	520	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1,2 trichloroéthane	µg/L	-	-	-	-	110	<50	<500	<50	<50	<500	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,1,1 trichloroéthane	µg/L	-	-	-	-	<50	<50	<500	<50	<50	<500	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,2 dichloroéthane	µg/L	3	30	-	-	89	86	<500	<50	<50	<500	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,1 dichloroéthane	µg/L	-	-	-	-	<50	<50	<500	<50	<50	<500	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	µg/L	-	4	-	-	<10	<10	<100	<10	<10	<100	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Trichlorométhane (chloroforme) (7)	µg/L	100	300	-	-	<50	<50	<500	<50	<50	<500	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Dichlorométhane	µg/L	-	20	-	-	380	380	<500	<50	<50	<500	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Somme des COHV	µg/L	-	-	-	-	27 510	424 266	238 120	21 807	18 430	196 660	24	23	10	99
PCB															
PCB (28)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	-	-
PCB (52)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	-	-
PCB (101)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	-	-
PCB (118)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	-	-
PCB (138)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	-	-
PCB (153)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	-	-
PCB (180)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	-	-
Somme des PCB	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
n.d. : Non détecté															
(1) Arrêté modifié par l'arrêté du 04/08/2017 et par l'arrêté du 30/12/2022															
(2) Arrêté modifié par l'arrêté du 23/06/2016															
(3) Annexe 1 arrêté du 31/12/22 : Les limites de qualité sont fixées à 50 µg/l pour le chrome et 10 µg/l pour le plomb jusqu'au 31 décembre 2035. Passé cette date, les limites de qualités seront de 25 µg/l pour le chrome et 5 µg/l pour le plomb.															
(4) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : valeur limite pour l'ensemble des hydrocarbures, fraction C10-C40															
(5) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : somme des benzo(b) fluoranthène, benzo(k) fluoranthène, benzo(g,h,i)peryène, indeno(1,2,3,c-d)pyrène															
(6) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : somme des benzo(b) fluoranthène, benzo(k) fluoranthène, benzo(g,h,i)peryène, indeno(1,2,3,c-d)pyrène, fluoranthène, benzo(a)pyrène															
(7) Annexe 1 arrêté du 11/01/07 : somme des chloroforme, bromoforme, dibromochlorométhane, bromodichlorométhane															
Concentration supérieure à un des seuils eau potable															
Concentration supérieure aux seuils de l'arrêté du 17/12/08															
Concentration supérieure au seuil eaux brutes															

Tableau 10 : Résultats des analyses des échantillons d'eaux souterraines – partie centrale et latéral hydrogéologique

		Valeurs de référence dans l'eau				Pz2 surface	Pz2 fond	Pz2	Pz7	Pz10	Pz10	Pz11	Pz11	Pz12
		Eau potable Ann1 arrêté du 11/01/07 (1) (valeur limite, sauf italique : référence, souligné : vigilance)	Eau potable OMS, 2017 en italique : provisoire	Critères d'évaluation Arrêté 17/12/2008 (2)	Eaux brutes Ann2 arrêté du 11/01/07 (1)	27/07/2018	27/07/2018	07/11/2023	08/11/2023	11/07/2023	07/11/2023	11/07/2023	08/11/2023	08/11/2023
Métaux et métalloïdes														
Arsenic (As)	µg/L	10	10	10	100	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Cadmium (Cd)	µg/L	5	3	5	5	<0,10	<0,10	<0,10	0,27	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Chrome (Cr) (3)	µg/L	50	50	-	50	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Cuivre (Cu)	µg/L	2000	2000	-	-	<2,0	11	<2,0	2,6	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Nickel (Ni)	µg/L	20	70	-	20	<5,0	13	<5,0	7,6	<5,0	<5,0	6,8	7,7	<5,0
Plomb (Pb) (3)	µg/L	10	10	10	50	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Zinc (Zn)	µg/L	-	-	-	5000	6,2	11	<2,0	7,3	<2,0	2,4	<2,0	<2,0	<2,0
Hydrocarbures volatils C5-C10														
Fraction C5 - C8 inclus	µg/L	-	-	-	-	-	-	<20	<20	<2,0	<20	<200	<2000	<200
Fraction > C6 - C8 inclus	µg/L	-	-	-	-	-	-	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0
Fraction > C8 - C10 inclus	µg/L	-	-	-	-	-	-	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0
Somme des hydrocarbures C6-C10	µg/L	-	-	-	-	<10	<100	-	-	-	-	-	-	-
Somme des hydrocarbures C5-C10	µg/L	-	-	-	-	-	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Indice hydrocarbure C10-C40														
Fraction C10-C12	µg/L	-	-	-	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Fraction C12-C16	µg/L	-	-	-	-	<10	<10	<10	13	<10	<10	<10	<10	13
Fraction C16-C20	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	18	<5,0	34	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C20-C24	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	14	<5,0	110	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C24-C28	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	11	<5,0	500	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C28-C32	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	8,1	<5,0	380	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C32-C36	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	150	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C36-C40	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	45	<5,0	<5,0	<5,0
Somme des hydrocarbures C10-C40 (4)	µg/L	-	-	-	1000	<50	<50	<50	74	<50	1230	<50	<50	<50
HAP														
Naphtalène	µg/L	-	-	-	-	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,3	<0,02
Acénaphthylène	µg/L	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Acénaphthène	µg/L	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
Fluorène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	0,013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,055
Phénanthrène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	0,016	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,024
Anthracène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoranthène (6)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,015	<0,010	<0,010	<0,010
Pyréne	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	0,01	<0,010	0,012	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(a)anthracène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Chrysène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(b)fluoranthène (5) (6)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(k)fluoranthène (5) (6)	µg/L	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pyrène (6)	µg/L	0,01	0,7	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(g,h,i)peryène (5) (6)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (5) (6)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Somme des 4 HAP (5)	µg/L	0,1	-	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Somme des 6 HAP (6)	µg/L	-	-	-	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,015	n.d.	n.d.	n.d.
BTEX														
Benzène	µg/L	1	10	-	-	<0,2	<2,0	<2,0	<2,0	<0,2	<2,0	28	<200	<20
Toluène	µg/L	-	700	-	-	<0,5	<5,0	<5,0	<5,0	<0,5	<5,0	<50	<500	<50
Ethylbenzène	µg/L	-	300	-	-	<0,5	<5,0	<5,0	<5,0	<0,5	<5,0	<500	<500	<50
m,p-Xylène	µg/L	-	-	-	-	<0,2	<2,0	<2,0	<2,0	0,2	<2,0	<20	<200	<20
o-Xylène	µg/L	-	-	-	-	<0,50	<5,0	<5,0	<5,0	<0,50	<5,0	<50	<500	<50
Somme xylènes	µg/L	-	500	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Somme des BTEX	µg/L	-	-	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,2	n.d.	28	n.d.	n.d.
COHV														
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/L	-	40	10	-	2 700	1 500	810	200	120	810	55 000	31 000	1400
Trichloroéthylène (TCE)	µg/L	-	20	10	-	370	510	90	67	6	160	12 000	7 900	57
Somme TCE + PCE	µg/L	10	-	-	-	3 070	2 010	900	267	126	970	67 000	38 900	1457
Cis-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-	530	1 500	150	370	10	56	54 000	35 000	140
Trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-	7	12	<5,0	<5,0	<0,50	<5,0	180	<500	<50
Somme cis + trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	50	-	-	537	1 512	150	370	10	56	54 180	35 000	140
1,1-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-	1	2	<1,0	<1,0	<0,1	<1,0	70	<100	<10
Chlorure de Vinyle	µg/L	0,5	0,3	-	-	1	13	<2,0	21	<0,2	<2,0	380	230	<20
1,1,2 trichloroéthane	µg/L	-	-	-	-	<0,5	<5,0	<5,0	<5,0	<0,5	<5,0	<50	<500	<50
1,1,1 trichloroéthane	µg/L	-	-	-	-	<0,5	<5,0	<5,0	<5,0	<0,5	<5,0	<50	<500	<50
1,2 dichloroéthane	µg/L	3	30	-	-	<0,5	<5,0	<5,0	<5,0	<0,5	<5,0	<50	<500	<50
1,1 dichloroéthane	µg/L	-	-	-	-	<0,5	<5,0	<5,0	<5,0	<0,5	<5,0	<50	<500	<50
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	µg/L	-	4	-	-	<0,1	<1,0	<1,0	<1,0	<0,1	<1,0	<10	<100	<10
Trichlorométhane (chloroforme) (7)	µg/L	100	300	-	-	<0,5	<5,0	<5,0	<5,0	<0,5	<5,0	<50	<500	<50
Dichlorométhane	µg/L	-	20	-	-	<0,5	<5,0	<5,0	<5,0	<0,5	<5,0	<50	<500	<50
Somme des COHV	µg/L	-	-	-	-	3 609	3 537	1 050	658	136	1 026	121 630	74 130	1597
PCB														
PCB (28)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	-	<0,010	-	-
PCB (52)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	-	<0,010	-	-
PCB (101)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	-	<0,010	-	-
PCB (118)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	-	<0,010	-	-
PCB (138)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	-	<0,010	-	-
PCB (153)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	-	<0,010	-	-
PCB (180)	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	<0,010	-	<0,010	-	-
Somme des PCB	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

n.d. : Non détecté

(1) Arrêté modifié par l'arrêté du 04/08/2017 et par l'arrêté du 30/12/2022

(2) Arrêté modifié par l'arrêté du 23/06/2016

(3) Annexe 1 arrêté du 31/12/22 : Les limites de qualité sont fixées à 50 µg/l pour le chrome et 10 µg/l pour le plomb jusqu'au 31 décembre 2035. Passé cette date, les limites de qualités seront de 25 µg/l pour le chrome et 5 µg/l pour le plomb.

(4) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : valeur limite pour l'ensemble des hydrocarbures, fraction C10-C40

(5) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : somme des benzo(b) fluoranthène, benzo(k) fluoranthène, benzo(g,h,i)peryène, indéno(1,2,3,c-d)pyrène

(6) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : somme des benzo(b) fluoranthène, benzo(k) fluoranthène, benzo(g,h,i)peryène, indéno(1,2,3,c-d)pyrène, fluoranthène, benzo(a)pyrène

(7) Annexe 1 arrêté du 11/01/07 : somme des chloroforme, bromoforme, dibromochlorométhane, bromodichlorométhane

Concentration supérieure à un des seuils eau potable

Concentration supérieure aux seuils de l'arrêté du 17/12/08

Concentration supérieure au seuil eaux brutes

Tableau 11 : Résultats des analyses des échantillons d’eaux souterraines – aval hydrogéologique

		Valeurs de référence dans l'eau				Pz8	Pz8	Pz9	Pz13
		Eau potable Ann1 arrêté du 11/01/07 (1) (valeur limite, sauf italique : référence, souligné : vigilance)	Eau potable OMS, 2017 en italique : provisoire	Critères d'évaluation Arrêté 17/12/2008 (2)	Eaux brutes Ann2 arrêté du 11/01/07 (1)	11/07/2023	07/11/2023	07/11/2023	08/11/2023
Métaux et métalloïdes									
Arsenic (As)	µg/L	10	10	10	100	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Cadmium (Cd)	µg/L	5	3	5	5	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Chrome (Cr) (3)	µg/L	50	50	-	50	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Cuivre (Cu)	µg/L	2000	2000	-	-	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Nickel (Ni)	µg/L	20	70	-	20	<5,0	<5,0	8,7	<5,0
Plomb (Pb) (3)	µg/L	10	10	10	50	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Zinc (Zn)	µg/L	-	-	-	5000	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0
Hydrocarbures volatils C5-C10									
Fraction C5 - C6 inclus	µg/L	-	-	-	-	<200	<2000	<200	<200
Fraction > C6 - C8 inclus	µg/L	-	-	-	-	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0
Fraction > C8 - C10 inclus	µg/L	-	-	-	-	<4,0	<4,0	<4,0	<4,0
Somme des hydrocarbures C6-C10	µg/L	-	-	-	-	-	-	-	-
Somme des hydrocarbures C5-C10	µg/L	-	-	-	-	<10	<10	<10	<10
Indice hydrocarbone C10-C40									
Fraction C10-C12	µg/L	-	-	-	-	<10	<10	<10	<10
Fraction C12-C16	µg/L	-	-	-	-	<10	<10	10	<10
Fraction C16-C20	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	5	<5,0
Fraction C20-C24	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C24-C28	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C28-C32	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C32-C36	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Fraction C36-C40	µg/L	-	-	-	-	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Somme des hydrocarbures C10-C40 (4)	µg/L	-	-	-	1000	<50	<50	<50	<50
HAP									
Naphtalène	µg/L	-	-	-	-	0,4	0,2	0,03	<0,02
Acénaphylène	µg/L	-	-	-	-	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
Acénaphène	µg/L	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Fluorène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Phénanthrène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	0,064	0,11
Anthracène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoranthène (6)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Pyrène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(a)anthracène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Chrysène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(b)fluoranthène (5) (6)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(k)fluoranthène (5) (6)	µg/L	-	-	-	-	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pyrène (6)	µg/L	0,01	0,7	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(g,h,i)peryène (5) (6)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Indéno(1,2,3-cd)pyrène (5) (6)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Somme des 4 HAP (5)	µg/L	0,1	-	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Somme des 6 HAP (6)	µg/L	-	-	-	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
BTEX									
Benzène	µg/L	1	10	-	-	<20	<200	<20	<20
Toluène	µg/L	-	700	-	-	<50	<500	<50	<50
Ethylbenzène	µg/L	-	300	-	-	<50	<500	<50	<50
m,p-Xylène	µg/L	-	-	-	-	<20	<200	<20	<20
o-Xylène	µg/L	-	-	-	-	<50	<500	<50	<50
Somme xylènes	µg/L	-	500	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Somme des BTEX	µg/L	-	-	-	-	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
COHV									
Tétrachloroéthylène (PCE)	µg/L	-	40	10	-	29 000	22 000	15 000	18000
Trichloroéthylène (TCE)	µg/L	-	20	10	-	1 500	960	1 200	1100
Somme TCE + PCE	µg/L	10	-	-	-	30 500	22 960	16 200	19100
Cis-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-	4 000	2 400	2 000	2000
Trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-	<50	<500	<50	<50
Somme cis + trans-1,2-dichloroéthylène	µg/L	-	50	-	-	4 000	2 400	2 000	2000
1,1-dichloroéthylène	µg/L	-	-	-	-	<10	<100	<10	<10
Chlorure de Vinyle	µg/L	0,5	0,3	-	-	<20	<200	<20	<20
1,1,2 trichloroéthane	µg/L	-	-	-	-	<50	<500	<50	<50
1,1,1 trichloroéthane	µg/L	-	-	-	-	<50	<500	<50	<50
1,2 dichloroéthane	µg/L	3	30	-	-	<50	<500	<50	<50
1,1 dichloroéthane	µg/L	-	-	-	-	<50	<500	<50	<50
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	µg/L	-	4	-	-	<10	<100	<10	<10
Trichlorométhane (chloroforme) (7)	µg/L	100	300	-	-	<50	<500	<50	<50
Dichlorométhane	µg/L	-	20	-	-	<50	<500	<50	<50
Somme des COHV	µg/L	-	-	-	-	34 500	25 360	18 200	21100
PCB									
PCB (28)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	-	-	-
PCB (52)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	-	-	-
PCB (101)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	-	-	-
PCB (118)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	-	-	-
PCB (138)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	-	-	-
PCB (153)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	-	-	-
PCB (180)	µg/L	-	-	-	-	<0,010	-	-	-
Somme des PCB	µg/L	-	-	-	-	n.a.	-	-	-

n.d. : Non détecté
(1) Arrêté modifié par l'arrêté du 04/08/2017 et par l'arrêté du 30/12/2022
(2) Arrêté modifié par l'arrêté du 23/06/2016
(3) Annexe 1 arrêté du 31/12/22 : Les limites de qualité sont fixées à 50 µg/l pour le chrome et 10 µg/l pour le plomb jusqu'au 31 décembre 2035. Passé cette date, les limites de qualités seront de 25 µg/l pour le chrome et 5 µg/l pour le plomb
(4) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : valeur limite pour l'ensemble des hydrocarbures, fraction C10-C40
(5) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : somme des benzo(b) fluoranthène, benzo(k) fluoranthène, benzo(g,h,i)peryène, indéno(1,2,3,c-d)pyrène
(6) Annexe 2 arrêté du 11/01/07 : somme des benzo(b) fluoranthène, benzo(k) fluoranthène, benzo(g,h,i)peryène, indéno(1,2,3,c-d)pyrène, fluoranthène, benzo(a)pyrène
(7) Annexe 1 arrêté du 11/01/07 : somme des chloroforme, bromoforme, dibromochlorométhane, bromodichlorométhane

Concentration supérieure à un des seuils eau potable
Concentration supérieure aux seuils de l'arrêté du 17/12/08
Concentration supérieure au seuil eaux brutes

► Amont hydrogéologique du site

Au niveau du passage Lanoë (ouvrages Pz4, Pz5), les eaux présentent des traces de métaux (cuivre, zinc) avec des teneurs de plusieurs µg/l.

Les Hydrocarbures C5-C40, les BTEX, les HAP et les PCB ne sont pas quantifiés sur ces ouvrages.

Des COHV (principalement PCE et en moindre mesure du TCE et du cis 1,2 DCE) sont quantifiés sur les deux ouvrages. Les teneurs sont du même ordre de grandeur (quelques dizaines de µg/l) pour toutes les campagnes de mesure.

► Sur site

Dans la partie amont du site (ouvrages Pz1, Pz3, Pz14), les eaux présentent une très forte contamination par les COHV. Les composés majoritaires (95% à 100 % de la contamination) sont le PCE ainsi que ses produits de dégradation le TCE et le cis-1,2-DCE, ce qui signifie qu'une partie du PCE est déjà en cours de dégradation naturelle. Les teneurs varient entre 18 000 et 424 000 µg/l pour la somme des COHV, suivant l'ouvrage et la campagne de mesure.

Sur l'ouvrage Pz1, ouvrage le plus contaminé, les teneurs mesurées en fond d'ouvrage sont du même ordre de grandeur d'une campagne à l'autre (juillet 2018 et novembre 2023). Il est à noter que les concentrations en PCE relevées sur cet ouvrage sont supérieures à sa solubilité (150 000 µg/l), une phase de produit pur est donc potentiellement présente dans cette zone, en cohérence avec les forts impacts mesurés dans les sols. Cette phase n'a pas été observée lors des prélèvements.

Ces eaux présentent par ailleurs une légère contamination par :

- des métaux (arsenic et nickel), à des teneurs du même ordre de grandeur que les valeurs de référence prise en compte pour cette étude ;
- ainsi que par des hydrocarbures (HAP, BTEX, HCTC10-C40), avec des teneurs pouvant dépasser d'un ordre de grandeur les valeurs de référence prise en compte. *Notons que les BTEX ne sont quantifiés sur aucun de ces ouvrages en novembre 2023.*

Dans la partie centrale/latérale du site (ouvrages PZ2, PZ7, PZ10, Pz11, Pz12), la contamination par les COHV semble s'étendre principalement vers l'ouvrage Pz11, qui présente les concentrations les plus importantes du secteur, avec 74 000 à 121 000 µg/L de COHV en 2023. Les autres ouvrages présentent des teneurs moindres, de l'ordre de la centaine au millier de µg/L pour la somme des COHV.

Dans cette zone, la répartition des composés est similaire à l'amont hydrogéologique (95 à 100 % de la contamination par le TCE, le PCE et le cis 1,2 DCE).

Dans ce secteur, les eaux sont également impactées par des hydrocarbures (HCT en Pz10 et BTEX en Pz11) lors des campagnes de 2023.

Dans la partie aval du site, en bordure du site avec la rue de l'Abreuvoir (ouvrages Pz8, PZ9 et Pz13), l'impact en COHV se prolonge (Σ COHV comprises entre 18 000 et 35 000 µg/L) bien que les teneurs mesurées soient inférieures aux teneurs mises en évidence en amont, d'un ordre de grandeur en moyenne. Ce secteur du site ne se trouve plus en zone de pollution concentrée (zone source) mais est traversée par le panache de composés dissous.

Ici, les PCE, TCE et cis 1,2 représentent 100% de la contamination par les COHV.

Des traces en métaux, hydrocarbures sont également détectées.

► Synthèse et mise en relation avec les données sols

Les teneurs en COHV les plus importantes dans les eaux souterraines (Pz1, Pz14 et Pz11) sont toutes 3 positionnées dans la partie nord du site, ce qui est cohérent avec les impacts mesurés dans les sols, ces piézomètres étant situés au droit des zones sources sols.

A l'inverse, les impacts sols détectés en S8 entre 3 et 5 m (~2 900 mg/kg) la teneur dans les eaux mesurées en Pz7 (autour de 660 µg/l) est moins élevée qu'attendue. A noter, toutefois que l'ouvrage a été dénoyé lors du prélèvement, cette zone se trouve probablement dans une lithologie plus compacte avec moins de circulation d'eaux souterraines.

Les impacts identifiés sur les ouvrages amont se prolongent en panache principalement vers le sud et l'est, au droit des ouvrages Pz8, Pz9, Pz13 et Pz11, avec des teneurs de l'ordre de 18 000 à 74 000 µg/L. Ces ouvrages étant localisés en bordure du site, il est très probable que les impacts dans les eaux souterraines se poursuivent hors site notamment au droit de la zone résidentielle située de l'autre côté de la rue de l'abreuvoir, ainsi qu'au droit des commerces et logements situés en mitoyenneté du site le long de l'avenue du Maréchal Leclerc.

La cartographie des principaux impacts est présentée en **figure 18**.

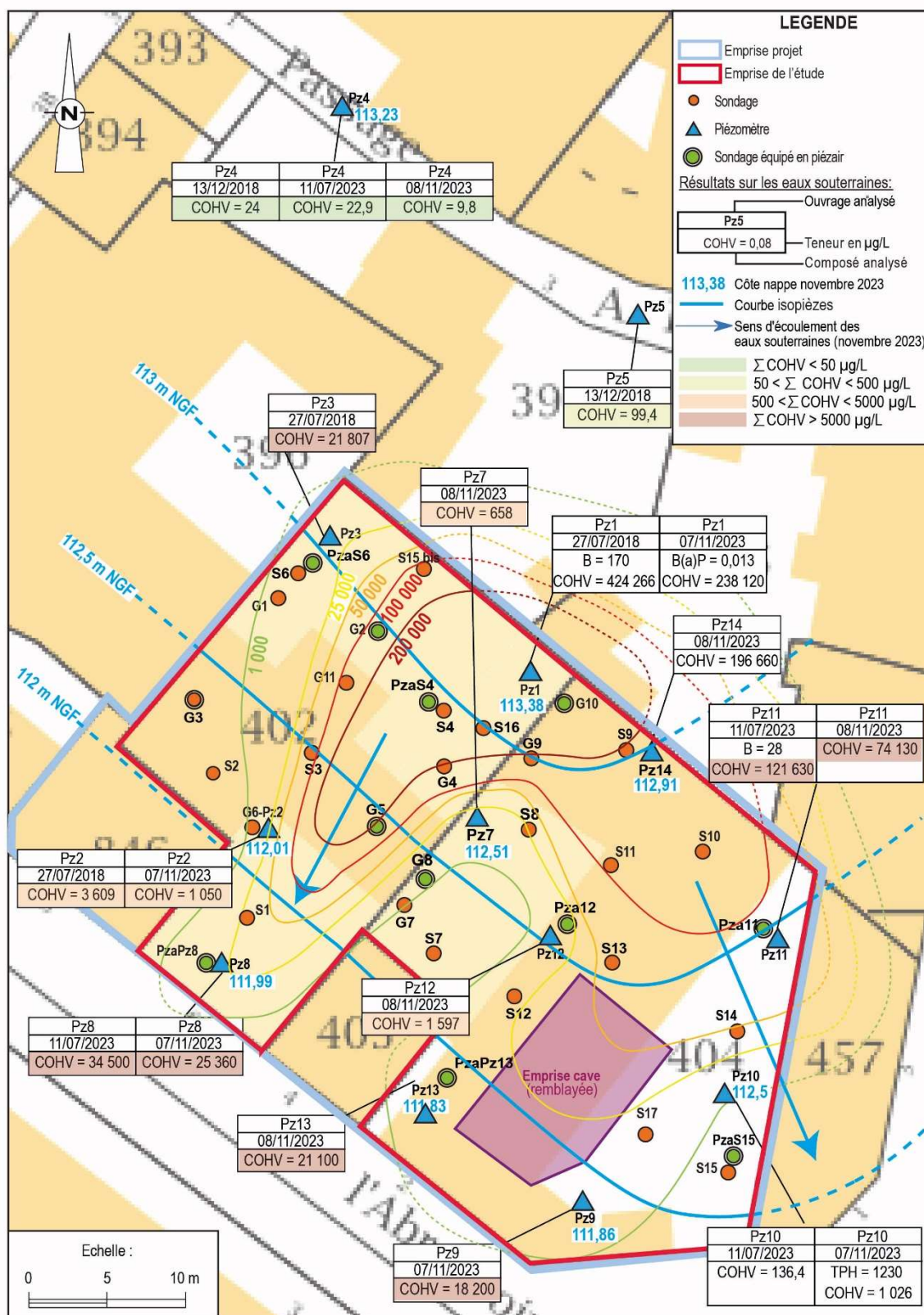


Figure 19 : Piézométrie et impacts mesurés en COHV sur les eaux souterraines

6. Investigations sur les gaz des sols (A230)

6.1 Mise en place des piézairs complémentaires

3 piézairs de 3 mètres de profondeur (PzaS6, PzaS4, Pza12 et PzaPz13) ont été mis en place par la société GAUFOR entre le 30/10 et le 02/11/2023. Ils sont localisés en **figure 7**. Les coupes techniques des piézairs sont disponibles en **Annexe 8**.

Les cuttings de forage ont été évacués par ORTEC en filière spécialisée.

Les indices de pollution relevés lors de la foration de ces ouvrages sont présentés en paragraphe 4.2.

Lors du prélèvement, de l'eau a été mesurée au fond de certains ouvrages. La présence d'eau sera à nouveau mesurée lors de la prochaine campagne de prélèvement.

6.2 Echantillonnage des gaz des sols – campagne d'octobre 2023

Les prélèvements des gaz des sols ont été menés sur ces ouvrages complémentaires ainsi que sur les ouvrages installés précédemment par GINGER BURGEAP. Ils ont été réalisés les 6 et 7 novembre 2023 par un intervenant de GINGER BURGEAP, par pompage à un débit de l'ordre de 0,3 à 0,45 L/min pendant 15 min à 2 h selon les ouvrages. Ces temps de prélèvements ont été adaptés en fonction des réponses PID obtenues lors des purges des ouvrages, afin de ne pas saturer les supports de prélèvements, mais également en fonction des limites techniques des pompes pour lesquelles un débit de l'ordre de 0,3 L/min avec deux tubes de prélèvement en série est techniquement difficile à atteindre (mise en défaut des pompes).

Le support adsorbant utilisé est un tube de charbon actif. Deux tubes de prélèvements ont été disposés en série afin de pouvoir prélever sur un deuxième support en cas de saturation du premier tube (teneurs en COHV attendues élevées).

La durée de prélèvement a été choisie de manière à obtenir des limites de quantification pertinentes au regard des valeurs de comparaison choisies et des données disponibles sur l'état du milieu souterrain.

Les piézairs ont préalablement été purgés à 0,5L/min sur une durée de 10 minutes environ.

Les ouvrages prélevés sont : Pza15 / Pza8 / G8 / Pza11 / Pza12 / G10 / Pza13 / PzaS6 / PzaS4.

Les piézairs G2, G3, G5 n'ont pas été prélevés car les bouches ras de sol sont scellées par du béton.

L'ouvrage Pz9 posé en juin 2023 qui aurait pu être prélevé comme un piézair en l'absence d'eau dans celui-ci n'a pas été retrouvé après la démolition du bâtiment en septembre 2023.

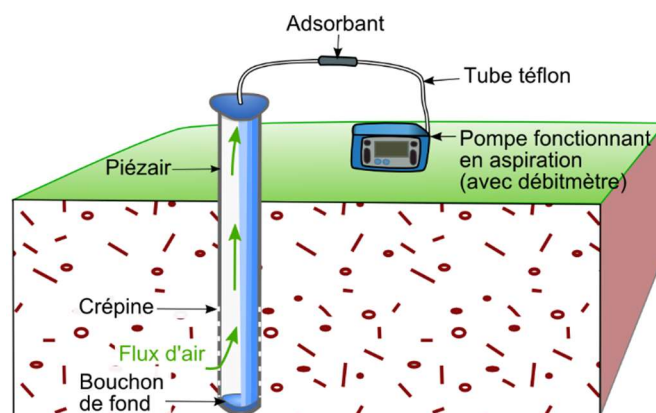


Figure 20 : Schéma du dispositif de pompage

Durant les prélèvements, la pression atmosphérique et la température ambiante ont été relevées et reportées sur les fiches de prélèvement de gaz du sol (**Annexe 9**).

Les conditions météorologiques les jours précédant les prélèvements étaient les suivantes :

- pression atmosphérique : de 1001 à 1011 hPa, conditions dépressionnaires favorables au dégazage ;
- température : entre 8 et 14°C, températures augmentant la volatilité des composants ;
- humidité entre 68 et 89 % ;
- pluviométrie : nulle.

6.3 Conservation des échantillons

Les supports adsorbants ont été stockés en glacière jusqu'à leur arrivée au laboratoire.

6.4 Programme analytique sur les gaz des sols

Les analyses chimiques ont été réalisées par le laboratoire AGROLAB, reconnu par le COFRAC.

Tableau 12 : Analyses des gaz des sols – campagne d'octobre 2023

Substances analysées	Nombre d'échantillons analysés
Hydrocarbures totaux par la méthode des TPH (spéciation aliphatique et aromatique)	18 + 2 blancs
BTEX	18 + 2 blancs
Naphtalène	18 + 2 blancs
COHV	18 + 2 blancs

Ce programme inclut 2 échantillons de blanc de transport (support de prélèvement n'ayant pas servi pour le prélèvement mais appartenant au même lot de fabrication et ayant été transporté sur le site avec les autres supports). Ces blancs ont fait l'objet du même programme d'analyse que les autres échantillons.

6.5 Valeurs de référence pour les gaz des sols

► Gaz des sols

Il n'y a pas de valeur réglementaire, ni de valeur de bruit de fond pour l'interprétation des concentrations dans les gaz des sols. Ainsi, dans les limites exposées ci-après, les valeurs de comparaison retenues sont celles retenues pour l'air atmosphérique/l'air intérieur (voir § suivant).

Cette comparaison des concentrations en polluants gazeux dans les sols avec les valeurs de référence définies pour l'air atmosphérique et/ou l'air intérieur est réalisée dans le seul objectif de hiérarchiser la pollution des gaz des sols au regard de ses impacts sanitaires potentiels, les gaz des sols ne pouvant être assimilés à l'air atmosphérique. Rappelons qu'un abattement des concentrations d'au minimum 1 à 2 ordres de grandeur (en fonction du contexte) peut être attendu lors du transfert des polluants gazeux depuis les sols vers l'air atmosphérique ou l'air intérieur.

Aussi, si les concentrations en polluants dans les gaz des sols sont inférieures ou du même ordre de grandeur que les valeurs de référence, les polluants volatils présents dans les gaz du sol ne sont pas susceptibles d'induire dans les milieux d'exposition des concentrations en ces mêmes polluants supérieures aux valeurs de référence. Aucune estimation de leur incidence sanitaire ne sera à effectuer.

Si les concentrations en polluants dans les gaz des sols dépassent les valeurs de référence retenues, une estimation des transferts des polluants volatils depuis les sols vers l'air ambiant/l'air intérieur sera nécessaire pour conclure quant aux incidences sanitaires. En l'absence de données sur les modalités de construction et de ventilation du bâti, les concentrations en polluants volatils dans l'air intérieur (et les risques induits) peuvent être estimées en appliquant un facteur d'atténuation de 0,05 (C_{Ai}/C_{GdS}). Ce facteur précautionneux a été établi par l'US-EPA sur la base d'un grand nombre de mesures effectuées pour diverses configurations constructives. Les concentrations ainsi estimées peuvent être jugées a priori sécuritaires dans le cadre d'une évaluation des risques sanitaires.

Ces valeurs de comparaison sont présentées dans les premières colonnes des tableaux des résultats d'analyse.

► Air atmosphérique

Les concentrations mesurées seront comparées :

- aux valeurs réglementaires françaises et européennes définies pour l'air ambiant :
 - air extérieur : décret n°2010-1250 du 21 octobre 2010 (transposition de la directives 2008/50/CE du 21 mai 2008) ;
 - air intérieur : décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011 (annexe de l'article R221-29 du Code de l'Environnement) ;
- aux valeurs guides de qualité de l'air intérieur (VGAi) de l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) ;
- aux valeurs repères établies par le HCSP (Haut conseil de la santé publique) ;
- aux valeurs guides proposées par l'OMS (Air Quality Guidelines for Europe, 2010) et par le projet INDEX (Critical Appraisal of the setting and implementation of indoor exposures limits in the EU, 2005) ;
- aux valeurs de bruit de fond :
 - percentiles 90 issus de la campagne de mesures de 2006-2007 de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) dans les logements français (air intérieur et extérieur) ;
 - synthèse des données des associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA) ; rapport INERIS DRC-08-94882-15772A de 2009 (air extérieur) ;
- aux seuils « R1 » pour les établissements, valeurs établies par l'INERIS, rapport Ineris-20-200358-2173530-v1.0 de juin 2020.

Pour les blancs de transport, les résultats sont comparés aux limites de quantification du laboratoire.

6.6 Résultats et interprétation des analyses sur les gaz des sols

Les résultats des analyses sont présentés dans le **Tableau 13** et synthétisés en **figure 7**.

Les bordereaux des analyses réalisées dans le cadre de ce diagnostic sont présentés en **Annexe 10**.

Tableau 13 : Résultats des analyses des échantillons des gaz des sols

		AIR EXTERIEUR			AIR INTERIEUR			Campagne de prélèvement de juillet 2018			Campagne de prélèvement de janvier 2019		Campagne de prélèvement de juillet 2023			
		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 (1)	G2	G5	G3	G8-1	G10-1	PzaPz8 - A	Pza11 - A	PzaS15 - A	PzaPz9 - A
								Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut
Temps de pompage	min							45	89	90	30	30	120	121	121	121
Débit de pompage	l/min							0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5
Volume pompé	m³							0.014	0.027	0.027	0.009	0.009	0.036	0.036	0.036	0.061
Hydrocarbures par TPH																
Aliphatic nC>5-nC6	mg/m3	-	-	-	-	-	-	0.39	<7.5	<7.4	<22	<22	<22	<22	<22	<13
Aliphatic nC>6-nC8	mg/m3	-	-	-	-	-	-	15	0.097	0.23	<22	<22	0.24	<22	<22	0.18
Aliphatic nC>8-nC10	mg/m3	-	-	-	0.0291	-	-	31	0.097	0.34	<22	2	1.1	<22	<22	5.1
Aliphatic nC>10-nC12 (2)	mg/m3	0.0098	-	-	0.0336	-	-	7.4	0.094	0.41	<22	0.56	0.44	<22	<22	1.4
Aliphatic nC>12-nC16	mg/m3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<22	<22	0.26	<22	<22	<3.3
Aromatic nC>6-nC7 (benzène)	mg/m3	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	0.017	0.0064	0.02	<5.6	0.092	0.036	0.0099	<0.55	<0.33
Aromatic nC>7-nC8 (toluène)	mg/m3	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	0.053	0.049	0.11	0.026	0.056	0.058	0.044	0.041	<0.66
Aromatic nC>8-nC10	mg/m3	-	-	-	-	-	-	0.6	0.11	0.25	<22	<22	<22	<22	<22	<13
Aromatic nC>10-nC12	mg/m3	-	-	-	-	-	-	0.39	<7.5	<7.4	<22	<22	<22	<22	<22	<13
Aromatic nC>12-nC16	mg/m3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<22	<22	<22	<22	<22	<3.3
BTEX																
Benzène	mg/m3	0.0022	0.005	0.0017	0.0057	0.002	0.002	0.016	0.0056	0.019	<0.56	0.091	0.036	0.0099	<0.55	<0.33
Toluène	mg/m3	0.009	-	-	0.0469	-	20	0.053	0.049	0.11	0.026	0.056	0.058	0.044	0.041	<0.66
Ethylbenzène	mg/m3	0.0021	-	-	0.0075	-	1.5	<3.7	0.016	0.026	<1.1	0.012	0.013	<1.1	<1.1	<0.66
m+p - Xylène	mg/m3	0.0056	-	-	0.022	-	0.2	0.047	0.052	0.1	0.024	0.061	0.058	0.055	0.066	<0.66
o - Xylene	mg/m3	0.0023	-	-	0.0081	-	0.2	<3.7	0.018	0.037	<1.1	0.019	0.016	0.017	0.018	<0.66
Autres HAM																
Naphtalène	mg/m3	0.000009	-	-	-	-	0.01	<0.74	<0.37	<0.37	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<1.1	<0.66
COHV																
Tétrachloroéthylène (PCE)	mg/m3	0.0024	-	0.25	0.0052	-	0.25	126	6.4	163	189	2889	53	63	8.8	11
Trichloroéthylène (TCE)	mg/m3	0.0016	-	0.023	0.0033	-	0.01	7	0.09	2.2	1.2	63	1.3	0.12	0.085	1.7
Cis-1,2-dichloroéthylène	mg/m3	-	-	-	-	-	-	56	0.03	1.3	0.22	50	0.46	0.05	<2.2	0.81
Trans-1,2-dichloroéthylène	mg/m3	-	-	-	-	-	-	0.77	<0.75	0.029	0.041	1	<2.2	<2.2	<2.2	0.014
1,1-dichloroéthylène	mg/m3	-	-	-	-	-	-	0.36	<0.37	0.0041	<1.1	0.26	<1.1	<1.1	<1.1	<0.66
Chlorure de Vinyle	mg/m3	-	-	0.01	-	-	-	99	<0.37	0.0089	0.023	0.23	<1.1	<1.1	<1.1	<0.66
1,1,2-trichloroéthane	mg/m3	-	-	-	-	-	-	<1.5	<0.75	<0.74	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<1.3
1,1,1-trichloroéthane	mg/m3	-	-	-	-	-	-	<1.5	<0.75	<0.74	<2.2	0.049	0.094	<2.2	<2.2	<1.3
1,2-dichloroéthane	mg/m3	-	-	-	-	-	-	<1.5	<0.75	<0.74	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<1.3
1,1-dichloroéthane	mg/m3	-	-	-	-	-	-	<1.5	<0.75	<0.74	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<1.3
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	mg/m3	-	-	-	-	-	-	<1.5	<0.75	<0.74	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<2.2	<1.3
Trichlorométhane (chloroforme)	mg/m3	-	-	-	-	-	-	<1.5	<0.75	0.011	0.024	0.12	0.26	<2.2	0.028	<1.3
Dichlorométhane	mg/m3	-	-	-	-	-	-	<1.9	<0.94	<0.93	<2.8	<2.8	<2.8	<2.8	<2.8	<1.7

n.d. : Non détecté

(1) en gras : valeur repère du HCSP, souligné : valeur guide de l'ANSES (VGAI), en italique : valeur guide projet

(2) La valeur de bruit de fond OQAI concerne la somme du n-décane et du n-undécane.

