

RAPPORT

Mise à jour du Plan de Gestion (PG) et de l'Etudes d'Avant-Projet (AP)

Ancien site Air France localisé à Paray Vieille Poste (91)

Démarche de cession-acquisition (Code Civil)

PROJET DE DATA CENTER / POLE TERTIAIRE

- Synthèse des études existantes avec compilation des nouvelles données acquises depuis janvier 2023
- Mise à jour de la délimitation des zones de pollutions concentrées
- Mise à jour de l'Analyse des enjeux sanitaires
- Mise à jour de l'Etudes d'avant-projet (AP)



Agence de Lyon

Démarche de gestion des sites et sols (potentiellement)
Pollués – avril 2017
Prestation globale PG selon NFX 31-620-2
Prestations élémentaires : A320 A330
Prestations élémentaires selon la norme NFX31-620-3 :
B120

Les prestations d'étude, d'assistance, de contrôle et d'ingénierie des travaux de réhabilitation (domaines A et B) relatives aux sites et sols pollués de APAVE SA sont certifiées LNE suivant le référentiel de certification de service des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués. Plus d'informations sur www.lne.fr

N° de rapport : **C25022454_PG**
N° de version : 1
Date : 24/02/2025

Lieu d'intervention :

**1 Avenue du Maréchal Devaux
Paray-Vieille-Poste 91550**

Destinataire rapport :
**Fabrice DOURLENS
Olivier BARALE**

Superviseur :
Christophe VERRAEST
Christophe.verraest@apave.com

Chef de projet :
Yohan PAUL
Yohan.paul@apave.com

Signature :



SOMMAIRE

RESUME TECHNIQUE ET CONCLUSION	11
RESUME NON TECHNIQUE.....	16
CHAPITRE 1 : CONTEXTE DE LA PRESTATION	18
CHAPITRE 2 : REGLEMENTATION, REFERENTIELS, NORMES ET GUIDES METHODOLOGIQUES	20
CHAPITRE 3 : RAPPEL DES OBJECTIFS ET DU PROCESSUS DU PLAN DE GESTION.....	22
3.1. Objectifs généraux.....	22
3.2. Définitions	22
3.3. Processus	23
3.4. Limites du Plan de Gestion et articulation avec le Plan de Conception de Travaux	24
CHAPITRE 4 : LOCALISATION DU SITE ET PERIMETRE DE LA PRESTATION PG.....	25
CHAPITRE 5 : VISITE DE SITE STADE PG (A100)	29
CHAPITRE 6 : SYNTHESE DES ETUDES EXISTANTES	31
6.1. Sources des données disponibles	31
6.2. Synthèse historique du site.....	32
6.2.1. Périmètre.....	32
6.2.2. Contexte environnemental	32
6.2.3. Activités & procédés.....	32
6.2.4. Produits mis en œuvre	34
6.2.5. Classement ICPE / BASOL / BASIAS / SIS	34
6.3. Synthèse des sources de pollution identifiées sur site.....	35
6.4. Synthèse des études réalisées sur site PVP	38
6.4.1. Moyens d'investigations mis en œuvre sur site.....	38
6.4.2. Rappels sur la caractérisation des zones sources COHV	44
6.4.3. Impacts reconnus sur la qualité chimique des sols, des eaux souterraines et des gaz du sol ...	47
6.4.4. Impact retenu sur la qualité chimique de l'eau du robinet	54
6.4.5. Impact retenu sur la qualité chimique de l'air ambiant.....	54
6.4.6. Synthèse des anomalies reconnues sur la qualité chimique des sols, des eaux souterraines et des gaz du sol.....	55
6.4.7. Lien entre les sources historiques et les résultats des investigations dans les différents milieux	56
6.4.8. Limites / Incertitudes sur les données disponibles au stade du présent PG.....	56
6.5. Synthèse des essais laboratoire et terrain réalisés dans le Plan de Conception des Travaux	57
6.6. Synthèse de l'interprétation de l'état des milieux hors site (IEM).....	60
6.7. Identification des enjeux à protéger	61
CHAPITRE 7 : DELIMITATION SPATIALE DES ZONES DE POLLUTION(S) CONCENTREE(S).....	62
7.1. Démarche générale	62
7.2. Définition.....	62
7.3. Méthodes existantes.....	62
7.4. Notion de seuils de coupure	63
7.5. Choix des milieux.....	64
7.6. SOL_HCT_Interprétation des constats de terrain.....	65
7.6.1. Objectif	65
7.6.2. Zones Cuves de FOD et Station de traitement des Eaux.....	65
7.7. SOL_Analyse statistique.....	68
7.7.1. Objectif	68
7.7.2. Statistiques élémentaires_SOL_HCT C10-C40_ Zones spécifiques.....	68
7.7.3. Nuage de points_SOL_HCT C10-C40_ Zones spécifiques.....	69
7.7.4. Fréquence d'occurrence SOL_HCT C10-C40_ Zones spécifiques	70
7.7.5. Résultats de l'analyse statistique	71
7.8. SOLS_Bilan massique méthode déterministe (Loi Pareto SOL)	71

7.8.1. Objectifs	71
7.8.2. Principe de Pareto	71
7.8.3. Plan de maillage et Bilan massique _SOL_HCT C10-C40_ Zones spécifiques	71
7.9. SOLS_HCT C10-C40_Seuil de coupure retenu	76
7.10. ESO_PCE/TCE_Interprétation des constats de terrain	77
7.10.1. Objectif	77
7.10.2. Constats de terrain lié au COHV	77
7.11. ESO_PCE/TCE_Analyse statistique	79
7.11.1. Objectif	79
7.11.2. Statistiques élémentaires _ESO_PCE+TCE_emprise total site	79
7.11.3. Nuage de points _ESO_PCE+TCE_emprise totale site	80
7.11.4. Fréquence d'occurrence _ESO_PCE+TCE_emprise totale site	81
7.11.5. Résultats de l'analyse statistique	81
7.12. ESO_ Bilan massique méthode déterministe (Loi Pareto SOL)	82
7.12.1. Objectif	82
7.12.2. Principe de Pareto	82
7.12.1. Plan de maillage et Bilan massique _ESO_PCE+TCE_emprise totale site	83
85	
7.13. ESO_ Iso concentration	86
7.13.1. Outil utilisé	86
7.14. ESO_ Seuil de coupure retenu	91
7.15. GAZ DE SOL	91
CHAPITRE 8 : CARACTERISTIQUES DE L'OPERATION / PROJET / TRAVAUX ET USAGES FUTURS ASSOCIES.....	92
8.1. Mesures Simples de Gestion Sites et Sols Pollués déjà prévues	94
CHAPITRE 9 : SCHEMA CONCEPTUEL EN L'ETAT ACTUEL DES MILIEUX SELON PROJET HINES	95
9.1. Sources : anomalies retenues lors des investigations	95
9.2. Identification des vecteurs de transfert	95
9.3. Identification des cibles et/ou enjeux à protéger	95
9.3.1. Hors site	98
CHAPITRE 10 : DEFINITION DES SEUILS / OBJECTIFS DE REHABILITATION – STADE PG.....	99
10.1. Principes généraux et CMA	99
10.2. Application au site	100
10.2.1. Volet environnemental	101
10.2.2. Objectifs de réhabilitation retenus	101
CHAPITRE 11 : OBJECTIFS DE REHABILITATION STADE POST ESSAIS TERRAIN ET LABORATOIRE	116
CHAPITRE 12 : ETUDES D'AVANT PROJET (AP).....	117
12.1. Synthèse des contraintes site / zones travaux	117
12.1.1. Environnement du site	117
12.1.2. Accès au site et sécurité	117
12.1.3. Activités du site	117
12.1.4. Co-activités	117
12.1.5. Espace disponible	117
12.1.6. Revêtements de sols	117
12.1.7. Enrobes Amiante et HAP	117
12.1.8. Utilités	117
12.1.9. Sanitaires	117
12.1.10. Détection des réseaux enterrés	118
12.1.11. Dévoiement de réseaux	118
12.1.12. Fosses, ouvrages et cuves enterrés	118
12.1.13. Géotechnique	118
12.1.14. Protection des avoisinants	118
12.2. Technologie proposée – faisabilité – performances - dimensionnement	118

12.2.1. Présentation générale	118
12.2.2. Conditions retenues des zones de travaux	119
12.3. Plan prévisionnel d'aménagement du chantier	128
12.4. Orientations pour la réception des travaux	129
12.4.1. Excavations des sols et traitements hors site.....	129
12.4.2. Excavations des sols et traitements sur site.....	129
12.4.3. Traitements In Situ – principes généraux	129
12.4.4. Prise en compte des effets rebonds.....	130
12.4.5. Modalités de réception traitement par sparging-venting.....	130
12.4.6. Modalités de réception traitement par oxydation.....	132
12.4.7. Processus d'arrêt d'un traitement <i>In Situ</i>	132
12.5. Orientations pour la surveillance environnementale post-travaux SUR SITE	133
12.6. Restrictions d'usages / servitudes	133
12.7. Schéma conceptuel selon article R556-1 B	133
12.8. Estimation des budgets.....	135
12.9. Gestion des émissions, nuisances et déchets en phase travaux.....	141
12.9.1. Gestion des nuisances sonores	141
12.9.2. Gestion des émissions atmosphériques	141
12.9.3. Gestion des eaux	141
12.9.4. Gestion des déchets.....	141
12.10. Planning prévisionnel des travaux	142
12.11. Préconisations relatives à l'organisation, volet HSE et encadrement des travaux.....	143
12.12. Liste des autorisations administratives nécessaires aux travaux.....	143
12.13. Liste des investigations et des études complémentaires nécessaires	143
CHAPITRE 13 : DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES COMPLEMENTAIRES	144
CHAPITRE 14 : VALIDATION SANITAIRE (ARR PREDICTIVE)	145
14.1.1. Généralités.....	145
14.1.2. Applications au site	145
CHAPITRE 15 : SCHEMA CONCEPTUEL SUR SITE APRES MISE EN ŒUVRE DES SCENARIOS DE GESTION	146
15.1. Sources : anomalies retenues lors des investigations	146
15.2. Identification des vecteurs de transfert	146
15.3. Identification des cibles et/ou enjeux à protéger	146
15.3.1. Hors site.....	148
CHAPITRE 16 : DEFINITION DES CONTROLES EN PHASE TRAVAUX	149
CHAPITRE 17 : ARR FIN DE TRAVAUX	149
CHAPITRE 18 : DEFINITION D'UN PROGRAMME DE SURVEILLANCE	150
CHAPITRE 19 : MECANISMES DE CONSERVATION DE LA MEMOIRE	150
CHAPITRE 20 : CONCLUSION – SUITE A DONNER	151

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : LOCALISATION DU SITE (PERIMETRE PRESTATION) (CARTE TOPOGRAPHIQUE IGN / SOURCE GEOPORTAIL).....	25
FIGURE 2 : PRESENTATION DU SITE (PERIMETRE PRESTATION) ET DE SON ENVIRONNEMENT IMMEDIAT (PHOTOGRAPHIE AERIEENNE / SOURCE GEOPORTAIL).....	26
FIGURE 3 : LOCALISATION DU PERIMETRE DE LA PRESTATION SUR EXTRAIT DE PLAN CADASTRAL (SOURCE GEOPORTAIL / CADASTRE.GOUV.FR).....	26
FIGURE 4 : PLAN DE MASSE DU SITE ACTUEL ET PERIMETRE GLOBAL DU PLAN DE GESTION (SOURCE : DONNEUR D'ORDRE).....	27
FIGURE 5 : PLAN DE MASSE DU RDC DES BATIMENTS SHEDS ET PNC (SOURCE : DONNEUR D'ORDRE)	27
FIGURE 6 : PLAN DE MASSE DU SOUS-SOL DES BATIMENTS SHEDS ET PNC (SOURCE : DONNEUR D'ORDRE)	28
FIGURE 7 : LOCALISATION DES SOURCES POTENTIELLES DE POLLUTION DES SOLS RETENUE	37
FIGURE 8 : PLAN DE SYNTHESE DES INVESTIGATIONS SOL.....	41
FIGURE 9 : PLAN DE LOCALISATION DES OUVRAGES PIEZOMETRIQUES ET SENS D'ECOULEMENT MESURE EN OCTOBRE 2024 (SOURCE : APAVE C24039747_BE24 DE NOVEMBRE 2024).....	42
FIGURE 10 : PLAN DE SYNTHESE DES INVESTIGATIONS GAZ DU SOL ET EAU DU ROBINET.....	43
FIGURE 11 : RAPPEL DES MECANISMES EN JEU DANS LE DEVENIR D'UNE POLLUTION DE TYPE ORGANO-CHLORES ALIPHATIQUES DANS LE MILIEU SOUTERRAIN (SOURCE GUIDE MACAOH ADEME 2007).....	44
FIGURE 12 : DISTRIBUTION A L'ECHELLE DU PORES D'UN POLLUANT DE TYPE ORGANO-CHLORE ALIPHATIQUE (SOURCE GUIDE MACAOH ADEME 2007).....	45
FIGURE 13 : SYNTHESE DES CONCENTRATIONS EN HCT HAP ET BTEX DANS LES SOLS	51
FIGURE 14 : SYNTHESE DES CONCENTRATIONS EN TCE ET PCE DANS LES SOLS	51
FIGURE 15 : SYNTHESE DES CONCENTRATIONS EN HCT DANS LES EAUX SOUTERRAINES	52
FIGURE 16 : SYNTHESE DES CONCENTRATIONS EN PCE + TCE DANS LES EAUX SOUTERRAINES	52
FIGURE 17 : SYNTHESE DES CONCENTRATIONS EN CV DANS LES EAUX SOUTERRAINES	52
FIGURE 18 : SYNTHESE DES CONCENTRATIONS TCE ET PCE DANS LES GAZ DU SOL	53
FIGURE 19 : LOCALISATION DES INVESTIGATIONS D'AIR AMBIANT REALISEES EN AVRIL 2022 ET AOUT 2023... ..	54
FIGURE 20 : SYNTHESE DES ANOMALIES RECONNUES SUR LA QUALITE CHIMIQUE DES SOLS, DES EAUX SOUTERRAINES (CAMPAGNES 2022, 2023 ET 2024) ET DES GAZ AU DROIT DU SITE PVP	55
FIGURE 21 : PERIMETRES DES ZONES D'ANOMALIES CONCENTREES EN HCT C10-C40 POUR LES CUVES DE FOD ET LA STATION DE TRAITEMENT DES EAUX.....	64
FIGURE 22 : REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES OBSERVATIONS ORGANOLEPTIQUES LES PLUS SIGNIFICATIVES AU DROIT DE LA ZONE CUVE DE FOD	66
FIGURE 23 : REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES OBSERVATIONS ORGANOLEPTIQUES LES PLUS SIGNIFICATIVES AU DROIT DE LA ZONE STATION TRAITEMENT DES EAUX	66
FIGURE 24 : PROFIL DES OBSERVATIONS ORGANOLEPTIQUES LES PLUS SIGNIFICATIVES	67
FIGURE 25 : NUAGE DE POINTS_SOL_ [C] HCT C10-C40_TOUTS HORIZONS (0-8M/SOL).....	69
FIGURE 26 : FREQUENCES CUMULEES _SOL_ [C] HCT C10-C40 (NIVEAU 0-8M/SOL)	70
FIGURE 27 : EVOLUTION DU VOLUME DE SOL EN FONCTION DU SEUIL DE COUPURE (HCT C10-C40).....	73
FIGURE 28 : EVOLUTION DU RATIO % MASSE DE POLLUANT / % VOLUME DE SOL EN FONCTION DE LA PLAGE DE CONCENTRATION DANS LA ZNS	73
FIGURE 29 : EVOLUTION DU % DE VOLUME DE SOL ET DE LA MASSE DE POLLUANT EN FONCTION DE LA PLAGE DE CONCENTRATION DANS LA ZNS	74
FIGURE 30 : EVOLUTION DES % DU VOLUME DE SOL ET DE LA MASSE DE POLLUANT CUMULES EN FONCTION DU SEUIL DE COUPURE CHOISI DANS LA ZNS.....	74
FIGURE 31 : REPARTITION GEOGRAPHIQUE DES OBSERVATIONS ORGANOLEPTIQUES LES PLUS SIGNIFICATIVES LIEES AU COHV	78

FIGURE 32 : NUAGE DE POINTS_ ESO_[PCE+TCE] _EMPRISE TOTAL SITE	80
FIGURE 33 : FREQUENCES CUMULEES - ESO_[PCE+TCE]_EMPRISE TOTAL SITE	81
FIGURE 34 : EVOLUTION DU % DE VOLUME D'EAUX SOUTERRAINES ET DE LA MASSE DE POLLUANT EN FONCTION DE LA PLAGE DE CONCENTRATION DANS LA ZS	84
FIGURE 35 : EVOLUTION DES % DU VOLUME D'EAUX SOUTERRAINES ET DE LA MASSE DE POLLUANT CUMULES EN FONCTION DU SEUIL DE COUPURE CHOISI DANS LA ZS.....	85
FIGURE 36 : COURBES D'ISO-CONCENTRATIONS – EMPRISE SITE : [PCE+TCE] (µG/L)	86
FIGURE 37 : VOLUMES ET MASSES ESTIMEES DES ZONES CONCENTREES SUIVANT INTERPOLATION PAR L'OUTIL SAGAGIS [PCE+TCE]	87
FIGURE 38 : EVOLUTION DU % DE VOLUME D'EAUX SOUTERRAINES ET DE LA MASSE DE POLLUANT EN FONCTION DE LA PLAGE DE CONCENTRATION DANS LA ZS	89
FIGURE 39 : EVOLUTION DES % DU VOLUME D'EAUX SOUTERRAINES ET DE LA MASSE DE POLLUANT CUMULES EN FONCTION DU SEUIL DE COUPURE CHOISI DANS LA ZS.....	89
FIGURE 40 : PLAN DE MASSE PROJET (SOURCE : DONNEUR D'ORDRE)	92
FIGURE 41 : SUPERPOSITION DU PROJET AVEC LA VUE AERIEENNE ACTUELLE	93
FIGURE 42 : SCHEMA CONCEPTUEL « SUR SITE » – STADE PLAN DE GESTION – DATA CENTER ET BUREAUX SANS SOUS-SOL- EN L'ETAT ACTUEL DES MILIEUX AVANT MESURES DE GESTION	97
FIGURE 43 : FICHE SYNTHESE ZONE CUVES FOD.....	102
FIGURE 44 : FICHE SYNTHESE ZONE « STATION DE TRAITEMENT DES EAUX USEES ».....	103
FIGURE 45 : MAILLAGE DES ZONES A TRAITER SELON LE SEUIL DE COUPURE DES HCT C10-C40	104
FIGURE 46 : GRAPHIQUE DES CONCENTRATIONS DANS LES EAUX SOUTERRAINES EN PCE+TCE>5000 µG/L	105
FIGURE 47 : GRAPHIQUE DES CONCENTRATIONS DANS LES EAUX SOUTERRAINES EN CV>900 µG/L	105
FIGURE 48 : CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS DANS LES EAUX SOUTERRAINES EN PCE+TCE>5000 µG/L	106
FIGURE 49 : ANALYSE STATISTIQUE DES IMPACTS EN SOLVANTS CHLORES (ZONE NON SATUREE) (PCE/ TCE GAZ DU SOL)	107
FIGURE 50 : COURBES D'ISO-CONCENTRATIONS – EMPRISE SITE : [PCE GAZ DU SOL].....	109
FIGURE 51 : MAILLAGE REALISE SELON L'ENSEMBLE DES INVESTIGATIONS REALISEES	110
FIGURE 52 : ZONAGE PRESENTANT DES ANOMALIES MAXIMALES EN COHV AU R-1 SHEDS (SOURCE : ANCIENNES ACTIVITES DE DEGRAISSAGE)	111
FIGURE 53 : ZONAGE PRESENTANT DES ANOMALIES MAXIMALES EN COHV AU RDC SHEDS (SOURCE : ANCIENNES ACTIVITES DE DEGRAISSAGE)	111
FIGURE 54 : ZONAGE PRESENTANT LES ANOMALIES MAXIMALES EN COHV (SOURCE : STOCKAGES HISTORIQUES AU NORD DU SITE)	112
FIGURE 55 : CARTOGRAPHIE DU ZONAGE NECESSITANT DES MESURES DE GESTION (MILIEU EAUX SOUTERRAINES).....	113
FIGURE 56 : MAILLAGE DES ZONES A TRAITER SELON LE SEUIL DE COUPURE DES HCT C10-C40 (ZONAGES EQUIVALENT A LA FOURCHETTE BASSE)	123
FIGURE 57 : MAILLAGE DES ZONES A TRAITER SELON LE SEUIL DE COUPURE DES HCT C10-C40 (EN JAUNE ZONAGES EQUIVALENT A LA FOURCHETTE HAUTES)	124
FIGURE 58 : ZONAGE (EN JAUNE) PRESENTANT DES ANOMALIES MAXIMALES EN COHV AU DROIT DU SHEDS (PLAN DE MASSE DU SHEDS R-1).....	125
FIGURE 59 : SCHEMAS DE PRINCIPE BLINDAGE ET TALUS.....	126
FIGURE 60 : SCHEMAS DE PRINCIPE BLINDAGE EN CAISSON.....	126
FIGURE 61 : CARTOGRAPHIE DES CONCENTRATIONS DANS LES EAUX SOUTERRAINES EN PCE+TCE>5000 µG/L	127
FIGURE 62 : PLAN PREVISIONNEL D'AMENAGEMENT DU CHANTIER.....	128
FIGURE 63 : LOGIGRAMME REPRESENTANT LES PRINCIPALES ETAPES DU PROCESSUS D'ARRET D'UNE TECHNIQUE DE TRAITEMENT PAR EXTRACTION (SOURCE GUIDE BRGM 71923 NOVEMBRE 2022).....	131

FIGURE 64 : PHASAGE DE TRAVAUX / TRAITEMENT ET DE SURVEILLANCE DANS LE CAS D'UN TRAITEMENT IN SITU (SOURCE GUIDE BRGM 71923 NOVEMBRE 2022)	132
FIGURE 65 : SCHEMA CONCEPTUEL STADE REHABILITATION - DEMOLITION TOTALE	134
FIGURE 66 : PLANNING PREVISIONNEL DES TRAVAUX DE DEPOLLUTION	142
FIGURE 67 : SCHEMA DES DISPOSITIFS CONSTRUCTIFS COMPLEMENTAIRES	144

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : IDENTIFICATION ET LOCALISATION DU SITE D'ETUDE	25
TABLEAU 2 : CARACTERISTIQUES DES CONTRAINTES DU SITE EXISTANT OBJET DU PRESENT PLAN DE GESTION	30
TABLEAU 3 : SOURCES DES DONNEES DISPONIBLES POUR LA REALISATION DE LA PRESTATION PG (PREREQUIS)	31
TABLEAU 4 : INSTALLATION CLASSEE MISE A L'ARRET	34
TABLEAU 5 : MOYENS D'INVESTIGATIONS MIS EN ŒUVRE SUR SITE AU STADE DU PRESENTE PG.....	40
TABLEAU 6 : SYNTHESE DES CARACTERISTIQUES CONNUES DES MILIEUX RETENUES, BASE DU PLAN DE GESTION	61
TABLEAU 7 : METHODES DE DEFINITION D'UNE POLLUTION CONCENTREE (EXTRAIT GUIDE UPDS) ET CELLES RETENUES PAR MILIEUX	63
TABLEAU 8 : CONSTATS ORGANOLEPTIQUES DE TERRAIN LES PLUS SIGNIFICATIFS	65
TABLEAU 9 : CONSTATS ORGANOLEPTIQUES DE TERRAIN SUR LES EAUX SOUTERRAINES AU DROIT DES ZONES ETUDIEES.....	67
TABLEAU 10 : CONSTATS ORGANOLEPTIQUES DE TERRAIN LES PLUS SIGNIFICATIFS SUR LES GAZ DE SOL AU DROIT DES ZONES ETUDIEES	67
TABLEAU 11 : ANALYSE STATISTIQUE ELEMENTAIRE _ SOLS_HCT C10-C40 ZONES CUVES FOD ET TRAITEMENT DES EAUX	68
TABLEAU 12 : TABLEAU PRESENTANT LES DONNEES DU BILAN MASSIQUE REALISE – ZONE CUVES DE FOD ET LA STATION DE TRAITEMENT DES EAUX – POLLUANT : HCT C10-C40.....	72
TABLEAU 13 : ESTIMATION DES VOLUMES DES ZONES DE POLLUTIONS LES PLUS CONCENTREES POUR LA ZONE DES CUVES DE FOD.....	76
TABLEAU 14 : ESTIMATION DES VOLUMES DES ZONES DE POLLUTIONS LES PLUS CONCENTREES POUR LA ZONE DE LA STATION DE TRAITEMENT DES EAUX	76
TABLEAU 15 : CONSTATS ORGANOLEPTIQUES LES PLUS SIGNIFICATIFS A L'OUVERTURE DES OUVRAGES D'EAUX SOUTERRAINES (2022 A 2024)	77
TABLEAU 16 : CONSTATS ORGANOLEPTIQUES LES PLUS SIGNIFICATIFS A L'OUVERTURE DES OUVRAGES DE GAZ DU SOL.....	77
TABLEAU 17 : ANALYSE STATISTIQUE ELEMENTAIRE _ ESO_PCE+TCE_EMPRISE TOTALE 2022 A 2024.....	79
TABLEAU 18 : TABLEAU PRESENTANT LES DONNEES DU BILAN MASSIQUE REALISE POUR LES EAUX SOUTERRAINES AU DROIT DU SITE – POLLUANT : PCE + TCE.....	83
TABLEAU 19 : VOLUMES ET MASSES ESTIMEES DE LA ZONE DE POLLUTION CONCENTREE EN PCE+TCE DANS LA ZS SUIVANT INTERPOLATION PAR LES OUTILS QGIS ET SAGA GIS INTEGRANT LE SEUIL DE COUPURE DEFINI A 5000 µG/L	88
TABLEAU 20 : ESTIMATION DES VOLUMES DES ZONES DE POLLUTIONS LES PLUS CONCENTREES EN PCE+TC	91
TABLEAU 21 : MESURES SIMPLES DE GESTION SITES ET SOLS POLLUES (MSG SSP) DEJA INTEGREES A L'OPERATION AVANT LE BCA.....	94
TABLEAU 22 : CARACTERISTIQUES DES CONDITIONS ACTUELLES D'ETAT ET D'USAGE DU SITE BASE DE LA SYNTHESE DES VOIES D'EXPOSITION.....	95
TABLEAU 23 : SYNTHESE DES SCENARIOS D'EXPOSITION DE LA POPULATION FUTURE « SUR SITE» – STADE PLAN DE GESTION	96
TABLEAU 24 : SYNTHESE DES RESULTATS DE L'EQRS ARR ET DEFINITION DES OBJECTIFS DE REHABILITATION (EXTRAIT EQRS).....	100
TABLEAU 25 : ESTIMATION DES VOLUMES DES ZONES DE POLLUTIONS CORRESPONDANT AUX OBJECTIFS DE REHABILITATION	114
TABLEAU 26 : ELEMENTS DE DIMENSIONNEMENT DES TRAVAUX PAR ZONES.....	122
TABLEAU 27 : CARACTERISTIQUES DES CONDITIONS ACTUELLES D'ETAT ET D'USAGE DU SITE BASE DE LA SYNTHESE DES VOIES D'EXPOSITION.....	146

TAB	LEAU	28 : SYN	THESE DES	SCENARII	D'EXPOSITION	DE LA	POPULATION	FUTURE	« SUR	SITE »	–	STADE	
													147
APRES MISE EN ŒUVRE DES SCENARIOS DE GESTION.....													
TAB	LEAU	29 : DEFINITION	DU	PROGRAMME	DE	SURVEILLANCE	PRECONISE	ET	MODALITES				150

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : PHOTOGRAPHIES VISITE DE SITE

ANNEXE 2 : CARTOGRAPHIES DES ANOMALIES EN HCT ET COHV A L'ECHELLE DU SITE

ANNEXE 3 : OUTILS METHODOLOGIQUES POUR CARACTERISER ET IDENTIFIER UNE POLLUTION CONCENTREE

ANNEXE 4 : PLANS DE MAILLAGE ZONES HCT ET MAILLAGE SUITE AU SEUIL COUPURE HCT

ANNEXE 5 : RESULTATS MIP DE JUILLET 2022

ANNEXE 6 : PLAN DE MAILLAGE DU RESEAU PIEZOMETRIQUE DU SITE

ANNEXE 7: ARR PROSPECTIVE (A320)

ANNEXE 8 : COMPORTEMENT DES POLLUANTS

RESUME TECHNIQUE ET CONCLUSION

OBJET	OBSERVATIONS ESSENTIELLES
Donneur d'Ordre	HINES FRANCE
Localisation du site et des zones objet exclusif du PG	1 Avenue du Maréchal Devaux Paray-Vieille-Poste 91550 Parcelle n°53 / Section : AB Zones HCT : cuves FOD et station traitement des eaux Sources COHV (sol, gaz du sol, eaux souterraines)
Contexte de la prestation	Acquisition de site
Projet d'aménagement	Usages Tertiaire et industriel : Bureaux et Datacenter
Objectif(s) des prestations	La société HINES, lauréate de l'appel d'offre de cession du site Air France PVP localisé au 1 Avenue du Maréchal Devaux Paray-Vieille-Poste 91550, prévoit des usages futurs industriel et tertiaire avec un projet de démolition quasi total des bâtis existants et la construction d'un DATA CENTER en R+2 avec bureaux associés en R+3 et pôle tertiaire au nord/est Selon ce nouveau projet d'aménagement, les objectifs de la prestation sont la mise à jour des études de Plan de Gestion, d'Analyse des Risques Sanitaires Résiduels de 2022 et de l'étude avant-projet réalisé dans le cadre du plan conception travaux de 2023. Ce document intègre les prestations suivantes conformément aux normes NFX31-620-2 et NFX31-620-3 et répond à la méthodologie nationale de gestion des Sites et Sols Pollués : - Prestation globale : Plan de gestion (PG) Prestations élémentaires : - L'analyse des enjeux sanitaires (EQRS - A320) ; - L'identification des différentes options de gestion possible pour la compatibilité entre qualité des milieux et usages (A330) ; - L'étude d'avant-projet (B120). Les mises à jour porteront notamment sur : - Les Hypothèses de travail en lien avec le projet d'aménagement défini par Hines ; - La compilation de l'ensemble des données disponibles ; - La mise à jour des seuils coupures (pollutions concentrées) ; - La mise à jour de l'analyse des enjeux sanitaires – EQRS ARR prospective (prestation A320) ; - La mise à jour des CMA liées au projet HINES ; - Le cas échéant, une mise à jour des objectifs de réhabilitation et des volumes associés ; - La mise à jour du Schéma Conceptuel ; - La mise à jour de l'étude avant-projet (AP).
Identification du site sous BASIAS et/ou BASOL et/ou SIS ?	Le site est référencé sur BASOL (n° SSP001210901), pour le périmètre actuel du site cette fiche concerne les 2 cuves enterrées aujourd'hui inertées alimentant l'ancienne chaufferie et ayant fait l'objet d'un plan de gestion en 2016. La pollution est à ce jour toujours en place et un suivi des eaux souterraines est réalisé depuis 2016 à raison de 2 campagnes par an. Le site n'est pas référencé dans la base de données BASIAS. Le site n'est pas référencé dans la base de données SIS.
Cadre réglementaire ICPE le cas échéant	Le site est actuellement une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE)
Occupation des sols actuelle du site (activités...)	Industriel et tertiaire
Occupation des sols actuelle dans l'environnement du site (activités...)	Industriel et tertiaire, brasserie au nord-est, immeuble (hôtel d'accueil) à l'est
Vulnérabilité et enjeux environnementaux (géologie / hydrogéologie...)	<u>Géologie rencontrée de haut en bas</u> : Remblais et limons (0-1,5m) / Argile (1,5-3m) / marnes (type calcaire de brie) (3-9m)/ marnes vertes (>9m). Hydrogéologie : <u>Nappe superficielle</u> libre des calcaires de brie repose sur les marnes vertes. L'écoulement est globalement en direction du Nord / Nord-Nord-ouest. Perméabilité hétérogène, liée à la présence de bancs calcaires et marno-calcaires Le gradient hydraulique est environ de 0,005 m. En octobre 2024, les niveaux piézométriques mesurés sont compris entre 80,2 et 81,8 NGF. Le sens d'écoulement est globalement du sud vers le nord du site. Ces mesures sont cohérentes avec les études antérieures. La nappe rencontrée à partir de 5/6 m de profondeur / TN (environ + 86/87 m NGF) ➡ Cette nappe est vulnérable à une pollution de surface (absence de terrain imperméable en surface). <u>Hydrologie</u> : Le ruisseau de Rungis est situé à environ 1,5 km à l'Ouest du site et le fleuve la Seine est situé à environ 4 km à l'Est. ➡ Le contexte hydrologique autour du site n'est pas vulnérable. <u>Contexte industriel</u> :

OBJET	OBSERVATIONS ESSENTIELLES			
	De nombreuses activités industrielles sont référencées dans les bases de données BASIAS et/ou BASOL dans un rayon de 1 km autour du site. Ces sites sont localisés soit en aval soit en latéral hydraulique à l'exception du site BASIAS "des laboratoires Ponts et Chaussées", ce dernier se trouve à environ 340 m au sud-est (amont hydraulique) du site.			
Etudes préalables réalisées selon les codifications de la norme NFX31-620-2	INFOS à DIAG APRO (A200 A210 A230 A240 A250 A260 A270), SUIVI A210/A270, PG, PCT			
Projet / Aménagements / Bâtiments / Usages futurs	Hypothèses de travail : - L'hypothèse de travail n° 1 sera la conservation du bâtiment RE, - L'hypothèse de travail n°2 sera la démolition complète des bâtiments SHEDS, ASTROLAB, PNC et 50 avec le comblement total des sous-sols existants via les déblais et les déchets de démolition concassés, - L'hypothèse de travail n° 3 sera la construction d'un Data Center avec bureaux R+2 (27 000 m²) et d'un bâtiment à usage tertiaire en R+2 avec sous-sol (ancien restaurant d'entreprise), - L'hypothèse de travail n°4 sera l'achèvement des travaux de réhabilitation (dépollution) avant le lancement des travaux de construction.			
Polluants considérés (milieux sols, eau souterraine et gaz de sol)	- milieux sols, eau souterraine et gaz de sol : COHV liés à des sources historiques (bâtiment SHEDS + nord du site et panache eaux souterraine avec dégazage sur la partie ouest du site) ; - milieux sols, eau souterraine : HCT C10-C40 liés aux cuves FOD et station traitement des eaux ; - milieux sols : Anomalies ponctuelles ou diffuses avec concentrations max connues : HCT + Métaux Lourds + BTEX + Méthanol + HAP + COHV + PCB ; - milieu eau souterraine : Anomalies ponctuelles : Arsenic, Fer, Naphtalène, HCT C10-C40, HAP et Anomalies BTEX au droit et aval SHEDS ; - gaz du sol : Anomalies ponctuelles en BTEX et TPH.			
Définitions des zones de pollutions concentrées (milieux sols, eau souterraine et gaz de sol)	- milieux eaux souterraines (partie ouest du site) : COHV - milieux sol (zone saturée et non saturée au droit cuves FOD et station traitement des eaux) : HCTC10-C40			
Schéma conceptuel / scénarios d'expositions retenus Sources Vecteurs Cibles	Sources : sols, eaux souterraines et gaz des sols Vecteurs de transfert : inhalation de composés volatils en intérieur Cibles : futurs usagers (travailleurs adultes)			
ARR prospective (Cf. annexe) Définition des objectifs de réhabilitation	D'après l'EQRS prédictive :			
	Voie d'exposition	Lieu d'exposition	Cible	QD / ERI
	Inhalation air intérieur	Bâtiment « Pôle tertiaire »	Adulte	Non considéré du fait du respect de la valeur de gestion
		Bâtiment « Bureaux »	Adulte	QD = 1,49E-03
				ERI = /
Sur la base des résultats des méthodes de définition des pollutions concentrées, le seuil de coupure théorique retenu en TCE + PCE est inférieur aux CMA défini par l'EQRS. Ainsi, l'objectif de réhabilitation pour ces composés sera défini par le seuil de coupure permettant la suppression des pollutions concentrées.				
Objectifs de réhabilitation	<u>Au stade plan de gestion</u> , les objectifs de réhabilitation selon les nouvelles hypothèses définies sont :			
	SOLS :			
	- Objectif composés HCT C10-C40 sur les sols : 1200 mg/kg Ms ; au droit des 2 cuves FOD inertées et de la station de traitement des eaux au nord du restaurant d'entreprise ; - Zone source sol COHV au droit du SHEDS et de la zone nord. Suppression des anomalies liées à la zone source avec une zone à curer de 4 580 m³			
	EAUX SOUTERRAINES : Panache de pollution en COHV sur la partie ouest du site. - Objectif composés PCE+TCE sur les eaux souterraines : 5000 µg/l ; - Objectif composé CV (chlorure de vinyle) sur les eaux souterraines : 900 µg/l ;			
GAZ DE SOLS : Aucun objectif n'est fixé sur les gaz du sol, une ARR fin de travaux permettra de justifier l'arrêt du traitement sur le milieu des gaz du sol. De plus, le traitement de la nappe permettra une atténuation des concentrations dans les gaz du sol sur le long terme.				

OBJET	OBSERVATIONS ESSENTIELLES
	Toutefois, suites aux résultats des essais terrain et laboratoire réalisés dans le cadre du PCT en 2023, les propriétés des solvants chlorés et nos retours d'expérience sur d'éventuels effets rebonds pour les traitements retenus, il s'agit de rester réaliste et sécuritaire sur la performance des travaux de réhabilitation à mener. <u>Au stade AP, les objectifs de réhabilitation ont été estimés avec des pourcentages d'abattement compris entre :</u> 60 à 80% pour les PCE/TCE/CV dans les Eaux souterraines - traitement in situ (oxydation, sparging venting) ; 43 et 80% pour les HCT C10-C40 en zone saturée et non saturée - traitement in situ (bio-sparging) ; 60 et 90% pour les sources SOL en COHV et HCT.
Zones concernées par les mesures de gestion	Les zones à traiter pour la réhabilitation du site sont : - Panache de solvants chlorés dans les eaux souterraines à l'ouest du site : 8 487 m³ (10 608 m³) ; - Bâtiment SHEDS (RDC + R-1) avec une pollution en solvants chlorés dans les sols : 4 046 m³ ; - Zone des 2 cuves de FOD avec une pollution en HCT_{C10-C40} : 4 647 m³ en zone saturée et non saturée ; - Zone de traitement des eaux usées au nord du Restaurant d'Entreprise avec une pollution en HCT_{C10-C40} : 1 050 m³ en zone saturée ;
Contraintes spécifiques du site	Le bâtiment de restauration sera conservé afin de le réutiliser en pôle tertiaire. Les parkings semi-souterrains et leur rampe d'accès seront conservés au nord du site
Dispositifs constructifs complémentaires le cas échéant	Des concentrations résiduelles en polluants volatils (COHV) seront toujours présentes sur site et hors site à l'issue des traitements réalisés. Ces concentrations résiduelles seront susceptibles d'induire un dégazage de polluants depuis le milieu souterrain vers des futurs bâtiments du site qui seront réaménagés. Afin de réduire les risques de flux de polluants volatils depuis le milieu souterrain vers les bâtiments rénovés ou neufs, des mesures constructives spécifiques complémentaires pourront être mises en œuvre. Il pourra s'agir, entre autres : - de vides sanitaires ventilés ; - de dispositifs de collecte de gaz sous les bâtiments (géocomposite assurant les fonctions de drainage – étanchéité) ; - de SDS Système de Dépressurisation des gaz de sols... A ce stade, ces dispositifs ne sont pas prévus dans le projet d'aménagement défini. Les budgets associés seront à prévoir dans le cadre d'un projet de bâtiments neufs ; non compris présent PCT (estimatif à titre indicatif : 100€HT/m²). NB : ces dispositifs sont mutualisables avec la protection réglementaire radon. Les risques d'agressivité des fondations bétons pour des futurs bâtiments par les polluants et produits chimiques résiduels dans le sous-sol du site seront également à prendre en compte par des études spécifiques. Les réseaux d'eau potable devront être anti-perméation gaz.
Mesures Simples de Gestion Sites et Sols Pollués considérées et restrictions d'usages associés	Conduite eau potable anti – perméation gaz Interdiction jardin potager / arbres fruitiers Interdiction usage eaux souterraines Interdiction d'aire récréative extérieure présentant des impacts résiduels
Techniques de traitement retenues et rendements estimés	- Traitement In Situ des COHV en zone saturée : oxydation chimique sur une durée de 9 à 12 mois (ESO : Zone de 4800 m²) et sparging venting sur une durée de 12 à 18 mois pour un rendement estimé entre 60% et 80% (ESO : Zone de 5800 m²) ; - Traitement On Site des COHV en zone non saturé : terrassement et terte sur site sur une durée de 13 mois pour un rendement estimé entre 60% et 80% (SOL : fourchette haute Surf : 1798 m²/ Vol : 5324 m³) ; - Traitement hors Site et On site des HCT (cuves FOD) en zone saturé et non saturé : terrassement hors site et traitement des eaux sur site sur une durée de 6 mois pour un rendement estimé entre 43% et 80% ; - Traitement In Situ des HCT (fosse eaux usées) en zone saturé : biosparging sur une durée de 24 mois pour un rendement estimé entre 43% et 80% ;
Estimation du budget	L'estimation du budget est de 8 466 173 € hors incertitudes et aléas, comprenant une part de maîtrise d'œuvre de 10%. Cette estimation pour le projet de dépollution est une base sans incertitude sur les variations éventuelles de coûts et des délais ; et sans aléas, liés aux retours d'expérience des entreprises sur les techniques de dépollution retenues et représentent un risque maximaliste. Des diagnostics complémentaires dans les milieux et des essais terrain et laboratoire permettront de clarifier le montant de ces aléas. - Un budget comprenant les incertitudes est estimé entre 7 610 000 € et 10 235 150 € pour une durée de 26 mois hors effet rebond des traitements In Situ ; - Le budget des aléas est estimé à 2 494 055 € pour une extension des traitements In Situ.

OBJET	OBSERVATIONS ESSENTIELLES
	Compte tenu des teneurs résiduelles prédictives et des incertitudes des données sur le site non démolé et afin de réduire les risques de flux de polluants volatils depuis le milieu souterrain vers les bâtiments rénovés ou neufs, des mesures constructives spécifiques complémentaires devront être mises en œuvre. Les budgets associés seront à prévoir ; non compris la présente étude (estimatif à titre indicatif : 100€HT/m²).
Schéma conceptuel état prévu après mise en œuvre des scénarios de gestion	Sur site : aucun scénario d'exposition retenu après la mise en œuvre des scénarios de gestion – surveillance des eaux souterraines sur 4 ans et contrôle de la qualité des eaux du robinet.
Schéma conceptuel Hors site	Pour rappel, les données disponibles montrent une migration des COHV hors du site Air France PVP via les eaux souterraines. Les scénarios potentiels d'expositions retenus sont l'inhalation de substances volatiles dans l'air intérieur des bâtiments via les eaux souterraines et les gaz du sol et le transfert par les conduites enterrées (perméation et contamination eau potable). Pour les usages fixés hors site en considérant les pollutions mesurées en place, le calcul de risque sanitaire indique pour le scénario considéré que les risques toxiques et cancérogènes sont acceptables. A ce jour, l'étendue du panache en PCE et TCE n'est pas connue. En l'absence de cibles et d'usages sensibles sur plusieurs km à l'aval du site Air France PVP, de la suppression des sources et impacts en COHV sur le site Air France PVP et de la compatibilité sanitaire avec un usage tertiaire, il convient à ce jour de mettre en place une surveillance des eaux souterraines hors site avant, pendant et après de la phase de dépollution du site Air France PVP et deux campagnes de mesures des eaux du robinet au droit des zones les plus proche des zones d'études concernées. Conformément à la demande de la DRIEAT daté du 22 juin 2023, réf. D2023-0619, Air France réalise une surveillance environnementale des eaux souterraines hors du site depuis octobre 2023. Afin, de réaliser un bilan quadriennal, codifié BQ dans la norme NFX 31-620-2 de décembre 2021, cette surveillance des eaux souterraines est prévue sur une période de 4 ans.
Mécanismes de conservation de la mémoire en lien avec les scénarios de gestion proposés	La conservation de la mémoire et l'information systématique des acquéreurs seront assurées par le biais des documents d'urbanisme ou fonciers (Conservation des hypothèques). Les exigences d'archivage pérenne sont celles applicables à une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE). La décision de mise en place de servitudes réglementaires ou du classement du site en SIS (Secteur d'Information sur les Sols) appartient aux services instructeurs de l'état.
Incertitudes / limites	- La réalisation d'une étude géotechnique ; - Les caractéristiques des cuves à retirer ; - Données disponibles et les aléas liés à la réalisation des investigations (échantillonnage, analyse laboratoire, saisonnalité...) ; - Représentativité des concentrations mesurées ; - Profondeur des fondations des bâtiments en place ; - Délimitation des périmètres définis pour les zones des sources historiques ; - Les extrapolations au droit des zones inaccessibles non investiguées ; - La position exacte des investigations ; - L'hétérogénéité des concentrations dans les sols, liées à des passages préférentiels dans les couches lithologiques ; - Proportion phase organique absorbé sur les sols ; - Des incertitudes liées au manque d'ouvrages en périphérie du panache en PCE+TCE ; - Les interpolations (modélisations, interprétations). Les aléas / incertitudes financiers sont à ce jour liés à : - Une durée de traitement excédant 12 mois ; - Une variation des coûts des fournitures et autres équipements.

SUITE A DONNER

MISSIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER EN PREALABLE A LA CONCEPTION DES TRAVAUX (ET APRES DEMOLITION)

- Une étude géotechnique ;
- Des levées d'ouvrages existants ;
- Les zones polluées devront faire l'objet d'investigations complémentaires pour pouvoir les caractériser après démolition (zone source COHV...) et mettre à jour les calculs de risques sanitaires (zone bureau, RE et futur poste garde notamment) ;
- Les techniques de traitement In Situ retenues devront faire l'objet d'essais complémentaires en laboratoire et sur site de traitement à l'échelle réduite avant travaux pleine échelle (après démolition).

CONTROLES :

Il est préconisé de définir et mettre en œuvre une prestation de contrôle ponctuelle (hors maîtrise d'œuvre SSP et hors géotechnique/structures) destinée à s'assurer du respect des mesures de gestion qui ont été énoncées dans le plan de gestion (mission codifiée CONT dans la norme NFX 31-620) et pour établir l'état résiduel à verser au dossier de restrictions d'usages. Cette prestation portera notamment sur :

- le contrôle des effluents (liquides, gazeux, etc.) générés par les installations de dépollution ;

OBJET	OBSERVATIONS ESSENTIELLES
	- le contrôle de la qualité des sols en place, en fond et bords de chaque fouille après excavation, et avant remblaiement (mission codifiée CONT/A200-A270 dans la norme NFX-31-620-2) ; - le contrôle de la provenance et de la qualité des terres d'apport nécessaires au comblement des fouilles (mission codifiée CONT/A200-A270 ou CONT/A260-A270) ; - le contrôle de la qualité de l'air ambiant intérieur du pole numérique suite au changement d'usage et la réhabilitation des locaux pour vérifier la conformité avec ce changement d'usage - le contrôle de la présence et de la pose d'un feutre géotextile à l'interface entre les terres d'apport saines, et le sol en place sous-jacent où se trouvent des anomalies résiduelles ; - le contrôle analytique des matériaux impactés avant évacuation en filières agréées ; - le contrôle de la qualité des eaux souterraines au droit du site et <u>hors site</u> lors des travaux puis après travaux pour vérifier si les travaux remobilisent des polluants (mission codifiée CONT/A210-A270) ; - le contrôle des canalisations antiperméation gaz, contrôle de l'étanchéité vis-à-vis des composés organiques volatils des futures canalisations d'alimentation en eau potable ;

SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE :

Il est recommandé de mettre en œuvre un programme de surveillance qui sera à appliquer à l'issue des travaux, pour surveiller les milieux susceptibles d'avoir été impactés par les sources concentrées sols, ou susceptibles de l'être par les sources résiduelles (missions codifiées SUIVI dans la norme NFX 31-620).

Les milieux qu'il est recommandé de faire rentrer dans le programme de surveillance, sont :

- eaux souterraines (piézomètres) sur site et hors site – (prestations SUIVI/A210-A270) en période de hautes eaux et basses eaux (selon norme NFX31-615), sur une période de 4ans (prestation BQ) ;
- gaz du sol – (prestations SUIVI/A230-A270) en période de chauffage et estivale.

RESTRICTIONS D'USAGES :

Il est recommandé de réaliser un dossier de restrictions d'usage (mission A400 dans la norme NFX31-620-2).

La décision de mise en place de servitudes pour ces restrictions appartient au service instructeur de l'Etat suivant la réglementation applicable.

CHANGEMENT d'USAGE :

Une ATTES ALUR pourra être demandée par l'administration dans le cadre du futur permis de construire du futur projet d'aménagement.

RESUME NON TECHNIQUE

La société HINES, lauréate de l'appel d'offre de cession du site Air France PVP localisé au 1 Avenue du Maréchal Devaux Paray-Vieille-Poste 91550, prévoit des usages futurs industriels et tertiaires avec un projet de démolition quasi totale des bâtiments existants et la construction d'un DATA CENTER en R+2 avec bureaux associés sans sous-sol. Le bâtiment de restauration (RE) sera conservé afin de le réutiliser en pôle tertiaire.

Pour une configuration du site avec usages industriels et tertiaires, après travaux de démolition, les résultats de la présente étude, en l'état des données disponibles, montrent que les composés traceurs du risque sont les hydrocarbures et solvants chlorés définis par les composés HCT C10-C40, PCE, TCE et CV.

Les zones à traiter pour la réhabilitation du site sont :

- **Panache de solvants chlorés dans les eaux souterraines à l'ouest du site : 8 487 m³ (10 608 m³) ;**
- **Bâtiment SHEDS (RDC + R-1) avec une pollution en solvants chlorés dans les sols : 4 046 m³ ;**
- **Zone des 2 cuves de FOD avec une pollution en HCT C10-C40 : 4647 m³ en zone saturée et non saturée ;**
- **Zone de traitement des eaux usées au nord du Restaurant d'Entreprise avec une pollution en HCT C10-C40 : 1050 m³ en zone saturée ;**

A ce stade et sur la base des résultats d'essais de laboratoire réalisés, il est proposé de retenir **la voie oxydation pour un traitement In Situ en zone saturée**.

Les techniques de traitement retenues sont :

- Traitement In Situ des COHV en zone saturée : oxydation chimique sur une durée de 9 à 12 mois (ESO : Zone de 4800 m²) et sparging venting sur une durée de 12 à 18 mois pour un rendement estimé entre 60% et 80% (ESO : Zone de 5800 m²) ;
- Traitement On Site des COHV en zone non saturée : terrassement et terre sur site sur une durée de 13 mois pour un rendement estimé entre 60% et 80% (SOL : fourchette haute Surf : 1798 m²/ Vol : 5324 m³) ;
- Traitement hors Site et On site des HCT (cuves FOD) en zone saturée et non saturée : terrassement hors site et traitement des eaux sur site sur une durée de 6 mois pour un rendement estimé entre 43% et 80% ;
- Traitement In Situ des HCT (fosse eaux usées) en zone saturée : biosparging sur une durée de 24 mois pour un rendement estimé entre 43% et 80% ;

L'estimation du budget est de **8 466 173 €** hors incertitudes et aléas, comprenant une part de maîtrise d'œuvre de 10%.

Cette estimation pour le projet de dépollution est une base sans incertitude sur les variations éventuelles de coûts et des délais ; et sans aléas, liés aux retours d'expérience des entreprises sur les techniques de dépollution retenues et représentent un risque maximaliste. Des diagnostics complémentaires dans les milieux et des essais terrain et laboratoire permettront de clarifier le montant de ces aléas.

- Un budget comprenant les incertitudes est estimé entre 7 610 000 € et 10 235 150 € pour une durée de **26 mois hors effet rebond des traitements In Situ** ;
- Le budget des aléas est estimé à 2 494 055 € pour une extension des traitements In Situ.

MISSIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER EN PREALABLE A LA CONCEPTION DES TRAVAUX (ET APRES DEMOLITION)

- Une étude géotechnique ;
- Des levées d'ouvrages ;
- Les zones polluées devront faire l'objet d'investigations complémentaires pour pouvoir les caractériser après démolition (zone source COHV...) et mettre à jour les calculs de risques sanitaires (zone bureau, RE et futur poste garde notamment) ;
- Les techniques de traitement In Situ retenues devront faire l'objet d'essais complémentaires en laboratoire et sur site de traitement à l'échelle réduite avant travaux pleine échelle (après démolition).

HORS SITE :

Pour rappel, les données disponibles montrent une migration des COHV hors du site Air France PVP via les eaux souterraines.

Les scénarios potentiels d'expositions retenus sont l'inhalation de substances volatiles dans l'air intérieur des bâtiments via les eaux souterraines et les gaz du sol et le transfert par les conduites enterrées (perméation et contamination eau potable).

Pour les usages fixés hors site en considérant les pollutions mesurées en place, le calcul de risque sanitaire indique pour le scénario considéré que les risques toxiques et cancérigènes sont acceptables.

A ce jour, l'étendue du panache en PCE et TCE n'est pas connue.

En l'absence de cibles et d'usages sensibles sur plusieurs km à l'aval du site Air France PVP, de la suppression des sources et impacts en COHV sur le site Air France PVP et de la compatibilité sanitaire avec un usage tertiaire, il convient à ce jour de mettre en place une surveillance des eaux souterraines hors site avant, pendant et après de la phase de dépollution du site Air France PVP et deux campagnes de mesures des eaux du robinet au droit des zones les plus proche des zones d'études concernées.

Conformément à la demande de la DRIEAT daté du 22 juin 2023, réf. D2023-0619, Air France réalise une surveillance environnementale des eaux souterraines hors du site depuis octobre 2023.

Afin, de réaliser un bilan quadriennal, codifié BQ dans la norme NFX 31-620-2 de décembre 2021, cette surveillance des eaux souterraines est prévue sur une période de 4 ans.

SUITES A DONNER

CONTROLES :

Il est préconisé de définir et mettre en œuvre une prestation de contrôle ponctuelle (hors maîtrise d'œuvre SSP et hors géotechnique/structures) destinée à s'assurer du respect des mesures de gestion qui ont été énoncées dans le plan de gestion (mission codifiée CONT dans la norme NFX 31-620) et pour établir l'état résiduel à verser au dossier de restrictions d'usages. Cette prestation portera notamment sur :

- le contrôle des effluents (liquides, gazeux, etc.) générés par les installations de dépollution ;
- le contrôle de la qualité des sols en place, en fond et bords de chaque fouille après excavation, et avant remblaiement (mission codifiée CONT/A200-A270 dans la norme NFX-31-620-2) ;
- le contrôle de la provenance et de la qualité des terres d'apport nécessaires au comblement des fouilles (mission codifiée CONT/A200-A270 ou CONT/A260-A270) ;
- le contrôle de la présence et de la pose d'un feutre géotextile à l'interface entre les terres d'apport saines, et le sol en place sous-jacent où se trouvent des anomalies résiduelles ;
- le contrôle analytique des matériaux impactés avant évacuation en filières agréées ;
- le contrôle de la qualité des eaux souterraines au droit du site et hors site lors des travaux puis après travaux pour vérifier si les travaux remobilisent des polluants (mission codifiée CONT/A210-A270) ;
- le contrôle des canalisations antiperméation gaz, contrôle de l'étanchéité vis-à-vis des composés organiques volatils des futures canalisations d'alimentation en eau potable ;

SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE :

Il est recommandé de mettre en œuvre un programme de surveillance qui sera à appliquer à l'issue des travaux, pour surveiller les milieux susceptibles d'avoir été impactés par les sources concentrées sols, ou susceptibles de l'être par les sources résiduelles (missions codifiées SUIVI dans la norme NFX 31-620).

Les milieux qu'il est recommandé de faire rentrer dans le programme de surveillance, sont :

- eaux souterraines (piézomètres) sur site et hors site – (prestations SUIVI/A210-A270) en période de hautes eaux et basses eaux (selon norme NFX31-615), sur une période de 4ans (prestation BQ) ;
- gaz du sol – (prestations SUIVI/A230-A270) en période de chauffage et estivale.

RESTRICTIONS D'USAGES :

Il est recommandé de réaliser un dossier de restrictions d'usage (mission A400 dans la norme NFX31-620-2).

La décision de mise en place de servitudes pour ces restrictions appartient au service instructeur de l'Etat suivant la réglementation applicable.

CHANGEMENT d'USAGE :

Une ATTES ALUR pourra être demandée par l'administration dans le cadre du permis de construire du futur projet d'aménagement.

CHAPITRE 1 : CONTEXTE DE LA PRESTATION

La société HINES, lauréate de l'appel d'offre de cession du site Air France PVP localisé au 1 Avenue du Maréchal Devaux Paray-Vieille-Poste 91550, prévoit des usages futurs industriels et tertiaires avec un projet de démolition quasi total des bâtis existants et la construction d'un DATA CENTER en R+2 avec bureaux associés. Le bâtiment de restauration (RE) sera conservé afin de le réutiliser en pôle tertiaire.

A ce jour, le site de Paray-Vieille-Poste de la société Air France implantée sur la commune de Paray-Vieille-Poste (91) a été vidé de ces installations. La notification de cessation d'activité a été faite en ligne sous la Réf A-4-NH6F8XEPBS le 08/02/2024.

La notification de cessation d'activité portée sur les installations classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) sous le régime de Déclaration pour les rubriques suivantes :

- **Bâtiment ASTROLAB (Déclaration initiale datant de 2005/2006) :**
2910-A-2 : 1 Chaudière Guilloit de 1200 kW thermique et 1 Chaudière Atlantic Guilloit de 800 kW ; Soit un total de 2 MW déclarées en 2019 (Déclaration de modification)
1185-2-A : 3 groupes froids utilisant du R134A : GF1 : 260 kg, GF2 : Circuit A = page 5 sur 5 51 kg et Circuit B = 47 kg, GF3 : Circuit A = 51 kg et Circuit B = 47 kg et 4 installations de climatisation utilisant du R410A de 11 kg ; Soit total de 500 kg de fluide présent sur site
- **Bâtiment SHEDS (Déclaration initiale datant de 2008) :**
1185-2-A : 3 GF de 120 kg de R134A et 4 installations de climatisation de R410A de 11 kg ; Soit un total de 404 kg présent sur site mais un total de 500 kg a été déclaré
- **Bâtiment 50 (Déclaration initiale datant de 2008) :**
2925-1 : Puissance déclarée de 300 kW

Une ATTES SECUR (APAVE – réf. C24040454), attestation garantissant la mise en œuvre des mesures de mise en sécurité pour des installations mises à l'arrêt définitif, concernant la rubrique 2925-1 a été délivré par Apave Exploitation France en avril 2024.