Valeur en bleu : concentration dans la zone de contrôle dépassant 5 % de la concentration mesurée dans la zone de mesure

Concentration supérieure au bruit de fond	AIR EXTERIEUR
Concentration supérieure aux valeurs réglementaires	
Concentration supérieure à une valeur guide	
Concentration supérieure au bruit de fond	AIR INTERIEUR
Concentration supérieure aux valeurs réglementaires	
Concentration supérieure à une valeur guide	

		AIR EXTERIEUR			AIR INTERIEUR			Campagne de prélèvement de novembre 2023																	
		Bruit de fond (source OQAI (P90) ou INERIS, 2009)	Valeurs réglementaire s - décret n° 2010-1250 (valeur limite/valeur)	Valeurs guide OMS	Bruit de fond logement (P90 - source OQAI)	Valeur réglementaire Décret n° 2011-1727	VGAI ANSES , VRAI HCSP, INDEX, VG OMS (1)	PzaS6_T1	PzaS6_T2	PzaS4_T1	PzaS4_T2	PzaS15_T1	PzaS15_T2	PzaPz8_T1	PzaPz8_T2	G8_T1	G8_T2	Pza11_T1	Pza11_T2	Pza12_T1	Pza12_T2	G10_T1	G10_T2	PzaPz13_T1	PzaPz13_T2
							Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut	Résultat brut
Temps de pompage	min						30	30	15	15	120	120	120	120	15	15	120	120	30	30	30	30	90	90	
Débit de pompage	l/min						0.463	0.463	0.315	0.315	0.396	0.396	0.3145	0.3145	0.325	0.325	0.316	0.316	0.4575	0.4575	0.468	0.468	0.474	0.474	
Volume pompé	m³						0.014	0.014	0.005	0.005	0.048	0.048	0.038	0.038	0.005	0.005	0.038	0.038	0.014	0.014	0.014	0.014	0.043	0.043	
Hydrocarbures par TPH																									
Aliphatic nC>5-nC6	mg/m3	-	-	-	-	-	<14	<14	<42	<42	<4.2	<4.2	<5.3	<5.3	<41	<41	<5.3	<5.3	<15	<15	<14	<14	<4.7	<4.7	
Aliphatic nC>6-nC8	mg/m3	-	-	-	-	-	<14	<14	0.51	<42	<4.2	<4.2	<5.3	<5.3	<41	<41	<5.3	<5.3	<15	<15	<14	<14	<4.7	<4.7	
Aliphatic nC>8-nC10	mg/m3	-	-	-	0.0291	-	0.17	<14	3.4	<42	0.046	<4.2	0.29	<5.3	<41	<41	<5.3	<5.3	0.19	<15	0.26	<14	<4.7	<4.7	
Aliphatic nC>10-nC12 (2)	mg/m3	0.0098	-	-	0.0336	-	<14	<14	0.7	<42	<4.2	<4.2	<5.3	<5.3	<41	<41	<5.3	<5.3	<15	<15	<14	<14	<4.7	<4.7	
Aliphatic nC>12-nC16	mg/m3	-	-	-	-	-	<14	<14	<42	<42	<4.2	<4.2	<5.3	<5.3	<41	<41	<5.3	<5.3	<15	<15	<14	<14	<4.7	<4.7	
Aromatic nC>6-nC7 (benzène)	mg/m3	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	voir benzène	<3.6	<3.6	0.034	<11	<1.1	<1.1	0.0048	<1.3	<10	<10	<1.3	<1.3	<3.6	<3.6	<3.6	<3.6	<1.2	<1.2	
Aromatic nC>7-nC8 (toluène)	mg/m3	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	voir toluène	0.029	<0.72	0.49	<2.1	<0.21	<0.21	0.034	<0.26	<2.1	<2.1	<0.26	<0.26	0.037	<0.73	<0.71	<0.71	0.0075	<0.23	
Aromatic nC>8-nC10	mg/m3	-	-	-	-	-	<14	<14	0.87	<42	<4.2	<4.2	0.093	<5.3	<41	<41	<5.3	<5.3	<15	<15	<14	<14	<4.7	<4.7	
Aromatic nC>10-nC12	mg/m3	-	-	-	-	-	<14	<14	<42	<42	<4.2	<4.2	<5.3	<5.3	<41	<41	<5.3	<5.3	<15	<15	<14	<14	<4.7	<4.7	
Aromatic nC>12-nC16	mg/m3	-	-	-	-	-	<14	<14	<42	<42	<4.2	<4.2	<5.3	<5.3	<41	<41	<5.3	<5.3	<15	<15	<14	<14	<4.7	<4.7	
BTEX																									
Benzène	mg/m3	0.0022	0.005	0.0017	0.0057	0.002	<0.36	<0.36	0.034	<1.1	<0.11	<0.11	0.0048	<0.13	<1	<1	<0.13	<0.13	<0.36	<0.36	<0.36	<0.36	<0.12	<0.12	
Toluène	mg/m3	0.009	-	-	0.0469	-	0.029	<0.72	0.49	<2.1	<0.21	<0.21	0.034	<0.26	<2.1	<2.1	<0.26	<0.26	0.037	<0.73	<0.71	<0.71	0.0075	<0.23	
Ethylbenzène	mg/m3	0.0021	-	-	0.0075	-	<0.72	<0.72	0.074	<2.1	<0.21	<0.21	0.0074	<0.26	<2.1	<2.1	<0.26	<0.26	<0.73	<0.73	<0.71	<0.71	<0.23	<0.23	
m+p - Xylène	mg/m3	0.0056	-	-	0.022	-	0.027	<0.72	0.28	<2.1	<0.21	<0.21	0.04	<0.26	<2.1	<2.1	<0.26	<0.26	0.013	<0.73	<0.71	<0.71	0.0068	<0.23	
o - Xylene	mg/m3	0.0023	-	-	0.0081	-	0.0079	<0.72	0.091	<2.1	<0.21	<0.21	0.0098	<0.26	<2.1	<2.1	<0.26	<0.26	<0.73	<0.73	<0.71	<0.71	<0.23	<0.23	
Autres HAM																									
Naphtalène	mg/m3	0.000009	-	-	-	-	<0.72	<0.72	<2.1	<2.1	<0.21	<0.21	<0.26	<0.26	<2.1	<2.1	<0.26	<0.26	<0.73	<0.73	<0.71	<0.71	<0.23	<0.23	
COHV																									
Tétrachloroéthylène (PCE)	mg/m3	0.0024	-	0.25	0.0052	-	79	<1.4	1841	<4.2	0.4	<0.42	15	0.015	148	<4.1	0.04	<0.53	102	0.21	207	4.8	0.12	<0.47	
Trichloroéthylène (TCE)	mg/m3	0.0016	-	0.023	0.0033	-	0.6	<0.36	13	<1.1	0.0051	<0.11	0.3	<0.13	2	<1	<0.13	<0.13	1.8	0.0066	1.8	0.024	0.0023	<0.12	
Cis-1,2-dichloroéthylène	mg/m3	-	-	-	-	-	0.043	<1.4	2.9	<4.2	<0.42	<0.42	0.072	<0.53	0.39	<4.1	<0.53	<0.53	<1.5	<1.5	0.45	<1.4	<0.47	<0.47	
Trans-1,2-dichloroéthylène	mg/m3	-	-	-	-	-	<1.4	<1.4	0.44	<4.2	<0.42	<0.42	<0.53	<0.53	<4.1	<4.1	<0.53	<0.53	<1.5	<1.5	0.018	<1.4	<0.47	<0.47	
1,1-dichloroéthylène	mg/m3	-	-	-	-	-	<0.72	<0.72	<2.1	<2.1	<0.21	<0.21	<0.26	<0.26	0.064	<2.1	<0.26	<0.26	<0.73	<0.73	0.016	<0.71	<0.23	<0.23	
Chlorure de Vinyle	mg/m3	-	-	0.01	-	-	<0.72	<0.72	<2.1	<2.1	<0.21	<0.21	<0.26	<0.26	0.11	<2.1	<0.26	<0.26	0.044	<0.73	0.026	<0.71	<0.23	<0.23	
1,1,2-trichloroéthane	mg/m3	-	-	-	-	-	<1.4	<1.4	<4.2	<4.2	<0.42	<0.42	<0.53	<0.53	<4.1	<4.1	<0.53	<0.53	<1.5	<1.5	<1.4	<1.4	<0.47	<0.47	
1,1,1-trichloroéthane	mg/m3	-	-	-	-	-	<1.4	<1.4	<4.2	<4.2	<0.42	<0.42	0.032	<0.53	<4.1	<4.1	<0.53	<0.53	<1.5	<1.5	<1.4	<1.4	<0.47	<0.47	
1,2-dichloroéthane	mg/m3	-	-	-	-	-	<1.4	<1.4	<4.2	<4.2	<0.42	<0.42	<0.53	<0.53	<4.1	<4.1	<0.53	<0.53	<1.5	<1.5	<1.4	<1.4	<0.47	<0.47	
1,1-dichloroéthane	mg/m3	-	-	-	-	-	<1.4	<1.4	<4.2	<4.2	<0.42	<0.42	<0.53	<0.53	<4.1	<4.1	<0.53	<0.53	<1.5	<1.5	<1.4	<1.4	<0.47	<0.47	
Tétrachlorométhane (tétrachlorure de carbone)	mg/m3	-	-	-	-	-	<1.4	<1.4	<4.2	<4.2	<0.42	<0.42	<0.53	<0.53	<4.1	<4.1	<0.53	<0.53	<1.5	<1.5	<1.4	<1.4	<0.47	<0.47	
Trichlorométhane (chloroforme)	mg/m3	-	-	-	-	-	<1.4	<1.4	0.32	<4.2	<0.42	<0.42	0.079	<0.53	<4.1	<4.1	<0.53	<0.53	0.027	<1.5	<1.4	<1.4	<0.47	<0.47	
Dichlorométhane	mg/m3	-	-	-	-	-	<1.8	<1.8	<5.3	<5.3	<0.53	<0.53	<0.66	<0.66	<5.1	<5.1	0.0066	<0.66	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<0.59	<0.59	

n.d. : Non détecté
(1) en gras : valeur repère du HCSP, souligné : valeur guide de l'ANSES (VGAI), en italique : valeur guide projet

(2) La valeur de bruit de fond OQAI concerne la somme du n-décane et du n-undécane.
Valeur en bleu : concentration dans la zone de contrôle dépassant 5 % de la concentration mesurée dans la zone de mesure

Concentration supérieure au bruit de fond	AIR EXTERIEUR
Concentration supérieure aux valeurs règlementaires	
Concentration supérieure à une valeur guide	AIR INTERIEUR
Concentration supérieure au bruit de fond	
Concentration supérieure aux valeurs règlementaires	
Concentration supérieure à une valeur guide	

► Campagne de novembre 2023

Une contamination importante par les COHV, et en moindre mesure par les BTEX et les HCT, est mise en évidence sur l'ensemble des ouvrages investigués en novembre 2023.

Les impacts les plus significatifs, de l'ordre de la centaine de mg/m^3 (G8, G10, PzaS6, Pza12) au millier de mg/m^3 (1 854 mg/m^3 pour la somme des COHV sur PzaS4), sont corrélés aux zones de pollutions concentrées mises en évidence dans les sols et les eaux souterraines dans ces secteurs (impacts sols et eaux en Pz1, Pz3, Pz14 ; impacts sols en G11 et S8).

Le panache gazeux s'étend au sud et à l'ouest de l'ancienne blanchisserie, notamment en bordure du site au droit des ouvrages PzaPz8 (15 mg/m^3) et en moindre mesure Pza11, PzaPz13 et PzaS15 (Σ COHV de l'ordre de 0,05 à 0,4 mg/m^3).

A noter, des prélèvements en série (2 cartouches) ont été réalisés lors de cette campagne de mesure afin de contrôler la saturation des supports de prélèvements, les 2 cartouches étant systématiquement analysées. Sur 3 d'entre eux, des teneurs supérieures à la limite de quantification sont mesurées sur la seconde cartouche, ce qui indique une saturation de la première cartouche. Toutefois, les teneurs mesurées sur la seconde cartouche représentant moins de 5% des valeurs mesurées sur les premières cartouches, elles seront considérées comme négligeables (pas d'addition des teneurs, les résultats des deux cartouches étant présentées dans le tableau).

Les résultats d'analyses des deux blancs de transport réalisés sont inférieurs aux limites de quantification du laboratoire, ce qui indique qu'aucune contamination n'a pu avoir lieu pendant le transport des échantillons du site jusqu'au laboratoire.

► Evolution des teneurs dans le temps

Les ouvrages G8 et G10 ont été prélevés en janvier 2019 puis en novembre 2023 :

- Pour G8, les teneurs en COHV sont du même ordre de grandeur entre les deux campagnes, de l'ordre de la centaine de mg/m^3 pour la somme des COHV, et les TPH et BTEX sont peu quantifiés (teneurs en BTEX similaires aux valeurs de référence pour l'air ambiant) ;
- Pour G10, une diminution de la contamination en COHV d'un facteur 10 est observée entre 2019 et 2023. De nombreux facteurs peuvent expliquer cette différence et en particulier le niveau d'eau, l'évolution saisonnière des sens d'écoulement, etc.

Les ouvrages PzaPz8, Pza11 et PzaS15 ont fait l'objet de prélèvements en juillet et novembre 2023. Pour ces trois ouvrages, les teneurs mesurées en novembre sont en moyenne diminuées d'un ordre de grandeur par rapport aux valeurs mesurées en juillet, pour les TPH, les BTEX et les COHV. Ceci peut être en partie expliqué par les conditions météorologiques différentes relevées lors des phases de prélèvements, qui influent directement sur la volatilité des composés en présence et leur adsorption sur les supports de prélèvement.

Une cartographie des impacts mesurés dans les gaz du sol est fournie en **Figure 18** suivante.

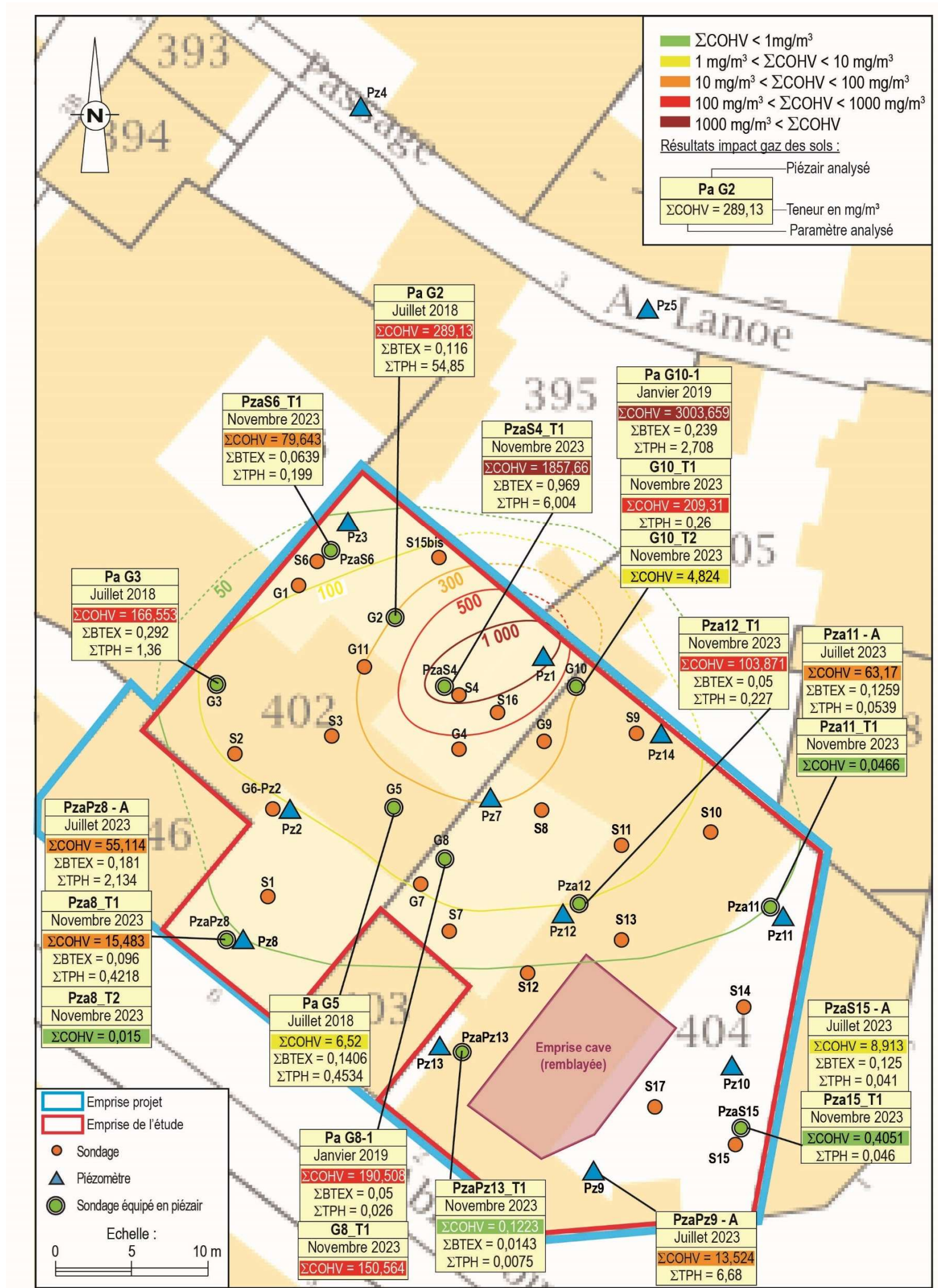


Figure 21 : Localisation des piézairs et synthèse des impacts dans les gaz des sols

7. Synthèse des impacts et mise à jour du schéma conceptuel

7.1 Synthèse des impacts dans les différents milieux

Les investigations réalisées ont mis en évidence les impacts présentés dans le tableau suivant.

Tableau 14 : Synthèse des impacts mis en évidence

Sources potentielles de pollution caractérisées	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 blanchisserie – pressing sur la parcelle AK402	<p>Impact généralisé et marqué en COHV, principalement en PCE, composé majoritaire utilisé pour le lavage à sec des textiles.</p> <p>La zone source a été localisée sur la parcelle AK402, au droit des anciennes machines à laver (et principalement au droit de celle investiguée par Pz1), ainsi qu'en moindre mesure au droit de l'ancien atelier en partie centrale. Les teneurs maximales du site (17 g/kg), mesurées en Pz1 témoignent probablement de la présence d'une phase pure liquide.</p> <p>La pollution de sols s'étend sur la parcelle AK404 mitoyenne. La phase NAPL qui a été déversée dans le milieu s'est propagée à la faveur de niveaux peu perméables et dans le sens de la topographie (pendage des niveaux peu perméable). Des zones sources sont effectivement retrouvées dans la partie nord et nord-est de cette parcelle qui n'a accueilli aucune activité émettrice de PCE.</p> <p>Les impacts sont situés dès la surface dans les zones sources primaires (machines à laver parcelle AK402), à partir de 3 à 4 m de profondeur pour les zones sources secondaires (parcelle AK404) et jusqu'au substrat argileux (6 voire 7 m de profondeur).</p>	<p>Impact généralisé et marqué en COHV, principalement en PCE en bordure nord-est du site à l'étude, lié à la zone source détectée dans les sols. Le panache de composés dissous s'étend suivant le sens d'écoulement des eaux souterraines, principalement vers le sud, mais également vers l'est puisque la zone source s'est étendue à ce niveau parcelle AK404, (cf. impacts identifiés dans les sols)</p> <p>Teneurs maximales en COHV dans la nappe superficielle : ΣCOHV : 424 000 µg/l (dont 200 000 µg/l en TCE) en Pz1 (données 2018) et 196 000 µg/l (dont 114 000 µg/l en PCE+TCE) en Pz14 (données 2023)</p> <p>Le panache de composés dissous s'étend probablement en dehors du site, dans la continuité des panaches sur site, vers le sud et l'est, en direction des commerces et logements le long de la rue de l'abreuvoir et de l'avenue du Maréchal Leclerc.</p>	<p>Impact généralisé et marqué en COHV, principalement en PCE. Les teneurs les plus importantes sont localisées dans le quart nord-est du terrain, similairement aux impacts sols et eaux souterraines.</p> <p>Les teneurs maximales sont relevées sur G10 en janvier 2019 (2889 mg/m³ de PCE) et PzaS4 en novembre 2023 (1841 mg/m³ de PCE)</p> <p>Le panache de polluants gazeux s'étend au sud et à l'ouest, notamment en bordure de site, et probablement au-delà. Il est logiquement associée à la pollution dissoute.</p>	Oui	Oui

Sources potentielles de pollution caractérisées	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
Non caractérisée	<p>Deux impacts modérés ont été mis en évidence dans les sondages S15bis et Pz1 de 3 à 4 m de profondeur, à des teneurs de 1300 à 1500 mg/kg, dans la partie nord de la parcelle AK402.</p> <p>Deux impacts modérés ont également été mis en évidence en HAP au droit des échantillons Pz7 de 0 à 1 m (166 mg/kg) et Pz10 de 1 à 2 m (70 mg/kg), en lien avec des teneurs mises en évidence en HCT C12-C40, au droit de la parcelle AK404.</p>	<p>Un impact en hydrocarbures a été mis en évidence dans le piézomètre Pz10 (1230 µg/l), probablement en lien avec l'impact en HAP dans les sols au droit de cet ouvrage.</p>	<p>La qualité des gaz du sol du site est dégradée par la présence d'hydrocarbures volatils de manière systématique au droit du site et par la présence de BTEX de manière quasi systématique au droit du site.</p>	<p>Non, car l'origine de ces impacts n'a pas été définie.</p>	<p>Concernant la qualité des gaz du sol, la cohérence n'est pas établie avec les milieux sols et eaux souterraines</p>
Remblais de surface	<p>Anomalies modérées en arsenic, cuivre, mercure, nickel, plomb, sélénium et zinc (teneurs mesurées jusqu'à 10 fois supérieures aux valeurs de bruit de fond régional)</p>	<p>Quelques impacts en nickel et arsenic au droit de Pz1, proches de la limite de potabilité. RAS sur les autres piézomètres et pour les autres métaux.</p>	<p>Non concerné, le mercure volatil n'a pas été recherché dans les gaz du sol, car les teneurs mesurées dans les sols ne le justifiaient pas.</p>	<p>Oui</p>	<p>Oui</p>

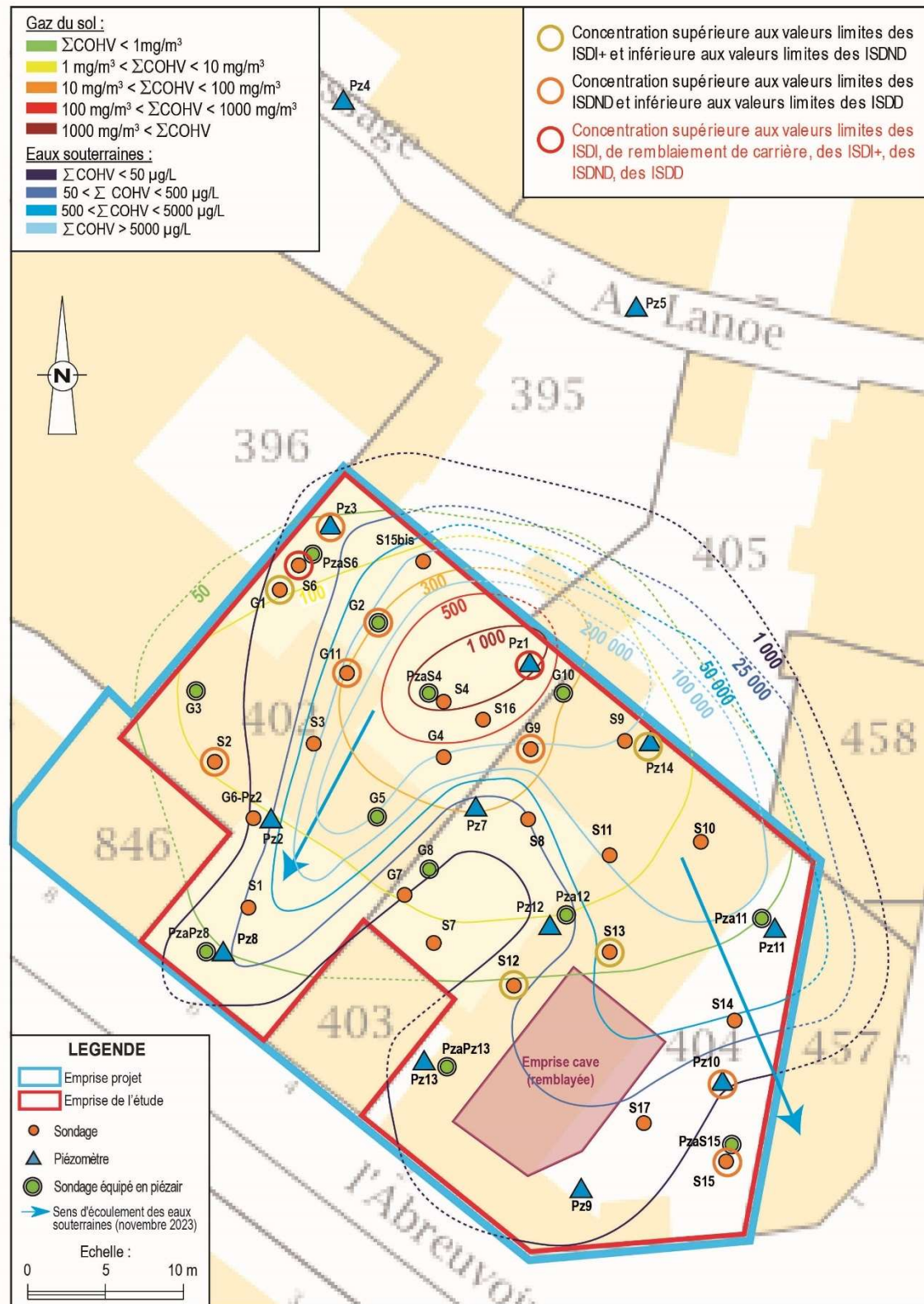


Figure 22 : Synthèse des impacts dans les différents milieux

7.2 Schéma conceptuel

Sur la base des résultats des investigations, le schéma conceptuel pour les actuels et intégrant les caractéristiques du projet comme rappelé ci-après, peut être mis à jour (cf. **tableau 15 et figures 19 et 20**).

Tableau 15 : Mise à jour du schéma conceptuel (usage actuel)

Source primaire		Milieu dégradé à considérer (source secondaire)	Voies de transfert (et voies d'exposition associées)	Voies d'exposition	Cible / enjeux		Justification
Origine de la pollution	Polluants				Usager Inhabitants	Usager commerces	
SUR SITE							
Ancienne blanchisserie au droit de la parcelle AK402	PCE, et ses produits de dégradation TC et cis-1,2-DCE (et chlorure de vinyle éventuellement, mais non détecté à ce stade)	<input checked="" type="checkbox"/> Sols	<input type="checkbox"/> Envol de poussières / contact direct → (1), (2), (8)	<input type="checkbox"/> (1) Inhalation de polluant adsorbé sur les poussières du sol	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non concerné car absence de voies de transfert
		<input type="checkbox"/> Sols de surface ^(a)	<input checked="" type="checkbox"/> Volatilisation de composés volatils → (3), (4), (8)	<input type="checkbox"/> (2) Ingestion de sol/poussière	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non concerné car absence de voies de transfert
		<input type="checkbox"/> Sols racinaires ^(b)	<input checked="" type="checkbox"/> Migration par infiltration vers les eaux souterraines → (4), (5), (8)	<input checked="" type="checkbox"/> (3) Inhalation de polluant sous forme gazeuse	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Du fait de la présence de composés volatils dans les sols, la nappe et les gaz du sol.
		<input checked="" type="checkbox"/> Eaux souterraines	<input type="checkbox"/> Migration par les eaux de ruissellement → (4), (5), (8)	<input checked="" type="checkbox"/> (4) Inhalation de vapeur d'eau polluée ^(c)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Les usagers sur site peuvent être exposés via les conduites d'amenée d'eau potable.
		<input type="checkbox"/> Eaux superficielles	<input checked="" type="checkbox"/> Perméation vers les canalisations d'eau potable → (4), (5)	<input checked="" type="checkbox"/> (5) Ingestion d'eau contaminée	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Les usagers sur site peuvent être exposés via les conduites d'amenée d'eau potable.
		<input type="checkbox"/> Eaux du robinet	<input checked="" type="checkbox"/> Bioaccumulation dans les matrices végétales → (6), (7)	<input type="checkbox"/> (6) Ingestion d'aliments d'origine végétale cultivés sur site	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non concerné car absence de voies de transfert
		<input checked="" type="checkbox"/> Gaz du sol	<input type="checkbox"/> Bioaccumulation dans les matrices animales → (7)	<input type="checkbox"/> (7) Ingestion d'aliments d'origine animale à partir d'animaux élevés sur site	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non concerné car absence de voies de transfert
		<input checked="" type="checkbox"/> Air ambiant		<input type="checkbox"/> (8) Absorption cutanée de polluant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non concerné car absence de voies de transfert
Remblais de mauvaise qualité chimique	Métaux (arsenic, cuivre, mercure, nickel, plomb, sélénium et zinc)	<input checked="" type="checkbox"/> Sols	<input checked="" type="checkbox"/> Envol de poussières / contact direct → (1), (2), (8)	<input checked="" type="checkbox"/> (1) Inhalation de polluant adsorbé sur les poussières du sol	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	En l'absence de couverture des sols sur les espaces verts de pleine-terre, l'inhalation de poussières peut se produire
		<input type="checkbox"/> Sols de surface ^(a)	<input type="checkbox"/> Volatilisation de composés volatils → (3), (4), (8)	<input checked="" type="checkbox"/> (2) Ingestion de sol/poussière	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	En l'absence de couverture des sols sur les espaces verts de pleine-terre, l'ingestion de poussières et de sols peut se produire
		<input checked="" type="checkbox"/> Sols racinaires ^(b)	<input type="checkbox"/> Migration par infiltration vers les eaux souterraines → (4), (5), (8)	<input type="checkbox"/> (3) Inhalation de polluant sous forme gazeuse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non concerné car absence de voies de transfert
		<input type="checkbox"/> Eaux souterraines	<input type="checkbox"/> Migration par les eaux de ruissellement → (4), (5), (8)	<input type="checkbox"/> (4) Inhalation de vapeur d'eau polluée ^(c)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non concerné car absence de voies de transfert
		<input type="checkbox"/> Eaux superficielles	<input type="checkbox"/> Perméation vers les canalisations d'eau potable → (4), (5)	<input type="checkbox"/> (5) Ingestion d'eau contaminée	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non concerné car absence de voies de transfert
		<input type="checkbox"/> Eaux du robinet	<input type="checkbox"/> Bioaccumulation dans les matrices végétales → (6), (7)	<input type="checkbox"/> (6) Ingestion d'aliments d'origine végétale cultivés sur site	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non concerné car absence de voies de transfert
		<input type="checkbox"/> Gaz du sol	<input type="checkbox"/> Bioaccumulation dans les matrices animales → (7)	<input type="checkbox"/> (7) Ingestion d'aliments d'origine animale à partir d'animaux élevés sur site	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non concerné car absence de voies de transfert
		<input type="checkbox"/> Air ambiant		<input type="checkbox"/> (8) Absorption cutanée de polluant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Absence de relations dose-réponse dans la littérature scientifique ^(d)

^(a) Sols compris entre 0 et 5 cm de profondeur.^(b) sols auxquels les racines des végétaux ont accès. Ils sont généralement compris en 0 et 50 cm pour les végétaux dont le système racinaire est peu dense et peu profond comme les légumes.^(c) 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).^(d) 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

Source primaire		Milieu dégradé à considérer (source secondaire)	Voies de transfert (et voies d'exposition associées)	Voies d'exposition	Cible / enjeux	Justification	
Origine de la pollution	Polluants				Usager Innervants Usager commerces		
HORS SITE							
Ancienne blanchisserie au droit de la parcelle AK402	PCE, et ses produits de dégradation TC et cis-1,2-DCE	<input type="checkbox"/> Sols	<input type="checkbox"/> Envol de poussières / contact direct → (1), (2), (8)	<input type="checkbox"/> (1) Inhalation de polluant adsorbé sur les poussières du sol	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non concerné car absence de voies de transfert
		<input type="checkbox"/> Sols de surface (a)	<input checked="" type="checkbox"/> Volatilisation de composés volatils → (3), (4), (8)	<input type="checkbox"/> (2) Ingestion de sol/poussière	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non concerné car absence de voies de transfert
		<input type="checkbox"/> Sols racinaires (b)	<input type="checkbox"/> Migration par infiltration vers les eaux souterraines → (4), (5), (8)	<input checked="" type="checkbox"/> (3) Inhalation de polluant sous forme gazeuse	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Du fait de la présence de composés volatils dans les sols, la nappe d'eau souterraine et les gaz du sol.
		<input checked="" type="checkbox"/> Eaux souterraines	<input type="checkbox"/> Migration par les eaux de ruissellement → (4), (5), (8)	<input checked="" type="checkbox"/> (4) Inhalation de vapeur d'eau polluée (c)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Les usagers à proximité du site peuvent être exposés via les conduites d'amenée d'eau potable.
		<input type="checkbox"/> Eaux superficielles	<input type="checkbox"/> Migration par les eaux de ruissellement → (4), (5), (8)	<input checked="" type="checkbox"/> (5) Ingestion d'eau contaminée	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Les usagers à proximité du site peuvent être exposés via les conduites d'amenée d'eau potable.
		<input type="checkbox"/> Eaux du robinet	<input checked="" type="checkbox"/> Perméation vers les canalisations d'eau potable → (4), (5)	<input type="checkbox"/> (6) Ingestion d'aliments d'origine végétale cultivés à proximité du site	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non concerné car absence de voies de transfert
		<input checked="" type="checkbox"/> Gaz du sol	<input type="checkbox"/> Bioaccumulation dans les matrices végétales → (6), (7)	<input type="checkbox"/> (7) Ingestion d'aliments d'origine animale à partir d'animaux élevés à proximité du site	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non concerné car absence de voies de transfert
		<input type="checkbox"/> Air ambiant	<input type="checkbox"/> Bioaccumulation dans les matrices animales → (7)	<input type="checkbox"/> (8) Absorption cutanée de polluant	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Absence de relations dose-réponse dans la littérature scientifique (d)

^(a) Sols compris entre 0 et 5 cm de profondeur.
^(b) sols auxquels les racines des végétaux ont accès. Ils sont généralement compris en 0 et 50 cm pour les végétaux dont le système racinaire est peu dense et peu profond comme les légumes.
^(c) 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).
^(d) 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

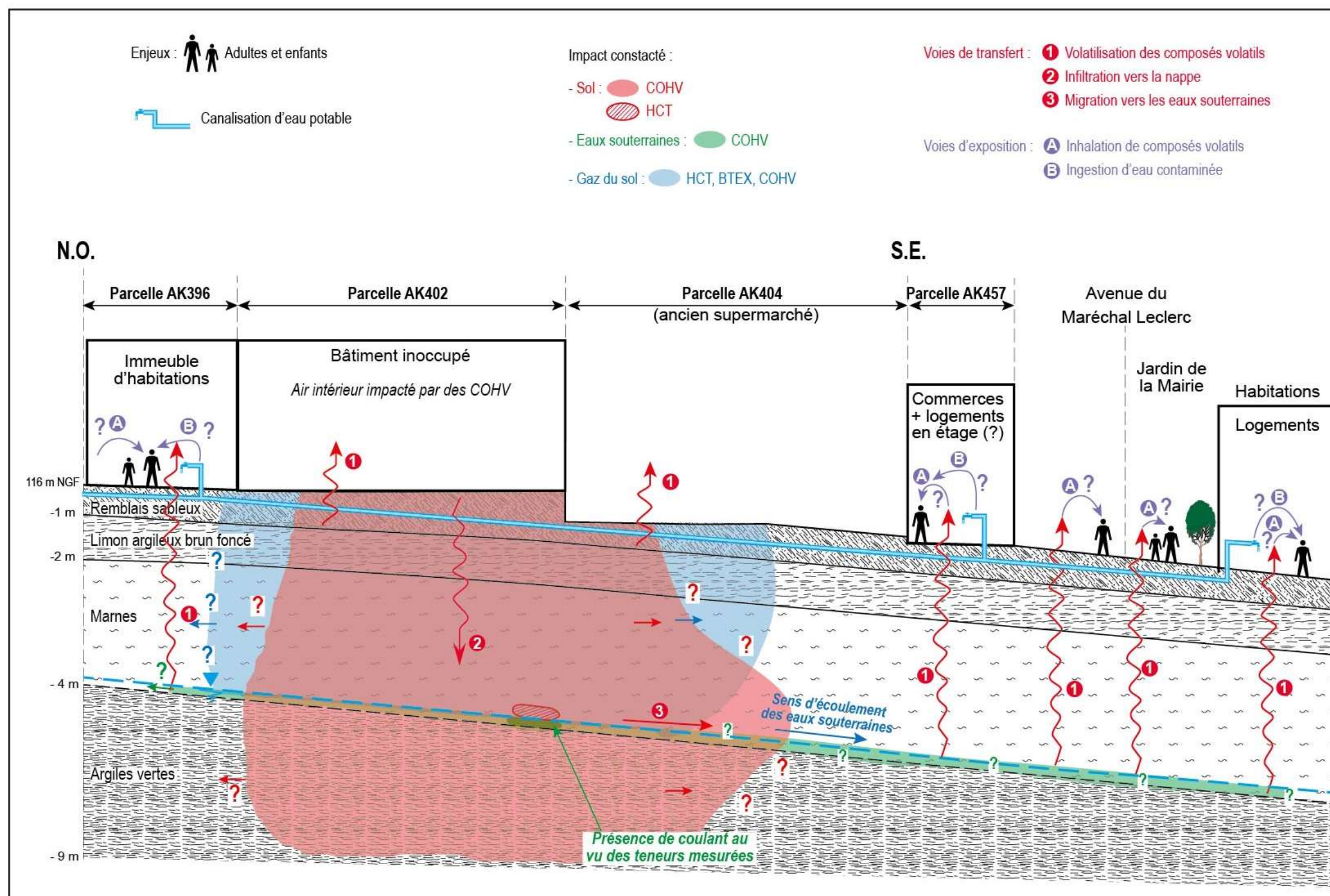


Figure 23 : Schéma conceptuel mis à jour – Axe NO / SE

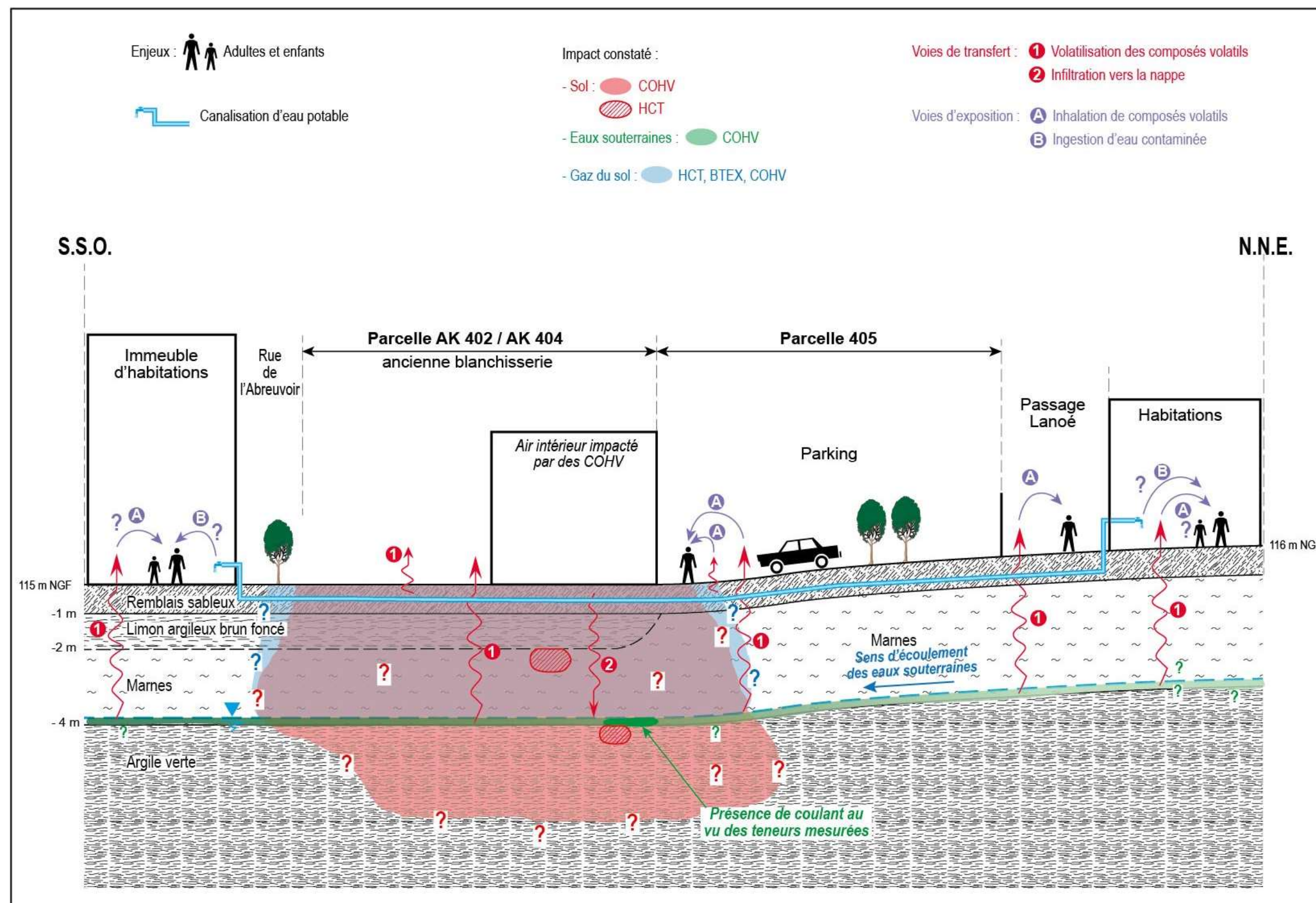


Figure 24 : Schéma conceptuel mis à jour – Axe SSO / NNE

8. Détermination des zones de pollution concentrée

8.1 Méthodologie nationale

8.1.1 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 zones 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.

8.1.2 Notion de sources - transferts - cibles

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

Généralement, une source 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.

8.1.3 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.

La pollution en COHV au droit du site est présente dans les sols sous forme de phase dans la porosité du sol ou adsorbée sur les grains de sols. Il s'est mis en place un équilibre multiphasique entre les sols, les eaux souterraines et les gaz des sols. Il est possible à l'aide de logiciel de calculs de déterminer la répartition des polluants dans chaque comportement du milieu (sur la base de l'acquisition de données complémentaires de granulométrie et de fraction organique des sols notamment), mais ce qu'il faut retenir c'est que la masse de polluants est essentiellement présente sous forme de phase organique DNAPL et adsorbée sur les grains de sols, et alimente les milieux eaux souterraines et air des sols par des processus de solubilisation et volatilisation.

Pour cette raison, les seuils de coupure se baseront sur le milieu sol. Les milieux eaux souterraines et gaz du sol n'intégrant qu'une partie des impacts (fraction dissoute et fraction volatile). 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, et compte-tenu des données disponibles, les méthodes 3 et 4 seront appliquées, en association avec la méthode 2.

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

8.2 Détermination des seuils de coupure

8.2.1 Applicabilité aux composés à l'origine des impacts

Le plan de gestion et la détermination des seuils de coupure sera établi et appliqué aux composés ayant été identifiés et quantifiés lors des diagnostics à savoir les COHV. La recherche de seuils de coupure ne sera pas appliquée aux HCT et HAP, les impacts étant très ponctuels et modérés. Toutefois ces impacts étant situés dans les zones de forts impacts en COV, ils pourront être traités, selon la technique, en même temps que les impacts en COHV.

Aucun seuil de coupure ne sera défini non plus pour les métaux, les anomalies étant modérées et dispersées au droit de la couche de remblais, ils ne constituent donc pas une source concentrée de pollution.

8.2.2 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.

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. La délimitation des mailles a été réalisée par équidistance entre deux points de sondages où des données sur les sols sont disponibles (coupes de sondages et résultats d'analyses en laboratoire).

Des coupes de terrain ont été établies par profondeur depuis la surface jusqu'à 8 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, un maillage a été défini par équidistance des points de sondages ;

- pour l'extension verticale, aucune extrapolation n'est réalisée.

Les emprises des zones de pollution sont représentées sur les **Figures 24 à 31**.

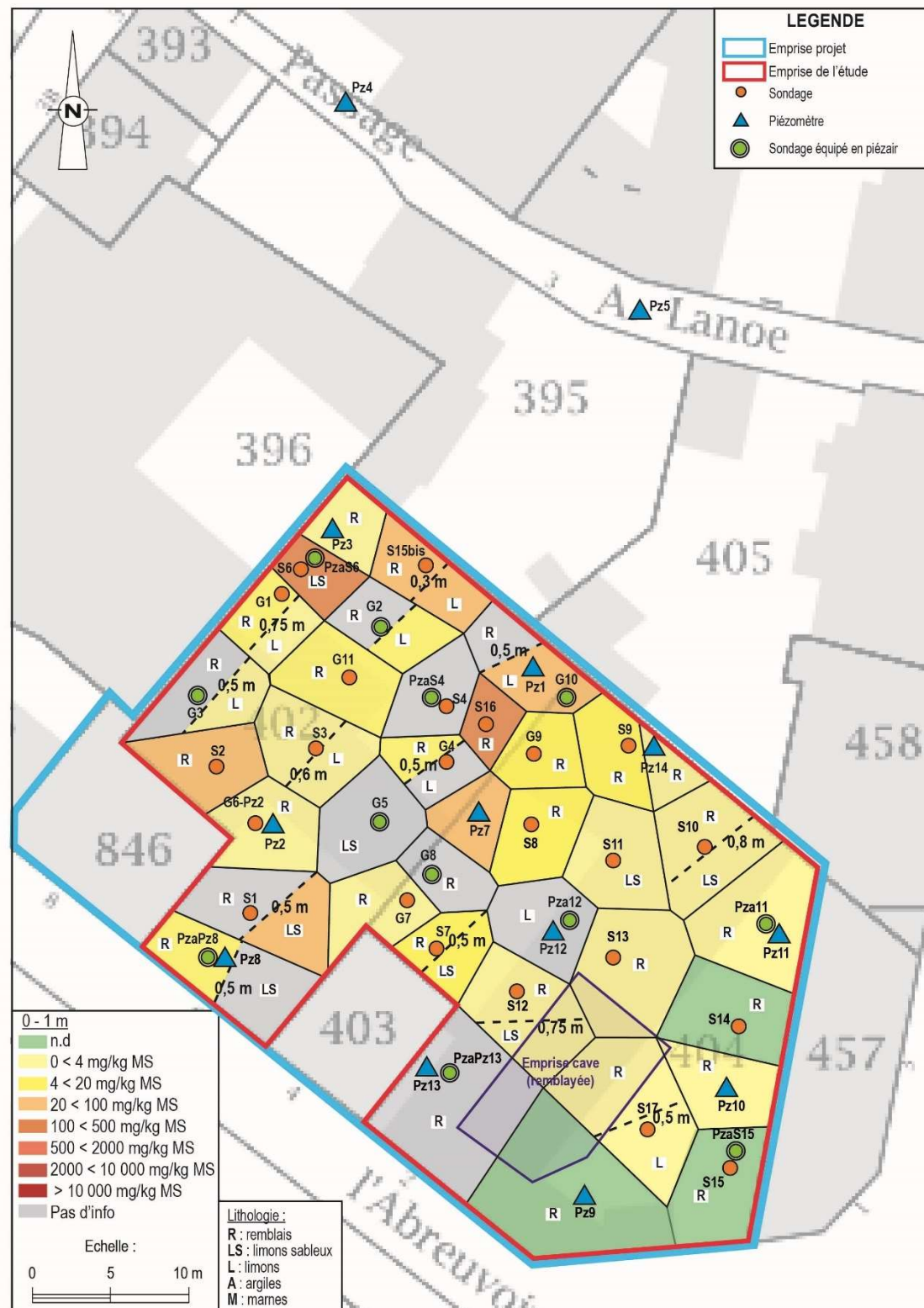


Figure 25 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 0 à 1 m

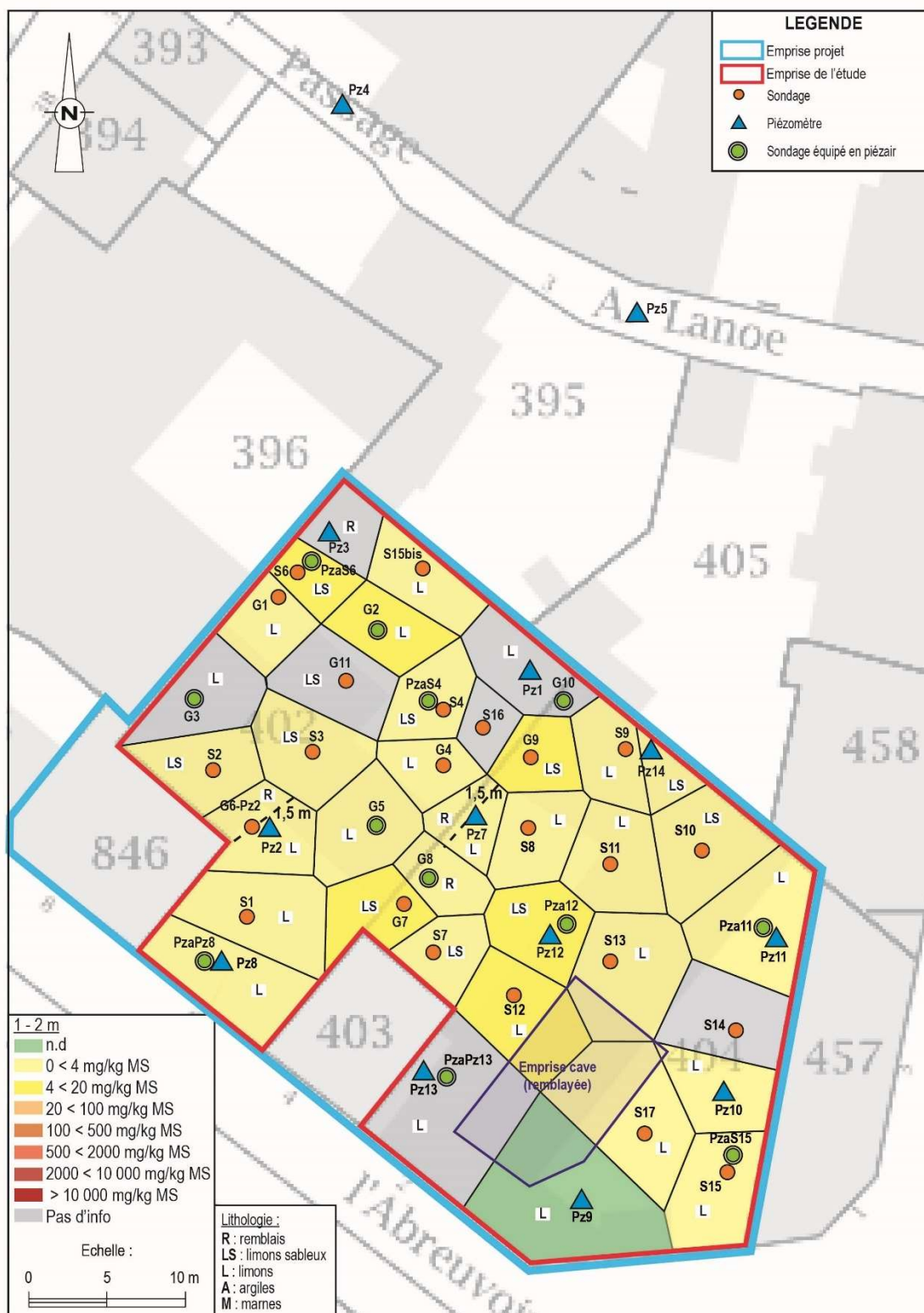


Figure 26 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 1 à 2 m

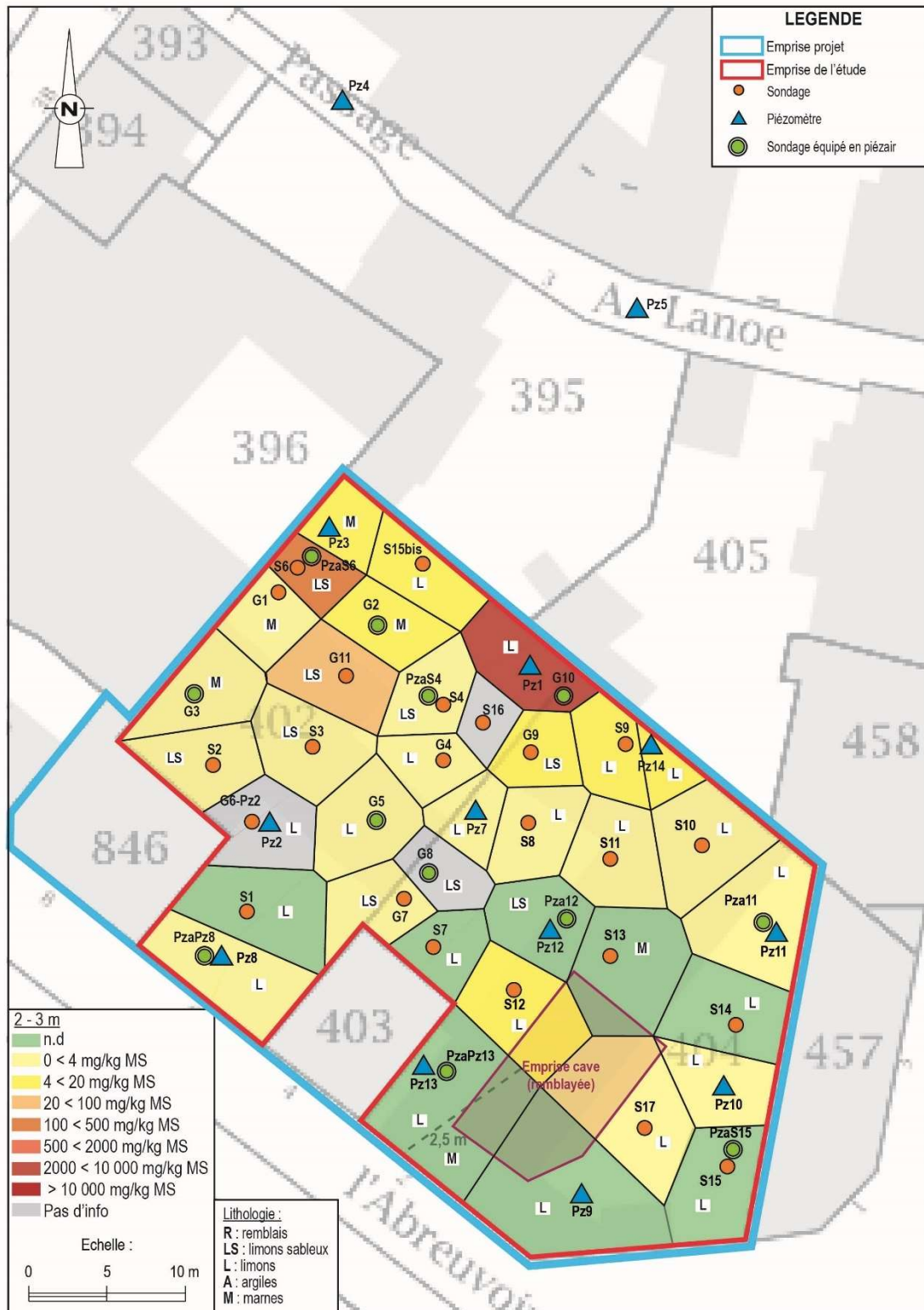


Figure 27 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 2 à 3 m

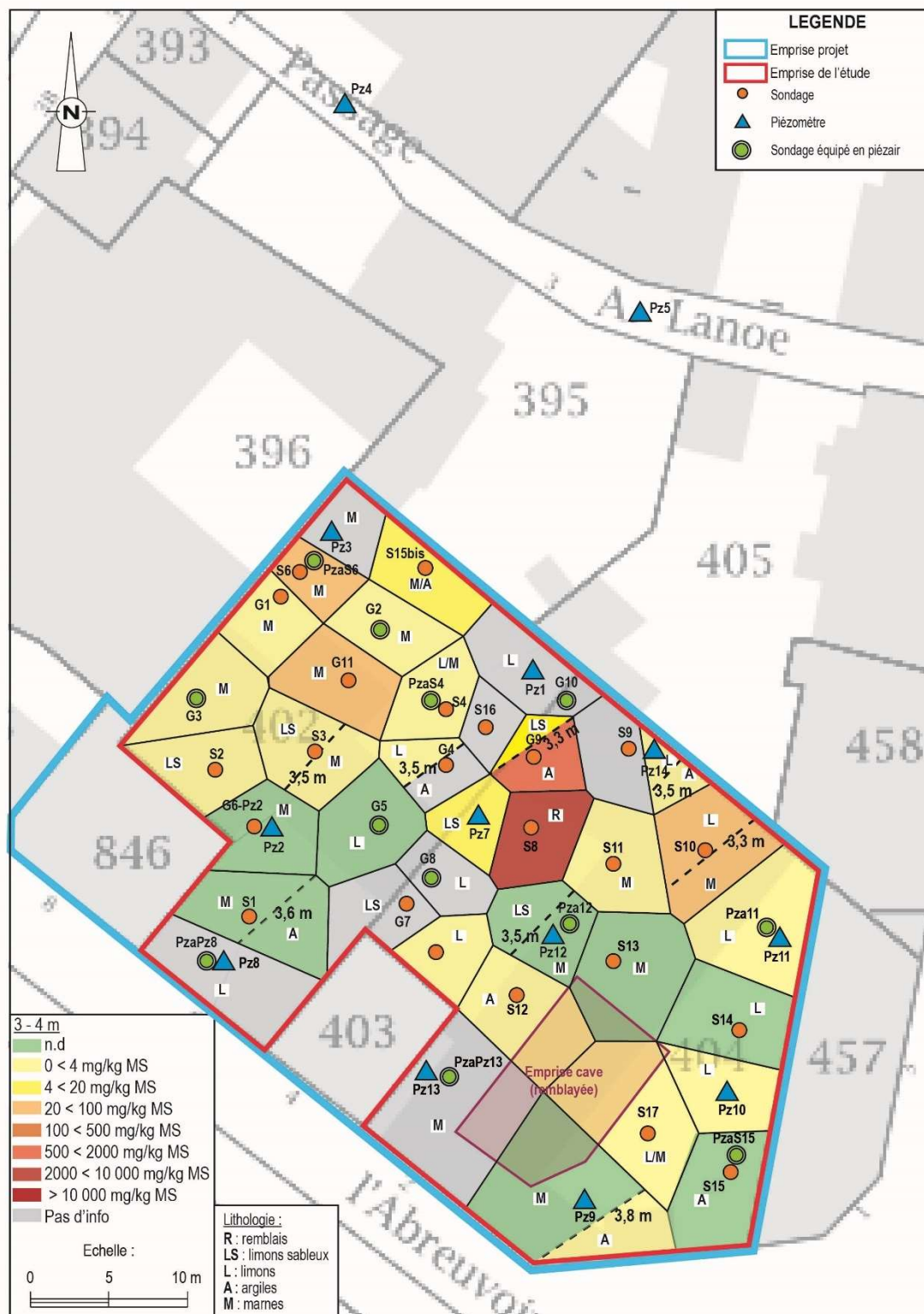


Figure 28 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 3 à 4 m

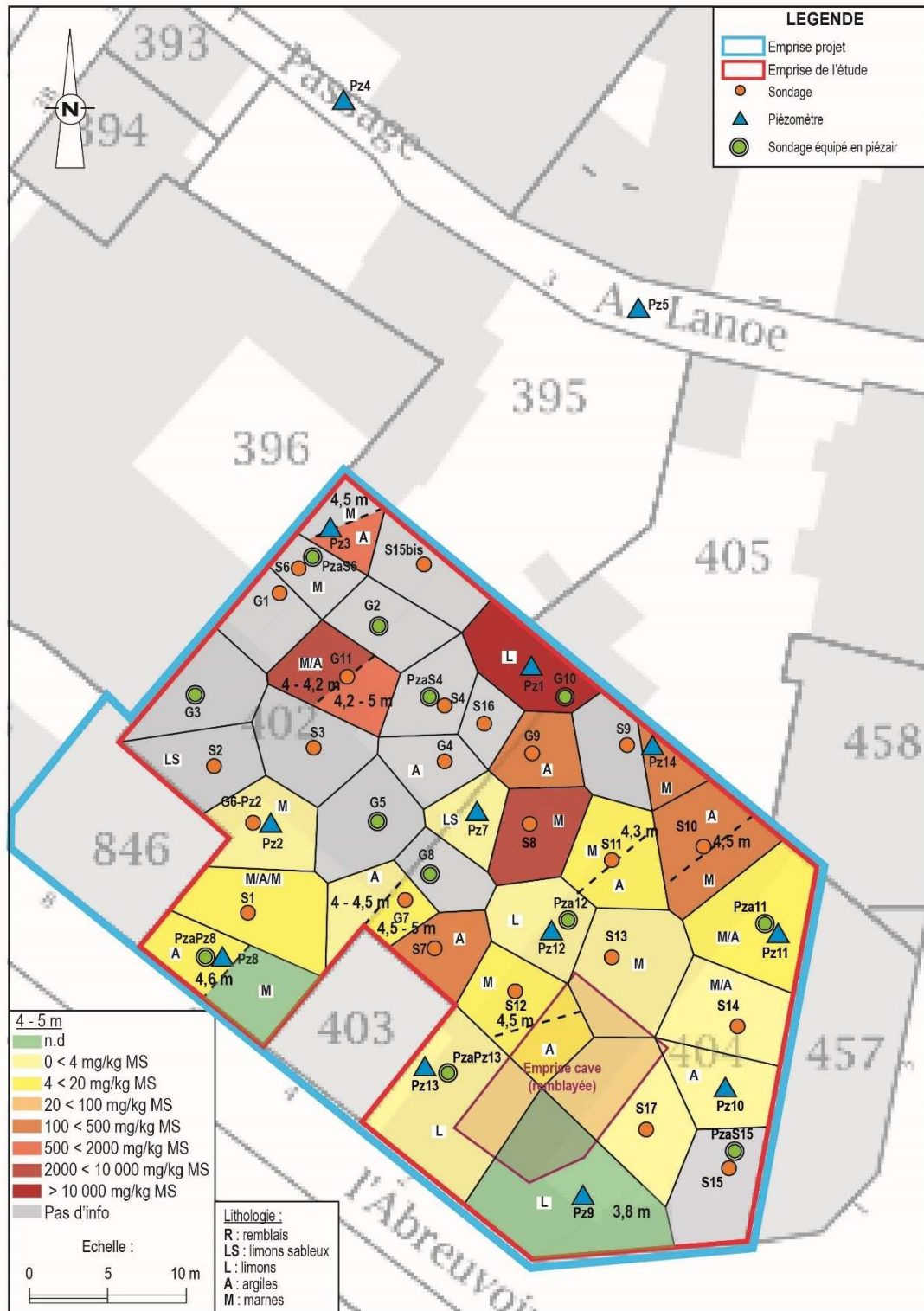


Figure 29 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 4 à 5 m

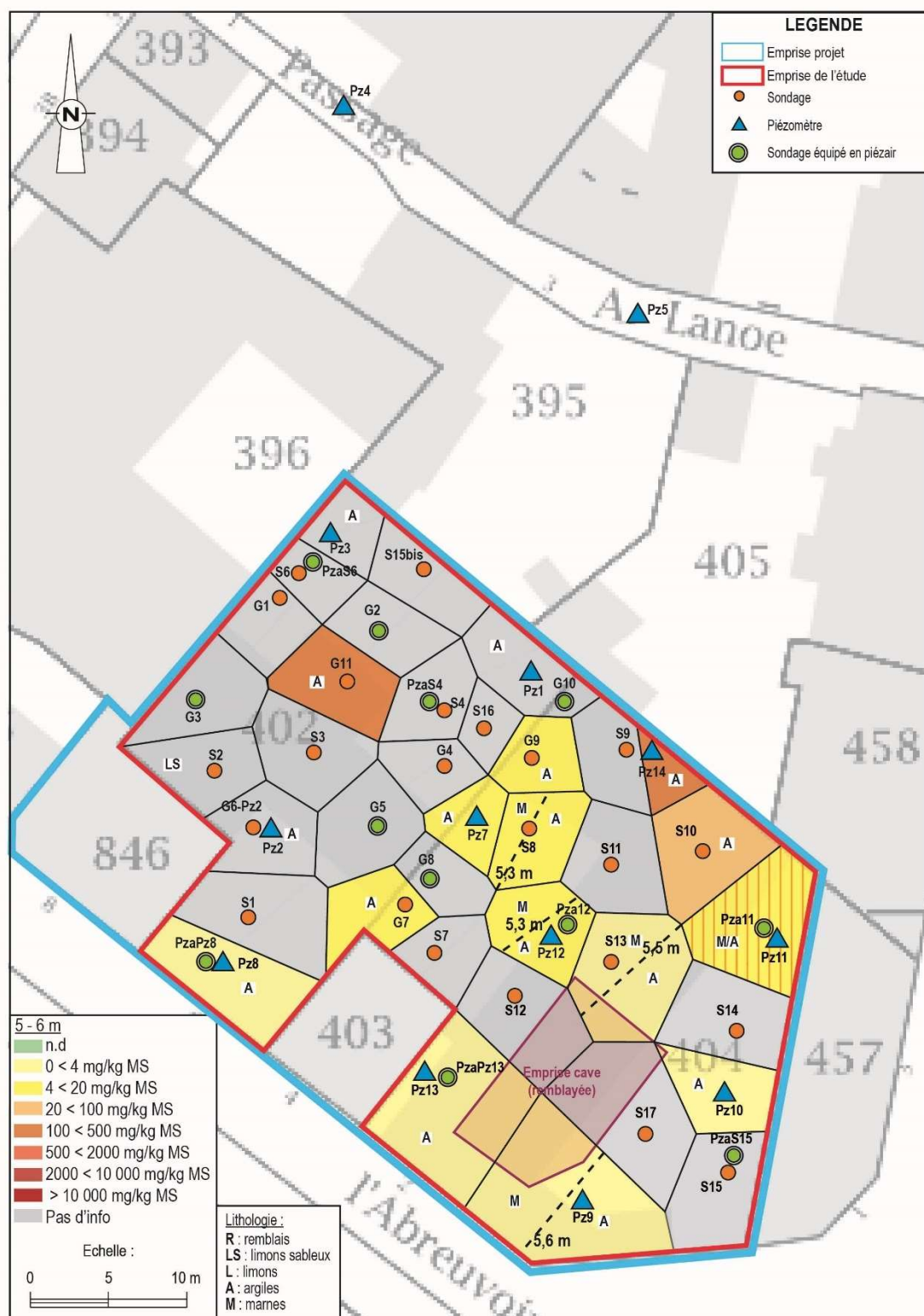


Figure 30 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 5 à 6 m

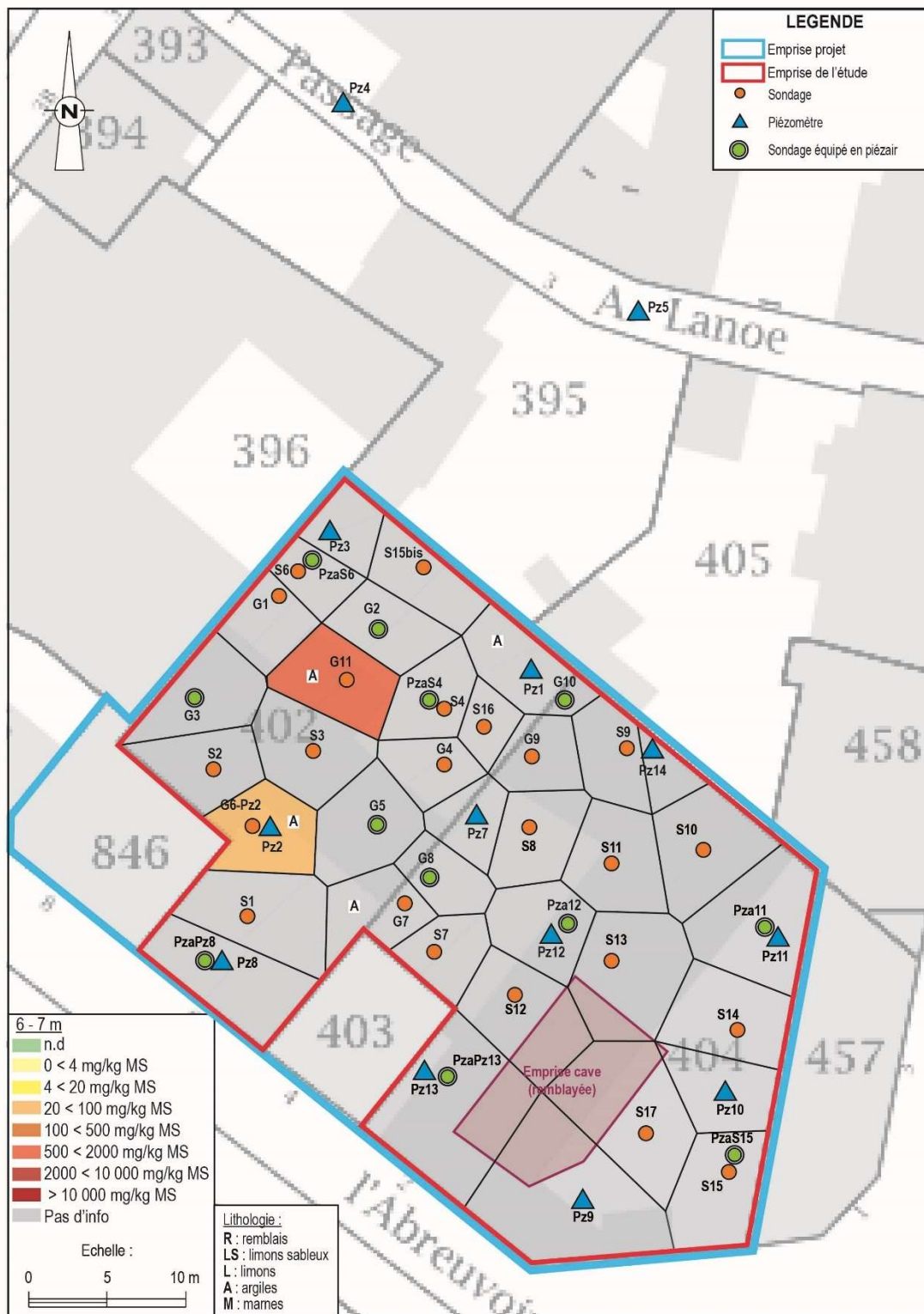


Figure 31 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 6 à 7m

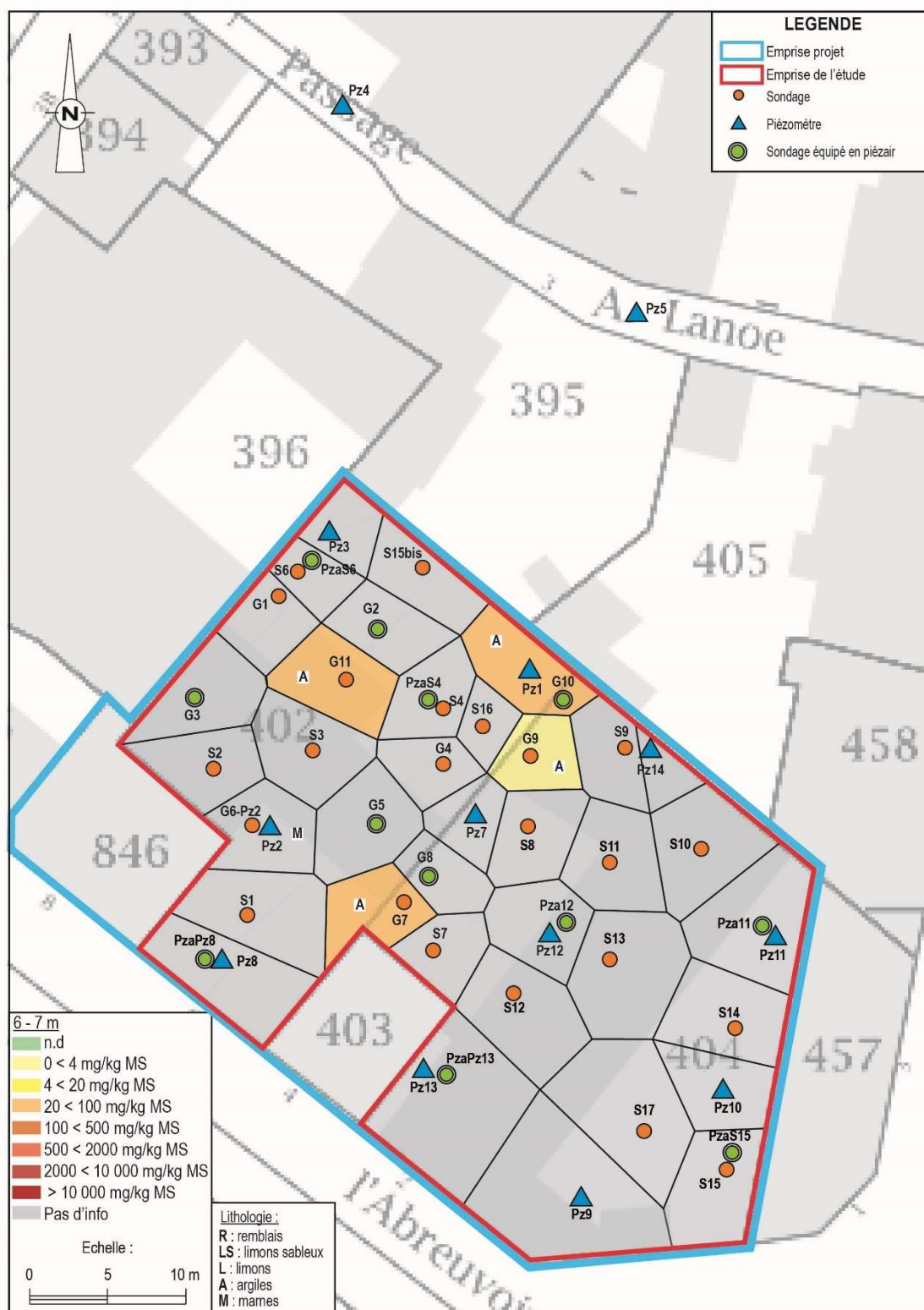


Figure 32 : Localisation des concentrations en COHV dans les sols de 7 à 8 m

► Bilan :

Il ressort de cette approche l'identification d'une zone de pollution concentrée dans les sols de la partie nord et nord-est du site, et dans la partie centrale en moindre mesure.

Cette zone de pollution concentrée contribue aux panaches dans les eaux souterraines vers l'aval hydraulique. Les impacts sont présents ponctuellement dès la surface dans la partie nord de la parcelle AK402. Les concentrations les plus élevées se situent essentiellement dans les marnes à l'interface entre les marnes et les argiles vertes compactes, entre 4 et 6 m de profondeur. A noter que très peu de données sont disponibles au-delà, mais que les impacts semblent s'atténuer à partir de 6 à 7 m de profondeur (G11).

8.2.3 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 la somme des COHV et les résultats sont présentés dans le **Tableau 16** et sur la **Figure 29**.

Tableau 16 : Critères statistiques des données pour les COHV

	Médiane	Percentile 60	Percentile 70	Percentile 80	Percentile 90	Maximum	Nbre données
Somme des COHV (mg/kg MS)	3.8	10	10	20	110	17670	169

A noter, que les données disponibles pour les COHV sont suffisamment abondantes pour valider la représentativité de cette méthode. La méthode s'est basée sur 169 analyses de COHV supérieures à la limite de quantification du laboratoire. Les valeurs inférieures à la limite de quantification sont exclues de l'étude car elles n'apportent rien pas d'information pour la méthode par distribution. Toutefois nous aurions pu considérer les valeurs inférieures à la limite de quantification, égales à cette limite de quantification, ce qui aurait eu pour effet de baisser la valeur de la médiane et des percentiles du site, ceci n'a toutefois pas d'incidence sur la définition des seuils de coupure.

D'après le graphique de l'étude de la distribution des teneurs en COHV, on observe une première rupture de pente vers 200 mg/kg, qui correspondrait au bruit de fond du site. Une seconde rupture de pente est visible vers 2 750 mg/kg au-delà duquel les teneurs sont peu nombreuses et sont représentatives des teneurs très anormales du site.