Le site de Paray-Vieille-Poste de la société Air France a fait l'objet de plusieurs études de pollution entre 2011 et 2024. Ces études s'inscrivent dans le cadre de la cessation d'activité totale des ICPE et cession de site.

Les études environnementales réalisées ont montré notamment :

- ➔ Des impacts en solvants chlorés dans les sols, les eaux souterraines et les gaz du sol ;
- ➔ La zone impactée au droit de SHEDS correspond aux anciennes activités de dégraissage, d'application de peintures et d'encres ;
- ➔ La zone impactée au nord peut correspondre aux stockages historiques de diluants ou de perchloroéthylène recensés mais non localisables à ce jour ;
- ➔ Des impacts en hydrocarbures dans les sols, les eaux souterraines et les gaz du sol, dans la zone des 2 cuves de fioul inertes ;
- ➔ Des impacts en hydrocarbures dans les sols et des anomalies en hydrocarbures dans les eaux souterraines, dans la zone de la station de traitement des eaux.

Dans ce contexte et dans le cadre de cette potentielle acquisition, la société Hines France (Donneur d'Ordre) a confié à Apave Exploitation France, la mise à jour selon leur projet d'aménagement, des études de Plan de Gestion, d'Analyse des Risques Sanitaires Résiduels de 2022 et de l'étude avant-projet réalisé dans le cadre du plan conception travaux de 2023.

Ce document intègre les prestations suivantes conformément aux normes NFX31-620-2 et NFX31-620-3 et répond à la méthodologie nationale de gestion des Sites et Sols Pollués :

- Prestation globale : Plan de gestion (PG) ;

Prestations élémentaires :

- L'analyse des enjeux sanitaires (EQRS - A320) ;
- L'identification des différentes options de gestion possible pour la compatibilité entre qualité des milieux et usages (A330) ;
- L'étude d'avant-projet (B120).

Les mises à jour de ces études porteront notamment sur :

- Les Hypothèses de travail en lien avec le projet d'aménagement défini ;
- La compilation de toutes les données disponibles ;
- La mise à jour des seuils coupures ;
- La mise à jour de l'analyse des enjeux sanitaires – EQRS ARR prospective (prestation A320) ;
- La mise à jour des CMA liées au projet HINES ;
- Le cas échéant, une mise à jour des objectifs de réhabilitation et des volumes associés ;
- La mise à jour du Schéma Conceptuel ;
- La mise à jour de l'étude avant-projet.

Dans une première approche technico économique, ce plan de gestion et l'étude avant projet seront établis selon les scénarios d'aménagements du site communiqués par HINES (futur acquéreur).

NB : Les prestations déjà réalisées en préalable à ce Plan de Gestion sont présentées dans ce rapport sous la forme d'une synthèse dans un paragraphe spécifique ci-après avec état des prérequis selon la norme NFX31-620-2.

Le présent rapport Apave rend compte des moyens mis en œuvre et des résultats obtenus.

CHAPITRE 2 : REGLEMENTATION, REFERENTIELS, NORMES ET GUIDES METHODOLOGIQUES

La prestation PG a été réalisée conformément :

- ✓ à la réglementation en vigueur et notamment le Code de l'Environnement
- ✓ à la méthodologie nationale de gestion des Sites et Sols Pollués du 19 avril 2017
- ✓ à la norme NFX31-620-2 de décembre 2018 et aux référentiels d'application associés
- ✓ aux guides méthodologiques nationaux des institutionnels et de la profession (BRGM, INERIS, ADEME, UPDS...) comprenant notamment (liste non exhaustive) :
 - Recommandations pour la réalisation d'un système de dépressurisation des sols à fonctionnement naturel, de la conception à la maintenance Guide Pratique Protection des bâtiments vis-à-vis des remontées de gaz du sol – ADEME – CSTB janvier 2018
 - https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide_evalsds_2018.pdf
 - Elaboration des bilans coûts-avantages adaptés aux contextes de gestion des sites et sols pollués (Guide méthodologique). ADEME / UPDS. Mars 2017.
 - <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/elaborations-bilans-couts-avantages-gestion-sites-pollues-ademe-upds-2017.pdf>
 - Pollution Concentrée - Définition, outils de caractérisation et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués – avril 2016 - UPDS
 - Définir une stratégie de dépollution : Approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution Rapport final BRGM/RP-64350-FR Février 2016
 - <http://ssp-infoterre.brgm.fr/sites/default/files/upload/documents/rp-64350-fr.pdf>
 - Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP – BRGM – 2014
 - <http://ssp-infoterre.brgm.fr/guide-relatif-aux-mesures-constructives>
 - Traitabilité des sols pollués. Guide méthodologique pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances. ADEME. 2009.
 - <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/traitabilite-sols-pollues-guide-methodologique-evaluation-2008-rapport-final-3.pdf>
 - SelecDEPOL – Outil interactif de présélection des techniques de dépollution et des mesures constructives. BRGM / ADEME.
 - <http://www.selecdepol.fr/>
 - Quelles techniques pour quels traitements – Analyse coûts-bénéfices. Rapport final. Rapport référencé BRGM/RP-58609-FR. Juin 2010
 - <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-58609-FR.pdf>

Cette prestation B120 a été réalisée conformément :

- ✓ à la réglementation en vigueur et notamment le Code de l'Environnement
- ✓ à la méthodologie nationale de gestion des Sites et Sols Pollués du 19 avril 2017
- ✓ à la norme NFX31-620-3 et aux référentiels d'application associés
- ✓ aux guides méthodologiques nationaux des institutionnels et de la profession (BRGM, INERIS, ADEME, UPDS...) comprenant notamment (liste non exhaustive) :
 - Guide bonnes pratiques pour l'arrêt des traitements en place (in situ) – rapport final BRGM / RP -71923-FR – version 12 du 10 novembre 2022
 - Guide méthodologique relatif au Plan de Conception des Travaux (PCT) – Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire – DGPR – SRT – Bureau du sol et du sous-sol – octobre 2019
 - Projet Estrapol – guide technique – essais de faisabilité de traitement des sols pollués – version finale – septembre 2019 - ADEME
 - Recommandations pour la réalisation d'un système de dépressurisation des sols à fonctionnement naturel, de la conception à la maintenance Guide Pratique Protection des bâtiments vis-à-vis des remontées de gaz du sol – ADEME – CSTB janvier 2018
 - https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide_evalsds_2018.pdf
 - Elaboration des bilans coûts-avantages adaptés aux contextes de gestion des sites et sols pollués (Guide méthodologique). ADEME / UPDS. Mars 2017.
 - <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/elaborations-bilans-couts-avantages-gestion-sites-pollues-ademe-upds-2017.pdf>
 - Pollution Concentrée - Définition, outils de caractérisation et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués – avril 2016 - UPDS

- Définir une stratégie de dépollution : Approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution Rapport final BRGM/RP-64350-FR Février 2016
 - <http://ssp-infoterre.brgm.fr/sites/default/files/upload/documents/rp-64350-fr.pdf>
- Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP – BRGM – 2014
 - <http://ssp-infoterre.brgm.fr/guide-relatif-aux-mesures-constructives>
- Traitabilité des sols pollués. Guide méthodologique pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances. ADEME. 2009.
 - <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/traitabilite-sols-pollues-guide-methodologique-evaluation-2008-rapport-final-3.pdf>
- SelecDEPOL – Outil interactif de présélection des techniques de dépollution et des mesures constructives. BRGM / ADEME.
 - <http://www.selecdepol.fr/>
- Quelles techniques pour quels traitements – Analyse coûts-bénéfices. Rapport final. Rapport référencé BRGM/RP-58609-FR. Juin 2010
 - <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-58609-FR.pdf>
- Programme R&D MACAOH (2001-2006) (Modélisation, Atténuation, Caractérisation dans les Aquifères des composés Organo-Halogénés) – Caractérisation dans les aquifères d'une zone source constituée d'organo-chlorés aliphatiques – guide méthodologique – ADEME - avril 2007.
- Programme R&D MACAOH (2001-2006) (Modélisation, Atténuation, Caractérisation dans les Aquifères des composés Organo-Halogénés) – Modélisation du devenir des composés organo-chlorés aliphatiques – guide méthodologique – ADEME - avril 2007.
- Programme R&D MACAOH (2001-2006) (Modélisation, Atténuation, Caractérisation dans les Aquifères des composés Organo-Halogénés) – Atténuation naturelle des composés organo-chlorés aliphatiques dans les aquifères – guide méthodologique – ADEME - avril 2007.

CHAPITRE 3 : RAPPEL DES OBJECTIFS ET DU PROCESSUS DU PLAN DE GESTION

3.1. Objectifs généraux

Le plan de gestion est un document d'orientation qui vise à étudier différents scénarios de gestion d'une pollution. Ce document fait la synthèse des études visant à identifier et caractériser la pollution d'un site et de son environnement (études historiques et documentaires, diagnostics,) et vise à définir la stratégie de gestion à appliquer en vue de la réalisation des travaux (le cas échéant) dans une phase ultérieure.

Il doit être proportionné aux pollutions et enjeux. La priorité consiste d'abord à déterminer les modalités de suppression des pollutions concentrées. Il est nécessaire, quand la suppression des pollutions n'est pas possible, à l'issue d'une démarche d'établissement d'un bilan « coûts - avantages », dans des conditions techniquement ou économiquement acceptables, de garantir que les impacts provenant des pollutions résiduelles sont maîtrisés et acceptables tant pour les populations que pour l'environnement.

Les mesures de gestions concernent :

- la maîtrise des sources de pollution : réduction des émissions de substances responsables de l'exposition chronique des populations et amélioration de la qualité des milieux,
- et/ou la maîtrise des impacts (désactivation des voies de transfert).

Le plan de gestion vise à étudier une ou plusieurs solutions techniques de réhabilitation en intégrant les priorités suivantes, dans la limite des contraintes spécifiques :

- agir en priorité sur les sources de pollution dans les milieux impactés mis en évidence, dans le but :
 - de les éliminer ou à défaut de diminuer les concentrations en polluants ;
 - de limiter l'éventuelle réalimentation de la source de pollution dans les milieux « eaux souterraines » et « gaz du sol » par des impacts résiduels au niveau de la source « sols ».
- protéger autant que possible la ressource en eau et éviter ou limiter le transfert de pollution à l'extérieur du site ;
- contrôler l'efficacité des travaux mis en œuvre dans le temps et assurer in fine l'absence de risques sanitaires inacceptables pour les usagers du site dans le cadre de l'usage applicable via la mise en œuvre d'une Analyse des Risques Résiduels (ARR) dite « prédictive ».

3.2. Définitions

Mesure de gestion : disposition visant à éliminer les sources de pollution sur site ou à désactiver les voies de transfert / d'exposition des cibles identifiées. Les mesures de gestion regroupent :

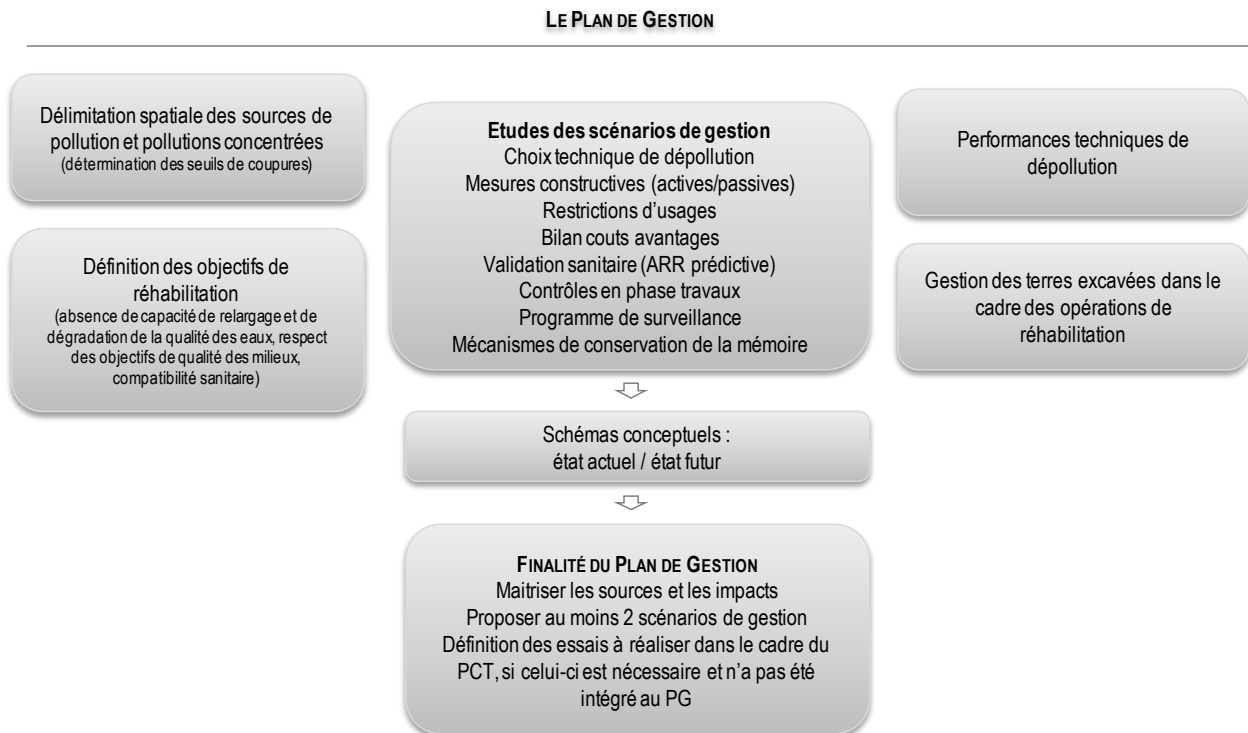
- les techniques de dépollution,
- les restrictions d'usage,
- les dispositions constructives

Technique de dépollution : procédés physiques chimiques ou biologiques permettant d'aboutir à terme à une disparition, un abattement ou une immobilisation pérenne de la pollution dans le milieu impacté.

Scénario de gestion : en cohérence avec le contexte de gestion, le scénario de gestion constitue une combinaison d'une ou plusieurs mesures de gestion, permettant d'atteindre un état des milieux a minima conforme aux objectifs du PG (maîtrise des sources et de leurs impacts sanitaires et environnementaux). Le scénario, construit au fil du BCA, est une combinaison d'un ou plusieurs des éléments suivants :

- Une ou plusieurs techniques de dépollution (qui peuvent se succéder dans le temps), éventuellement déclinées suivant des seuils/objectifs de réhabilitation variables, envisagés pour ces techniques ;
- Si nécessaire, des mesures constructives ;
- Le cas échéant, des restrictions d'usage ;
- Les éventuels suivis ultérieurs associés.

3.3. Processus



De façon générale, les différentes étapes constitutives d'un Plan de Gestion, sont les suivantes :

- la réalisation des études historiques, documentaires et mémorielles, et de vulnérabilité des milieux ;
- l'identification des enjeux à protéger ;
- la caractérisation des milieux pertinents par les campagnes d'investigations ;
- la localisation, la quantification des polluants et la caractérisation de leur mobilité ;
- la délimitation spatiale des zones de pollutions concentrées (détermination des seuils de coupures) ;
- l'élaboration du Schéma Conceptuel (état actuel vs état futur - évolution des usages) ;
- la gestion des terres excavées ;
- les mesures constructives (passives, actives) ;
- l'étude et l'intégration des performances des techniques de dépollution ;
- la définition des objectifs de réhabilitation tenant compte :
 - de compatibilité sanitaire ;
 - absence de capacité de relargage et de dégradation de la qualité des eaux ;
 - du respect des objectifs de qualité des milieux ;
 - des mesures de gestion et traitement de la pollution ;
- le bilan coûts-avantages pour le choix des scénarios de gestion (avec au moins 2 scénarios de gestion) ;
- l'application des réglementations en vigueur sur les milieux d'exposition, les constructions...;
- la validation sanitaire démontrée par des ARR prédictives compte tenu des niveaux de pollutions résiduelles et des mesures constructives ;
- la mise en œuvre des outils de conservation de la mémoire et de restrictions d'usages qui peuvent s'avérer nécessaire ;
- la surveillance des milieux éventuellement requise ;
- les préconisations sur la nécessité de réaliser, ou non, les prestations PCT, CONT SUIVI et A400

NB : Rappel méthodologie avril 2017 : quelle que soit la nature des polluants, lorsque les volumes de terres polluées en cause sont limités et accessibles, les terres sont excavées et évacuées vers les filières de gestion appropriées sans engager d'études complémentaires qui devraient aboutir finalement à cette option de gestion. Dans ce cas précis, le bilan coût-avantage n'est pas nécessaire et le plan de gestion se limite à décrire les actions engagées.

3.4. Limites du Plan de Gestion et articulation avec le Plan de Conception de Travaux

Le Plan de Gestion n'a pas pour objet de servir de cahier des charges à des travaux de réhabilitation ; ce n'est pas un rapport d'étude de faisabilité ni d'étude de conception des mesures de gestion identifiées le cas échéant dans celui-ci.

Un plan de conception des travaux (PCT, B111, B112, B120), réf. APAVE 22 910 LSO 20128 00 S de septembre 2023, a été réalisé afin de valider et sécuriser les scénarios de gestion.

Dans une première approche technico économique du projet d'aménagement de HINES FRANCE, la prestation Etude Avant-Projet (AP), visant à définir et étudier une ou plusieurs solutions techniques à un niveau suffisamment détaillé pour en approcher leurs coûts, leurs durées, leurs performances et les principales contraintes physiques et environnementales afin d'apporter les éléments nécessaires pour établir le cahier des charges des travaux, se substituera au Bilan Cout Avantage (BCA) du plan de gestion réalisé en 2024.

CHAPITRE 4 : LOCALISATION DU SITE ET PERIMETRE DE LA PRESTATION PG

Les caractéristiques du site, objet de ce rapport, sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Désignation	Site de Paray Vieille Poste (PVP)		
Propriétaire / Exploitant	AIR FRANCE		
Adresse/lieu-dit / commune / département	1 Avenue du Maréchal Devaux- Paray-Vieille-Poste 91550		
Surface en m ² (ou ha) site d'étude (périmètre d'intervention spécifique)	33 340 m ²		
Limites du périmètre PG et zones inaccessibles	L'ensemble du site sera étudié.		
Parcelle(s) cadastrale(s)	Parcelle n°53 / Section : AB		
Coordonnées géographiques (LAMBERT 93 centre du site/ source géoportail)	X = 653 493 m	Y = 6 849 618 m	Z = 86 m NGF

Tableau 1 : Identification et localisation du site d'étude

Cf. tableau 1 ci-dessus ; le site est localisé et délimité sur les figures ci-après :

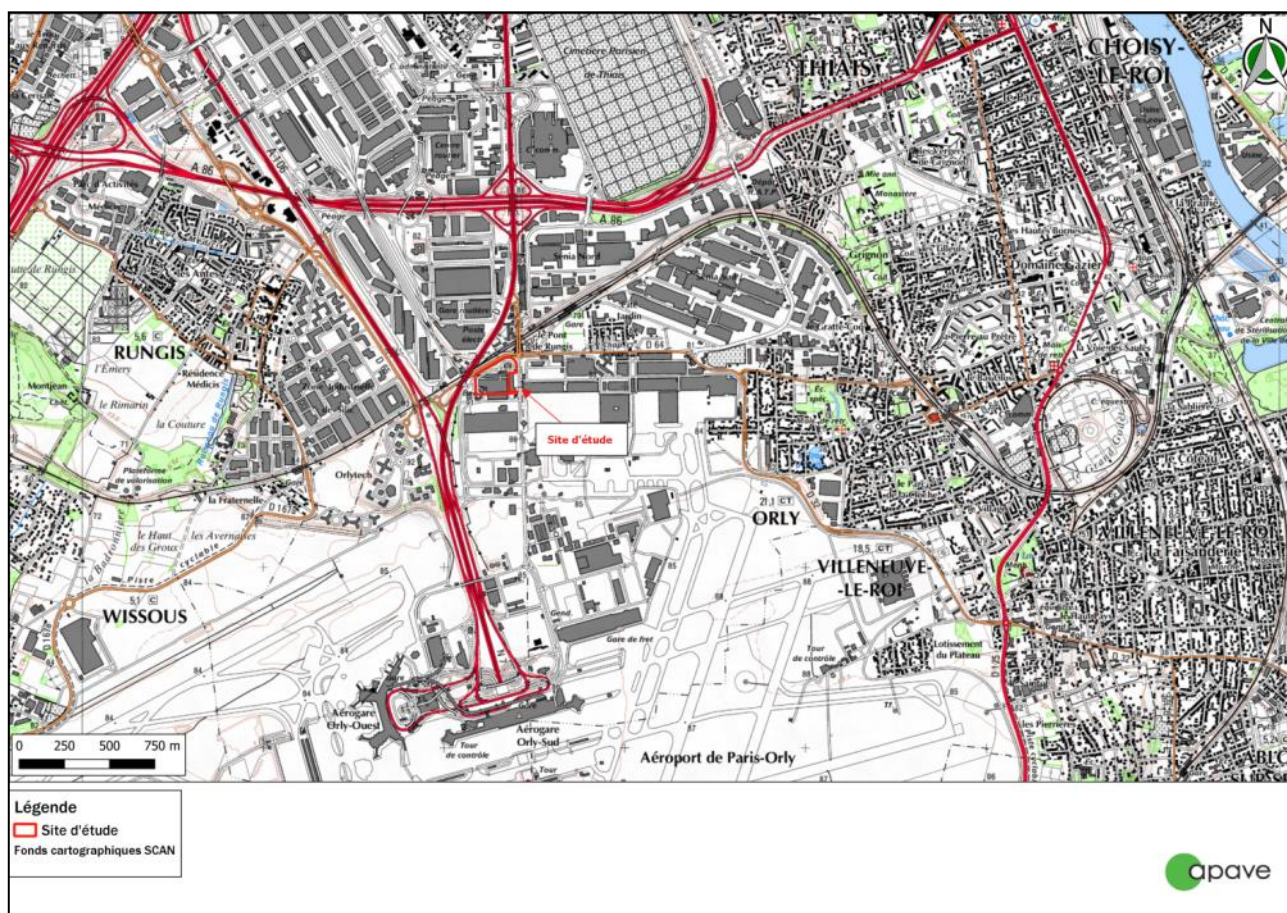


Figure 1 : Localisation du site (périmètre prestation) (carte topographique IGN / Source Géoportail)



Figure 2 : Présentation du site (périmètre prestation) et de son environnement immédiat (Photographie aérienne / source Géoportail)



Figure 3 : Localisation du périmètre de la prestation sur extrait de plan cadastral (Source Geoportail / cadastre.gouv.fr)

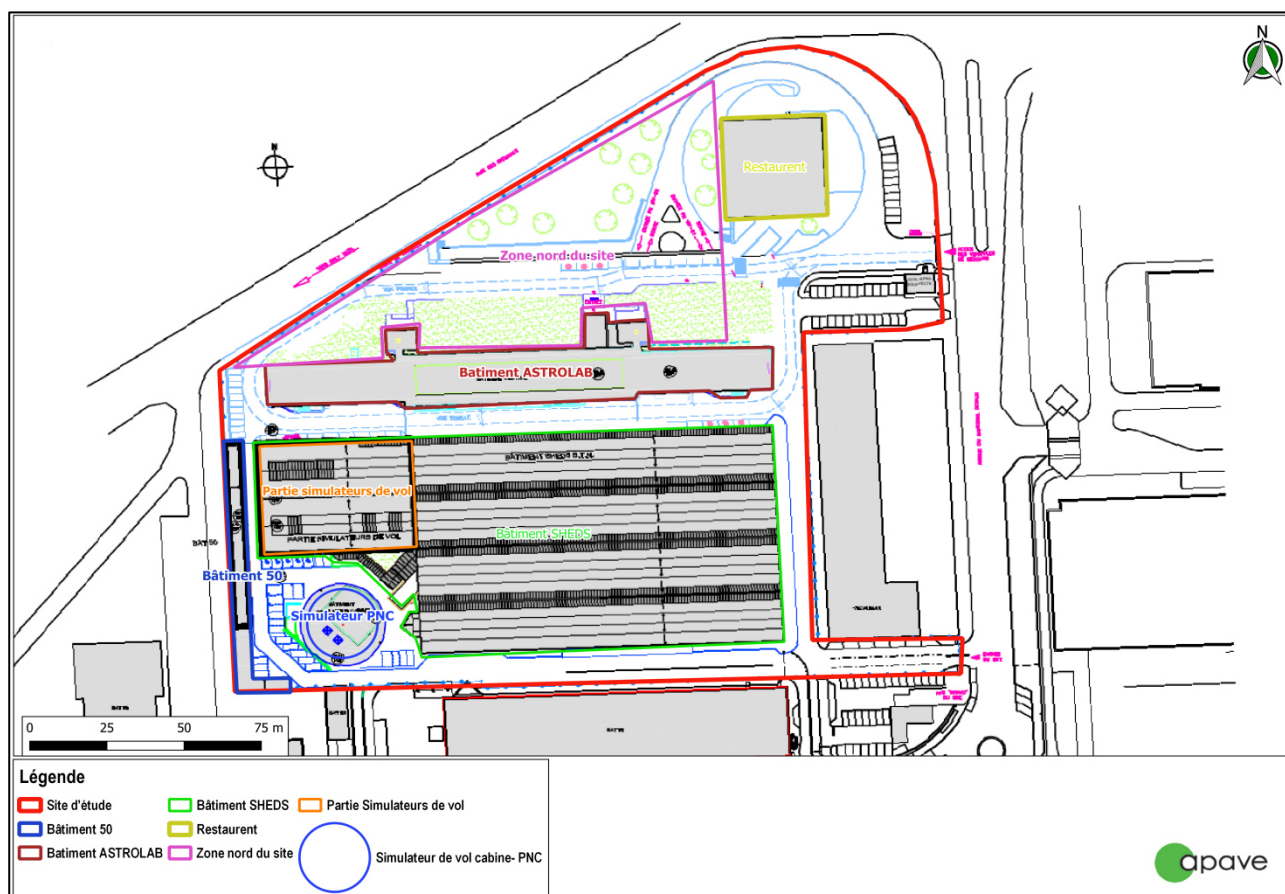


Figure 4 : Plan de masse du site actuel et périmètre global du Plan de Gestion (source : Donneur d'Ordre)

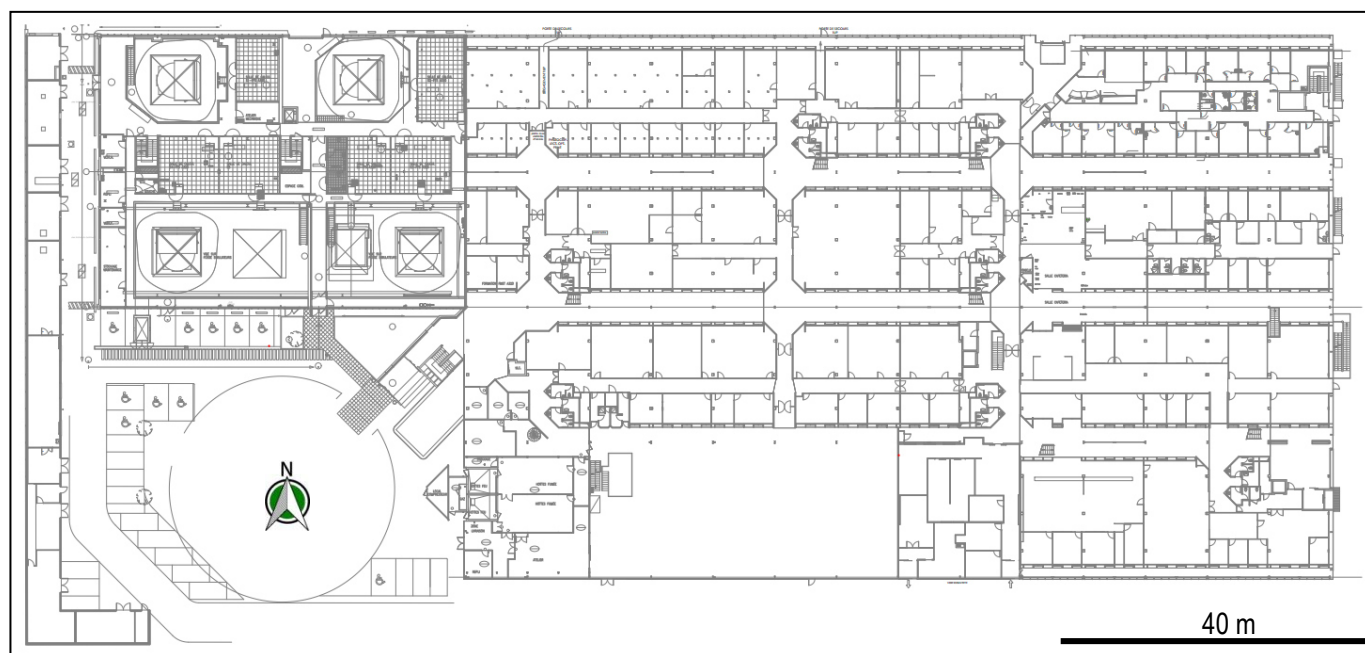


Figure 5 : Plan de masse du RDC des bâtiments SHEDS et PNC (source : Donneur d'Ordre)

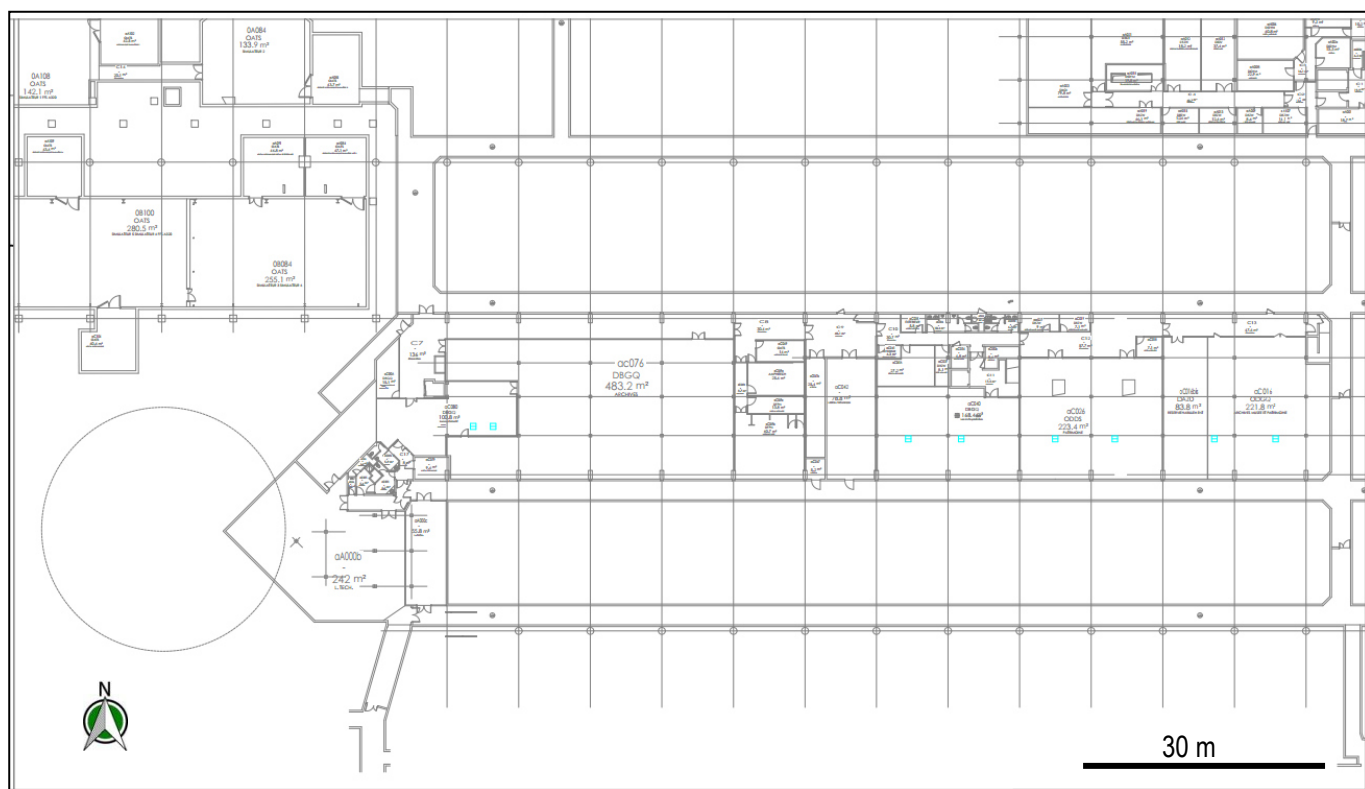


Figure 6 : Plan de masse du sous-sol des bâtiments SHEDS et PNC (source : Donneur d'Ordre)

CHAPITRE 5 : VISITE DE SITE STADE PG (A100)

Une visite du site et de ses environs a été réalisée lors des études antérieures.

Les photographies réalisées sur le site et ses abords lors de l'étude (INFOS) n°21 910 LSO 14276 00 N – APAVE juillet 2021 sont présentées en **annexe 1**. A ce jour, le site a été vidé de ces installations, toutefois la configuration architecturale actuelle du site reste inchangée.

La synthèse des caractéristiques du site et des bâtiments existants objet du présent Plan de Gestion (contraintes scénarios gestion) est présentée dans le tableau ci-dessous :

Périmètre	Zones SHEDS / PNC	Zone ASTROLAB	Zone bâtiment 50	Zone Restaurant entreprise (RE)	Zone Partie Nord
Type / usage actuel (2024)	Site inoccupé et vidé de ces installations				
Occupation des sols Présence de bâtiments/typologie/aire extérieure (cf. figure 4)	Le bâtiment SHEDS est de forme rectangulaire et PNC de forme circulaire Hauteur sous plafond : SHEDS RDC entre 2 et 5m SHEDS Sous-sol partiel : Environ 4m PNC RDC >5m PNC : deux niveaux partiels de sous-sol. Type du plancher : planché des deux bâtiments constitués de béton avec un revêtement de moquette et PVC pour le RDC du bâtiment SHEDS et uniquement PVC pour le bâtiment PNC Ventilation : Mécanique et Climatisation Chauffage aérien Réseaux enterrés : EU, EP, eau potable, électricité, GAZ, télécoms Conditions d'accès et de sécurité : Accès avec badge 24h/24 Projet prévu dans cette zone : Aménagement d'un DATA CENTER sans sous-sol	Le bâtiment ASTROLAB est un bâtiment de forme rectangulaire avec deux niveaux de sous-sol. Hauteur sous plafond : RDC : environ 3m Sous-sol 1 : Environ 3m Sous-sol 2 : 4m Type du plancher : plancher constitué de béton avec un revêtement de moquette (RDC et étages uniquement) Ventilation : Mécanique et Climatisation Chauffage aérien Réseaux enterrés : EU, EP, eau potable, électricité, GAZ, télécoms Conditions d'accès et de sécurité : Accès libre à ce bâtiment Projet prévu dans cette zone : Aménagement d'un DATA CENTER et d'un bâtiment de bureaux sans sous-sol	Le bât 50 est un bâtiment de forme rectangulaire de plain-pied. Hauteur sous plafond : Environ 3m Type du plancher : Béton Ventilation : Mécanique Réseaux enterrés : EU, EP, eau potable, électricité, GAZ, télécoms Conditions d'accès et de sécurité : Accès avec clés disponibles au PC Sécurité 24h/24 Projet prévu dans cette zone : voirie PL	Géométrie : bâtiment de forme rectangulaire avec deux niveaux de sous-sol Hauteur sous plafond : RDC : environ 4m Sous-sol : Environ 3m Type du plancher : plancher constitué de béton avec un revêtement de moquette et/ou PVC Ventilation : Mécanique et Climatisation Chauffage aérien Réseaux enterrés : EU, EP, eau potable, électricité, GAZ, télécoms Conditions d'accès et de sécurité : Accès libre à ce bâtiment Projet prévu dans cette zone : réhabilitation des locaux en usage tertiaire (bureaux) + salle de sport en sous-sol	La partie Nord du site constitue une zone sans usage défini. La majorité de la zone est constitué d'espaces verts et de stationnements. Usage : Stationnement (sur deux niveaux semi enterrés) et espace vert Type de revêtement : Enrobés au droit des routes, béton au droit du parking et terre végétale au droit des espaces verts Réseaux enterrés : EU, EP Conditions d'accès et de sécurité : Accès avec badge 24h/24 Projet prévu dans cette zone : Inchangé
Conditions d'accès (clôtures et surveillance)	Accès au site par le PC Sécurité Entrée libre (SHEDS) et sous badge (PNC) et Surveillance 24/24 par caméra	Accès au site par le PC Sécurité Entrée libre au RDC Entrée avec badge au sous-sol Surveillance 24/24 par caméra	Accès au site par le PC Sécurité Accès avec clés au bâtiment Surveillance 24/24 par caméra	Accès au site par le PC Sécurité Entrée libre dans ce bâtiment Surveillance 24/24 par caméra	Accès au site par le PC Sécurité Entrée libre à cet espace sans badge Surveillance 24/24 par caméra
Type de population (usagers) présente sur le site ou à proximité immédiate (< 100 m)	Aucun usager à ce jour	Aucun usager à ce jour	Aucun usager à ce jour	Aucun usager à ce jour	Aucun usager à ce jour
Risque amiante ?	Enrobés : Non (cf. RAT ADIAG n°81533) Bâtiment : Non Connu (PNC) Oui (SHEDS) au droit des dalles de passage de câble au R-1 (cf rapport ADIAG n°70991)	Enrobés : Non (cf RAT ADIAG n°81533) Bâtiment : Non (cf rapport ADIAG n°70990)	Enrobés : Non (cf RAT ADIAG n°81533) Bâtiment : Non (cf rapport ADIAG n°70993)	Enrobés : Non (cf RAT ADIAG n°81533) Bâtiment : Oui, présence d'amiante dans les plafonds du restaurant, au R-1 au droit de calorifuges des conduites	Enrobés : Non (cf RAT ADIAG n°81533)

				de fluide et au droit de la façade extérieur (cf rapport ADIAG n°70992)	
Risque pyrotechnique ?	Non	Non	Non	Non	Non
Contraintes	Présence d'une dalle béton renforcée de plusieurs mètres d'épaisseur au droit des simulateurs de vol du bâtiment SHEDS. Hauteur sous plafond limitée au RDC des SHEDS. Espace restreint pour accéder au bâtiment (matériel portatif uniquement). Présence d'amiante au sous-sol du bâtiment SHEDS. Présence d'une galerie enterrée qui relie le bâtiment SHEDS au bâtiment 50.	Espace restreint pour accéder au bâtiment (matériel portatif uniquement). Présence d'une dalle ferrillée au droit de la route entre les bâtiments SHEDS et ASTROLAB. Présence d'une galerie enterrée qui relie les bâtiments SHEDS et ASTROLAB.	Espace restreint pour accéder au bâtiment (matériel portatif uniquement) Présence de nombreux réseaux et ouvrages enterrés inconnus au droit de la route mitoyenne du bâtiment. Présence d'une galerie enterrée qui relie le bâtiment SHEDS au bâtiment 50.	Espace restreint pour accéder au bâtiment (matériel portatif uniquement)	Présence de nombreux réseaux et ouvrages enterrés inconnus à proximité de Pz11.

Tableau 2 : Caractéristiques des contraintes du site existant objet du présent Plan de Gestion

CHAPITRE 6 : SYNTHÈSE DES ETUDES EXISTANTES

6.1. Sources des données disponibles

Le tableau suivant précise quelles sont les sources des données disponibles et notamment les prestations élémentaires et globales « Sites et Sols Pollués » qui ont été déjà réalisées sur ce site (et/ou dans son environnement) et transmises à Apave pour l'étude du présent Plan de Gestion :

Date rapport	Référence bibliographique (client : AIR FRANCE)	Codification prestation selon la norme NFX31-620 le cas échéant	Est-ce que le document constitue un des prérequis PG selon la norme NFX31-620 ? *Cf. ci-dessous
6 Mai 2011	FR0010-003359-ETU-00001-RPT-A01 / ARCADIS	A100, A120, A200, A300	Oui
12 Février 2014	FR0010-003359-DIA-00002-RPT-A01 / ARCADIS	CPIS, A200, A210, A230	Oui
19 Novembre 2014	FR0010-003359-DIA-00003-RPT-A01 / ARCADIS	CPIS, A200, A210, A230	Oui
10 Octobre 2016	FR0110.003359 FR0110.003359-PG-00001-RPT-A01 / ARCADIS	PG	Oui
21 Novembre 2019	FR0010-003359 FR0155-Bilan quadriennal-10-003359 01-RPT-A01 / ARCADIS	BQ, SUIVI, A210	Oui
2014 à 2022	Rapport non communiqué / ARCADIS	SUIVI A210	Oui
2020-2021	FR0155-SUI-30123839-19-RPT-A01 / ARCADIS	SUIVI A210	Oui
07 Juillet 2021	201343/112268 (n°70990, 70991, 70992, 70993) / ADIAG pour APAVE	Repérage matériaux amiante (hors NFX 31-620-2)	Non
21 Juillet 2021	21 910 LSO 14077 00 P / APAVE	INFOS (A100 A110 A120 A130)	Oui
27 Octobre 2021	Rapport n°81533 / ADIAG pour APAVE	RAT (Repérage Avant Travaux Amiante) (hors NFX 31-620-2)	Non
Novembre 2021	21 910 LSO 22732 00 O / APAVE	DIAG A200 A230 A250 A270	Oui
07 Octobre 2021	8515354-V1 / ARTELIA	XPER	Non
31 Mars 2022	8515354-R2V1 / ARTELIA	A100 A130 A200 A210 A230 A270	Oui
17 Mai 2022	22 910 LSO 10694 00 Q / APAVE	DIAG A230 A240 A250 A270	Oui
20 Mai 2022	8515354-R3V1 / ARTELIA	DIAG A210 A230 A270	Oui
21 Octobre 2022	22 910 LSO 10128 00 S / APAVE	DIAG A130 A200 A210 A230 A260 A270	Oui
28 Septembre 2022	22 910 LSO 20128 00 S – IEM / APAVE	DIAG A100 A130 A210 A230 A270	Oui
12 Décembre 2022	22 910 LSO 20128 00 S- EQRS- ARR / APAVE	A320	Oui
16 Décembre 2022	22 910 LSO 20128 00 S- V1 du PG / APAVE	Prestation globale PG A200 A230 et A270 // A320 et A330	Oui
24 Janvier 2023	22 910 LSO 20128 00 S- EQRS- ARR_V2 / APAVE	A320	Oui
03 Juillet 2023	22 910 LSO 20128 00 S- V2 du PG / APAVE	PG/ A230 et A270 // A320 et A330 selon NFX31-620-2	Oui
14 Septembre 2023	22 910 LSO 20128 00 S / APAVE	Plan de Conception des Travaux : PCT/B111 B112 et B120	Non
12 Janvier 2024	C23059963- DIAG Complémentaire / APAVE	DIAG (A210 A240 A250 A270)	Non
25 avril 2024	C24040454 / APAVE	Prestation ATTES SECUR / Site AIR FRANCE	Non
30 Avril 2024	C24039747 / APAVE	SUIVI (A210 A270)	Non
27 novembre 2024	C24039747 / APAVE	SUIVI (A210 A270)	Non

*NB : Rappel norme NFX31-620-2 : les prestations globales INFOS et DIAG (ou les prestations élémentaires associés avec réalisation d'un schéma conceptuel) sont des prérequis pour réaliser la prestation PG.

Tableau 3 : Sources des données disponibles pour la réalisation de la prestation PG (prérequis)

6.2. Synthèse historique du site

6.2.1. Périmètre

L'ensemble du site est objet de l'étude, **parcelle n°53 / Section : AB.**

6.2.2. Contexte environnemental

➤ Géologie :

Selon la carte géologique de CORBEIL ESSONNES (BRGM n°210) à l'échelle 1/50000ème, la partie est de la zone d'étude repose sur des formations géologiques de limons des plateaux du Quaternaire tandis que la partie ouest du site repose sur les calcaires de Bries du Sannoisien (Oligocène inférieur).

Les sondages réalisés sur le site montrent la coupe suivante du haut vers le bas :

- Remblais et limons (0-1,5m)
- Argile (1,5-3m)
- Marnes (type calcaire de brie) (3-9m)
- Marnes vertes (>9m).

➤ Hydrogéologie :

Nappe superficielle libre des calcaires de brie repose sur les marnes vertes. L'écoulement est globalement en direction du Nord / Nord-Nord-ouest.

Les documents transmis indiquent une perméabilité hétérogène, liée à la présence de bancs calcaires et marno-calcaires (Arcadis 2014).

D'après les dernières campagnes réalisées depuis 2022, deux sens d'écoulement sont retenus à l'échelle du site.

Un écoulement du sud-est vers le nord-ouest au sud du site et un écoulement du sud vers le nord au nord du site.

Ces mesures sont cohérentes avec les études antérieures.

Le gradient hydraulique est faible (environ 0,005 m).

Le premier niveau d'eau est rencontré à partir de 5 m de profondeur / TN (environ + 86 m NGF).

- ➡ Cette nappe est vulnérable à une pollution de surface (absence de terrain imperméable en surface).

➤ Hydrologie :

Le ruisseau de Rungis est situé à environ 1,5 km à l'Ouest du site et la Seine est située à environ 4 km à l'Est.

- ➡ Le contexte hydrologique autour du site n'est pas vulnérable.

➤ Contexte industriel :

De nombreuses activités industrielles sont référencées dans les bases de données BASIAS et/ou BASOL dans un rayon de 1 km autour du site. Ces sites sont localisés soit en aval soit en latérale hydraulique à l'exception du site BASIAS "des laboratoires Ponts et Chaussées", ce dernier se trouve à environ 340 m au sud-est (amont hydraulique) du site.

6.2.3. Activités & procédés

L'historique du site peut être synthétisé par les périodes suivantes :

- **Avant 1935** : activités agricoles ;
- **1935-1937** : Entreprise PILLOT Chaussures pour des activités de fabrication de chaussures à semelle en caoutchouc. Aucune information disponible quant aux installations présentes sur site ;
- **1937-1979** : Entreprise TECALEMIT (puis TECAFILTRE) pour des activités de fabrication de durites en caoutchouc, de filtres et de graisseurs ;
- **1979 - à ce jour** : AIR France (anciennement AIR INTER) pour des activités de bureaux et de simulation de vol.

Les activités et procédés recensés par exploitant sont détaillés ci-dessous :

Société TECALEMIT :

Année : 1946

- Dépôt de liquides inflammables de la 2^{ème} catégorie de moins de 30 000 L
- N°60-2-b : Atelier où l'on travaille le bois à l'aide de six machines mues par des moteurs (3^{ème} classe),
- N°97 : Chaudronnerie de petites œuvres occupant 30 ouvriers (2^{ème} classe),
- N°239 : Travail de métaux à froid par choc mécanique à l'aide de 55 presses et 6 cisailles (2^{ème} classe),
- N°338-1-a : Application à froid de peinture cellulosique formant un mélange de la 1^{ère} catégorie, l'application étant faite par pulvérisation, la quantité de produit employée journellement de plus de 25 L et le nombre d'ouvrier occupés étant de 12 (2^{ème} classe),
- N°235 : Décapage de métaux par grenaille métallique (3^{ème} classe),
- N°242 : Trempe et revenu des métaux (3^{ème} classe) ;
- N°613 : Générateur d'acétylène dans un local spécial, la quantité de carbure étant inférieure à 75 kg et le volume du gaz de 2 400 L (2^{ème} classe) ;
- N°239 ter : Décolletage des métaux (3^{ème} classe) ;
- N°309 : Atelier de serrurerie ayant plus de 10 étaux (2^{ème} classe) ;
- N°293 : Dénaturation d'alcool, la quantité totale d'alcool et autres produits et autres produits inflammables utilisée étant inférieure à 5 000 L (3^{ème} classe) ;
- N°282 b : Dépôt d'alcool, en totalité dans des récipients ou des réservoirs métalliques, l'approvisionnement ne dépassant pas 150 000 L (3^{ème} classe) ;
- N°174 2 b : Garage construit en partie en matériaux ne résistant pas au feu, d'une superficie supérieure à 400 m² (2^{ème} classe) ;
- N°67-1 : Mélange de produits minéraux irritants (2^{ème} classe) ;
- N°95 : Dépôt de charbon de bois de 20 000 kg (3^{ème} classe) ;
- N°174-2 : Travail du caoutchouc sans emploi de solvants inflammables (3^{ème} classe) ;
- N°241 : Fonderie de métaux et alliages (3^{ème} classe) ;
- N°218-1-b : Atelier où l'on emploie des liquides inflammables de 1^{ère} catégorie pour la préparation de mélange dont le solvant n'est pas éliminé ultérieurement, la préparation étant faite à froid et la quantité de liquides inflammables réunis, même temporairement dans l'atelier, étant de 100 à 1 000 L (2^{ème} classe) ;
- N°238 Décapage de métaux par les acides (3^{ème} classe) ;
- N°244 Dépôt électrolytique en grand et à chaud des métaux (3^{ème} classe) ;
- N°215-2-a : Dépôt de 6 000 L de liquides inflammables et plusieurs liquides de la 1^{ère} catégorie en surface (1^{ère} classe).

Année 1951:

Outre les activités classées citées ci-dessus, la société Técalemite a adressé un courrier de demande d'autorisation d'exploiter l'installation suivante (Courrier du 21 Juin 1950):

- N° 215-2-c : un dépôt souterrain de 5 000 L de liquides inflammable de la 1^{ère} catégorie (3^{ème} classe).

Année 1953:

Outre les activités classées citées ci-dessus, la société Técalemite a adressé un courrier de demande d'autorisation d'exploiter les installations suivantes (Courrier du 28 octobre 1953) :

- N° 405 B 1 : application à froid de peinture par pulvérisation sur supports quelconque (2^{ème} classe) ;
- N°406-1-b : cuisson et séchage de peintures, vernis, encres d'impression à l'exclusion des vernis gras (2^{ème} classe).

Année 1973 :

Outre les activités classées citée ci-dessus, la société Técalemite a adressé un courrier de demande d'autorisation d'exploiter les installations suivantes (courrier du 10 septembre 1973) :

- N°255 : Réservoir vertical aérien de 60 000 L de fioul pour alimentation des chaudières (anciennement alimentées en charbon) ;
- N°142-165-288 Traitement de surface avant peinture par vapeur de perchloroéthylène en cuve 1000 L et stockage en réservoir de 6000 L (consommation annuelle de 50 tonnes environ).

D'après les données disponibles, les installations historiques de traitement de surface de la société TECALEMIT se situaient au droit de l'emprise actuelle des pollutions concentrées en COHV mesurées au droit de l'actuel bâtiment SHEDS.

Société AIR France :

Année 2005

Bâtiment ASTROLAB :

- 2920 -2b : Installation de réfrigération – compression – 3 groupes froids (puissance absorbée totale : 496 MW) ;
- 2910-A2 : Installation de combustion -3 chaudières – (Puissance thermique totale : 4,05 MW).

Depuis 2014

Bâtiment ASTROLAB

- installation de combustion d'une puissance thermique nominale totale de 4.05 MW ;
- emploi dans des équipements clos en exploitation de gaz à effet de serre fluoré. La charge totale d fluide est de 500 kg.

Bâtiment SHEDS:

- emploi dans des équipements clos en exploitation de gaz à effet de serre fluoré. La charge totale de fluides est de 500 kg.

Bâtiment 50:

Activités : Atelier de charge d'accumulateurs. La puissance maximale de courant continu utilisable pour l'opération de charge est de 300 kW

D'après les données disponibles, les installations et les activités de la société Air France (anciennement AIR INTER) n'ont jamais utilisé de solvants chlorés dans leur exploitation.

6.2.4. Produits mis en œuvre

Les produits mis en œuvre pour les activités et procédés recensés sont :

- Huiles (hydrocarbures pétroliers) ;
- Peintures et vernis synthétiques et cellulosique, alcools, charbons, acides dont acide cyanhydrique, encres, cyanures, métaux, solvants, gas-oil, fuel, essence, benzol, diluants, perchloroéthylène (PCE) ;
- HCT, BTEX, HAP, COHV ;
- PCB, et/ou huile diélectrique (HCT).

6.2.5. Classement ICPE / BASOL / BASIAS / SIS

Le site de Paray-Vieille-Poste de la société Air France implantée sur la commune de Paray-Vieille-Poste (91) a fait l'objet d'une notification de cessation d'activité établie par AIR France le 08/02/2024.

L'installation classée mise à l'arrêt est rappelée ci-dessous :

Installations classées mises à l'arrêt			
• Rubrique 2925 : AMPG (Arrêté Ministériel de Prescriptions Générales) du 29/05/2000			
Dénomination usuelle	Rubrique de la nomenclature et régime	Capacité autorisée/enregistrée /déclarée	Date de mise à l'arrêt
Atelier de charge d'accumulateurs électriques, localisé dans le Bâtiment 50	2925-1- D	300 kW	31/12/2023

Tableau 4 : Installation Classée mise à l'arrêt

La notification de cessation d'activité a été réalisé en ligne sous la référence « Réf A-4-NH6F8XEPBS le 08/02/2024 ». Dans le cadre de la cessation totale d'activité, une ATTES SECUR a été réalisée par APAVE pour le compte d'AIR France le 25/04/2024.

HINES devra dans le cadre de son projet d'aménagement produire une **ATTES ALUR**.

La cessation des anciennes activités industrielles de l'entreprise TECAFILTRE (anciennement TECALEMIT) a été actée par l'administration en 1979 ;

- Le site est référencé sur BASOL (n° SSP001210901), pour le périmètre actuel du site cette fiche concerne les 2 cuves enterrées aujourd'hui inertes alimentant l'ancienne chaufferie et ayant fait l'objet d'un plan de gestion en 2016. La pollution est à ce jour toujours en place et un suivi des eaux souterraines est réalisé depuis 2016 à raison de 2 campagnes par an ;
- Le site n'est pas référencé dans la base de données BASIAS ;
- Le site n'est pas référencé dans la base de données SIS.

6.3. Synthèse des sources de pollution identifiées sur site

A l'issue du diagnostic INFOS n°21 910 LSO 14276 00 N réalisé par APAVE en 2021, **38 sources potentielles ont été retenues dont 6 non localisées.**

Parmi ces sources 11 installations sont liées aux activités d'AIR FRANCE et 27 installations pour les activités de TECALEMIT.

Bâtiment SHEDS BTN

1. 5 Groupes hydrauliques des simulateurs de vol et fûts d'huiles (environ 200L/fût) (AIR France – constaté en 2021) ;
2. Anciens locaux peintures (de stockages ou d'application de peinture) (TECALEMITE 1943-1979) ;
3. Ancien atelier de dégraissage, de ponçage et d'application de peintures, d'encres d'impression (TECALEMITE 1947-1979) ;
4. 2 anciens stockages de liquides inflammables <30 000L et > 1500L (TECALEMITE 1947-1979) ;
5. Ancien garage de 607 m² (TECALEMITE 1947-1979) ;
6. Ancien dépôt souterrain de liquide inflammable de 5625 L (TECALEMITE 1946) ;
7. Ancien transformateur (TECALEMITE 1947-1979).

Bâtiment ASTROLAB :

8. Groupe électrogène fonctionnant au fioul - (AIR France – constaté en 2021) ;
9. Cuve enterrée de fioul (8 000 L) - (AIR France – constaté en 2021) ;
10. Ancienne chaufferie au fuel - (AIR France – arrêtée avant l'an 2000) ;
11. 2 cuves de 30 000 L enterrées et inertées qui contenaient du fioul (60 000 L accumulés) - (AIR France – inertées) ;
13. Ancien transformateur situé au sous-sol (TECALEMITE 1947-1979).

Bâtiment simulateur de vol PNC

14. Local groupe hydraulique et <5 fûts d'huiles (environ 200L/fût) ;
15. Ancien atelier de dégraissage, de ponçage et d'application de peintures, d'ancres d'impression (TECALEMITE 1954-1979) ;
16. Anciens stockages de nature inconnue observés sur les photographies aériennes entre 1951 et 1968 ;
17. Anciennes cuves à axe vertical (TECALEMIT) observée sur les photographies aériennes entre 1977 et 1987.

Bâtiment 50 :

18. A- Local batteries (AIR France- constaté en 2021) ;
18. B- Ancien dépôt de peinture cellulosique de 40 000 L (TECALEMITE 1946) ;
19. Stockages de pièces et atelier de maintenance (TECALEMITE et AIR FANCE 1947 - 2021) ;
20. A- Stockages fûts d'huiles (200L/fût) constaté à l'intérieur et extérieur du bâtiment 50 ;
20. B- Ancien DLI (Gasoil, fioul) aérien de 1ère classe de capacité de 41 700 L (TECALEMITE 1946) ;
21. A- Ancien dépôt aérien de liquide inflammables <30 000 (TECALEMITE 1943-1979).

Zone nord du site

22. Ancien stockage sous abri de nature générique inconnue, situé au nord-est du site (photographies historiques de 1951 à 1968) ;
23. Ancienne chaufferie fonctionnant au charbon puis au fuel (TECALEMIT 1943 -1973) ;
24. Ancien local transformateur et compresseur (TECALEMITE 1951-1979) ;
25. Ancien stockage de charbon (20 000 kg) (TECALEMIT 1943 - 1973) ;
26. Cheminée de l'ancienne chaufferie (TECALEMIT 1947 -1973) ;
21. B- Ancien dépôt aérien de liquide inflammable de 2ème classe de capacité de 36 528 L (TECALEMIT 1946).

Restaurant d'entreprise :

27. La fosse de désensablage et décantation ;
28. Station de traitement des eaux ;
29. Cuve inaccessible renseignée sur le plan actuel dont l'usage est inconnu.

Sources potentielles de pollution NON LOCALISABLES – activité TECALEMITE

30. 1 dépôt d'alcool d'une quantité <150 000 L (référéncé en 1946) ;
31. 1 DLI de surface de plus de 6000 L (référéncé en 1947) ;
32. 1 DLI aériens de 30 000 L (fûts) de 1 ère catégorie (référéncé en 1948) ;
33. 1 DLI souterrain de 5 000 L (référéncé en 1951) ;
34. Stockage de diluant - Quantité de diluant utilisée : 12 T/an en 1973 ;
35. Réservoir verticale aérien de fuel (60 000 L) alimentant la chaudière fonctionnant anciennement au charbon (mise en place en 1973) ;
36. Stockage de perchloroéthylène en cuve 1000L et stockage en réservoir de 6000 L (1973).