Sur la base des observations graphiques de l'étude de la distribution des polluants, le seuil de coupure définissant la zone de pollution concentrée pourrait être établi à 200 mg/kg pour la somme des COHV, ce qui représente 8% des échantillons analysés qui seraient à traiter.

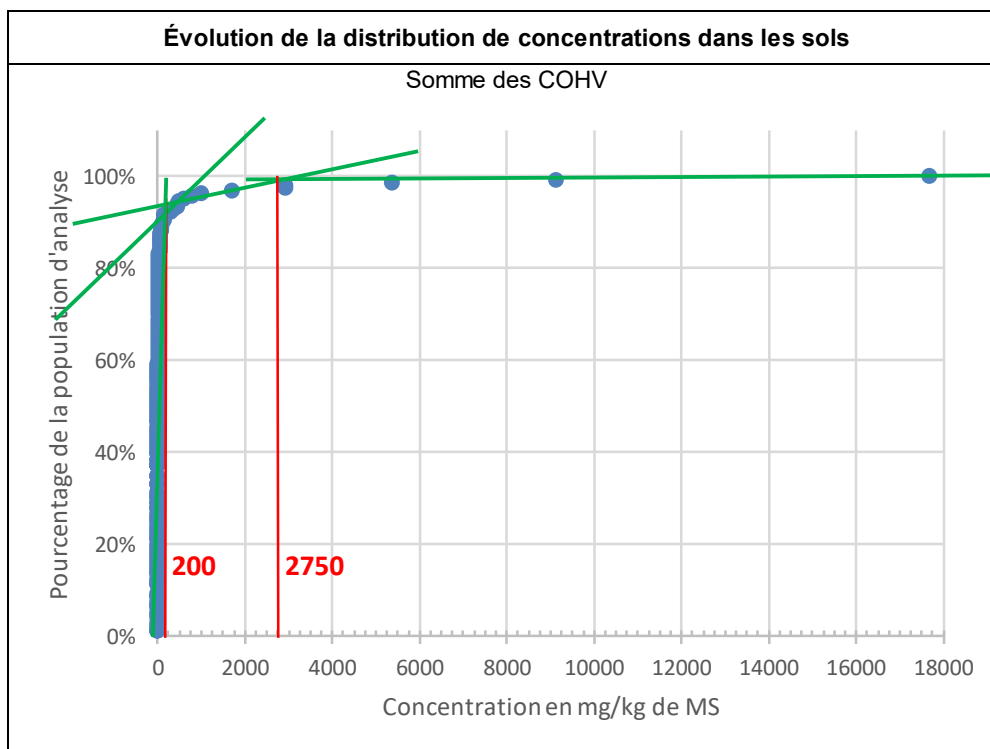


Figure 33 : Distribution des résultats d'analyses pour les COHV

8.2.4 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'iso-concentrations pour chaque horizon jugé pertinent ;
- calculer les volumes de sol correspondant à chaque plage de concentration (définie par chaque couple de courbes d'iso-concentrations) ;
- 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 pour le bilan massique est celui de la zone impactée, dont l'emprise a été divisée en mailles représentées chacune par un sondage, sur la profondeur maximale étudiée jusqu'à 8 m pour certaines zones.

Pour les concentrations en COHV 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 17 et la figure 30.

Les seuils de coupures théoriques déduits des calculs réalisés sont de 100 mg/kg MS pour les COHV (97% de la masse de polluant traité en ne traitant que 9 % du volume de sol).

D'autres seuils auraient pu être proposés car présentant également de bons rendements :

- le seuil de 500 mg/kg permet d'extraire (94% de la masse de polluant traité en ne traitant que 6 % du volume de sol),
- le seuil de 2 000 mg/kg permet d'extraire 88% de la masse de polluant traité en ne traitant que 1 % du volume de sol.

Le seuil de 100 mg/kg est préconisé, même si le ratio polluant extrait ou traité / masse de sol mise en traitement est moins favorable, car :

- Après traitement les teneurs en composés dissous seront nettement atténuées dans les eaux souterraines et dans les gaz des sols sur le site, abaissant les niveaux de risques sanitaires sur site ;
- Le panache de composés dissous dans les eaux souterraines sera moins concentré et plus court, favorisant une acceptabilité sociale du projet, notamment en lien avec les risques hors sanitaires hors site ;
- En termes de coût de travaux sur site ce seuil est pénalisant ; en revanche il pourrait être avantageux en termes de traitement de nappe complémentaire si le panache hors site s'avérait trop concentré.

Les retours d'expérience de BURGEAP à des pollutions en chloroéthènes en milieux urbain sont défavorables au maintien de seuils de l'ordre de 1000 mg/kg (fortes concentrations résiduelles dans les gaz des sols et dans les panaches de dissous).

Tableau 17 : Données pour la détermination du seuil de coupure des COHV 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 (Dsol= 1.8)	Volume de sol mis en traitement (m3)	Volume de sol mis en traitement (%)	Volume de sol dans l'intervalle de volume / volume total	Masse de polluant dans l'intervalle / masse totale de polluant	Masse de polluant cumulée (kg)	Masse de polluant cumulée (%)
Tranche	>0	/	<=4	0	1	3 025	8	5 293	100%	57%	0%	3 147	100%
Tranche	>4	/	<=20	4	10	1 135	21	2 269	43%	21%	1%	3 140	100%
Tranche	>20	/	<=100	20	48	649	56	1 134	21%	12%	2%	3 119	99%
Tranche	>100	/	<=500	100	285	190	97	485	9%	4%	3%	3 063	97%
Tranche	>500	/	<=2000	500	1 017	104	190	296	6%	2%	6%	2 966	94%
Tranche	>2000	/	<=5000	2000	2 923	60	316	192	4%	1%	10%	2 776	88%
Tranche	>5000	/	<=10000	5000	7 249	92	1 207	132	2%	2%	38%	2 460	78%
Tranche	>10000	/	<=18000	10000	17 670	39	1 253	39	1%	1%	40%	1 253	40%
TOTAL						5 293	3 147			100%	100%		

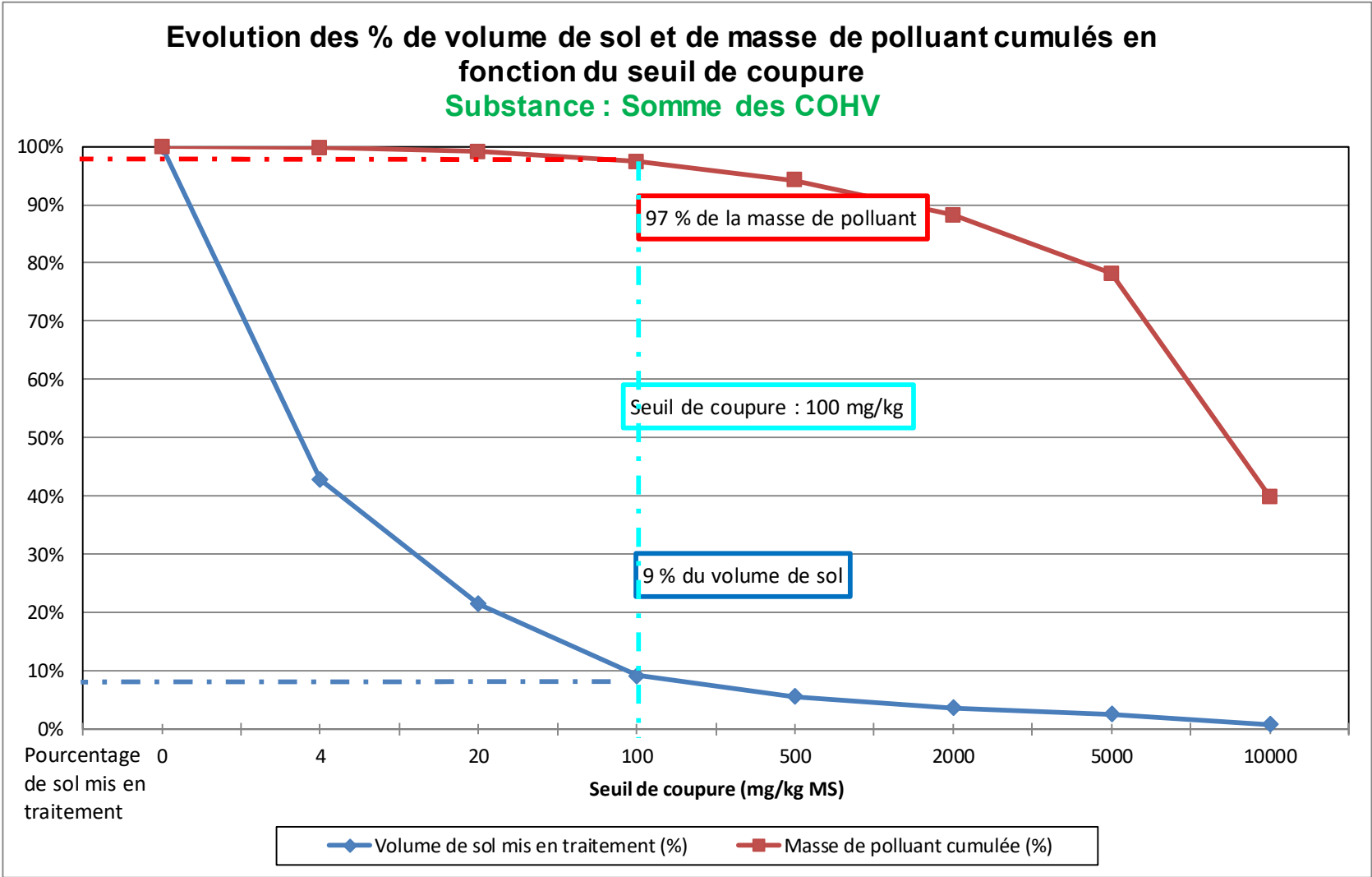


Figure 34 : Graphique d'évolution des pourcentages de volume de sol et de masse de polluant cumulés en fonction du seuil de coupure

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

8.3.1 Seuil de coupure

Ainsi, les différentes méthodes font apparaître des seuils de coupure d'environ 200 mg/kg pour la distribution et de 100 mg/kg pour le bilan massique. Le seuil défini par le bilan massique sera préférentiellement retenu, considérant que cette méthode est plus précise que l'étude de distribution.

Pour la suite du Plan de Gestion, nous retiendrons donc le **seuil de coupure de 100 mg/kg MS¹ pour la somme des COHV**.

8.3.2 Représentation cartographique et bilan de masse

La représentation cartographique des zones de pollution concentrée a été reprise et adaptée pour y faire figurer les seuils de coupure pour chaque composé. Elle est présentée sur les figures 31 à 37 en pages suivantes. Le Tableau 18 précise l'emprise des zones concentrées établies à partir des paragraphes précédents et du seuil de coupure.

Nota : *En l'absence de données sur certaines mailles pour certaines couches, nous avons extrapolé les impacts sur ces mailles si elles sont comprises latéralement entre des mailles impactées ou proches d'une couche très impactée. Par exemple les impacts sur le sondage S16 présentant une forte teneur sur le premier mètre (0-1 m) ont été extrapolés jusqu'à 6 m de profondeur en absence d'analyses plus profondes, car la maille se situe dans la zone historique d'entrée des COHV dans les sols, et entre des mailles elles-mêmes impactées (Pz1, G9). De la même manière, des extrapolations verticales ont été réalisées lorsque la couche n'était pas analysée (Pz1).*

Une distinction a été réalisée entre les zones de pollution concentrée de 100 à 500 mg/kg MS et les zones de pollution très concentrée (au-delà de 500 mg/kg) dans la mesure où des modes de traitement de la pollution pourront être appliqués. Nous avons distingué la zone non saturée (jusqu'à 3,5 m de profondeur) et la zone saturée (à partir de 3,5 m de profondeur).

Le volume total des terres polluées à gérer de manière spécifique est estimé, avec les incertitudes citées précédemment, à 1 060 m³, soit environ 1 900 tonnes. Ce volume est réparti de la façon suivante : 220 m³ en zone non saturée dont 180 m³ d'impact très concentrés (> 500 mg/kg MS), et 840 m³ en zone saturée, dont 440 m³ d'impact très concentrés.

Ces volumes s'inscrivent dans une superficie à traiter d'environ 250 m² pour les zones concentrées (100<<500 mg/kg MS) et d'environ 275 m² pour les zones très concentrées (>500 mg/kg MS).

A noter que les impacts en hydrocarbures, HAP, seront, soit traités dans le cadre des zones sources concentrées en COHV, soit évacués hors site dans le cadre de la création du niveau de sous-sol ; excepté l'impact en HAP au droit de Pz10 de 1 à 2 m (70 mg/kg), toutefois, cet impact, compte-tenu de sa profondeur et de l'absence de naphthalène, n'est pas de nature à engendrer des risques pour les futurs usagers.

¹ Le seuil de coupure pourra être ajusté, après compléments de diagnostics et selon la mise à jour des résultats avec les méthodes utilisées, et éventuellement relevé entre 100 et 500 mg/kg

² Cette valeur de 3,5m est approximative et pourra être affiné dans le cadre d'une étude hydrogéologique spécifique, conseillée dans le cadre des futurs aménagements

Tableau 18 : Géométrie des zones concentrées

	Profondeur	Maille	Nom du sondage	Somme des COHV mg/kgMS	Surface		Toit horizon pollué	Base horizon pollué	Epaisseur	Volume	
ZNS	0 à 1 m	S16	S16 (0-1)	310	13.9	30.9	0	1	1	13.9	30.9
		S6	S6 (0-1)	145.5	17		0	1	1	17	
	1 à 2 m	S16/Pz1	-	extrapolé	53.3	53.3	1	2	1	53.3	53.3
	2 à 3 m	Pz1/S16	PZ1 (2.2 - 2.9)	5370.061	39.4	70.3	2	3	1	39.4	70.3
			S16	extrapolé	13.9		2	3	1	13.9	
		S6	S6 (2-3)	100.174	17		2	3	1	17	
	3 à 3.5 m	Pz1/S16/G9/S8	Pz1	extrapolé	39.4	124.6	3	3.5	0.5	19.7	62.3
			S9	extrapolé	21.3		3	3.5	0.5	10.65	
			G9 (3,9 m) MACAOH	1704.66	20		3	3.5	0.5	10	
			S16	extrapolé	13.9		3	3.5	0.5	6.95	
S8 3-4			2923.6	30	3		3.5	0.5	15		
ZS	3.5 à 4 m	Pz1/S16/G9/S8	Pz1	extrapolé	39.4	124.6	3.5	4	0.5	19.7	62.3
			S9	extrapolé	21.3		3.5	4	0.5	10.65	
			G9 (3,9 m) MACAOH	1704.66	20		3.5	4	0.5	10	
			S16	extrapolé	13.9		3.5	4	0.5	6.95	
			S8 3-4	2923.6	30		3.5	4	0.5	15	
	4 à 5 m	Pz1/G9/S8/S9/S16/S4/G11/G2/S15bis/Pz3/S6	PZ1 (4 - 4.25)	17670	39.4	274.7	4	5	1	39.4	274.7
			G9 (4,1 m) MACAOH	491.48	20		4	5	1	20	
			S8 4-5	2922.24	30		4	5	1	30	
			G11 (4)	9128	34.2		4	4.2	1	34.2	
			G11 (4,2)	609.2			4.2	5		34.2	
			PZ3 (4.5 - 5)	771.13	18.8		4	5	1	18.8	
			S15bis	extrapolé	27.3		4	5	1	27.3	
			S6	extrapolé	17		4	5	1	17	
			G2	extrapolé	26.8		4	5	1	26.8	
		S4	extrapolé	26	4	5	1	26			
		S16	extrapolé	13.9	4	5	1	13.9			
		S9	extrapolé	21.3	4	5	1	21.3			
		S7/S3/G4/G5/Pz7/G8	S7 (4-5)	461.5	22.5	233	4	5	1	22.5	233
S3	extrapolé		36.9	4	5		1	36.9			
G4	extrapolé		20.7	4	5		1	20.7			
G5	extrapolé		36.4	4	5		1	36.4			
Pz7	extrapolé		19.7	4	5		1	19.7			
G8	extrapolé		20.4	4	5		1	20.4			
G1	extrapolé		23.2	4	5		1	23.2			
Pz14/S10	Pz14 (4-5)	435.25	11.7	236.4	4	5	1	11.7	236.4		
	S10 (4-5)	133.5	41.5		4	5	1	41.5			
	5 à 6 m	G11/Pz14/Pz3/S15bis/Pz1/S9/S16/S4/G2/S6	G11 (5-6)		142.03	34.2	236.4	5		6	1
Pz14 (5-6)			349	11.7	5	6		1	11.7		
Pz3/S15bis/Pz1/S9/S16/S4/G2/S6			extrapolé	190.5	5	6		1	190.5		
6 à 7 m	G11	G11 (6-7)	984.89	34.2	34.2	6	7	1	34.2	34.2	

En rouge : zones de pollution concentrée de 100 à 500 mg/kg MS

En violet : zones de pollution très concentrées (au-delà de 500 mg/kg)

ZS : zone saturée

ZNS : zone non saturée

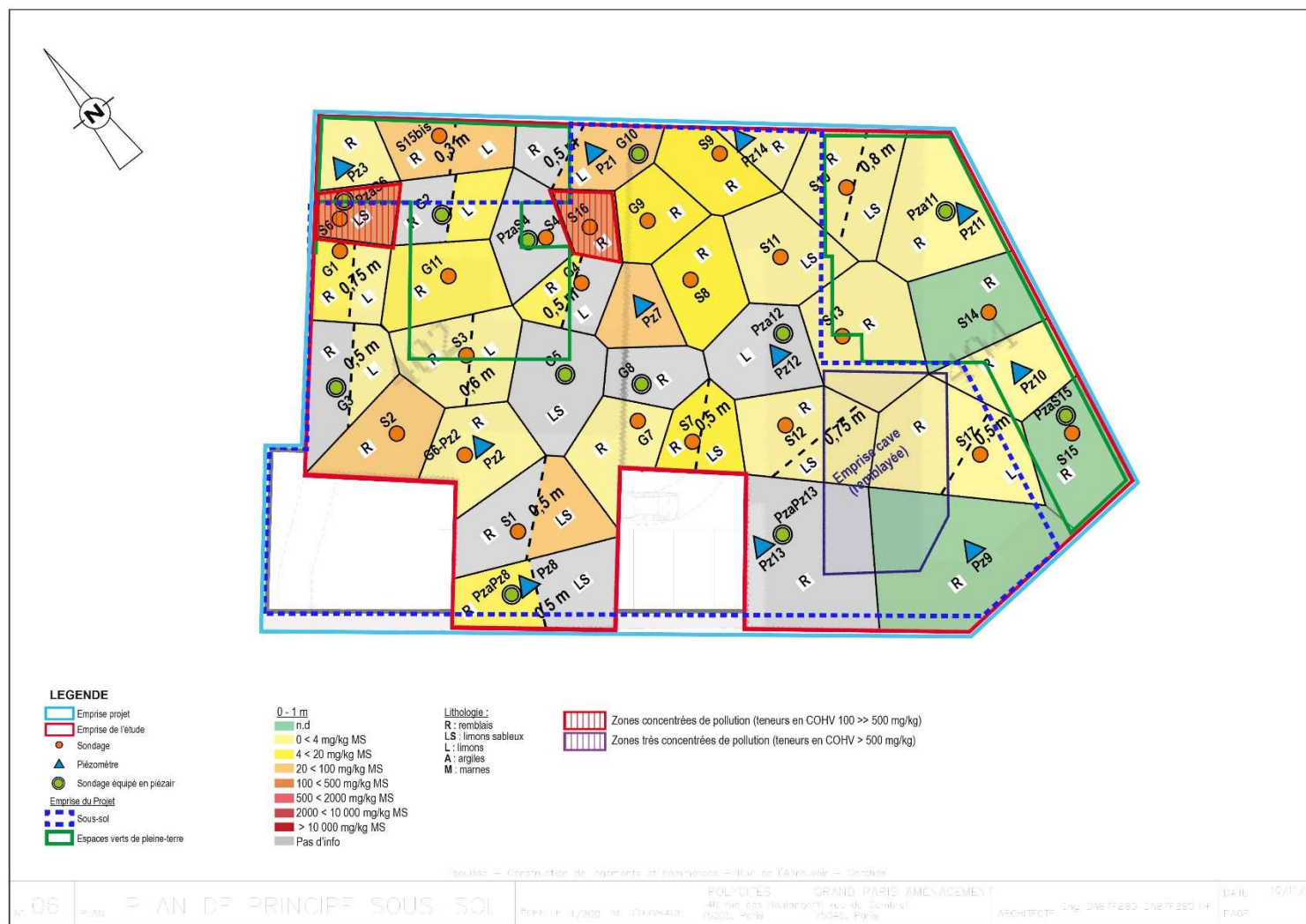


Figure 35 : Localisation des zones de pollution concentrée à traiter de 0 à 1 m

8. Détermination des zones de pollution concentrée

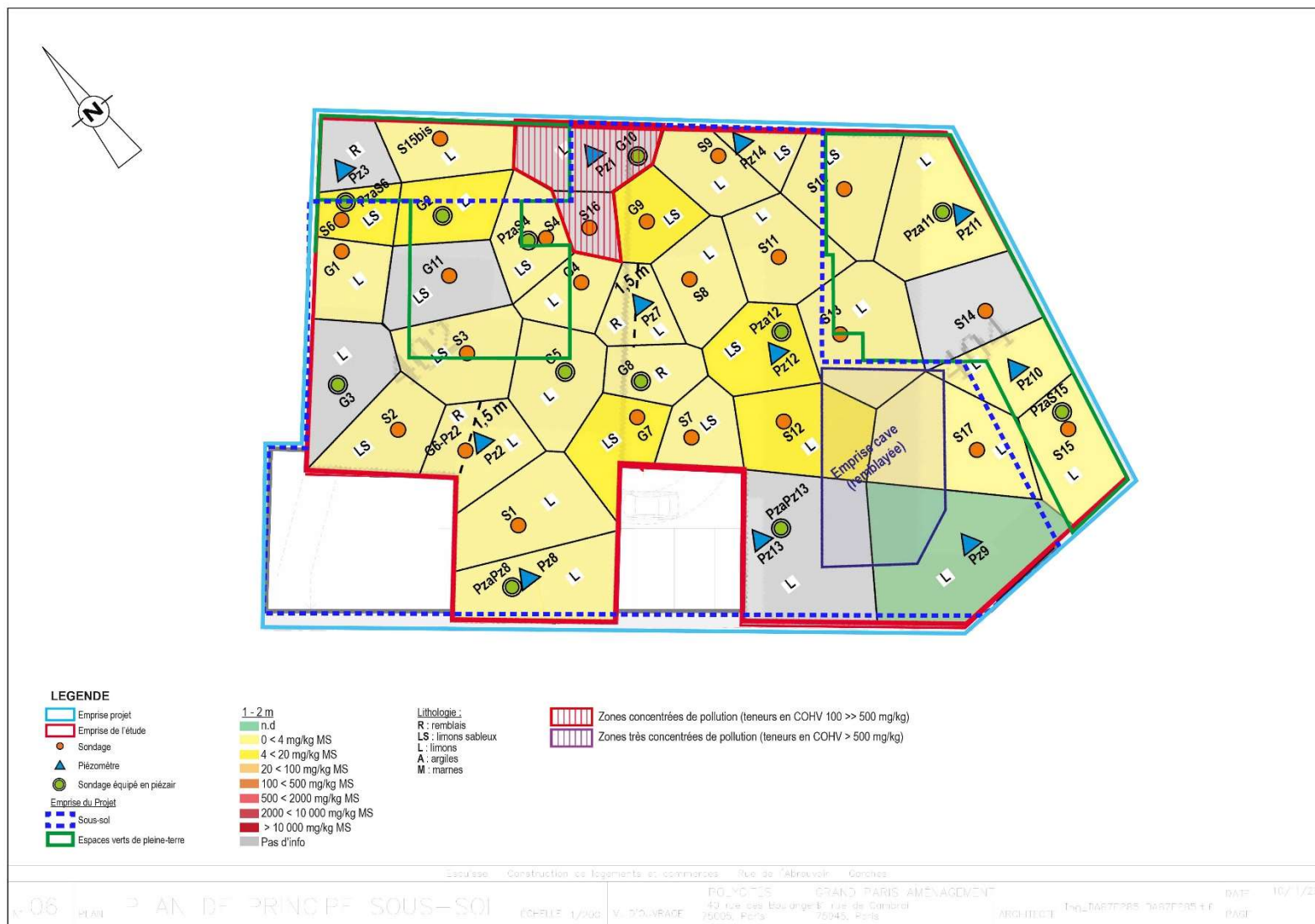


Figure 36 : Localisation des zones de pollution concentrée à traiter de 1 à 2 m

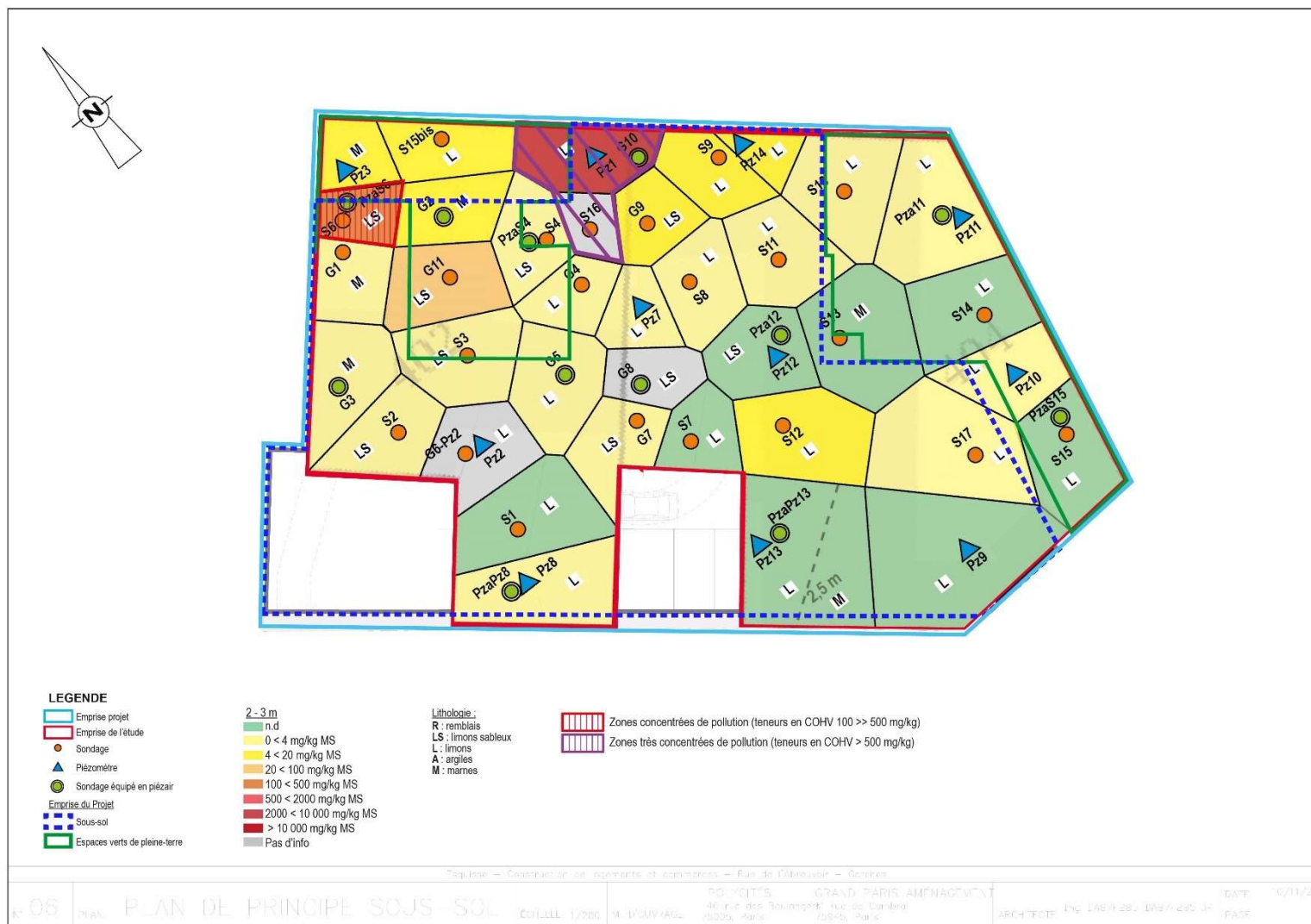


Figure 37 : Localisation des zones de pollution concentrée à traiter de 2 à 3 m

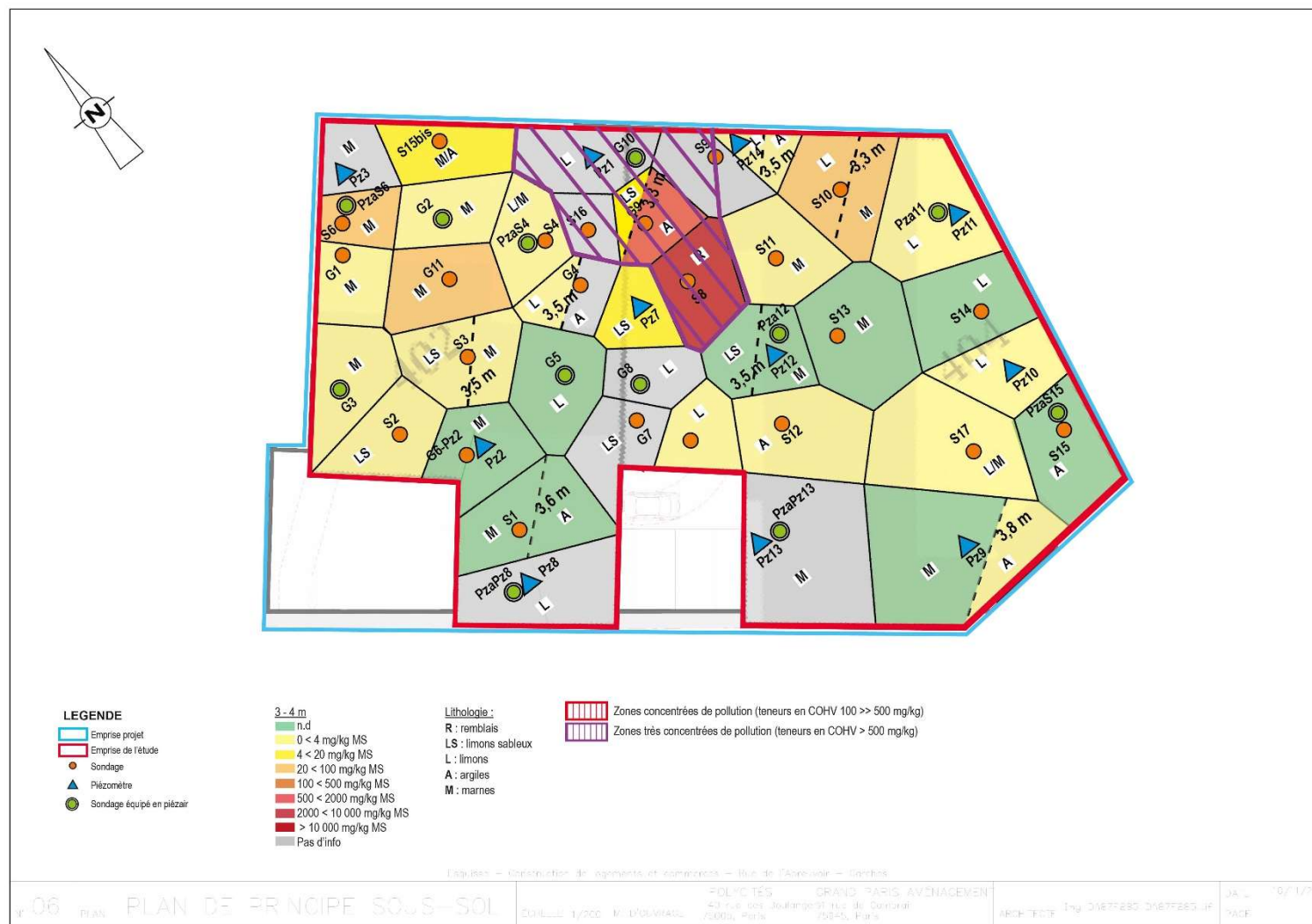
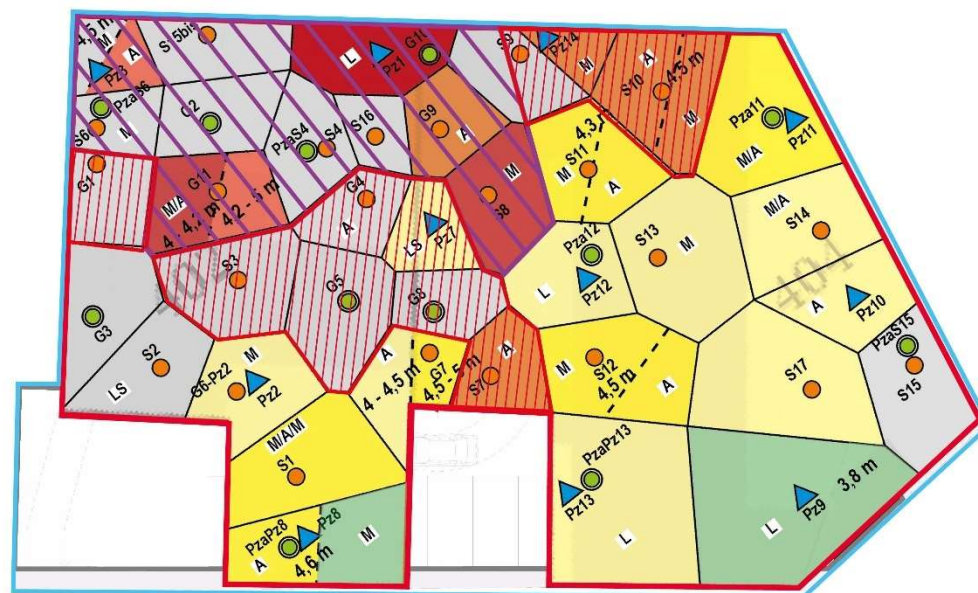
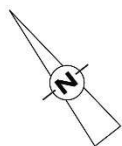


Figure 38 : Localisation des zones de pollution concentrée à traiter de 3 à 4m



LEGENDE

- Emprise projet
- Emprise de l'étude
- Sondage
- ▲ Piézomètre
- Sondage équipé en piézair

- 4-5 m**
- n.d
 - 0 < 4 mg/kg MS
 - 4 < 20 mg/kg MS
 - 20 < 100 mg/kg MS
 - 100 < 500 mg/kg MS
 - 500 < 2000 mg/kg MS
 - 2000 < 10 000 mg/kg MS
 - > 10 000 mg/kg MS
 - Pas d'info

- Lithologie :**
- R : remblais
 - LS : limons sableux
 - L : limons
 - A : argiles
 - M : marnes

- Zones concentrées de pollution (teneurs en COHV 100 >> 500 mg/kg)
- Zones très concentrées de pollution (teneurs en COHV > 500 mg/kg)

N°06	PLAN DE PRINCIPES SOUS SOL	Évaluation - Consultation de logements et commerces - Rue de l'Abbaye - Paris	POLYTES	GRAND PARIS AMÉNAGEMENT	DATE	10/11/2025
			40 rue des Boulangers - 75005 Paris	40 rue des Boulangers - 75005 Paris		
			ARCHITECTE	DRH	DRH	

Figure 39 : Localisation des zones de pollution concentrée à traiter de 4 à 5m

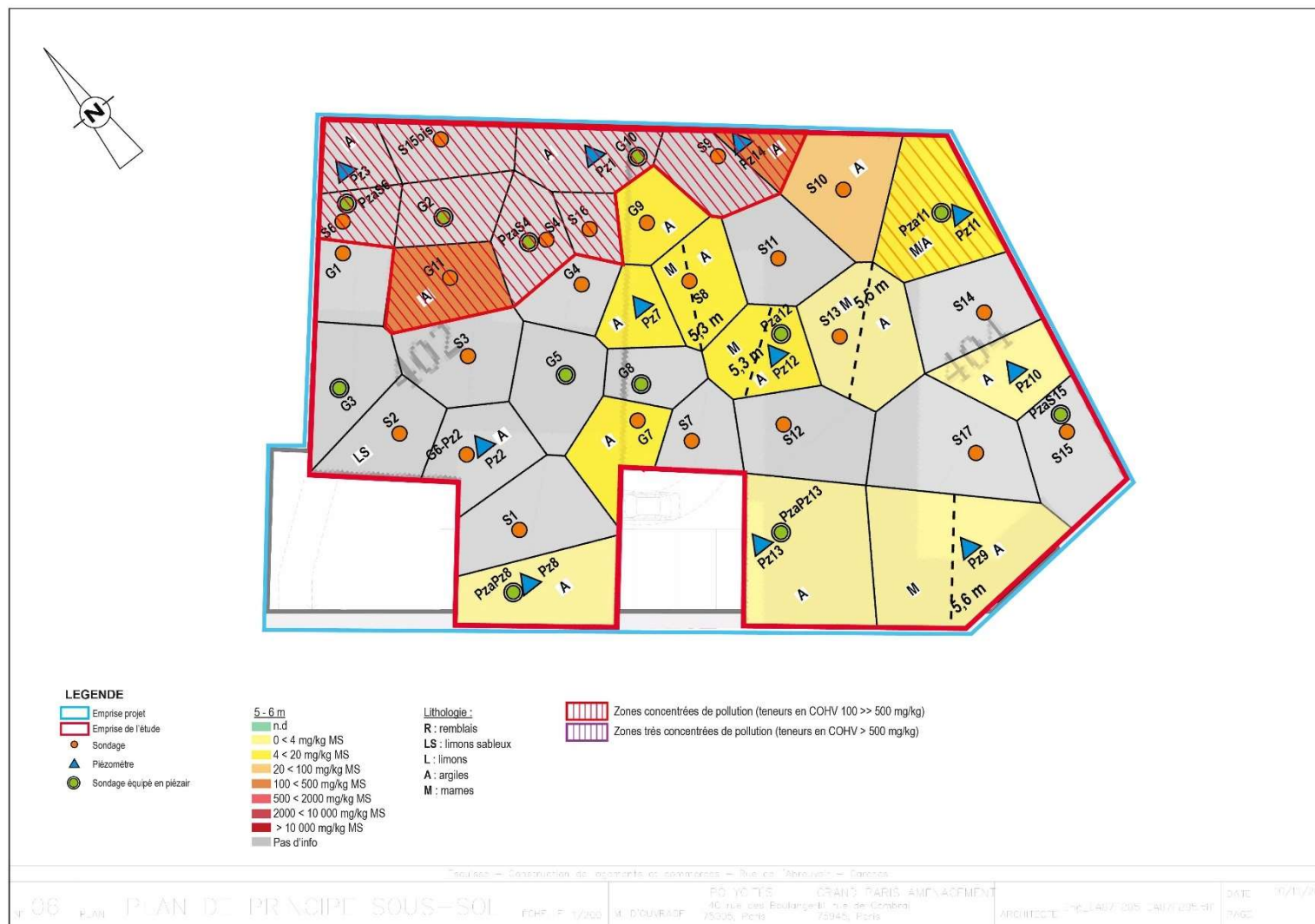


Figure 40 : Localisation des zones de pollution concentrée à traiter de 5 à 6 m

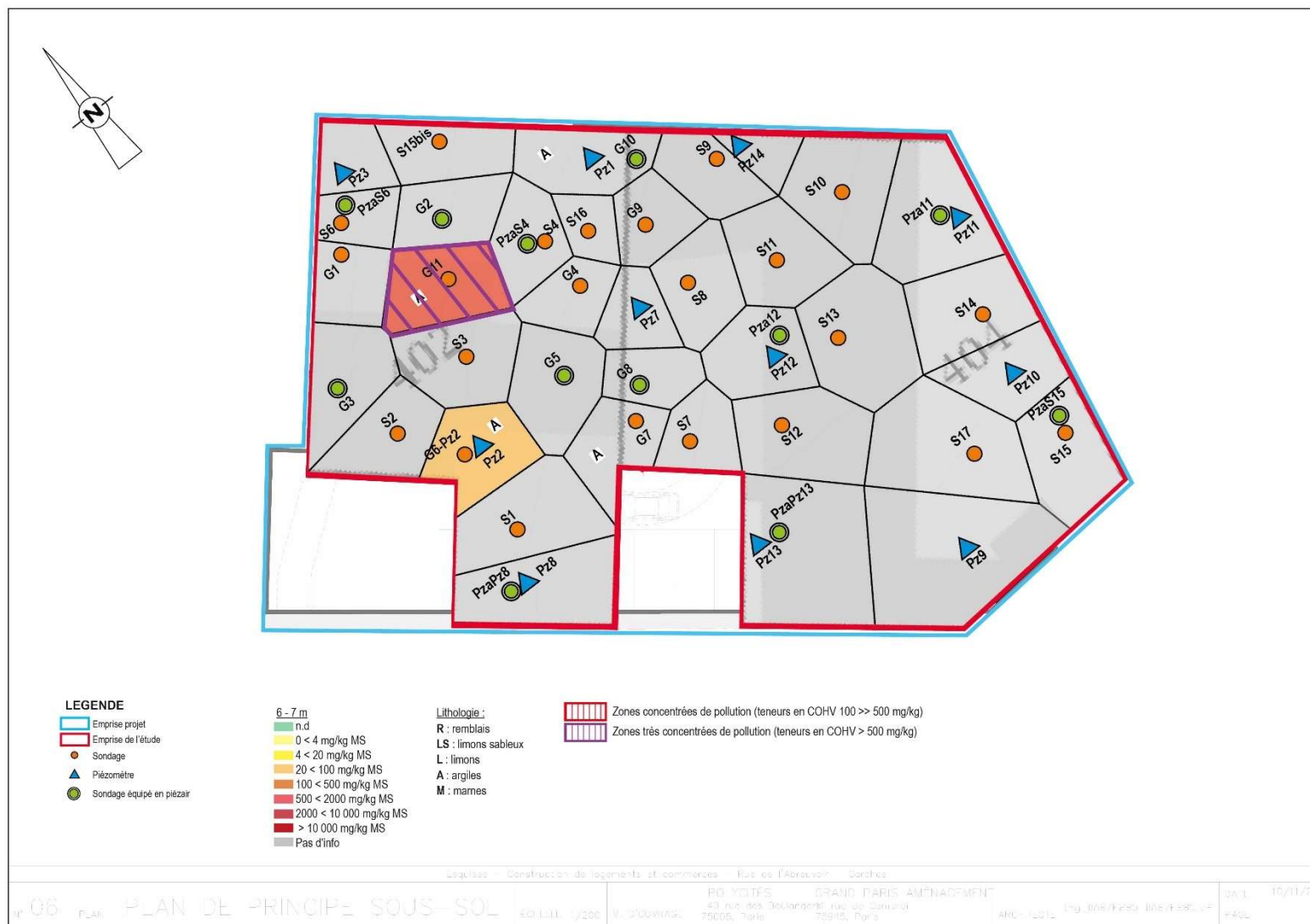


Figure 41 : Localisation des zones de pollution concentrée à traiter de 6 à 7 m

9. Plan de gestion

9.1 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 GINGER 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 » d'octobre 2014.