Il est à noter que seul les Bâtiments **ASTROLAB, SHEDS et 50** sont compris dans le périmètre des ICPE, sous les rubriques suivantes

- **Bâtiment ASTROLAB (Déclaration initiale datant de 2005/2006) :**
2910-A-2 : 1 Chaudière Guilloit de 1200 kW thermique et 1 Chaudière Atlantic Guilloit de 800 kW ; Soit un total de 2 MW déclarées en 2019 (Déclaration de modification)

1185-2-A : 3 groupes froids utilisant du R134A : GF1 : 260 kg, GF2 : Circuit A = page 5 sur 5 51 kg et Circuit B = 47 kg, GF3 : Circuit A = 51 kg et Circuit B = 47 kg et 4 installations de climatisation utilisant du R410A de 11 kg ; Soit total de 500 kg de fluide présent sur site,

- Bâtiment SHEDS (Déclaration initiale datant de 2008) :
1185-2-A : 3 GF de 120 kg de R134A et 4 installations de climatisation de R410A de 11 kg ; Soit un total de 404 kg présent sur site mais un total de 500 kg a été déclaré,
- Bâtiment 50 (Déclaration initiale datant de 2008) :
2925-1 : Puissance déclarée de 300 kW

La cartographie des sources de pollution potentielles est présentée ci-dessous :

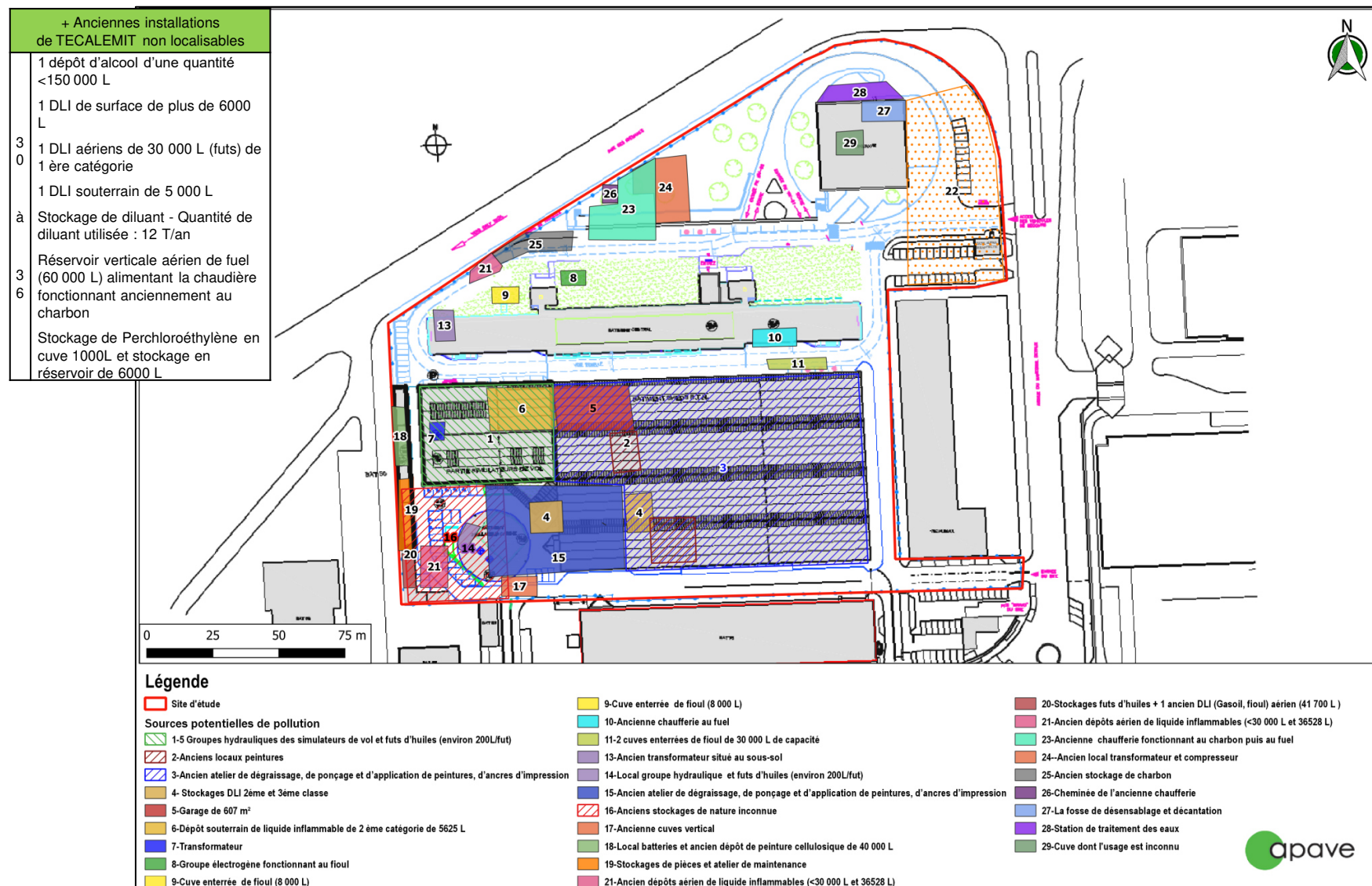


Figure 7 : Localisation des sources potentielles de pollution des sols retenue

6.4. Synthèse des études réalisées sur site PVP

6.4.1. Moyens d'investigations mis en œuvre sur site

Le tableau suivant synthétise les investigations déjà réalisées sur le site au stade du présent Plan de Gestion.

Milieu reconnu sur site	Sources reconnues	Moyens techniques mis en œuvre	Analyses réalisées	Observations	Localisation des investigations
Sols	SHEDS	12 sondages (octobre 2021 – APAVE) 8 sondages (mars 2022 – Artelia) 11 sondages (juillet aout 2022 – APAVE)	Octobre 2021 – APAVE HCT C5-C40 / BTEX / HAP/ COHV / 8 ML + Aluminium / Fer / PCB / Alcools / Cyanures / Sulfates / pH	Maillage sols = 1 sondage / 370 m² avec 1 analyse/ml sur les zones les plus impactées	Figure n°8
	PNC + Bâtiment 50	12 sondages (octobre 2021 - APAVE) 3 sondages (mars 2022 – Artelia) 2 sondages (juillet aout 2022 – APAVE)		Maillage sols = 1 sondage / 182 m² avec 1 analyse/ml sur les zones les plus impactées	
	ASTROLAB (hors zone chaufferie et aval cuves FOD)	1 sondages (octobre 2021 - APAVE) 2 sondages (mars 2022 – Artelia)		Maillage sols = 1 sondage / 747 m² avec 1 analyse/ml sur les zones les plus impactées	
	Cuves FOD inertes + en périphérie (sous-sol Astrolab)	5 sondages – (2011 - ARCADIS) 5 sondages (octobre 2021 – APAVE) 4 sondages (mars 2022 – Artelia) 7 sondages (juillet aout 2022 – APAVE)	Mars 2022 – Artelia HCT + HAP + BTEX + COHV + 12 ML + CN	Maillage sols = 1 sondage / 180 m² avec 1 analyse/ml sur les zones les plus impactées	
	Partie Nord	9 sondages (octobre 2021 - APAVE) 3 sondages (mars 2022 – Artelia) 7 sondages (juillet aout 2022 – APAVE)	Juillet aout 2022 – APAVE HCT + HAP + BTEX + COHV + 12 ML + CN + ISDI	Maillage sols = 1 sondage / 297 m² avec 1 analyse/ml sur les zones les plus impactées	
	Station traitement des eaux + RE	4 sondages (octobre 2021 - APAVE) 1 sondage (mars 2022 – Artelia) 3 sondages (juillet aout 2022 – APAVE)		Maillage sols = 1 sondage / 750 m² avec 1 analyse/ml sur les zones les plus impactées	
TOTAL SOLS : 99 sondages S1 à S44 (octobre 2021 - APAVE) ; T1 à T26 (mars 2022 – Artelia) ; C1 à C32 (juillet aout 2022 – APAVE)					
Eaux souterraines	Partie ouest	Suivi de 3 piézomètres de 2013 à 2022 (Arcadis) Mise en place d'un piézomètre (PZ11) et campagne sur les 2 piézomètres existants (mars 2022 – Artelia) Mise en place de 6 piézomètres (PZ12 à PZ17) + Une campagne de prélèvement sur les 10 piézomètres (8 sur site + 2 hors site) (mai 2022 – Artelia) Mise en place de 3 piézomètres (PZ19- PZ20-PZ25) + Une campagne de prélèvement sur les 12 piézomètres (11 sur site + 1 hors site) (juillet aout 2022 – APAVE) Une campagne de prélèvement sur les 11 piézomètres (Pz6, Pz11 à Pz17, Pz19, Pz20, Pz 22 et PZ 25) (octobre 2023 – APAVE) Une campagne de prélèvement sur les 11 piézomètres (Pz6, Pz11 à Pz17, Pz19, Pz20, Pz 22 et PZ 25) (Mars 2024 – APAVE) Une campagne de prélèvement sur les 11 piézomètres (Pz6, Pz11 à Pz17, Pz19, Pz20, Pz 22 et PZ 25) (Octobre 2024 – APAVE) TOTAL : 11 piézomètres sur site	2013 à 2022 - Arcadis HCT + HAP + BTEX + COHV + 8 ML Mars 2022 – Artelia HCT + HAP + BTEX + COHV + 12 ML + CN Mai 2022 – Artelia HCT + HAP + BTEX + COHV + 12 ML + CN 2022/ 2023 /2024 – APAVE HCT + HAP + BTEX + COHV + 12 ML + CN (2022)	Prélèvements en fond de colonne pour les COHV	Figure n°9
	Partie nord-est Station traitement des eaux + RE	Suivi de 3 piézomètres de 2013 à 2022 (Arcadis) Campagne sur les 3 piézomètres existants (mars 2022 – Artelia) Mise en place d'un piézomètre (PZ18) + Une campagne de prélèvement sur les 4 piézomètres (mai 2022 – Artelia) Mise en place d'un piézomètre (PZ21) +			

Milieu reconnu sur site	Sources reconnues	Moyens techniques mis en œuvre	Analyses réalisées	Observations	Localisation des investigations
		Trois campagnes de prélèvements sur les 6 piézomètres (Pz4, Pz5, Pz7, Pz9, Pz18 et Pz21 (2022/ 2023/ 2024 – APAVE) TOTAL : 6 piézomètres			
	Cuves FOD	Suivi des 3 piézomètres de 2013 à 2022 (Arcadis) Campagne sur les 3 piézomètres existants (mars 2022 – Artelia) Une campagne de prélèvement sur les 3 piézomètres (mai 2022 – Artelia) Trois campagnes de prélèvement sur les 3 piézomètres (juillet 2022 / octobre 2023 / mars 2024 / octobre 2024 – APAVE) TOTAL : 3 piézomètres (PZ1, PZ2, PZ3)			
TOTAL : 20 PIEZOMETRES Pz1 à Pz10 (Arcadis) ; Pz11 (2022 – Artelia) ; Pz12 à Pz17 (mai 2022 – Artelia) ; Pz18 à Pz21 (juillet2022/oct.2023/mars2024 – APAVE)					
Gaz des sols ASD : Air sous Dalle	SHEDS	Mise en place de 8 piézairs (1,5/2 et 3,5/4 m) - (mai 2022 – Artelia) Mise en place de 17 piézairs profondeur de 1 à 4 m + Une campagne de prélèvement (juillet aout 2022 – APAVE) ----- 5 ASD (octobre 2021 – Apave) 3 ASD (mars 2022 – Artelia) 4 ASD (avril 2022 – Apave) ----- Réalisation de 3 MIP en périphérie du bâtiment + 20 mesures de Vapor Pin (juillet aout 2022 – Apave)	Octobre 2021 – Apave TPH / COHV / BTEX / Naphtalène / Mercure Mars 2022 – Artelia TPH / COHV / BTEX / Naphtalène Avril 2022 – Apave TPH / COHV / BTEX / Naphtalène Mai 2022 – Artelia TPH / COHV / BTEX / Naphtalène Juillet aout 2022 – Apave TPH + HAP + BTEX + COHV	Les piézairs au sous sol ont été implantés à 1 m de profondeur au lieu de 1,5 m en raison de la nappe située à 2 m de profondeur sous la dalle béton (norme : distance nappe/ piézair > 1 m) Une seconde campagne en période hivernal est recommandée conformément à la norme NFISO 18400-204	Figure n°10
	PNC + Bâtiment 50	Mise en place de 2 piézairs profondeur de 1 à 4 m + Une campagne de prélèvements (juillet aout 2022 – APAVE) Mise en place de 1 piézair profondeur de 4 m + Prélèvements complémentaires sur deux piézairs (octobre 2022 – APAVE) ----- Réalisation de 1 MIP (juillet 2022 APAVE)			
	ASTROLAB	Mise en place de 2 piézairs en sous-sol profondeur de 1 m (juillet aout 2022 – APAVE) Une campagne de prélèvements sur les 2 piézairs (juillet aout 2022 – APAVE) ----- 1 ASD (avril 2022 – Apave) 5 Vapor Pin (juillet 2022 – Apave)			
	Cuves FOD	Mise en place de 1 piézair en sous-sol profondeur de 1 m + Une campagne de prélèvement sur le piézair (juillet aout 2022 – APAVE) Mise en place de 1 piézair profondeur de 1,5 m + prélèvement complémentaire sur le piézair (octobre 2022 – APAVE) ----- (Air Sous Dalle) 1 ASD (octobre 2021 – Apave) 1 ASD (mars 2022 – Artelia) 1 ASD (avril 2022 – Apave)			
	Partie Nord	Mise en place de 4 piézairs profondeur de 1 à 4 m + Une campagne de prélèvements sur les 4 piézairs (juillet aout 2022 – APAVE) ----- Réalisation de 2 MIP (juillet 2022 – APAVE)			
	Station traitement des eaux + RE	Mise en place de 1 piézair profondeur de 1,5 m + prélèvement complémentaire sur le piézair (octobre 2022 – APAVE)			

Milieu reconnu sur site	Sources reconnues	Moyens techniques mis en œuvre	Analyses réalisées	Observations	Localisation des investigations
TOTAL : 38 PIEZAIRS Pa1 à Pa4 (mai 2022 – Artelia) ; Pza1 à Pza29 (été 2022 – APAVE) ; Pza30 à Pza32 (octobre 2022 – APAVE) + 16 Air Sous Dalle ASD1 à ASD6 (octobre 2021 – APAVE) ; GS1 à GS4 (mars 2022 – Artelia) ; ASD7 à ASD12 (avril 2022 – Apave) + 6 MIP + 25 Vapor PIN (été 2022 – APAVE)					
Air Ambiant	SHEDS	6 prélèvements d'air ambiant (intérieur) et 1 prélèvement d'air extérieur (avril 2022 – APAVE) 6 prélèvements d'air ambiant (intérieur) et 1 prélèvement d'air extérieur (août 2023 – APAVE)	TPH / COHV / BTEX / Naphtalène	Une seconde campagne en période hivernal est recommandée conformément à la norme NFISO 18400-204. TOTAL 8 prélèvements (hors témoin) : AA1 à AA8 TOTAL 8 prélèvements (hors témoin) : AA15 à AA22 (hors témoin)	Figure n°10
	ASTROLAB	2 prélèvements d'air ambiant (intérieur) et 1 prélèvement d'air extérieur (avril 2022 – APAVE) 2 prélèvements d'air ambiant (intérieur) et 1 prélèvement d'air extérieur (août 2023 – APAVE)			
Eau du robinet	SHEDS	1 prélèvement d'eau du robinet (ER1) (octobre 2021 – APAVE) 1 prélèvement d'eau du robinet (ER4) (avril 2022 – APAVE) 3 prélèvements d'eau du robinet (ER5, ER6 et ER7) (août 2023 – APAVE)	TPH / COHV / BTEX / Naphtalène	TOTAL 8 prélèvements : ER1 à ER8	Figure n°10
	ASTROLAB	1 prélèvement d'eau du robinet (ER2) (octobre 2021 – APAVE) 1 prélèvement d'eau du robinet (ER3) (avril 2022 – APAVE) 1 prélèvement d'eau du robinet (ER4) (avril 2022 – APAVE) 1 prélèvement d'eau du robinet (ER8) (août 2023 – APAVE)			

Tableau 5 : Moyens d'investigations mis en œuvre sur site au stade du présente PG

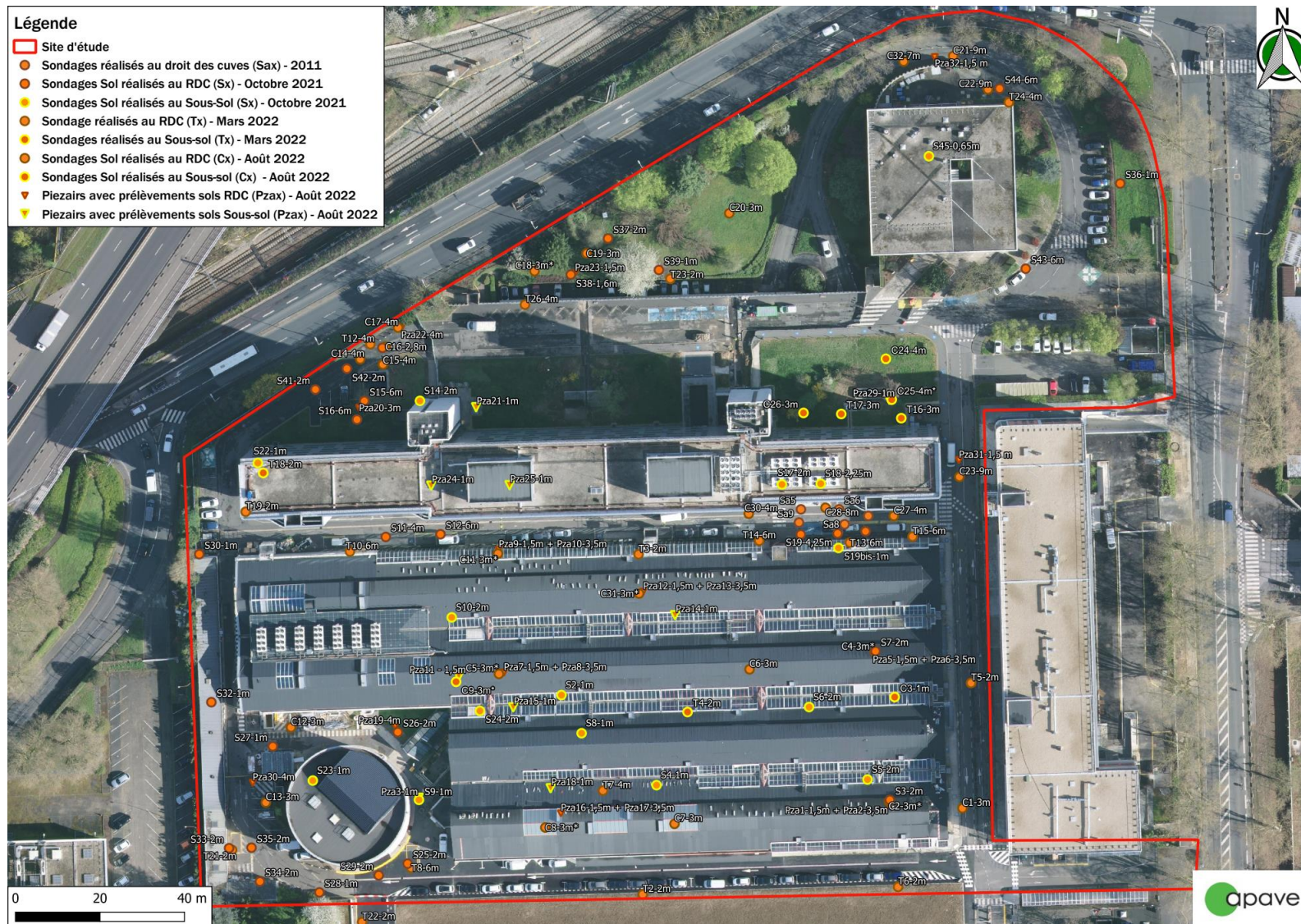


Figure 8 : Plan de synthèse des investigations sol

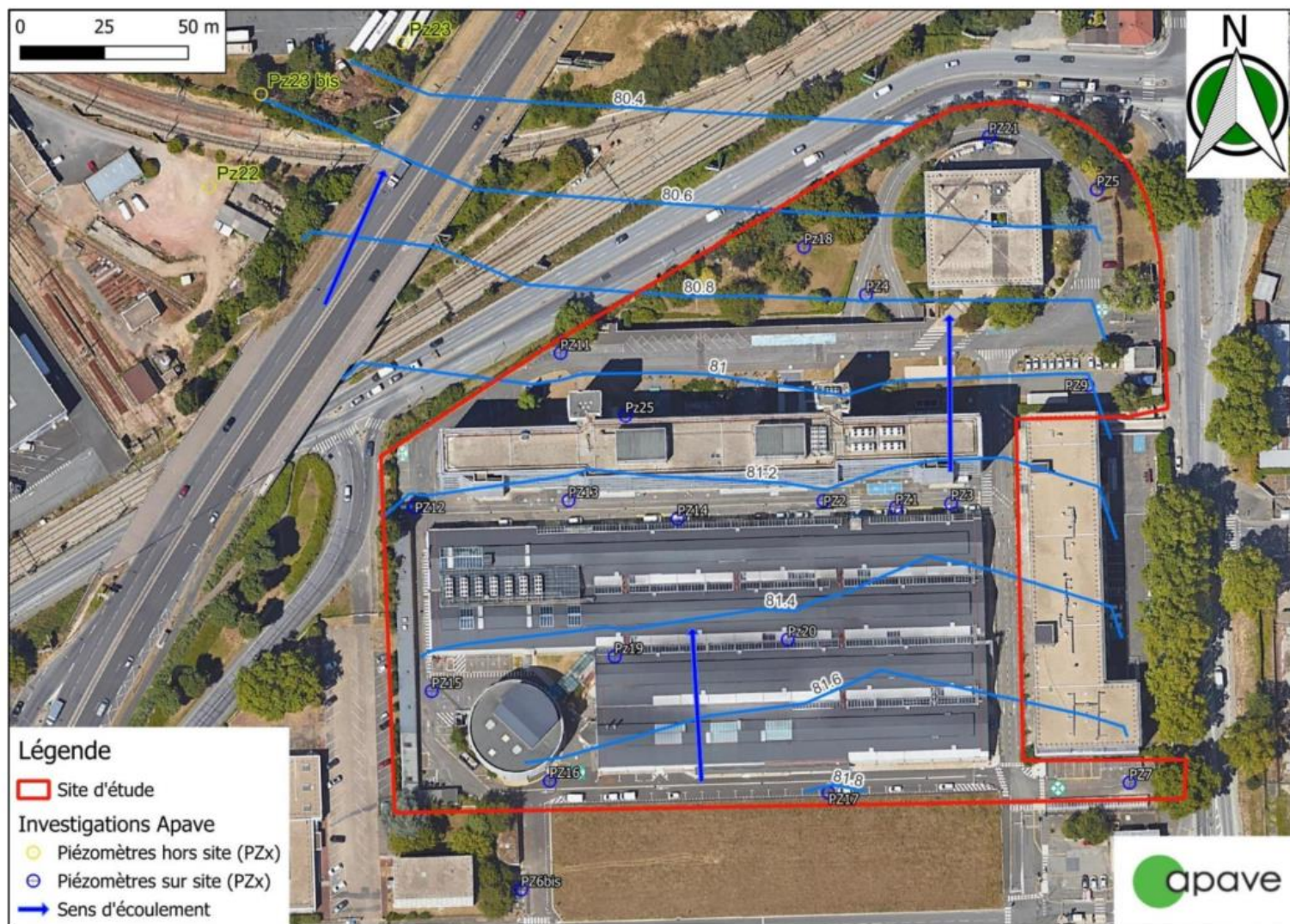


Figure 9 : Plan de localisation des ouvrages piézométriques et sens d'écoulement mesuré en octobre 2024 (source : APAVE C24039747_BE24 de novembre 2024)

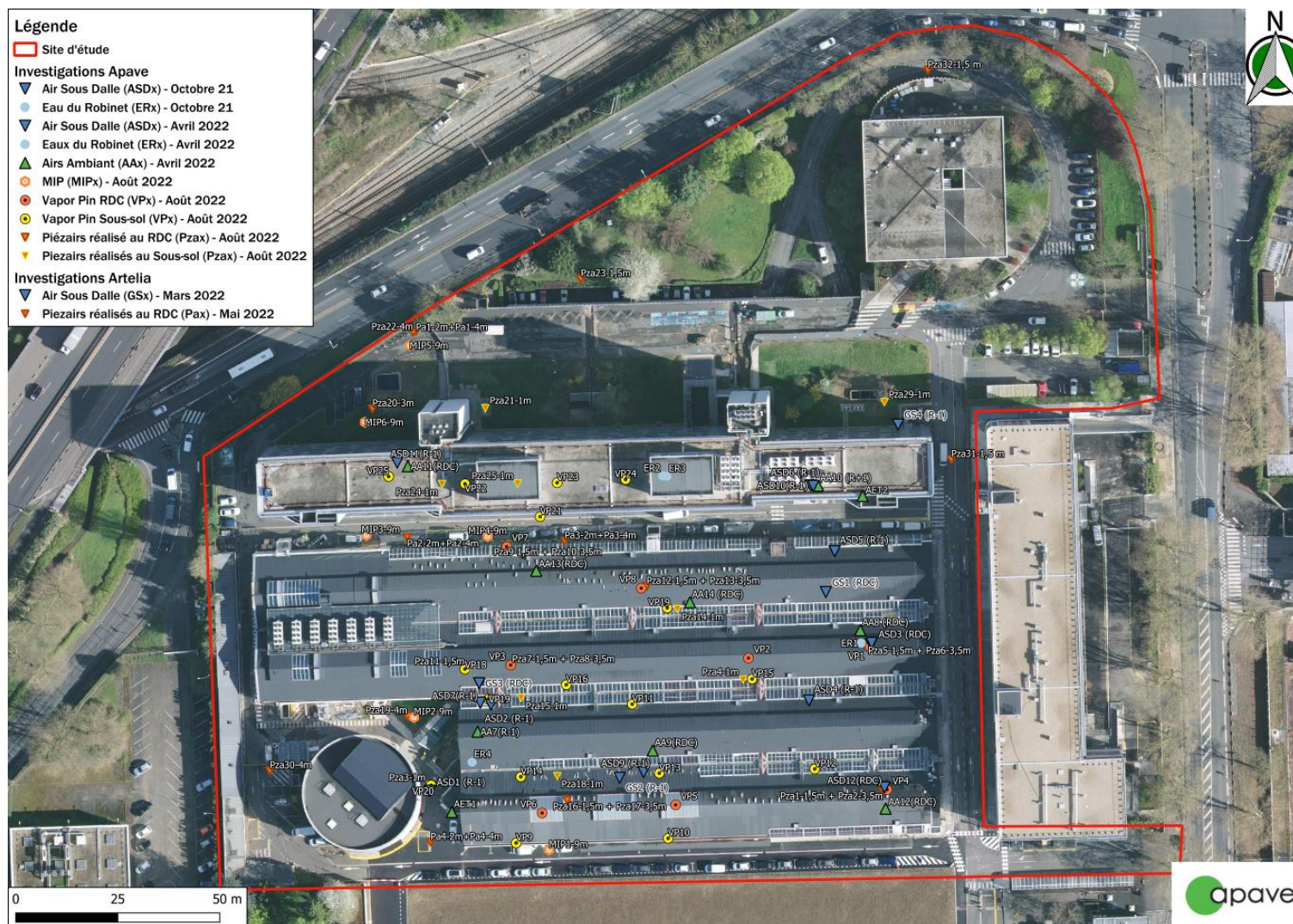


Figure 10 : Plan de synthèse des investigations Gaz du sol et eau du robinet

6.4.2. Rappels sur la caractérisation des zones sources COHV

Les composés organo-chlorés aliphatiques correspondent à des liquides non miscibles dans l'eau et plus denses que l'eau (à l'exception notable du chlorure de vinyle, du chlorométhane et du chloroéthane). De ce fait, lors d'un déversement d'organo-chlorés sur le sol, les mécanismes de propagation peuvent être décrits en deux processus distincts et successifs (cf. figure ci-après extrait guide MACAOH) :

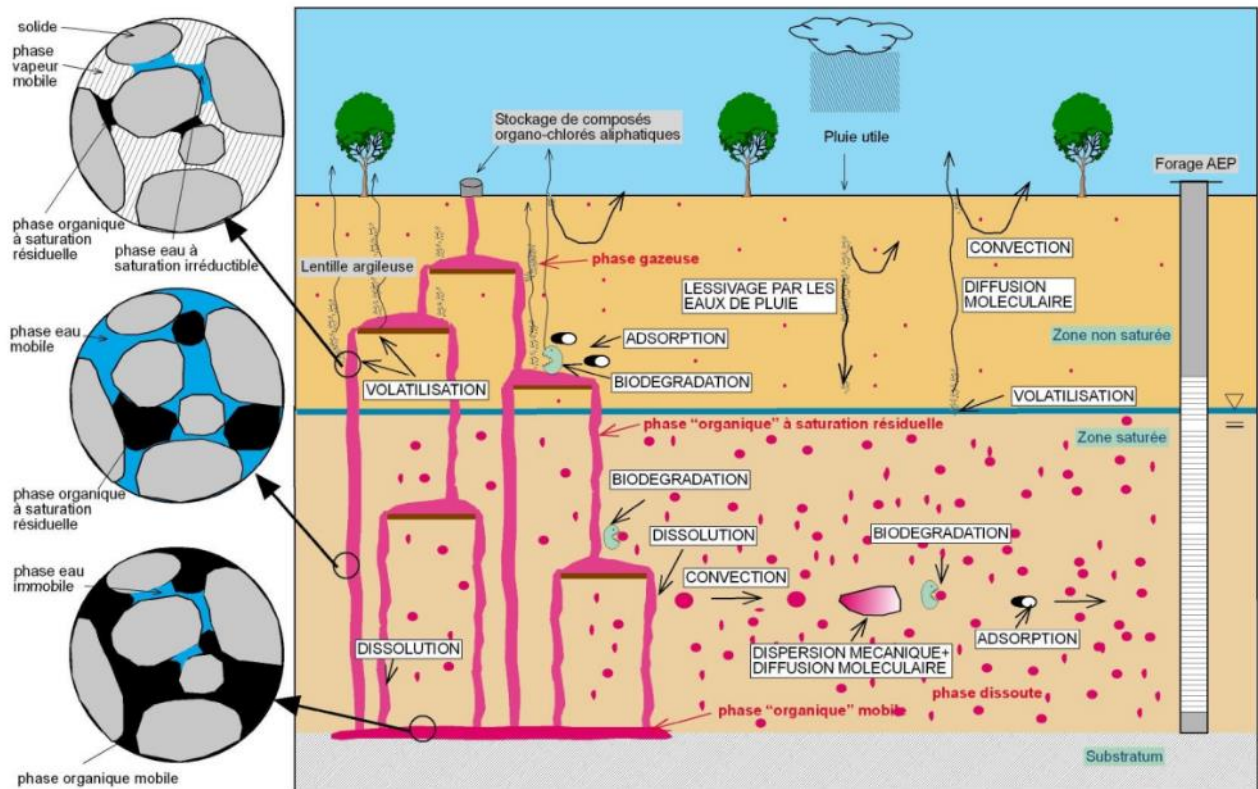


Figure 11 : Rappel des mécanismes en jeu dans le devenir d'une pollution de type organo-chlorés aliphatiques dans le milieu souterrain (source guide MACAOH ADEME 2007)

- un déplacement multiphasique dans le milieu souterrain (triphasique dans la zone non saturée et diphasique dans la zone saturée). Le milieu souterrain est un milieu poreux dans lequel les phénomènes capillaires jouent un rôle prépondérant. Lors d'un écoulement multiphasique dans un milieu poreux, la phase organique (phase liquide non aqueuse constituée par un ou plusieurs composés organo-chlorés aliphatiques) se déplace par gravité dans le sol laissant derrière elle une zone à saturation résiduelle (absence de mobilité de la phase organique). L'écoulement s'arrêtera si le volume de polluant est insuffisant pour maintenir une saturation supérieure à la saturation résiduelle. Cela conduit au sein du milieu poreux à une zone source (dénommée également corps d'imprégnation) de dimension limitée par rapport aux dimensions caractéristiques de l'aquifère. Elle comprend des lentilles fortement dispersées (du fait de la faible viscosité des organo-chlorés) de faible dimension et éventuellement des lentilles de plus grande dimension à l'interface entre des niveaux présentant des contrastes élevés de perméabilité. Etant donné que la densité des organo-chlorés est généralement supérieure à 1, une phase organique a comme spécificité de s'écouler gravitairement sous le niveau de la nappe, d'où la terminologie anglophone de DNAPL (Dense Non Aqueous Phase Liquid) utilisée couramment pour différencier cette classe de composés de celles des LNAPL (Light Non Aqueous Phase Liquid) ;
- le développement d'un panache de composés dissous dans l'eau de nappe par solubilisation du (ou des) composés présent(s) dans la zone source et le développement d'un panache de composés gazeux dans l'air de la zone non saturée par volatilisation du (ou des) polluant(s) présent(s) dans la zone source et/ou présent(s) dans l'eau de nappe. Du fait de la lenteur des transferts par dissolution et volatilisation, la disparition de la zone source est un mécanisme très long (plusieurs années voire plusieurs dizaines d'années) en regard du déplacement multiphasique (quelques jours à quelques semaines dans un milieu sableux).

- Le panache de composés dissous, en général d'extension largement plus grande que la dimension caractéristique de la zone source, se développe dans la nappe essentiellement par convection. Le niveau de concentration dans le panache est déterminé par les propriétés hydrodispersives de l'aquifère, les propriétés physico-chimiques des phases et composés considérés, les hétérogénéités de la répartition du polluant et du milieu poreux, mais également par des aspects dynamiques : cinétiques de dissolution, de volatilisation, de sorption et éventuellement réactions chimiques et biochimiques. Les différents mécanismes en jeu conduisent à une atténuation naturelle des concentrations dans la nappe.
- Le panache de composés gazeux se développe principalement à la verticale de la zone source et est essentiellement contrôlé par la diffusion. On observe néanmoins un transfert progressif par volatilisation des composés dissous (transportés par la nappe) vers la zone non saturée puis vers l'atmosphère et inversement (en particulier par lessivage des gaz par la pluie)

A partir de l'infiltration d'une phase organique dans un milieu poreux, le polluant peut être distribué à l'échelle du pore en 4 phases :

- une phase organique, mobile ou non, dans les zones non saturée et saturée ;
- une phase dissoute, principalement dans la zone saturée, mais également dans la zone non saturée sous forme immobile ;
- une phase gazeuse, principalement dans la zone non saturée, mais également dans la frange capillaire. Lors des battements de nappe, il est possible d'observer de façon transitoire cette phase gazeuse dans la partie supérieure de la zone saturée ;
- une phase sorbée à la surface des grains solides. Le mécanisme modélisé est généralement l'adsorption, mais à l'échelle microscopique, il est possible d'observer de la phase absorbée dans le grain par des mécanismes de diffusion et/ou de capillarité.

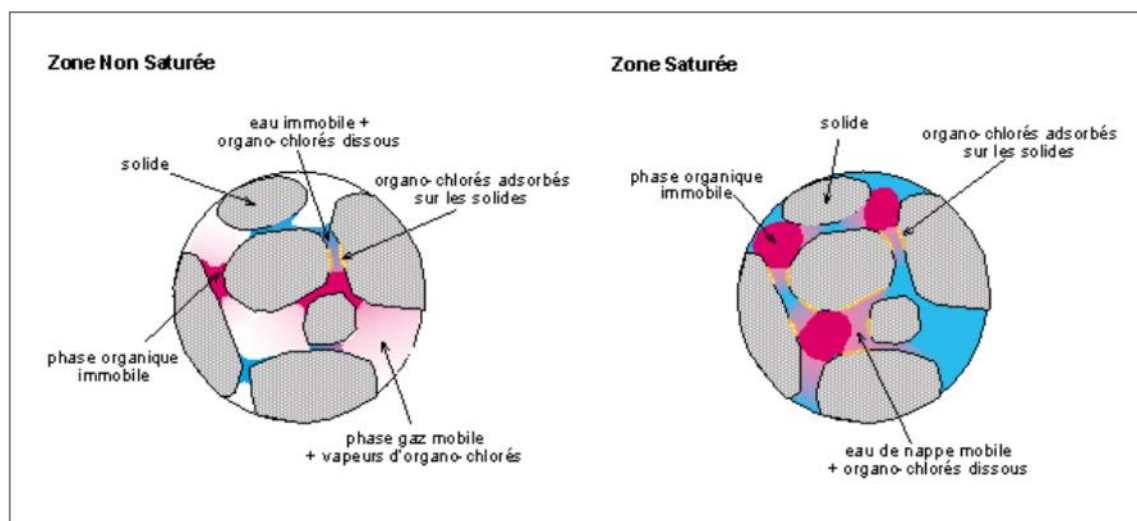


Figure 12 : Distribution à l'échelle du pores d'un polluant de type organo-chloré aliphatique (source guide MACAOH ADEME 2007)

L'interprétation des concentrations dans les sols et les eaux souterraines dans ou à proximité d'une zone source nécessite la prise en compte des métabolites de biodégradation lorsque ces derniers sont présents. En effet, la biodégradation peut modifier les concentrations en composés primaires dans l'eau de la zone source, les concentrations en métabolites pouvant représenter parfois la part prépondérante du bilan de masse dans l'eau (cf. **répartition des composés COHV lors des diagnostics et PCT de 2023**).

Parmi les mécanismes de biodégradation en jeu, la déchloration séquentielle réductrice est le mécanisme principal dans les zones les plus fortement polluées. Il est par ailleurs le seul à permettre la dégradation des composés organo-chlorés les plus substitués (PCE pour les chloroéthènes).

Concernant la famille des chloroéthènes qui est la plus fréquemment rencontrée sur les sites industriels, les trois isomères de DCE sont produits, mais c'est le cis-DCE qui est le composé majoritaire dans le cas d'une dégradation biologique (cf. **répartition des composés COHV lors des diagnostics et PCT de 2023**).

A l'issue des diagnostics réalisés, les données disponibles montrent que la caractérisation des zones sources polluées par des composés organo-chlorés aliphatiques (milieu poreux comprenant de la phase organique) restera à préciser à l'issue de la démolition des bâtiments (accès...) par la réalisation d'investigations complémentaires sur les milieux ; en effet cette caractérisation revêt une importance capitale car sa géométrie, sa composition et son volume de polluant conditionnent très largement l'évolution à terme des concentrations dans les panaches de composés dissous et gazeux.

La localisation d'une zone source est de base un objectif difficile à atteindre en raison de sa taille généralement limitée (quelques dizaines de m²) et des fortes hétérogénéités de répartition des organo-chlorés dans le milieu souterrain. La recherche directe de phase organique par le biais de prélèvements et d'analyses de sols comprend aussi ses limites (y compris avec les investigations sondages sols selon protocole MACAOH prélèvements sous gaine avec extraction méthanolique, MIP, piézair, piézomètres en fond de colonne...réalisées.

NB : Malgré que les piézomètres aient été ancrés de quelques décimètres dans le substratum, à environ 10m/sol actuel, il n'a pas été identifié de phase organique mobile dans les piézomètres réalisés.

Il n'est pas exclu par ailleurs à ce stade d'étudier à terme, après la mise en œuvre d'un traitement actif, les conditions d'évaluation du potentiel d'Atténuation Naturelle et de faisabilité d'une Atténuation Naturelle sous Surveillance le cas échéant (non compris dans le présent Plan de Gestion).

Il n'a pas été réalisé de modélisation du devenir des composés COHV dans l'aquifère sur le site (non compris dans le présent Plan de Gestion).

6.4.3. Impacts reconnus sur la qualité chimique des sols, des eaux souterraines et des gaz du sol

L'ensemble des études environnementales réalisées au droit du site ont permis de retenir :

Au droit du bâtiment SHEDS

- Des Impacts en SOLVANTS CHLORES sont mesurés dans les sols, les eaux souterraines et les gaz du sol ;

Les concentrations maximales en PCE/TCE dans les sols, les eaux souterraines et les gaz du sol sont mesurées au droit/aval du bâtiment SHEDS (partie sud-ouest). La zone impactée au droit de SHEDS correspond aux anciennes activités de dégraissage, d'application de peintures et d'encres.

Milieu SOL :

Des anomalies en PCE/TCE sont mesurées au niveau des RDC (en terre pleine) et des sous-sols.

Des anomalies en PCE sont mesurées de 0 à 7 m/TN.

Des anomalies en TCE sont mesurées entre 0 et 4m/TN.

- La zone source a été identifiée. Extensions des impacts maximaux connus.

Milieu ESO :

L'impact en PCE/TCE est mesuré au droit et en aval du bâtiment SHEDS et dans une moindre mesure en périphérie ouest du bâtiment SHEDS.

Les concentrations en PCE/TCE les plus importantes sont mesurées entre le bâtiment SHEDS et le bâtiment ASTROLAB, soit en aval des anciennes activités de dégraissage, d'application de peintures et d'encres. Cet impact est globalement délimité en amont et en latéral est.

Les métabolites du PCE et du TCE (Cis 1,2-Dichloroéthylène, Trans-1,2-dichloroéthylène et Chlorure de vinyle) sont mesurés sur les ouvrages au droit et au nord du SHEDS. Les ouvrages les plus impactés sont PZ19, PZ14, PZ13 et PZ11.

L'ouvrage Pz19 implanté au sous-sol du bâtiment SHEDS, en aval immédiat de la source sol retenue présente les concentrations les plus élevées en produits de dégradations et plus particulièrement en Chlorure de vinyle avec une concentration de 2 210 µg/l mesuré en 2023 (4 000 fois supérieure à la valeur de comparaison retenue).. De plus, l'ouvrage PZ19 n'atteignant pas le socle de la nappe et au vu des propriétés plongeant des COHV, les concentrations mesurées sont potentiellement minimisées.

Milieu GAZ DU SOL :

Impacts en PCE au sud-ouest du bâtiment SHEDS, avec des concentrations jusqu'à 80 000 fois la valeur seuil.

Les ouvrages présentant les plus fortes concentrations en PCE sont situés au R-1 de la zone sud-ouest du bâtiment SHEDS et plus localement au RDC pour les ouvrages Pza7/Pza8 et Pza17/Pza18. Cette zone correspond aux anciennes activités de dégraissage, d'application de peintures et d'encres.

Impacts en TCE au sud-ouest du bâtiment SHEDS, avec des concentrations jusqu'à 18 700 fois la valeur seuil.

Les ouvrages présentant les plus fortes concentrations en TCE sont situés au RDC de la zone sud-ouest du bâtiment SHEDS (hall maquette). Cette zone correspond aux anciennes activités de dégraissage, d'application de peintures et d'encres.

Les produits de dégradation tels que le cis 1,2-Dichloroéthylène et CV sont mesurés au plus proche des sources historiques au sud-ouest du bâtiment SHEDS. Ces anomalies sont corrélées aux valeurs maximales mesurées dans les sols pour les ouvrages Pza3, Pza16, Pza17, Pza18.

- Un transfert des PCE/TCE des sols vers les eaux souterraines est constaté. L'origine du dégazage des PCE/TCE provient des sols couplés à un dégazage provenant des eaux souterraines.

Autres anomalies retenues :

- PCB : une anomalie ponctuelle et superficielle est mesurée en dans les sols au droit du hall maquette ;
- Arsenic, cadmium, cuivre, zinc et plomb : ces anomalies ponctuelles, principalement superficielles, sont mesurées dans les sols au niveau du RDC ;
 - Extensions des anomalies retenues en éléments traces métalliques sont connues à l'échelle du site.
- BTEX : ces anomalies sont mesurées dans les eaux souterraines et les gaz du sol au droit et aval du bâtiment SHEDS. Aucune anomalie en BTEX n'a été mesurée dans les sols au droit de ces ouvrages. Les sources de ces anomalies sont liées aux activités historiques ;

- HCTC10-C40 : anomalies ponctuelles sont mesurées dans les eaux souterraines au droit du bâtiment SHEDS ;
- Naphtalène : des anomalies ponctuelles sont mesurées dans gaz du sol (Pza7) et les eaux souterraines (Pz19) au droit du bâtiment SHEDS.

Au droit de la partie Nord

- ➡ Des Impacts en SOLVANTS CHLORES sont mesurés dans les sols, les eaux souterraines et les gaz du sol ;

La zone impactée au nord peut correspondre aux stockages historiques de diluants ou de perchloroéthylène recensés mais non localisables à ce jour.

Milieu SOL :

Des anomalies en PCE sont mesurées de 0 à 7 m/TN. Des anomalies en TCE sont mesurées entre 0 et 4m/TN.
Les concentrations mesurées en PCE/ TCE sont inférieures à celles du bâtiment SHEDS.

Milieu ESO :

Un impact est mesuré en COHV au droit de PZ11. Cet impact est majoritairement composé de PCE, TCE et de 1-2 DCE.
Les concentrations en COHV en Pz11 sont légèrement inférieures à celles mesurées en Pz13 et Pz14. Au vu des résultats obtenus, il semble que le panache de cet impact s'étende hors site, au nord ;

Milieu GAZ DU SOL :

Impacts en PCE et TCE.

- ➡ L'origine du dégazage des PCE/TCE provient des sols, couplée à un dégazage provenant des eaux souterraines ;
- ➡ Extension du panache de PCE/TCE hors site, au nord, est à confirmer via une IEM.

Autres anomalies retenues :

- Cadmium : des anomalies ponctuelles sont mesurées dans les sols entre 0 et 3 m ;
- BTEX : une anomalie ponctuelle et superficielle est mesurée dans les sols au niveau du groupe électrogène ;
- Cyanures : des anomalies dans les eaux souterraines à l'extrémité ouest du site. Cet impact trouve à priori sa source hors site et n'est pas retrouvé, selon les données disponibles, à l'aval du site ;
- Aluminium et fer : des anomalies supérieures aux valeurs guide et aux témoins locaux sont mesurées de 1 à 3 m de profondeur à l'ouest de la zone ouest.

Au droit de la zone des deux cuves de FOD inertes

- ➡ Des Impacts en HYDROCARBURES dans les sols, les eaux souterraines et les gaz du sol sont mesurés dans la zone des cuves de fioul situées entre les bâtiments SHEDS et ASTROLAB.

Milieu SOL :

Un panache en HCT C10-C40 s'étend dans les sols, entre 5 et 8 m de profondeur, au nord et à l'est des cuves, au droit des sous-sols du bâtiment ASTROLAB.

L'observation d'indices organoleptiques à l'interface « sol et nappe » sur les sondages en périphérie de la source de pollution pose l'hypothèse d'une migration des HCT C10-C40 via les eaux souterraines vers l'est et le nord. De plus, la présence des deux niveaux de sous-sol à l'aval immédiat des deux cuves peut potentiellement expliquer la migration constatée vers l'est alors que les eaux souterraines s'écoulent en direction du nord sur ce secteur.

Les fractions les plus mesurées sont les C16-C20, fractions non volatiles, toutefois les fractions semi-volatiles C10-C16 sont elles aussi mesurées ;

Des incertitudes en limites de site sont à prendre en compte au nord et nord-est de la zone des cuves à FOD ;

Corrélé à l'impact en HCT C10-C40 des cuves de FOD, des teneurs en Naphtalène sont mesurées dans les sols entre 4 à 9 m de profondeur et en BTEX de 4 à 8 m de profondeur.

- ➡ Extensions des anomalies maximales connus / incertitudes en limite de site, à l'est.

Milieu ESO :

Des impacts en HYDROCARBURES (HCT, HAP, BTEX) sont mesurés au sein des piézomètres Pz1 et Pz3 localisés à proximité immédiate des cuves enterrées inertes. Au cours des différentes campagnes de prélèvements (2016 à 2024) des teneurs ont été identifiées dans une moindre mesure au sein des piézomètres Pz2 et Pz4.

Les fractions en HCT C10-C16 présentent les concentrations les plus élevées ce qui est cohérente avec celles identifiées dans les sols ce qui confirme le lien entre les impacts des sols et des eaux souterraines. L'extension de cet impact est limitée au site d'après les teneurs identifiées au sein des ouvrages en position aval et latéral (Pz4, Pz5, Pz9 et Pz11).

➡ Extensions des anomalies maximales connus / incertitudes en limite 'est' de site.

Milieu GAZ DU SOL :

Les résultats d'analyses montrent des anomalies TPH au droit d'une galerie technique du sous-sol d'ASTROLAB (Pza29), en aval hydrogéologique des cuves FOD. Ces anomalies sont cohérentes avec les impacts en HCT retenues dans les sols.

Aucune anomalie n'est recensée au droit du Pza31 en limite est du panache de HCT (limite de site), ce qui permet de supprimer le risque d'exposition hors site via l'inhalation d'air intérieur par transfert des gaz des sols provenant des sols et eaux souterraines.

Autres anomalies retenues :

- PCB : Une anomalie ponctuelle et superficielle mesurée dans les remblais de la zone des cuves de FOD ;
- Mercure : Des anomalies ponctuelles sont mesurées dans les sols sur le sondage C28 entre 0 et 7 m.

Au droit de la station de traitement des eaux

➡ Des Impacts en HYDROCARBURES dans les sols et dans les eaux souterraines dans la zone de la station de traitement des eaux ;

Milieu SOL :

Un impact en HCT C10-C40 est mesuré dans les sols entre 5 et 7 m en périphérie « est et nord » de la cuve de la station de traitement des eaux, au nord du restaurant d'entreprise

Les fractions les plus mesurées sont les C16-C20, fractions non volatiles, toutefois les fractions semi-volatiles C10-C16 sont elles aussi mesurées ;

Les extensions verticales des impacts en HCT C10-C40 dans la zone non saturée sont connues ;

Les extensions horizontales de l'impact maximal en HCT C10-C40 sont connues. Toutefois, les concentrations au droit des cuves ne sont pas connues ;

Des incertitudes en limites de site sont à prendre en compte à l'ouest et au nord de la zone de la station de traitement des eaux.

Milieu ESO :

Des anomalies en HCT et HAP sont mesurées à l'aval immédiat de la station de traitement des eaux (PZ21) pour les campagnes de prélèvements de 2022, 2023 et 2024.

Les fractions en HCT C10-C16 présentent les concentrations mesurées les plus élevées ce qui est cohérente avec celles identifiées dans les sols ce qui confirme le lien entre les impacts des sols et des eaux souterraines.

➡ Extensions des anomalies maximales connus / incertitudes en limite nord de site

Milieu GAZ DU SOL :

- On observe un dépassement en Benzène (TPH C5-C6) dans les gaz de sol. Toutefois ce paramètre n'est pas détecté dans les sols et les eaux souterraines. Sa source n'est pas définie.

Concernant les TPH et HAP aucune anomalie n'est mesurée au droit du Pza33 en limite nord du panache de HCT (limite de site), ce qui permet de supprimer pour ces paramètres le risque d'exposition hors site via l'inhalation d'air intérieur par transfert des gaz des sols provenant des sols et eaux souterraines.

A l'échelle du site

- Des anomalies diffuses en HCT C10-C40 sont mesurées dans les sols, avec des concentrations comprises entre 19 et 420 mg/kg entre 0 et 9 m ;
➤ Les extensions verticales et horizontales des anomalies en HCT C10-C40 sont connues à l'échelle du site ;
- Des anomalies ponctuelles en HAP (dont naphthène) sont mesurées dans les sols entre 0 à 8 m sur différentes zones du site (Cuves FOD, SHEDS, partie Nord, RE).
- Des anomalies diffuses sont mesurées en solvants chlorés dans les sols ;
- Des anomalies en PCE/ TCE sont mesurées dans les eaux souterraines et gaz du sol sur la partie ouest du site, en aval du bâtiment SHEDS. L'origine du dégazage des PCE/TCE provient des eaux souterraines ;
- Des anomalies ponctuelles en molybdène sont mesurées dans les sols entre 0 et 8 m ;
- Des anomalies ponctuelles en sélénium sont mesurées dans les sols entre 0 et 3 m ;
- Deux anomalies ponctuelles en méthanol sont mesurées dans les sols dans la zone PNC ;
- Des anomalies en arsenic et fer sont mesurées dans les eaux souterraines. Etant donné leurs répartitions, l'origine de ces anomalies ne semble à priori pas liée au site.

Les cartographies des anomalies en HCT et COHV à l'échelle du site sont présentées en **annexe 2**.

Les graphiques ci-dessous présentent les principales anomalies par milieu et par zone géographique.

La figure 13, nous permet d'observer les anomalies en HCT C10-C40 dans les sols, avec des concentrations maximales supérieures à 1000 mg/kg Ms localisées au droit des 2 zones sources des cuves de FOD et station de traitement des eaux.

De plus, ce graphique met en évidence la corrélation de concentrations maximales en HCT avec les BTEX, HAP pour la source des cuves de FOD.

La figure 14, nous permet d'observer les anomalies en PCE et TCE dans les sols avec des concentrations maximales supérieures à 1 mg/kg Ms localisées au droit du bâtiment SHEDS et de la partie zone Nord.

Les anomalies en PCE mesurées dans les sols avec une concentration supérieure à 10mg/kg Ms concernent 3 échantillons sur l'ensemble du site.

La figure 18, nous permet d'observer des anomalies en PCE et TCE dans les gaz du sol avec des concentrations maximales (PCE supérieur à 1 million µg/m³) localisées au droit du bâtiment SHEDS. Le composé PCE présente les teneurs les plus élevées par rapport aux autres composés COHV mesurés.

La différence de concentrations observée sur les ouvrages de Gs1 à Pa4 et les ouvrages Pza1 à Pza 25 est due à une modification de la méthode de prélèvement. L'utilisation des canisters permet d'avoir un résultat non biaisé par la saturation des supports. Au vu des teneurs observées avec les canisters au droit de SHEDS, l'utilisation de supports type charbon actif est sous dimensionnée pour ce site et tend à sous-estimer les concentrations mesurées dans les gaz du sol.

La figure 15, nous permet d'observer les anomalies en HCT C10-C40 dans les eaux souterraines localisées au droit des 2 zones sources des cuves de FOD et station de traitement des eaux. Ces anomalies sont corrélées aux anomalies mesurées dans les sols.

La figure 16, nous permet d'observer que les anomalies maximales en COHV dans les eaux souterraines sont localisées à l'aval du bâtiment SHEDS et au droit de la zone Nord.

Les résultats obtenus au droit des ouvrages Pz19 et Pz25 sont à interpréter en prenant en compte que les ouvrages ne sont pas ancrés dans les marnes vertes et ne captent pas les concentrations maximales en COHV localisées de par leurs propriétés en fond de colonne d'eau.

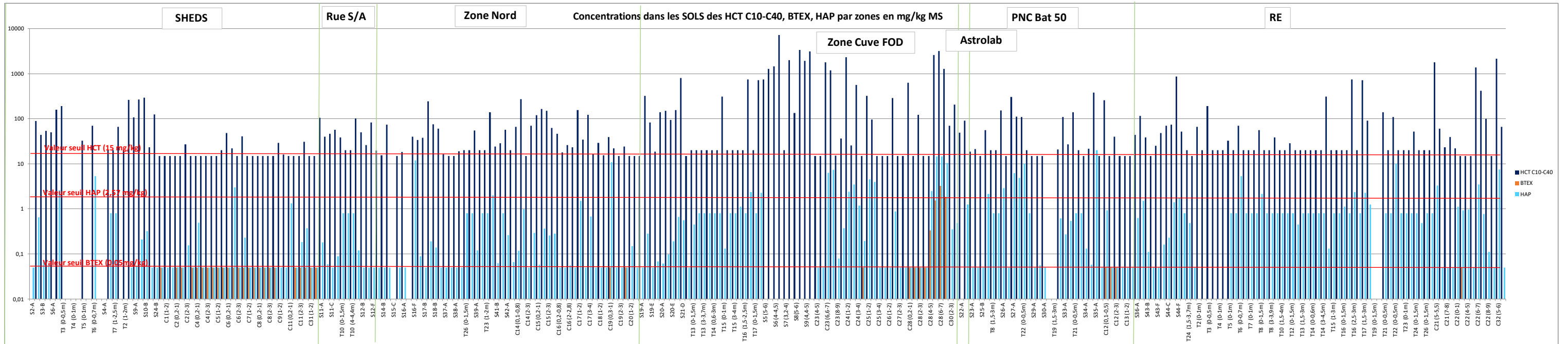


Figure 13 : Synthèse des concentrations en HCT HAP et BTEX dans les SOLS

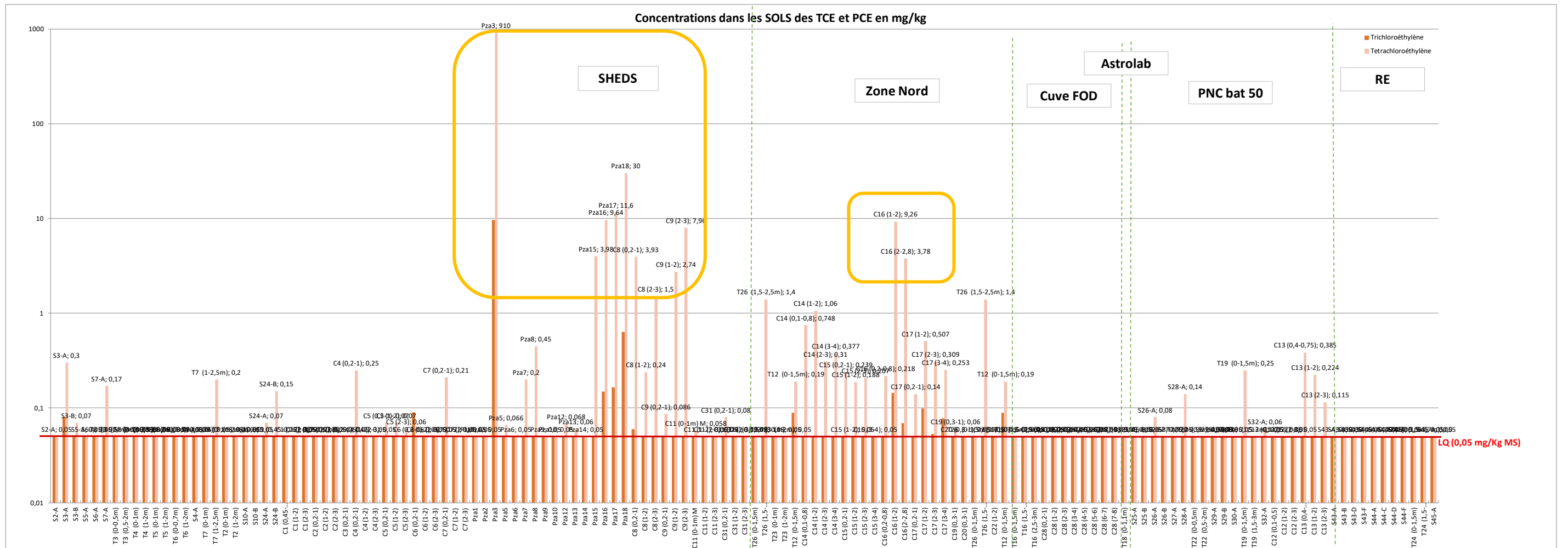


Figure 14 : Synthèse des concentrations en TCE et PCE dans les SOLS

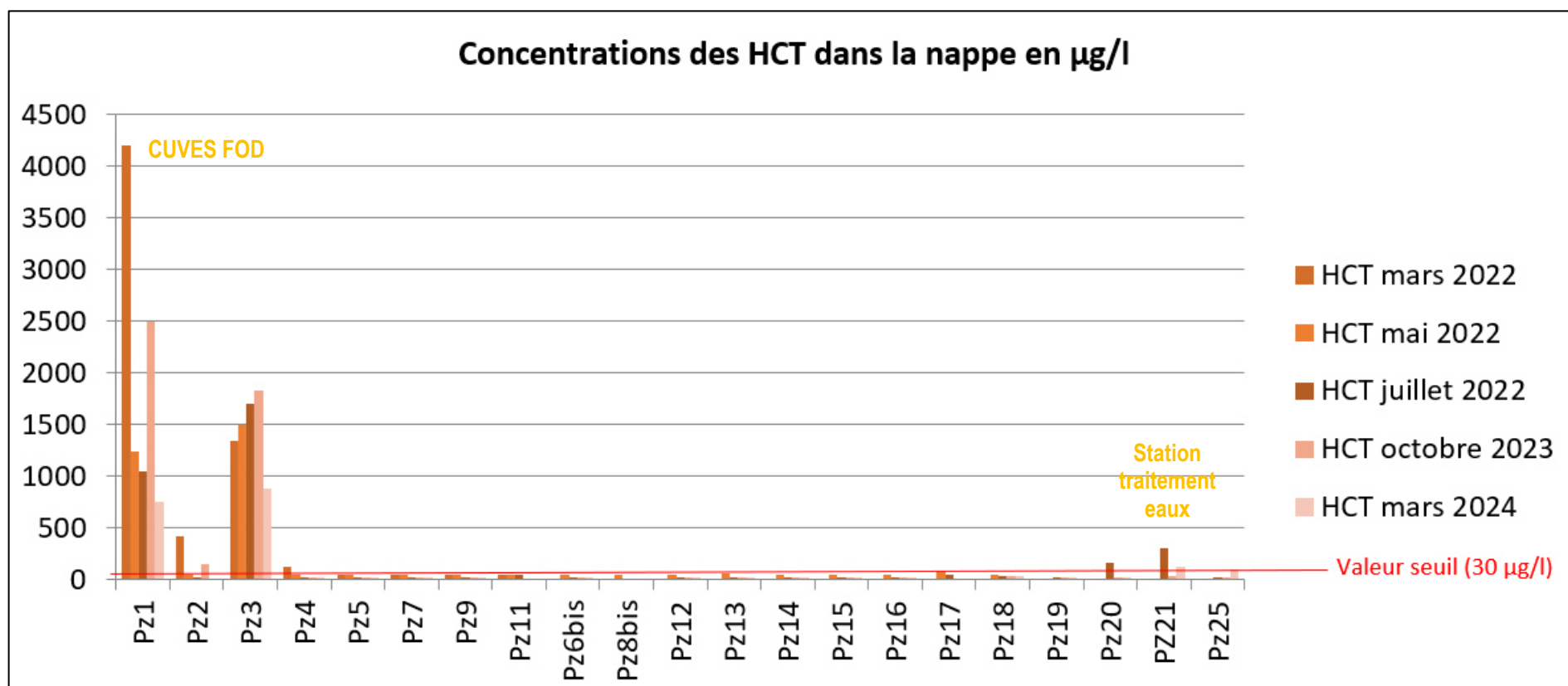


Figure 15 : Synthèse des concentrations en HCT dans les EAUX SOUTERRAINES

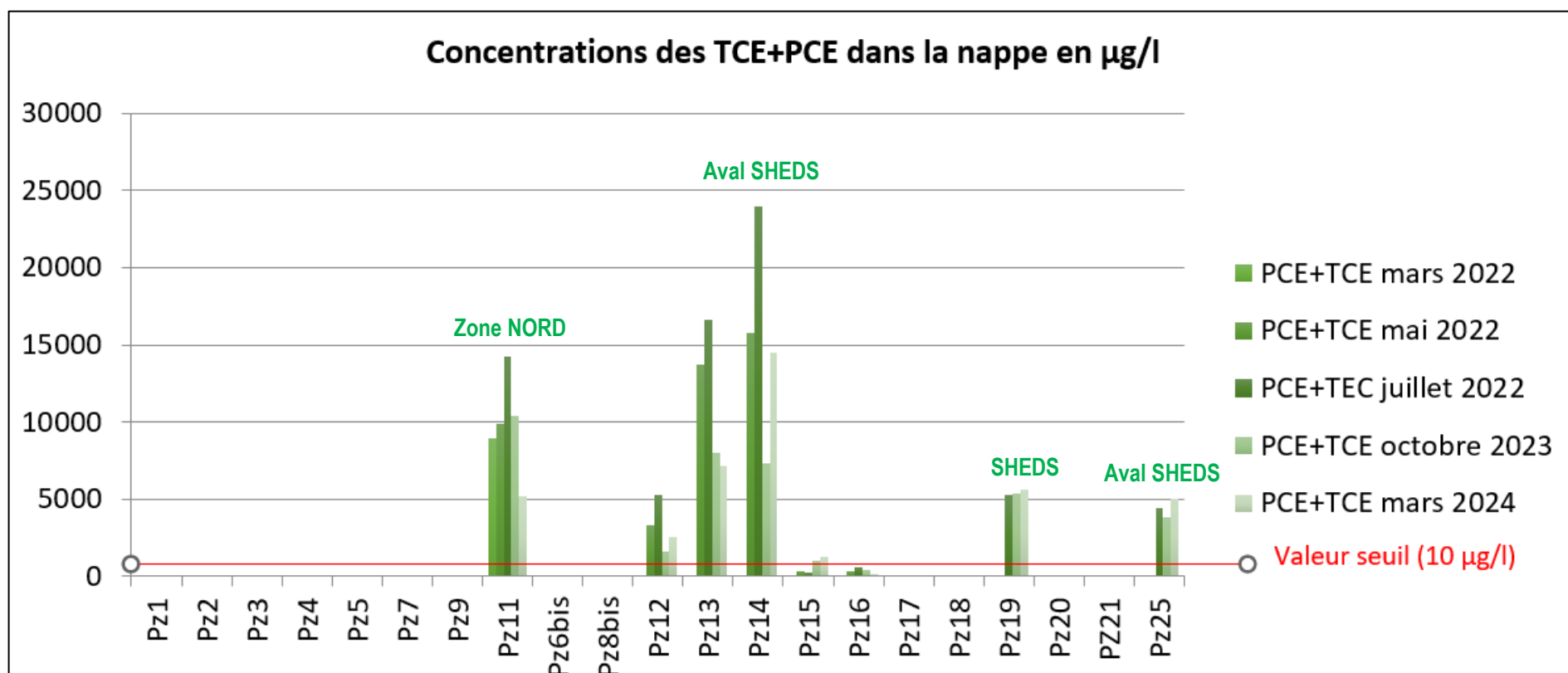


Figure 16 : Synthèse des concentrations en PCE + TCE dans les EAUX SOUTERRAINES

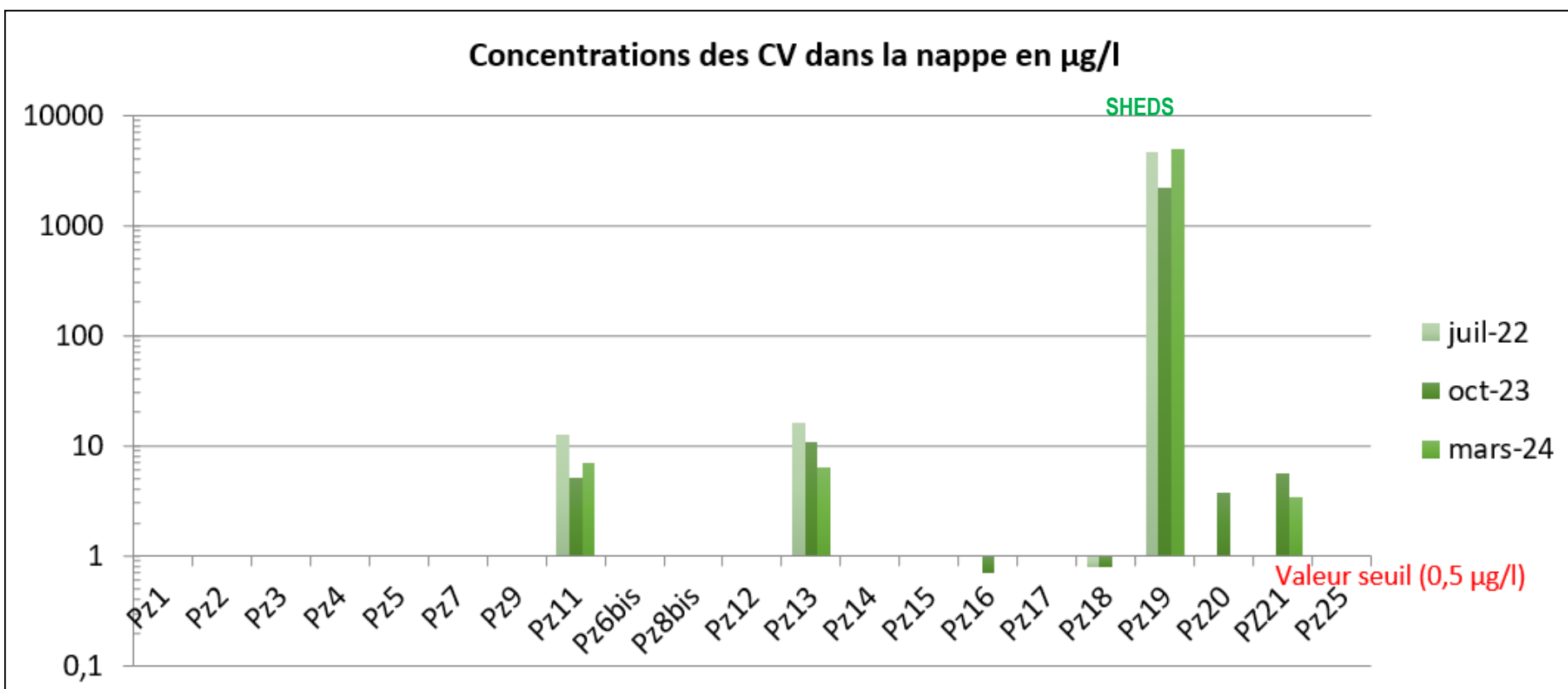


Figure 17 : Synthèse des concentrations en CV dans les EAUX SOUTERRAINES

Concentration des TCE et PCE dans les gaz du sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

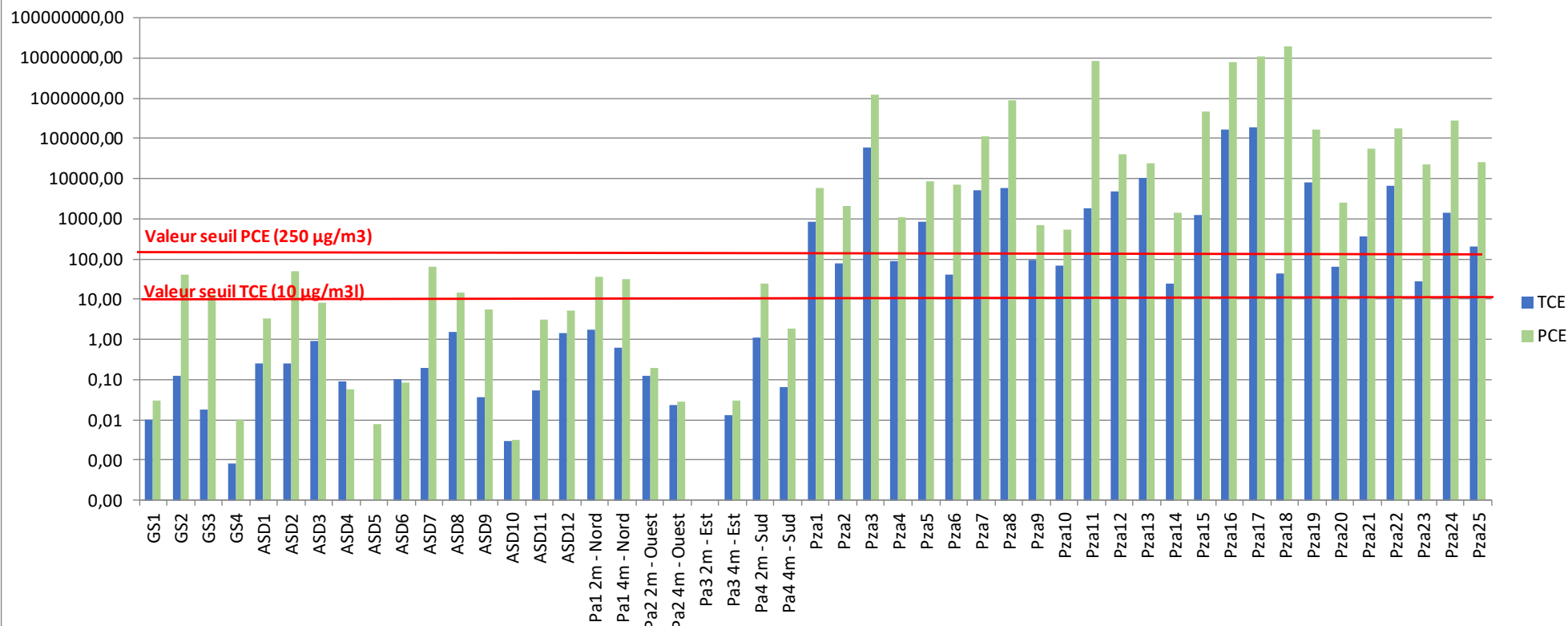


Figure 18 : Synthèse des concentrations TCE et PCE dans les GAZ DU SOL

6.4.4. Impact retenu sur la qualité chimique de l'eau du robinet

Trois campagnes d'eau ont été réalisées par APAVE en 2021, 2022 et 2023 avec des prélèvements dans les zones les plus impactées en COHV et TPH.

Lors de la première campagne une anomalie est identifiée en TPH fraction aliphatique C12-C16 au droit de l'échantillon ER2 (4,3 µg/L).

Lors de la deuxième campagne aucune anomalie n'est identifiée dans les eaux du robinet.

Lors de la troisième campagne, aucune anomalie n'est identifiée dans les eaux du robinet.

Selon la disposition aérienne des réseaux d'eau potable au droit du bâtiment Astrolab et les résultats de la deuxième campagne, **aucun impact ne sera retenu dans l'eau du robinet.**

6.4.5. Impact retenu sur la qualité chimique de l'air ambiant

Deux campagnes d'air ambiant ont été réalisées par APAVE en avril 2022 et août 2023.

Lors des deux campagnes, aucune anomalie supérieure à la valeur de comparaison retenue n'a été identifiée dans les airs ambients prélevés.

La localisation des points de prélèvements réalisés lors des deux campagnes est présentée ci-dessous.

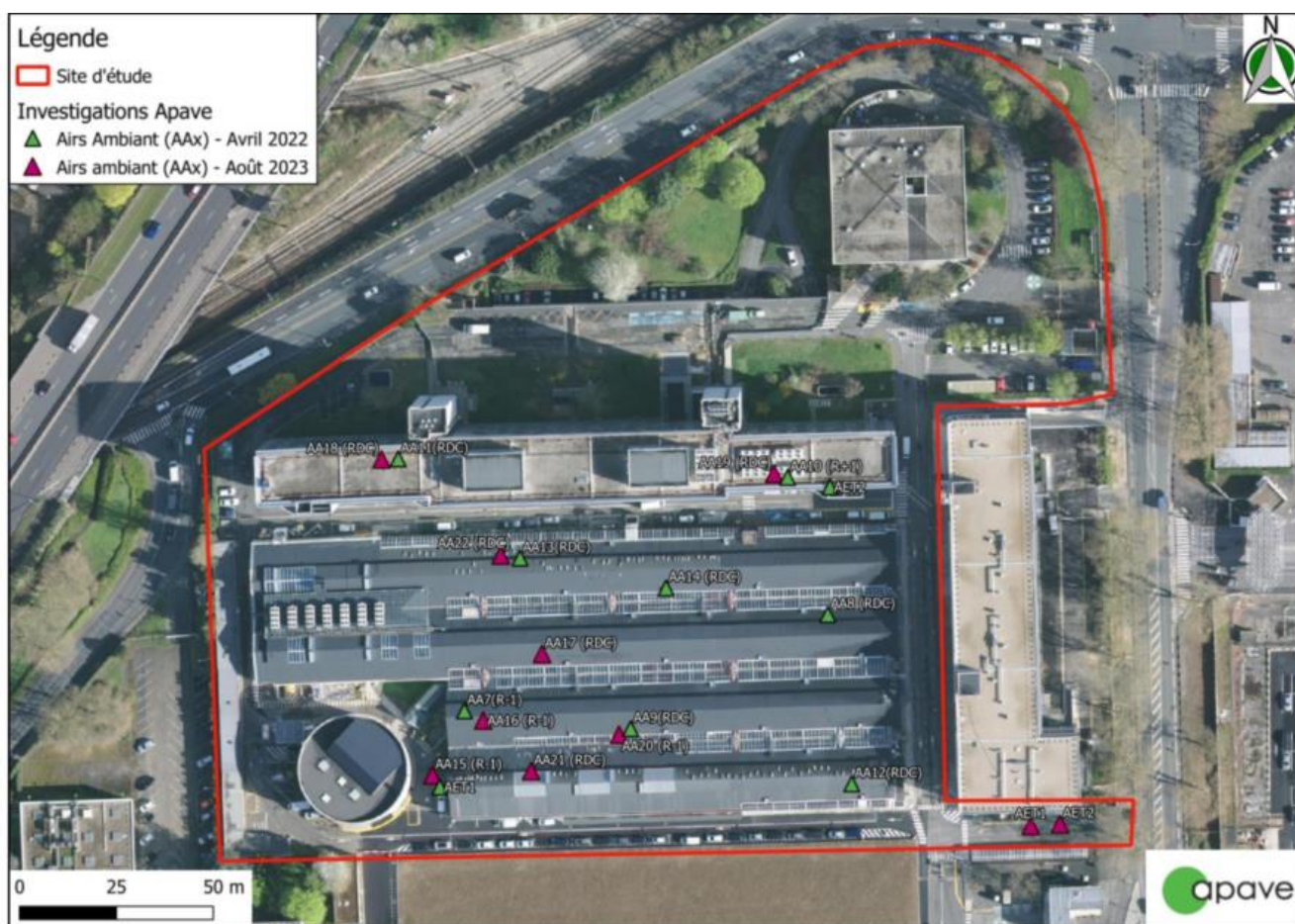


Figure 19 : Localisation des investigations d'air ambiant réalisées en avril 2022 et août 2023

6.4.6. Synthèse des anomalies reconnues sur la qualité chimique des sols, des eaux souterraines et des gaz du sol

Les anomalies maximales mesurées au droit du site PVP sont synthétisées sur la figure ci-dessous :

ZONE SHEDS								
	Trichloroéthylène	Tetrachloroéthylène						
max SOL (mg/kg)	9,62	910,00						
	Trichloroéthylène	Tetrachloroéthylène	cis 1,2-Dichloroéthylène	Trans-1,2-dichloroéthylène	Chlorure de vinyle		Somme des 19 COHV	
max ESO (µg/l) PZ19	174 (campagne 2022)	5070 (campagne 2024)	3200 (campagne 2022)	3430 (campagne 2024)	4610 (campagne 2022)		13954 (campagne 2024)	
	Trichloroéthylène	Tetrachloroéthylène	cis 1,2-Dichloroéthylène	1,1-Dichloroéthylène	Chlorure de vinyle	1,1,2-Trichloroéthane	Naphtalène	Benzène
max GAZ (µg/m3)	187 000	20 000 000	324 000	380	7 990	898	4 280	105
ZONE Rue SHEDS/ASTROLAB								
	Trichloroéthylène	Tetrachloroéthylène	cis 1,2-Dichloroéthylène	Trans-1,2-dichloroéthylène	Chlorure de vinyle	1,1-Dichloroéthylène	Somme des 19 COHV	
max ESO (µg/l)	2100 (campagne 2022)	22700 (campagne 2022)	5500 (campagne 2022)	29,1 (campagne 2022)	16,2 (campagne 2022)	11,5 (campagne 2022)	24000 (campagne 2022)	
ZONE ASTROLAB								
	Trichloroéthylène	Tetrachloroéthylène						
max SOL (mg/kg)	0,054	3,057						
	Trichloroéthylène	Tetrachloroéthylène	cis 1,2-Dichloroéthylène					
max GAZ (µg/m3)	1 430	278 000	83					
ZONE NORD								
	Trichloroéthylène	Tetrachloroéthylène						
max SOL (mg/kg)	0,198	9,260						
	Trichloroéthylène	Tetrachloroéthylène	cis 1,2-Dichloroéthylène	Trans-1,2-dichloroéthylène	Chlorure de vinyle	1,1-Dichloroéthylène	Somme des 19 COHV	
max ESO (µg/l) PZ11	822 (campagne 2022)	13400 (campagne 2022)	2800 (campagne 2022)	12,2 (campagne 2022)	12,8 (campagne 2022)	3,9 (campagne 2022)	17100 (campagne 2022)	
				cis 1,2-Dichloroéthylène	Trichloroéthylène	Tetrachloroéthylène		
max GAZ (µg/m3)				31	6 510	178 000		
ZONE PNC - B.50								
	Trichloroéthylène	Tetrachloroéthylène						
max SOL (mg/kg)	-	0,385						
		Tetrachloroéthylène						
max ESO (µg/l)		582 (campagne 2022)						
	Trichloroéthylène	Tetrachloroéthylène	cis 1,2-Dichloroéthylène		Chlorure de vinyle			
max GAZ (µg/m3)	7 880	163 000	37 400		1 050			
ZONE Cuves FOC								
	Indice Hydrocarbures (C10-C40)	Naphtalène	Somme HAP	BTEX				
max SOL (mg/kg)	7 170	8,80	14,60	3,25				
	Indice Hydrocarbures (C10-C40)	Naphtalène	Somme HAP					
max ESO (µg/l)	1 830	42	59					
	Aliphatiques >C8 - C10	Aliphatiques >C10 - C12	Aliphatiques >C12 - C16	Aromatiques >C8 - C10	Naphtalène			
max GAZ (µg/m3)	7 060	4 960	3 210	1 690	27,6			
ZONE RE + station traitement des eaux								
	Indice Hydrocarbures (C10-C40)	Naphtalène	Somme HAP					
max SOL (mg/kg)	2 150	0,71	10,1					
	Indice Hydrocarbures (C10-C40)	Naphtalène	Somme HAP					
max ESO (µg/l)	310 (campagne 2022)	0,65 (campagne 2022)	4,1 (campagne 2022)					
	Benzène							
max GAZ (µg/m3)	8,3							

Figure 20 : Synthèse des anomalies reconnues sur la qualité chimique des sols, des eaux souterraines (campagnes 2022, 2023 et 2024) et des gaz au droit du site PVP

6.4.7. Lien entre les sources historiques et les résultats des investigations dans les différents milieux

Les résultats des investigations dans les différents milieux qui ont été investigués, sont cohérents avec la nature des sources potentielles qui ont été recensées au stade du volet historique et documentaire du diagnostic initial.

Cf. partie 6.5.5.

6.4.8. Limites / Incertitudes sur les données disponibles au stade du présent PG

Les incertitudes spécifiques sont liées aux zones non accessibles dues à la présence de réseaux ou des caractéristiques des bâtiments et aux 6 sources potentielles de pollution historiques retenues mais non localisées.

La nature des sols avec des refus sur certains sondages ne nous permettant pas d'atteindre la profondeur souhaitée.

Les concentrations au droit des cuves de FOD et de la station de traitement des eaux ne sont pas connues.

Les incertitudes liées aux extensions en limites de site sont à prendre en compte au nord et nord-est de la zone des cuves à FOD et à l'ouest et au nord de la zone de la station de traitement des eaux.

La zone impactée en PCE/TCE au droit du SHEDS a été définie en fonction des investigations réalisées et la délimitation des sources historiques retenues.

Les propriétés physico-chimiques propres aux solvants chlorés rendant difficile leurs mesures :

- Volatilité importante ;
- Viscosité faible ;
- Adsorption faible sauf sur matière organique.

6.5. Synthèse des essais laboratoire et terrain réalisés dans le Plan de Conception des Travaux

Pour rappel, à l'issue du Plan de Gestion réalisé en 2022, les 3 scénarios de gestion suivants avaient été retenus :

- Scénario 1 : Option Biodégradation/ Bioventing zones HCT (insitu) + Sparging Venting zones COHV (insitu) : il comprend 100% de traitement in situ avec une durée estimative entre 12 et 18 mois ; l'application de cette technique était sous réserve des résultats de l'étude de faisabilité (PCT Plan de Conception de Travaux) ;
- Scénario 2 : Option Biodégradation/ Bioventing zones HCT (insitu) + Biodégradation/ Venting zones COHV (insitu) : il comprend 100% de traitement in situ avec une durée estimative entre 24 et 36 mois ; l'application de cette technique était sous réserve des résultats de l'étude de faisabilité (PCT Plan de Conception de Travaux) ;
- Scénario 3 : Option Biodégradation/ Bioventing zones HCT (insitu) + Oxydation ou réduction/ Venting zones COHV (insitu) : il comprend 100% de traitement in situ avec une durée estimative entre 9 et 18 mois ; l'application de cette technique était sous réserve des résultats de l'étude de faisabilité (PCT Plan de Conception de Travaux).

Dans ce cadre, des essais laboratoire et terrain avaient été réalisés en 2023 dans le cadre d'un Plan de Conception des Travaux (PCT).

Le Plan de Conception des Travaux vise à valider et sécuriser les scénarios de gestion retenus en :

- Apportant des réponses aux enjeux de faisabilité technique et financière liés aux scénarios de réhabilitation ;
- Aidant au dimensionnement des travaux ;
- Limitant les aléas et réduisant les incertitudes.

B111 : Essais en laboratoire

Les essais en laboratoire ont pour objectif de sécuriser le choix de la stratégie de dépollution en permettant :

- D'évaluer la faisabilité technique d'un traitement ;
- De comprendre et d'identifier les facteurs clés permettant la maîtrise de la technique de dépollution ;
- D'identifier les aléas et les facteurs de risques permettant d'écarter les techniques qui pourraient se révéler inappropriées sur le plan technique et/ou économique ;
- D'apporter des éléments de dimensionnement pour la réalisation d'un pilote sur site ou la mise en place d'une installation de traitement.

Les essais laboratoire réalisés dans le cadre du PCT sont les suivants :

Partenaire sous-traitant : société ESTRALAB

- Caractérisations préalables des échantillons reçus ;
- Biodégradation anaérobie (technique 6 Estrapol) ;
- Essais d'oxydation chimique (technique 7 du guide Estrapol) ;
- Essais de réduction chimique (technique 8 Estrapol) ;
- Essais de dégradation biologique aérobie (technique 5 Estrapol).

La synthèse des résultats de ces essais laboratoire est rappelée ci-dessous.

Les sols reçus des zones HCT et COHV sont issus de la zone de battement de la nappe. Ils présentent un faciès de marnes plus ou moins graveleuses.

En zone HCT, l'impact est porté par les sols, les eaux étant peu impactées. La majorité de l'impact est situé en fraction C16-C22 et les sols présentent un déficit en azote.

En zone COHV, l'impact est porté par les eaux, les sols étant peu impactés. Le PCE est majoritaire mais on observe également les produits de décomposition partielle.

Les caractéristiques générales des milieux sont :

- Un pH du sol SC1-2 basique à 9,45 tandis que les eaux de nappe présentent un pH neutre ;
- Une teneur en fer élevée dans les sols, égale à 14,8g/kg. Ce fer présente une faible solubilité au pH/Redox considéré conformément aux équilibres de référence ;
- Un potentiel redox des eaux assez élevé, égale à 190-215mV ;
- Des eaux assez peu chargées en sulfates, plus chargées en carbonates et chlorures conduisant à une conductivité significative sans être très élevée.

ZONE HCT

- Des sols impactés en HCT autour de 1631 mg/kg MS largement positionnés sur la tranche C16-C22 ;
- Des eaux peu chargées hors des traces de chlorés.

ZONE COHV

- Des eaux impactées en COHV à 7,16mg/L avec une majorité de PCE mais également ses produits de décomposition tels que le 1,2-Cis DCE et Chlorure de vinyle ;
- Des sols peu ou pas chargés en HCT, COHV, etc... ;
- Une concentration en Arsenic brut significative dans les sols à 11,8 mg/kg MS.

Les essais d'oxydation réalisés sur les sols et les eaux souterraines en zone COHV et HCT ont montré qu'un traitement par oxydation était efficace pour :

- Abattre les Solvants Chlorés par utilisation de permanganate ou de persulfate activé soude ;
- Abattre les HCT par utilisation de permanganate ou de persulfate activé fer.

Les essais de dégradation biologique aérobie au laboratoire en zone HCT indiquent que :

- L'oxygénation des eaux permet de déclencher une respiration importante signe d'une bonne activité bactérienne,
- Selon la respiration, 45% du carbone de la matière organique aurait été digéré en 3 mois soit l'équivalent de 700mg/kg d'HCT si toute la dégradation est orientée vers les HCT. Ceci conduirait à un abattement de 43%.
- Le taux de respiration montre un sol assez actif ce qui est favorable à un traitement par bio sparging. Les abattements obtenus en essai sur 3 mois sont situés entre 45 et 56% que ce soit en bullage ou avec H2O2/urée. Toutefois, ces abattements sont proches des témoins mis en œuvre. Les deux solutions pourraient donc être mises en œuvre.

Les essais de réduction et bio anaérobies réalisés au laboratoire en zone COHV sont difficiles à interpréter car les blancs présentent des abattements comparables à ceux observés en essais. Toutefois, on peut noter que :

- La réduction chimique directe par fer nano est efficace ;
- La biodégradation anaérobie par apport de matière carbonée permet d'imposer un milieu réducteur ;
- L'EHC n'impose pas un redox très négatif et n'est donc pas a priori optimum.

A ce stade et sur la base des résultats d'essais laboratoire, il est proposé de retenir **la voie oxydation pour un traitement In Situ en zone saturée**.

Les essais d'oxydation ont montré pour les deux zones l'efficacité de cette voie de traitement avec :

- En zone COHV : un dosage efficace à 0,75% en permanganate ou en Persulfate activé soude conduisent à des abattements de plus de 95% ;
- En zone HCT : un dosage efficace à 1,5% en permanganate ou en persulfate activé fer conduisent à des abattements anticipés de 70% à 75%.

B112 : Essais de terrain

Les essais de terrain ont pour objectif de sécuriser le choix de la stratégie de dépollution en permettant :

- D'évaluer la faisabilité technique d'un traitement ;
- D'identifier l'adéquation entre la stratégie retenue et les contraintes du site à traiter ;
- D'acquérir des données pour optimiser le dimensionnement des travaux de dépollution ou de l'installation de traitement ;
- De se placer dans les conditions réelles de mise en œuvre des travaux de dépollution.

Les essais terrain réalisés dans le cadre du PCT sont les suivants :

Partenaire sous-traitant : société ENGLOBE

- Essai de sparging ;
- Essai de venting ;
- Essai de traitement sparging-venting « longue durée » ;
- Essais de pompage des eaux souterraines ;
- Essais d'injection dans l'aquifère (slug test).

L'essai de sparging permet de définir :

- Les pressions adéquates pour le sparging sont comprises entre 250 et 300 mbar ;
- Le débit mesuré en tête d'ouvrage pour une pression d'injection de 300 mbar est de l'ordre de 15 m3/h.

Le milieu ne semble pas être limitant pour l'application d'un traitement par sparging.

Le rayon d'action du sparging au droit de l'ouvrage testé est compris vraisemblablement entre 1,5 et 2,5 m ce qui est cohérent avec la valeur théorique attendue.

Un traitement en venting – sparging pourrait mener à des élévations du niveau statique supérieures à 30 cm.

D'après l'interprétation des résultats de l'essai de venting, le rayon d'influence du puits de venting se situerait entre 3 et 3,5 m pour une mise en dépression de - 80 mbar appliquée sur l'ouvrage d'extraction.

L'essai de traitement longue durée a permis de conclure que le traitement par venting-sparging est efficace et que les quantités récupérées pourraient être significatives.

Le rayon d'influence est estimé à environ 5 m de distance du puits de pompage.

Représentativité de la zone d'étude à l'échelle du site

La zone d'étude a été choisie à l'écart des sous-sols et des réseaux enterrés. Les nombreux sous-sols présents au droit du site peuvent induire des comportements locaux de la nappe différents.

La zone est située en aval du site avec la colonne d'eau plus réduite.

Débit de pompage

Pour les essais de pompage longue durée, une bonne stabilisation des courbes de rabattement est observée, les résultats suggèrent que l'aquifère a une capacité d'extraction par pompage de plus de 15 l/min. Cependant, à ces débits le rabattement disponible dans le puits est faible (< 2m). La profondeur de l'ouvrage de pompage est cependant limitée par la profondeur des argiles vertes (mur de la nappe). Un pompage à 50 l/min dénoie rapidement la nappe. Pour une construction de puits similaire à celle des essais, un débit de pompage de l'ordre de 15 l/min semble donc adapté.

Rayon d'influence

Pour les débits variants entre 10 et 15 l/min, le rayon d'influence est estimé à 5 m de distance par rapport au puits de pompage pour les deux essais.

Perméabilité

Les valeurs de la conductivité hydraulique moyenne semblent être homogènes avec des valeurs de l'ordre de 1×10^{-5} m/s.

En revanche, à partir des résultats de slug test réalisés sur le puits de pompage (PI1) une conductivité hydraulique de l'ordre de 1×10^{-6} m/sec est obtenue.

Les principales conclusions des essais de terrains qui ont pu être réalisés sont les suivantes :

- **Sparging** : les paramètres d'injection du sparging sont de 15 m³/h / 300 mbar. Le rayon d'influence du puits de sparging est de l'ordre de 2 m. L'influence du sparging sur la nappe entraîne une hausse d'environ 20 à 30 cm sur une distance de plus de 4 m du puits ;
- **Venting** : le milieu sol ne semble pas limitant dans les conditions habituelles de venting, un débit de pompage de 80 m³/h sur 4 puits est stable sur une longue durée de fonctionnement ;
- Traitement par **venting / sparging** de la zone de pollution : le traitement par venting / sparging de la zone pollution permet une récupération efficace des composés ciblés par le traitement (COHV et en particulier PCE et TCE).

6.6. Synthèse de l'interprétation de l'état des milieux hors site (IEM)

Les investigations réalisées hors site, lors des campagnes réalisées en 2022, 2023 et 2024, ont confirmé la présence d'anomalies en solvants chlorés dans les eaux souterraines essentiellement en tétrachloroéthylène et trichloroéthylène.

Selon les données disponibles, aucune activité historique comprenant l'usage de solvants chlorés et pouvant justifier la présence de ces substances dans les eaux souterraines n'a été découverte sur les parcelles voisines localisées en aval hydrogéologique du site PVP.

Les études réalisées **Hors Site** indiquent un transfert des contaminants (de tétrachloroéthylène et de trichloroéthylène) provenant du site PVP. Néanmoins, les concentrations diminuent significativement à distance du site PVP, avec des teneurs 10 à 100 fois moins élevées que celles observées sur les ouvrages du site PVP, suggérant une atténuation naturelle ou une mobilité limitée de la nappe. De plus, Il a été observé des répartitions en solvants chlorés hétérogènes sur l'ensemble des ouvrages investigués. La présence d'autres sources en COHV hors site indépendantes de l'activité d'Air France n'est pas exclue.

A ce jour, l'étendue du panache en solvants chlorés n'est pas connue.

Une interprétation de l'état des milieux a été réalisé en 2022, au droit des sites voisins à l'aval hydrogéologique du site PVP. Cf. rapport 22 910 LSO 10128 00 S_IEM.

Pour les usages fixés hors site, en considérant les pollutions mesurées en place, le calcul de risque sanitaire indique que pour le scénario considéré, les risques toxiques et cancérogènes sont acceptables.

Conformément à la demande de la DRIEAT daté du 22 juin 2023, réf. D2023-0619, Air France réalise une surveillance environnementale des eaux souterraines hors du site depuis octobre 2023. Cette surveillance des eaux souterraines est prévue sur une période de 4 ans. Afin, de réaliser un bilan quadriennal (synthèse des 4 ans de suivi des eaux souterraines) ; cette prestation est codifié BQ dans la norme NFX 31-620-2 de décembre 2021.

6.7. Identification des enjeux à protéger

Le tableau ci-dessous précise en synthèse quels sont les milieux retenus et leurs caractéristiques connues (jugés pertinents au regard du contexte) en terme de vulnérabilité et sensibilité à l'issue des prestations préalables (base du Schéma Conceptuel).

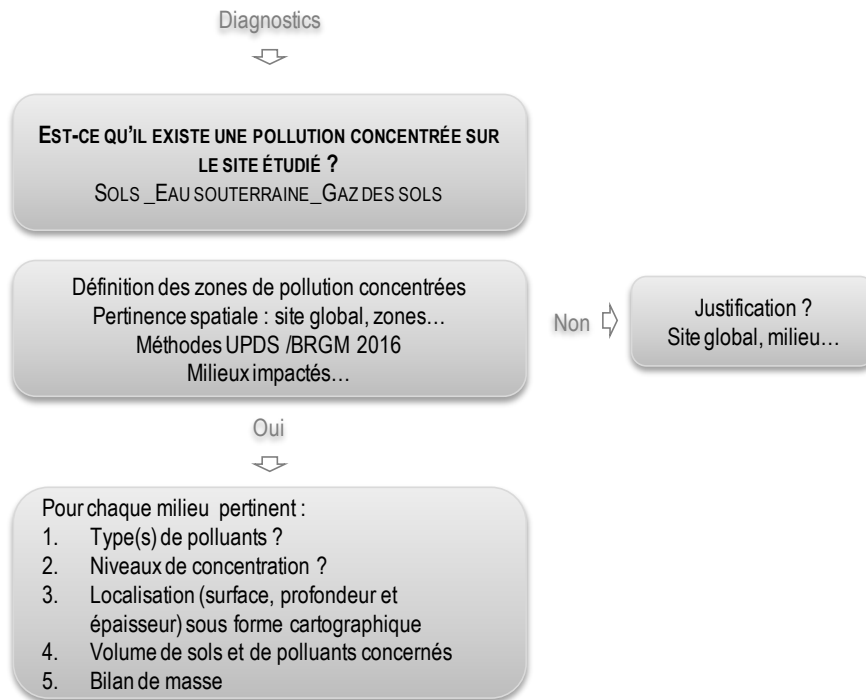
Milieux	Caractéristiques principales	Vulnérabilité (degré de protection du milieu)	Sensibilité (usage)	Milieu retenu ?	Population exposée ?
Sols (géologie)	Formation Géologique régional : Limons des plateaux / Calcaire de Brie. Synthèse globale des lithologies suite aux constats de terrain : Remblais et limons (~0-1,5m) / Argile (~1,5-3m) / marnes (type calcaire de brie) (~3-9m)/ marnes vertes (>9m). Triangle granulométrique réalisé de 0 à 4m/sol (cf. rapport DIAG) : Sol principalement limoneux en profondeur (2-4 m/sol) et limoneux-sableux en surface (0-2 m/sol)	Compte tenu de la lithologie de sols en place en surface, le milieu SOL est vulnérable .	Futur Bassin d'infiltration, pas de terrain nu.	OUI	Aucune
Eau souterraine (hydrogéologie)	Nappe superficielle libre des calcaires de brie repose sur les marnes vertes. L'écoulement est globalement en direction du Nord / Nord-Nord-ouest. La nappe est rencontrée à partir de 5 m de profondeur / TN (environ + 86 m NGF) jusqu'à 9-10m/TN (socle marne verte) Porosité totale estimé = 40%	Compte tenu de la profondeur de l'aquifère et absence de terrain imperméable en surface, la nappe apparait vulnérable .	Pas d'usage spécifique prévu sur site	OUI	Aucune
Gaz des sols	Les gaz de sols étudiés se situent dans la zone non saturée : Lithologies de sols associés : Remblais hétérogènes / Limons argileux / Sables	Compte tenu de la lithologie poreuse des sols de la zone non saturée, le milieu GAZ DES SOLS est vulnérable .	Futurs Bureaux	OUI	Travailleurs Adultes

Tableau 6 : Synthèse des caractéristiques connues des milieux retenues, base du Plan de Gestion

CHAPITRE 7 : DELIMITATION SPATIALE DES ZONES DE POLLUTION(S) CONCENTREE(S)

7.1. Démarche générale

La démarche de définition de la pollution concentrée est la suivante :



7.2. Définition

La définition de la « pollution concentrée » est proposée dans le guide UPDS mis à jour en avril 2016 :

Pollution concentrée

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.

Le milieu souterrain comprend les sols, les eaux souterraines, les gaz du sol. Les substances peuvent y être présentes en phase organique (ou phase huile ou NAPL (Non Aqueous Phase Liquid)), dissoute, adsorbée, gazeuse.

La pollution concentrée ne peut être définie ni par les transferts, ni par les enjeux sanitaires et/ou environnementaux. Le constat de l'existence d'une pollution concentrée doit conduire prioritairement à son traitement sans calcul préalable de risques sanitaires et/ou de notion de transferts.

7.3. Méthodes existantes

La « boîte à outils » proposée par l'UPDS est constituée des six méthodes d'interprétation des données de terrain et de laboratoire les plus couramment utilisées par la profession. Ces méthodes permettent de caractériser et d'identifier une pollution concentrée dans la zone non saturée ou dans la zone saturée.

Les outils méthodologiques sont les suivants (cf rappel présentation en annexe 3) :

- Méthode n°1 - interprétation des constats de terrain ;
- Méthode n°2 - analyse statistique ;
- Méthode n°3 - détermination de la présence d'une phase organique ;
- Méthode n°4 - cartographie fondée sur des méthodes déterministes ;
- Méthode n°5 - bilan massique fondé sur des méthodes déterministes (cf. également Loi Pareto Guide BRGM 2016) ;
- Méthode n°6 - approche intégrée géostatistique.

Le tableau suivant rappelle la relation entre les méthodes proposées et leurs objectifs et celles retenues pour la présente prestation.

Objectifs	Indice qualitatif d'une PC*	Définition d'un seuil de coupure	Visualisation 2D ou 3D de la PC*	Estimation du volume de sols PC*	Estimation du volume de polluant
Méthode n°1 : interprétation des constats de terrain	✓ sols, eaux				
Méthode n°2 : analyse statistique		✓ sols, eaux			
Méthode n°3 : détermination de la présence d'une phase organique					
Méthode n°4 : cartographie fondée sur des méthodes déterministes (outils logiciels...)					
Méthode n°5 : bilan massique fondé sur des méthodes déterministes		✓ sols, eaux		✓ sols, eaux	✓ sols, eaux
Méthode n°6 : approche intégrée géostatistique (3D/ probabilité...)					

*PC : Pollution Concentrée / Méthode n°5 : cf. Loi Pareto sol Guide BRGM 2016)

	Capacité de la méthode
✓ Sols	Méthode retenue par Apave pour cette étude avec milieux associés

Tableau 7 : Méthodes de définition d'une pollution concentrée (extrait guide UPDS) et celles retenues par milieux

Conformément à la méthodologie nationale, aux guides de référence et à la norme NFX31-620-3, l'identification et la quantification des sources de pollution et des pollutions concentrées sont réalisées par (de façon spécifique et pertinente à ce site) :

- l'interprétation des constats de terrain et les indices organoleptiques ;
- l'analyse statistique ;
- l'utilisation d'une méthode d'interprétation cartographique (interpolation, carte d'iso-concentration) ;
- la réalisation d'un bilan massique.

7.4. Notion de seuils de coupure

L'objectif de ces méthodes est de déterminer un seuil de coupure « théorique », au-dessus duquel il serait intrinsèquement intéressant de traiter ces sols en retirant un maximum de la masse de polluant, tout en ne traitant qu'un volume de sol limité.

NB : Ces seuils de coupure sont évalués indépendamment :

- de la mobilité des polluants ;
- des techniques de dépollution disponibles ;
- des usages du site, des aménagements actuels ou futurs ;
- des objectifs de qualité des milieux ;
- des risques sanitaires ;
- des aspects financiers.

NB : Lorsque les graphiques ne permettent pas de mettre en évidence des seuils de coupure, cela peut correspondre :

- à la présence de zones de pollutions ponctuelles. La démarche est alors à mettre en œuvre au niveau de chacune de ces zones, en adaptant si nécessaire les diagnostics. Des seuils spécifiques à chacune de ces zones peuvent ainsi être identifiés, ce qui permet de les traiter indépendamment les uns des autres et de hiérarchiser les mesures de gestion.

7.5. Choix des milieux

La démarche de définition de la pollution concentrée est appliquée aux milieux :

- Sol ;
- Eau souterraine.

IMPACTS EN HYDROCARBURES

Le milieu Sol est retenu pour la définition des pollutions concentrées en Hydrocarbures (HCT C10-C40) au droit de deux zones distinctes, correspondantes aux deux cuves de FOD inertes et à la station de traitement des eaux.

Les deux zones impactées aux hydrocarbures ont pour origine deux sources distinctes et ponctuelles (cuves) ce qui permet de les séparer du bruit de fond liées aux activités de la zone industrielle.

Pour optimiser le traitement des résultats, les données des deux zones seront traitées conjointement et un seul seuil de coupure en HCT C10-C40 sera défini pour ces deux zones.

Les pollutions en HAP et BTEX liées aux impacts en hydrocarbures seront traitées par la suppression des impacts en HCT C10-C40, considérés comme paramètre pénalisant.

Considérant un impact limité en limite de site, le traitement des pollutions concentrées dans les sols permettra de supprimer l'alimentation de la pollution et l'atténuation naturelle des transferts / échanges entre le sol, la nappe et les gaz du sol.

Les deux zones concernées ont été définies selon la zone d'influence de la source associée, les données disponibles en périphérie des sources (investigations sans anomalie) et la prise en compte des limites du site.

Les périmètres des deux zones sont présentés ci-dessous :

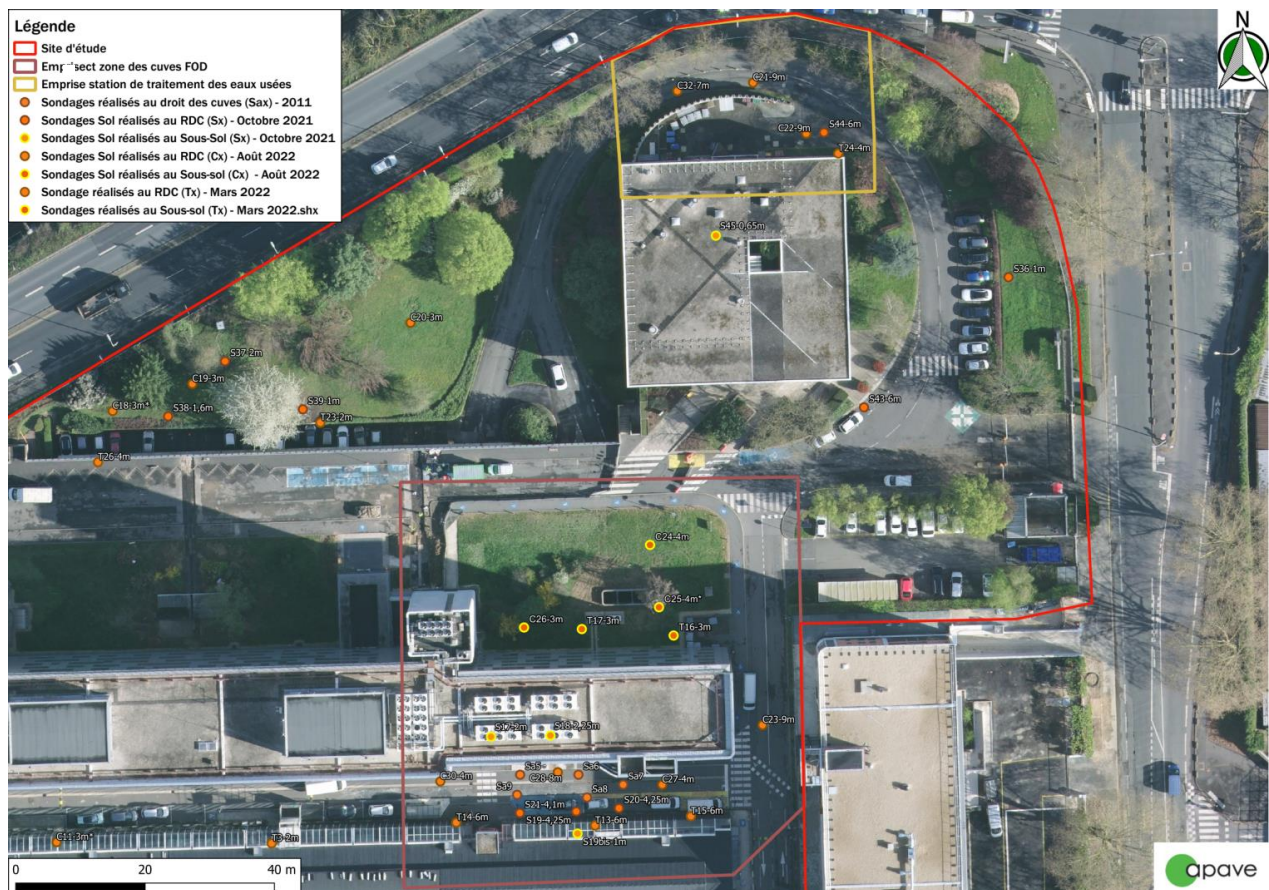


Figure 21 : Périmètres des zones d'anomalies concentrées en HCT C10-C40 pour les cuves de FOD et la station de traitement des eaux

IMPACTS EN SOLVANTS CHLORES

Le milieu eau souterrain présente des impacts nécessitant des mesures de gestion. Les paramètres PCE/TCE sont retenus comme les plus pénalisants. Ce milieu est considéré comme la source des transferts vers les gaz des sols.

Les paramètres de décomposition (1,2-DCE et CV) seront traités par la suppression des impacts concentrés en PCE/TCE, considérés comme paramètres pénalisants.

Le milieu Sol est impacté très ponctuellement en PCE/TCE avec un jeu de données limité et peu exploitable du fait des propriétés volatiles des solvants, le traitement de cette zone source ponctuelle sera associé au traitement de la nappe par du venting (insitu) ou un curage ponctuel.

Le traitement des pollutions concentrées dans les eaux souterraines limitera les impacts dans le milieu gaz du sol. De plus, au vu des propriétés des COHV et du faible rayon d'influence d'un piézai le milieu gaz du sol n'est pas jugée pertinent pour la définition d'un seuil de coupure. Le traitement des gaz sera traité avec le traitement de la nappe.

7.6. SOL_HCT_Interprétation des constats de terrain

Cf. présentation de la méthode en [annexe 3](#).

7.6.1. Objectif

Les constats de terrain représentent une pièce maîtresse dans la définition d'une pollution : ce sont les premiers éléments recueillis lors d'une phase d'investigation de terrain. Ils permettent d'approcher la réalité du terrain, dans tout ce qu'elle peut avoir de différent des informations documentaires collectées auparavant (étude historique, profil géologique...)

7.6.2. Zones Cuves de FOD et Station de traitement des Eaux

Zone	Sondage	Tranche (m/sol)	Faciès lithologique	Constat visuel	Indice organoleptique	PID (ppm)
Station de traitement	C21	5 à 5,5	M	Beige	Odeur d'hydrocarbures	11
	C21	5,5 à 6,5	M	Noir	Odeur d'hydrocarbures	100
	C22	5 à 6	CaL	Gris	Odeur d'hydrocarbures	0
	C22	6 à 7	LM	Noir	Odeur d'hydrocarbures	168
	C22	7 à 8	LM	Noir	Odeur d'hydrocarbures	48
	C32	5 à 6	M	Beige noir	Odeur d'hydrocarbures	176
	C32	6 à 7	M	Beige noir	Odeur d'hydrocarbures	6
	S44	4 à 6	M	Gris beige	Odeur d'hydrocarbures	72
Cuves FOD	PZ21	2,6 à 9	M	Beige grisâtre	odeur d'hydrocarbures et eaux usées	60
	T16	2,5 à 3*	LA	Gris beige	Odeur d'hydrocarbures	42
	T17	1,5 à 3*	M	Orangé Gris beige	Odeur d'hydrocarbures	23
	C23	6,6 à 7	M	Gris à noir	Odeur d'hydrocarbures	55,7
	C23	7 à 8	M	Gris	Odeur d'hydrocarbures	15,1
	C23	8 à 9	M	Gris beige	Odeur d'hydrocarbures	7,8
	C24	1,5 à 2*	LA	Beige	Odeur d'hydrocarbures	314
	C24	2,1 à 2,7*	LA	Noir	-	298
	C26	2 à 3*	AS	Beige	Traces et odeur d'hydrocarbures	45
	C28	4 à 5	M	Gris	Odeur d'hydrocarbures	83
	C28	5 à 6	M	Gris	Odeur d'hydrocarbures	44
	C28	6 à 7	M	Gris	Odeur d'hydrocarbures	125
	C28	7 à 8	M	Gris	Odeur d'hydrocarbures	109
	C30	0,4 à 1	L	Marron beige	Passage noirâtre	0,7

Légende :

M : Marne / AS : Argile sableuse / CaL : Calcaire altéré limoneux / L : Limon / LA : Limon argileux / LS : Limon sableux

* : sondages réalisés au sous-sol

Tableau 8 : Constats organoleptiques de terrain les plus significatifs

L'analyse des constats de terrain fait ressortir des teneurs en composés volatils (mesures au PID) et indices organoleptiques suspects (couleur et odeurs) principalement au droit et autour des sondages C21, C22 et C32 pour la zone de la station de traitement des eaux et des sondages C23, C24, C26, C28, C30 pour la zone des deux cuves de FOD.

La répartition géographique de ces constats de terrain est présentée sur les figures 21 et 22.



En complément des constats de terrain réalisés sur le milieu sol, il est intéressant de mentionner pour recoupement, les constats de terrain effectués aux points investigués dans les piézomètres PZ1, PZ2, PZ3, PZ21 et le piézair : Pza29.

Piézomètres	PID (ppm)	Indice organoleptique
Pz1	0,2	Irisation et odeur d'hydrocarbures
Pz2	0	Irisation et odeur d'hydrocarbures
Pz3	0,2	Irisation et odeur d'hydrocarbures
Pz21	14,7	-

Tableau 9 : Constats organoleptiques de terrain sur les eaux souterraines au droit des zones étudiées

Piézairs	PID (ppm)
Pza29	19,6

Tableau 10 : Constats organoleptiques de terrain les plus significatifs sur les gaz de sol au droit des zones étudiées

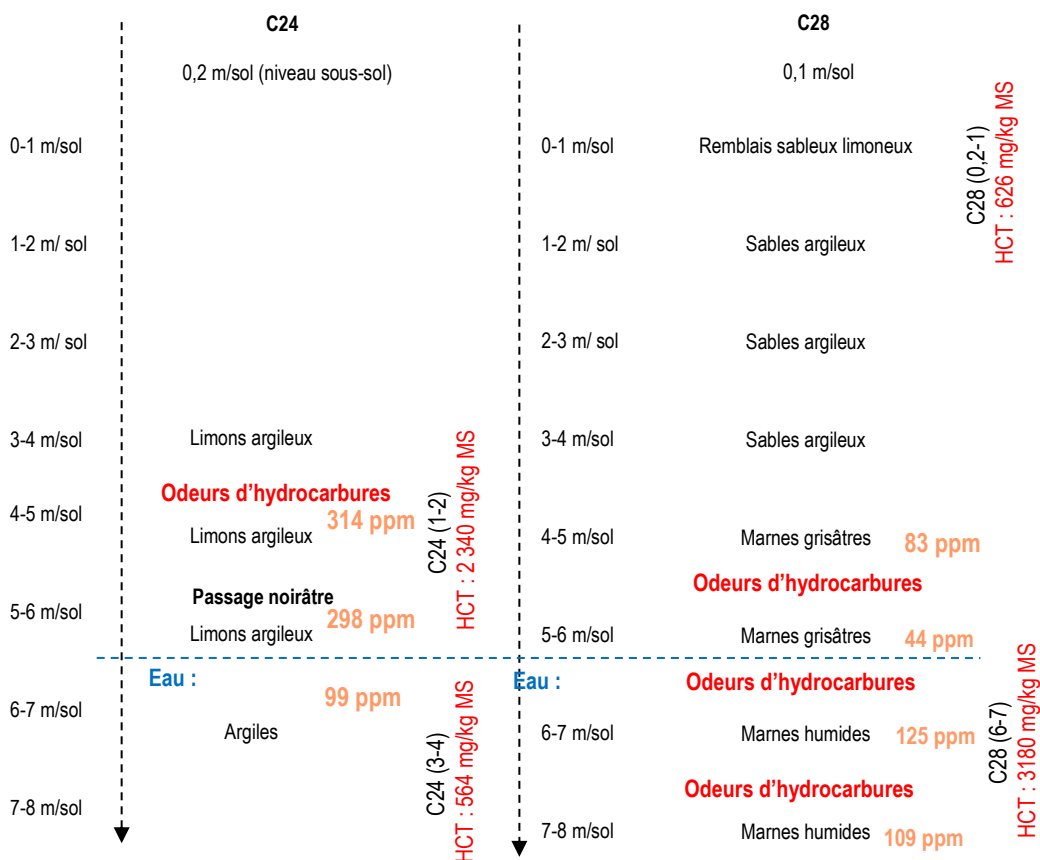


Figure 24 : Profil des observations organoleptiques les plus significatives

Les observations organoleptiques les plus significatives sont localisées au droit des deux périmètres définis pour les zones des deux cuves de FOD et la station de traitement des eaux

Les observations organoleptiques les plus significatives sont relevées principalement sur des profondeurs comprises entre 5 et 7 m pour la zone de la station de traitement des eaux et entre 4 et 8 m pour la zone des deux cuves de FOD.

De 2015 à 2022, un suivi piézométrique et un bilan quadriennal ont été réalisés sur les ouvrages Pz1 à Pz3 par la société ARCADIS. L'épaisseur maximale de battement de la nappe est d'environ 1,22 mètre au droit de la zone de deux cuves de FOD.

Les observations organoleptiques les plus significatives se situent au niveau de la frange capillaire pour les deux zones concernées.

7.7. SOL_Analyse statistique

Cf. présentation de la méthode en annexe 3.

7.7.1. Objectif

L'objectif de l'analyse statistique est de caractériser la présence d'un éventuel bruit de fond et/ou de valeurs anormales significativement différentes dans la distribution des concentrations. Elle doit donc permettre de rechercher et distinguer les différentes populations de valeurs présentes et, in fine, de proposer un seuil de coupure pour la pollution concentrée, basé sur les différentes populations de valeurs qui auront pu être identifiées.