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 possible, techniquement et économiquement, 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.

9.2 Mesures constructives en lien avec la validation sanitaire des seuils de coupure

9.2.1 Enjeux à prendre en compte – Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) avant mise en œuvre des mesures constructives

Quelle que soit la technique de traitement mise en œuvre il subsistera dans les sols, les gaz du sol, la nappe, des impacts résiduels qui ne pourront pas être gérés par d'autres opérations de traitement.

Les enjeux à prendre en compte pour le site sont l'impact résiduel en COHV dans les sols du site dans les eaux souterraines et les gaz du sol, pouvant conduire à une dégradation de la qualité de l'air intérieur des futurs bâtiments et pouvant par perméation au travers des canalisations altérer la qualité de l'eau distribuée par le réseau AEP du site.

Une EQRS a été réalisée avec la prise en compte des teneurs résiduelles attendues dans les milieux gaz du sol et eaux souterraines, sans application de mesures constructives afin de justifier la nécessité de celles-ci.

► EQRS avec prise en compte d'un sous-sol inondable

Concernant le bâtiment établi sur un niveau de sous-sol à usage de parking, le niveau de la nappe d'eau souterraine étant situé au plus haut à 2,7 m de profondeur lors de la dernière campagne (novembre 2023), le niveau bas du sous-sol (prévu à 3 m de profondeur) interceptera la nappe par endroits, et le parking pourra être inondé à minima à certaines périodes de l'année (hautes eaux.). Nous avons simulé un calcul sanitaire avec la prise en compte de l'inondation du parking, c'est-à-dire la présence d'eaux souterraines impactées dans le niveau de parking en sous-sol. Les hypothèses prises en compte pour cette EQRS sont les mêmes que celle de l'ARR (cf. paragraphe 10) sauf :

- Les concentrations prises en compte sont les concentrations maximales mesurées dans les eaux souterraines, avec un taux d'abattement de 90% après les travaux de traitement. Ces teneurs sont les suivantes :

	Concentrations à la source retenues sous le bâtiment et en extérieur
Substances	Eaux souterraines
	µg/l
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES	
Naphtalène	0.4
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES	
benzène	17
toluène	18
M+p-Xylène	2.9
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH	
Aliphatique nC>10-nC12	17.8
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS	
tétrachloroéthylène (PCE)	20000
trichloroéthylène (TCE)	3400
dichloroéthylène (cis 1,2-DCE)	19000
dichloroéthylène (trans 1,2-DCE)	37
1,1 dichloroéthylène (1,1 DCE)	29
chlorure de vinyle (VC)	52
1,1,2 trichloroéthane	11
1,2 dichloroéthane	8.9
dichlorométhane	38

- La nappe est considérée à 1 cm sous la dalle du rez-de-chaussée du bâtiment ;
- Les paramètres de transfert vers l'air intérieur du bâtiment sont les suivants :

Caractéristiques du bâtiment en rez-de-chaussée	Unités	Valeurs	Sources de données
Surface	m ²	10	Plus petite superficie en rez-de-chaussée (chambre)
Périmètre associé	m	14	-
Hauteur totale du niveau	m	2.5	Valeur courante
Renouvellement d'air	/h	0.5	Logements (VMC double flux ou autoréglable). Associé au débit minimal de la réglementation pour ces systèmes. (Référence : Arrêté du 24 mars 1982)

Avec la prise en compte de ces hypothèses, les niveaux de risques calculés (ERI et QD) ne sont plus acceptables pour l'ensemble des cibles considérées, avec les deux scénarios d'aménagement considérés (modèles de Bakker ou Johnson&Ettinger). Les niveaux de risques sont de 2 à 12 fois supérieurs aux niveaux acceptables :

	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)				Effets toxiques à seuil cancérogènes Quotient de danger spécifique (QD)				Effets toxiques à seuil non cancérogènes Quotient de danger (QD)			
	Adulte Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque
INHALATION air intérieur dans le lieu de vie J&E	4.13E-05	1.73E-04	2.59E-05	tétrachloroéthylène (PCE)	0.00000	0.00000	0.00000	non calculé	2.90	12.70	12.70	dichloroéthylène (cis 1,2-DCE)
INHALATION air extérieur avec recouvrement	1.46E-07	2.08E-07	3.13E-08	benzène	0.00002	0.00003	0.00003	tétrachlorométhane (CCl ₄)	0.001	0.002	0.002	benzène
TOTAL	4.1E-05	1.7E-04	2.6E-05		0.00002	0.00003	0.00003		2.90	12.71	12.71	
Risques non significatifs												
Risques significatifs												

	Effets toxiques sans seuil Excès de risques individuels (ERI)				Effets toxiques à seuil cancérogènes Quotient de danger spécifique (QD)				Effets toxiques à seuil non cancérogènes Quotient de danger (QD)			
	Adulte Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque
INHALATION air intérieur dans le lieu de vie Bakker	4.38E-05	1.83E-04	2.74E-05	tétrachloroéthylène (PCE)	0.00000	0.00000	0.00000	non calculé	2.77	12.16	12.16	dichloroéthylène (cis 1,2-DCE)
INHALATION air extérieur avec recouvrement	1.46E-07	2.08E-07	3.13E-08	benzène	0.00002	0.00003	0.00003	tétrachlorométhane (CCl ₄)	0.001	0.002	0.002	benzène
TOTAL	4.4E-05	1.8E-04	2.7E-05		0.00002	0.00003	0.00003		2.77	12.16	12.16	
Risques non significatifs												
Risques significatifs												

► EQRS avec prise en compte d'un sous-sol non ventilé mécaniquement

Un calcul d'EQRS a été réalisé en considérant que le parking situé en sous-sol serait muni d'ouvertures afin d'être ventilé naturellement. Dans ce cadre, les taux de renouvellement d'air ne sont pas garantis et peuvent être très faibles à certaines périodes. Pour la réalisation de ce calcul, nous avons considéré les concentrations résiduelles dans les gaz du sol après traitement, ces concentrations correspondent aux concentrations maximales admissibles (CMA) présentées au paragraphe 10.8. Les hypothèses prises en compte pour cette EQRS sont les mêmes que celle de l'ARR (cf. paragraphe 10), à l'exception du taux de ventilation considéré

à 1000 m³/heure, soit 0.31 renouvellement par heure (valeur couramment utilisée en l'absence de connaissance des systèmes installés).

Dans ce cas, les niveaux de calcul sont augmentés de 20 à 30 fois, et ne sont plus acceptables pour la cible adulte résident avec le modèle de Bakker :

	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 Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque
INHALATION air intérieur parking et sous sol Bakker	8.10E-07	1.16E-06	1.74E-07	tétrachloroéthylène (PCE)	0.00004	0.00006	0.00006	chloroforme (TCMA)	0.01	0.02	0.02	tétrachloroéthylène (PCE)
INHALATION air intérieur dans le lieu de vie Bakker	3.35E-06	1.40E-05	2.10E-06	tétrachloroéthylène (PCE)	0.0009	0.004	0.004	Tétrachlorométhane (CCl4)	0.06	0.24	0.24	tétrachloroéthylène (PCE)
INHALATION air extérieur avec recouvrement	1.46E-07	2.08E-07	3.12E-08	benzène	0.00002	0.00003	0.00003	Tétrachlorométhane (CCl4)	0.001	0.002	0.002	benzène
TOTAL	4.3E-06	1.5E-05	2.3E-06		0.0009	0.004	0.004		0.07	0.26	0.26	

	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 Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque
INHALATION air intérieur parking et sous sol J&E	5.99E-08	8.55E-08	1.28E-08	tétrachloroéthylène (PCE)	0.00000	0.00000	0.00000	chloroforme (TCMA)	0.0009	0.001	0.001	tétrachloroéthylène (PCE)
INHALATION air intérieur dans le lieu de vie J&E	2.42E-07	1.01E-06	1.52E-07	1,2 dichloroéthane	0.0009	0.004	0.004	Tétrachlorométhane (CCl4)	0.01	0.05	0.05	Aromatic nC>8-nC10
INHALATION air extérieur avec recouvrement	1.46E-07	2.08E-07	3.12E-08	benzène	0.00002	0.00003	0.00003	Tétrachlorométhane (CCl4)	0.001	0.002	0.002	benzène
TOTAL	4.5E-07	1.3E-06	2.0E-07		0.0009	0.004	0.004		0.01	0.06	0.06	

Ainsi, d'après ces EQRS, il apparaît nécessaire de recommander des mesures constructives afin de sécuriser le projet sur le long terme, c'est-à-dire de mettre en œuvre des mesures complémentaires aux travaux de réhabilitation pour que les teneurs présentes dans l'air ambiant restent inférieures aux CMA sur le long terme.

9.2.2 Protection des bâtiments

Les mesures constructives permettant de protéger les bâtiments vis-à-vis des pollutions volatiles présentes dans les sols sont déployées en complémentarité des opérations de traitement des pollutions, lorsque les techniques de traitement laissent substituer une pollution résiduelle pouvant conduire à une dégradation de la qualité de l'air intérieur des bâtiments.

Les mesures constructives permettant de réduire les impacts des pollutions volatiles provenant des sols ou de la nappe s'appuient sur des principes de limitation des transferts des polluants ou de dilution des concentrations dans l'air.

Les techniques pouvant être appliquées sont illustrées sur la figure suivante, l'amélioration de la qualité de l'air intérieur peut nécessiter la combinaison de plusieurs de ces techniques.

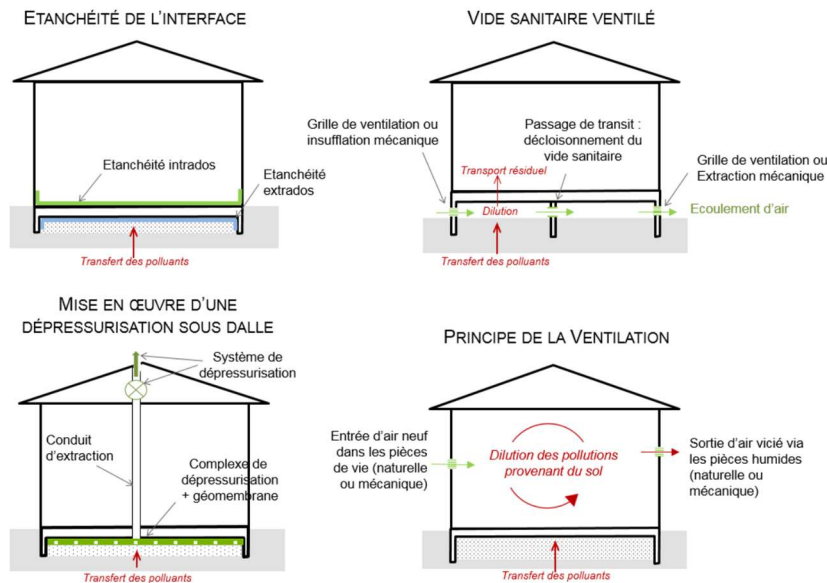


Figure 42 : Types de mesures constructives pour la limitation des intrusions des gaz du sol dans l'air intérieur d'un bâtiment (source BATICOV 2017)

Tableau 19 : Avantages / inconvénients des mesures constructives envisageables

		Ventilation des lieux de vie et sous-sols **	Etanchéité de l'interface sol/bâtiment	Vide sanitaire ventilé	Système de dépressurisation des sols (SDS)
Environnement, Santé et bien être					
• Efficacité théorique	Transferts : + ou - Concentration : oui	oui sur la convection, variable sur la diffusion			
• Dispositif faisant l'objet d'un avis technique	oui	Non ***	Oui sur les équipements	Non ***	
• Efficacité liée à des facteurs externes	Météo, entretien, usages	Intrados : Entretien, usages Extrados : non	Entretien & météo (Vent naturelle)	Entretien & météo (Vent naturelle)	
• Robustesse (vieillesse)	Lié à l'entretien & équipements	Lié à l'entretien & équipements	Lié à l'entretien & équipements	Lié à l'entretien & équipements	
• Adaptabilité du dispositif	Double flux : partiel Autres : non	Non	oui	oui	
• Servitudes sur les usages	importantes	Intrados : importantes Extrados : faibles	faibles	faibles	
• Incidence sur le confort des usagers	A étudier	Non	Non	Non	
• Contraintes d'entretien et maintenance	oui	Intrados : oui Extrados : non	oui	oui	
• Consommations énergétiques	Oui à chiffrer	Non	Vnat : non Vmécanique : à chiffrer	Vnat : non Vmécanique : à chiffrer	
Economie					
• Besoin d'études de conception			oui		
• Besoin de contrôles en phase chantier			oui		
• Coût de mise en œuvre*			Variable (voir BRGM, 2014)		
• Coût de fonctionnement (entretien & maintenance)*	Charges usuelles	faible	Vnat : faible Vmécanique : à chiffrer	Vnat : faible Vmécanique : à chiffrer	
• Consommations énergétiques	Oui à chiffrer	Non	Vnat : non Vmécanique : à chiffrer	Vnat : non Vmécanique : à chiffrer	

* Critères secondaires si la problématique est suffisamment anticipée

** Il ne s'agit pas d'une mesure constructive prise isolément. La ventilation est mentionnée car elle présente une incidence sur les transferts et les concentrations

*** Des DTU et/ou Avis techniques peuvent exister pour certains de ces systèmes pour la gestion des infiltrations d'eau (et non la gestion des remontées gazeuses)

Ce type de mesures constructives devra être mis en œuvre au droit de l'ensemble des bâtiments, compte-tenu de la présence d'une pollution résiduelle en COHV attendue dans les terrains (sols, nappe et panache dans les gaz du sol) à l'aplomb de tous les bâtiments du site.

Le projet prévoit l'aménagement d'un bâtiment de commerces et logements sur un niveau de sous-sol, aucun bâtiment ne sera établi de pleine-terre. Si le projet venait à être modifié sur ce point, les mesures constructives devront l'être également.

L'EQRS réalisée en situation d'inondation du parking en sous-sol ayant montré l'inacceptabilité des risques sanitaires, **il paraît pertinent de rendre ce niveau de sous-sol non inondable dans un but de protection des usagers et des biens**. Le projet devra donc prendre en compte une mesure constructive afin d'étanchéifier à l'eau le niveau de sous-sol, ou bien prévoir une rehausse du bâtiment jusqu'à la cote des plus hautes eaux, ou tout autre mesure permettant de rendre le sous-sol non inondable. Dans tous les cas, nous recommandons de réaliser une étude hydrogéologique afin de déterminer les niveaux des plus hautes eaux au droit du site et d'aider au dimensionnement de cette mesure constructive.

D'autre part l'EQRS réalisé sur la base d'un parking ventilé naturellement, sans système de ventilation mécanique, a mis en évidence des niveaux de risques inacceptables pour les adultes résidents. D'autre part, les teneurs résiduelles peuvent être amenées à varier dans le temps en fonction du relargage de composés adsorbés sur les terrains argileux, avec des teneurs temporairement et potentiellement supérieures à celles mesurées actuellement. Enfin, des composés de dégradation du PCE, plus toxiques, comme le chlorure de vinyle, peuvent se former au fur et à mesure de la dégradation naturelle des composés résiduels. **C'est pourquoi nous recommandons de munir le niveau de sous-sol d'une ventilation mécanique qui permettra de sécuriser le projet sur le long terme**, la ventilation mécanique ayant l'avantage sur la ventilation naturelle, de pouvoir être modulée en fonction de la qualité de l'air intérieur. Le dimensionnement du système devra être réalisé par un bureau d'études fluides, afin d'atteindre les objectifs de qualité de l'air intérieur en tout temps et en tout point du parking. A titre indicatif, il a été pris en compte dans l'ARR présentée au paragraphe 10, un taux de ventilation de 2,77 renouvellements par heure (66,5/jour).

L'Analyse des Risques Résiduels (présentée au chapitre 10) démontre la compatibilité sanitaire des teneurs résiduelles attendues avec les usages futurs, avec la prise en compte des mesures constructives.

Dans tous les cas, compte tenu de la présence de pollution résiduelle volatile dans les terrains, **lors de la construction, une attention particulière devra être portée à l'ensemble des fragilités au niveau de la dalle du bâtiment (fissures de retrait, passage VRD, ...) afin de s'assurer de la mise en place d'une étanchéité adaptée**.

9.2.3 Protection des usagers en extérieur

Le projet prévoit le décapage des sols de surface et la substitution par des terres saines d'apport. Ainsi, les voies d'exposition des futurs usagers par contact direct, inhalation et ingestion de sols et poussières sont supprimées.

9.2.4 Protection des réseaux AEP

Certains polluants peuvent pénétrer dans les réseaux de distribution d'eau potable si le matériau constitutif des canalisations n'est pas adapté : cas du PE et du PVC dans une moindre mesure.

Dans le cas du site, les polluants résiduels (COHV) sont susceptibles d'altérer la qualité de l'eau potable distribuée sur le site.

Pour limiter ce phénomène, les canalisations AEP devront être constituées d'un matériau multicouche anti-perméation.

9.3 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 ; à savoir :

- Démolition des bâtiments en place : la démolition préalable aux travaux de dépollution est nécessaire avant travaux. Elle n'est pas chiffrée dans le présent plan de gestion ;
- Espace disponible : l'espace disponible hors bâtiment sera limité ; il est considéré qu'aucun traitement « sur site » ne sera possible ;
- le site est dans un voisinage de logements et il sera nécessaire de prévoir tout moyen pour bloquer les émissions de vapeur pour éviter les nuisances.

9.4 Définitions des zones de pollution concentrée et panaches associés

9.4.1 Pollution concentrée

Issus de l'ancienne activité de blanchisserie, des déversements en PCE ont eu lieu dans le milieu. Le PCE, plus dense que l'eau « DNAPL⁵ » s'est écoulé dans le milieu tant qu'il était alimenté. A la fin de l'activité, ou des déversements, l'expansion de la phase liquide migrant dans le sous-sol a été stoppée. Cette phase liquide organique s'est retrouvée piégée au niveau des lithologies de sols peu perméables ou du substratum, entre 6m et 7m de profondeur quasiment imperméable.

Migration dans le milieu souterrain des composés organo-chlorés aliphatiques

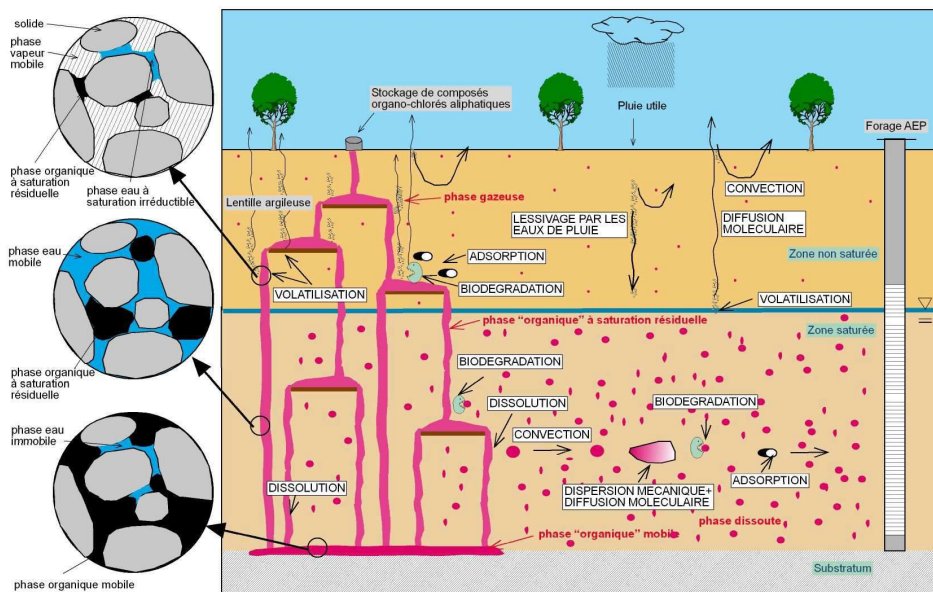


Figure 43 : Mécanismes en jeu dans le devenir d'une pollution de type organo-chlorés aliphatiques dans le milieu souterrain : crédit : Programme MACAOH 2001-2006 guide méthodologique ADEME 2008

⁵ Dense Non Aqueous Phase Liquid : phase liquide non aqueuse, terme anglo-saxon couramment utilisé

En fonction de la concentration en PCE dans le sol, il peut être dépassé une valeur de saturation de la porosité du sol à partir de laquelle le PCE existe sous forme de gouttelettes. Si cette saturation dépasse une valeur dite de saturation résiduelle, la phase liquide de PCE est mobile, c'est-à-dire qu'elle peut apparaître dans les ouvrages de type piézomètres ; elle n'est pas pour autant susceptible de migrer. Ces valeurs de saturation ne sont pas connues a priori car elles dépendent de la porosité du sol, de la teneur en eau, de la teneur en matière organique notamment. Néanmoins les retours d'expérience indiquent :

- Pour la valeur de concentration à partir de laquelle une phase liquide peut apparaître sous forme de gouttelettes : quelques centaines de mg/kg ;
- Pour la valeur de concentration correspondant à une saturation résiduelle un ordre de grandeur de 10 000 mg/kg MS.

9.4.2 Panaches de composés dissous

A partir des sources de PCE dans le sol se forment par dissolution des panaches de PCE dans les eaux souterraines qui peuvent s'étendre sur des distances pluri-hectométriques. Au sein de ces panaches prennent lieu des phénomènes de biodégradation pour former des molécules filles du PCE, dont TCE, cis-DCE, chlorure de vinyle.

Les panaches suivent les lignes d'écoulement d'eau à partir des zones sources ; des valeurs de forte concentration témoignent de la proximité des zones sources.

Ainsi, les concentrations en PCE atteignent :

- Dans la zone source en PZ1 (juillet 2018) = 200 000 µg/l⁶,
- Dans le panache la limite est du site en PZ11 (juillet 2023) = 55 000 µg/l,
- Vers la limite sud du site en PZ8 (juillet 2023) = 29 000 µg/l.

Au nord, à l'extérieur du site, ne sont mesurées que des traces de PCE.

9.4.3 Répartition de la pollution dans le sous-sol.

Au bilan, sont à traiter dans la zone de pollution concentrée :

- ZNS (0 à 3,5 m) : 220 m³ de sols dont 180 m³ de sols présentant des concentrations supérieures à 500 mg/kg MS ;
- ZS (3,5 à 7 m) : 840 m³ dont 440 m³ de sols présentant des concentrations supérieures à 500 mg/kg MS ;.

Les sols présentant les concentrations les plus élevées sont situés entre 3,5/4m et 5,5/6m .Les surfaces concernées sont donc :

- environ 275 m² pour les sols dont les concentrations dépassent 500 mg/kg MS
- environ 250 m² environ pour les sols dont les concentrations sont situées entre 100 mg/kg et 500 mg/kg.

9.5 Objectifs de réhabilitation pour les solutions de traitement

Les objectifs de réhabilitation seront définis en fonction de la technique de traitement choisie. Les objectifs de traitement sont :

⁶ Concentration supérieure à la solubilité du PCE dans l'eau : 150 000 µg/l. La présence de phase pure est attendue.

- des niveaux de concentrations dans les sols, les eaux souterraines et dans les gaz du sol qui ne puissent pas générer de dépassement des seuils de risque sanitaire pour les futurs usagers du site après réalisation du projet d'aménagement, mesures constructives comprises.
- Une valeur équivalente au seuil de coupure retenu pour les opérations d'excavation dans la zone de pollution concentrée.
- Une valeur à définir après essais de traitement pour les opérations de traitement in situ.

9.6 Contraintes associées aux travaux

Le site est relativement exigu : préalablement aux travaux les bâtiments auront été démolis et un accès pour les engins de chantier et camions aura été aménagé.

Le site est en milieu urbain dense et une maîtrise des nuisances devra être associée à l'intégralité de l'opération, en particulier les nuisances de pollutions de l'air et sonores.

9.7 Sélection des techniques de traitement applicables au site

9.7.1 Présélection des techniques de traitement

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 20).

Il est pris en compte les zones de pollution concentrée essentiellement localisées en zone saturée mais aussi les impacts en zone non saturée, moins concentrés mais qui peuvent poser problème du point de vue sanitaire.

Tableau 20 : Synthèse des techniques de traitement envisageables pour les zones de pollution concentrée par COHV

Codification AFNOR (NFX31- 620-4)	TECHNIQUE	Adapté à la problématique		Raison pour laquelle la technique <u>N'EST PAS ADAPTEE</u> 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	Perméab ilité (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)																			
C311	Méthodes physiques par extraction de la pollution in situ																		
C311a	Ventilation de la zone non saturée in situ (venting)		X					X											
C311b	Extraction multiphase In situ	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			X			X						
C312	Méthodes physiques par piégeage de la pollution in situ																		
C312a	Confinement par couverture et étanchéification in situ		X										X						
C312b	Confinement vertical in situ		X										X						
C312c	Piège hydraulique ou confinement hydraulique in situ		X										X						
C312d	Solidification/stabilisation in situ		X										X						
C313	Méthodes chimiques in situ																		
C313 a	Lavage in situ		X						X										
C313b	Oxydation chimique in situ	X							X										
C313c	Réduction chimique in situ	X							X										
C314	Méthodes thermiques in situ																		
C314a	Désorption thermique in situ		X											X					
C315	Méthodes biologiques in situ																		
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	X			
C316	Autres techniques in situ																		
C316a	Barrière perméable réactive in situ - système mur		X										X						
C316b	Barrière réactive in situ - système porte		X			X							X						
Techniques de traitement sur site (avec traitement sur site des polluants récupérés)																			
C321	Méthodes physiques par évacuation de la pollution sur site																		
C321a	Excavation des sols sur site	X																	
C321b	Tri granulométrique sur site		X						X										
C321c	Lavage à l'eau sur site		X						X										
C322	Méthodes physiques par piégeage de la pollution sur site																		
C322a	Encapsulation sur site		X													X			
C322b	Solidification/ stabilisation sur site		X										X			X			
C324	Méthodes thermiques sur site																		
C324b	Désorption thermique sur site		X													X			
C325	Méthodes biologiques sur site																		
C325a	Bioréacteur sur site		X						X										
C325b	Biotertre sur site		X			X									X				
C325d	Landfarming sur site		X													X		X	

Les techniques qui semblent le mieux convenir pour le traitement de la zone de pollution concentrée sur le site sont :

- Excavation des sols sur site ;
- Oxydation chimique in situ : zone saturée
- Réduction chimique in situ : zone saturée
- Extraction multiphasique.

9.8 Solutions de gestion associées au choix des techniques de traitement applicables

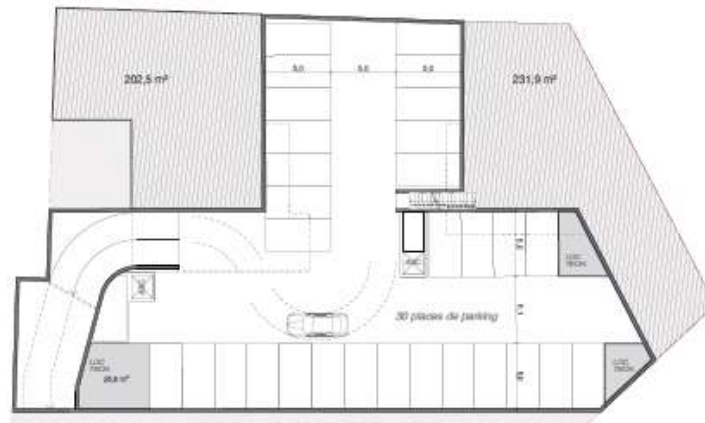
Considérant que les travaux d'aménagement vont générer une excavation des terres sur environ 3 m pour une surface de 700 m² environ pour la création de sous-sol et qu'il restera environ 400 m² dédiés aux espaces verts où ne seront excavés que les 50 premiers centimètres pour y positionner les terres végétales.

Considérant que la zone de pollution concentrée se trouve essentiellement en zone saturée entre 3,5 et 5,5 m et en partie centrale et nord-ouest du site et est constituée essentiellement de COHV qui ont coulé jusqu'aux intercalations argileuses intermédiaires ou au substratum argileux compact vers 5-6m.

Considérant les techniques de traitement applicables pré-sélectionnées, il apparaît que les solutions de gestion adaptées sont :

- **Scénario 1 :** L'excavation des terres de la zone non saturée et des terres de pollution concentrée en zone saturée pour un traitement hors site, en filière ;
- **Scénario 2 :** L'excavation des terres de la zone non saturée pour un traitement hors site, en filière et le traitement des terres de pollution de la zone saturée (pollution concentrée) par un traitement in situ : extraction multiphasique
- **Scénario 3 :** L'excavation des terres de la zone non saturée pour un traitement hors site, en filière et le traitement des terres de pollution de la zone saturée (pollution concentrée ou non) par un traitement in situ : oxydation chimique ou réduction chimique.
- **Scénario 4 :** une solution mixte entre les scenarii 1 et 3.

Ces solutions devront être valides sur le plan sanitaire. Dans tous les cas, il est pris en compte la réalisation d'un sous-sol avec une ventilation dont le niveau de renouvellement d'air sera à déterminer.



Projet : Construction de logements et commerces - Rue de l'Éclaircie - Section									
06	PLAN	PLAN DE PRINCIPE SOUS-SOL	ÉCHELLE : 1/200	M. DUBOIS	POLYCYTÉS 10 rue des Éclaircies 75001 PARIS	GRAND PAYS AMÉNAGEMENT 11 rue de l'Éclaircie 75001 PARIS	ARCHITECTES	ML	DATE : 14/03/2024

Figure 44 : Plan d'aménagement du sous-sol au stade pré-projet

9.9 Description des solutions de gestions et chiffrage

9.9.1 Solutions de gestion communes à tous les scenarii

9.9.1.1 Elimination des déblais liés à la création de niveaux de sous-sol et à l'apport de terres végétales.

Les concentrations en COHV dans cet horizon varient entre quelques mg/kg et 100 mg/kg MS. Au vu de ces impacts quasiment systématiques, les déblais inhérents au projet d'aménagement ne pourront être valorisés sur site ou hors site et seront considérés comme des déchets. Ils ne pourront pas être traités sur place au vu des concentrations déjà limitées et de la faible possibilité de déclasser ces impacts pour une filière moins coûteuse.

Les déblais pourront être orientés soit vers une filière ISDND⁷ soit vers une filière ISDD⁸. L'excavation de ces déblais représentent environ 3 270 m³ (1 090 m² pour 3m d'épaisseur⁹) de sols en place, environ 5 886 tonnes masse volumique de 1,8 t/m³). Sur la base d'une répartition de 80% des terres en ISDND et 20% en ISDD¹⁰, le budget d'élimination de ces déblais est calculé à 635 k€ décomposé comme suit :

Tableau 21 : Budget lié à l'élimination des futurs déblais inhérents au projet d'aménagement

	ISDND	ISDD, yc TGAP
Tonnage de déblais associé au projet d'aménagement (t)	4709	1177
coût filière + transport	90 €	180 €
BUDGET	423 792 €	211 896 €

Nota : Le toit de la nappe se situe vers 3m-3m50 ; il n'est pas prévu de terrassement sous eau. Il sera important que les travaux ne soient pas réalisés en période de très hautes eaux. En effet un rabattement de nappe avec traitement et réinjection apporterait des surcoûts importants et surtout une nécessaire autorisation de rejet au réseau qui n'est pas acquise a priori.

Le terrassement sous chapiteau ne paraît pas nécessaire, à l'exception du secteur de la zone de pollution concentrée ; il est chiffré dans le chapitre dédié au traitement de la pollution concentrée.

9.9.2 Présentation des quatre scenarii de gestion retenus

Sont retenus comme données d'entrée, une surface de zone de pollution concentrée de 500 m² et une pollution située en général entre 3,5m et 5,5 m de profondeur dans des horizons hétérogènes de limons, d'argiles sableuses, de marnes et d'argile compacte.

Quelle que soit la technique de traitement retenue il subsistera des COHV qui pourront recontaminer les niveaux supérieurs par rétro-diffusion. Les sols du site resteront impactés au niveau des interfaces entre les niveaux en place et les niveaux remblayés ce qui implique des panaches résiduels dans les eaux souterraines et l'air du sol qui nécessiteront la réalisation de mesures de surveillance post-travaux d'aménagement / construction et une mesure constructive

- Une surveillance eaux souterraines. Pour ce type d'opérations, la durée de surveillance post-travaux est généralement de 4 ans mais peut être raccourcie selon les résultats des mesures.

⁷ Installations de stockage de déchets non dangereux

⁸ Installations de stockage de déchets dangereux

⁹ Calculs réalisés d'après les plans DWG transmis

¹⁰ 7 échantillons sur 9 hors maille de pollution concentrée ont des concentrations inférieures aux seuils ISDND et 2 sur 9 inférieures aux seuils ISDD

- Une surveillance gaz des sols / air ambiant. Pour ce type d'opérations, la durée de surveillance post-travaux est généralement de 2 ans

Cet aspect surveillance est développé au chapitre 9.11, considérant qu'elle sera commune à chacun des scénarii.

9.9.2.1 Scénario 1 : Traitement de la zone de pollution concentrée par excavation et élimination en filière

Les grands axes de cette solution sont :

- Une excavation en atmosphère confinée pour la protection des populations ;
- Un blindage des fouilles ou une excavation avec tarière et bucket, sous substitution pour limiter les volumes de sols excavés. L'excavation avec substitution permet d'éviter à avoir à gérer les eaux de fouille qu'il faudrait traiter avant rejet. Elle permet également d'éviter de travailler sous chapiteau, le confinement se faisant à la source et sous un chapiteau de plus petite taille uniquement pour les terres stockées avant élimination ;
- Une excavation des sols pleine masse préalable jusqu'à 2,5m/3 m environ. Par sécurité pour la zone de pollution concentrée l'excavation sera faite sous chapiteau avec aspiration des vapeurs et traitement de source. Aménagement d'une plateforme circulaire pour la foreuse prévue pour la substitution à un niveau intermédiaire (-2,5 m par exemple). Le remblaiement se fait à l'avancement avec compactage pour éviter la décompression de terrains. Considérant une surface à traiter de 550 m², le volume de sol à déplacer est estimé à 1650 m³, talutage compris (550 m² x 3m x 20% / talutage). L'élimination de ces sols pollués est chiffrée dans le poste dédié, cf. tableau 21.
- Excavation par substitution, par plots sécants diamètre 1000 mm minimum, chargement en mini dumper capoté et stockage sur plateforme étanche sous chapiteau. L'excavation par substitution se fera entre 2,5m et 6m en moyenne (1925 m³ de terres). Remblaiement par matériau compactant fin, par exemple bentonite + sable à l'avancement ; les terres sont extraites jusqu'à une valeur de 100 mg/kg.
- Elimination des terres de pollution concentrée supérieure à 100 mgCOHV/kg en filières thermique (seuil à 20 000 mg/kg MS) et ISDD (seuil à 2 000 mg/kg MS) ainsi que biocentre répartis en première approche à 40% pour la filière ISDD 40% pour la filière biocentre et 25% pour la filière incinération. Les terres de la couche de forme portante seront stockées provisoirement et réutilisées en remblais ultérieurement ;
- Remblaiement après excavation jusqu'à une cote de -1m par rapport au terrain naturel en conservant un talutage de sécurité, et en attente des travaux d'aménagement. Les remblais d'apport excédentaires après travaux d'aménagement pourront être éliminés en filière de recyclage.
- Durée de traitement évaluée de 4 à 6 mois.


Le **tableau 22** synthétise les principaux axes de ce scénario dont le budget travaux est estimé à 1 375 k€.

Tableau 22 : Scenario 1 - Traitement par excavation et élimination en filière


	unités	quantités	PU	PUHT
Terrassement de 0 à 2.5m de profondeur et aménagement d'une plateforme de travail	m3	1650	50.00 €	82 500.00 €
Chapiteau pour l'excavation en atmosphère confinée et le stockage des terres	ft	1	80 000.00 €	80 000.00 €
consommation de charbon actif pour le traitement d'air	t	6.5	4 000.00 €	26 000.00 €
Terrassement par substitution yc remblaiement	m3	1925	350.00 €	673 750.00 €
Elimination des terres en filière biocentre 40% du volume	t	990	60.00 €	59 400.00 €
Elimination des terres en filière ISDD 40 % du volume	t	990	180.00 €	178 200.00 €
Elimination des terres en filière thermique 20 % du volume	t	495	450.00 €	222 750.00 €
remblaiement de -1m à -3m et compactage	m3	1320	20.00 €	26 400.00 €
Elimination des futurs déblais en filière ISDI	m3	1320	20.00 €	26 400.00 €
TOTAL				1 375 400.00 €

La technique de traitement est présentée dans **l'illustration 1**.


Illustration 1 : Description de la technique d'excavation et traitement en filière



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. Un tri peut être réalisé sur terrain et suivant un maillage prédéfini, sous contrôle d'un ingénieur environnementaliste. Les terres excavées sont ensuite orientées vers un stockage temporaire (pour analyses et/ou prétraitement) avant transfert vers les installations de stockage/traitement ou évacuées directement vers ces filières. Cette technique peut être couplée à une aspiration des vapeurs et traitement avant rejet en cas de pollution par des volatils (terrassements sous tente par exemple) et/ou un pompage et traitement des eaux souterraines.

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. La zone des travaux doit faire l'objet d'un relevé topographique et d'un repérage des réseaux. 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). Le tri peut comprendre des opérations connexes comme du démantèlement de fondations, du retrait de cuve enterrée, de la sécurisation pyrotechnique ou de tri de matériaux amiantés. Dans certains cas, un tri granulométrique (criblage) permet d'optimiser les quantités de terres à traiter. En cas de besoin, les travaux d'excavation devront être réalisés avec des mesures de confortement spécifiques (blindage des fouilles par exemple). Des venues des eaux et si les eaux souterraines sont interceptées par les excavations, une gestion spécifique de ces eaux est à prévoir (pompage, traitement, rejet...).

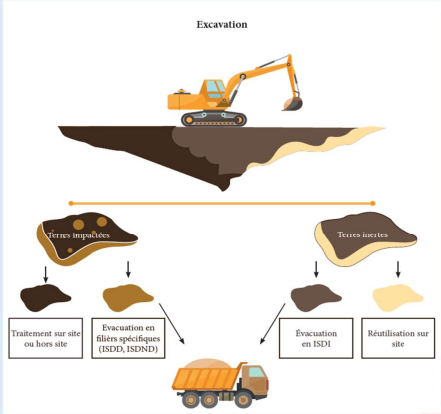
Evacuation

Un certificat d'acceptation préalable (CAP) doit être établi préalablement à l'évacuation des terres vers la ou les filières choisies. L'évacuation des déblais et des déchets du chantier devra être accompagnée de 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 (horizons concernées) seront prélevés et analysés afin de valider que les seuils de dépollution sont bien atteints.

Remblaiement

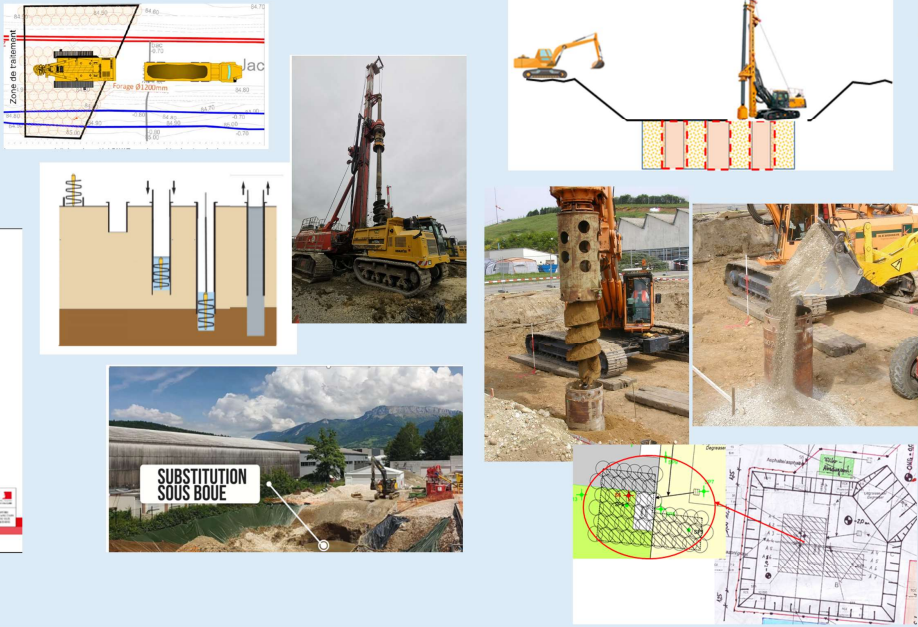
Après contrôle et réception des bords et fond de fouille, les excavations seront remblayées par des terres issues du tri et des terres d'apport saines (qualité à définir) et suivant les caractéristiques géotechniques attendues. Les volumes terrassés, évacués, remblayés doivent être suivis par des relevés topographiques afin d'établir les cubatures.

Orientation des terres excavées en fonction de leur nature



Solution alternative à l'excavation pleine masse : substitution des sols à l'avancement :

- Havage tarière/bicket et substitution sous boue polymère/bentonitique; le remblaiement se fait à l'avancement, par passe.
- Par forages de grand diamètre superposés (combiné ou non avec une fouille préalable et selon la profondeur de la nappe)



Avec quels moyens?

- Engins de travaux publics : pelle mécanique, tractopelle, camions bâchés (avec protection (grille, filtration...)) et dans certains cas habilités à contenir des déchets ou à respecter la réglementation du Transport de Matières Dangereuses (TMD) ;
- Tarière / machine à pieux sécants ou tangents pour havage bucket, Foreuse grand diamètre ;
- Talutage/ Blindage/ pompage de nappe si besoin - confinement provisoire palplanches ;
- Unité de tri granulométrique (cribleur / concasseur) ;
- Aménagement d'aire de stockage temporaire (géotextile, géomembrane,...) y compris recouvrement (bâche) et gestion des des eaux de ruissellement selon la qualité des sols ;
- Tente ventilée en cas de fortes odeurs (COV) ;
- Système de brumisation pour limiter l'envol de poussières.

Réf : Projet IF2700200 – Rapport 1063184-05

LIV-MAL-JV / LBA-MAL-JV-LOD / EL

02/07/2024 Page 124/155

Bgp290/21

9.9.2.2 Scénario 2 : Traitement de la zone de pollution concentrée par extraction multiphasique

Les grands axes de cette solution sont :

- Une installation des aiguilles de traitement. Une solution en réseau unitaire liquide + air est privilégiée ;
- L'amenée d'une installation d'extraction multiphasique avec :
 - séparation air-liquide et liquide-liquide pour séparer et stocker séparément les phases organiques éventuelles des phases eaux polluées,
 - Une installation de traitement d'eau sur filtre à charbon actif avec rejet au réseau, sous réserve d'une obtention d'une autorisation de rejet,
 - Une installation de traitement d'air sur filtre à charbon actif avec rejet à l'atmosphère,
- Un objectif d'abattement des concentrations par retour d'expérience maximal à 80%,
- Une durée de traitement évaluée à 24 mois, avec prise en compte des effets rebonds
- La nécessité de valider cette solution par un essai pilote de terrain.

Le tableau 23 synthétise les principaux axes de ce scénario dont le budget est calculé à **678 k€**.

Tableau 23 : Scénario 2- Traitement par extraction multiphasique

	unités	quantités	PU	PUHT
Aiguilles de traitement et réseaux associés	u	19	3 000.00 €	57 000.00 €
consommation de charbon actif pour le traitement d'air	t	17	4 000.00 €	68 000.00 €
consommation de charbon actif pour le traitement d'eau	t	5	4 000.00 €	20 000.00 €
Elimination des polluants extraits sous forme de phase	t	1	1 000.00 €	1 000.00 €
mise à disposition de l'installation de traitement et pilotage	mois	24	9 000.00 €	216 000.00 €
consommation électrique	KWh	552960	0.20 €	110 592.00 €
surveillance air des sols et au rejet air - fréquence mensuelle	u	504	150.00 €	75 600.00 €
surveillance eau souterraine et au rejet des eaux traitées - fréquence mensuelle	u	504	120.00 €	60 480.00 €
Essai pilote de traitement préalable	ft	1	70 000.00 €	70 000.00 €
TOTAL				678 672.00 €

La technique de traitement est présentée dans l'**illustration 2**.

Illustration 2 : Description de la technique d'extraction multiphasique



Extraction multiphasique (C311 b)

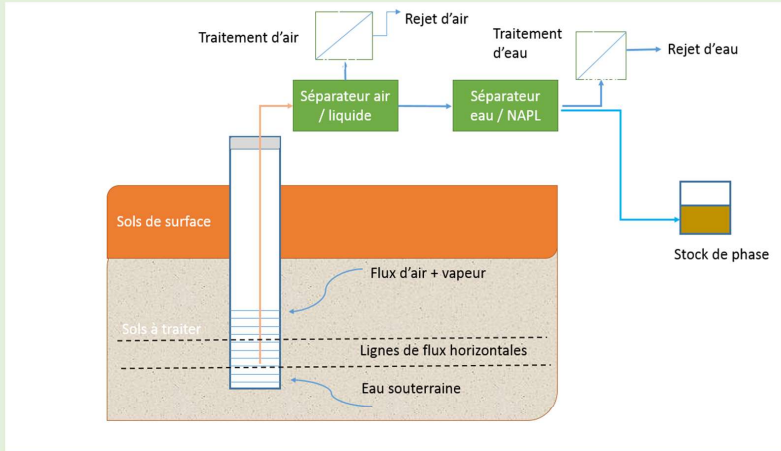


Principe



Extraction simultanée des phases organiques (Non Aqueous Phase Liquid : NAPL), dissoutes, vapeurs par mise en dépression du sous-sol

Comment ça marche?



Les différentes variantes de cette technique ont en commun une mise en dépression de la zone non saturée, de la zone de battement de nappe et la zone saturée (nappe). Elles ont pour objectif de récupérer du NAPL selon différentes configurations :

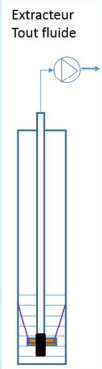
- extraction de NAPL mobile (L-light-NAPL mobile en surface de nappe ou D-Dense-NAPL en fond d'aquifère)
- extraction d'eau chargée en polluants issus de la dissolution de NAPL immobile (LNAPL ou DNAPL)
- extraction de gaz chargé en polluants issus de la volatilisation de NAPL immobile (LNAPL ou DNAPL).

On distingue l'EMP double phase (généralement ciblée sur l'extraction de gaz et d'eau) de l'EMP triple-phase (eau, gaz, NAPL).

Comment on fait?

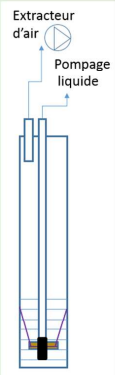
Réseau unitaire

Les effluents liquides et gazeux sont extraits du même puits par un tube et extracteur situé en surface, ce qui limite cette technique à 8 m de profondeur. Ce système nécessite l'application d'une dépression importante de 600 à 900 mbar. Il peut s'adapter à une phase surnageante ou coulante. Ce système est adapté à des perméabilités de l'ordre de 10-5 à 10-6 m/s.



Réseau double

Cette technique combine le venting et le pompage / écrémage. Une pompe pneumatique exerce une dépression en tête de puits et une ou deux pompes immergées (deux configurations possibles) à la surface de la nappe et dans la zone saturée pour extraire les phases liquides (LNAPL et eau).



Avec quels moyens?



- extracteurs multifluides
- séparateur air/ eau ;
- séparateur liquide ;
- installation de traitement d'eau (charbon actif / stripper)
- traitement de l'air extrait par filtration sur charbon actif / biofiltre / catox;
- matériel de contrôle de conditions du milieu : dépression, vitesses de l'air; niveau de nappe (levellogger).

9.9.2.3 Scénario 3 : Traitement de la zone de pollution concentrée par traitement chimique in situ

► Préambule : résultat des essais d'oxydation et de réduction chimique en laboratoire

Un essai de traitement a été réalisé au laboratoire GINGER T-LAB.

Ils montrent, pour l'oxydation :

- Pour la lithologie marne une demande naturelle du sol en oxydant¹¹ de 1% (10 g/kg) et pour le sol limoneux une valeur de 1,8 % ;
- Pour les calculs, une valeur moyenne de 1,5% est retenue.

Cette valeur de DSO, est globalement acceptable d'un point de vue économique (0,1%<DSO<1%) pour la consommation de l'oxydant par le sol.

Pour le second sol « Limons bruns et remblais propres », la DSO mesurée à 7 jours atteint :

- 10 g/kg (1,0 %) pour une concentration de 10 g/l,
- 15 g/kg (1,5 %) pour une concentration de 20 g/l,
- 18 g/kg (1,8 %) pour une concentration de 30 g/l.

Les résultats des essais d'oxydation sur sol polluant montrent que le permanganate de potassium donne de meilleurs résultats que le persulfate de sodium également testé. Un abattement des concentrations supérieurs à 95%¹² pour les COHV. Bien que ce ne soit pas la problématique majeure, les hydrocarbures sont également traités avec un abattement compris en 52% et 83% selon les fractions.

Tableau 24 : Résultats de l'essai d'oxydation chimique en laboratoire sur sols pollués : source GINGER TLAB - extrait

		KMnO4 30 g/l 48h (07.12.2023)			KMnO4 30 g/l 48h (07.12.2023)		
		Marnes			Limons		
		Condition 1	Condition 2	Condition 3	Condition 1	Condition 2	Condition 3
ANALYSES SUR SOL BRUT		Abattement (%)	Abattement (%)	Abattement (%)	Abattement (%)	Abattement (%)	Abattement (%)
COT							
Carbone Organique Total (*)	mg/kg Ms	>33%*	33%	>33%	59%	75%	78%
Hydrocarbures volatils C5-C10							
Fraction C5-C6	mg/kg Ms	>68%*	>68%*	>68%*			
Fraction C6-C8	mg/kg Ms	>85%*	>85%*	>85%*			
Fraction C8-C10	mg/kg Ms	36%	38%	60%			
Somme des hydrocarbures C5-C10	mg/kg Ms	62%	63%	76%			
Indice hydrocarbure C10-C40							
Fraction C10-C12	mg/kg Ms	54%	60%	71%			
Fraction C12-C16	mg/kg Ms	54%	68%	76%			
Fraction C16-C20	mg/kg Ms	>50%	>50%*	>50%*	87%	87%	87%
Fraction C20-C24	mg/kg Ms	45%	>82%*	>82%*	82%	91%	85%
Fraction C24-C28	mg/kg Ms	54%	>83%*	>83%*	79%	84%	85%
Fraction C28-C32	mg/kg Ms	32%	>68%*	>68%*	78%	82%	85%
Fraction C32-C36	mg/kg Ms				77%	89%	84%
Fraction C36-C40	mg/kg Ms				57%	57%	57%
Somme des hydrocarbures C10-C40	mg/kg Ms	52%	69%	77%	83%	83%	83%
COHV							
Tétrachloroéthylène (PCE)	mg/kg Ms	>99%	>99%	>99%	77%	68%	85%
Trichloroéthylène (TCE)	mg/kg Ms	>99%	>99%	>99%			
cis-1,2-dichloroéthène	mg/kg Ms	>99%	>99%	>99%			

¹¹ La DSO permet d'évaluer la consommation de l'oxydant intrinsèque par le sol. Si cette valeur atteint des proportions de plus de 5% il est considéré que le traitement ne sera viable ni économiquement ni écologiquement.

¹² L'efficacité est moindre pour les concentrations basses mais pour les concentrations de la zone de pollution concentrée, l'efficacité pour le PCE, le TCE et le cis-DCE peut atteindre 99%.

Ils montrent, pour la réduction chimique :

Les résultats de l'essai de réduction chimique aboutissent à des abattements moins performants que pour l'oxydation, avec un maximum de 85% d'abattement mesuré.

► Description de la solution technique

Les grands axes de cette solution sont :

- Une installation des injecteurs : tubes à manchettes, rayons d'action 2 m disposés en quinconce,
- L'amenée d'une unité d'injection,
- L'injection d'un oxydant ou d'un réducteur. La réduction impose des campagnes d'injection plus longue et plus difficile à réaliser car le produit est plus visqueux tandis qu'une solution d'oxydant a la viscosité de l'eau et plus facile à injecter. Il est chiffré 2 campagnes d'injection pour permettre la masse de réactifs nécessaire.
- En cas de traitement par oxydation il sera préférentiellement utilisé le permanganate de potassium ou de sodium (plus soluble il permet d'injection des quantités plus importantes par injecteur).
- Un pilotage par mesure dans les eaux souterraines sur une dizaine d'ouvrages pendant environ 6 mois après l'injection,
- Une durée de traitement évaluée à 6 mois, avec prise en compte de l'étude des effets rebonds
- La nécessité de valider cette solution par un essai pilote de terrain, pour évaluer la faisabilité de l'injection, la vitesse d'injection et le rayon d'action qui conditionnent la durée d'intervention et le nombre d'ouvrage, donc le prix du traitement.

Il est à noter que pour ces solutions techniques, la rémanence du réactif non consommé dans le milieu pourra contribuer à un traitement de panaches complémentaire pendant quelques mois à quelques années après l'injection, permettant ainsi d'améliorer la qualité des eaux souterraines en limite de site.

Les tableaux 25 et 26 synthétisent les principaux axes de ce scénario dont le budget est calculé à **631 k€** pour l'oxydation et **681 k€** pour la réduction chimique.

Tableau 25 : Scénario 3 - Traitement par oxydation chimique

	unités	quantités	PU	PUHT
Injecteurs d'oxydant (rayon d'action 2m et profondeur 6m)	u	44	3 000.00 €	132 000.00 €
Piézomètres de contrôles	u	10	1 500.00 €	15 000.00 €
Oxydant (permanganate de potassium)	t	49	5 000.00 €	245 000.00 €
Mise en oeuvre, base 2 campagnes d'injection	j	18	10 000.00 €	180 000.00 €
Pilotage eaux souterraines pendant 6 mois	mois	6	4 000.00 €	24 000.00 €
Essai d'injection préalable	ft	1	35 000.00 €	35 000.00 €
TOTAL				631 000.00 €

Tableau 26 : Scénario 3 - Traitement par réduction chimique

	unités	quantités	PU	PUHT
Injecteurs d'oxydant (rayon d'action 2m et profondeur 6m)	u	44	3 000.00 €	132 000.00 €
Piézomètres de contrôles	u	10	1 500.00 €	15 000.00 €
Oxydant (permanganate de potassium)	t	50	4 800.00 €	240 000.00 €
Mise en oeuvre, base 2 campagnes d'injection	j	22	10 000.00 €	220 000.00 €
Pilotage eaux souterraines pendant 6 mois	mois	6	4 000.00 €	24 000.00 €
Essai d'injection préalable	ft	1	50 000.00 €	50 000.00 €
TOTAL				681 000.00 €

Les techniques de traitement sont présentées dans les **illustrations 2 et 3**.

Illustration 3 : Description de la technique d'oxydation chimique



Oxydation chimique (C313 b)

Principe

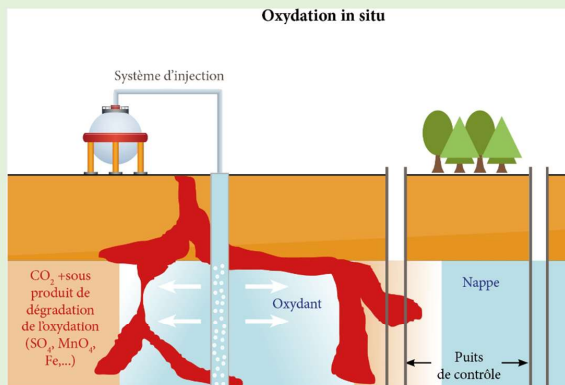


L'oxydation chimique consiste à placer le milieu dans des conditions oxydantes ou à injecter un oxydant puissant pour dégrader les polluants en composés moins ou non toxiques. Elle concerne la zone saturée et la zone de battement de nappe.

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 minéralisation totale. Les principales variantes de mise en œuvre de l'oxydation chimique in situ tiennent essentiellement à la nature des réactifs employés et à la nature du sol à traiter.

Oxydant	espèce réactive	forme	activateur	Persistence	Potentiel eV
Permanganate (Potassium, sodium)	MnO ₄ ⁻	poudre / liquide	sans	>3mois	1,7V
Péroxyde d'hydrogène catalysé	H ₂ O ₂ / OH ⁻ / HO ₂ ⁻ / O ₂ ⁻ / HO ₂ ⁻	liquide	Fe ²⁺ /Fe ³⁺ /sans	<heures	1,8/2,8/1,7/-2,4/-0,88V
Persulfate de sodium activé / non activé	S ₂ O ₈ ²⁻ , SO ₄ ⁻ / OH ⁻ / O ₂ ⁻	poudre / liquide	chaleur, H ₂ O ₂ , pH alcalin	<mois	2,1 / 2,6V
ozone	O ₃ / OH ⁻	gaz	sans	<heures	2,1/2,8V



Polluant	Source bibli	Oxydant																
		Permanganate					Réactif de Fenton					Persulfate activé						
		a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	f	a	b	c	d	e	
Hydrocarbures légers (essence, fuel domestique, kérosène)						-/a												
Hydrocarbures lourds (fuel lourd)											-/a							+
Onitoxes (goudrons de houille, résidus cokiers...)						+					+							+
Hydrocarbures pétroliers						+					+							+
BTEX						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Benzène						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Phénols						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
NAP						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
MTBE						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Tert-butyl alcool						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Chloro-éthènes						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Tétrachlorure de carbone						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Chloroforme						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Dichlorométhane						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Chloro-éthanes						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Trichloro-éthanés						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Dichloro-éthanés						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Chlorobenzène						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Pentachlorophénol						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Tri-Tétrachlorophénols						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Di-Chlorophénols						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Di-Trichlorobenzènes						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Hexachlorobenzène						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
PCB						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Dioxanes, furanes						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Composés énergétiques (RDX, HMX)						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Explosifs						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
TNT, DNT						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Di-Trinitrobenzènes						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Mono-Dinitrophénols						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Pesticides						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
LA-dioxane						++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Légende																		
Sources a, f																		
Source b																		
Source c																		
Source d																		
Source e																		
- = Mauvais ; + = Bon ; ++ = excellent																		
- = réactif ; + = réactif ; ++ = susceptible d'être oxydé																		
- = réactif, faible réactivité/non réactif ; + = réactif, réactivité moyenne ; ++ = susceptible d'être oxydé, forte réactivité																		
- = difficile à traiter ; ++ = très difficile																		
- = non recommandé ; - = mauvais ; /a = moyen ; + = bon ; ++ = excellent																		

Comment on fait?

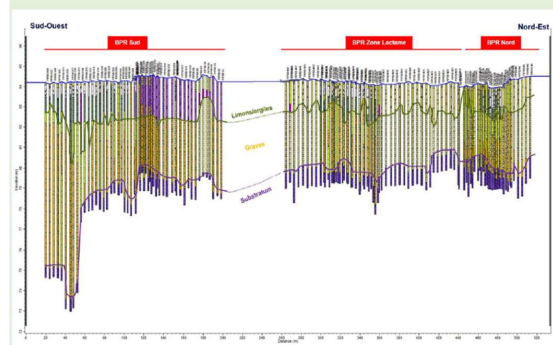
Le traitement de zone source



Apport de l'oxydant

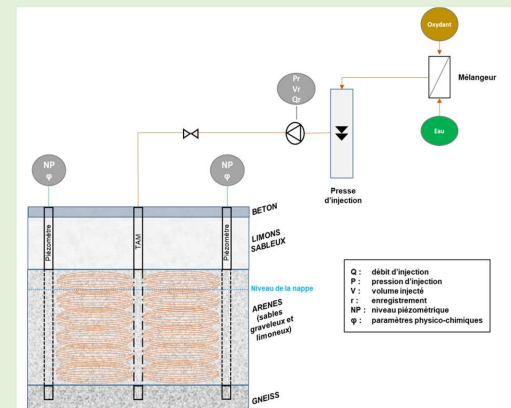
- Par injection direct push type GEOPROBE (BPR)
- Puits d'injection avec recirculation ou non
- Injection en tubes à manchettes (TAM)
- Soil mixing de type tarière hélicoïdale (permanganate et persulfate)

Le traitement de panache (barrière perméable réactive)



Apport de l'oxydant (le fonctionnement en BPR est surtout associé au permanganate, seul oxydant réellement rémanent en nappe)

- Injection en -tubes à manchettes ou par direct push
- pilotage par des piézomètres en aval immédiat
- Pompage et recirculation ou non



Injection en puits ou tubes à manchettes

- puits équipés de TAM ou puits d'injection crépinés en face des zones à traiter ou puits de recirculation (avec packer)
- centrale de préparation de l'oxydant
- unité d'injection avec centrale d'acquisition
- réseau de piézomètres de contrôle

Avec quels moyens?

Injection en Direct Push

- foreuse avec tête d'injection sur train de tige
- centrale de préparation de l'oxydant
- unité d'injection avec centrale d'acquisition
- réseau de piézomètres de contrôle

Soil mixing

- grue de malaxage
- centrale de préparation de l'oxydant
- unité d'injection avec centrale d'acquisition
- réseau de piézomètres de contrôle

Illustration 4 : Description de la technique de réduction chimique



Réduction chimique (313 c)

Principe



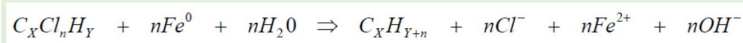
La réduction chimique est un procédé in situ qui consiste à placer le milieu dans des conditions réductrices ou à injecter un réducteur puissant pour dégrader les polluants en composés moins ou non toxiques.

Comment ça marche?

La réduction chimique in situ est une technique de dégradation physico-chimique de polluants organiques par l'action de réactifs réducteurs sur les polluants dont le passage de l'état oxydé à un état réduit se traduit par une minéralisation totale. Les principales variantes de mise en œuvre de la réduction chimique in situ tiennent essentiellement à la nature du sol à traiter.

Elle se fait en zone source ou dans un panache de composés dissous (Barrière perméable réactive (BPR)).

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



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.

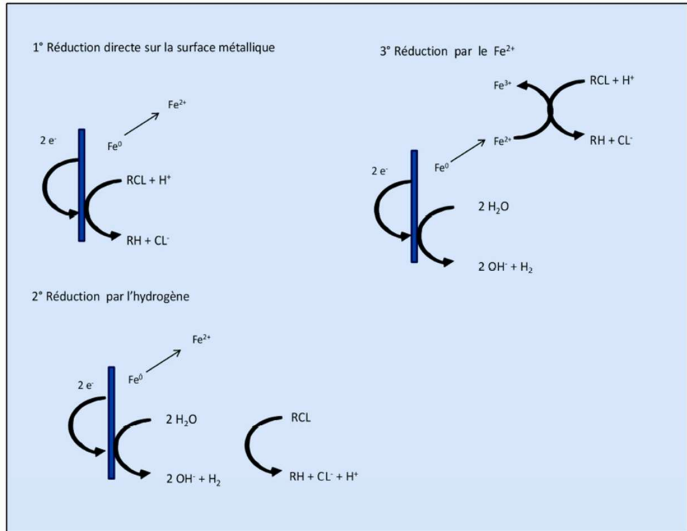
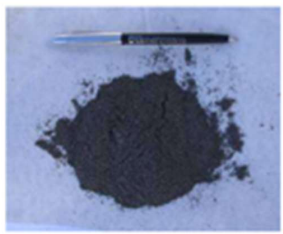


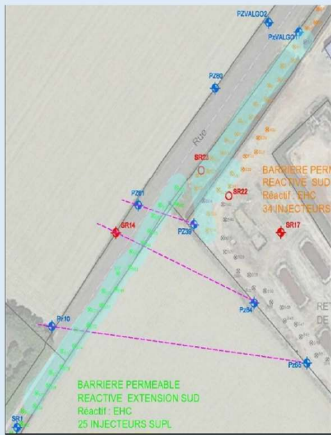
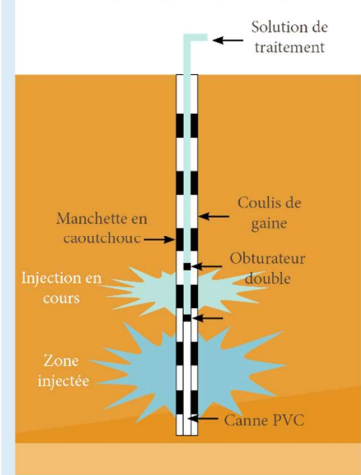
Figure 1 : Mécanismes de réactions possibles pour la déchlorination réductrice des composés organiques chlorés en présence de fer zéro valent

Comment on fait?

Le traitement de panache de dissous en barrière réactive :

La barrière perméable réactive peut être constituée par le remplissage d'une tranchée avec des réactifs ou bien une ligne d'injection qui remplit la porosité du sol par un filtre réactif.. Le flux de polluant traverse un milieu très réducteur ($E_v < -400$ mV) qui peut réduire le polluant par voie chimique. Les injecteurs sont entretenus régulièrement en raison des risques de colmatage. Il est estimé que le fer injecté va colmater le milieu après 5 à 10 injections, nécessitant la réalisation de nouveaux injecteurs

Schéma de principe d'injection par TAM



Forage	Coules	Cons. Pression (bar)	Cons. Volume (l)	Debit Moyen (l/min)	Vol. Injecté (l)	Pression Moyenne (bar)	Pression d'arrêt (bar)	Type d'arrêt
14	Fe0	10,00	314,00	1,00	178,60	0,30	0,40	Manuel
14	Fe0	10,00	314,00	6,00	314,00	0,40	0,50	Volume
18	Fe0	10,00	100,00	49,00	100,00	0,10	0,20	Volume
18	Fe0	10,00	100,00	0,00	15,30	0,10	0,10	Manuel
18	Fe0	10,00	500,00	19,00	500,00	0,50	0,30	Volume
18	Fe0	10,00	3500,00	17,00	1013,30	0,30	0,00	Manuel
18	Fe0	10,00	300,00	11,00	300,00	0,60	0,20	Volume

Avec quels moyens?

- foreuse
- puits équipés de tubes à manchettes ou puits d'injection en flûtes de pan,
- centrale de préparation de la solution réductrice
- réducteurs en poudre ou en fluide visqueux
- unité d'injection avec centrale d'acquisition
- réseau de piézomètres de contrôle

Le traitement de zone source par injection ou malaxage de sols :

Le traitement de zone source par injection ou malaxage de sols : 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.

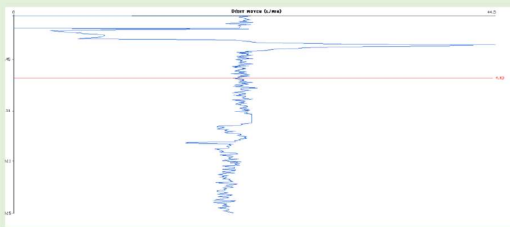
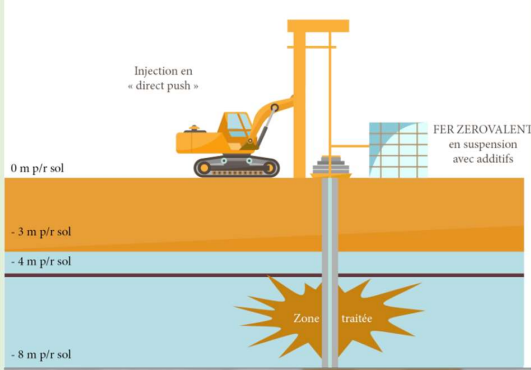


Schéma de la réduction in situ



L'injection peut se faire à faibles pressions pour une imprégnation idéale des sols ou à hautes pressions pour un claquage des sols dans le cas de sols pour lesquels un rayon d'action plus important est recherché.



- foreuse
- puits équipés de tubes à manchettes ou puits d'injection en flûtes de pan ou tranchée remplie avec du fer zérovalent
- centrale de préparation de la solution réductrice
- unité d'injection avec centrale d'acquisition
- pour le malaxage, outil de malaxage simple ou double hélice
- pour les murs ou tranchées : excavatrice / trancheuse
- réseau de piézomètres de contrôle

9.9.2.4 Scénario 4 : Traitement de la zone de pollution concentrée par excavation et élimination en filière pour les sols les plus pollués et par traitement chimique pour les sols de pollution intermédiaire

Les grands axes de cette solution sont :

1. Pour les sols les plus pollués (au-delà de 500 mg/kg MS voire 2000 mg/kg MS) :

- Une excavation en atmosphère confinée pour la protection des populations ;
- Un blindage des fouilles ou une excavation avec tarière et bucket, avec substitution pour limiter les volumes de sols excavés. L'excavation avec substitution permet d'éviter à avoir à gérer les eaux de fouille qu'il faudrait traiter avant rejet. Elle permet également d'éviter de travailler sous chapiteau, le confinement se faisant à la source et sous un chapiteau de plus petite taille uniquement pour les terres stockées avant élimination ;
- Une excavation des sols pleine masse préalable jusqu'à 2,5 m environ et en moyenne (au moins 0,5m au-dessus du niveau de pollution concentrée). Par sécurité pour la zone de pollution concentrée l'excavation sera faite sous chapiteau avec aspiration des vapeurs et traitement de source. Aménagement d'une plateforme circulaire pour la foreuse prévue pour la substitution à un niveau intermédiaire (-2 m par exemple). Le remblaiement se fait à l'avancement avec compactage pour éviter la décompression de terrains. Considérant une surface à traiter de 275 m², le volume de sol à déplacer est estimé à environ 650 m³, talutage compris. L'élimination de ces sols pollués est chiffrée dans le poste dédié, cf. tableau 21.
- Excavation par substitution, par plots sécants diamètre 1000 mm minimum, chargement en mini dumper capoté et stockage sur plateforme étanche sous chapiteau. Remblaiement avec un matériau autocompactant fin, par exemple bentonite + sable à l'avancement ;
- Elimination des terres présentant des concentrations supérieures à 100 mg/kg en COHV :
 - ✓ en filière thermique pour les concentrations supérieures à 20 000 mg/kg MS,
 - ✓ en ISDD ou biocentre pour les sols présentant des concentrations comprises entre 2 000 mg/kg et 20 000 mg/kg de COHV,
 - ✓ en ISDND / Biocentre pour les sols présentant des concentrations comprises entre 100 mg/kg et 2 000 mg/kg de COHV,
 - ✓ En première approche la répartition retenue est de 40% pour la filière ISDD, 40% pour la filière biocentre et 20% pour la filière incinération.
- Les terres excavées et non impactées seront stockées provisoirement et réutilisées en remblais ultérieurement ;
- Remblaiement après excavation jusqu'à une cote de -1 m par rapport au terrain naturel en conservant un talutage de sécurité, et en attente des travaux d'aménagement. Les remblais d'apport excédentaires après travaux d'aménagement pourront être éliminés en filière de recyclage.

2. Pour les sols les moins pollués (jusqu'à 500 mg/kg MS voire 2000 mg/kg MS) :

- Une installation des injecteurs : tube à manchettes, rayons d'action 2 m disposés en quinconce. Considérant une surface à traiter de 250m² environ, cela représente une vingtaine d'ouvrages.
- L'amenée d'une unité d'injection ;
- L'injection d'un oxydant ou un réducteur.
- Un pilotage par mesure dans les eaux souterraines sur environ 5 ouvrages pendant environ 6 mois après l'injection ;
- Une durée de traitement évaluée à 6 mois ; avec prise en compte des effets rebonds ;

- La nécessité de valider cette solution par un essai pilote de terrain ;

Il est à noter que ces solutions techniques présentent l'avantage de pourvoir le sol d'un réservoir de réactif qui ne se dégrade que lentement et pourra permettre un traitement de panaches complémentaire pendant quelques mois à quelques années après l'injection, permettant ainsi un traitement de panache.

Le **tableau 27** synthétise les principaux axes de ce scénario dont le budget est calculé à 935 k€.