7.7.2. Statistiques élémentaires_SOL_HCT C10-C40_ Zones spécifiques

Les calculs statistiques élémentaires sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Présentation des données exploitées pour l'analyse statistique	
Unité statistique (objet de l'analyse stat.)	Zone cuves FOD : Analyses HCT C10-C40 des échantillons de sols tous horizons mg/kg MS + Zone station de traitement des eaux : Analyses HCT C10-C40 des échantillons de sols tous horizons mg/kg MS
Population analyse statistique (nbre)	96 : pour les deux zones en lien avec les 2 sources : Cuves de FOD et station de traitement des eaux tous horizons (0-8m/sol)
Représentativité de l'analyse stat. (cohérence et homogénéité de la population) <i>Population > 20 valeurs à minima pour statistiques élémentaires</i>	Plan d'échantillonnage de type préférentiel (jugement) Echantillonnage : ponctuel Maille 50 m² Echantillon - analyse : 1/ml Population > 20 valeurs (minimum) Niveau lithologique : Remblais et limons (~0-1,5m) / Argile (~1,5-3m) / marnes (type calcaire de brie) (~3-9m)/ marnes vertes (>9m).

Selon les données exploitées les résultats de l'analyse statistique élémentaire sont présentés ci-dessous :

Descripteur	Zone Cuve FOD et Zone traitement des eaux HCT C10-C40 Tous horizons
[MOY]	498,9
[MAX]	7170,00
[MIN]	15,00
Médiane	50,1
Ecart type	1040,19
COEFF. VARIATION	2,08
Percentile 25	20
Percentile 50	50,1
Percentile 75	396
Percentile 80	747,6
Percentile 85	1270,5
Percentile 90	1785
Percentile 95	2418

[MOY] : Concentration moyenne [MAX] : Concentration maximale [MIN] : Concentration minimale

Tableau 11 : Analyse statistique élémentaire _ Sols_HCT C10-C40 zones cuves FOD et traitement des eaux

Commentaire : Les concentrations sont comprises entre 15 et 7170 mg/kg MS. L'écart type est important, il indique que les données sont dispersées autour de la moyenne. 80 % des données sont inférieures à ~800 mg/kg MS. Les percentiles 85 à 95 montrent des valeurs croissantes de 1270 à 2418 mg/kg MS.

7.7.3. Nuage de points_SOL_HCT C10-C40_Zones spécifiques

La figure ci-après présente la répartition sous la forme d'un nuage de points des concentrations mesurées en HCT C10-C40 dans les sols, de 0 à 8 mètres de profondeur, dans les zones des cuves FOD et de la station de traitement des eaux. Pour une meilleure lecture du graphique la valeur max de 7170 mg/kg MS n'est pas représentée et les concentrations ont été classées par ordre croissant.

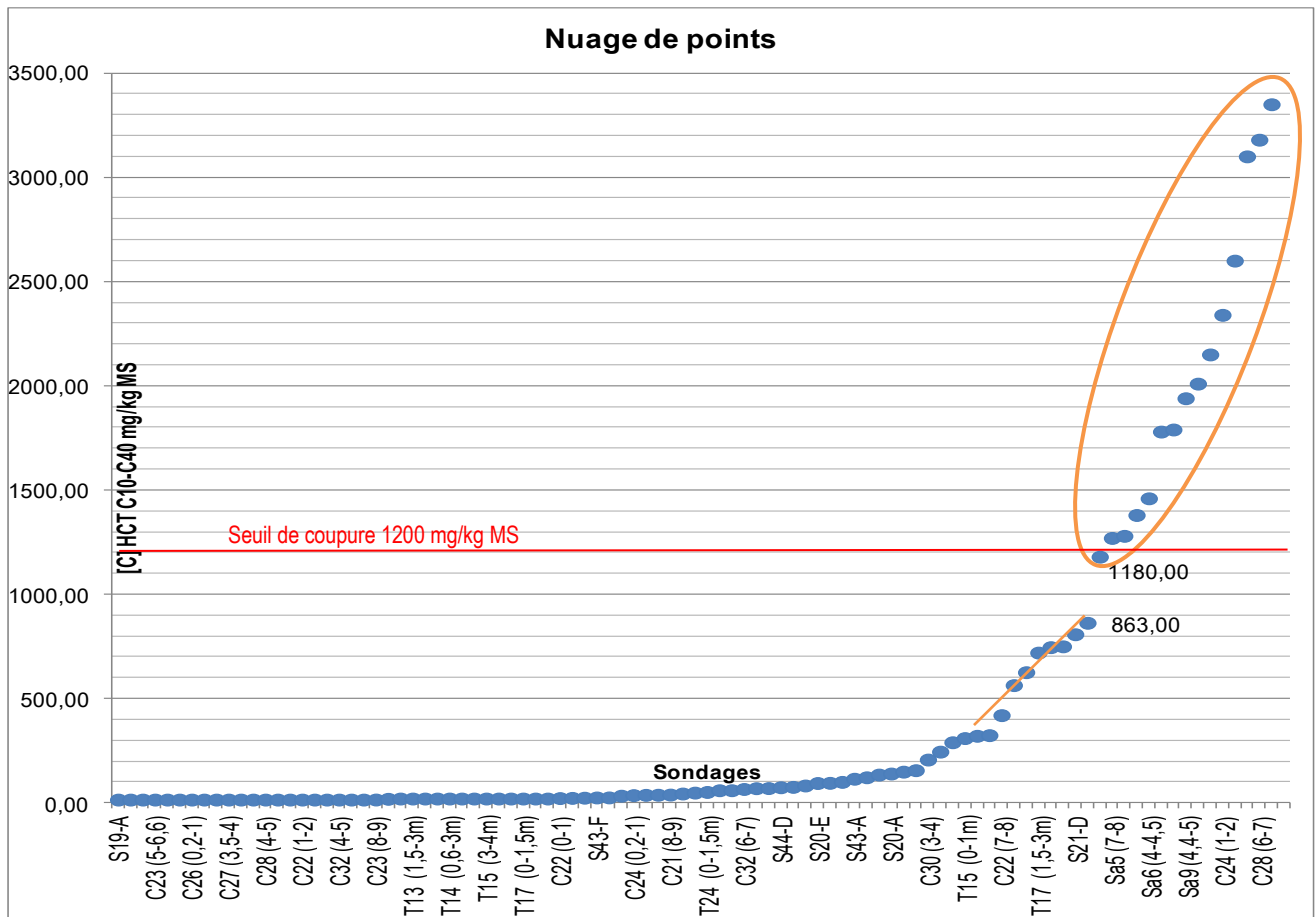


Figure 25 : Nuage de points_SOL_ [C] HCT C10-C40_Tous horizons (0-8m/sol)

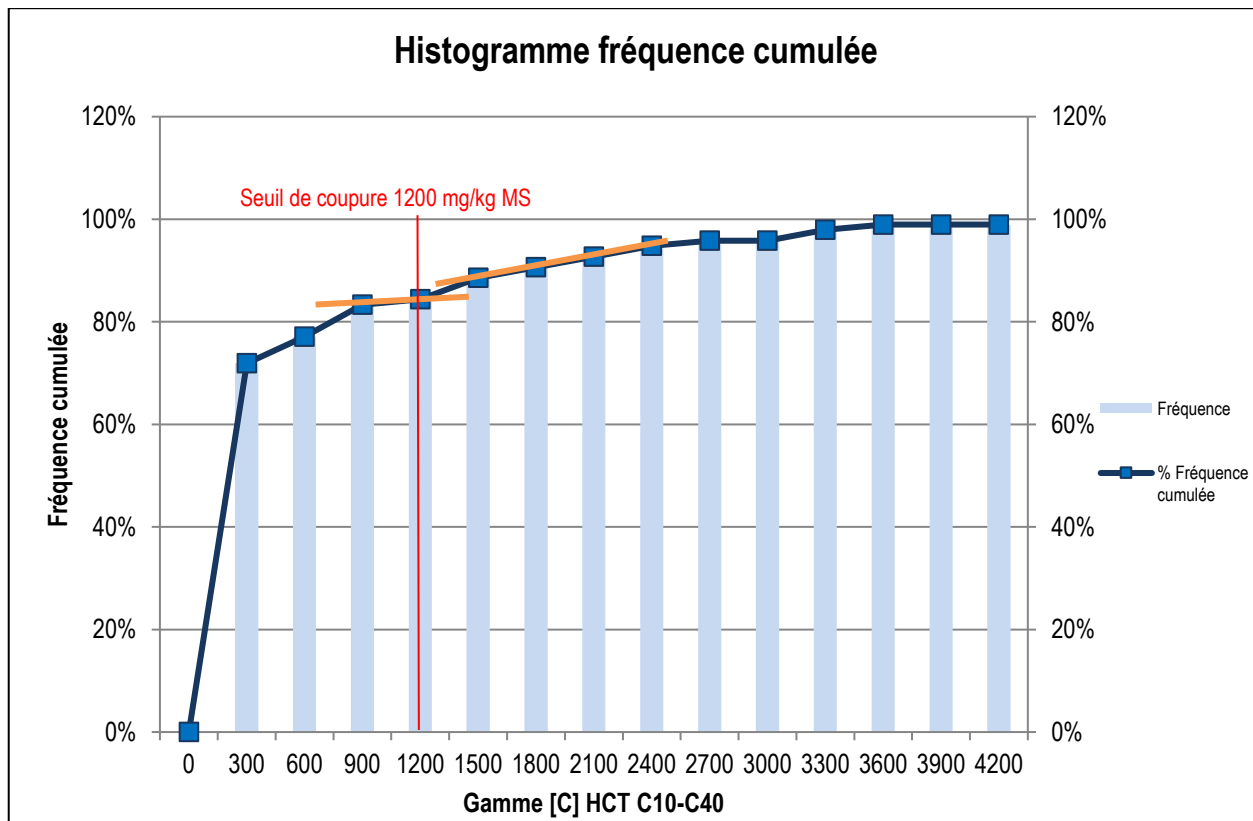
Commentaire :

En cohérence avec les résultats de statistique élémentaire la majorité des concentrations sont inférieures à ~800 mg/kg MS et peuvent être apparentées à un bruit de fond.

La répartition des données nous permet d'observer plusieurs gammes de population avec une première discontinuité à partir de 863 mg/kg MS puis des plages de données de 1200 à 1500 mg/kg MS, 1500 à 1800 mg/kg MS et supérieures à 2418 mg/kg MS.

7.7.4. Fréquence d'occurrence SOL_ HCT C10-C40_ Zones spécifiques

La figure et le tableau associé ci-après montrent les fréquences relatives et cumulées sur la plage de concentration 0 à 4200 mg/kg MS. Pour une meilleure lecture du graphique la valeur max de 7170 mg/kg MS n'a pas été prise en compte.



Gamme [C] HCT C10-C40	[C] HCT C10-C40	Fréquence cumulée	% Fréquence cumulée
[0-300]	0	0	0%
[300-600]	300	69	72%
]600-900]	600	74	77%
]900-1200]	900	80	83%
]1200-1500]	1200	81	84%
]1500-1800]	1500	85	89%
]1800-2100]	1800	87	91%
]2100-2400]	2100	89	93%
]2400-2700]	2400	91	95%
]2700-3000]	2700	92	96%
]3000-3300]	3000	92	96%
]3300-3600]	3300	94	98%
]3600-3900]	3600	95	99%
]3900-4200]	3900	95	99%
4200[	4200	95	99%

Figure 26 : Fréquences cumulées _SOL_ [C] HCT C10-C40 (niveau 0-8m/sol)

Commentaire : La fréquence cumulée permet de confirmer les observations précédentes de plusieurs gammes de populations observées à partir de 900 mg/kg MS avec une première gamme de données de 900 à 1200 mg/kg MS puis une seconde de 1500 à 2400 mg/kg MS.

7.7.5. Résultats de l'analyse statistique

Au terme de l'analyse statistique ayant porté sur une population d'échantillon au sein des zones des 2 cuves FOD et de la station de traitement des eaux ; sans préjuger pour l'instant, de l'éclairage complémentaire qui pourra être apporté par la cartographie par interpolation et le bilan massique, **il est suggéré un seuil de coupure théorique de 1200 mg/kg MS en hydrocarbures C10-C40, correspondant à la première gamme de population observée après les concentrations considérées comme bruit de fond. Ce seuil de coupure correspond au percentile 85.**

L'analyse statistique a fait intervenir les percentiles, les valeurs minimales et maximales, et des représentations graphiques (fréquences relatives et cumulées, répartition des concentrations) sur une population d'échantillons présentant une cohérence sur la typologie de source et de la typologie de matrice (faciès marneux).

7.8. SOLS_Bilan massique méthode déterministe (Loi Pareto SOL)

Cf. présentation de la méthode en annexe 3.

7.8.1. Objectifs

L'objectif du bilan massique est d'appréhender la masse d'un polluant ou d'un mélange de polluants présente au sein du milieu souterrain et d'un volume de sols associé. Il permet, au-delà de la concentration caractérisée, de définir la quantité de polluant présent au sein de media tels que les sols (zone non saturée), les gaz du sol ou les eaux souterraines (zone saturée).

Ce bilan permet de :

- Mettre en relation la masse de polluant et la masse de sol associée et donc de proposer une hiérarchisation des zones à traiter;
- Suggérer des seuils de concentration pour le traitement ;
- Relativiser la pollution d'un site ou d'une zone ;
- Ce bilan matière croisé à une cartographie, est un outil d'aide à la décision dans le choix du seuil.

7.8.2. Principe de Pareto

Appliqué au domaine des SSP, le principe de Pareto a pour objectif de répondre aux questions suivantes :

- « Jusqu'où dépolluer ? » ;
- « Puis-je éliminer 80 % d'une problématique en traitant 20 % du volume d'une source ? ».

Il définit *in fine* le volume à traiter pour supprimer une quantité significative de polluant (et donc de ses impacts) dans des conditions économiquement acceptables. Cette notion de Pareto permet de prendre pleinement en compte la notion de MTD (Meilleure Technique Disponible).

7.8.3. Plan de maillage et Bilan massique _SOL_HCT C10-C40_ Zones spécifiques

Dans le cadre de la présente étude, le bilan massique a été réalisé sur la base des 96 échantillons de sols.

La superficie des sous-unités a été déterminée par l'addition des zones d'influences théoriques associées aux sondages présents dans chaque sous-unité. La zone d'influence théorique des sondages a été déterminée en calculant, pour chaque sondage, la distance médiane avec les points qui l'entourent pour définir la superficie associée à chaque sondage (méthode dite des polygones de Thiessen). La méthode des polygones de Thiessen est une technique d'interpolation couramment utilisée. Elle repose sur la division du transect en sous-secteurs délimités par les lignes médianes entre les points de prélèvement. Ces sous-secteurs peuvent être sous la forme de :

- Rectangles si les points de prélèvement sont répartis uniformément dans l'espace,
- Polygones si les points de prélèvement ne sont pas répartis uniformément dans l'espace,

La concentration mesurée en chaque point d'un polygone est ensuite considérée comme étant la concentration présente de façon homogène dans chaque polygone.

Cette méthode a été appliquée aux deux zones concernées, soit la zone des cuves de FOD et la station de traitement des eaux.

Il est précisé que le périmètre défini pour la zone cuves de FOD varie pour l'épaisseur 0/ 3 m et 3/ 8 m à raison de la présence d'un niveau de sous-sols au droit des bâtiments entourant la zone source.

Les maillages présentés en annexe 4 ont été définis à l'aide du logiciel QGIS par pas de 1 mètre linéaire de 0 à 8 mètres de profondeur.

Sur la base des volumes de sol calculés (et masses déterminées selon les caractéristiques du milieu) et des concentrations moyennes arithmétiques estimées par couches de 0 à 8m, il est possible de calculer par maille, puis d'une manière globale, les masses de HCT C10-C40 dans les sols au droit des zones spécifiques.

NB : pour sécuriser le modèle, les valeurs inférieures à la limite de quantification ont été prises comme égales à celles-ci pour le calcul des indices de polluant.

En prenant en compte une densité moyenne du sol dans la zone non saturée de 1,85 et connaissant les volumes associés à chaque plage de concentrations, la masse de polluant peut être déterminée pour chaque plage de concentrations, comme présenté dans le tableau suivant.

Le tableau ci-dessous présente les données du bilan massique des HCT C10-C40 pour les zones des cuves de FOD et la station de traitement des eaux.

Plage mg kg MS HCT	Seuil de coupure mg/kg MS_HCT	Volume sol par plage (m3)	% Volume sol	Volume de sol cumulé (m3)	% cumulé volume sol	Tonnage sol (d=1,5)	Concentration moyenne / plage (mg/kg MS)	Masse polluant par plage (t)	% Masse polluant	Masse cumulée (T)	% Masse polluant cumulée	Ratio : %Masse polluant / %Volume sol
15-400	15	20659,37	69,26%	29829,0	100%	38220	207,50	7,93	22,1%	34,06	100,00%	0,32
400-800	400	2520,55	8,45%	9169,7	31%	4663	600,00	2,80	7,8%	26,12	77,88%	0,92
800-1200	800	974,83	3,27%	6649,1	22%	1803	1000,00	1,80	5,0%	20,19	70,08%	1,54
1200-1500	1200	1978,91	6,63%	5674,3	19%	3661	1350,00	4,94	13,8%	23,33	65,05%	2,08
1500-2000	1500	940,53	3,15%	3695,4	12%	1740	1750,00	3,04	8,5%	18,38	51,27%	2,69
2000-2500	2000	1099,57	3,69%	2754,9	9%	2034	2250,00	4,58	12,8%	15,34	42,78%	3,46
2500-3500	2500	1451,01	4,86%	1655,3	6%	2684	3000,00	8,05	22,5%	10,76	30,01%	4,62
3500-7500	3500	204,27	0,68%	204,3	1%	378	7170,00	2,71	7,6%	2,71	7,56%	11,03
		29829,05	100,00%	59631,9		55184		35,86	100,0%			

Tableau 12 : Tableau présentant les données du bilan massique réalisé – zone cuves de FOD et la station de traitement des eaux – polluant : HCT C10-C40

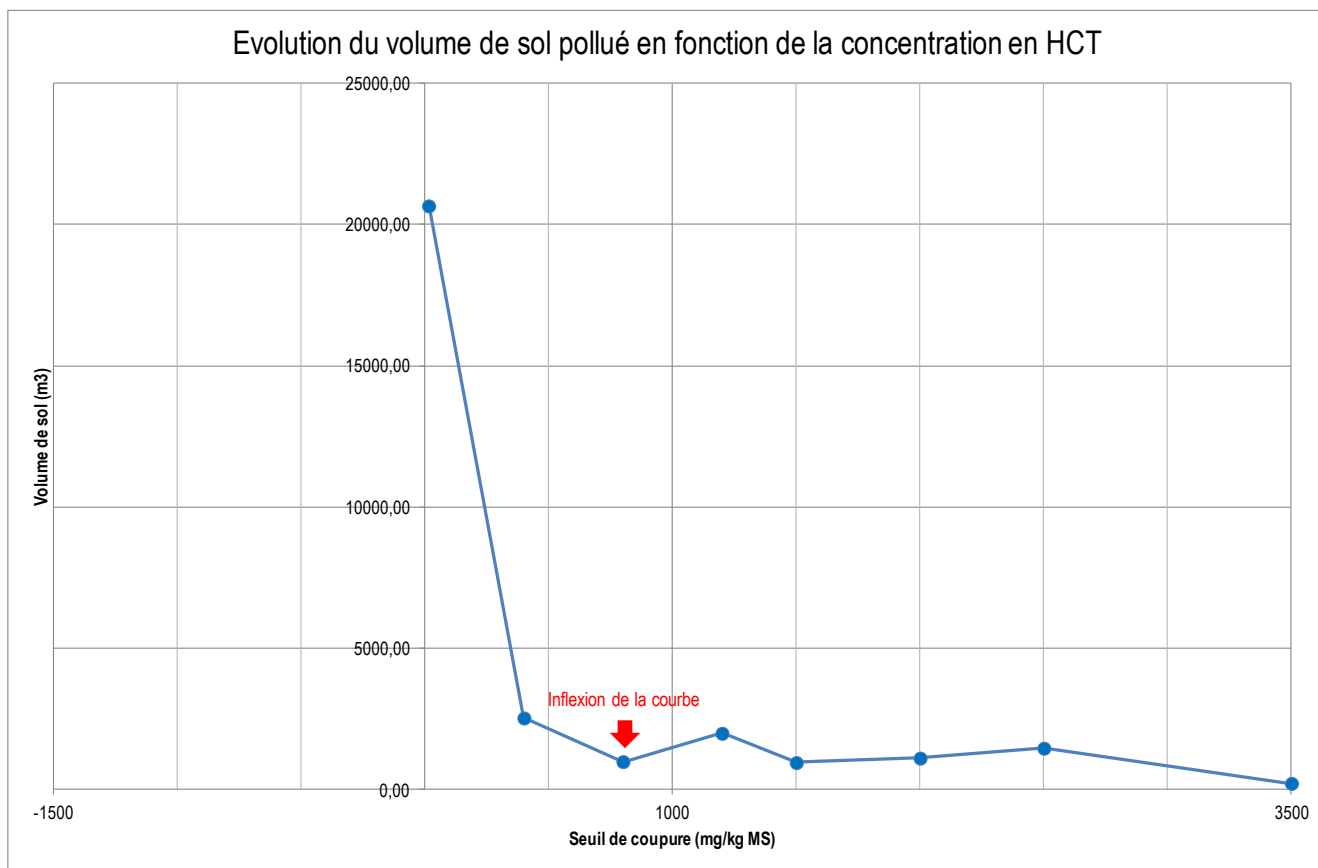


Figure 27 : Evolution du volume de sol en fonction du seuil de coupure (HCT C10-C40)

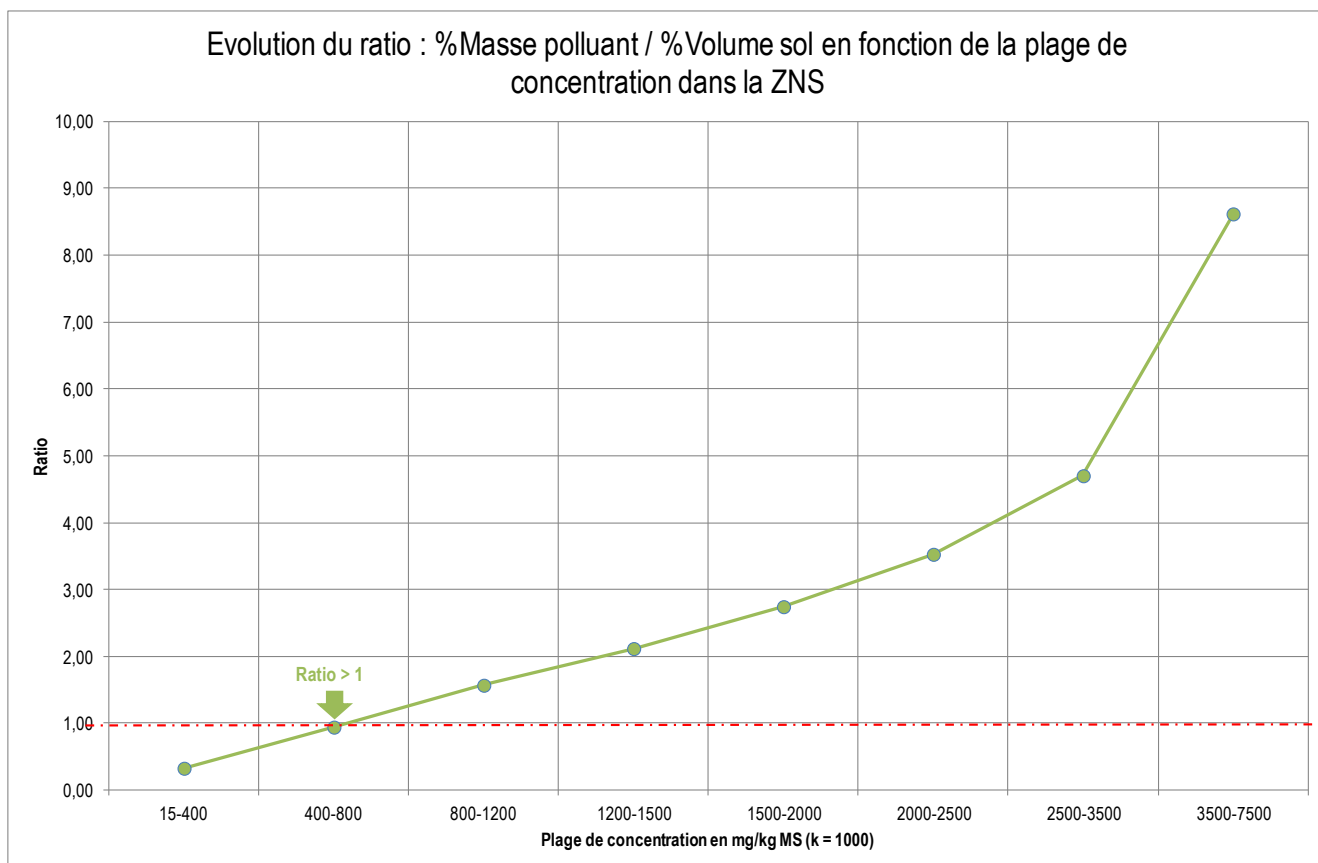


Figure 28 : Evolution du ratio % masse de polluant / % volume de sol en fonction de la plage de concentration dans la ZNS

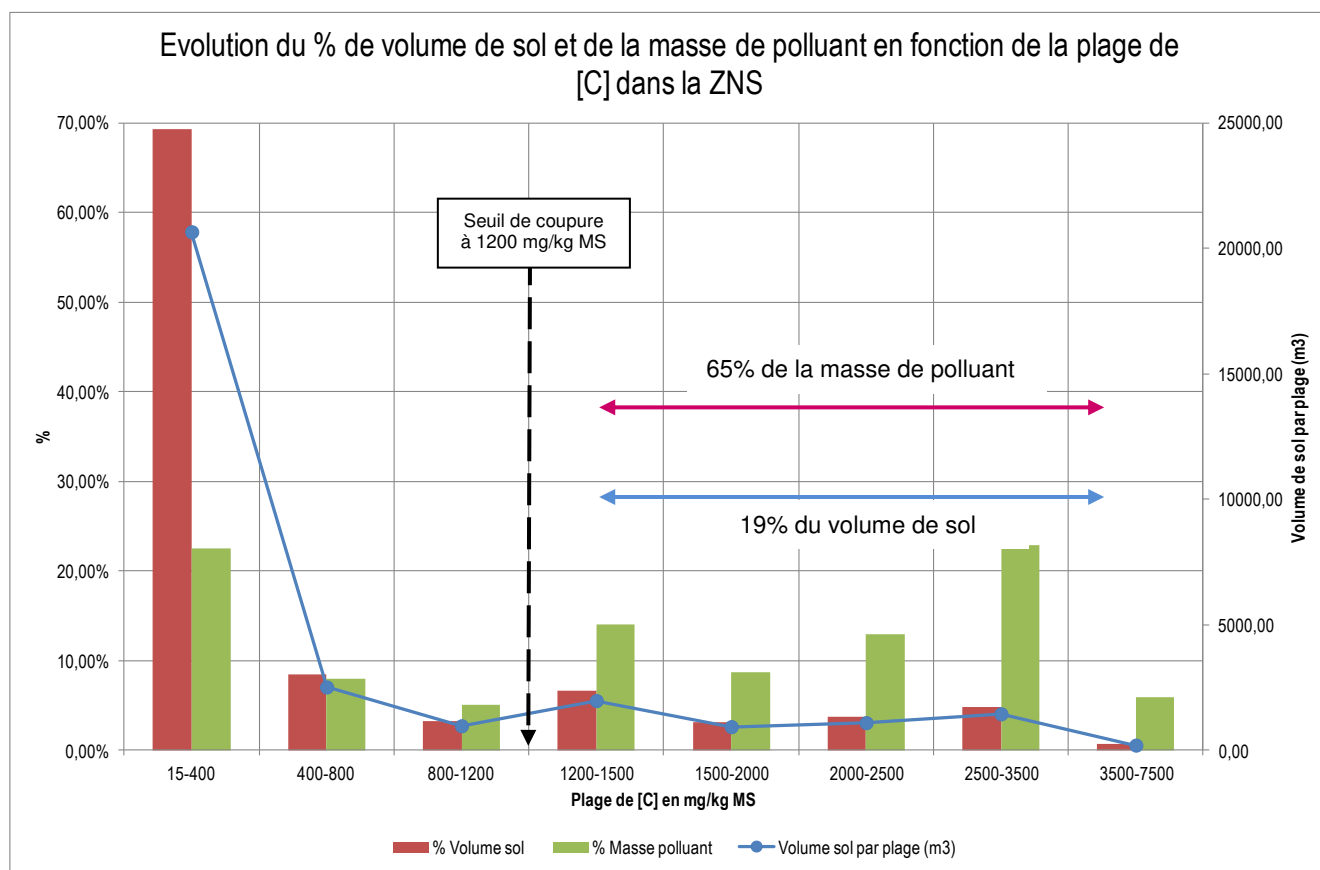


Figure 29 : Evolution du % de volume de sol et de la masse de polluant en fonction de la plage de concentration dans la ZNS

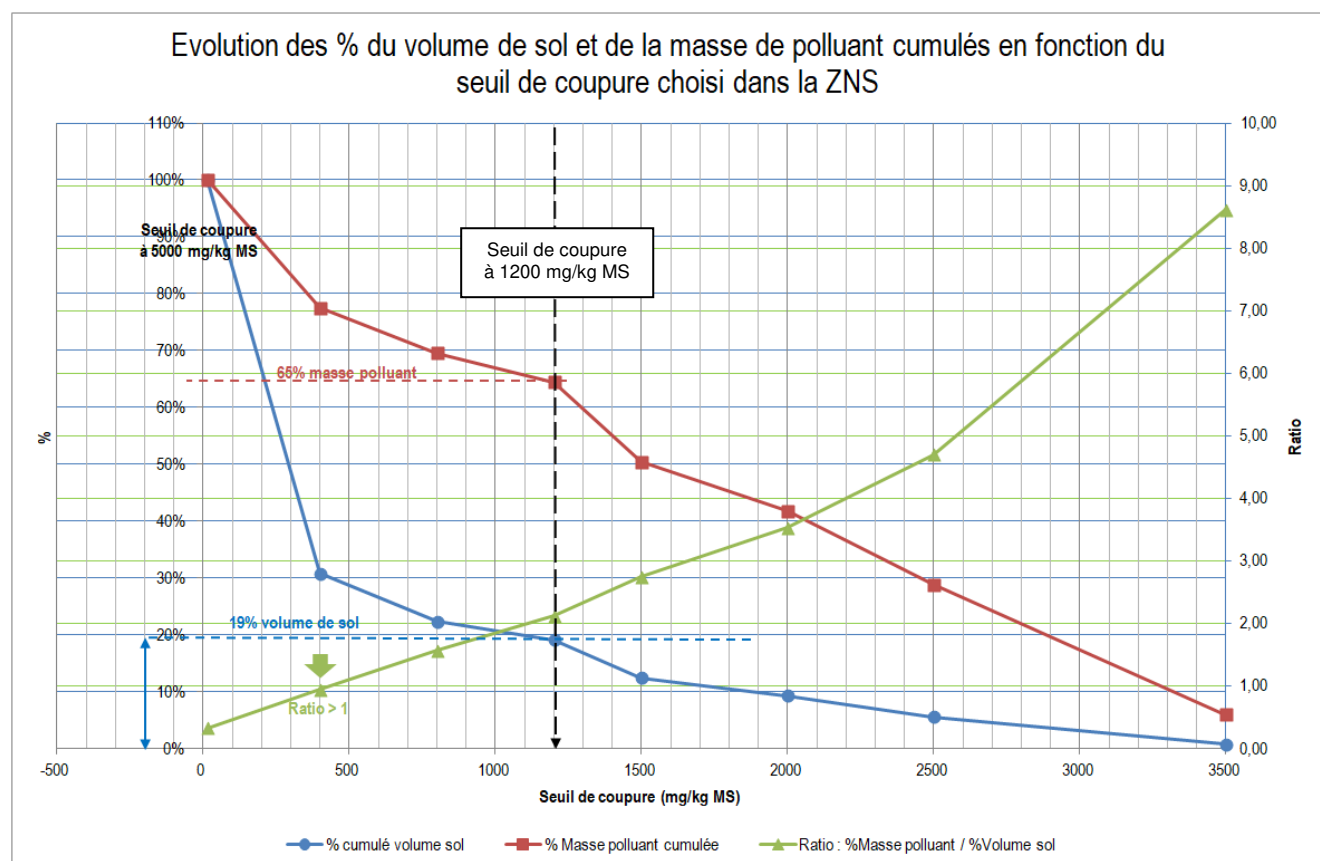


Figure 30 : Evolution des % du volume de sol et de la masse de polluant cumulés en fonction du seuil de coupure choisi dans la ZNS

Commentaire :

Les graphiques ci-dessus permettent de mettre en évidence un basculement pour la plage de concentrations 800-1200 mg/kg MS, un maximum de pollution est en effet traité tout en évacuant un volume de sol acceptable.

La concentration de 1200 mg/kg MS sera définie comme seuil de coupure et permet de traiter 65% de la masse de pollution.

Le seuil de 800 mg/kg MS n'a pas été retenu car il permettrait de traiter seulement 5% de masse de polluant supplémentaire et nécessiterait d'aller traiter des zones difficilement accessibles.

Cette étude permet d'estimer un **taux de prise en charge de près de 65% de la masse de pollution en HCT C10-C40 pour un volume de sol de 19 %**, en prenant en compte les éléments suivants :

- Les concentrations en HCT C0-C40 supérieures aux valeurs guides retenues ;
- Le traitement des pollutions concentrées identifiées sur la base des seuils suivants : pollution concentrée en HCT C0-C40 en présence de concentrations supérieures à 1200 mg/kg Ms.

NB : Plusieurs incertitudes subsistent suite à la définition des maillages de Thiessen et la définition des volumes et masses de pollution concentrée, ces incertitudes sont notamment :

- Les aléas liés à la réalisation des investigations sur les sols (échantillonnage, analyse laboratoire...) ;
- La position exacte des sondages ;
- Délimitation des périmètres des zones concernées par la définition des anomalies concentrées ;
- Profondeur des fondations des bâtiments et volume de leurs sous-sols en périphérie des sources de pollution ;
- L'intégration sur 1m d'épaisseur de concentrations provenant d'échantillons prélevés sur une épaisseur moindre ;
- La prise en compte de la [C] Max en HCT C10-C40 pour le calcul de la masse HCT C10-C40 ;
- Délimitation des périmètres définis pour les zones spécifiques ;
- Pour la zone des cuves de FOD, les extensions horizontales de la pollution n'étant pas connu au nord, des incertitudes sont à prévoir sur le volume des concentrations concentrées estimées avec une épaisseur max de 2 mètres de profondeur.

7.9. SOLS_HCT C10-C40_Seuil de coupure retenu

A l'issue des 3 méthodes présentées ci-avant le seuil de coupure retenu comme le plus cohérent est de **1200 mg/kg**.

Sur cette base il est estimé un volume global à traiter de 5674 m³ de sol ce qui permettra une prise en charge d'environ 22,70 Tonnes de la masse de pollution en HCT_{C10-C40}.

Les estimations des volumes correspondant pour la zone des cuves de FOD sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Les estimations des volumes correspondant pour la zone des caves de FCB sont présentées dans le tableau ci-dessous :						
Milieu	Zone Cf. figure 48	Point de référence	Valeur retenue	Surface (m²)	Profondeur (m/sol actuel)	Volume (m3) [HCT]>1200mg/kg
SOL	HCT C10-C40 0-1 m	/	1200	/	1	de 0 à 4 m aucune concentration n'est >1200mg/kg
	HCT C10-C40 1-2 m	/		/	1	
	HCT C10-C40 2-3 m	/		/	1	
	HCT C10-C40 3-4 m	/		/	1	
	HCT C10-C40 4-5 m	Sa6 (4-4.5); Sa7 (4-5); Sa9 (4-5)		305,08	1	305,08
	HCT C10-C40 5-6 m	C24 (1-2); C28 (5-6)		591,2	1	591,2
	HCT C10-40 6-7 m	C23 (6.6-7); Sa9 (6-7); C28 (6-7); Sa8 (6-7) Sa6 (6-7)		2201,8	1	2201,8
	HCT C10-C40 7-8 m	Sa5 (7-8) ; C28 (7-8)		1551,6	1	1551,6
Volume TOTAL des zones de pollutions les plus concentrées						4650 m³

Tableau 13 : Estimation des volumes des zones de pollutions les plus concentrées pour la zone des cuves de FOD

Les estimations des volumes correspondant pour la zone de la station de traitement des eaux sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Les estimations des volumes correspondant pour la zone de la station de traitement des eaux sont présentées dans le tableau ci-dessous						
Milieu	Zone Cf. figure 48	Point de référence	Valeur retenue	Surface (m²)	Profondeur (m/sol actuel)	Volume (m3) [HCT]>1 200mg/kg
SOL	HCT C10-C40 0-1 m	/	1200	/	1	de 0 à 5 m aucune concentration n'est >1200mg/kg
	HCT C10-C40 1-2 m	/		/	1	
	HCT C10-C40 2-3 m	/		/	1	
	HCT C10-C40 3-4 m	/		/	1	
	HCT C10-C40 4-5 m	/		/	1	
	HCT C10-C40 5-6 m	C21 (5,5-6,5); C32 (5-6)		655,1	1	655,1
	HCT C10-C40 6-7 m	C22 (6-7)		369,6	1	369,6
Volume TOTAL des zones de pollutions les plus concentrées						1025 m³

Tableau 14 : Estimation des volumes des zones de pollutions les plus concentrées pour la zone de la station de traitement des eaux

7.10. ESO_PCE/TCE_Interprétation des constats de terrain

Cf, présentation de la méthode en annexe 3.

7.10.1. Objectif

Les constats de terrain représentent une pièce maîtresse dans la définition d'une pollution : ce sont les premiers éléments recueillis lors d'une phase d'investigations de terrain, ils permettent d'approcher la réalité du terrain, dans tout ce qu'elle peut avoir de différent des informations documentaires collectées auparavant (étude historique, profil géologique...).

7.10.2. Constats de terrain lié au COHV

Piézomètres	PID (ppm)
Pz11_2022	106
Pz14_2022	13,2
Pz23_2022	29
Pz21_2022	60
PZ19_2024	102,2
Pz25_2022	22,7

Tableau 15 : Constats organoleptiques les plus significatifs à l'ouverture des ouvrages d'eaux souterraines (2022 à 2024)

Piézairs	PID (ppm)
Pza1	140
Pza2	40
Pza3	295
Pza4	15
Pza5	14,1
Pza6	11,4
Pza7	41,7
Pza8	59,3
Pza11	540
Pza12	19,8
Pza13	17,7
Pza15	250
Pza16	1525
Pza17	1020
Pza18	2210
Pza22	47
Pza24	67,3

Tableau 16 : Constats organoleptiques les plus significatifs à l'ouverture des ouvrages de gaz du sol

La répartition géographique de ces constats de terrain est présentée sur la figure 30.

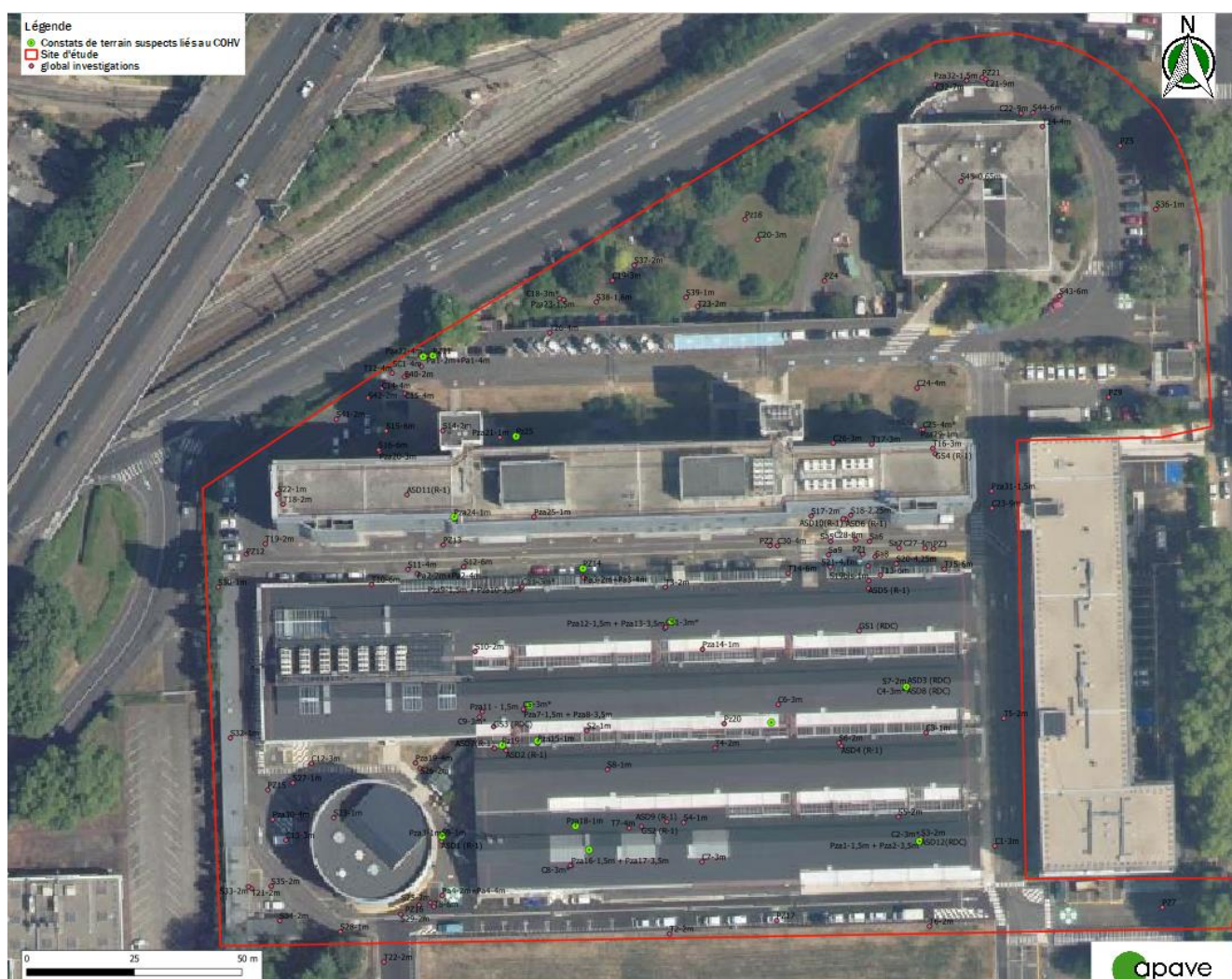


Figure 31 : Répartition géographique des observations organoleptiques les plus significatives liées au COHV

L'analyse des constats de terrain liés au COHV fait ressortir des teneurs en composés volatils (mesures au PID) et indices organoleptiques suspects (couleur et odeurs) principalement sur la partie ouest du site et au droit et à l'aval du bâtiment SHEDS.

En complément des constats de terrain réalisés sur le milieu eaux souterraines, il est intéressant de mentionner pour recoupement, les constats de terrain effectués aux points investigués dans les piézaires au droit du bâtiment SHEDS : Pza1 à Pza6, Pza11, Pza15, Pza16, Pza17, Pza18.

7.11. ESO_PCE/TCE_Analyse statistique

Cf, présentation de la méthode en annexe 3.

7.11.1. Objectif

L'objectif de l'analyse statistique est de caractériser la présence d'un éventuel bruit de fond et/ou de valeurs anormales significativement différentes dans la distribution des concentrations. Elle doit donc permettre de rechercher et distinguer les différentes populations de valeurs présentes et, in fine, de proposer un seuil de coupure pour la pollution concentrée, basé sur les différentes populations de valeurs qui auront pu être identifiées.

7.11.2. Statistiques élémentaires_ESO_PCE+TCE_emprise total site

Les calculs statistiques élémentaires sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Présentation des données exploitées pour l'analyse statistique	
Unité statistique (objet de l'analyse stat.)	Eaux souterraines au droit de l'emprise du site
Population analyse statistique (nbre)	60 (résultats de la dernière campagne réalisée en été 2022, octobre 2023 et mars 2024)
Représentativité de l'analyse stat, (cohérence et homogénéité de la population) <i>Population > 20 valeurs à minima pour statistiques élémentaires</i>	Plan d'échantillonnage de type préférentiel (jugement) Echantillonnage : ponctuel Maille ~1750 m ² Echantillon - analyse : bas de la colonne d'eau (2 mètres de haut) Population = 60 valeurs (minimum) Nappe superficielle libre des calcaires de brie repose sur les marnes vertes, L'écoulement est globalement en direction du Nord / Nord-Nord-ouest, La nappe est rencontrée à partir de 5 m de profondeur / TN (environ + 86 m NGF) jusqu'à 9-10m/TN (socle marne verte) Porosité totale estimé = 40% Concentrations MAX des PCE/TCE en zone saturée de 7 à 9 m (bas de la colonne d'eau), Cf. résultats MIP – <u>annexe 5</u>

Selon les données exploitées les résultats de l'analyse statistique élémentaire sont présentés ci-dessous :

Descripteur	Emprise total site [PCE+TCE] (µg/l) Bas de la colonne d'eau de 7 à 9 m/ TN
[MOY]	2508,50
[MAX]	23930,00
[MIN]	2,00
Médiane	17,85
Ecart type	4827,96
COEFF, VARIATION	1,92
Percentile 25	3,45
Percentile 50	17,85
Percentile 75	4589,95
Percentile 80	5245,60
Percentile 85	5398,12
Percentile 90	7381,10

[MOY] : Concentration moyenne [MAX] : Concentration maximale [MIN] : Concentration minimale

Tableau 17 : Analyse statistique élémentaire _ ESO_PCE+TCE_emprise totale 2022 à 2024

Commentaire : Les concentrations sont comprises entre 2 et 23 930 µg/l, L'écart type est important, il indique que les données sont dispersées autour de la moyenne, 80 % des données sont inférieures à 5246 µg/l, l'écart de concentrations entre le percentile 50 et 75 est important, il indique une discontinuité dans les valeurs des concentrations mesurées.

7.11.3. Nuage de points_ ESO_PCE+TCE_emprise totale site

La figure ci-après présente la répartition sous la forme d'un nuage de points des concentrations mesurées en PCE + TCE dans les eaux souterraines au droit du site.

Pour une meilleure lecture du graphique les concentrations ont été classées par ordre croissant et un zoom a été réalisé sur les concentrations $< 16\,000\text{ }\mu\text{g/l}$.

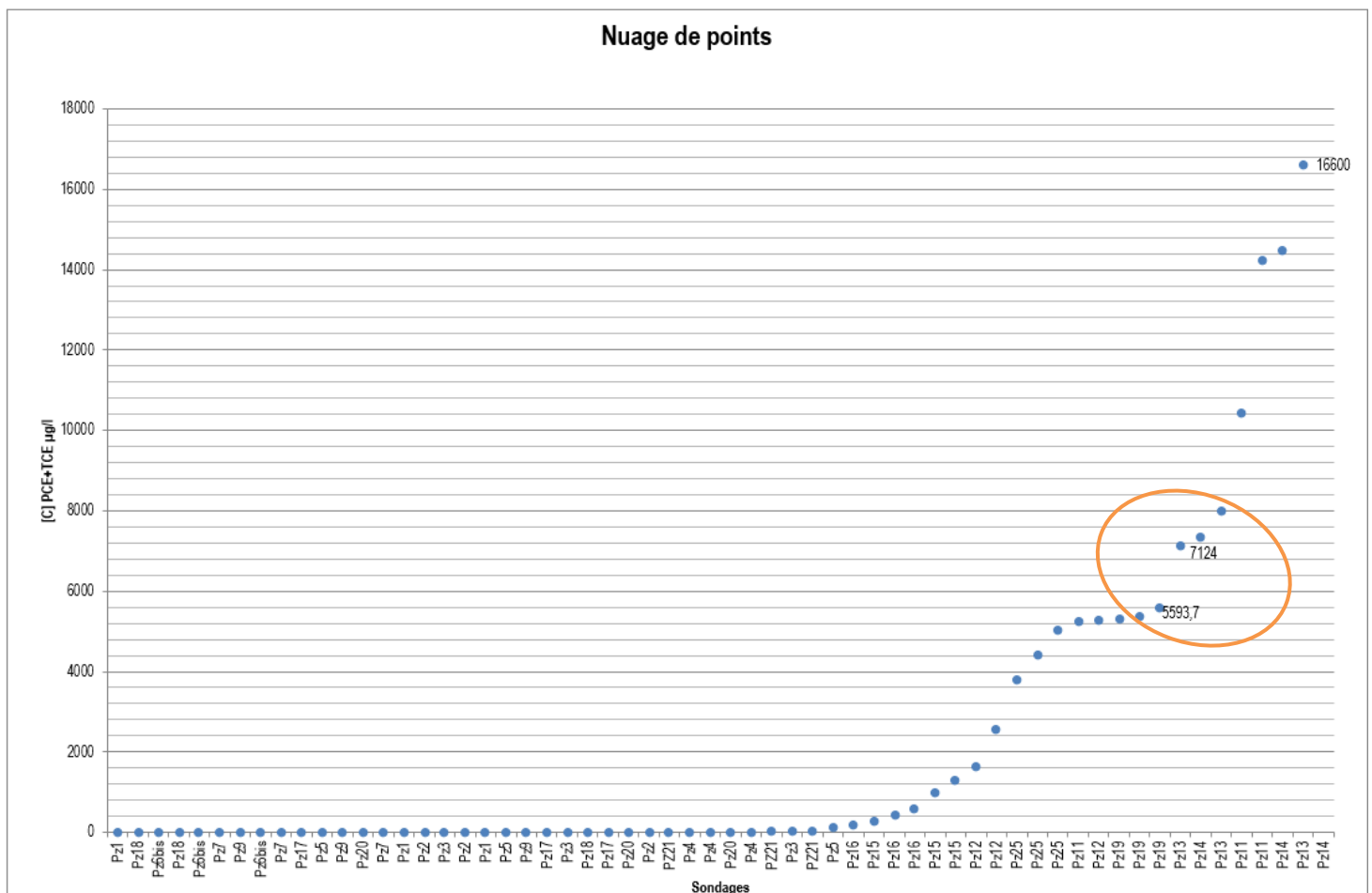


Figure 32 : Nuage de points_ ESO_[PCE+TCE] _emprise total site

Commentaire :

Un bruit de fond est observé de 2 à 1900 µg/l,

Une première discontinuité est constatée entre 5500 et 7100 $\mu\text{g/l}$.

7.11.4. Fréquence d'occurrence_ ESO_PCE+TCE_emprise totale site

La figure et le tableau associé ci-après montrent les fréquences relatives et cumulée sur la plage de concentration 2 à 25 000 µg/l, Pour une meilleure lecture du graphique un zoom a été réalisé sur les concentrations < à 8 000 µg/l,

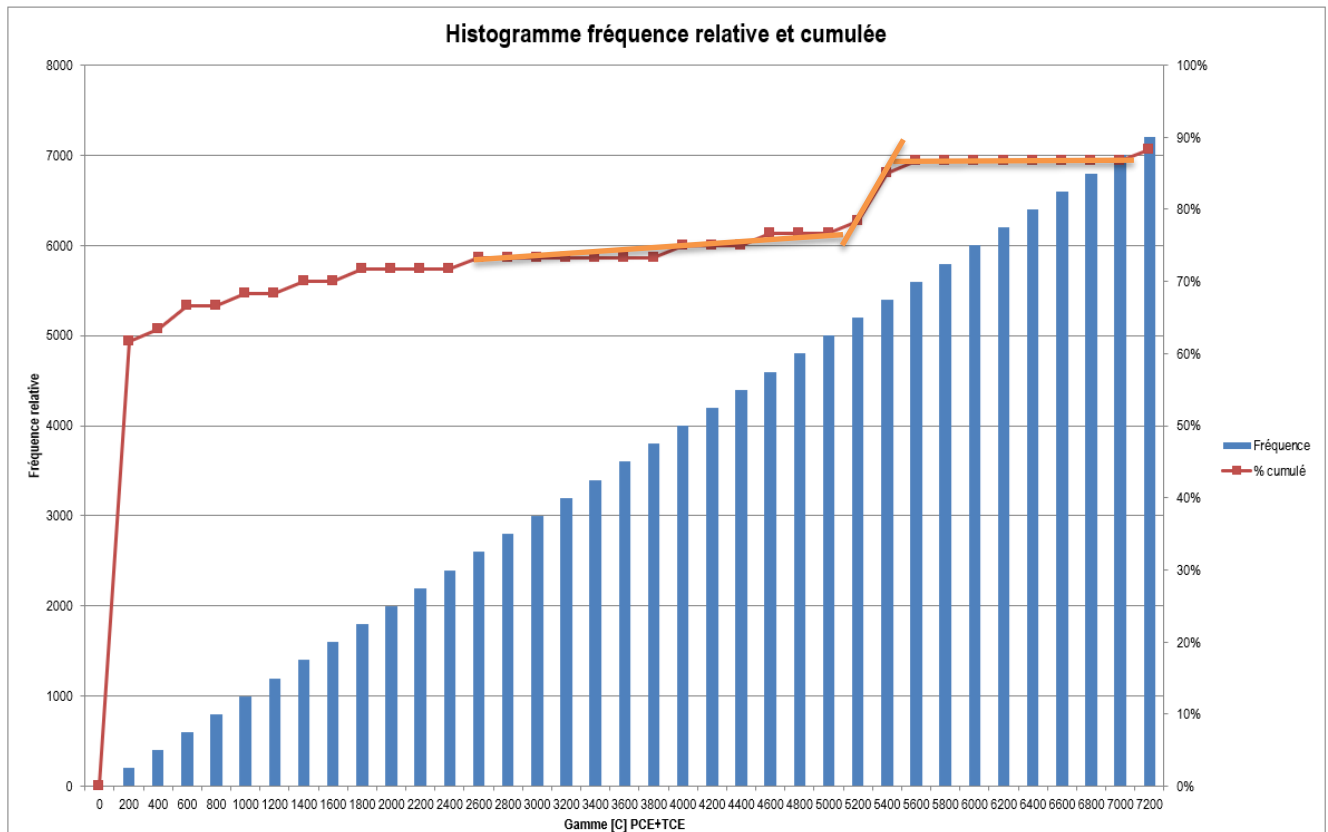


Figure 33 : Fréquences cumulées - ESO_[PCE+TCE]_emprise total site

Commentaire : La fréquence cumulée permet de confirmer les observations précédentes avec une absence de population de 600 à 5000 µg/l. Une rupture de pente est observée entre 5200 et 5400 µg/l.

7.11.5. Résultats de l'analyse statistique

Au terme de l'analyse statistique et des constats de terrain ayant porté sur une population d'échantillon d'eaux souterraines à l'échelle du site ; sans préjuger pour l'instant, de l'éclairage complémentaire qui pourra être apporté par la cartographie par interpolation et le bilan massique, **il est suggéré un seuil de coupure théorique de 5 000 µg/l.**

L'analyse statistique a fait intervenir les percentiles, les valeurs minimales et maximales, et des représentations graphiques (fréquences relatives et cumulées, répartition des concentrations) sur une population d'échantillons présentant une cohérence sur la typologie de source et de la typologie de matrice (faciès marneux).

7.12. ESO_ Bilan massique méthode déterministe (Loi Pareto SOL)

Cf. présentation de la méthode en annexe 3.

7.12.1. Objectif

L'objectif du bilan massique est d'appréhender la masse d'un polluant ou d'un mélange de polluants présente au sein du milieu souterrain et d'un volume d'eaux souterraines associées. Il permet, au-delà de la concentration caractérisée, de définir la quantité de polluant présent au sein de media tels que les sols (zone non saturée), les gaz du sol ou les eaux souterraines (zone saturée).

Ce bilan permet de :

- Mettre en relation la masse de polluant et la masse d'eaux souterraines associée et donc de proposer une hiérarchisation des zones à traiter ;
- Suggérer des seuils de concentration pour le traitement ;
- Relativiser la pollution d'un site ou d'une zone ;
- Ce bilan matière croisé à une cartographie, est un outil d'aide à la décision dans le choix du seuil.

7.12.2. Principe de Pareto

Appliqué au domaine des SSP, le principe de Pareto a pour objectif de répondre aux questions suivantes :

- « Jusqu'où dépolluer ? » ;
- « Puis-je éliminer 80 % d'une problématique en traitant 20 % du volume d'une source ? ».

Il définit *in fine* le volume à traiter pour supprimer une quantité significative de polluant (et donc de ses impacts) dans des conditions économiquement acceptables, Cette notion de Pareto permet de prendre pleinement en compte la notion de MTD (Meilleure Technique Disponible).

7.12.1. Plan de maillage et Bilan massique_ESO_PCE+TCE_emprise totale site

Dans le cadre de la présente étude, le bilan massique a été réalisé sur la base des 60 échantillons d'eaux souterraines,

La superficie des sous-unités a été déterminée par l'addition des zones d'influences théoriques associées aux piézomètres présents dans chaque sous-unité. La zone d'influence théorique des piézomètres a été déterminée en calculant, pour chaque ouvrage, la distance médiane avec les points qui l'entourent pour définir la superficie associée à chaque piézomètre (méthode dite des polygones de Thiessen). La méthode des polygones de Thiessen est une technique d'interpolation couramment utilisée. Elle repose sur la division du transect en sous-secteurs délimités par les lignes médianes entre les points de prélèvement, Ces sous-secteurs peuvent être sous la forme de :

- Rectangles si les points de prélèvement sont répartis uniformément dans l'espace,
- Polygones si les points de prélèvement ne sont pas répartis uniformément dans l'espace,

La concentration mesurée en chaque point d'un polygone est ensuite considérée comme étant la concentration présente de façon homogène dans chaque polygone.

Ainsi, pour chaque polygone, **les concentrations maximales en PCE+TCE des campagnes réalisées par APAVE en 2022, 2023 et 2023 ont été retenues**. Ce choix a été réalisé afin de limiter les biais associés à des périodes de prélèvements différentes (méthode, climat...) et assurer le traitement des concentrations les plus pénalisantes.

Le maillage présenté en **annexe 6** a été défini à l'aide du logiciel QGIS.

Sur la base des volumes d'eaux souterraines calculés (et masses déterminées selon les caractéristiques du milieu) et des concentrations moyennes arithmétiques estimées sur une épaisseur de 2 m (7 à 9 m/TN), il est possible de calculer par maille, puis d'une manière globale, les masses de PCE+ TCE dans les eaux souterraines au droit du site,

NB : pour sécuriser le modèle, les valeurs inférieures à la limite de quantification ont été prises comme égales à celles-ci pour le calcul des indices de polluant,

En prenant en compte une densité des eaux souterraines de 1, une porosité des marnes de 40% et connaissant les volumes associés à chaque plage de concentrations, la masse de polluant peut être déterminée pour chaque plage de concentrations, comme présenté dans le tableau suivant.