Tableau 27 : Scénario 4 - Traitement par excavation et élimination en filière et traitement chimique

	unités	quantités	PU	PUHT
Terrassement de 0 à 2.5m de profondeur et aménagement d'une plateforme de travail	m3	750	50.00 €	37 500.00 €
Chapiteau pour l'excavation en atmosphère confinée et le stockage des terres	ft	1	50 000.00 €	50 000.00 €
consommation de charbon actif pour le traitement d'air	t	5	4 000.00 €	20 000.00 €
Terrassement par substitution yc remblaiement	m3	850	350.00 €	297 500.00 €
Elimination des terres en filière biocentre 40% du volume	t	612	60.00 €	36 720.00 €
Elimination des terres en filière ISDD 40 % du volume	t	612	180.00 €	110 160.00 €
Elimination des terres en filière thermique 20 % du volume	t	306	450.00 €	137 700.00 €
remblaiement de -1m à -3m et compactage	m3	720	20.00 €	14 400.00 €
Elimination des futurs déblais en filière ISDI	m3	1320	20.00 €	26 400.00 €
Injecteurs d'oxydant (rayon d'action 2m et profondeur 6m)	u	20	3 000.00 €	60 000.00 €
Piézomètres de contrôles	u	6	1 500.00 €	9 000.00 €
Oxydant (permanganate de potassium)	t	17	5 000.00 €	85 000.00 €
Mise en oeuvre, base 2 campagnes d'injection	j	4	1 000.00 €	4 000.00 €
Pilotage eaux souterraines pendant 6 mois	mois	6	2 000.00 €	12 000.00 €
Essai d'injection préalable	ft	1	35 000.00 €	35 000.00 €
TOTAL				935 380.00 €

9.10 Sélection des critères du bilan coûts-avantages

Compte-tenu des données d'entrée, les critères retenus et les enjeux identifiés sont les suivants :

Tableau 28 : Critères et pondération retenus pour le bilan coûts / avantages des scénarios de gestion

Famille de critères	Pondération (total 100)	Critères	Descriptif du critère
Critères économiques	30	Coût de traitement	Spécifique au traitement retenu
		Pilotage	contrôle de l'efficacité des travaux 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)
Durée	10	Durée du traitement	Durée de traitement hors surveillance
Critère technique	20	Robustesse	probabilité de réussite de la technique dans sa mise en œuvre ; quantifie inversement proportionnellement les risques d'échec
Critères technique	20	Efficacité de la technique	Efficacité attendue en termes d'abattement des concentrations ou de la masse de polluants

Critères environnementaux	10	Emissions des gaz à effet de serre	impact environnemental calculé en termes d'émission de gaz à effet de serre GES
Nuisances pendant les travaux	10	Nuisances : bruits / vibrations / odeurs / émanations toxiques / Poussières / circulations	Risques de plaintes de riverains liées aux nuisances pendant les travaux

9.11 Bilan coûts-avantages des scénarios de gestion

A ce stade de l'étude, 4 scénarios de gestion sont évalués :

- **Scénario 1** : excavation des sols et élimination en filière ;
- **Scénario 2** : extraction multiphasique ;
- **Scénario 3** : traitement chimique in situ.
- **Scénario 4** : solution mixte entre scénario 1 et scénario 3.

Pour chaque scénario envisagé, une note est attribuée pour chacun des critères définis au chapitre 9.8, la somme des notes conduit à une note globale du scénario.

9.11.1 Notation financière

Le Tableau 29 présente la note financière. Le scénario 1 a la note la plus faible (1) du fait de son coût le plus élevé.

Tableau 29 : BCA - note financière

		Scénario 1 : excavation et traitement hors site	Scénario 2 : Traitement par Extraction multiphasique	Scénario 3 : Traitement de zone source par traitement chimique in situ	Scénario 4 : Traitement de zone source par solution mixte excavation + traitement chimique	PONDERATION /100
CRITERE ECONOMIQUE						
0	>1340 K€	0				
1	1100-1340 K€					
2	800-1100 K€				2	
3	500-800 K€		3	3		
4	<500 K€					
	NOTE	0	90	90	60	30

9.11.2 Délais de traitement

Le Tableau 30 présente la note relative au temps nécessaire au traitement. La note la plus basse correspond à la solution qui présente la durée de traitement la plus longue : extraction multiphasique. Les autres scénarii ont des durées de réalisation du même ordre de grandeur, environ 6 mois.

Tableau 30 : BCA - Note de la durée de traitement

Durée hors surveillance		Scénario 1 : excavation et traitement hors site	Scénario 2 : Traitement par Extraction multiphasique	Scénario 3 : Traitement de zone source par traitement chimique in situ	Scénario 4 : Traitement de zone source par solution mixte excavation + traitement chimique	PONDERATION /100
0	18 mois		0			
1	11-14 mois					
2	7-11 mois					
3	4-7 mois	3		3	3	
4	<4 mois					
NOTE		30	0	30	30	10

9.11.3 Robustesse du traitement

Le Tableau 31 présente la note relative à la robustesse du traitement. La note la plus basse aux scénarii 2 et 3 de traitement in situ seuls en raison de la difficulté liée à la faible perméabilité des terrains et la quantité d'eau à traiter (EMP) ou la faible perméabilité des terrains et des concentrations en polluants très élevées (traitement chimique). Les autres scénarii ont la meilleure note car ce sont des techniques éprouvées (excavation et oxydation pour des concentrations limitées).

Tableau 31 : BCA – Robustesse du traitement

Critère technique : Robustesse de la technique		Scénario 1 : excavation et traitement hors site	Scénario 2 : Traitement par Extraction multiphasique	Scénario 3 : Traitement de zone source par traitement chimique in situ	Scénario 4 : Traitement de zone source par solution mixte excavation + traitement chimique	PONDERATION /100
0	Technique incertaine					
1	Technique moyennement expérimentée- Risques d'échec de mise en œuvre					
2	Technique expérimentée- Risques de difficultés de mise en œuvre		2	2		
3	Technique éprouvée - peu de risque d'échec					
4	Technique éprouvée - pas de risque d'échec	4			4	
NOTE		80	40	40	80	20

9.11.4 Efficacité du traitement

Le Tableau 32 présente la note relative à l'efficacité du traitement. Dans ce contexte particulier il est considéré qu'aucune solution ne permettra de supprimer totalement la zone source ; néanmoins les scénarii avec excavation seront les plus efficaces pour éliminer la plus grosse partie de la masse ; l'oxydation avec du permanganate, hors zone de plus forte concentration, pouvant avoir un niveau d'efficacité très élevé. L'extraction multiphasique est réputée efficace à un niveau moyen de 80%, donc moindre que les autres solutions.

Tableau 32 : BCA – Efficacité du traitement

Critère technique : Efficacité de la technique		Scénario 1 : excavation et traitement hors site	Scénario 2 : Traitement par Extraction multiphasique	Scénario 3 : Traitement de zone source par traitement chimique in situ	Scénario 4 : Traitement de zone source par solution mixte excavation + traitement chimique	PONDERATION /100
0	Zone source résiduelle abattue <80% distribuant panaches en aval et au droit du site					
1	Abattement de la zone source concentrée max. 80%, pollution résiduelle, panaches inchangés		1			
2	Abattement de la zone source concentrée max. 90%, pollution résiduelle, panaches potentiellement diminués			2		
3	Abattement de la zone source concentrée >90%, pollution résiduelle mais panaches réduits	3			3	
4	Plus de zone source					
NOTE		60	20	40	60	20

9.11.5 Bilan environnemental : émissions de GES

Les données d'entrée de chaque scénarii ont été introduites dans un calculateur mis au point par BURGEAP relatif au bilan carbone des opérations de dépollution.

Le Tableau 33 présente la note relative à l'efficacité du traitement. La note la plus basse est attribuée au scénario 1, fortement influencée par les transports et l'élimination des sols pollués par incinération ou en ISDD. Le scénario 2 a la meilleure note, avec un bilan avoisinant 50 kgCO₂éq. /tonne de terre traitée.

Tableau 33 : BCA - bilan des émissions de gaz à effet de serre GES

Critère environnemental : Emissions GES		Scénario 1 : excavation et traitement hors site	Scénario 2 : Traitement par Extraction multiphasique	Scénario 3 : Traitement de zone source par traitement chimique in situ	Scénario 4 : Traitement de zone source par solution mixte excavation + traitement chimique	PONDERATION /100
0	>1000 kg CO ₂ e /tonne traitée					
1	200-1000 kg/CO ₂ e tonne traitée	1				
2	100-200 kg/CO ₂ e tonne traitée				2	
3	50 - 100 kg/CO ₂ e tonne traitée		3	3		
4	<50 kg CO ₂ e /tonne traitée					
NOTE		10	30	30	20	10

9.11.6 Nuisances associées au traitement

Les chantiers d'excavation imposent de fortes contraintes liées aux vibrations, aux circulations d'engins, aux risques d'émissions de vapeurs. Le scénario 1 est par conséquent le moins bien noté. Le scénario 4 est légèrement mieux noté car la surface à traiter par excavation est réduite. Le scénario 2 a une note similaire car les nuisances sont reportées sur une durée longue (risques en particulier liés aux bruits et aux émissions de vapeurs). Le scénario 3 est le mieux noté ; très peu de nuisances sont générées par ces solutions in situ pratiquées avec des équipements de forages légers.

Le Tableau 34 récapitule cette notation.

Tableau 34 : BCA – nuisances associées aux travaux

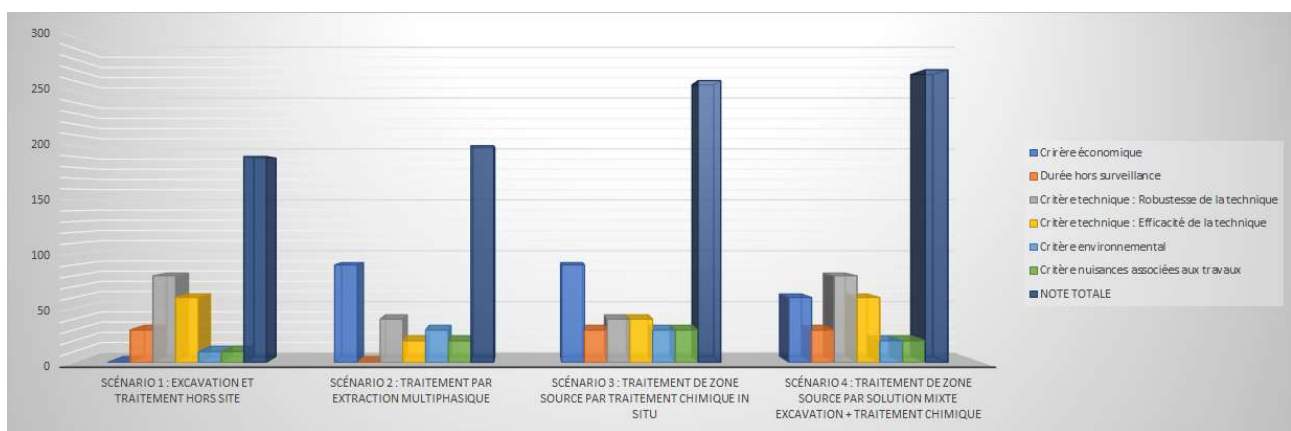
Critère nuisances associées aux travaux		Scénario 1 : excavation et traitement hors site	Scénario 2 : Traitement par Extraction multiphasique	Scénario 3 : Traitement de zone source par traitement chimique in situ	Scénario 4 : Traitement de zone source par solution mixte excavation + traitement chimique	PONDERATION /100
0	Nuisances marquées mettant en cause la faisabilité des travaux					
1	Nuisances marquées pouvant provoquer des plaintes de riverains	1				
2	nuisances habituelles d'un chantier de travaux		2		2	
3	Nuisances très limitées			3		
4	absence de nuisances					
NOTE		10	20	30	20	10

9.11.7 Synthèse du bilan coûts-avantages

Dans le **Tableau 35** sont présentés les résultats du bilan coûts-avantages.

Tableau 35 : Synthèse du bilan coût avantage pour l'ensemble du site et les 4 scénarii retenus

	Critère économique	Durée hors surveillance	Critère technique : Robustesse de la technique	Critère technique : Efficacité de la technique	Critère environnemental	Critère nuisances associées aux travaux	NOTE TOTALE
Pondération / 100	30	10	20	20	10	10	100
Scénario 1 : excavation et traitement hors site	0	30	80	60	10	10	190
Scénario 2 : Traitement par Extraction multiphasique	90	0	40	20	30	20	200
Scénario 3 : Traitement de zone source par traitement chimique in situ	90	30	40	40	30	30	260
Scénario 4 : Traitement de zone source par solution mixte excavation + traitement chimique	60	30	80	60	20	20	270



Le scénario 1 est le moins bien noté pour des raisons de coût, de nuisances et de bilan environnemental (émissions GES¹³ très élevées).

Le scénario 2 est un peu mieux noté : il bénéficie d'émissions GES peu élevées, mais la durée est longue et l'efficacité attendue moindre. Les nuisances attendues sont plus significatives (bruit associé à une durée importante).

La meilleure note est attribuée aux scénario 3 et 4. Le traitement chimique commun aux deux solutions a des avantages d'un point de vue durée, coûts et nuisances notamment. La robustesse de la solution est moins bien notée ; des essais d'injection sont appropriés pour lever les incertitudes. Le scénario 4 mélangeant excavation pour les zones les plus chargées et traitement chimique in situ apparaît une alternative intéressante. Ce scénario 4 peut être considéré comme évolutif, notamment s'il est possible en lien avec les résultats d'essai en laboratoire et de terrain de faire évoluer la proportion de sols traités par traitement chimique, le coût sera diminué et le bilan GES amélioré.

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.

9.12 Choix d'un scénario de traitement

Pour le choix du scénario présenté dans sa description, **le scénario 4 est proposé.**

¹³ Gaz à Effet de Serre

9.12.1 Déroulement des travaux

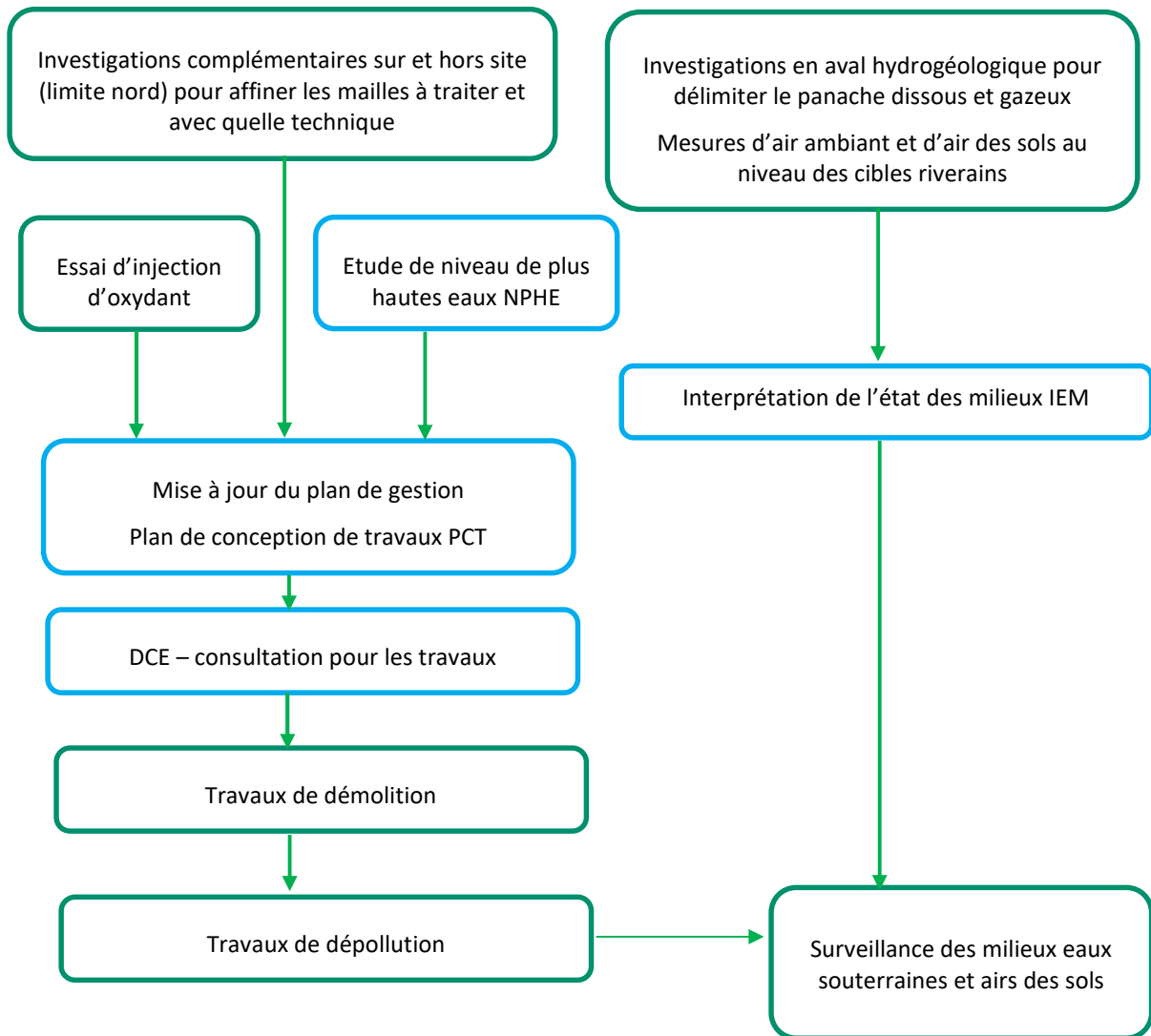
Le déroulement est décomposé dans **l'Illustration 5**.

Sont inclus des opérations préliminaires :

- Missions d'investigations sur site et hors site, dimensionnement de l'impact de la pollution hors site ;
- IEM, mise à jour PG ;
- Etude de niveau de plus hautes eaux NPHE, en vue de faciliter le choix de la profondeur du sous-sol et de son cuvelage ;
- essai d'injection d'oxydant sur site avec rédaction d'un plan de conception des travaux, PCT.

Sur la base du PCT et des résultats des investigations, une consultation des entreprises de travaux peut être menée.

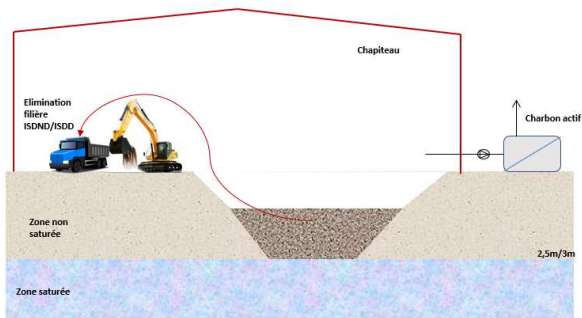
Illustration 5 : Déroulement opérationnel prévisionnel



9.12.2 Cinématique des travaux

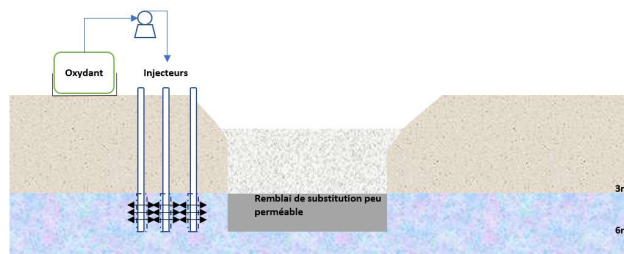
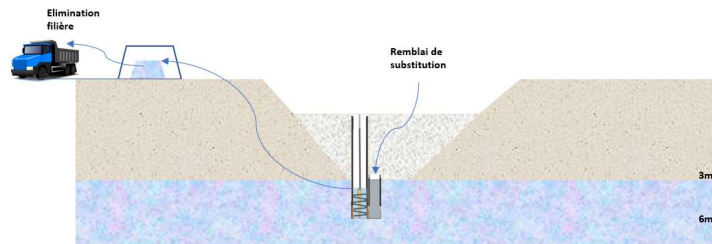
Le déroulement est décomposé dans l'organigramme suivant.

Illustration 6 : Cinématique du traitement



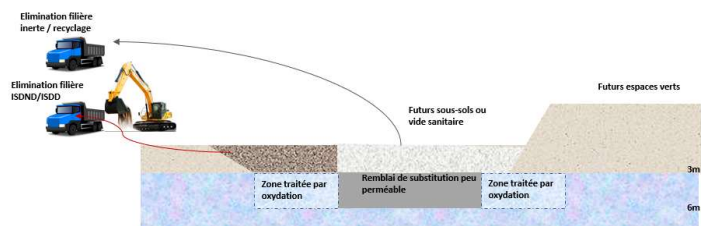
Phase 1 : extraction ZNS impactée au niveau de la zone source

Phase 2 : excavation par substitution



Phase 3 : oxydation in situ

Phase 4 : excavation en phase aménagement



9.12.3 Limitation des nuisances

L'entreprise travaux devra garantir l'absence de nuisances des travaux en termes de bruits, émissions de vapeurs et d'odeurs, de vibrations, de salissures de chaussées et d'émissions de poussières.

Un contrôle extérieur à l'entreprise par des mesures (bureau de contrôle) est recommandé pour garantir la qualité des contrôles de l'entreprise et réaliser des mesures contradictoires.

9.12.4 Surveillance des milieux

La surveillance des milieux s'appliquera au milieu eau souterraine et air ambiant. Elle est traditionnellement programmée sur une durée de 4 ans pour vérifier l'état des milieux et leur évolution pendant un laps de temps suffisant afin de conclure sur l'absence de risque non anticipé. Des campagnes basses eaux / hautes eaux sont recommandées (2 campagnes par an).

L'objectif est également de mesurer les atténuations des concentrations postérieures au traitement qui se produisent dans certains cas (bénéfice du traitement sur le long terme).

9.12.5 Récolement

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

Il comprendra, à minima, les éléments suivants :

- le détail des opérations réalisées ;
- le bilan des déchets éliminés hors site ;
- les types d'analyses effectuées sur les différents milieux, ainsi que la localisation précise des prélèvements de contrôle ;
- le bilan de masse final ;
- l'ARR post travaux.

9.12.6 Budget de traitement

Le budget global du traitement, études et surveillance comprise est proche de 2,37 M€HT et détaillé dans le **Tableau 36**.

Il ne prend pas en considération :

- le traitement éventuel des panaches de composés dissous hors site (au cas où les résultats de l'IEM l'exigent) ou d'apporter des mesures de protection des populations,
- Le traitement hors site d'une pollution des sols si une extension par exemple au nord était constatée au-delà de 20% de volumes à traiter pris en considération dans le calcul,
- La démolition des bâtiments,
- Le cuvelage du bâtiment, estimé à 135 k€ (estimation transmise par l'EPFIF) ;
- Le chiffrage de la ventilation des sous-sols, estimé à 11k€ (estimation transmise par l'EPFIF).

Tableau 36 : Budget global de l'opération de traitement

	POSTE	COÛT	COMMENTAIRE
INVESTIGATIONS ET ETUDES	Investigations complémentaires sur site et hors site	40 000.00 €	base 1 sondage / 100 m2, à 7m en carrotier SONIC, yc hors site
	études des panaches eaux souterraines et air des sols - mesures air ambiant/air des sols au niveau des populations cibles	80 000.00 €	base 6 à 8 piézomètres et piézairs + mesure air ambiant habitations / locaux / air extérieur, 2 campagnes
	essai d'injection sur site au niveau de la zone de pollution	35 000.00 €	1 campagne d'essai; ouvrages réutilisables pour le traitement à venir (injecteur et piézomètres de contrôles)
	IEM - mise à jour PG - PCT - NPHE	60 000.00 €	prix pouvant varier selon résultats des investigations (étude aéraulique sous-sols éventuelle non chiffrée)
TRAVAUX	Démolition des structures	non chiffré	
	traitement de la zone de pollution concentrée base scénario 4	1 200 000.00 €	prise en compte d'un aléa (extension hors site) de 20%, 10% de MOE, 2% de contrôles extérieur nuisances et coordination sécurité
	Elimination des déblais de construction (surcoûts liés à la pollution)	850 000.00 €	prise en compte d'un aléa (extension hors site) de 20%, 10% de MOE, 2% de contrôles extérieur nuisances et coordination sécurité
	traitement du panache de pollution	non chiffré	conditionnel, si les résultats de l'IEM le nécessite
SURVEILLANCE	surveillance eaux souterraines	60 000.00 €	quadriennale et semestrielle - base 8 piézomètres
	surveillance eaux souterraines	50 000.00 €	quadriennale et semestrielle - base 5 piézairs et 5 air ambiant
TOTAL		2 375 000.00 €	

9.12.7 Planning des travaux

Le planning de l'opération de travaux de traitement inclut les travaux annexes aux travaux d'aménagement liés à la dépollution : démolition – élimination des déblais pollués – dispositions constructives.

Il est évalué sur 21 mois études comprises avant de pouvoir démarrer les travaux d'aménagement.

Tableau 37 : Planning de principe des travaux de traitement

		mois 1	mois 2	mois 3	mois 4	mois 5	mois 6	mois 7	mois 8	mois 9	mois 10	mois 11	mois 12	mois 13	mois 14	mois 15	mois 16	mois 17	mois 18	mois 19	mois 20	mois 21	...	mois ii	mois ii	mois ii	mois ii
Dépollution	Démolition																										
	Investigations préalables																										
	investigations hors site IEM																										
	essai d'injection d'oxydant																										
	étude NPHE - mise à jour PG - PCT																										
	Travaux																										
	DCE / Consultation																										
	Documents / VISA																										
	traitement par excavation sous substitution																										
	installation des ouvrages																										
	Traitement par oxydation																										
	Pilotage																										
	Surveillance des milieux																										
Aménagement	Dossier de récolement / ARR																										
	Point d'arrêt : ARR																										
	Travaux d'aménagement																										
	élimination des déblais impactés en filière																										
	Disposition constructive																										
	Complément au dossier de récolement																										

9.13 Gestion des panaches et des impacts hors site

Le présent plan de gestion n'aborde / n'examine pas la problématique des potentiels impacts hors site ni leurs éventuelles conséquences sur l'environnement parce que les données acquises sont insuffisantes et que la situation actuelle avant prise en main éventuelle du projet par l'EPFIF n'a pas été quantifiée ; c'est-à-dire que les éventuels risques pour les populations riveraines sont peut-être préexistants.

Les travaux de traitement de zone source permettront de diminuer les concentrations sur site. Cependant, il n'est pas certain que ces travaux aient une influence significative sur les concentrations hors site. Les panaches dissous et gazeux ont une probabilité importante d'être atténués, mais le seront cependant en proportion limitée. En revanche, la durée de vie de ces concentrations hors site sera diminuée..

En conséquence il est recommandé que des études spécifiques soient faites hors site, sous forme d'une interprétation de l'état des milieux IEM.

10. Analyse des risques résiduels - ARR

10.1 Contexte et méthodologie

Conformément aux textes ministériels relatifs à la gestion des sites et sols pollués de 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, les gaz du sol et les eaux souterraines) est compatible avec les usages futurs.

L'ARR qui repose sur le schéma conceptuel final sera 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 ;

La méthodologie appliquée est conduite en 4 étapes :

- Etape 1 : Identification des dangers
- Etape 2 : Caractérisation des relations 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.

Nous avons considéré l'usage envisagé pour cette étude de risque sanitaire, à savoir un bâtiment de logements et commerces en RDC sur un niveau de sous-sol à usage de parking.

10.2 Composés et concentrations retenus dans les différents milieux

Compte-tenu de notre connaissance de l'état environnemental du site et des scénarios de traitement proposés, compte-tenu également du fait que le milieu gaz du sol étant intégrateur des dégazages depuis le milieu sol et eaux souterraines, nous considérons que les teneurs actuelles dans les gaz du sol en périphérie des zones sources concentrées représentent au mieux les teneurs résiduelles présumées dans les gaz du sol après les travaux de dépollution.

Ainsi, la synthèse des investigations sur le site, combinée aux scénarios d'expositions retenus, permet de réaliser la sélection des composés à prendre en compte pour les milieux d'exposition considérés.

- Pour l'inhalation d'air intérieur : les concentrations maximales des gaz du sol mesurées au droit des piézaires présents en dehors de la zone de pollution concentrée qui sera traitée (tous ouvrages et toutes campagnes confondues – G3, PzaPz8, Pza11, PzaS15, PzaPz9, Pza12, PzaPz13).
- Pour l'inhalation d'air extérieur : la qualité de l'air extérieur mesurée en janvier 2019 au droit du site.

Notons que cette démarche est toutefois sécuritaire car les teneurs maximales dans les gaz du sol en périphérie des zones sources sont supérieures aux teneurs moyennes de l'ensemble du site. D'autre part, le panache de pollution en nappe, qui sera traité lors des travaux, s'étend actuellement sous une partie des piézaires pris en compte. Enfin les teneurs prises en compte dans l'air extérieur ne prennent pas en compte la probable amélioration de ce milieu après les travaux de dépollution.

Les concentrations retenues sont présentées dans le **Tableau 38**.

Tableau 38 : Concentrations retenues dans les différents milieux pour l'ARR

Bâtiment de plain-pied sur vide sanitaire et Bâtiment sur sous-sol				
Substances	Gaz du sol (mg/m ³)	Investigations correspondantes et critères de sélection	Air extérieur (µg/m ³)	Investigations correspondantes et critères de sélection
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES				
Naphtalène	-	-	0.05	Extérieur, 2 rue de l'abreuvoir - campagne d'air du 17/01/2019 au 24/10/2019
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES				
benzène	0.036	cc max : PzaPz8 - A juillet 2023	1.8	Extérieur, 2 rue de l'abreuvoir - campagne d'air du 17/01/2019 au 24/10/2019
toluène	0.11	cc max : G3 juillet 2018	2.8	
ethylbenzène	0.026	cc max : G3 juillet 2018	0.84	
M+p-Xylène	0.1	cc max : G3 juillet 2018	1.3	
o-Xylène	0.037	cc max : G3 juillet 2018	0.62	
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH				
Aliphatic nC>6-nC8	0.24	cc max : PzaPz8 - A juillet 2023	7.38	Extérieur, 2 rue de l'abreuvoir - campagne d'air du 17/01/2019 au 24/10/2019
Aliphatic nC>8-nC10	5.1	cc max : PzaPz9 - A juillet 2023	1.3	
Aliphatic nC>10-nC12	1.4	cc max : PzaPz9 - A juillet 2023	0.52	
Aliphatic nC>12-nC16	0.26	cc max : PzaPz8 - A juillet 2023	-	
Aromatic nC>8-nC10	0.25	cc max : G3 juillet 2018	4.4	
Aromatic nC>10-nC12	-	-	0.4	
Aromatic nC>12-nC16	-	-	-	
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS				
tétrachloroéthylène (PCE)	163	cc max : G3 juillet 2018	2.19	Extérieur, 2 rue de l'abreuvoir - campagne d'air du 17/01/2019 au 24/10/2019
trichloroéthylène (TCE)	2.2	cc max : G3 juillet 2018	0.03	
dichloroéthylène (cis 1,2-DCE)	1.3	cc max : G3 juillet 2018	-	
dichloroéthylène (trans 1,2-DCE)	0.029	cc max : G3 juillet 2018	-	
1,1 dichloroéthylène (1,1 DCE)	0.0041	cc max : G3 juillet 2018	-	
chlorure de vinyle (VC)	0.044	cc max : Pza12-T1 novembre 2023	-	
1,1,1 trichloroéthane	0.094	cc max : PzaPz8 - A juillet 2023	0.02	
1,2 dichloroéthane	-	-	0.18	
tétrachlorométhane (CCl4)	-	-	0.4	
chloroforme (TCmA)	0.26	cc max : PzaPz8 - A juillet 2023	0.04	
dichlorométhane	0.0066	cc max : Pza11-T1 novembre 2023	-	

10.3 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 11**.

10.4 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 nationales¹⁴ 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 39. Les relations dose-réponse des composés retenus sont détaillées en **Annexe 12** et discutées dans les incertitudes au paragraphe 10.7.

¹⁴ IRIS US-EPA (Integrated Risk Information System ; US Environmental Protection 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),

OEHHH (Office of Environmental Health Hazard Assessment of California – Etats Unis)

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

Tableau 39 : Valeurs toxicologiques de référence retenues

		Effets sans seuil			Effets à seuil							
Substance	CAS N°	ERUI	TYPE CANCER	SOURCE	VTRI	ORGANE	SOURCE	SF	VTRI spécifique effet cancérigène	ORGANE	SOURCE	SF
		(µg/m³) ⁻¹			(µg/m³)				(µg/m³)			
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	-	-	-	-
1,1,1 trichloroéthane	71-55-6	-	-	-	1 000	syst. nerveux	OEHHA, 2004 retenu par INERIS, 2014	300	-	-	-	-
1,2 dichloroéthane	107-06-2	3.4E-06	glandes mammaires	ANSES 2008	3 000	hépatique	ATSDR, 2001	90	-	-	-	-
Tétrachlorométhane (CCl4)	56-23-5	-	-	-	100	hépatique	US-EPA, 2010	100	110	cancer hépatique	ANSES, 2018	25
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	-	-	-	-

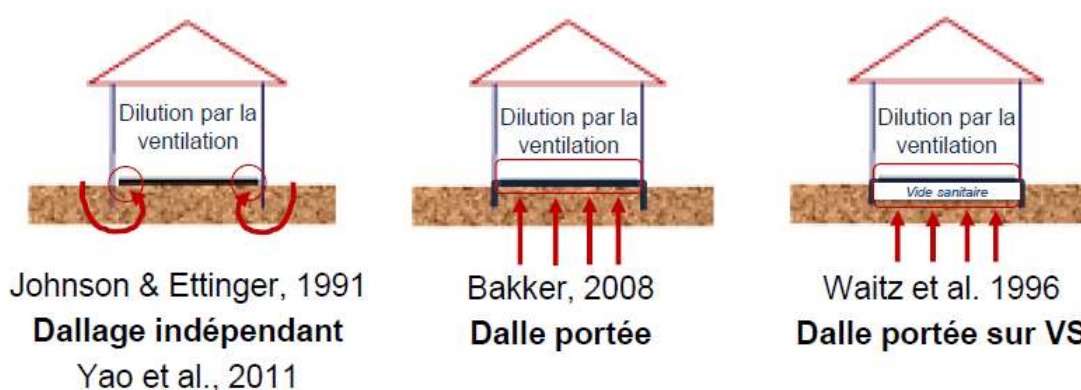
10.5 Estimation des expositions

10.5.1 Concentrations dans les milieux d'exposition

10.5.1.1 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 45 : Représentation schématique des différents modèles de calcul des transferts des sols vers l'air intérieur



À ce stade du projet, le maître d'ouvrage n'ayant pas connaissance du mode constructif du futur bâtiment sur un niveau de sous-sol, les modèles de Johnson & Ettinger et de Bakker ont été 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 13**.

^[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

► 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 38.

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 Tableau 40 et Tableau 41 et en **Annexe 13**.

Tableau 40 : Paramètres retenus liés au sol

Profondeur de la pollution	Unités	Valeurs	Sources de données
Profondeur du toit de la source sous le niveau du sol ou de la dalle	m	0.01	La source est considérée directement sous le niveau de la dalle.

Lithologie	Unités	Horizon 1	Sources de données
Nature lithologique	m	Limons sableux	Lithologie déduite des coupes des sondages/ouvrages.
Epaisseur	m	0.01	Assimilée à la profondeur de la source considérée
Porosité	-	25%	En référence à la base de données du logiciel RISC 4.0 et aux données bibliographiques pour des terrains de type « limons sableux »
Teneur en eau	-	15%	
foc	-	0.7%	
Masse volumique du sol	kg/l	1.80	

Tableau 41 : Paramètres retenus liés aux scénarios d'aménagements

Caractéristiques du parking ou sous-sol	Unités	Valeurs	Sources de données
Surface	m²	1300	Emprise du sous-sol
Hauteur totale du niveau de sous-sol / parking	m	2.5	Valeur courante
Débit de ventilation (en moyenne journalière)	m³/h	9000	300 m³/h/place, le projet prévoyant 30 places. Valeur basse du débit en marche normale pour une surface supérieure à 100 m² (NB : 600 m³/h/place en heure de pointe grande vitesse) Référence : Arrêté 31 janvier 1986 modifié et arrêté du 09/05/2006 (parc de stationnement couvert d'ERP)
Renouvellement d'air calculé	/h	2.77	Calculé selon les hypothèses précédentes
Taux de transfert considéré entre le sous-sol/parking et les niveaux de vie au-dessus (habitat collectif)	(-)	10%	Valeur couramment admise

J&E (1991)			
Paramètres nécessaires pour l'utilisation du modèle de J&E (1991)	Unités	Valeurs	Sources de données
Périmètre	m	200	Périmètre du sous-sol
Différence de pression entre l'air intérieur et extérieur (dP)	Pa	4.00	Valeur conservatoire définie par Johnson et Ettinger
Epaisseur de la dalle (Lcrack = Zcrack en l'absence de sous-sol)	m	0.15	Valeur par défaut
Hauteur enterrée des niveaux de sous-sol/ parking (Zcrack)	m	2.5	Valeur courante
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	4.00	Valeur conservatoire définie par Johnson et Ettinger
Epaisseur de la dalle du sous-sol (si considéré) ou du rez de chaussée (en l'absence de sous-sol)	m	0.15	Valeur courante
Perméabilité à l'air de la dalle du sous-sol (si considéré) ou du rez de chaussée (en l'absence de sous-sol)	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 sous-sol	-	0.12	Données de la littérature pour des bétons
Teneur en gaz du béton du sous-sol	-	0.05	
Teneur en eau du béton du sous-sol	-	0.07	

► Concentrations dans l'air intérieur et extérieur

Le Tableau 42 présente les concentrations estimées en air intérieur. Il indique également pour l'interprétation des données, les concentrations mesurées dans l'air extérieur (campagne de 2018).