Le tableau ci-dessous présente les données du bilan massique des PCE+ TCE :

Plage µg/IPCE + TCE	Seuil de coupure µg/l_PCE + TCE	Volume ESO par plage (m3)	% Volume ESO	Volume de ESO cumulé (m3)	% cumulé volume ESO	Tonnage ESO (d=1)	Concentration moyenne / plage (µg/l)	Masse polluant par plage (Kg)	% Masse polluant	Masse cumulée (T)	% Masse polluant cumulée	Ratio : %Masse polluant / %Volume ESO
2-550	2	17 006,4	60,79%	27 977,6	100,00%	17 006,4	276	4,69	4,3%	108,00	100%	0,07
550-1000	550	1 291,2	4,62%	10 971,2	39,21%	1 291,2	1775	2,29	2,1%	103,30	96%	0,46
1000-5000	1000	1 602,4	5,73%	9 680,0	34,60%	1 602,4	3000	4,81	4,5%	101,01	94%	0,78
5000-10000	5000	4 624,8	16,53%	8 077,6	28,87%	4 624,8	7500	34,69	32,1%	96,20	89%	1,94
10000-15000	10000	830,4	2,97%	3 452,8	12,34%	830,4	12500	10,38	9,6%	61,52	57%	3,24
15000-24000	15000	2 622,4	9,37%	2 622,4	9,37%	2 622,4	19500	51,14	47,4%	51,14	47%	5,05
	24000	27 977,6						108,00	100,0%			

Tableau 18 : Tableau présentant les données du bilan massique réalisé pour les eaux souterraines au droit du site – polluant : PCE + TCE

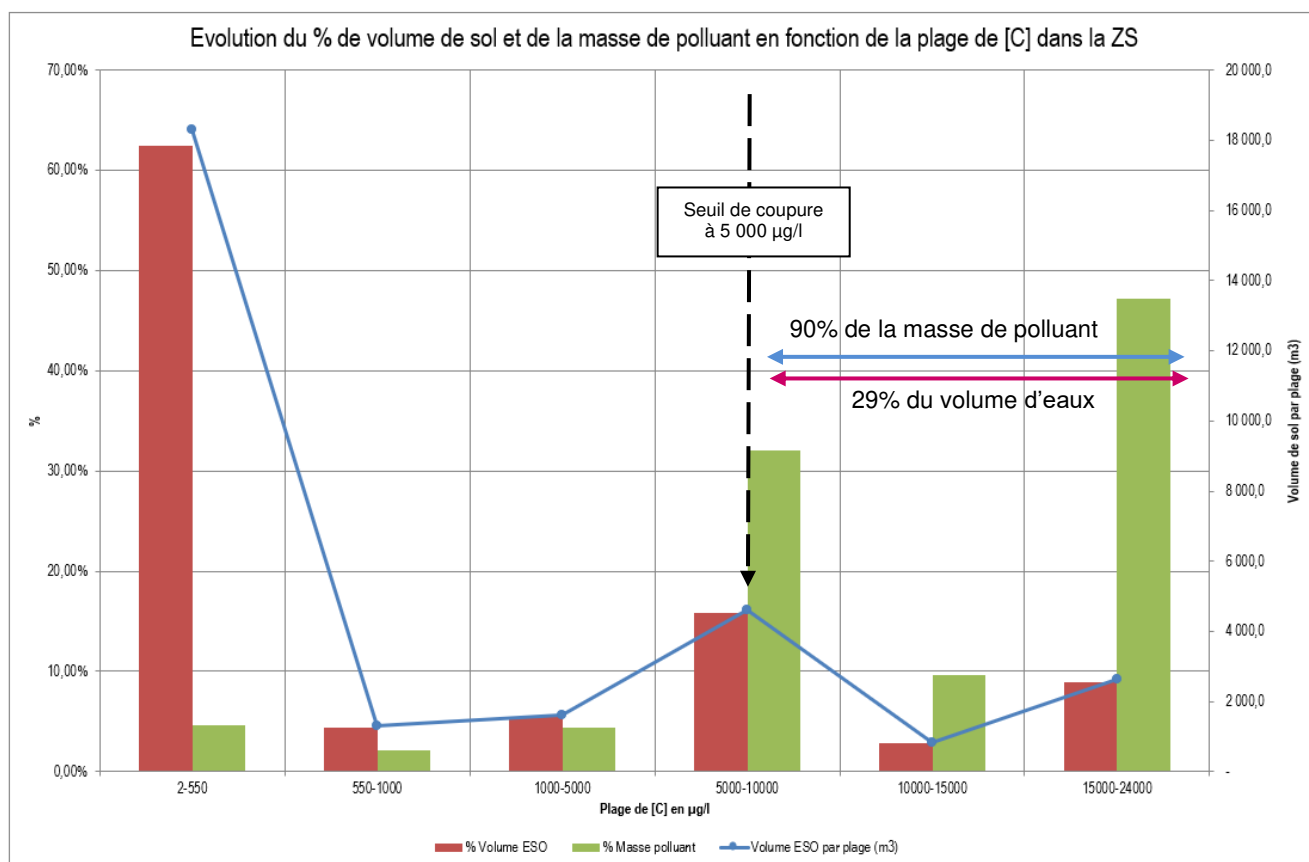


Figure 34 : Evolution du % de volume d'eaux souterraines et de la masse de polluant en fonction de la plage de concentration dans la ZS

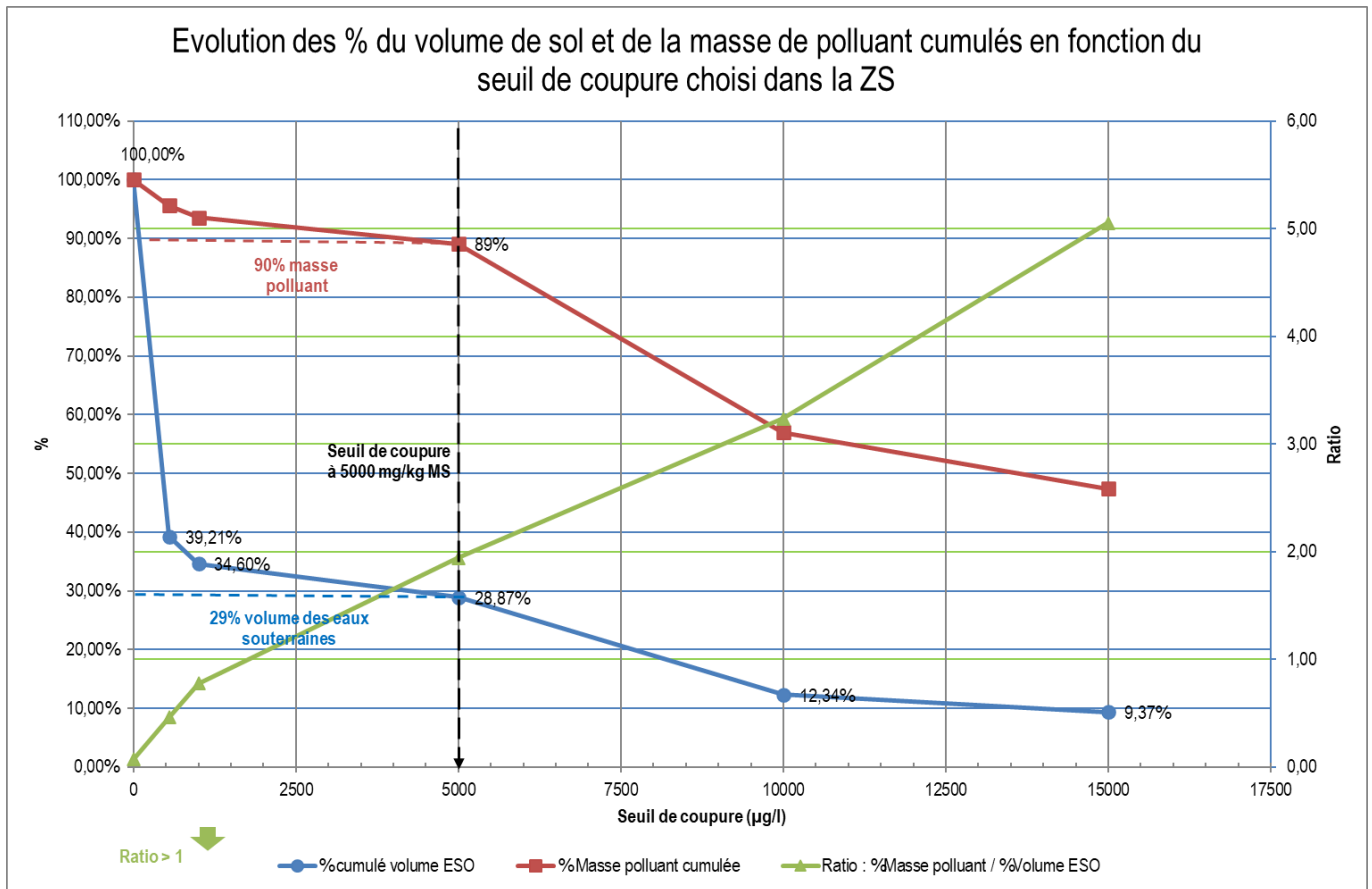


Figure 35 : Evolution des % du volume d'eaux souterraines et de la masse de polluant cumulés en fonction du seuil de coupure choisi dans la ZS

Commentaire :

Les graphiques ci-dessus permettent de mettre en évidence un basculement pour la plage de concentrations supérieure à 5000 µg/l, un maximum de pollution est en effet traité tout en évacuant un volume d'eaux souterraines acceptable.

Cette étude permet d'estimer un **taux de prise en charge de près de 90% de la masse de pollution en PCE+TCE pour un volume d'eaux souterraines de 29%**, en prenant en compte les éléments suivants :

- Les concentrations en PCE+TCE supérieures aux valeurs guides retenues ;
- Le traitement des pollutions concentrées identifiées sur la base des seuils suivants : pollution concentrée en PCE+TCE en présence de concentrations supérieures à 5000 µg/l.

NB : Plusieurs incertitudes subsistent suite à la définition de la carte d'iso-concentrations et la définition des volumes et masses de pollution concentrée, ces incertitudes sont notamment :

- Des incertitudes liées au manque d'ouvrages en périphérie du panache en PCE+TCE ;
- Les aléas liés à la réalisation des investigations sur les eaux souterraines (échantillonnage, analyse laboratoire...) ;
- Le non respect de la norme NFX31-614 pour la pose des ouvrages PZ19, PZ20 et PZ25, avec une minimisation probable des concentrations en PCE+TCE mesurées en leur droit ;
- La minimisation des concentrations au droit des ouvrages PZ19 et PZ25 notamment peuvent minimiser les volumes d'eaux à traiter ;
- La variabilité des concentrations liée à la saisonnalité n'est pas prise en compte ;
- L'intégration sur 2m d'épaisseur de concentrations max à la suite des résultats de la MIP et aux propriétés physique des COHV ;
- Des incertitudes sur les surfaces (volume) déterminées par la méthode des polygones de Thiessen sont émises par le manque d'ouvrages en périphérie du panache en PCE+TCE.

7.13. ESO_ Iso concentration

7.13.1. Outil utilisé

Les logiciels utilisés sont QGIS 3,18 et SAGA GIS 2,3,2 ; l'interpolation dite des « Voisins Naturels » est la méthode d'interpolation retenue (annexe 3).

Une carte d'iso concentration a été établie afin de pouvoir apporter un éclairage complémentaire à l'analyse statistique. La population d'échantillons prise en compte est celle définie dans le tableau ci-avant. Elle correspond aux piézomètres de l'ensemble du site.

Les figures ci-après montrent successivement pour chacun des secteurs étudiés, et chaque couche d'intérêt (mesures disponibles) :

- Un fond sur lequel apparaissent la trace et la désignation des piézomètres dans le système Lambert 93, ainsi que l'échelle ;
- Une carte d'iso-concentrations des PCE + TCE.

Au graphique, il a été superposé un tracé de zone concentrée sur la base des seuils de coupure suggérés par l'analyse statistique, et tenant compte des incertitudes liées à l'interpolation. Les classes obtenues sont les suivantes :

2-10
10-100
100-590
590-5000
5000-10000
10000-15000
15000-24000

La figure ci-dessous présente la carte d'iso-concentrations des PCE+TCE en zone saturée de 7 à 9 m/TN (bas de la colonne d'eau).

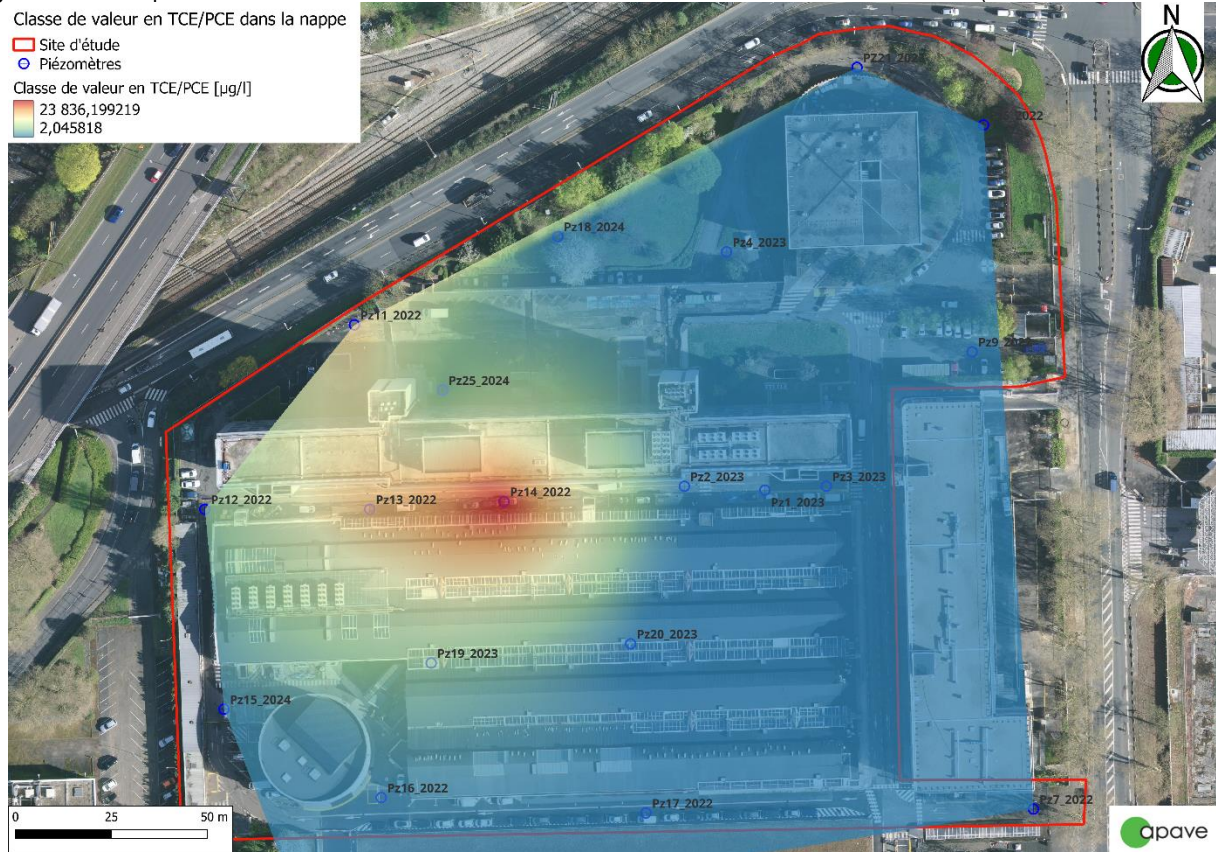


Figure 36 : Courbes d'iso-concentrations – emprise site : [PCE+TCE] ($\mu\text{g/l}$)

La figure ci-dessous présente la carte d'iso-concentrations selon les classes définies.

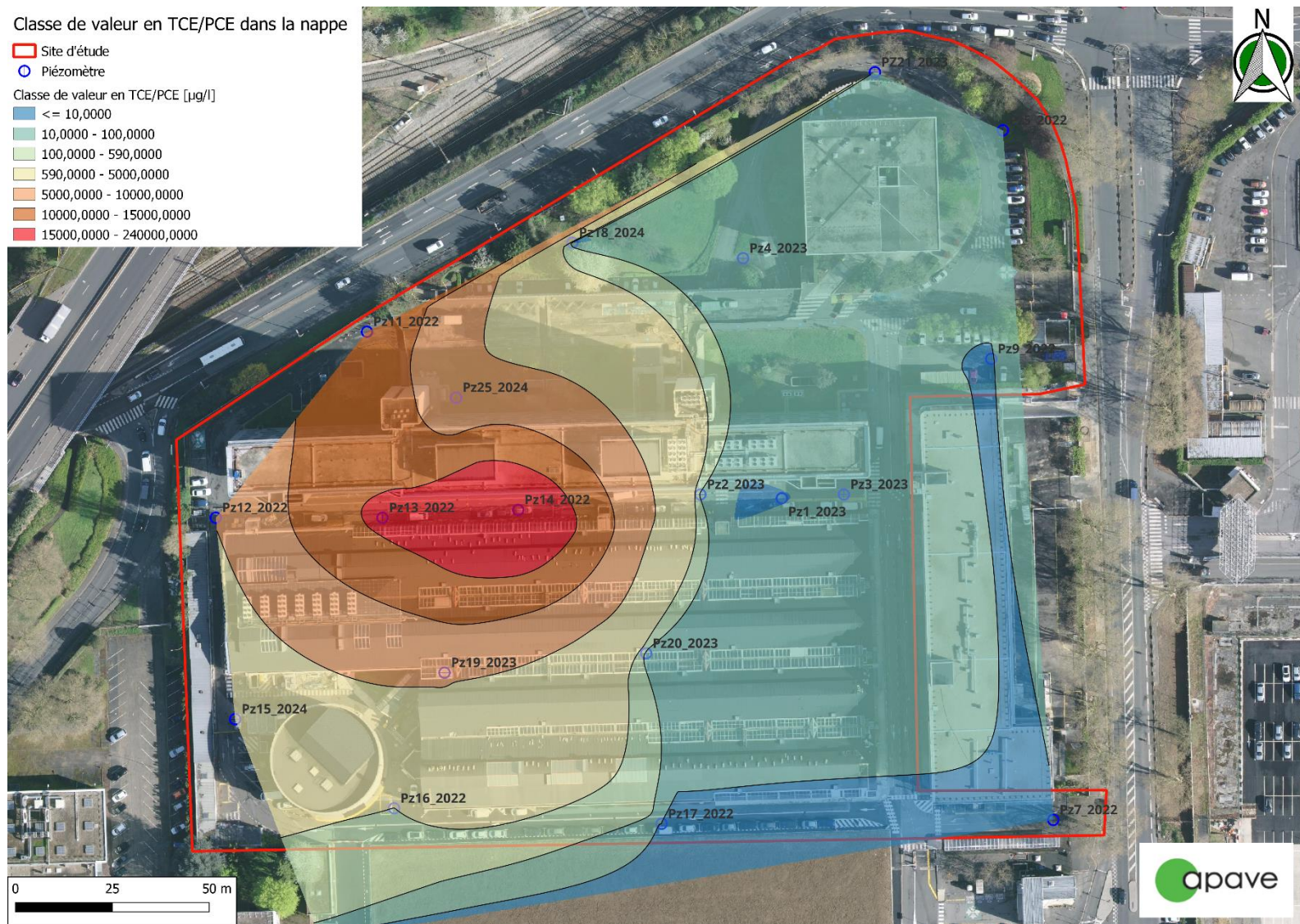


Figure 37 : Volumes et masses estimées des zones concentrées suivant interpolation par l'outil SAGAGIS [PCE+TCE]

Le maillage présenté ci-dessus a été défini à l'aide du logiciel SAGA_GIS et QGIS.

Sur la base des volumes d'eaux souterraines calculés (et masses déterminées selon les caractéristiques du milieu) et des concentrations moyennes arithmétiques estimées sur une épaisseur de 2 m (7 à 9 m/TN), il est possible de calculer par maille, puis d'une manière globale, les masses de PCE+ TCE dans les eaux souterraines au droit du site.

En prenant en compte une densité des eaux souterraines de 1, une porosité des marnes de 40% et connaissant les volumes associés à chaque plage de concentrations, la masse de polluant peut être déterminée pour chaque plage de concentrations, comme présenté dans le tableau suivant.

Le tableau ci-dessous présente les volumes et masses estimées de la zone de pollution concentrée en PCE+TCE.

Plage µg/lPCE + TCE	Seuil de coupure µg/l_PCE + TCE	Volume ESO par plage (m3)	% Volume ESO	Volume de ESO cumulé (m3)	% cumulé volume ESO	Tonnage ESO (d=1)	Concentration moyenne / plage (µg/l)	Masse polluant par plage (Kg)	% Masse polluant	Masse cumulée (Kg)	% Masse polluant cumulée	Ratio : %Masse polluant / %Volume ESO
2-10	2	2 268,0	8,17%	27 749,6	100,00%	2 268,0	6	0,01	0,0%	86,60	100%	0,00
10-100	10	12 153,6	43,80%	25 481,6	91,83%	12 153,6	55	0,67	0,8%	86,59	100%	0,02
100-550	100	1 628,8	5,87%	13 328,0	48,03%	1 628,8	325	0,53	0,6%	85,92	99%	0,10
550-5000	550	5 353,6	19,29%	11 699,2	42,16%	5 353,6	2775	14,86	17,2%	85,39	99%	0,89
5000-10000	5000	3 061,6	11,03%	6 345,6	22,87%	3 061,6	7500	22,96	26,5%	70,54	81%	2,40
10000-15000	10000	2 352,0	8,48%	3 284,0	11,83%	2 352,0	12500	29,40	33,9%	47,57	55%	4,01
15000-24000	15000	932,0	3,36%	932,0	3,36%	932,0	19500	18,17	21,0%	18,17	21%	6,25
	24000	27 749,6						86,60	100,0%			

Tableau 19 : Volumes et masses estimées de la zone de pollution concentrée en PCE+TCE dans la ZS suivant interpolation par les outils QGIS et SAGA GIS intégrant le seuil de coupure défini à 5000 µg/l

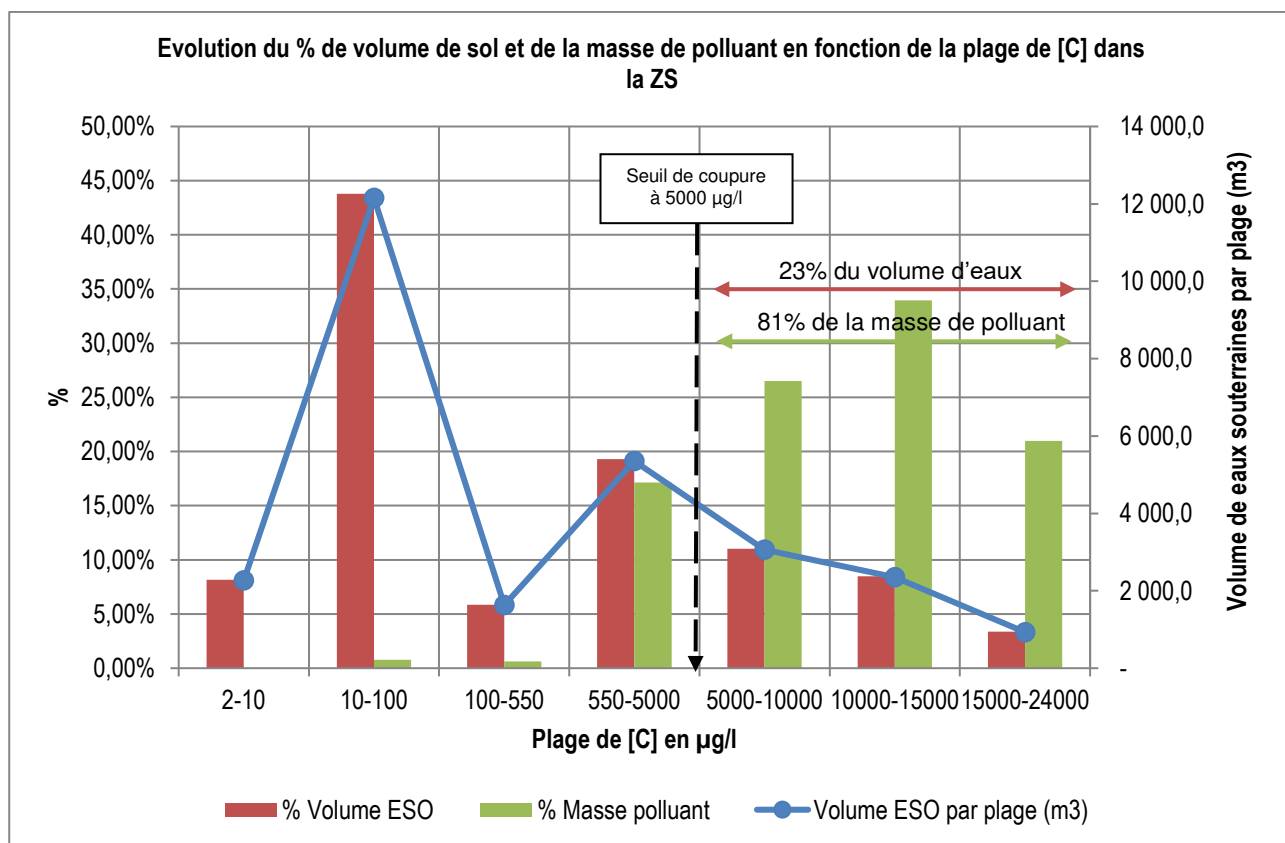


Figure 38 : Evolution du % de volume d'eaux souterraines et de la masse de polluant en fonction de la plage de concentration dans la ZS

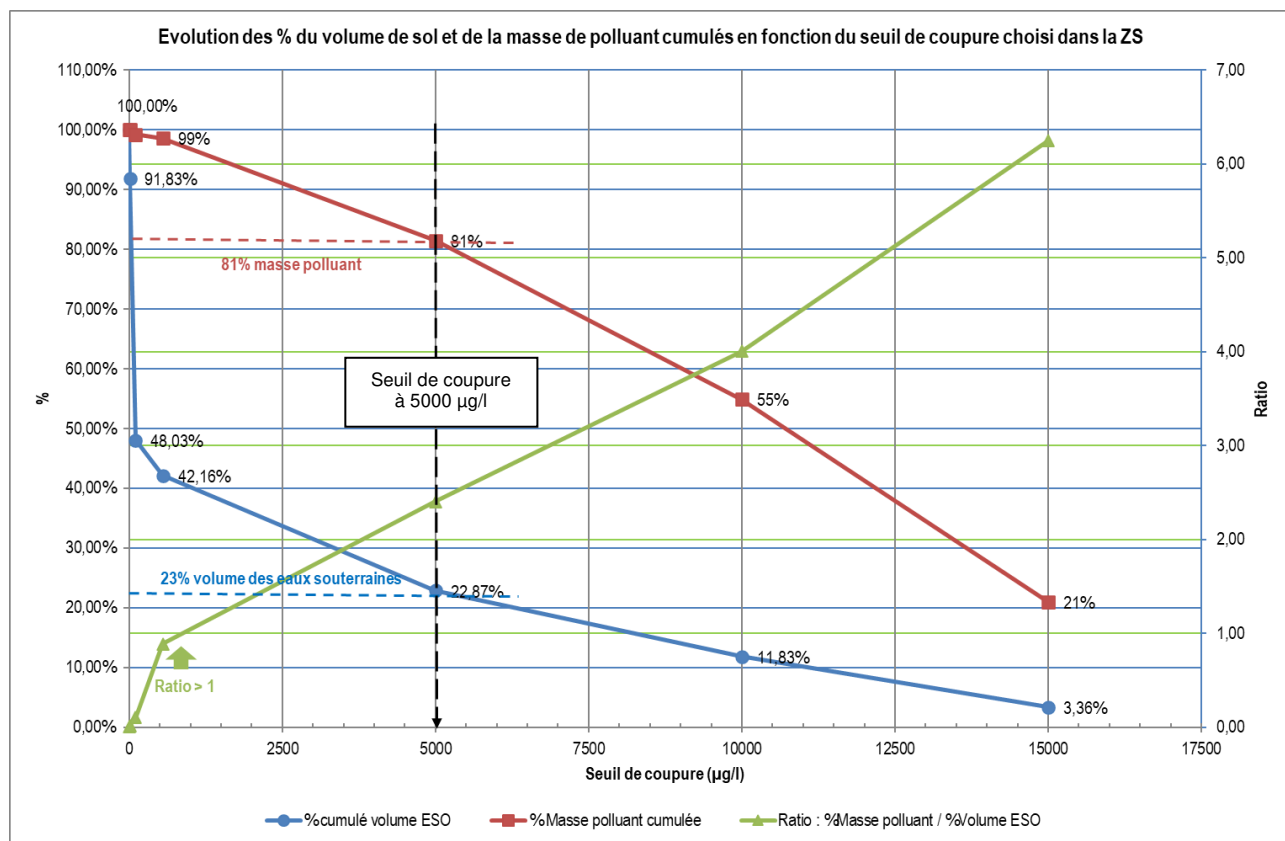


Figure 39 : Evolution des % du volume d'eaux souterraines et de la masse de polluant cumulés en fonction du seuil de coupure choisi dans la ZS

Selon les données disponibles, les graphiques ci-dessus permettent de mettre en évidence un basculement pour la plage de concentrations 5000 µg/l, un maximum de pollution est en effet traité tout en évacuant un volume d'eaux souterraines acceptable. Cette étude permet d'estimer un **taux de prise en charge de près de 81% de la masse de pollution en PCE+TCE pour un volume d'eaux souterraines de 23 %**, en prenant en compte les éléments suivants :

- Les concentrations en PCE+TCE supérieures aux valeurs guides retenues ;
- Le traitement des pollutions concentrées identifiées sur la base des seuils suivants : pollution concentrée en PCE+TCE en présence de concentrations supérieures à 5000 µg/l.

NB : Plusieurs incertitudes subsistent suite à la définition de la carte d'iso-concentrations et la définition des volumes et masses de pollution concentrée, ces incertitudes sont notamment :

- Des incertitudes liées au manque d'ouvrages en périphérie du panache en PCE+TCE ;
- Les aléas liés à la réalisation des investigations sur les eaux souterraines (échantillonnage, analyse laboratoire...) ;
- Le non respect de la norme NFX31-614 pour la pose des ouvrages PZ19, PZ20 et PZ25, avec une minimisation probable des concentrations en PCE+TCE mesurées en leur droit ;
- La minimisation des concentrations au droit des ouvrages PZ19 et PZ25 notamment peuvent minimiser les volumes d'eaux à traiter ;
- La variabilité des concentrations liée à la saisonnalité n'est pas prise en compte ;
- L'intégration sur 2m d'épaisseur de concentrations max suite aux résultats de la MIP et aux propriétés physiques des COHV.

7.14. ESO_Seuil de coupure retenu

A l'issue des 4 méthodes présentées ci-avant le seuil de coupure retenu comme le plus cohérent est de **5000 µg/l**.

Sur cette base il est estimé par la méthode déterministe d'iso concentration, plus exploitable pour le milieu eaux souterraines, un volume global à traiter de 6 346 m³ d'eaux souterraines ce qui permettra une prise en charge d'environ 70,5 kg de la masse de pollution en PCE+TCE.

Les estimations des volumes correspondant sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Milieu	Zone Cf, figure 36	Point de référence	Valeur retenue	Surface (m ²)	Profondeur (m/sol actuel)	Volume (m ³)*
ESO	ZS de 7 à 9 m/TN	PZ11, PZ25, PZ19, PZ14, PZ13, PZ12	5000 µg/l	7932	2	6346
Volume TOTAL des zones de pollutions les plus concentrées						6 346 m³

* porosité des marnes de 40%

Tableau 20 : Estimation des volumes des zones de pollutions les plus concentrées en PCE+TC

7.15. GAZ DE SOL

Milieu non retenu pour la définition d'une zone de pollution concentrée.

CHAPITRE 8 : CARACTERISTIQUES DE L'OPERATION / PROJET / TRAVAUX ET USAGES FUTURS ASSOCIES

La société HINES, lauréate de l'appel d'offre de cession du site d'étude, prévoit des usages futurs industriel et tertiaire avec un projet de démolitions quasi totales des bâtis existants et la construction d'un DATA CENTER en R+2 (sans sous-sol) avec bureaux associés en R+3. Le niveau 0 de ce bâtiment bureaux n'accueillera pas de bureaux mais uniquement des activités de logistiques. Le bâtiment de restauration sera conservé afin de le réutiliser en pôle tertiaire.

Le projet connu à ce stade de la démarche est présenté sur les figures ci-dessous.

Le projet d'aménagement consiste en la construction de 2 bâtiments relevant du régime ICPE :

Bâtiment Data Center multi niveaux - Data Hall (salle informatique): 51 m x 20 m x 5 m de hauteur sous plafond: 1021 m²	Bâtiment de bureaux - Bureau privatif en façade : 4,5 m de profondeur x 2,70 m de largeur x 2,60 m de hauteur sous plafond : 12,1 m²
---	--

Hypothèses de travail :

- L'hypothèse de travail n° 1 sera la conservation du bâtiment RE,
- L'hypothèse de travail n°2 sera la démolition complète des bâtiments SHEDS, ASTROLAB, PNC et 50 avec le comblement total des sous-sols existants via les déblais et les déchets de démolition concassés,
- L'hypothèse de travail n° 3 sera la construction d'un Data Center R+2 et d'un bâtiment de bureaux R+3 sans sous-sol et sans bureau en niveau 0,
- L'hypothèse de travail n°4 sera l'achèvement des travaux de réhabilitation (dépollution) avant le lancement des travaux de construction.

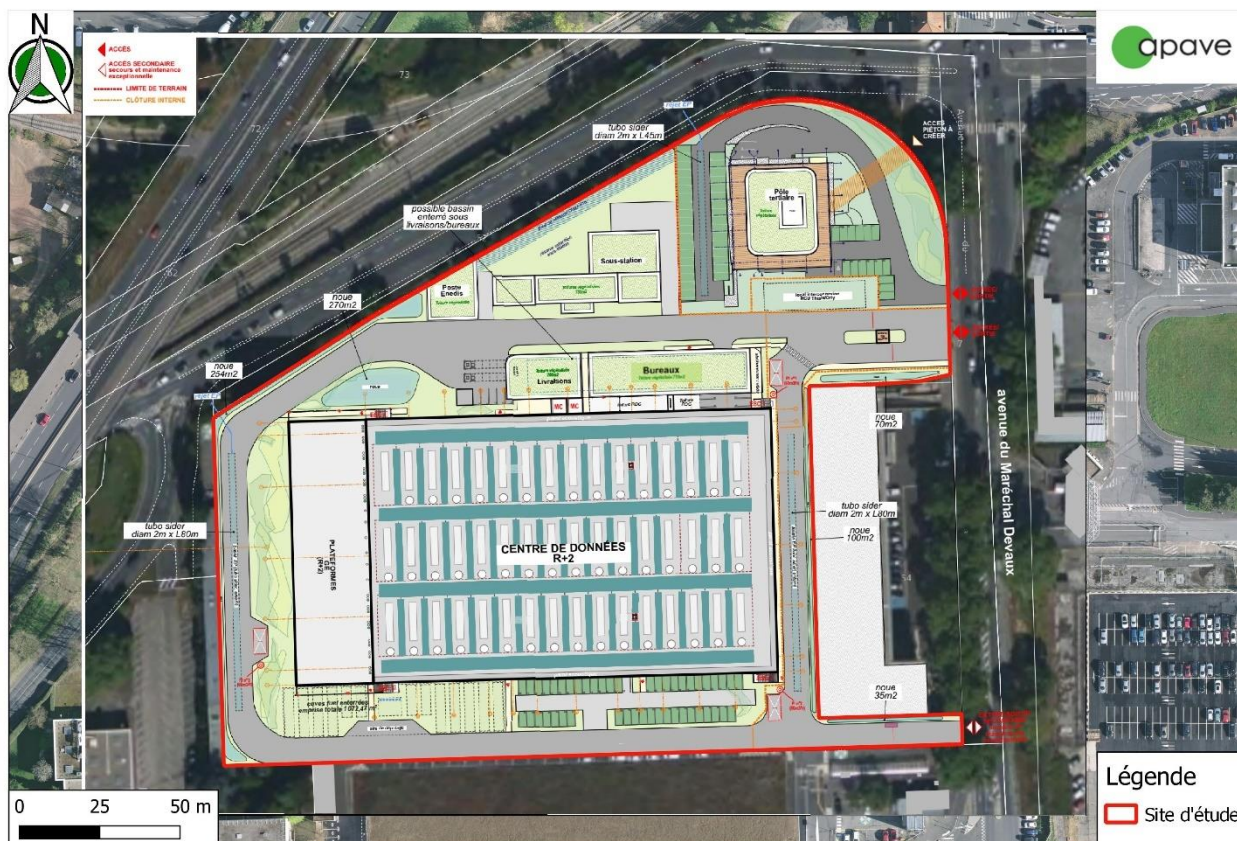


Figure 40 : Plan de masse projet (Source : Donneur d'Ordre)

ASTROLAB

CENTRE DE DONNÉES R+2

SHEDS

PNC

RE

BAT 50

Site d'étude

Légende

Site d'étude

0 25 50 m

Figure 41 : Superposition du projet avec la vue aérienne actuelle

8.1. Mesures Simples de Gestion Sites et Sols Pollués déjà prévues

Les mesures déjà prévues dans le cadre du projet d'aménagement considérées comme des mesures simples de gestion Sites et Sols Pollués (MSG SSP) sont les suivantes :

Mesures Simples de Gestion Sites et Sols Pollués (MSG SSP) considérées comme déjà prévues dans l'opération	Observations
Démolition des bâtiments existants (y compris dalle béton existante) :	Les bâtiments du site seront démolis à l'exception du RE NB : suppression de la protection des pollutions et donc relargage eau souterraine et sol
Recouvrement des sols par des enrobés au niveau des voiries (route, trottoir)	Cf. figure 39
Canalisation d'eau potable anti-perméation aux gaz des sols	Matériau de type fonte ductile ou type PEHD Tricouche
Ventilation des espaces des usagers	Non connu
Pas de zones récréatives (yc pique nique) et de loisirs sur les sols impactés	<i>Rapport restriction d'usage (A400)</i>
Pas de jardins potagers dans les sols en place (individuel ou collectif)	<i>Rapport restriction d'usage (A400)</i>
Pas d'arbres fruitiers dans les sols en place	<i>Rapport restriction d'usage (A400)</i>
Pas d'usage des eaux souterraines à des fins domestiques (tout arrosage, eau potable, piscine, lessive...)	<i>Rapport restriction d'usage (A400)</i>

Tableau 21 : Mesures Simples de Gestion Sites et Sols Pollués (MSG SSP) déjà intégrées à l'opération avant le BCA

NB : Ces mesures simples de gestion qui sont déjà intégrées à l'opération devront donc être retenues également :

- pour être traduites comme des restrictions d'usages (qui pourront par la suite faire l'objet de servitudes au plan juridique)
- comme hypothèses de bases pour l'analyse des enjeux sanitaires,
- dans la définition des scénarios de gestion,

Ceci afin de s'assurer de leurs pérennités et comme conditions de bases de la validité du présent Plan de Gestion.

CHAPITRE 9 : SCHEMA CONCEPTUEL EN L'ETAT ACTUEL DES MILIEUX SELON PROJET HINES

9.1. Sources : anomalies retenues lors des investigations

Les sources retenues dans le schéma conceptuel sont les anomalies mesurées pour tous les composés ayant fait l'objet d'analyses lors des investigations dans les milieux suivants (Cf. tableaux d'interprétations par milieux ci-avant) :

- Sols/ Eaux souterraines/ Gaz de sols.

9.2. Identification des vecteurs de transfert

Les vecteurs reconnus (le cas échéant à ce stade) et possibles/potentiels de migration des substances retenues comme anomalies dans les différents milieux considérés sont identifiés dans le tableau de synthèse d'étude des scénarios d'expositions ci-après.

9.3. Identification des cibles et/ou enjeux à protéger

A ce stade de la démarche de cessation d'activités ICPE, les récepteurs (cibles) considérés sont les futurs usagers dans une configuration d'exploitation tertiaire - projet HINES :

- de type population générale « **SUR SITE** » ;
- fréquentant les espaces localisés au droit des sources d'anomalies (pollution) du sol et du sous-sol.

Les hypothèses retenues pour les conditions d'usages sur la base des données disponibles sont présentées dans le tableau suivant :

Conditions d'usages futurs	Oui	Non	?	Source données/observations
Est-ce que l'usage et l'état futur du site seront identiques à ceux constatés lors de la visite de site (actuel) ? <i>Conservation : bâti, espaces int./ext., recouvrement des sols...</i>		X		
Est-ce que l'usage et l'état futur du site sont de type générique ? <i>Pas de projet défini, pas de plan masse...</i>		X		Cf. chapitre 8
Est-ce que l'usage et l'état futur du site font l'objet d'une opération (projet) spécifique ? <i>construction, aménagement extérieurs, parking enterré, Vide Sanitaire, réseaux (eau potable) ?...</i>	X			Cf. chapitre 8
Usage habitat / logements collectifs avec population : adultes et enfants ?		X		
Usage habitat individuel avec jardins avec population : adultes et enfants ?		X		
Usage tertiaire (bureaux) et/ou commerces avec population : adultes ?	X			Deux bâtiments de Bureaux
Usage industriel avec population : adulte ?	X			Un Data center
Usage enfance : crèche, école, collège, Lycée...avec population : adultes et enfants ?		X		
Usage sportifs : gymnase, terrain de sports...avec population adulte et enfants	X			Salle de sport dans le pole tertiaire
Aménagements extérieurs sensibles :				
Jardin individuel (donc avec potagers par défaut ...) ?		X		
Jardin collectif avec potagers ?		X		
Espaces verts paysagers collectifs ?	X			
Espaces collectifs récréatifs (aire de jeu, sports, pique-nique...?)		X		
Bâtiments :				
Parking (semi) enterré ? <i>profondeur déblais, ventilation...</i>		X		
Vide Sanitaire ? Vide sous dalle ? galerie technique ? <i>ventilation...</i>		X		
Gestion des terres :				
Déblais- remblais sur site ? <i>volume...</i>		X		Cf. chapitre 8
Réutilisation de la Terre Végétale ? <i>décapage, mise en stockage temporaire...</i>			X	
Usage des eaux (réseaux, surface, souterraines) :				
Réseaux d'eau potable : modifications, créations ?	X			
Usage des eaux souterraines (arrosage, piscine...) ?		X		
Usage des eaux de surface (plan d'eau, gravière, bassin EP en eau...) ?		X		

? : Non connu en l'état des données disponibles

Tableau 22 : Caractéristiques des conditions actuelles d'état et d'usage du site base de la synthèse des voies d'exposition

A ce stade de la démarche, les récepteurs (cibles) considérés sont les futurs usagers de type population générale « SUR SITE » et fréquentant les espaces localisés au droit des sources d'anomalies (pollution) du sol.

Les hypothèses retenues pour les conditions d'usages « SUR SITE » sont celles de l'opération présentées dans le chapitre ci-avant.

Le tableau ci-dessous présente les scénarios d'exposition pertinents retenus « **SUR SITE** » en l'état actuel avec les résultats des investigations disponibles sur les milieux :

Milieu/substances potentiellement polluantes identifiées	Modalités d'exposition	Futurs Cibles/usagers « sur site »	Voie (scénario) d'exposition potentielle	Observations/hypothèses/conditions retenues selon tableau ci-avant
Sol (Campagnes 2021/2022) Substances : COHV HCT C10-C40 / HAP dont naphtalène / m+p Xylènes / Méthanol / PCB/ Métaux Lourds / Sulfates	Ingestion de sols par portage main bouche enfant	Travailleurs Adultes	NON	Absence de sols nus au droit du projet d'aménagement Population adulte Absence de cibles pérennes sur les espaces extérieurs Absence d'aire récréative extérieure
	Inhalation de sols par mise en suspension poussières (envol)	Travailleurs Adultes	NON	
	Contact direct de sols (cutané)	Travailleurs Adultes	NON	
	Ingestion de légumes/fruits produits sur site	Travailleurs Adultes	NON	Absence de jardins potagers dans le projet d'aménagement
Air Substances potentielles COHV HCT / naphtalène/ BTEX	Inhalation à l'intérieur des bâtiments de composés volatils provenant des sols et/ou des eaux souterraines (air intérieur via l'air du sol)	Travailleurs Adultes	OUI	Présence de substances volatiles dans les sols, gaz du sol et eaux souterraines au droit des futurs bâtiments et pourtour
	Inhalation à l'extérieur de composés volatils provenant des sols et/ou des eaux souterraines (air ambiant via l'air du sol)	Travailleurs Adultes	NON	Absence de cibles pérennes
Eaux souterraines (Campagnes 2022, 2023 et 2024) Substances : COHV HCT C10-C40 / Fer/ Arsenic / HAP / BTEX	Contact direct d'eaux souterraines (cutané) à partir de puits sur site	Travailleurs Adultes	NON	Absence d'accessibilité à l'eau souterraine Aucun usage
	Ingestion d'eau souterraine à partir de puits sur site (et donc inhalation si produits volatils)	Travailleurs Adultes	NON	
Eaux de surface Sans Objet	Contact direct d'eaux de surface (cutané) à partir de plan d'eau et/ou ruisseau sur site	Travailleurs Adultes	NON	Absence d'eau de surface accessible et/ou utilisée sur site.
	Ingestion d'eau de surface à partir de plan d'eau et/ou ruisseau sur site	Travailleurs Adultes	NON	
	Ingestion potentielle de poisson en plan d'eau privé aval	Travailleurs Adultes	NON	
Sol/air/eaux Substances : Cf. ci-dessus	Transfert par les conduites enterrées (perméation et contamination eau potable) et inhalation lors de la douche, ingestion eau et absorption cutanée (via l'air du sol - sol - eaux)	Travailleurs Adultes	NON	Mesure de gestion simple : mise en place sur l'ensemble du site de conduites anti perméation gaz projets neufs (fonte ductile, PEHD Tricouche...)

Tableau 23 : Synthèse des scénarios d'exposition de la population future « SUR SITE » – Stade Plan de Gestion

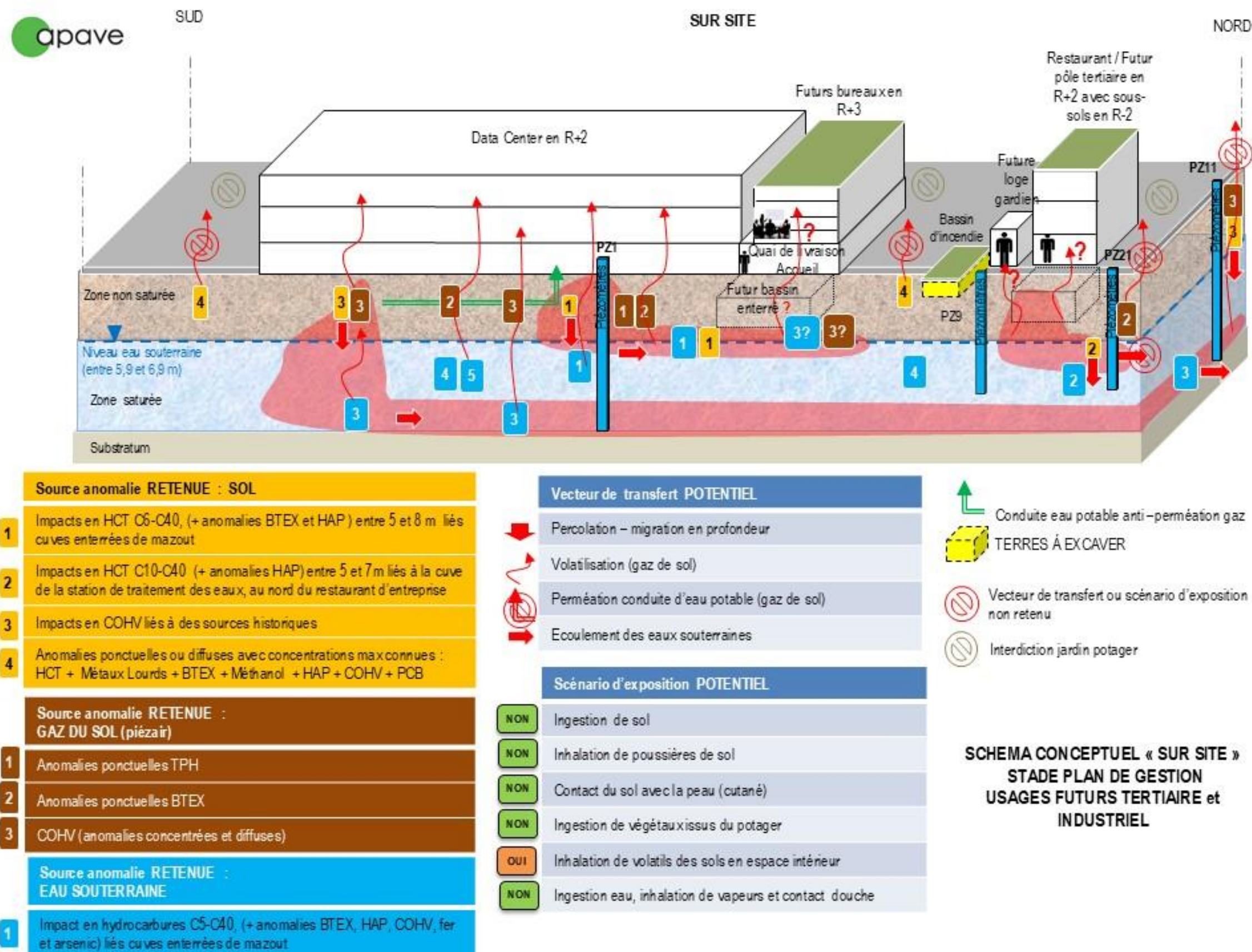


Figure 42 : Schéma conceptuel « SUR SITE » – stade Plan de Gestion – Data Center et bureaux sans sous-sol- en l'état actuel des milieux avant mesures de gestion

9.3.1. Hors site

Cf. rapport n° 22 910 LSO 25847 00 Q_IEM2 V1.

Les données disponibles montrent une migration des COHV hors du site Air France PVP via les eaux souterraines.

Les scénarios potentiels d'expositions retenus sont l'inhalation de substances volatiles dans l'air intérieur des bâtiments via les eaux souterraines et les gaz du sol et le transfert par les conduites enterrées (perméation et contamination eau potable).

Pour les usages fixés hors site en considérant les pollutions mesurées en place, le calcul de risque sanitaire indique pour le scénario considéré que les risques toxiques et cancérigènes sont acceptables.

A ce jour, l'étendue du panache en PCE et TCE n'est pas connue.

En l'absence de cibles et d'usages sensibles sur plusieurs km à l'aval du site Air France PVP, de la suppression des sources et impacts en COHV sur le site Air France PVP et de la compatibilité sanitaire avec un usage tertiaire, il convient à ce jour de mettre en place une surveillance des eaux souterraines hors site avant, pendant et après de la phase de dépollution du site Air France PVP et deux campagnes de mesures des eaux du robinet au droit des zones les plus proches des zones d'études concernées.

Conformément à la demande de la DRIEAT datée du 22 juin 2023, réf. D2023-0619, Air France réalise une surveillance environnementale des eaux souterraines hors du site depuis octobre 2023.

Afin, de réaliser un bilan quadriennal, codifié BQ dans la norme NFX 31-620-2 de décembre 2021, cette surveillance des eaux souterraines est prévue sur une période de 4 ans.

CHAPITRE 10 : DEFINITION DES SEUILS / OBJECTIFS DE REHABILITATION – STADE PG

10.1. Principes généraux et CMA

Ce paragraphe a pour objet de proposer des objectifs de dépollution compatibles avec les performances de traitement et valides d'un point de vue sanitaire et environnemental. La réhabilitation d'un site est conditionnée par certaines valeurs clés, qui dépendent du niveau de pollution propre au site et des usages existants ou projetés. Pour un polluant donné, l'objectif de réhabilitation correspondra soit au seuil de coupure, soit à la CMA (Concentration Maximale Admissible).

Il s'agit par la suite de définir quelles techniques permettent ou non de traiter les polluants en présence et ce jusqu'aux objectifs fixés.

Concentrations maximales admissibles (ou CMA) : ces valeurs sont définies sur la base de calculs de risques sanitaires, dans le cas où des niveaux de risques non acceptables sont générés par les pollutions en présence. Elles constituent alors le minimum pour ce qui est du niveau de dépollution à atteindre.

Les objectifs de réhabilitation doivent tenir compte des seuils de coupure (cf. ci-avant) et des éléments suivants :

- la protection et la gestion durable de l'environnement ;
- la mobilité des polluants (absence de relargage des sols entraînant une dégradation significative de la qualité des eaux souterraines ; qualité amont-aval comparable) ;
- les techniques de dépollution disponibles (faisabilité pour l'ensemble des contraintes spécifiques...) ;
- les usages du site ou des aménagements actuels ou futurs ;
- les objectifs de qualité des milieux (valeurs réglementaires, valeurs de gestion...) ;
- les risques sanitaires (selon résultats ARR Analyse des Risques Résiduels) ;
- la conformité réglementaire (acceptabilité, procédures...) ;
- les aspects financiers (traitement des volumes limités de sol présentant la masse de polluant la plus importante et financièrement acceptable au regard du bilan coûts –avantage).

10.2. Application au site

Une ARR prospective avec définition des concentrations maximales admissibles a été réalisée (cf. **annexe 7**).

La synthèse des résultats de cette prestation A320 sont présentées dans le tableau ci-dessous :

OBJET	OBSERVATIONS ESSENTIELLES
Mesures de gestion prévues (conditions de validité)	<u>Au stade plan de gestion</u>, les objectifs de réhabilitation définis sont : ➤ <u>SOLS</u> : • Objectif composés HCT C10-C40 sur les sols : 1200 mg/kg MS au droit des 2 cuves FOD inertées et de la station de traitement des eaux au nord du restaurant d'entreprise ; • Zone source sol COHV au droit du bâtiment SHEDS et de la zone nord. Suppression des anomalies liées à la zone source avec une zone à curer de 4 580 m³ ; ➤ <u>EAUX SOUTERRAINES</u> : Panache de pollution en COHV sur la partie ouest du site. • Objectif composés PCE+TCE sur les eaux souterraines : 5000 µg/l ; • Objectif composé CV (chlorure de vinyle) sur les eaux souterraines : 900 µg/l ; ➤ <u>GAZ DE SOLS</u> : Aucun objectif n'est fixé sur les gaz du sol, une ARR fin de travaux permettra de justifier l'arrêt du traitement sur le milieu des gaz du sol. De plus, le traitement de la nappe permettra une atténuation des concentrations dans les gaz du sol sur le long terme. <u>Au stade AP</u>, les objectifs de réhabilitation ont été estimés avec des pourcentages d'abattement compris entre : • 60 à 80% pour les PCE/TCE/CV dans les Eaux souterraines - traitement in situ (oxydation, sparging venting) ; • 43 et 80% pour les HCT C10-C40 en zone saturée et non saturée - traitement in situ (bio-sparging) ; • 60 et 90% pour les sources SOL en COHV et HCT.
Schéma conceptuel / scénarios d'expositions retenus	
Sources	Sources : sols, eaux souterraines et gaz des sols
Vecteurs	Vecteurs de transfert : inhalation de composés volatils en intérieur
Cibles	Cibles : futurs usagers (travailleurs adultes)
Polluants considérés	HC C8-C16 aliphatiques, HC C8-C10 aromatiques
Modèle utilisé	MODUL'ERS (INERIS)
Résultats valeurs de gestion / réglementaires (CE)	Air Ambiant Intérieur
Résultats des calculs de risques	Respect de la valeur de gestion pour la concentration modélisée en air intérieur du bâtiment « Pôle tertiaire », donc compatibilité sanitaire. Quotients de danger cumulés acceptables (QD<1) pour la voie d'exposition par inhalation en air intérieur du bâtiment « Bureaux ». Nota : En l'absence de VTR sans seuil pour les hydrocarbures volatils, aucune valeur d'ERI n'a pu être établie.
Résultats des calculs d'incertitude	L'analyse des risques résiduels a été menée en considérant des hypothèses de travail et données d'entrée visant à respecter le principe de précaution. Néanmoins, il est à noter que les implantations des investigations, notamment piézaires, avaient été établies en fonction d'une version antérieure du projet d'aménagement. Aussi, les ouvrages considérés ici sont ceux situés au plus proche des bâtiments du nouveau projet mais ne présentent pas une localisation idéale pour être les plus pertinents dans la modélisation des risques sanitaires.
Servitudes / restrictions d'usages et d'exploitation	Cf. plan de gestion
Surveillance environnementale	Cf. plan de gestion
Archivage - communication	Le présent rapport pourra être annexé aux documents fonciers.
Limites	Compte tenu des incertitudes identifiées, afin de pouvoir modéliser les risques de manière plus sécuritaire, Apave préconise la réalisation d'investigations complémentaires sur les gaz du sol au droit des lieux présentant les expositions principales : • Emplacement du bureau de la salle de sports du bâtiment « Pôle tertiaire » ; • Accueil du bâtiment « Bureaux » ; • Poste de garde. Par ailleurs, pour toute autre affectation des terrains, il sera nécessaire de reprendre les calculs de risques sanitaires.

Tableau 24 : Synthèse des résultats de l'EQRS ARR et définition des objectifs de réhabilitation (extrait EQRS)

10.2.1. Volet environnemental

Les analyses de la qualité des eaux souterraines montrent, des anomalies en aval de la zone d'étude (PZ11) pour les COHV essentiellement ; les objectifs de réhabilitation définis dans l'ARR prospective s'inscrivent donc également dans une amélioration de la protection de la qualité des eaux souterraines.

10.2.2. Objectifs de réhabilitation retenus

10.2.2.1. *Hydrocarbures totaux C10-C40*

D'après l'ARR, les hydrocarbures ne constituent pas une source d'incompatibilité sanitaire pour le projet d'aménagement de HINES ; pour ces composés le seuil de coupure théorique peut donc être considéré comme égal à l'objectif de réhabilitation.

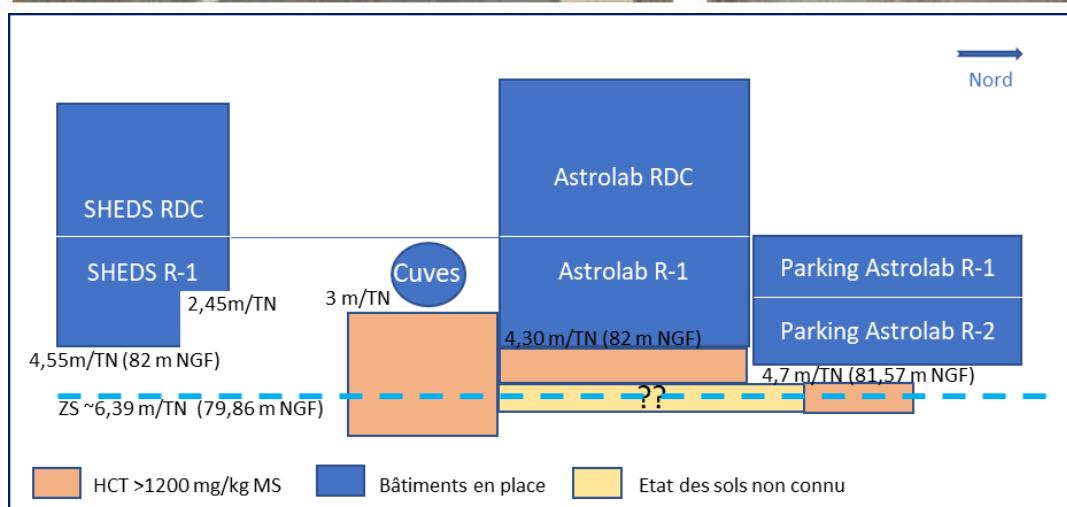
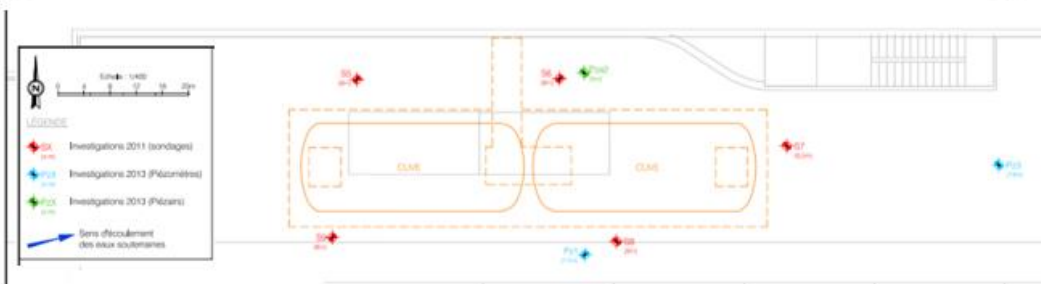
Sur la base des résultats des méthodes de définition des pollutions concentrées présentées ci-avant (dont bilan massique Loi de Pareto), l'objectif de réhabilitation retenu pour les HCT _{C10-C40} dans les sols est donc de **1200 mg/kg MS**.

Les figures ci-dessous présentent les localisations des zones nécessitant des mesures de gestion.

2 CUVES de Fuel inertées – capacité 30 000L

SOLS :

	Indice Hydrocarbures (C10-C40)	Naphtalène	Somme HAP	BTEX	
max SOL (mg/kg)	7 170	8,80	14,60	3,25	
ESO :	Indice Hydrocarbures (C10-C40)	Naphtalène	Somme HAP		
	max ESO (µg/l)	1 710	11	20	
GAZ du SOL :	Aliphatiques >C8 - C10	Aliphatiques >C10 - C12	Aliphatiques >C12 - C16	Aromatiques >C8 - C10	Naphtalène
	max GAZ (µg/m3)	7 060	4 960	3 210	1 690
					27,6



SCHEMA DE PRINCIPE ZONE CUVES FOD

Figure 43 : Fiche Synthèse zone CUVES FOD

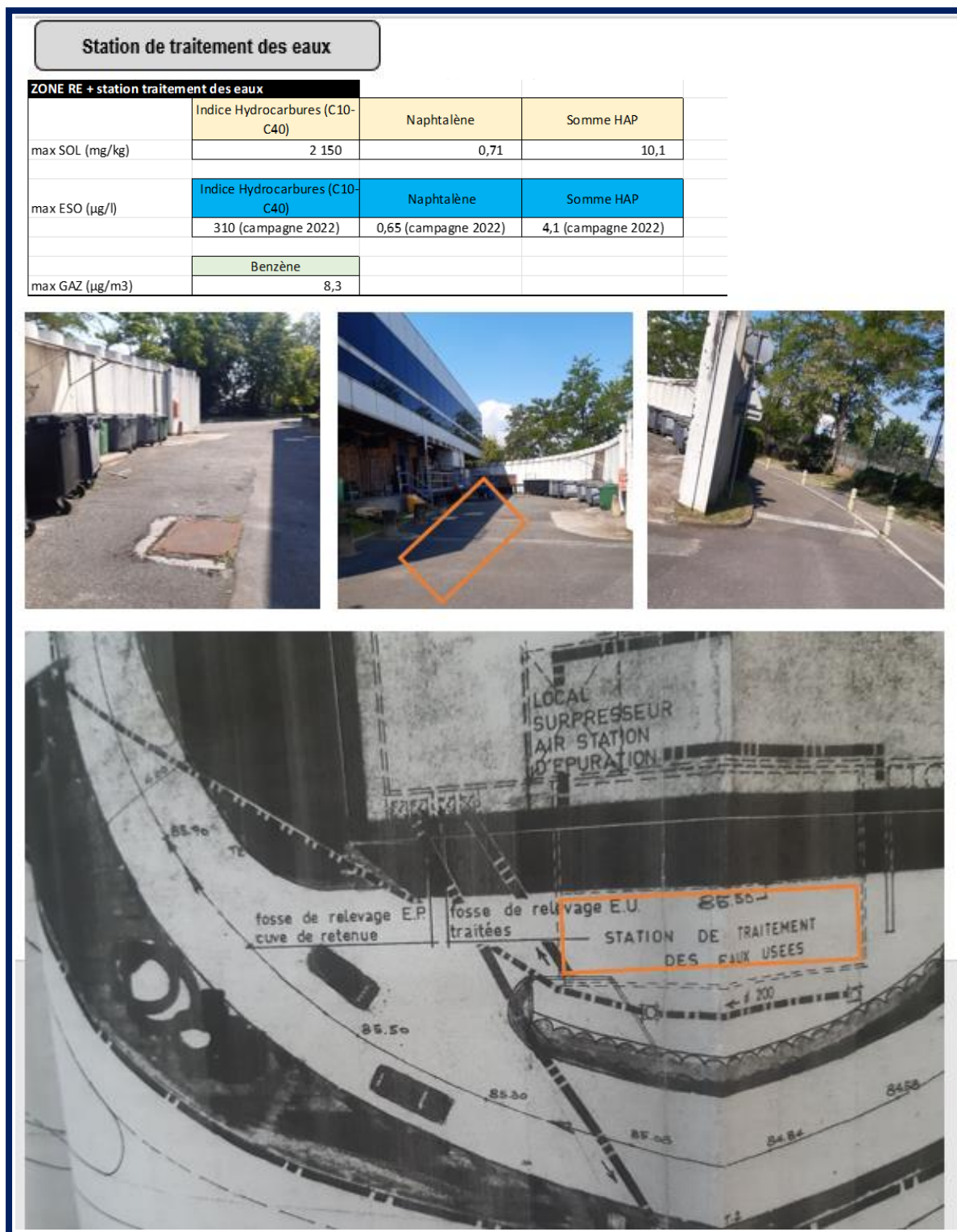


Figure 44 : Fiche Synthèse zone « station de traitement des eaux usées »

Rappel : localisation non connue de l'ouvrage.

La figure ci-dessous présente par profondeur les mailles associées [HCT C10-C40] > 1200 mg/kg.

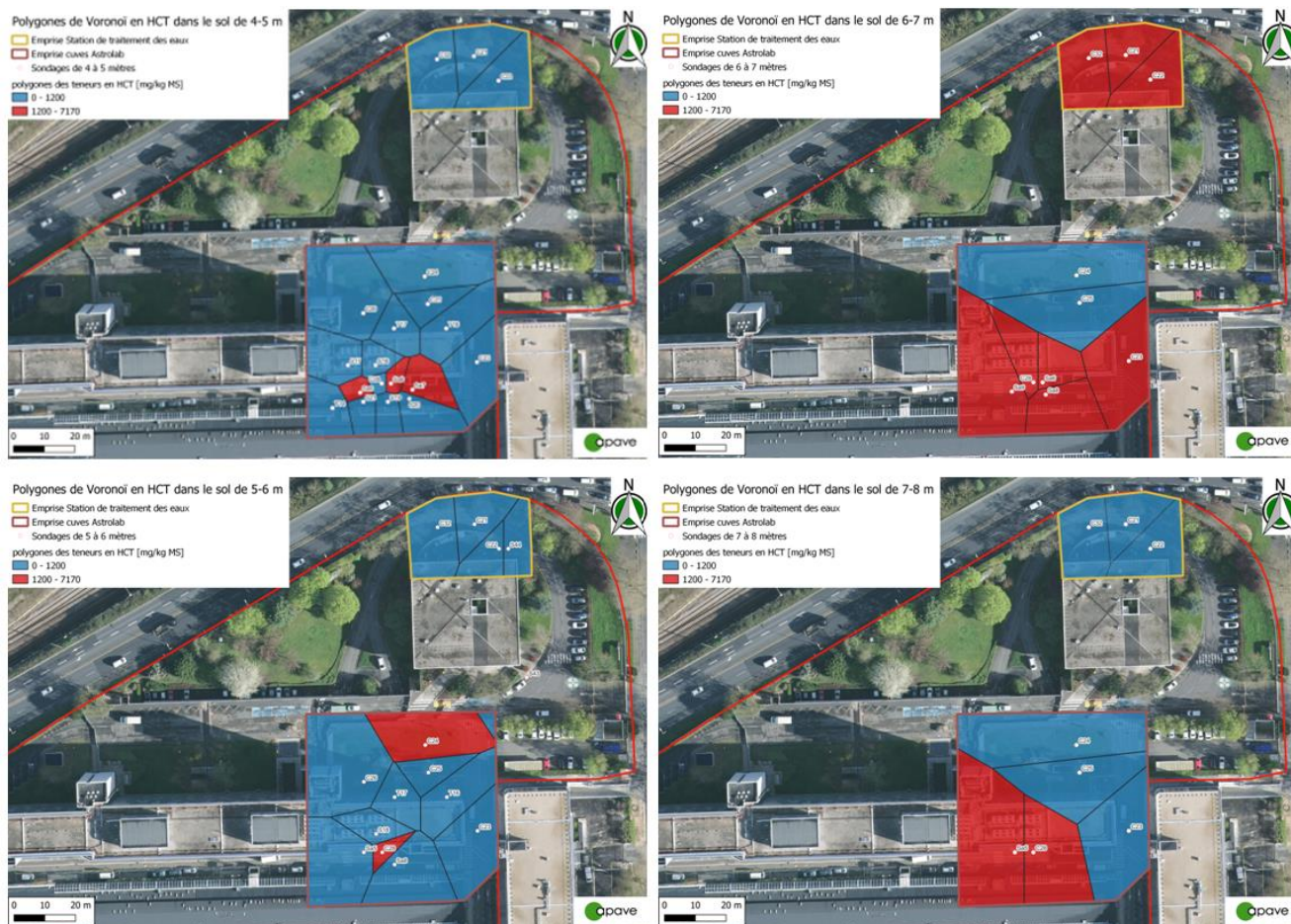


Figure 45 : Maillage des zones à traiter selon le seuil de coupure des HCT C10-C40

10.2.2.1. BTEX, naphtalène

Les composés BTEX-N sont considérés comme ponctuels à l'échelle du site et liés pour les valeurs maximales dans les sols aux anomalies en HCT.

De plus, l'EQRs réalisée montre que les BTEX et naphtalène ne constituent pas une source d'incompatibilité sanitaire pour l'opération quelque soit le scénario étudié ; pour ces composés aucun traitement autre que la suppression des anomalies associé au HCT C10-C40 n'est préconisé.

10.2.2.2. COHV

Pour le scénario 2 DATA CENTER de type « Salle informatique RDC » (Cf.&10.2) , les concentrations maximales admissibles (CMA) sont :

- **composés PCE sur les eaux souterraines : 10 000 µg/l ;**
- **composés TCE sur les eaux souterraines : 900 µg/l ;**
- **composé CV (chlorure de vinyle) sur les eaux souterraines : 900 µg/l (teneur actuelle : 4900 µg/l sur PZ19).**

NB : La distribution des concentrations de TCE et PCE dans les eaux souterraines sont d'environ 90% de PCE et 10 % de TCE.

Sur la base des résultats des méthodes de définition des pollutions concentrées présentées ci-avant (dont bilan massique Loi de Pareto), le seuil de coupure théorique retenu en TCE + PCE est inférieur aux CMA défini par l'EQRS. Ainsi, l'objectif de réhabilitation pour ces composés sera défini par le seuil de coupure permettant la suppression des pollutions concentrées.

Les objectifs de réhabilitation dans les eaux souterraines sont :

- **Objectif composés PCE+TCE sur les eaux souterraines : 5000 µg/l (teneur actuelle : 24 000 µg/l au droit de PZ14) ;**
- **Objectif composé CV (chlorure de vinyle) sur les eaux souterraines : 900 µg/l (teneur actuelle : 4900 µg/l sur PZ19).**

Le graphe ci-après permet de rappeler les teneurs dans les eaux souterraines en PCE+TCE concernés pour une teneur > 5000µg/l.

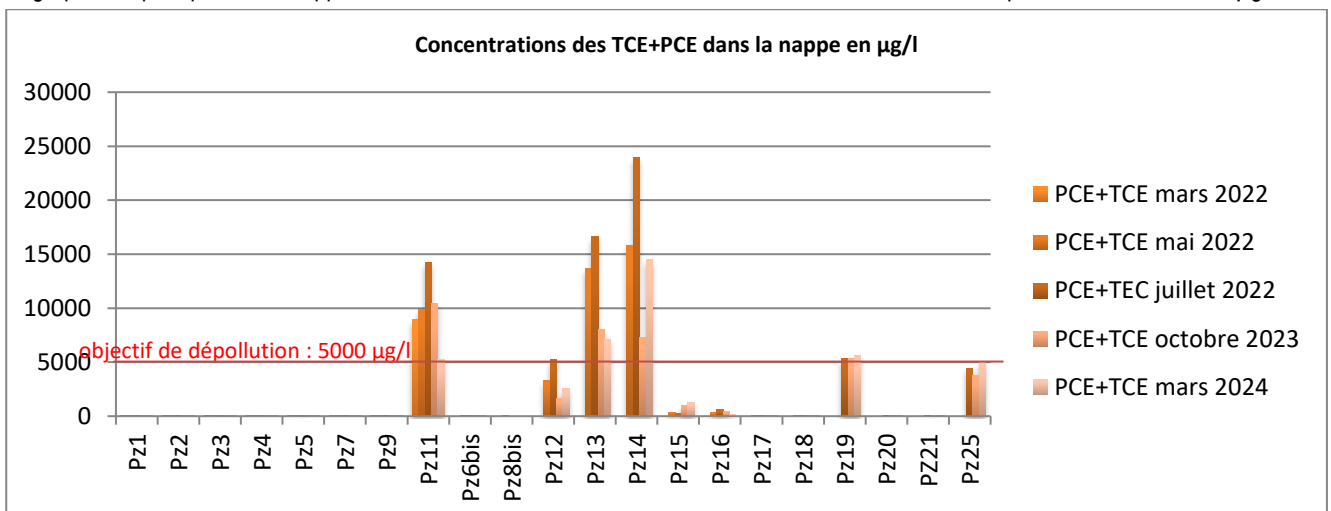


Figure 46 : Graphique des concentrations dans les eaux souterraines en PCE+TCE>5000 µg/l

Le graphe ci-après permet de rappeler les teneurs dans les eaux souterraines en CV concernés pour une teneur > 900 µg/l.

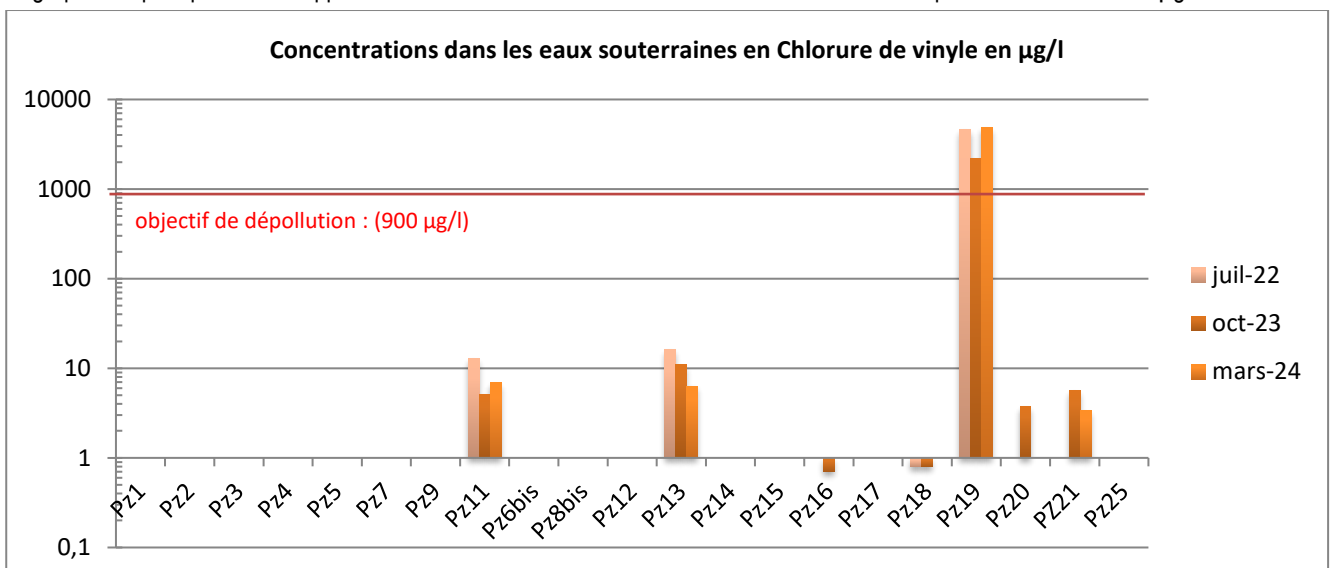


Figure 47 : Graphique des concentrations dans les eaux souterraines en CV>900 µg/l

Pour rappel, la figure ci-dessous présente la carte d'iso-concentrations des PCE+TCE, (zone saturée de 7 à 9 m/TN - bas de la colonne d'eau). **La zone concernée par les concentrations >5000µg/l est délimitée en jaune.**

Ce maillage permet également de traiter les concentrations en CV >900µg/l localisées au droit du SHEDS (PZ19).

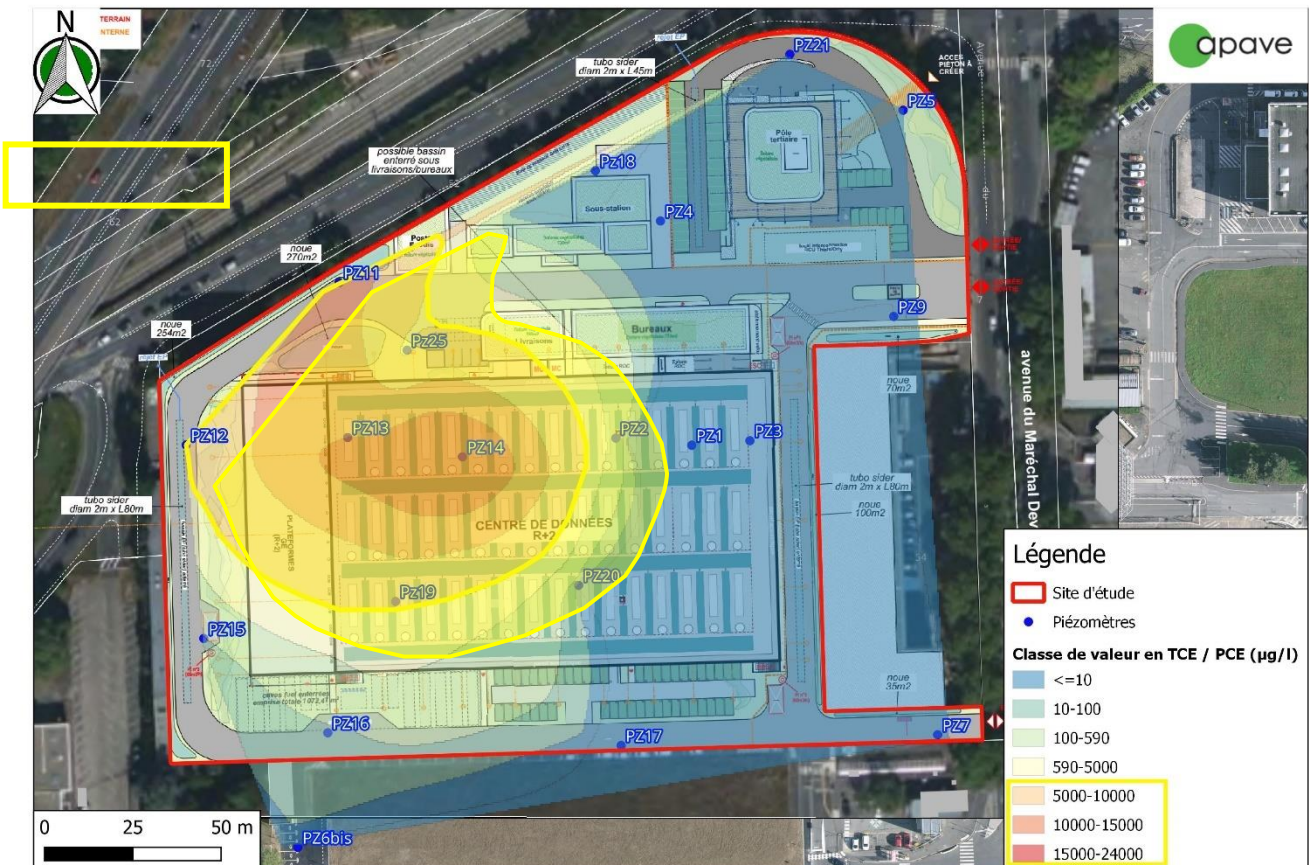


Figure 48 : Cartographie des concentrations dans les eaux souterraines en PCE+TCE>5000 µg/l

Des incohérences sont observées sur l'étendue du panache en PCE+TCE pour les concentrations supérieures à 5000µg/l.

En effet, les anomalies maximales en PCE/TCE mesurées dans les sols et gaz du sol ne sont pas concordantes avec les concentrations maximales du panache en PCE+TCE des eaux souterraines.

Les incertitudes retenues sur les données issues des différents diagnostics réalisés, principalement liées aux conditions d'accès et aux caractéristiques des piézomètres réalisés au droit des sous-sols du bâtiment SHEDS, peuvent expliquer ces discordances.

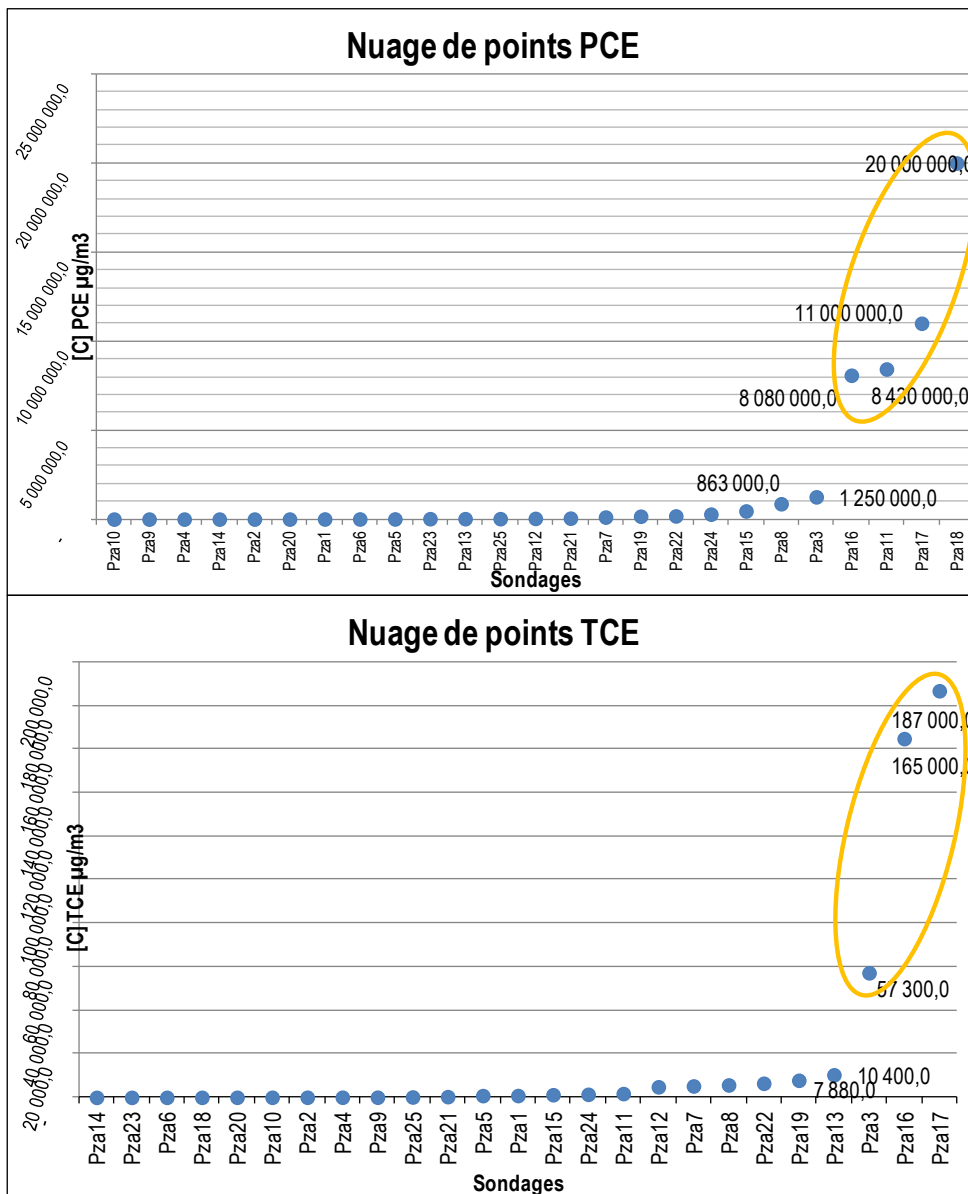
Pour y palier une interpolation cartographique des concentrations maximales en PCE, TCE et CV dans les sols et gaz du sol ainsi que les résultats de la MIP, des Vapor pin et données PID ont été exploitées pour étendre la zone à traiter.

Cette interpolation se base sur :

- Les anomalies concentrées en PCE, TCE, Cis 1,2 et CV dans les sols au droit de Pza3 ;
- Les concentrations en PCE et TCE dans les gaz du sol ;
- Les mesures PID (cf. &7.10 constats de terrain) ;
- Les données des MIP et Vapor Pin (cf. rapport APAVE n°22 910 LSO 10128 00 S_DIAG de septembre 2022) ;
- L'emprise des sources historiques retenues à l'issue des différents diagnostics :
L'atelier des anciennes activités de dégraissage, d'application de peintures et d'encres (Zone 1)
La partie Nord-ouest, ayant potentiellement accueilli des stockages de diluants ou de perchloroéthylène (Zone 2)
- Les plans du sous-sol et du RDC du bâtiment SHEDS.

Selon les données exploitées les résultats de l'analyse statistique élémentaire des concentrations en PCE et TCE dans les gaz du sol sont présentés ci-dessous.

La figure ci-après présente la répartition sous la forme d'un nuage de points des concentrations mesurées en PCE et TCE dans les gaz du sol au droit du site.



Nbre	25
MOY	2040359,4
MAX	20000000,00
MIN	520,00
P25	5790
P50	38900
P75	559250
P80	940400
P85	3982000
P90	8290000
ECART-TYPE	4812944,95
COEFF. VARIATION	2,36

Nbre	25
MOY	18288,1
MAX	187000,00
MIN	24,40
P25	75,8
P50	868
P75	5925
P80	6784
P85	8888
P90	38540
ECART-TYPE	48913,78
COEFF. VARIATION	2,67

Figure 49 : Analyse statistique des impacts en solvants chlores (zone non saturée) (PCE/ TCE gaz du sol)

Les ouvrages présentant les concentrations maximales en PCE sont Pza16, Pza11, Pza17 et Pza18.

Les ouvrages présentant les concentrations maximales en TCE sont Pza3, Pza16 et Pza17.

Une carte d'iso concentration en PCE (composé le plus pénalisant) a été établie afin de pouvoir apporter un éclairage complémentaire à l'analyse statistique. La population d'échantillons prise en compte correspond aux piézairs Pza1 à Pza22.

La figure ci-après montre (mesures disponibles) :

- Un fond sur lequel apparaissent la trace et la désignation des piézairs dans le système Lambert 93, ainsi que l'échelle ;
- Une carte d'iso-concentrations des PCE.

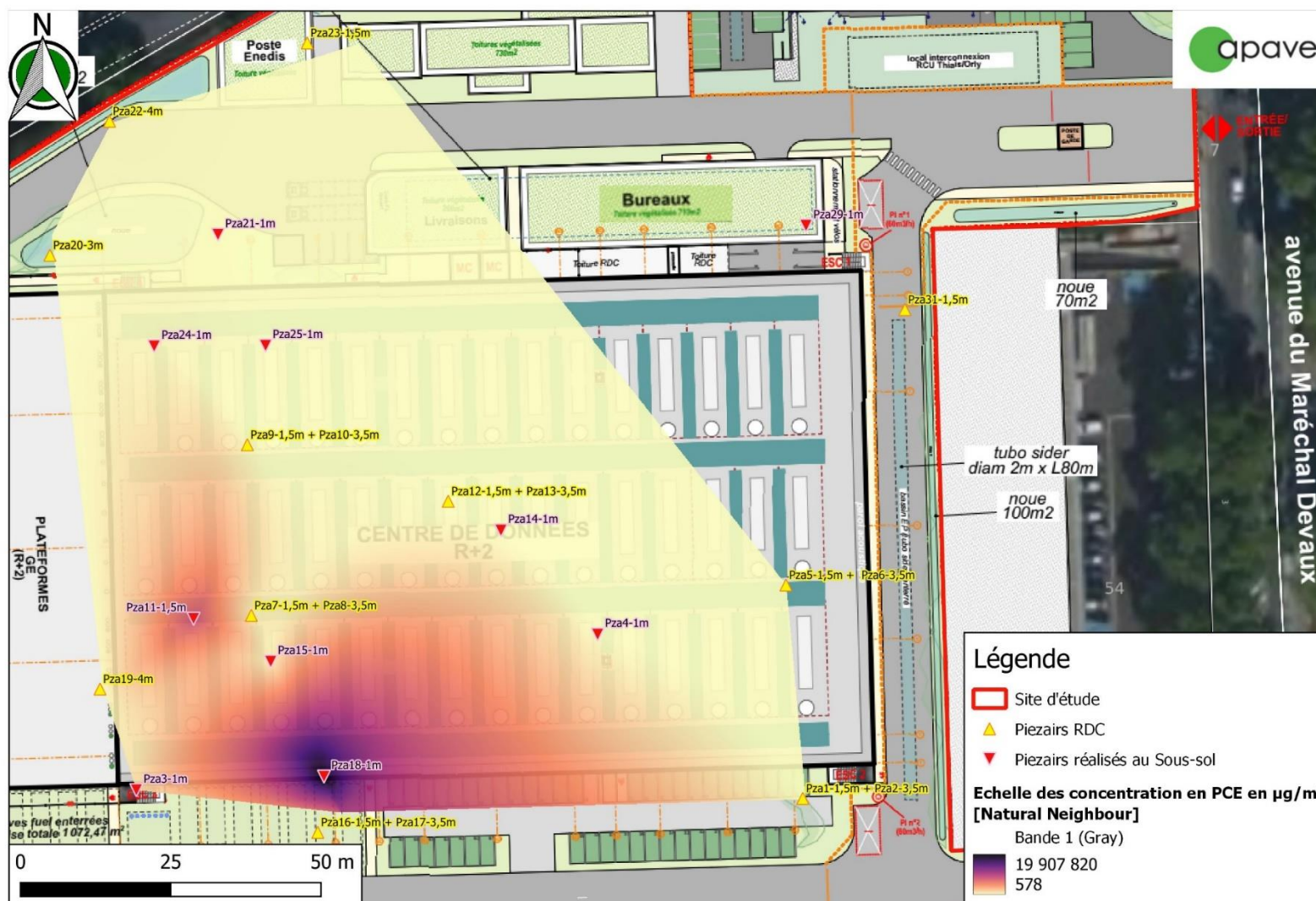


Figure 50 : Courbes d'iso-concentrations – emprise site : [PCE gaz du sol]

De plus, un maillage de type polygones de Thiessen a été établi avec l'ensemble des investigations réalisées sur le site (sol, gaz du sol, eaux souterraines, MIP, vapor pin).

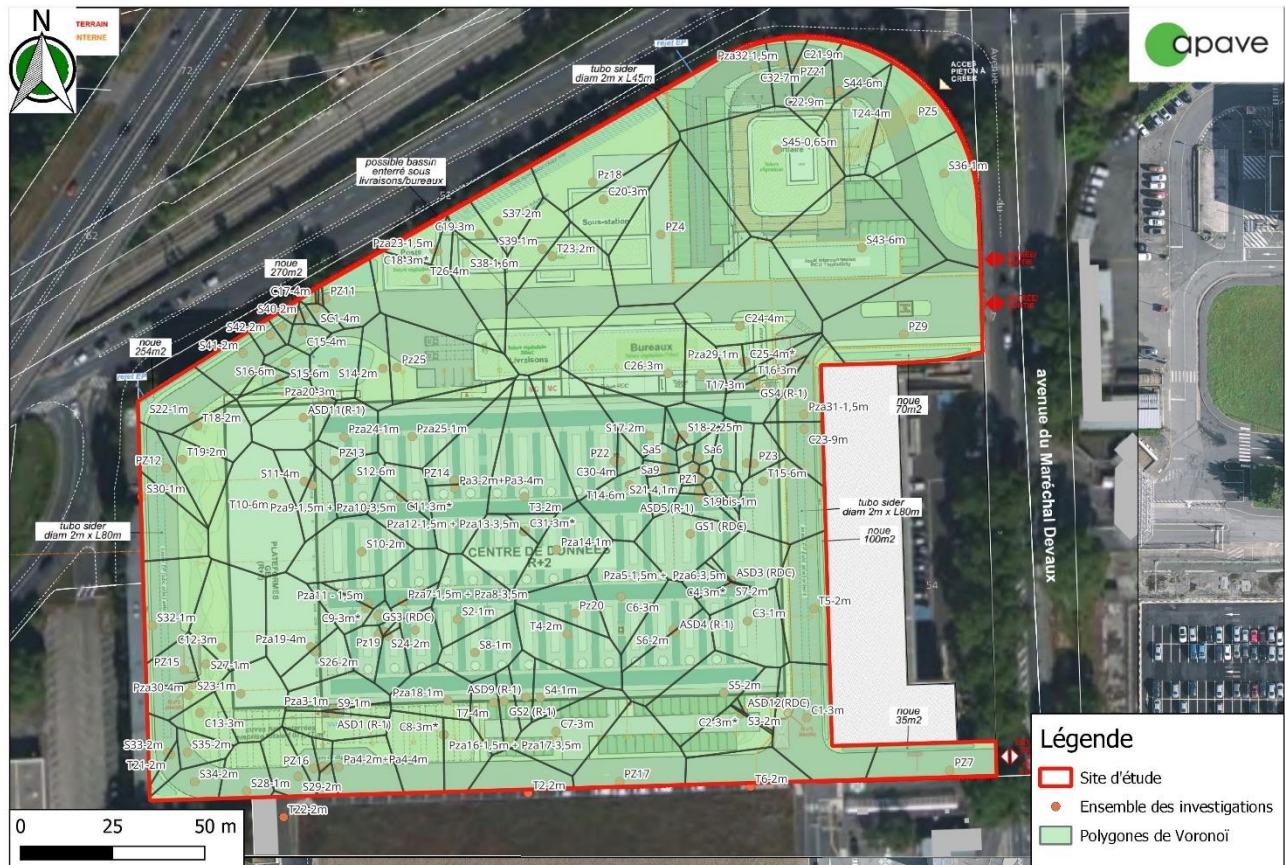


Figure 51 : Maillage réalisé selon l'ensemble des investigations réalisées

Les figures ci-après montrent (mesures disponibles) :

- Un fond sur lequel apparaissent la trace et la désignation des ouvrages réalisés dans le système Lambert 93, ainsi que l'échelle ;
- Une carte d'iso-concentrations des PCE dans les gaz du sol ;
- Les plans de masses du R-1 et RDC du bâtiment SHEDS ;
- Les mailles présentant les anomalies maximales ([PCE/TCE], signes organoleptiques...) ont été colorées.

Les cartographies suivantes définissent les zonages des anomalies concentrées et sont considérées comme les zones sources des anomalies en COHV.

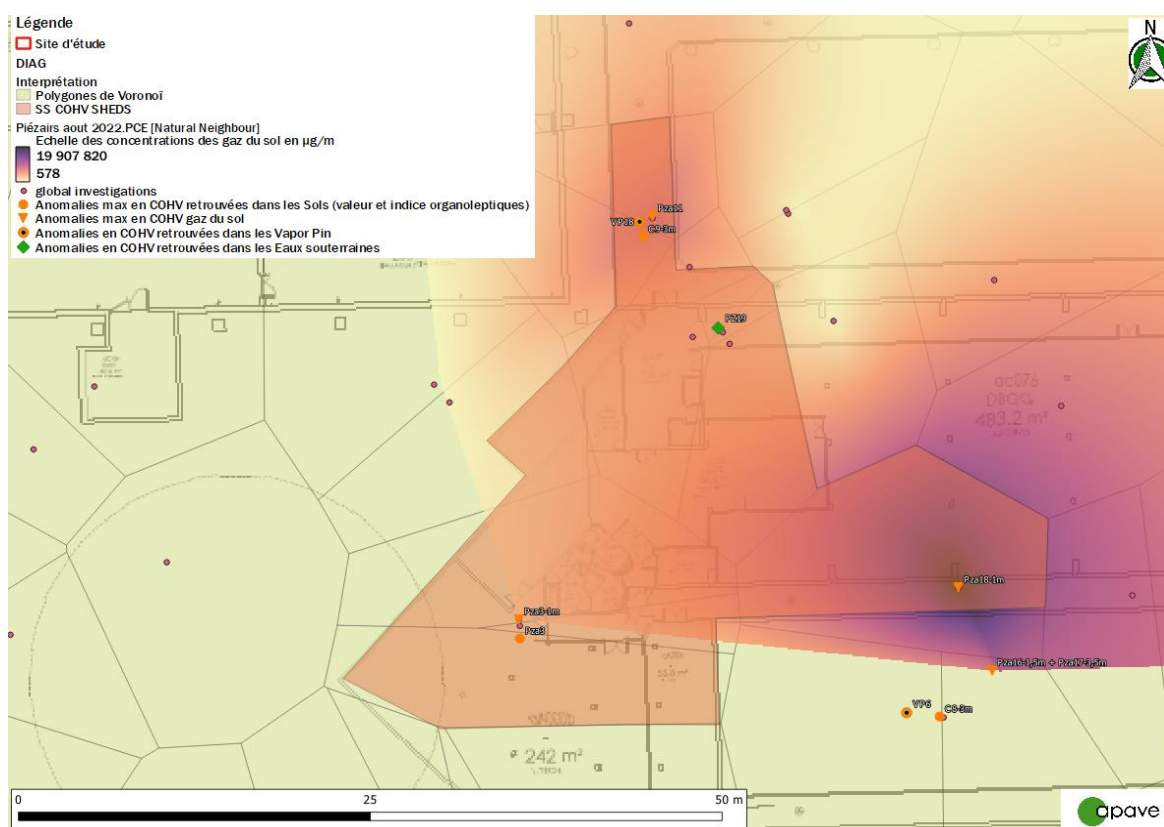


Figure 52 : Zonage présentant des anomalies maximales en COHV au R-1 SHEDS (source : anciennes activités de dégraissage)

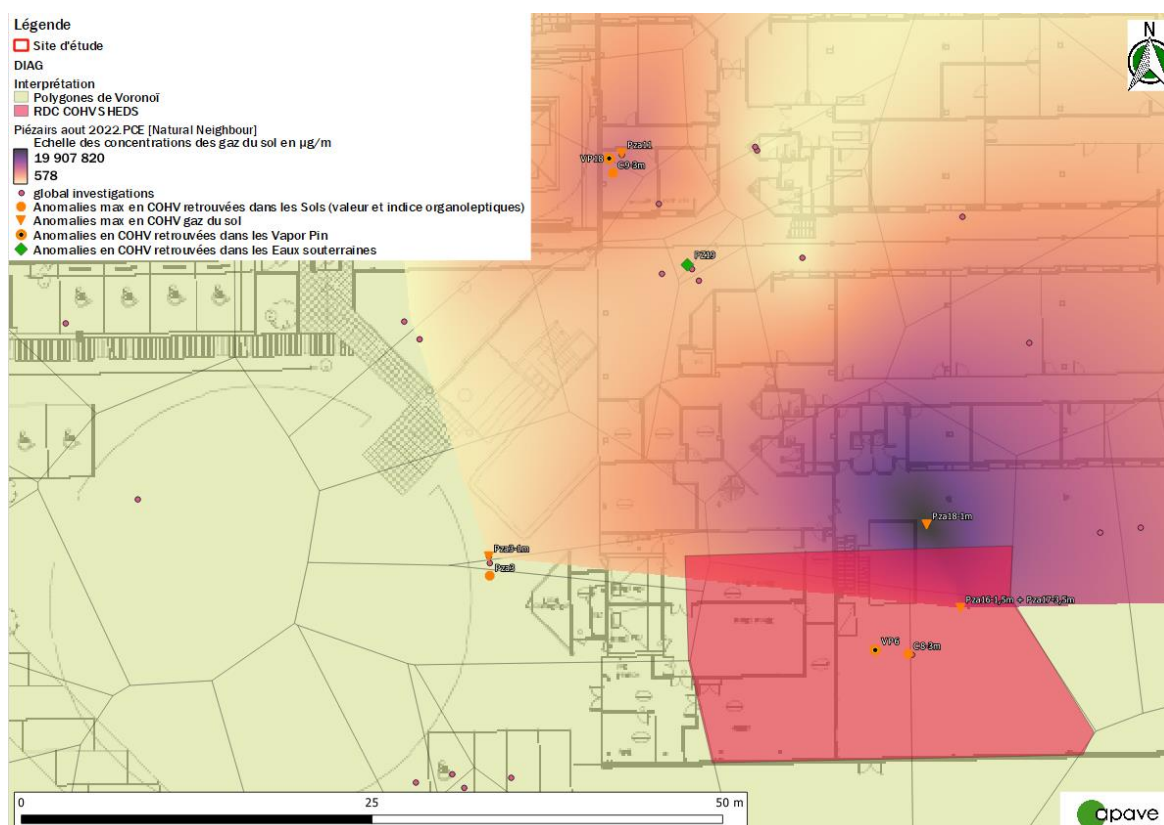


Figure 53 : Zonage présentant des anomalies maximales en COHV au RDC SHEDS (source : anciennes activités de dégraissage)

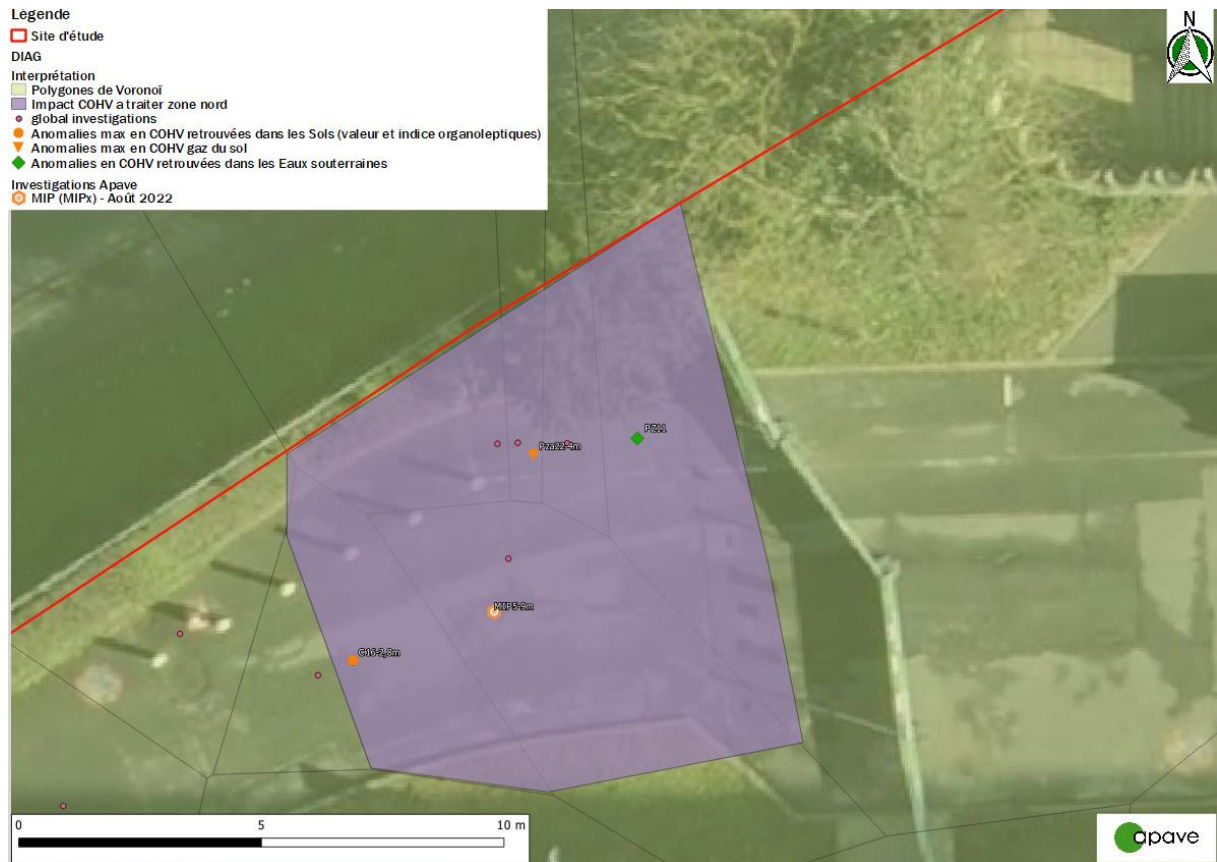


Figure 54 : Zonage présentant les anomalies maximales en COHV (source : stockages historiques au nord du site)

Suite à ces interpolations cartographiques une nouvelle délimitation de la zone concernée a été réalisée.

La figure ci-dessous présente la carte d'iso-concentrations des PCE+TCE selon les nouvelles classes définies et la zone d'interpolation, (zone saturée de 7 à 9 m/TN - bas de la colonne d'eau). **La zone nécessitant des mesures de gestion est délimitée en jaune.**

NB : Plusieurs incertitudes subsistent suite à la définition des ces surfaces :

- Des incertitudes liées au manque d'ouvrages en périphérie du panache en PCE+TCE ;
- Les aléas liés à la réalisation des investigations sur les eaux souterraines (échantillonnage, analyse laboratoire...) ;
- Le non respect de la norme NFX31-614 pour la pose des ouvrages PZ19, PZ20 et PZ25, avec une minimisation probable des concentrations en PCE+TCE mesurées en leur droit ;
- La minimisation des concentrations au droit des ouvrages PZ19 et PZ25 notamment peuvent minimiser les volumes d'eaux à traiter ;
- La variabilité des concentrations liée à la saisonnalité n'est pas prise en compte ;
- L'intégration sur 2m d'épaisseur de concentrations max suite aux résultats de la MIP et aux propriétés physique des COHV ;
- Des incertitudes sur les surfaces (volume) déterminées par la méthode des polygones de Thiessen sont émises par le manque d'ouvrages en périphérie du panache en PCE+TCE ;
- Délimitation des périmètres définis pour les zones des sources historiques ;
- Profondeur des fondations des bâtiments en place ;
- Les extrapolations au droit des zones inaccessibles non investiguées ;
- les aléas liés à la réalisation des investigations (échantillonnage, analyse laboratoire...) ;
- la position exacte des investigations ;
- l'hétérogénéité des concentrations dans les sols, liées à des passages préférentiels dans les couches lithologiques ;
- l'intégration sur 2m d'épaisseur de concentrations provenant d'échantillons prélevés sur une épaisseur moindre. Cette épaisseur correspondant à la zone non saturée sous la dalle au niveau du sous-sol ;
- l'intégration sur 6m d'épaisseur de concentrations provenant d'échantillons prélevés sur une épaisseur moindre. Cette épaisseur correspondant à la zone non saturée sous la dalle au niveau RDC.

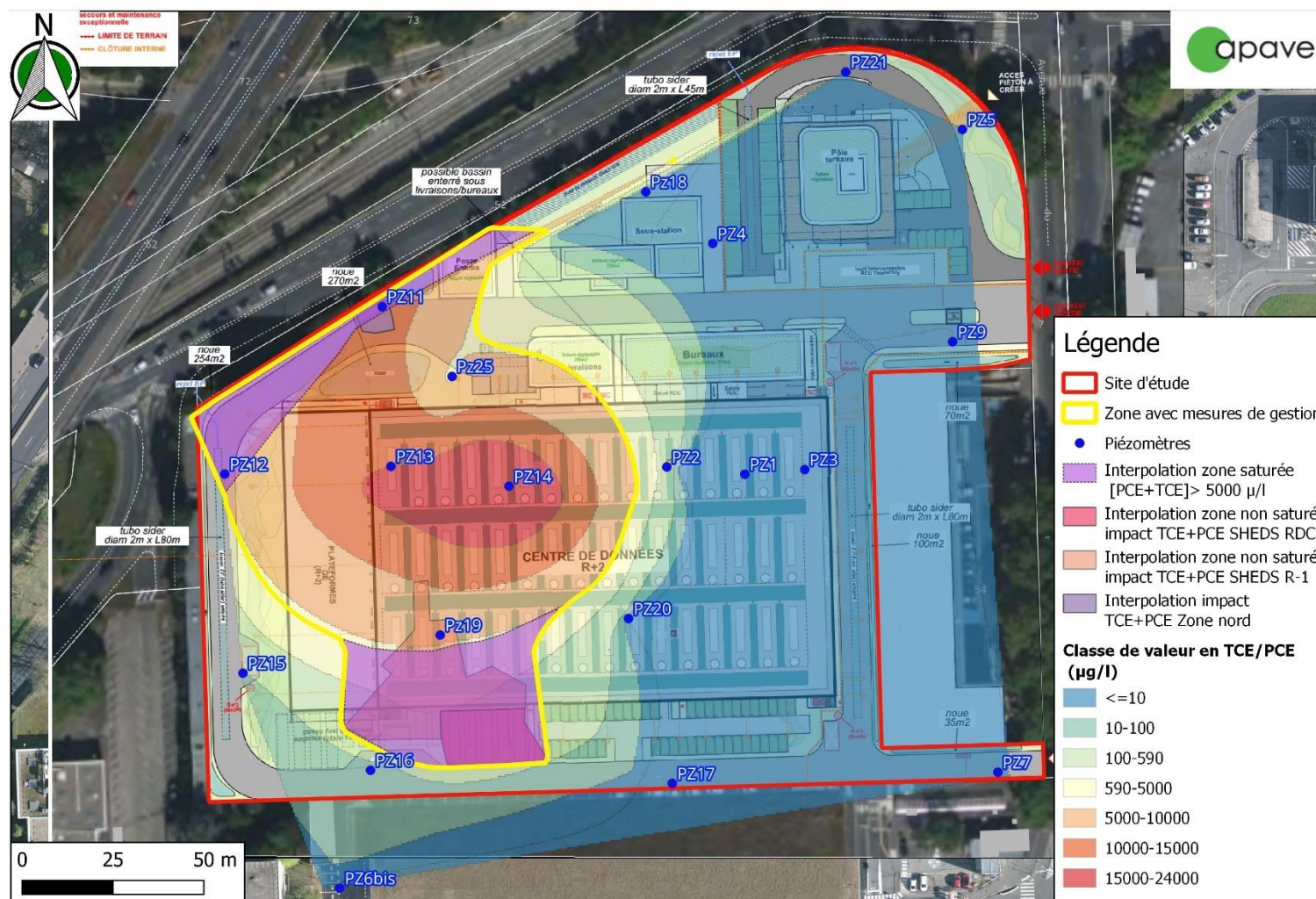


Figure 55 : Cartographie du zonage nécessitant des mesures de gestion (milieu eaux souterraines)

Le maillage présenté ci-dessus a été défini à l'aide du logiciel SAGA_GIS et QGIS.

Les estimations des volumes correspondant sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Milieu	Zone Cf. figure 58	Point de référence	Valeur retenue	Surface (m²)	Profondeur (m/sol actuel)	Volume (m³)
ESO	ZS de 7 à 9 m/TN	PZ11, PZ25, PZ19, PZ14, PZ13, PZ12	PCE+TCE : 5000 µg/l CV : 900 µg/l	7932	7 à 9 m/TN	6346*
ESO	ZS de 7 à 9 m/TN	Interpolation cartographique zones SHEDS et Nord : Pza3, Pza16, Pza11, Pza17 et Pza18/ Vp18, Vp6/ MIP5 / C8, C9, C16	PCE+TCE : 5000 µg/l CV : 900 µg/l	2676	7 à 9 m/TN	2141*
Volume TOTAL des zones de pollutions à traiter - ZONE SATUREE						8 487 m³
SOL	ZNS R-1	Pza3	PCE : 910 mg/Kg MS	9	2	18
GAZ DU SOL	ZNS RDC	Pza16, Pza17, Vp6, C8	PCE : 11g/m3	376	6	2256
GAZ DU SOL	ZNS R-1	Pza3, Pza11 et Pza18 Vp18, C9	PCE : 20g/m3	895	2	1790
SOL, GAZ DU SOL	Zone nord ZNS	MIP5, Pz11, C16	PCE : 9,26 mg/Kg MS	86	6	516
Volume TOTAL des zones de pollutions à traiter - ZONE NON SATUREE						4 580 m³

* porosité des marnes de 40%

Tableau 25 : Estimation des volumes des zones de pollutions correspondant aux objectifs de réhabilitation

Il est précisé que :

- Les teneurs mesurées en PCE dans les sondages Pza3, C9, Pza15 et Pza18 comprises entre 2,74 et 910 mg/kg MS sont mesurées à une profondeur comprise entre la dalle béton (épaisseur < 0,2m) existante et 2m/sol (toit de la nappe) ;
- Aucun objectif n'est fixé sur les gaz du sol, les résultats du PCT sur l'efficacité des traitements in situ sur ce milieu et une ARR fin de travaux permettront de justifier l'arrêt du traitement sur le milieu des gaz du sol. De plus, le traitement de la nappe permettra une atténuation des concentrations dans les gaz du sol sur le long terme.

10.2.2.1. *Synthèse des objectifs de réhabilitation par milieux – stade PG*

Les objectifs de réhabilitation selon les nouvelles hypothèses définies au stade plan de gestion sont les suivants par milieux :

SOLS :

- Objectif composés HCT C10-C40 sur les sols : 1200 mg/kg Ms ; au droit des 2 cuves FOD inertées et de la station de traitement des eaux au nord du restaurant d'entreprise ;
- Zone source sol COHV au droit du SHEDS et de la zone nord. Suppression des anomalies liées à la zone source avec une zone à curer de 4 580 m³

EAUX SOUTERRAINES : Panache de pollution en COHV sur la partie ouest du site.

- Objectif composés PCE+TCE sur les eaux souterraines : 5000 µg/l ;
- Objectif composé CV (chlorure de vinyle) sur les eaux souterraines : 900 µg/l ;

GAZ DE SOLS :

Aucun objectif n'est fixé sur les gaz du sol, les résultats du PCT sur l'efficacité des traitements in situ sur ce milieu et une ARR fin de travaux permettront de justifier l'arrêt du traitement sur le milieu des gaz du sol. De plus, le traitement de la nappe permettra une atténuation des concentrations dans les gaz du sol sur le long terme.

CHAPITRE 11 : OBJECTIFS DE REHABILITATION STADE POST ESSAIS TERRAIN ET LABORATOIRE

Suites aux résultats des essais terrain et laboratoire réalisés en 2023, les propriétés des solvants chlorés et nos retours d'expérience sur d'éventuels effets rebonds pour les traitements retenus, il s'agit de rester réaliste et sécuritaire sur la performance des travaux de réhabilitation à mener.

En cohérence avec le PCT réalisé en 2023, les **objectifs de réhabilitation ont été estimés à ce stade avec des pourcentages d'abattement compris entre :**

- **60 à 80% pour les PCE/TCE/CV dans les Eaux souterraines - traitement in situ (oxydation, sparging venting) ;**
- **43 et 80% pour les HCT_{C10-C40} en zone saturée et non saturée - traitement in situ (bio-sparging) ;**
- **60 et 90% pour les sources SOL en COHV et HCT.**

En cas de non atteinte des objectifs fixés dans l'ARR du présent Plan de gestion, des mesures constructives complémentaires de protection seront à envisager (vide sanitaire, géomembrane avec drains sous dalle et exutoires).

CHAPITRE 12 : ETUDES D'AVANT PROJET (AP)

12.1. Synthèse des contraintes site / zones travaux

12.1.1. Environnement du site

Le site est localisé dans la zone industrielle et aéroportuaire de Orly/ Paray Vieille Poste, il comprend principalement des activités et axes de circulation (Poids Lourds...) dans son environnement immédiat, à l'exception de l'hôtel (Hébergement d'urgence) situé en bordure est du site accueillant des familles avec enfants.

L'environnement du site est considéré comme de type « non sensible » au sud, nord et l'ouest de celui-ci et « sensible » à l'est du site ; ce dernier usage « sensible » devra être pris en compte pour la réalisation des travaux demandés.

12.1.2. Accès au site et sécurité

Le site est entièrement clôturé, fermé et sous surveillance ; il est accessible par l'avenue du Maréchal Devaux sans contraintes particulières pour des gabarits poids - lourds.

Les sols du site sont revêtus en enrobés et permettent la circulation de Poids Lourds.

Actuellement l'accès aux bâtiments est restreint aux piétons, étant donné la présence de différents niveaux de sous-sol (faible hauteur de plafond, accès via des escaliers, monte-charge ou ascenseur).

12.1.3. Activités du site

Le site est sans activités depuis décembre 2023 et le sera durant la période des travaux.

12.1.4. Co-activités

A ce stade, il n'est pas prévu de co-activités pour la réalisation des travaux (pas d'autres chantiers).

12.1.5. Espace disponible

A l'issue de la démolition des bâtiments SHEDS, ASTROLAB, PNC et le bâtiment 50, le site disposera d'un espace suffisant pour l'installation globale du chantier, comprenant des zones de terrassements et des aires de tri, de stockage et de traitement.

12.1.6. Revêtements de sols

Des enrobés sont présents sur les voies de circulation et de parking autour des bâtiments.

Une dalle de béton comprise entre 0,20 et 3 mètres est présente au droit de l'ensemble des bâtiments.

12.1.7. Enrobes Amiante et HAP

Les analyses réalisées ne montrent pas de présence d'amiante et une teneur en HAP < 0.5 mg/kg.

12.1.8. Utilités

Au vu de la démolition projeté avant la dépollution, le chantier doit être autonome avec ses propres installations (groupe électrogène, demande de raccordement préalable en bordure de site...).

12.1.9. Sanitaires

Au vu de la démolition quasi totale projeté avant la dépollution, le chantier doit être autonome avec ses propres installations.

12.1.10. Détection des réseaux enterrés

Une détection des réseaux est recommandée au droit de la zone Nord (vers PZ11) et au nord du RE.

Pour le reste du site, au vu de la démolition quasi totale projeté avant la dépollution, les réseaux enterrés auront été supprimés.