Tableau 42 : Concentrations calculées dans l'air intérieur et extérieur

							Concentrations calculées dans l'air intérieur				Concentrations mesurées dans l'air extérieur	
	AIR EXTERIEUR			AIR INTERIEUR							-	
	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	J&E		Bakker		Adultes	Enfants
Substances	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 du niveau de parking ou sous-sol (µg/m³)	Air intérieur des lieux de vie (µg/m³)	Air intérieur du niveau de parking ou sous-sol (µg/m³)	Air intérieur des lieux de vie (µg/m³)	Air extérieur (µg/m³)	Air extérieur (µg/m³)
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES												
Naphtalène	0.009	-	-	-	-	10	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	5.00E-02	5.00E-02
COMPOSES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES												
benzène	2.2	5	1.7	5.7	2	2	0.00	0.00	0.01	0.00	1.80	1.80
toluène	9	-	-	46.9	-	20000	0.00	0.00	0.02	0.00	2.80	2.80
ethylbenzène	2.1	-	-	7.5	-	1500	0.00	0.00	0.00	0.00	0.84	0.84
M+p-Xylène	5.6	-	-	22	-	200	0.00	0.00	0.02	0.00	1.30	1.30
o-Xylène	2.3	-	-	8.1	-	200	0.00	0.00	0.01	0.00	0.62	0.62
HYDROCARBURES SUIVANT LES TPH												
Aliphatic nC>6-nC8	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.05	0.00	7.38	7.38
Aliphatic nC>8-nC10	-	-	-	-	-	-	0.07	0.01	1.04	0.10	1.30	1.30
Aliphatic nC>10-nC12	9.8	-	-	62.7	-	-	0.02	0.00	0.28	0.03	0.52	0.52
Aliphatic nC>12-nC16	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.05	0.01	0.00	0.00
Aromatic nC>8-nC10	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.05	0.01	4.40	4.40
Aromatic nC>10-nC12	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.40
Aromatic nC>12-nC16	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS												
tétrachloroéthylène (PCE)	2.4	-	250	5.2	-	250	2.23	0.22	29.18	2.92	2.19	2.19
trichloroéthylène (TCE)	1.6	-	23	3.3	-	10	0.03	0.00	0.41	0.04	0.03	0.03
dichloroéthylène (cis 1,2-DCE)	-	-	-	-	-	-	0.02	0.00	0.23	0.02	0.00	0.00
dichloroéthylène (trans 1,2-DCE)	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
1,1 dichloroéthylène (1,1 DCE)	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
chlorure de vinyle (VC)	-	-	10	-	-	-	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
1,1,1 trichloroéthane	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02
1,2 dichloroéthane	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.18
Tétrachlorométhane (CCl4)	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.40
chloroforme (TCmA)	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.05	0.01	0.04	0.04
dichlorométhane	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

On note que :

- Les concentrations mesurées dans l'air extérieur sont supérieures à celles modélisées dans l'air intérieur, tout scénario confondu, pour les hydrocarbures (BTEX-N, et TPH) et certains COHV (1,1,1 TCA, 1,2 DCA, CCl4 et TCmA). Les concentrations mesurées dans l'air extérieur en PCE et TCE sont supérieures à celles calculées dans l'air intérieur pour le modèle de J&E. Pour ces paramètres, les concentrations en air extérieur seront retenues pour la suite des calculs à l'exception de la concentration en benzène liée à l'état dégradée de la qualité de l'air de l'agglomération de l'ouest parisien (cf. rapport CSSPIF183227 / RSSPIF08870-02 §8.5) et non à la contribution du site ;
- Pour l'air extérieur :
 - la concentration en benzène est légèrement supérieure à la valeur guide de l'OMS (1,8 µg/m³ contre 1,7 µg/m³) ;
 - la concentration en naphtalène est supérieure à la valeur de bruit de fond en milieu urbain (0,05 µg/m³ contre 0,009 µg/m³) ;
 - les autres composés présentent des concentrations inférieures aux valeurs de référence lorsqu'elles existent ;
- Pour l'air intérieur :
 - La concentration en PCE calculée dans le parking pour le modèle de Bakker est supérieure à la valeur de bruit de fond d'un facteur 6 mais reste largement inférieure à la valeur guide, y compris dans l'air des lieux de vie ;
 - les autres composés présentent des concentrations inférieures aux valeurs de référence lorsqu'elles existent.

10.5.2 Estimation des expositions

10.5.2.1 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/m^3).
 C_j : concentration du composé j dans l'air inhalé (mg/m^3).
 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 42. Le détail des calculs est donné en **Annexe 14**.

10.5.2.2 Budget espace-temps (BET)

Le budget espace-temps des cibles considérées est présenté dans le Tableau 43.

Tableau 43 : Budgets espace/temps retenus

Scénario	Cibles		Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée
	Adultes	Enfants	
1a Habitation de plain-pied	T = 40 ans 330 jours par an 23,6 h/jour en intérieur 0,4h/jour en extérieur*	T = 6 ans 330 jours par an 23,6 h/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 cancérogènes quelle que soit la cible considérée
1b Habitation sur un niveau de sous-sol	T = 40 ans 330 jours par an 23,4 h/jour au RDC 0,2h/jour en sous-sol 0,4h/jour en extérieur*	T = 6 ans 330 jours par an 23,4 h/jour au RDC 0,2h/jour en sous-sol 0,4h/jour en extérieur*	
2b Commerces sur un niveau de sous-sol	T = 42 ans 220 jours par an 8h/jour au RDC 0,2h/jour en sous-sol 0,4h/jour en extérieur	-	- T (correspondant à durée d'exposition) pour les effets toxiques non cancérogènes 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'exposition¹⁵ 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 correspondent aux durées « classiques » du travail en France.

Pour les durées d'exposition dans le contexte de l'habitat, nous avons considéré une durée de 40 années. Elle correspond au centile 98 des valeurs présentées par l'US-EPA (EFH, 1997).

Pour les fréquences d'exposition, nous retiendrons le percentile 95 des données présentées dans la synthèse de l'INVS sur les variables humaines d'exposition. Sur la base des données collectées dans le cadre de la Campagne nationale de logements (CNL) menée entre 2003 et 2005 sur 567 résidences principales, ce document indique que le percentile 95 du temps passé à l'intérieur du logement toutes tranches d'âge confondues est de 23,6 h/jour. Pour le temps passé dans le garage attenant, le percentile 95 est de 0,2 h/jour.

10.6 Quantification des risques sanitaires

10.6.1 Méthodologie

10.6.1.1 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 cancérogènes.

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 États-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 cancérogène global qui pèse sur la population exposée.

¹⁵ 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.

10.6.1.2 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.

10.6.2 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 et des niveaux d'exposition estimés au paragraphe précédent. Ils sont présentés dans le Tableau 44 : Synthèse des QD et ERI

Le détail du calcul est donné en **Annexe 14**.

La méthodologie adoptée est celle préconisée par les circulaires ministérielles de février 2007 reprise dans les textes d'avril 2017. L'évaluation du risque nécessite la prise en compte simultanée d'expositions par différentes voies et concerne l'ensemble des substances pour lesquelles on considérera ici l'additivité des risques.

Tableau 44 : Synthèse des QD et ERI

	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 travailleur	Adulte résident	Endant résident	Composés tirant le risque	Adulte travailleur	Adulte résident	Endant résident	Composés tirant le risque	Adulte travailleur	Adulte résident	Endant résident	Composés tirant le risque
COMMERCES ET LOGEMENTS SUR UN NIVEAU DE SOUS-SOL												
Modèle de J&E (dallage indépendant)												
INHALATION air intérieur parking et sous sol J&E	1.89E-09	2.69E-09	4.04E-10	tétrachloroéthylène (PCE)	0.00000	0.00000	0.00000	chloroforme (TCmA)	0.00003	0.00005	0.00005	tétrachloroéthylène (PCE)
INHALATION air intérieur dans le lieu de vie J&E	1.46E-07	6.11E-07	9.16E-08	1,2 dichloroéthane	0.0009	0.004	0.004	Tétrachlorométhane (CCl ₄)	0.01	0.05	0.05	Aromatic nc>8-nc10
INHALATION air extérieur avec recouvrement	1.46E-07	2.08E-07	3.12E-08	benzène	0.00002	0.00003	0.00003	Tétrachlorométhane (CCl ₄)	0.001	0.002	0.002	benzène
TOTAL	2.9E-07	8.2E-07	1.2E-07		0.0009	0.004	0.004		0.01	0.05	0.05	
Modèle de BAKKER (dalle portée)												
INHALATION air intérieur parking et sous sol Bakker	2.47E-08	3.53E-08	5.30E-09	tétrachloroéthylène (PCE)	0.00000	0.00001	0.00001	chloroforme (TCmA)	0.0004	0.0006	0.0006	tétrachloroéthylène (PCE)
INHALATION air intérieur dans le lieu de vie Bakker	1.73E-07	7.22E-07	1.08E-07	tétrachloroéthylène (PCE)	0.0009	0.004	0.004	Tétrachlorométhane (CCl ₄)	0.01	0.05	0.05	Aromatic nc>8-nc10
INHALATION air extérieur avec recouvrement	1.46E-07	2.08E-07	3.12E-08	benzène	0.00002	0.00003	0.00003	Tétrachlorométhane (CCl ₄)	0.001	0.002	0.002	benzène
TOTAL	3.4E-07	9.7E-07	1.4E-07		0.0009	0.004	0.004		0.01	0.05	0.05	

Dans le cadre de la mission qui nous a été confiée par EPFIF, 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 résiduel du site, après les travaux de traitement de la zone de pollution concentrée, et avec les mesures constructives définies au paragraphe 8.2 est compatible avec l'usage prévu.

10.7 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 des scénarios d'exposition et des substances retenues.

Tableau 45 : 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 et ingestion de sols et/ou poussières	Faible	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 : <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	Sécuritaire : prise en compte des concentrations maximales des composés quantifiés dans gaz du sol situés en dehors de la zone de pollution concentrée qui sera traitée (toute campagne et ouvrage confondu). Cette approche est considérée sécuritaire pour l'évaluation des expositions.																
Valeurs Toxicologiques de référence	Inhalation et ingestion	Faible ou fort	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 VTR pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués. Les calculs de risques ont été repris en considérant des VTR plus contraignantes pour les composés tirant le risque à savoir PCE, 1,2-DCA et benzène (cf. cellules Tableau ci-dessous). Les niveaux de risques calculés sont supérieurs à ceux du calcul de base mais restent inférieurs aux seuils réglementaires excepté pour le modèle de Bakker dont l'ERI est très légèrement supérieur au seuil (1,01.10 ⁻⁵).																
Malgré l'existence d'incertitudes sur les VTR (concernant le degré de confiance accordées aux études, les facteurs de sécurité, les désaccords entre experts toxicologues), l'approche que nous avons retenue rend compte des connaissances scientifiques et techniques du moment et n'engendre pas d'incertitude majeure sur les conclusions formulées quant à l'acceptabilité des risques.																			
Cumul des QD et des ERI	Toutes	Fort	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. <table><tr><td></td><td>Somme des ERI ou QD</td><td>Justification</td><td>Consensus</td></tr><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 Somme QD >1</td><td>Faire la somme par organe cible</td><td>-</td><td>-</td></tr></table>		Somme des ERI ou QD	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 Somme QD >1	Faire la somme par organe cible	-	-
	Somme des ERI ou QD	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 Somme QD >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	Sécuritaire : prise en compte des résultats les plus pénalisants des gaz du sol (piézairs) et profondeur d'une source « gaz du sol » présente à 0,01 m sous la dalle du sous-sol du bâtiment. Les conditions météorologiques et techniques d'échantillonnage des gaz jouent un rôle sur la représentativité des résultats d'analyse. Les teneurs retenues pour la modélisation ont été mesurées lors des campagnes de juillet 2018, juillet 2023 et novembre 2023 et à l'aide d'une même technique (piézairs). Les conditions d'échantillonnage des gaz du sol sont jugées plutôt favorables à la représentativité des résultats d'analyses. Toutefois, au vu de la variabilité saisonnière des concentrations dans les gaz du sol, nous recommandons de renouveler la campagne d'échantillonnage/analyses des gaz du sol, après les travaux de traitement et avant la mise en œuvre des aménagements.																
Source « nappe »	Inhalation intérieur et extérieur	Fort	Le bâtiment sur un niveau de sous-sol pouvant se situer en zone saturée, les calculs de risques ont été repris en considérant les concentrations maximales mesurées dans les eaux souterraines au droit des piézomètres situés en dehors de la zone de pollution concentrée qui sera traitée et considérant une source "nappe" située à 0,01 m sous la dalle du sous-sol (le niveau de la nappe étant identifié à 2,5 m de profondeur). Pour le modèle de Bakker (dalle portée), les concentrations en PCE et TCE calculées dans l'air intérieur du sous-sol et des lieux de vie sont supérieures aux valeurs guides (facteur 2 à 20) et les niveaux de risques dépassent les seuils réglementaires (ERImax=7,75.10 ⁻⁵ / QDmax = 1,50). Pour les modèles de J&E (dallage indépendant du sous-sol), les niveaux de risques restent inférieurs aux seuils réglementaires (ERImax=3,46.10 ⁻⁶ / QDmax = 0,09).																

Variable	Voie d'exposition touchée	Poids dans l'évaluation	Approche retenue								
			Il apparaît que la prise en compte de la source « nappe » modifie les conclusions de l'étude pour l'usage du bâtiment sur sous-sol notamment en cas de dalle portée. L'incertitude sur le mode constructif du bâtiment ne pouvant être levée, nous recommandons de réaliser un <u>sous-sol non inondable</u> (type cuvelage étanche) afin d'assurer la compatibilité sanitaire du site avec l'état dégradée de la nappe.								
Cas d'un mélange de composés en un même point	Toutes	Fort	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 « sols » (phase pure du produit, produit dissous dans l'eau des sols, produit volatilisé dans les gaz du sol). Sécuritaire : la prise en compte des substances individuellement, conduit à considérer les concentrations à l'équilibre pour chaque substance, ce qui a tendance à tendance à augmenter les concentrations et les niveaux de risques.								
Profondeur de la source	Toutes	Fort	Sécuritaire : Le modèle considéré ne tient pas compte de l'évolution de la source de pollution et des flux en fonction du temps (source infinie). Mais, compte tenu de la volatilité des substances considérées et des paramètres de sols plutôt favorables aux transferts de vapeur et de façon à tenir compte des pollutions observés sur les sols sur toute la tranche reconnue, nous avons retenu la profondeur de 1 cm pour la source gaz du sol. Une profondeur de la source gaz du sol placée à 10 cm sous la dalle du sous-sol conduit à des niveaux de risques 1,6 à 5 fois inférieurs à ceux du calcul de base ($ER_{i_{max}}=5,96.10^{-7}$ / $QD_{max} = 0,01$).								
Caractéristiques des sols											
Lithologie, Perméabilité, porosité, teneur en gaz des sols, Fraction de carbone organique	Toutes	Fort	Sécuritaire : Lithologie déduite des coupes des reconnaissances effectuées sur le site. En l'absence de mesures sur site, les valeurs de la littérature (logiciel RISC 4.0) sont prises en compte par défaut. La prise en compte d'une texture plus contraignante des sols (sable) induirait des niveaux de risque 1,1 à 4 fois supérieurs mais qui restent inférieurs aux seuils réglementaires ($ER_{i_{max}}= 5,96.10^{-7}$ / $QD_{max} = 0,01$). L'incertitude sur la texture des sols n'est donc pas de nature à modifier les conclusions de la présente ARR.								
Paramètres d'aménagement											
Couverture de sol extérieur	Inhalation extérieur	Fort	Sécuritaire : Les calculs ont été menés en considérant directement la qualité du milieu d'exposition à l'état actuel, soit avant les travaux de réhabilitation. Il s'agit de la qualité de l'air extérieur mesurée sur le site lors de la campagne de janvier 2019. Aucune modélisation de transfert n'a donc été réalisée. La modélisation des transferts vers l'air extérieur en considérant les données de gaz du sol et un recouvrement pérenne et systématique des sols en place prévu pour l'aménagement du site (mesure de gestion), et considéré en 1 ^{ère} approche comme de la terre végétale rapportée, donne des concentrations modélisées dans l'air extérieur inférieures à celles retenues et des niveaux de risques moindres. Dans le cadre de la modélisation, les caractéristiques de la terre végétale considérée sont les suivantes : <table><tr><td></td><td>Terre végétale (pour mémoire)</td></tr><tr><td>Porosité</td><td>30%</td></tr><tr><td>Teneur en gaz</td><td>15%</td></tr><tr><td>Teneur en eau</td><td>15%</td></tr></table> L'incertitude sur la nature du recouvrement des sols en place et en extérieur, n'est donc pas de nature à modifier les conclusions de la présente ARR.		Terre végétale (pour mémoire)	Porosité	30%	Teneur en gaz	15%	Teneur en eau	15%
	Terre végétale (pour mémoire)										
Porosité	30%										
Teneur en gaz	15%										
Teneur en eau	15%										
Mode constructif Vieillissement du bâtiment, des systèmes et équipements	Inhalation dans l'air intérieur	Fort	Sécuritaire : Les calculs de transfert des pollutions du sol vers l'air intérieur (et les risques induits) ont été calculés en considérant : <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 Waitz <i>et al.</i> (1996) et le modèle de Bakker qui prennent en compte 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 m². L'hypothèse d'une perméabilité de dalle de 2.10⁻¹¹ m² permettant de simuler le vieillissement de la dalle induirait une dégradation de la qualité de l'air pour le PCE/TCE (notamment l'air du parking avec le modèle de Bakker, et une qualité dans les lieux de vie supérieures au bruit de fond d'un facteur 20) et des niveaux de risque sanitaires supérieurs d'un facteur 3 à 18 à ceux modélisés dans l'ARR et inacceptables pour le scénario étudié ($ER_{i_{max}}=1,7.10^{-5}$ / $QD_{ma} = 6.21$). La réduction des incertitudes ne pourra être réalisée que lorsque le mode constructif sera connu. Il pourra alors être nécessaire de réviser l'ARR et/ou le plan de gestion. Une attention particulière devra être portée à la bonne conception de la dalle du bâtiment, afin de limiter au maximum le vieillissement de la dalle (fissuration) et les points singuliers de passage de la dalle (réseaux par exemple) devront être étanchés. De plus, nous recommandons une surveillance de la qualité de l'air intérieur du futur bâtiment à sa réception et en période d'utilisation, en parallèle de la surveillance du milieu gaz du sol. Cette surveillance pourra, le cas échéant, permettre d'adapter le taux de ventilation afin de garantir la compatibilité sanitaire du site avec son usage sur le long terme.								
Taille et caractéristique du bâtiment et du dallage	Inhalation dans l'air intérieur	Faible	Réaliste : <ul style="list-style-type: none">Pour les modèles de J&E et BAKKER : prise en compte de la superficie du sous-sol selon le plan d'aménagement transmis soit de 1 300 m² (hypothèse d'un sous-sol non cloisonné). La prise en compte d'une superficie inférieure ou supérieure (test avec 600 et 2000 m²) induit des niveaux de risques inférieurs aux seuils réglementaires ; En outre, l'épaisseur de la dalle bétonnée a été considérée à 15 cm, selon les valeurs couramment observées. La variation raisonnable de l'épaisseur de dalle (+/- 5 cm) ne modifie pas les conclusions en termes d'acceptabilité des risques (QD et ERI de même ordre de grandeur pour l'ensemble des scénarii).								

Variable	Voie d'exposition touchée	Poids dans l'évaluation	Approche retenue			
Taux de ventilation des bâtiments	Inhalation dans les bâtiments	Fort	Sécuritaire : prise en compte du taux de ventilation retenu pour des bureaux et locaux sans travail physique (en référence à l'article R232-5-3 du décret n°84-1093 (code du travail)), étant donné la configuration du projet avec en RdC des activités commerciales.			
			<table><tr><th>Usage</th><th>Renouvellement d'air (h-1)</th><th>Source d'information</th></tr><tr><td>Mesure constructive – Débit de ventilation à définir par le BET fluide et à valider par la mise à jour de l'ARR Parkings enterrés en ventilation mécanique Pas de ventilation naturelle</td><td>300 m³/h/place</td><td>Référence : Arrêté 31 janvier 1986 modifié et arrêté du 09/05/2006 (parking de stationnement couvert d'ERP)</td></tr></table> <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 d'un facteur 2 conduit à des niveaux de risques supérieurs $5ER_{i\max}=1,4.10^{-5} / QD_{ma} = 0,06$) mais acceptables ce qui ne remet pas en cause les conclusions de l'étude. Toutefois, 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, ces taux de renouvellement d'air. 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>	Usage	Renouvellement d'air (h-1)	Source d'information
Usage	Renouvellement d'air (h-1)	Source d'information				
Mesure constructive – Débit de ventilation à définir par le BET fluide et à valider par la mise à jour de l'ARR Parkings enterrés en ventilation mécanique Pas de ventilation naturelle	300 m³/h/place	Référence : Arrêté 31 janvier 1986 modifié et arrêté du 09/05/2006 (parking de stationnement couvert d'ERP)				
Taux de transfert des concentrations entre les différents niveaux	Inhalation dans les bâtiments	Fort	Sécuritaire : dans le cas de garages sur un ou plusieurs niveaux de sous-sol (en-dessous des lieux de vie en habitat collectif), le calcul des transferts est réalisé à travers l'interface en base du sous-sol (dalle portée ou dallage indépendant) et la concentration dans les lieux de vie est déduite des concentrations dans les sous-sols par application d'un facteur d'atténuation. Pour des projets de construction d'immeubles d'habitat collectif (où ces sous-sols sont bien isolés des niveaux supérieurs), on prendra un facteur de transfert de 10 %.			
Paramètres liés aux usagés/cibles						
Durée d'exposition des cibles	Inhalation en intérieur et extérieur Ingestion de sols et/ou poussières	Faible	Sécuritaire : dans le cas d'une durée d'exposition plus grande (+ 2 h par jour en intérieur lieu de vie et/ou extérieur), les niveaux de risque pour les effets à seuil restent acceptables.			

- Plusieurs facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués. Pour la majorité des facteurs engendrant ces incertitudes, l'approche adoptée a été « *sécuritaire* » notamment par l'utilisation des hypothèses suivantes :
- la prise en compte des concentrations maximales mesurées dans les gaz du sol (toutes campagnes confondues) pour les ouvrages situés en dehors de la zone de pollution concentrée qui sera traitée ;
 - une source gaz du sol considérée à 1 cm de profondeur malgré la forte volatilité des composés ;
 - une taille maximale du futur bâtiment de 1 300 m² d'emprise pour le bâtiment sur sous-sol.

Pour la majorité de ces paramètres, les connaissances actuelles ne permettent pas de réduire ces incertitudes.

En outre, les recommandations principales sont rappelées ci-après :

- respect des mesures constructives telles que définies au paragraphe 8.2 ;
- d'autre part, compte-tenu des impacts résiduels présents dans les gaz du sol et les eaux souterraines du site, nous recommandons une surveillance de la qualité de l'air intérieur des futurs bâtiments à leur réception et en période d'utilisation, en parallèle de la surveillance du milieu gaz du sol et eaux souterraines.

Ces conclusions ne sont valables que pour les conditions précisées ci-dessus. Dans tous les cas, l'ARR devra être mise à jour en cas de modification des hypothèses d'aménagement retenues.

10.8 Calcul de concentrations maximales admissibles

Les travaux de dépollution permettront d'améliorer de manière importante la qualité des milieux souterrains et doivent permettre d'atteindre les niveaux de concentration pris en compte dans l'ARR, avec prise en compte des mesures constructives.

Toutefois, en plus des objectifs de concentrations dans les sols (100 mg/kg en COHV), des concentrations maximales admissibles ont été définies dans les gaz du sol, avec prise en compte des mesures constructives, afin de sécuriser la compatibilité sanitaire du site avec les usages prévus.

Les concentrations maximales admissibles ont été établies pour les composés majoritaires du site, c'est-à-dire (d'après les statistiques des teneurs dans les gaz du sol), en moyenne :

- PCE composant 94%,
- TCE composant 2%,
- Cis-1,2-DCE composant 2%,
- Chlorure de vinyle composant 2%.

Les hypothèses prises en compte pour ce calcul sont présentées en annexe 15.

Les teneurs retenues en premier lieu sont celles permettant d'obtenir une qualité de l'air non dégradée à l'intérieur des locaux, c'est-à-dire des teneurs inférieures aux valeurs guides édictées par l'ANSES le HCSP ou l'OMS) :

- PCE < 250 µg/m³,
- TCE < 10 µg/m³,
- CV < 10 µg/m³.

En second lieu, et pour le cis-1,2-DCE qui ne possède pas de valeur guide, les teneurs retenues sont celles permettant d'obtenir des niveaux de risques conformes (ERI<10⁻⁵, QD<1).

Ces concentrations maximales admissibles sont les suivantes :

- **PCE = 450 mg/m³,**
- **TCE = 9 mg/m³,**
- **Cis-1,2-DCE = 9 mg/m³,**
- **CV = 9 mg/m³.**


Les concentrations maximales admissibles en PCE et TCE correspondent aux percentiles 95 à 96 des teneurs en PCE et TCE mesurées dans les gaz du sol du site.

Concernant le cis-1,2-DCE et le chlorure de vinyle, une seule teneur dans les gaz du sol mesurée sur le site est supérieure à la concentration maximale admissible.

Les concentrations dans l'air intérieur modélisés à partir de ces CMA sont présentées dans le Tableau 46.

Tableau 46 : Concentrations modélisées dans l'air intérieur associées aux concentrations maximales admissibles dans l'air des sols

Substances	Concentrations calculées dans l'air intérieur							
	AIR INTERIEUR							
	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	(µg/m ³)	J&E		Bakker	
	Bruit de fond logement (P90 - source OQAI)	Valeur réglementaire Décret n° 2011-1727	VGAI ANSES, VRAI HCSP, INDEX, VG OMS	seuil R1 "établissements sensibles"	Air intérieur du niveau de parking ou sous-sol (µg/m ³)	Air intérieur des lieux de vie (µg/m ³)	Air intérieur du niveau de parking ou sous-sol (µg/m ³)	Air intérieur des lieux de vie (µg/m ³)
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS								
tétrachloroéthylène (PCE)	5.2	-	250	250	18.49	2.19	241.62	24.16
trichloroéthylène (TCE)	3.3	-	10	10	0.37	0.04	4.99	0.50
dichloroéthylène (cis 1,2-DCE)	-	-	-	60	0.37	0.04	4.87	0.49
chlorure de vinyle (VC)	-	-	-	2.6	0.37	0.04	5.63	0.56

 Teneur en extérieur appliquée en intérieur (la teneur calculée en intérieur étant inférieure à celle calculée en extérieur)

Les niveaux de risques calculés à partir de ces CMA, avec la prise en compte des autres composés de l'ARR sont les suivants.

Tableau 47 : Niveaux de risques calculés à partir des CMA

	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 Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque
INHALATION air intérieur parking et sous sol Bakker	2.70E-07	3.86E-07	5.79E-08	tétrachloroéthylène (PCE)	0.00001	0.00002	0.00002	chloroforme (TCmA)	0.004	0.006	0.006	tétrachloroéthylène (PCE)
INHALATION air intérieur dans le lieu de vie Bakker	1.19E-06	4.97E-06	7.45E-07	tétrachloroéthylène (PCE)	0.0009	0.004	0.004	Tétrachlorométhane (CCl4)	0.03	0.11	0.11	tétrachloroéthylène (PCE)
INHALATION air extérieur avec recouvrement	1.46E-07	2.08E-07	3.12E-08	benzène	0.00002	0.00003	0.00003	Tétrachlorométhane (CCl4)	0.001	0.002	0.002	benzène
TOTAL	1.6E-06	5.6E-06	8.3E-07		0.0009	0.004	0.004		0.03	0.12	0.12	

	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 Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque	Adulte Travailleur	Adulte résident	Enfant résident	Composés tirant le risque
INHALATION air intérieur parking et sous sol J&E	2.00E-08	2.85E-08	4.28E-09	tétrachloroéthylène (PCE)	0.00000	0.00000	0.00000	chloroforme (TCmA)	0.0003	0.0004	0.0004	tétrachloroéthylène (PCE)
INHALATION air intérieur dans le lieu de vie J&E	1.98E-07	8.28E-07	1.24E-07	1,2 dichloroéthane	0.0009	0.004	0.004	Tétrachlorométhane (CCl4)	0.01	0.05	0.05	Aromatic nC>8-nC10
INHALATION air extérieur avec recouvrement	1.46E-07	2.08E-07	3.12E-08	benzène	0.00002	0.00003	0.00003	Tétrachlorométhane (CCl4)	0.001	0.002	0.002	benzène
TOTAL	3.6E-07	1.1E-06	1.6E-07		0.0009	0.004	0.004		0.01	0.05	0.05	

11. Synthèse et recommandations

11.1 Synthèse

Dans le cadre du réaménagement du site localisé au 2-6 rue de l'Abreuvoir à Garches (92), l'EPFIF a missionné GINGER BURGEAP pour la réalisation d'études environnementales (études historiques et documentaires, diagnostic de pollution du milieu souterrain).

► Synthèse des diagnostics :

Les différentes campagnes d'investigations menées sur les sols, les eaux souterraines, les gaz du sol et l'air ambiant ont montré :

- Un impact généralisé et marqué en COHV dans les sols, principalement en PCE, composé majoritaire utilisé pour le lavage à sec textiles. La zone source a été localisée sur la parcelle AK402, au droit des anciennes machines à laver (et principalement au droit de celle investiguée par Pz1), ainsi qu'en moindre mesure au droit de l'ancien atelier en partie centrale. Les teneurs maximales du site (17 g/kg), mesurées en Pz1 témoignent probablement de la présence d'une phase pure liquide. La pollution des sols s'est étendue sous la parcelle AK404 mitoyenne, à la faveur de niveaux peu perméables et dans le sens de la topographie (pendage sur substratum argileux). Des zones sources sont effectivement retrouvées dans la partie nord et nord-est de cette parcelle qui n'a accueilli aucune activité émettrice de PCE.

Les impacts sont situés dès la surface dans les zones sources primaires (machines à laver parcelle AK402), à partir de 3 à 4 m de profondeur pour les zones sources secondaires (parcelle AK404) et jusqu'au substratum argileux (6m voire 7 m de profondeur) ;

- Une forte contamination en COHV (PCE et ses produits de dégradation TCE et cis-1,2-DCE) dans les eaux souterraines, lié à la zone source détectée dans les sols (teneurs maximales en COHV dans la nappe superficielle : $\Sigma\text{COHV} = 424 \text{ mg/l}$ dans Pz1 en 2018). Les panaches de pollution s'étendent suivant le sens d'écoulement des eaux souterraines, principalement vers le sud / sud est, depuis les sources dans les sols

De fait, les panaches de polluants dissous s'étendent probablement en dehors du site, vers le sud et l'est, en direction des commerces et logements le long de la rue de l'abreuvoir et de l'avenue du Maréchal Leclerc ;

- Une forte contamination en COHV dans les gaz du sol. Les teneurs les plus importantes sont localisées dans le quart nord-est du terrain, similairement aux impacts sols et eaux souterraines.

Les teneurs maximales sont relevées sur G10 en janvier 2019 (2889 mg/m³ de PCE) et PzaS4 en novembre 2023 (1841 mg/m³ de PCE).

► Définition des zones de pollutions concentrées

Un seuil de dépollution pour les sols a été établi à 100 mg/kg pour les COHV via le bilan massique couplé à la représentation cartographique des impacts. A partir de ce seuil, le volume total des terres impactées à gérer de manière spécifique a été estimé, en première approche, à 1 060 m³, soit environ 1 900 tonnes. Ce volume est réparti de la façon suivante : 220 m³ en zone non saturée dont 180 m³ d'impact très concentrés (> 500 mg/kg MS), et 840 m³ en zone saturée, dont 440 m³ d'impact très concentrés.

Ces volumes s'inscrivent dans une superficie à traiter d'environ 250 m² pour les zones concentrées (100<<500 mg/kg MS) et d'environ 275 m² pour les zones très concentrées (>500 mg/kg MS).

A noter que les impacts en hydrocarbures et HAP seront, soit traités dans le cadre du traitement des zones de pollution concentrée en COHV, soit évacués hors site dans le cadre de la création du niveau de sous-sol ;

excepté l'impact en HAP au droit de Pz10 de 1 à 2 m (70 mg/kg), toutefois cet impact compte-tenu de sa profondeur et de l'absence de naphtalène n'est pas de nature à engendrer des risques pour les futurs usagers.

► Plan de gestion des zones sources

Le Plan de Gestion a étudié 4 scénarios de gestion :

- **Scénario 1** : excavation des sols et élimination en filière ;
- **Scénario 2** : extraction multiphasique ;
- **Scénario 3** : traitement chimique in situ ;
- **Scénario 4** : solution mixte entre scénario 1 et scénario 3.

Après réalisation du bilan coût-avantages, **le scénario 4 est proposé** car le mieux noté.

Le déroulement de ce scénario est le suivant :

- Investigations préliminaires préalables sur site et hors site (extension de la zone de pollution concentrée en limite de site) ;
- Investigations hors site dans les milieux air des sols, eaux souterraines et air ambiant en vue de réaliser une IEM ;
- Interprétation de l'état des milieux ;
- Etude NPHE (niveaux de plus hautes eaux) ;
- Mise à jour du plan de gestion – plan de conception de travaux ;
- Démolition des bâtiments préalables aux travaux ;
- Traitement par excavation sélective et traitement chimique in situ d'une durée de 6 mois environ ;
- Surveillance des milieux ;
- Démarrage des travaux d'aménagement, excavation et élimination des sols de la ZNS impactés en filière ;
- Construction y compris disposition constructive : ventilation d'un sous-sol avec dispositif de ventilation et traitement d'air avant rejet.

Le budget global du traitement, est estimé à 2,37 M€ (hors cuvelage étanche du sous-sol et ventilation du sous-sol, hors traitement des panaches hors site et hors traitement des sols hors site). Une surveillance des milieux s'appliquera au milieu eau souterraine et air des sols / air ambiant sur une durée de 4 ans pour vérifier l'état des milieux et leur évolution.

► Mesures constructives

Compte-tenu des teneurs résiduelles attendues dans les sols, les eaux souterraines et les gaz du sol à l'issue du traitement, des mesures constructives doivent être édictées, celles-ci sont les suivantes.

- Concernant le bâtiment établi sur un niveau de sous-sol à usage de parking, le niveau de celui-ci interceptant la nappe, le niveau de sous-sol devra être non inondable dans un but de protection des usagers et des biens. Le projet devra donc prendre en compte une mesure constructive afin d'étanchéifier à l'eau le niveau de sous-sol, ou bien prévoir une rehausse du bâtiment jusqu'au niveau des plus hautes eaux, ou tout autre mesure permettant de rendre le sous-sol non inondable. Dans tous les cas, nous recommandons de réaliser une étude hydrogéologique afin de déterminer les niveaux des plus hautes eaux au droit du site et d'aider au dimensionnement de cette mesure constructive.
- Le niveau de sous-sol devra être muni d'une ventilation mécanique qui permettra de sécuriser le projet sur le long terme, la ventilation mécanique ayant l'avantage sur la ventilation naturelle, de pouvoir être modulée en fonction de la qualité de l'air intérieur. Le dimensionnement du système

devra être réalisé par un bureau d'études fluides, afin d'atteindre les objectifs de qualité de l'air intérieur en tout temps et en tout point du parking

- Une attention particulière devra être portée à l'ensemble des fragilités au niveau de la dalle du bâtiment (fissures de retrait, passage VRD, ...) afin de s'assurer de la mise en place d'une étanchéité adaptée.
- Le projet prévoit le décapage des sols de surface et la substitution par des terres saines d'apport. Ainsi, les voies d'exposition des futurs usagers par contact direct, inhalation et ingestion de sols et poussières sont supprimées.
- Les canalisations AEP devront être constituées d'un matériau multicouche anti-perméation afin de limiter l'entrée de vapeurs de COV qui sont susceptibles d'altérer la qualité de l'eau potable distribuée au droit du site.

► Analyse des risques résiduels et hors site

L'ARR a permis de mettre en évidence que **l'état environnemental résiduel du site**, après les travaux de traitement de la zone de pollution concentrée selon des techniques sélectionnées, et avec les mesures constructives définies ci-dessus **est compatible avec l'usage prévu**.

Des concentrations maximales admissibles sont définies pour les gaz des sols, concernant les solvants chlorés :

- PCE = 450 mg/m³,
- TCE = 9 mg/m³,
- Cis-1,2-DCE = 9 mg/m³,
- CV = 9 mg/m³.

Le présent plan de gestion n'aborde / n'examine pas la problématique des potentiels impacts hors site ni leurs éventuelles conséquences sur l'environnement parce que les données acquises sont insuffisantes et que la situation actuelle, avant prise en main éventuelle du projet par l'EPFIF, n'a pas été quantifiée ; c'est-à-dire que les éventuels risques pour les populations riveraines sont peut-être préexistants.

Les travaux de traitement de zone source permettront de diminuer les concentrations sur site. Cependant, il n'est pas certain que ces travaux aient une influence significative sur les concentrations hors site. Les panaches dissous et gazeux ont une probabilité importante d'être atténués, mais le seront cependant en proportion limitée. En revanche, la durée de vie de ces concentrations hors site sera diminuée.

En conséquence il est recommandé que des études spécifiques soient faites hors site, sous forme d'une interprétation de l'état des milieux IEM.

11.2 Recommandations

Suite à cette étude de Plan de Gestion, nous recommandons la réalisation :

- de nouvelles investigations sur site pour affiner le maillage des zones à traiter et des investigations en limites de site pour délimiter l'extension des zones impactées ;
- des investigations dans le milieu eau souterraine et air des sols, air ambiant, en aval du site pour évaluer les risques et le besoin éventuel de traiter le panache de composés dissous ;
- de nouvelles campagnes de mesures des gaz du sol, et des eaux souterraines au droit et en amont du site afin de suivre l'évolution des teneurs dans le temps ;
- une Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) hors site afin de vérifier la compatibilité sanitaire des milieux avec leurs usages (logements et commerces) en mitoyenneté du site. Cette étude sera basée sur des mesures de qualité de l'air intérieur, voire d'eaux souterraines si envisageable et d'eau du

robinet, sur les parcelles mitoyennes au site (en priorité AK403, AK846 et AK457, ainsi que si possible résidence située de l'autre côté de la rue de l'abreuvoir et parcelles nord AK458, AK 395 et 405) ;

- une étude hydrogéologique de niveau des plus hautes eaux de nappe afin d'aider au dimensionnement des mesures constructives ;
- un essai d'injection d'oxydant ;
- une mise à jour du plan de gestion ;
- un plan de conception des travaux (PCT) qui permettra de préciser les éléments techniques des solutions de traitement et de préciser le coût des travaux.

Notons que GINGER BURGEAP ne pourra être tenu responsable si des terres excavées issues du site ne sont pas évacuées vers des exutoires dûment habilités à les prendre en charge.

Limites d'utilisation d'une étude de pollution

1- Une étude de la pollution du milieu souterrain a pour seule fonction de renseigner sur la qualité des sols, des eaux ou des déchets contenus dans le milieu souterrain. Toute utilisation en dehors de ce contexte, dans un but géotechnique par exemple, ne saurait engager la responsabilité de GINGER BURGEAP.

2- Il est précisé que le diagnostic repose sur une reconnaissance du sous-sol réalisée au moyen de sondages répartis sur le site, soit selon un maillage régulier, soit de façon orientée en fonction des informations historiques ou bien encore en fonction de la localisation des installations qui ont été indiquées par l'exploitant comme pouvant être à l'origine d'une pollution. Ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas, dont l'extension possible est en relation inverse de la densité du maillage de sondages, et qui sont liés à des hétérogénéités toujours possibles en milieu naturel ou artificiel. Par ailleurs, l'inaccessibilité de certaines zones peut entraîner un défaut d'observation non imputable à notre société.

3- Le diagnostic rend compte d'un état du milieu à un instant donné. Des événements ultérieurs au diagnostic (interventions humaines, traitement des terres pour améliorer leurs caractéristiques mécaniques, ou phénomènes naturels) peuvent modifier la situation observée à cet instant.

4- La responsabilité de GINGER BURGEAP ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes et/ou erronées et en cas d'omission, de défaillance et/ou erreur dans les informations communiquées.

5- Un rapport d'étude de pollution et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de GINGER BURGEAP. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'Ouvrage ou pour un autre projet que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de GINGER BURGEAP

La responsabilité de GINGER BURGEAP ne pourra être engagée en dehors du cadre de la mission objet du présent mémoire si les préconisations ne sont pas mises en œuvre.