12.1.11. Dévoiement de réseaux

Le dévoiement des réseaux peut être nécessaire entre la zone « station de traitement des eaux » et le restaurant d'entreprise.

Pour le reste du site, au vu de la démolition totale projeté avant la dépollution, les réseaux enterrés auront été supprimés.

12.1.12. Fosses, ouvrages et cuves enterrés

Un plan historique a été retrouvé pour la fosse de récupération des eaux usées mais n'est pas précis. La contenance de la fosse n'est pas connue.

Les plans des 2 cuves de FOD de 30 000 L (extérieur) ne sont pas disponibles. Celles-ci sont inertées à ce jour.

Des incertitudes liées à leurs volumes et emprises précises sont à prendre en compte dans le chiffrage de leurs retraits.

12.1.13. Géotechnique

Il n'a pas été réalisé d'étude géotechnique sur le site. Elle sera à réaliser en phase conception.

12.1.14. Protection des avoisinants

Les travaux de démantèlement des zones à traiter en limite de site devront assurer la protection des avoisinants (hôtels, murs de soutènement de la route) et prévoir les distances de sécurité pour les talutages et prévoir les confortements complémentaires adaptés nécessaires le cas échéant.

NB : des talus de 2 pour 3 sont estimés et donc prévus à ce stade pour les zones à curer.

NB : A ce stade, un blindage (et pas des dispositifs bétons) a été estimé et projeté sur trois zones distinctes :

- Sur 30 m en limite sud de site (zone SHEDS) – blindage en caisson
- Sur 40 m en limite est du site (zone cuves FOD et hôtel)
- Sur 40 m en limite nord du site (zone fosse de récupération des eaux usées et mur de soutènement de la route)

12.2. Technologie proposée – faisabilité – performances - dimensionnement

12.2.1. Présentation générale

Les travaux de traitement prévus devront comprendre après démolition complète des bâtiments y compris infrastructures :

- Les investigations complémentaires sur les milieux sols, eaux souterraine et gaz de sols ;
- Les essais laboratoire complémentaire ;
- Les essais sur site échelle réduite (notamment essais d'oxydation injection pompage recirculation) ;
- Les études géotechniques ;
- Le récolement des réseaux enterrés ;
- Les études de conception pleine échelle avec cadrage des conditions de réception ;
- Les études préparatoires et d'exécution ;
- Les travaux d'installation : mise en place des ouvrages de traitement/suivi et installation de chantier ;
- Les installations des unités de dépollution et tests de mise en service ;
- Les travaux de confortement et d'excavations (selon résultats étude géotechnique) ;

- Le tri des matériaux excavés sur les diverses aires distinctes étanches (matériaux inertes, pollués, humides pour égouttage fond de fouille, traités, déblais remblais...) pour les orientations sur site et hors site et les stockages provisoires en attente ;
- Les travaux de dépollution sur site (tertre ventilé COHV zone source ?) ;
- Les traitements réglementaires hors site (en filières autorisées par Arrêté Préfectoral AP) ;
- Les travaux de dépollution in-situ (oxydation sparging-venting) comprenant le suivi environnemental du chantier ;
- Les protocoles pour mesures de l'effet rebond et l'étude des conditions de poursuite ou de réception des traitements ;
- Les remises en service des unités de dépollution le cas échéant ;
- Les remblaiements à minima pour la mise en sécurité des zones de travaux (pas de déblais- remblais projet prévu) ;
- La remise en état du site et réception pour un usage industriel dans la configuration initiale.

12.2.2. Conditions retenues des zones de travaux

A l'issue des résultats des essais présentés ci-avant et des contraintes spécifiques du site, il est présenté dans le tableau ci-dessous pour chaque zone de travaux :

- Des éléments de dimensionnement des travaux ; délimitation de la pollution, polluants, milieux (lien figure et plan associé) ;
- Une description du principe des technologies proposées, des conditions de faisabilité et une estimation des performances attendues ;
- La description des éléments connexes susceptibles d'influencer la faisabilité technique et financière des travaux le cas échéant et complémentaires aux aspects ci-dessous :
 - Démolition : il est considéré au moment des travaux que le site, ouvrages et bâtiments (infra et super structures) sont démolis avec le sol laissé à nu à la cote topographique sous les ouvrages démolis et donc sans travaux de démolition complémentaire à faire dans le cadre des travaux de dépollution ;
 - Géotechnique : **rappel il n'a pas été réalisé d'étude géotechnique à ce jour ; tous les sujets confortements sont estimés à ce stade et seront à étudier en phase conception** ;
 - Utilités nécessaires : elles sont toutes considérées comme disponibles sur site au moment des travaux ; il n'est pas prévu de travaux de dévoiement et/ou rétablissement de réseaux enterrés ;
 - Accès au chantier / zones de travaux : au moment de la réalisation travaux, il est considéré que :
 - tous les accès sur tout le site sont autorisés sur les fonciers par les propriétaires et/ou locataires et/ou exploitants ;
 - carrossables en toutes saisons et de dimensions suffisantes pour les entrée/sortie des engins de chantiers ;
 - les besoins en matériaux pour faire les pistes hors intempéries, les fonds de formes des aires de stockages et stabiliser les fonds de fouille seront fournis sur site par les bétons concassés de la démolition ;
 - sans co-activité ou autres contraintes sur l'ensemble du site ne permettant pas d'avoir les accès en toutes saisons et les rendements prévus dans le dimensionnement des travaux ;
 - Espace disponible : il est considéré au moment des travaux que tous les espaces nécessaires sont disponibles pour les emprises travaux (terrassement, aires de stockage déblais-remblais, tri et traitement temporaire, zones traitements in situ, recul talus confortement...) ; les éventuels tas conservés sur site de bétons concassés issu des démolitions seront stockés hors emprise travaux ;
 - Voisinage : au vu de la distance entre le curage de la zone impacté au COHV et l'hôtels il n'est pas considéré, au moment des travaux, de contraintes de voisinage qui nécessiteraient des aménagements complémentaires spécifiques (pas de travail sous tente prévu). Toutefois, pour la protection des travailleurs il est prévu un système d'aspiration au niveau de la pelle mécanique.
- La prise en compte des diverses problématiques spécifiques le cas échéant ;
 - Amiante : il est considéré au moment du chantier de dépollution que tous les travaux de désamiantage seront réalisés et que les sols à terrasser seront sans présence d'amiante ;
 - Pyrotechnique : il n'est pas considéré de risques pyrotechniques au moment des travaux de dépollution ;

-
- Radiologiques : il n'est pas considéré de risques radiologiques au moment des travaux de dépollution ;
 - Etanchéité de surface : il n'est pas compris la réalisation d'une étanchéité de surface pour la zone sparging-venting ;
 - Une évaluation des émissions et des nuisances le cas échéant (rejets liquides et gazeux, déchets de chantier, odeurs, bruits poussières, bruits et vibrations...) ; sur le site et hors site ainsi que la définition de leurs principes de gestion ;
 - Une analyse des aléas réglementaires, techniques, sociétaux, environnementaux ; les incertitudes sont déjà présentées dans le paragraphe **12.1** du présent rapport (cf. également PG n°22 910 LSO 10128 00 S – chapitres 14 et 18) ;
 - Une description sommaire des travaux par phase et durée prévisionnelle ;
 - Le plan prévisionnel d'aménagement du chantier avec le pré-positionnement des principales installations / des ouvrages de traitement, des zones de terrassements / remblais, des éventuels points de rejet est présenté (paragraphe **12.3**) ;

Zone Figure 56 à 61	ZS / ZNS	Milieux impactés	Composés / teneurs MAX et profondeurs en m/sol TA	Dimensions zone travaux (impact) m	Contraintes avoisinants	Incertitudes	Description du principe des techniques retenues	Conditions de faisabilité	Estimation des performances attendues	Données de base pour la durée traitement estimée
Fosse traitement des eaux (nord RE / en limite nord-est site)	ZNS	SOLS	Concentrations en HCT inférieures à 1200 mg/kg MS	Sans objet	RE Infrastructures (RD) Surplomb	Localisation et caractéristiques cuves. Les concentrations au droit des cuves ne sont pas connues	Retrait cuves (volume non connu) NB : En cas de contamination HCT > 1200 mg/kg MS au droit de la cuve les sols seront excavées jusqu'à 1 m sous le niveau de la nappe. Traitement des sols hors site en BIO AP Volume attendu < à 6150 m3	Option : Blindage route et bâtiment RE	Suppression de la source	Non concerné
		GDS	Benzène : 8,2 µg/m3 Mesure réalisée sur un piézair à 1,5 m (Pza32)	Sans objet	Sans objet	L'origine de cette anomalie n'est pas connue	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Non concerné
	ZS	SOLS	Max HCT C10-C40 : 2150 mg/kg MS de 6 à 7 m (C32) Les fractions les plus quantifiées sont les C16-C22, fractions non volatiles ; toutefois les fractions semi-volatiles C10-C16 sont elles aussi mesurées Concentrations > 1200 mg/kg MS sur échantillons : C21 (5,5-6,5), C32 (5-6), C22 (6-7)	Selon fourchette basse (selon zonage défini) : Lg : ~27 m La : ~40 m Prof : 6 à 7 m/TN Surf : 1050 m² Vol : 1050 m³ T : ~1900 Tonnes Selon fourchette haute (limites de site et données disponibles sans zonage) : Prof : 6 à 7 m/TN Surf : 4860 m² Vol : 4860 m³ T : ~8991 Tonnes	RE Zone en bordure de site Infrastructures (RD) Mur et grillage Surplomb	Extensions des anomalies Données disponibles Les surfaces des mailles ont été réalisées par la méthode des polygones de Voronoï avec les sondages situés en périphérie de la zone source soit les sondages : sur 6-7 m : C32, C21, C22, C24 De plus un zonage a été délimitée pour cette source en prenant en compte les limites de site, une géologie (limon, argile, marnes) favorisant un écoulement vertical et horizontale, le sens d'écoulement de la nappe vers le nord et nos REX sur les sources ponctuelles des cuves. Pour limiter les incertitudes des investigations complémentaires sont recommandées.	Traitement par bio sparging	Démolition du mur et blocage temporaire de la rampe d'accès au parking.	43 à 80% d'abattement pour les concentrations en HCT C10-C40 dans les sols saturés	2 ans
		ESO	Max HCT C10-C40 : 310 µg/l (Pz21) – aout 2022	Niveau nappe : 5,85 m/TN – aout 2022 Pas de flottant	Sans objet	Variabilité du niveau de nappe	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Non concerné
2 Cuves FOD (sud-est Astrolab/ en limite centre- est site)	ZNS	SOLS	Max HCT C10-C40 : 2600 mg/kg MS de 5 à 6 m en 2022 (C28) Les fractions les plus quantifiées sont les C16-C22, factions non volatiles Concentrations > 1200 mg/kg MS sur échantillons : Sa6 (4-4.5), Sa7 (4-5), Sa9 (4-5), C24 (1-2), C28 (5-6)	Selon fourchette basse (selon zonage défini) : Prof : 4 à 6 m/TN Surf : 830 m² Vol : 896 m³ T : ~1700 Tonnes Selon fourchette haute (limites de site et données disponibles sans zonage) : Prof : 4 à 6 m/TN Surf : 1766 m² Vol : 1831 m³ T : ~3390 Tonnes	Zone en bordure de site Mur et grillage Bâtiment voisin <10m	Extensions des anomalies Données disponibles Les surfaces des mailles ont été réalisées par la méthode des polygones de Voronoï avec les sondages situés en périphérie de la zone source soit les sondages : - sur 4-5 m : S19, S20, C23, C25, C26, C28, S17, S18, S21, Sa6, Sa7, Sa9, T14, T16, T17, C24, C32, C21, C22 - sur 5-6 m : T16, T17, Sa5, Sa8, C23, C24, C25, C26, C28, S18, S43, C32, C21, C22, S44 De plus un zonage a été délimitée pour cette source en prenant en compte les limites de site, une géologie (limon, argile, marnes) favorisant un écoulement vertical et horizontale, le sens d'écoulement de la nappe vers le nord et nos REX sur les sources ponctuelles des cuves. Pour limiter les incertitudes des investigations complémentaires sont recommandées.	Excavation des SOLS Traitement des sols hors site en BIO AP	DEMOLITION Astrolabe et Sheds Blindage coté hôtel Création de talus 2 par 3	Suppression de la source SOL	REND TERRAS : 350 à 500 m3/J 6 mois
		GDS	Mesures réalisées sur Pza29 (à proximité de C25) Aliphatiques >C8 - C10 7 060 µg/m3 Aliphatiques >C10 - C12 4 960 µg/m3 Aliphatiques >C12 - C16 3 210 µg/m3 Aromatiques >C8 - C10 1 690 µg/m3	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Non concerné
	ZS	SOLS	Max HCT C10-C40 : 7170 mg/kg MS de 6 à 7 m en 2016 – 3180 mg/kg MS de 6 à 7 m en 2022 Les fractions les plus quantifiées sont les C16-C22, factions non volatiles Concentrations > 1200 mg/kg MS sur échantillons : C23 (6.6-7), Sa9 (6-7); C28 (6-7); Sa8 (6-7) Sa6 (6-7), Sa5 (7- 8) ; C28 (7-8)	Selon (selon zonage défini) : Prof : 6 à 8 m/TN Surf : 2202 m² Vol : 3753 m³ T : ~6943Tonnes Cette estimation pourrait être revu à la baisse avec l'ajout de sondages profond au droit du bâtiment Astrolab. Au vu du sens d'écoulement des eaux souterraines et les mailles définies avec des concentrations > 1200 mg/kg Seul une extension à l'ouest est possible. En prenant une estimation d'une extension de 10 m à l'ouest la fourchette haute est estimée à : Prof : 6 à 8 m/TN Surf : 2722 m² Vol : 4793 m³ T : ~8867Tonnes	Zone en bordure de site Mur et grillage Bâtiment voisin <10m	Extensions des anomalies Données disponibles Les surfaces des mailles ont été réalisées par la méthode des polygones de Voronoï avec les sondages situés en périphérie de la zone source soit les sondages : - sur 6-7 m : Sa6, Sa8, Sa9, C23, C24, C25, C28, C32, C21, C22 - sur 7-8 m : Sa5a, C23, C24, C25 , C28, C21,C22 De plus un zonage a été délimitée pour cette source en prenant en compte les limites de site, une géologie (limon, argile, marnes) favorisant un écoulement vertical et horizontale, le sens d'écoulement de la nappe vers le nord et nos REX sur les sources ponctuelles des cuves. Pour limiter les incertitudes des investigations complémentaires sont recommandées.	Excavation des SOLS de 1 mètre sous le niveau de la nappe. Traitement des sols hors site en BIO AP Biodégradation par injection de 7 à 8 m	DEMOLITION Astrolabe et Sheds Excavation des sols jusqu'à 6 m	43 à 80% d'abattement des HCT C10-C40	Cf. SOL ZNS

Zone Figure 56 à 61	ZS / ZNS	Milieux impactés	Composés / teneurs MAX et profondeurs en m/sol TA	Dimensions zone travaux (impact) m				Contraintes avoisinants	Incertitudes	Description du principe des techniques retenues	Conditions de faisabilité	Estimation des performances attendues	Données de base pour la durée traitement estimée									
		ESO	Max HCT C10-C40 : 4200 µg/l (Pz1) – mars 2022 Les piézomètre Pz9, Pz4 et Pz18 en aval de la zone impactée démontrent pas d'anomalie en HCT.	Niveau nappe : 6,41 m/TN –2022 Pas de flottant				Sans objet	Variabilité du niveau de nappe	Option écrémage et pompage	DEMOLITION Astrolabe et Sheds Excavation des sols jusqu' 6 m	Pas d'objectif chiffré -> Suppression d'une phase flottante éventuelle	Le cas échant lors des terrassements (< 6 mois)									
Sources COHV SHEDS + Zone Nord	ZNS	SOLS	SHEDS Max PCE : 910 mg/kg Ms (Pza3 à 1 m de la nappe) Max TCE : 9,62 mg/kg Ms (Pza3 à 1 m de la nappe) Max : CV : 7,9 mg/kg Ms (Pza3 à 1 m de la nappe) Sondages réalisés au RDC représentatifs d'une zone source : Pza16, Pza17, Vp6, C8 Sondages réalisés au R-1 représentatifs d'une zone source : Pza3, Pza11 et Pza18, Vp18, C9 Zone Nord Max PCE : 9,26 mg/kg Ms (C16 1-2 m à ~5 m de la nappe) Max TCE : 0,145 mg/kg Ms (C16 1-2 m à ~5 m de la nappe) Sondages réalisés représentatifs d'une zone source : MIP5, Pz11, C16	<table><tr><td></td><td>RDC Sheds</td><td>R-1 Sheds</td></tr><tr><td>Surf</td><td>376</td><td>895</td></tr><tr><td>Vol</td><td>2256</td><td>1790</td></tr><tr><td>T</td><td>4173,6</td><td>3311,5</td></tr></table> Soit un total de : Fourchette basse (selon modélisation) Prof : 0 à 6 m/TN Surf : 1271 m² Vol : 4046 m³ T : ~7485Tonnes Fourchette haute (selon lissage de la modélisation) Extension potentiel de 600 m² Prof : 0 à 6 m/TN Surf : 1798 m² Vol : 5324 m³ T : ~ 9849 Tonnes La zone Nord équivaut à une surface de 86 m² et 516 m3.		RDC Sheds	R-1 Sheds	Surf	376	895	Vol	2256	1790	T	4173,6	3311,5	Limite de site au sud de la zone Grillage	Délimitation des périmètres définis pour les zones des sources historiques ; Profondeur des fondations des bâtiments en place ; Les extrapolations au droit des zones inaccessibles non investiguées ; les aléas liés à la réalisation des investigations (échantillonnage, analyse laboratoire...) ; la position exacte des investigations ; l'hétérogénéité des concentrations dans les sols, liées à des passages préférentiels dans les couches lithologiques ; l'intégration sur 2m d'épaisseur de concentrations provenant d'échantillons prélevés sur une épaisseur moindre. Cette épaisseur correspondant à la zone non saturée sous la dalle au niveau du sous-sol ; l'intégration sur 6m d'épaisseur de concentrations provenant d'échantillons prélevés sur une épaisseur moindre. Cette épaisseur correspondant à la zone non saturée sous la dalle au niveau RDC.	Zone SHEDS : Excavation des SOLS et traitement sur TERTRE in situ Zone Nord : sans connaissance de la source la zone sera traitée par venting avec le traitement de la nappe.	DEMOLITION des bâtiments Astrolabe et Sheds Blindage en limite sud du site	60 à 80 % d'abattement des PCE TCE CV dans les concentrations sol	13 mois
			RDC Sheds	R-1 Sheds																		
	Surf	376	895																			
	Vol	2256	1790																			
T	4173,6	3311,5																				
GDS	SHEDS Max PCE : 20 g/m3 (Pza18 R-1) Max TCE : 0,187g/m3 (Pza17 RDC) Max : CV : 7990 µg/m3 (Pza3 R-1) Zone Nord Max PCE : 0,178 g/m3 Max TCE : 6510 µg/m3	Aucun objectif n'est fixé sur les gaz du sol, les résultats du PCT sur l'efficacité des traitements in situ sur ce milieu et une ARR fin de travaux permettront de justifier l'arrêt du traitement sur le milieu des gaz du sol. De plus, le traitement de la nappe permettra une atténuation des concentrations dans les gaz du sol sur le long terme.	Sans objet	Les aléas liés à la réalisation des investigations (échantillonnage, analyse laboratoire...) Conditions climatiques la position exacte des investigations ; L'hétérogénéité des concentrations liées à des passages préférentiels dans les couches lithologiques, la présence de dalle épaisse et des fondations.	Excavation des SOLS au droit des zones sources en zone non saturé et traitement sur TERTRE in situ	DEMOLITION des bâtiments Astrolabe et Sheds Blindage en limite sud du site	60 à 80 % d'abattement des PCE, TCE, CV dans les gaz du sol	Non concerné														
ZS	SOLS	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Sans objet	Données disponibles Représentativité des concentrations mesurées Proportion phase organique absorbé sur les sols	Non concerné	Non concerné	Non concerné	Non concerné												
	ESO	Max PCE : 22 700 µg/l (Pz14 - 2022) Max TCE : 2 100 µg/l (Pz14 - 2022) Max CV : 4900 µg/l (Pz19 - 2024)	Fourchette basse (selon modélisation) Prof : 7 à 9 m/TN Porosité : 40% Surf : 7932 m² Vol : 6346 m³ Fourchette hautes (selon interpolation) Prof : 7 à 9 m/TN Porosité : 40% Surf : 10 608 m² Vol : 8 487 m³ Les volumes définis correspondent au deux dernier mettre de la phase eau mobile défini.	Surveillance aval	La distribution des COHV dans les sols saturés. Des incertitudes liées au manque d'ouvrages en périphérie du panache en PCE+TCE ; Les aléas liés à la réalisation des investigations sur les eaux souterraines (échantillonnage, analyse laboratoire...) ; Le non-respect de la norme NFX31-614 pour la pose des ouvrages PZ19, PZ20 et PZ25, avec une minimisation probable des concentrations en PCE+TCE mesurées en leur droit ; La minimisation des concentrations au droit des ouvrages PZ19 et PZ25 notamment peuvent minimiser les volumes d'eaux à traiter ; La variabilité des concentrations liée à la saisonnalité n'est pas prise en compte ; les aléas liés à la réalisation des investigations (échantillonnage, analyse laboratoire...) ; la position exacte des investigations. L'intégration sur 3m d'épaisseur de concentrations max suite aux résultats de la MIP et aux propriétés physique des COHV ; Des incertitudes sur les surfaces (volume) déterminées par la méthode des polygones de Thiessen sont émises par le manque d'ouvrages en périphérie du panache en PCE+TCE ; Perméabilité et porosité du sol.	Cœur Panache max COHV en zone saturée avec une emprise de : 4800 m² (60 x 80 m) : Traitement par OXYDATION Reste du panache COHV soit 5800 m² : Traitement par sparging + venting Et si besoin pour les teneurs résiduelles : traitement par biodégradation (lactate) en polissage	DEMOLITION des bâtiments Astrolabe et Sheds	60 à 80 % d'abattement en PCE et TCE et CV dans les eaux souterraines	Traitement par OXYDATION pour 4800 m² : 1 an Traitement par sparging + venting : 5800 m² : 2 ans													

Légende :
ZS : Zone Saturée / ZNS : Zone Non Saturée ; GDS : Gaz de sol ; ESO : Eaux souterraines ; TA : terrain actuel (niveau VRD) ; Lg : longueur ; La : largeur ; Prof : profondeur ; Surf : surface ; Vol : volume ; T : tonnes ; Pr : porosité
BIO AP : centre de traitement de type biocentre ou équivalent (sans TGAP) hors site autorisé par arrêté préfectoral
DEMOL : Démolition préalable avant travaux de dépollution des ouvrages enterrés, bâtiments y compris dalles béton, sous-sol...
TERRAS : Terrassement
AIRE : Aire de stockage étanche provisoire pour dépôt tri analyse et reprises
REND : Rendements estimés
TERTRE : traitement sur site des sols en tertre avec venting

Tableau 26 : Eléments de dimensionnement des travaux par zones

Les figures ci-dessous présentent le maillage des zones à traiter (HCT > 1200 mg/kg MS) selon estimation fourchette hautes et basses :

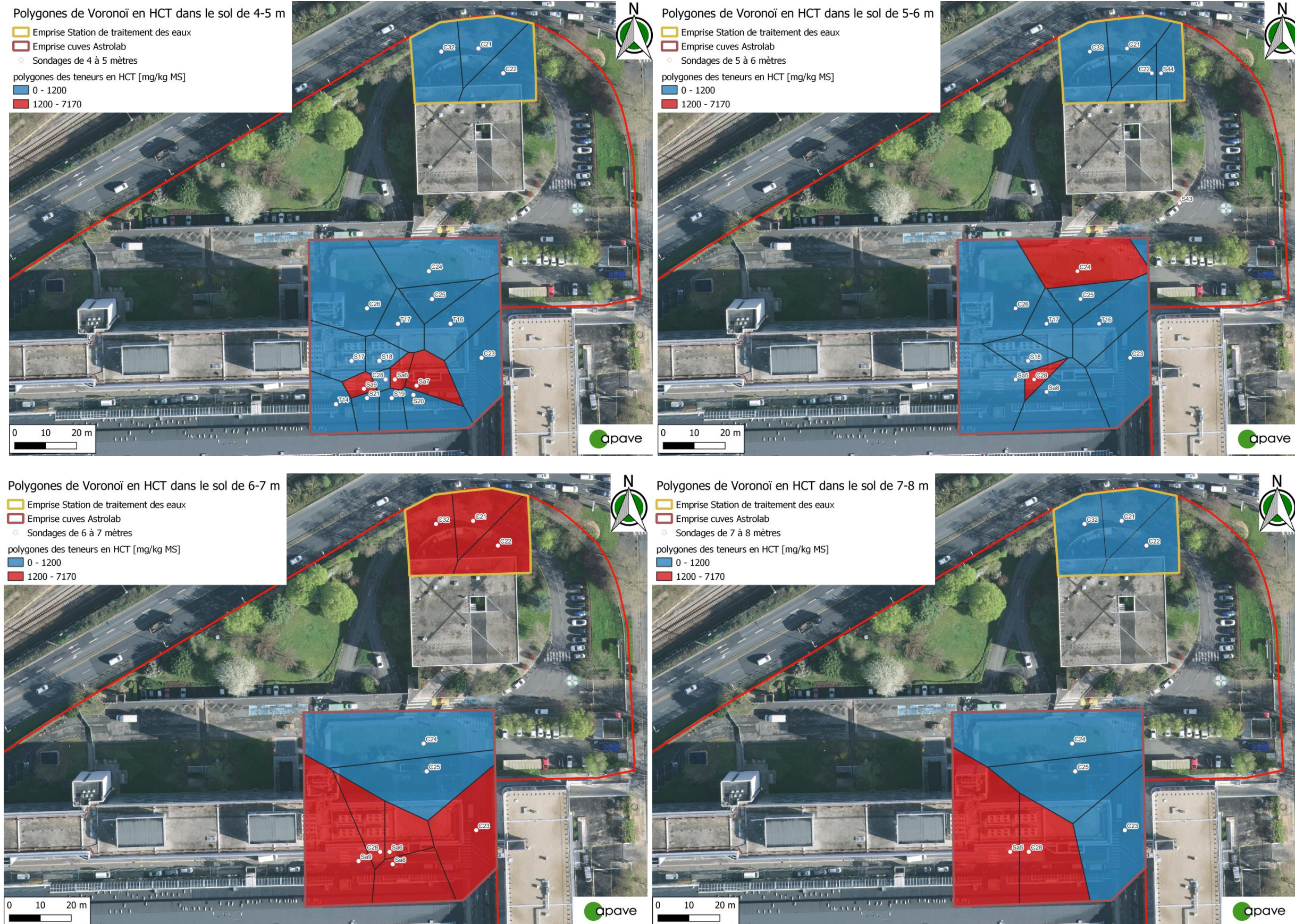


Figure 56 : Maillage des zones à traiter selon le seuil de coupure des HCT C10-C40 (zonages équivalent à la fourchette basse)

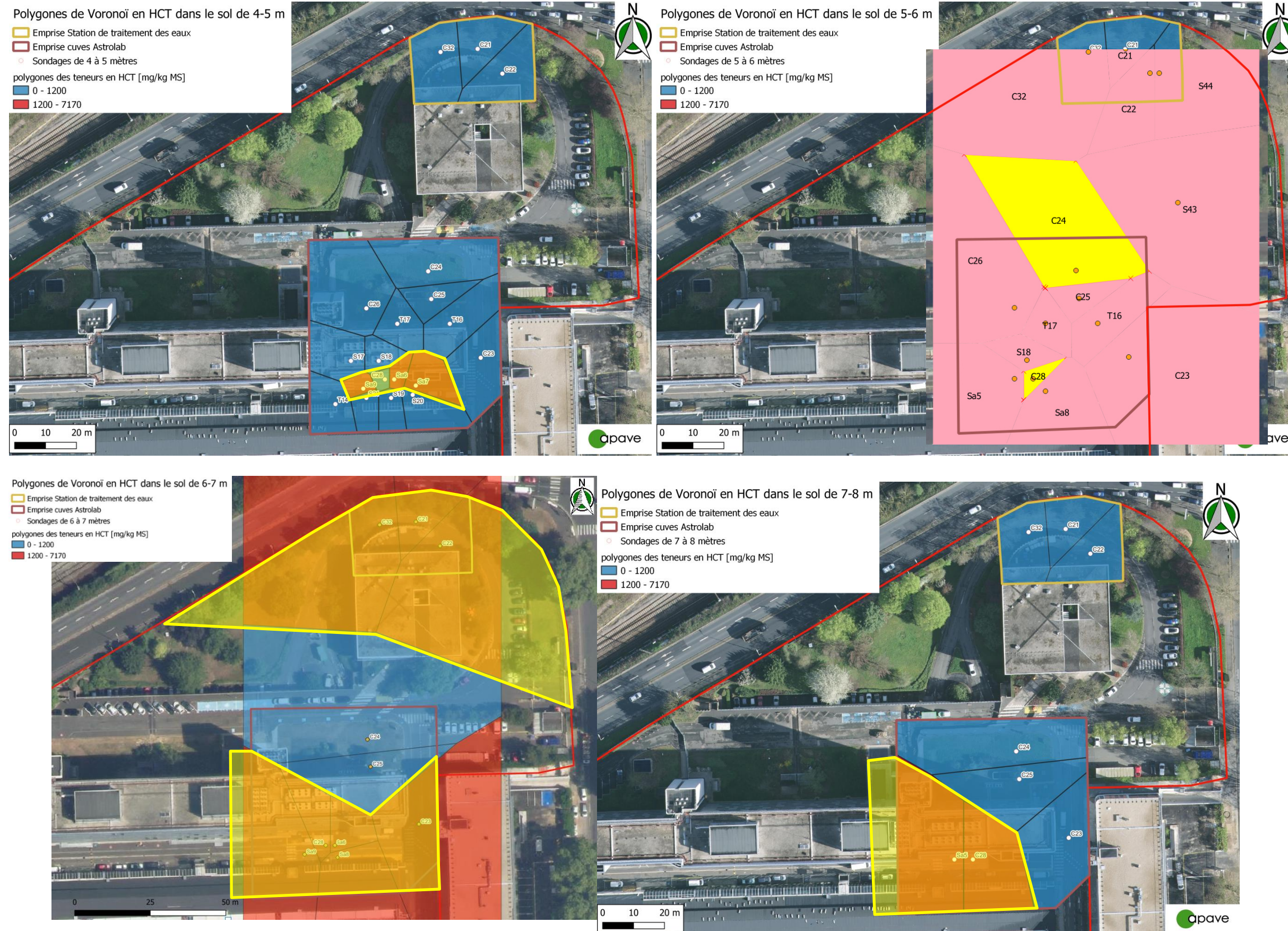


Figure 57 : Maillage des zones à traiter selon le seuil de coupure des HCT C10-C40 (en jaune zonages équivalent à la fourchette hautes)

La figure ci-dessous présente au droit du SHEDS les zonages de la zone source en COHV pour la zone non saturée :



Figure 58 : Zonage (en jaune) présentant des anomalies maximales en COHV au droit du SHEDS (Plan de masse du SHEDS R-1)

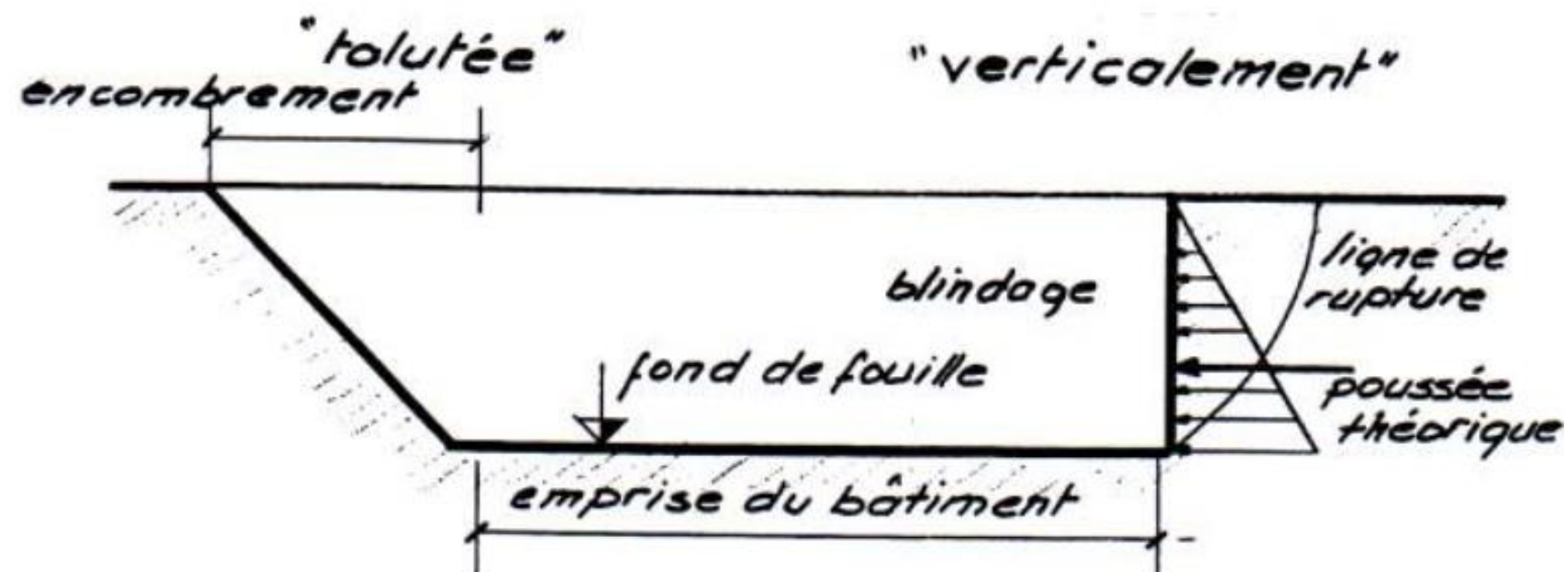


Figure 59 : Schémas de principe blindage et talus

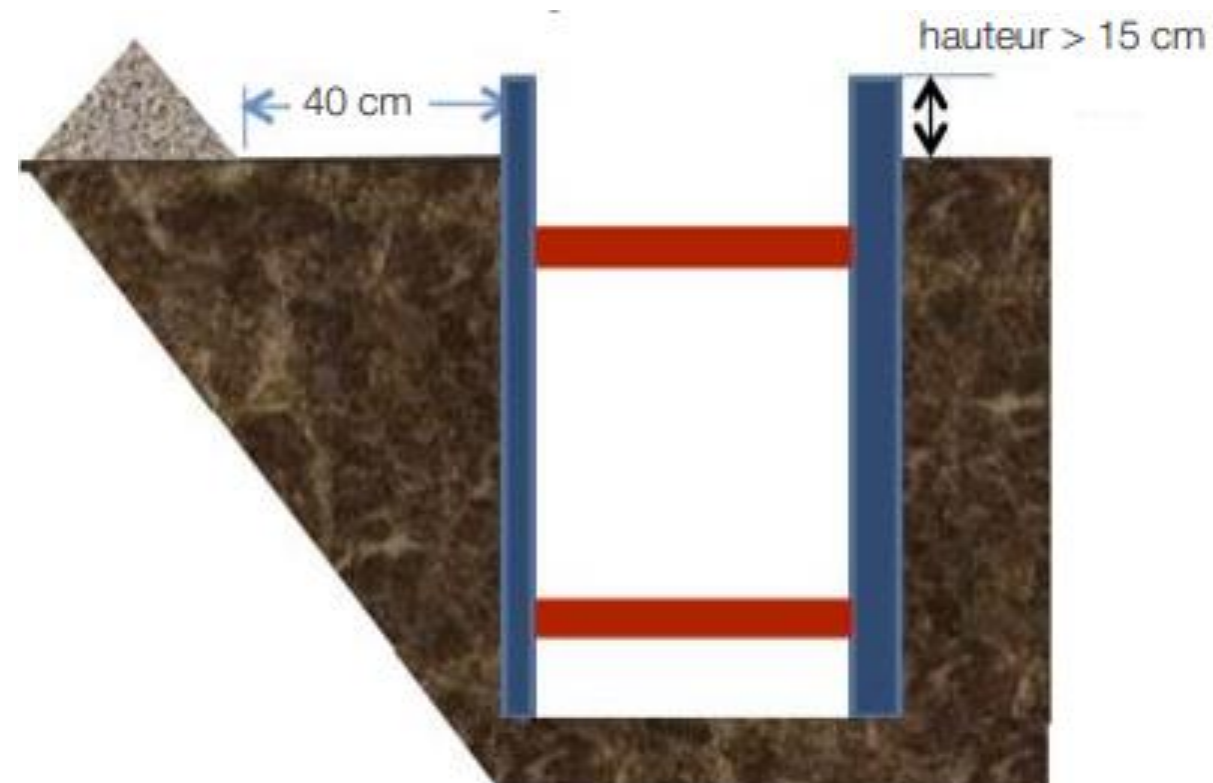


Figure 60 : Schémas de principe blindage en caisson

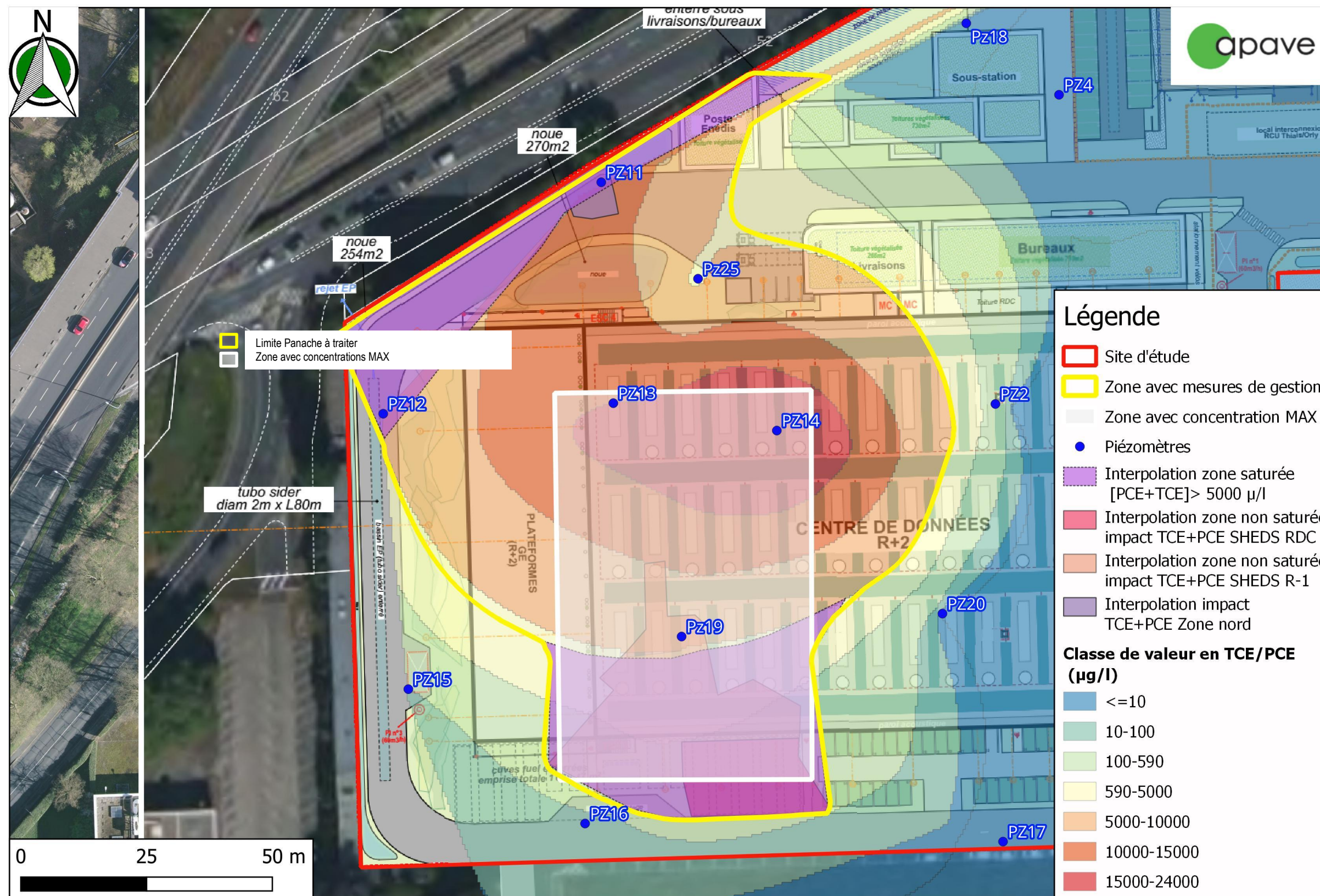


Figure 61 : Cartographie des concentrations dans les eaux souterraines en PCE+TCE>5000 µg/l

12.3. Plan prévisionnel d'aménagement du chantier

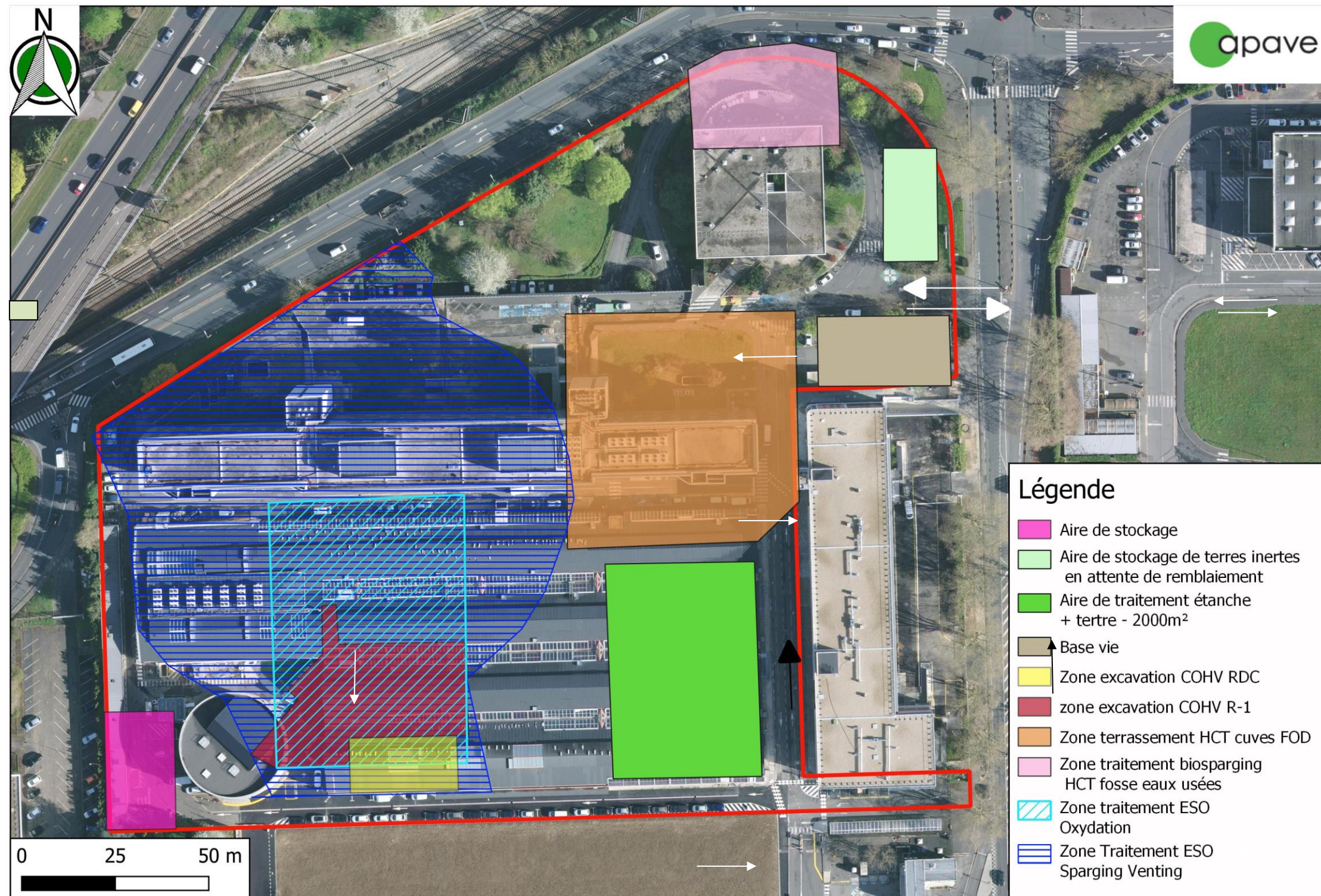


Figure 62 : Plan prévisionnel d'aménagement du chantier

12.4. Orientations pour la réception des travaux

12.4.1. Excavations des sols et traitements hors site

La réception des travaux d'excavation des sols impactés en zone non saturée sera réalisée pour chaque zone sur la base des prélèvements et analyses chimiques de contrôles (fond et flancs de fouille) et des levés topographiques (géomètre expert).

Il n'est pas prévu à ce stade d'objectifs géotechniques (essais à la plaque...) de réception pour les remblaiements après travaux d'excavation des sols ; il s'agira de pouvoir faire rouler des engins de chantiers sur les zones remblayées et de les identifier précisément sur plan de récolement avec origine, nature des matériaux et qualité chimique.

12.4.2. Excavations des sols et traitements sur site

La réception des traitements sur site des sols excavés en zone non saturée impactés par les COHV et mis en andains avec venting se fera selon plusieurs approches combinées :

- prélèvements et analyses des milieux sols et gaz de sols (comparatif vs état avant travaux) ;
- atteinte d'une asymptote sur les analyses de suivi de l'unité de traitement des effluents ;
- rendements (masse, teneur...) selon comparatif vs état avant travaux.

12.4.3. Traitements In Situ – principes généraux

Les conditions de réception seront définies selon le guide bonnes pratiques pour l'arrêt des traitements en place (in situ) – rapport final BRGM / RP -71923-FR – version 12 du 10 novembre 2022 (extraits ci-dessous).

Trois critères sont plus particulièrement prépondérants pour assurer le succès d'une réception de travaux de dépollution in situ :

- **La durée.** La réception de traitements de ce type demande généralement du temps et valider un arrêt sur une seule campagne de contrôle n'est pas recommandé. De plus, pour les sites à enjeux, selon la technique utilisée et le ou les polluants visés, la mise en place d'une période de vigilance d'une durée généralement de plusieurs mois, à adapter au cas par cas selon les spécificités du site (un cycle hydrogéologique par exemple), est une bonne pratique même si celle-ci induit un coût supplémentaire aux travaux et/ou peut s'avérer en inadéquation avec certaines contraintes fortes de délais ;
- **La réalisation de plusieurs campagnes de prélèvements et d'analyses de contrôle avec un nombre de points suffisants et bien positionnés.** La réalisation de plusieurs campagnes synchrones effectuées à l'aide du même protocole de prélèvements et les mêmes méthodes analytiques est recommandée. De la même manière, il convient d'être particulièrement vigilant sur les méthodologies de mesure (échantillonnage, analyse...) et d'interprétation des résultats qui doivent être cohérentes avec celles utilisées en amont du chantier (notamment au niveau du Plan de Gestion). Cette approche permet de fiabiliser la comparaison entre l'état initial pré-travaux à l'état final post-travaux. Enfin, il s'agit aussi d'intégrer les incertitudes inhérentes à l'hétérogénéité du sol, aux méthodes analytiques ou à la sensibilité des équipements utilisés ;
- **La démonstration d'une diminution nette des concentrations initiales avec une stabilisation avec le temps des concentrations résiduelles.** L'atteinte d'une asymptote des concentrations, stable, sans effets rebonds, se maintenant sous les objectifs de réhabilitation doit être recherchée. Cette notion est indépendante de l'approche retenue (réduction de la masse de polluant et/ou atteinte d'une concentration résiduelle). Il s'agit de démontrer que le traitement a été efficace (sur tout ou partie de la zone traitée voire en aval) et surtout que la situation est durablement maîtrisée.

Plusieurs approches sont identifiées et à combiner pour définir un objectif de réhabilitation opérationnel :

- **La réduction de la masse (ou du flux) de polluants** (déconnectée des enjeux sanitaires) ; les ratios classiquement constatés et attendus dans les techniques de traitement retenues sont comprises entre 60 et 80% de la masse totale de polluant.
 - NB : La masse de polluant sera à préciser au moment des investigations complémentaires après démolition du site.

- NB : Les rendements atteignables en pleine échelle pourront être estimés uniquement après réalisation des essais pilotes à échelle réduite pour les techniques de traitement IN SITU des COHV en zone saturée.
- NB : Lorsque le traitement vise un panache de polluant, la mise en œuvre d'un bilan massique peut alors s'avérer plus difficile, complexe, chronophage et coûteuse (très bonne maîtrise de la dynamique des écoulements souterrains pour établir un flux, impliquant un grand nombre d'ouvrages de suivis et un suivi temporel, ...).
- NB : le respect des objectifs peut consister en l'atteinte d'une asymptote de concentrations résiduelles ou d'un bilan **de masse de la pollution récupérée (mesure d'un flux par pompage-réinjection)**. Dans les deux cas, l'atteinte de l'asymptote est très dépendante du dimensionnement du traitement et correspond davantage à sa limite technique compte-tenu de ses conditions de mise en œuvre ; c'est ainsi qu'il conviendra de réaliser un essai sur site d'oxydation à échelle réduite pour les différents paramètres de l'installation.
- **L'atteinte d'une concentration / teneur résiduelle** issue d'un objectif de qualité des milieux ou validée par des calculs de risques ; comme pour la réduction de la masse ou d'un flux de polluant, l'atteinte d'une asymptote de concentrations résiduelles est demandée. Cette approche est plus opérationnelle pour des travaux que l'atteinte sensu stricto d'une Concentration Maximale Admissible CMA. Elle permet aussi de tenir compte de certaines incertitudes (analyses...).

Au-delà de cette observation d'une stabilisation d'une situation, il s'agit d'en comprendre les causes et de décider des suites à donner (arrêt du traitement versus poursuite sous quelles conditions ?).

L'observation d'une asymptote peut résulter de différents cas de figure, parmi lesquels :

- L'atteinte de la limite technique du traitement mis en place, dans l'absolu, ou liée à d'autres facteurs comme les caractéristiques de la zone à traiter ou des polluants en eux-mêmes ;
- La maîtrise dans la durée d'une situation.

Dans tous les cas, quelle que soit l'approche retenue pour définir un objectif de réhabilitation, la réalisation d'une ARR (Analyse des Risques Résiduels) de Fin de Travaux menée sur la base des concentrations / teneurs en substances polluantes mesurées sur le site à la fin du traitement est indispensable pour apprécier l'acceptabilité sanitaire des expositions aux pollutions résiduelles.

12.4.4. Prise en compte des effets rebonds

L'« effet rebond » est un effet observé suite à l'arrêt d'un traitement qui, par le rétablissement des équilibres de phase en conditions statiques, conduit à une ré-augmentation des concentrations dans les phases fluides au-delà des concentrations mesurées en conditions dynamiques (période de traitement actif). Il correspond à une hausse des concentrations d'un polluant donné dans un milieu donné, observée après l'arrêt d'un traitement. Cette augmentation est due à la remobilisation de la pollution encore présente à l'arrêt du traitement dans des zones de faibles perméabilités, les zones peu ou pas sollicitées par le traitement, ou dans des zones où les polluants sont restés piégés. Plus précisément, la remobilisation s'explique par la dissolution des précipités (pour les composés inorganiques) ou des NAPL (Non Aqueous Phase Liquid), la désorption depuis la phase solide et la remise en écoulement de la phase libre.

NB : Les techniques de dépollution in situ retenues pour ce site sont réputées par leurs natures et complexité sujettes à des effets rebonds (oxydation, venting, air-sparging, pompage-traitement, pompage-écrémage, ...). L'arrêt de certains traitements peut parfois engendrer l'apparition de phénomènes d'effets rebonds qui induisent un relargage diffus des polluants et rémanent pendant plusieurs années. C'est pourquoi il conviendra de réaliser des investigations complémentaires après démolition et essai sur site complet à l'échelle réduite avant déclenchement des travaux à pleine échelle.

12.4.5. Modalités de réception traitement par sparging-venting

Avant de s'engager dans la phase de réception des travaux, la première action consistera à réaliser des prélèvements et analyses régulières dans les ouvrages de contrôles prévus au droit et aux abords amont / aval de la zone traitée. Une fois que les concentrations mesurées apparaissent stables et sont, le cas échéant, en-dessous des objectifs de réhabilitation, la démarche consiste à piloter les opérations suivant une série de Stop & Go (cf. ci-après). Si les concentrations restent stables dans le temps (comportement asymptotique), la procédure de réception peut se poursuivre selon la durée prévue.

NB : Dans le cas contraire, la stratégie sera à ajuster selon le contexte (prolongation du traitement, optimisation du traitement actuel, mesures constructives prévues, ...).

A l'arrêt du traitement, la migration des polluants des couches faiblement perméables vers les horizons sollicités lors de l'extraction peut induire une remontée des concentrations dans ces derniers. Certaines techniques comme le venting (SVE), le pompage-traitement (P&T), l'extraction multi-phasique (EMP), l'air-sparging sont plus particulièrement sensibles à ces effets rebonds.

Pour se prémunir de ce phénomène, il est recommandé d'effectuer, avant la date d'arrêt prévisionnelle, des tests d'arrêt temporaire du système et de relance (marche / arrêt) ou « Stop & Go » sur des durées et périodes à adapter selon la technique et les caractéristiques du milieu à traiter (plages horaire à hebdomadaire).

L'unité de traitement est alors réglée sur ce rythme pour drainer à la fois les polluants facilement accessibles et ceux venant de plus loin ou stockés sur des couches moins perméables. Il est courant de mettre en œuvre plusieurs cycles de marche / arrêt (au moins 2-3) lors d'un traitement in situ ou on site.

La réalisation des contrôles permet également d'ajuster / d'optimiser le fonctionnement de l'installation (par exemple, en augmentant le débit d'extraction ou en déconnectant certaines branches de l'installation pour l'orienter / la concentrer sur une autre zone) afin d'atteindre les objectifs de réhabilitation sur l'ensemble de la zone à traiter.

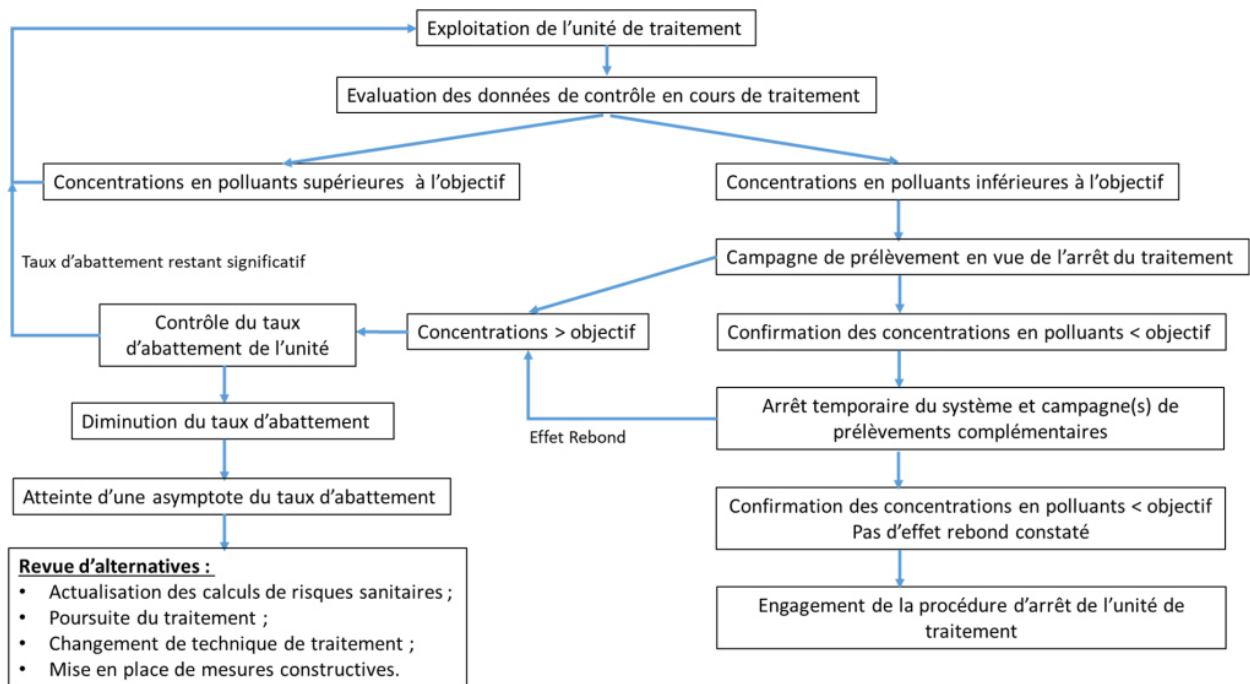


Figure 63 : Logigramme représentant les principales étapes du processus d'arrêt d'une technique de traitement par extraction (source guide BRGM 71923 novembre 2022)

12.4.6. Modalités de réception traitement par oxydation

Pour ce type de techniques, l'atteinte des objectifs de dépollution est plus difficile à établir puisqu'il n'y a pas de capacité de contrôle directement sur la masse de polluants traitée. L'action de traitement consiste à agir sur le polluant pour le dégrader (plus ou moins complètement) par l'ajout de réactifs chimiques (oxydation).

La réception de ce type de traitement s'appuiera surtout sur les mesures de concentrations émises dans les voies de transfert (gaz du sol, fraction dissoute dans les eaux souterraines) même si celles-ci ne représentent généralement qu'une masse très réduite de la pollution globale. D'autres indicateurs comme les quantités de réactifs et produits injectées, les mesures des concentrations en O₂ et en CO₂ des gaz extraits, les concentrations des sous-produits de réactions (associées aux mesures de concentrations des accepteurs et donneurs d'électrons ainsi que celles des polluants d'origine), sont également utiles pour réaliser le suivi du traitement et d'une manière indirecte évaluer son efficacité.

L'arrêt de ce type de traitement s'effectue donc à partir des résultats des prélèvements et des analyses réalisées à différentes reprises dans les ouvrages de contrôles prévus aux abords (amont / aval) de la zone traitée et d'investigations réalisées au droit de cette dernière. La période de suivi de ces traitements est souvent adaptée aux cinétiques de lessivage ou de réactions des agents injectés. Dans le cas de techniques d'injection de produits réactifs, il faut signaler que les durées de suivi sont généralement plus longues suite aux dernières injections.

12.4.7. Processus d'arrêt d'un traitement *In Situ*

Concernant la surveillance d'une opération de traitement in situ, quatre étapes peuvent être généralement distinguées :

Etape 1 : une phase de monitoring lors du traitement ;

Etape 2 : une période d'observation post-traitement ;

Etape 2bis : le cas échéant, sur les sites à enjeux, une période de vigilance ;

Etape 3 : une surveillance post-travaux (qui peut être celle d'un bilan quadriennal)

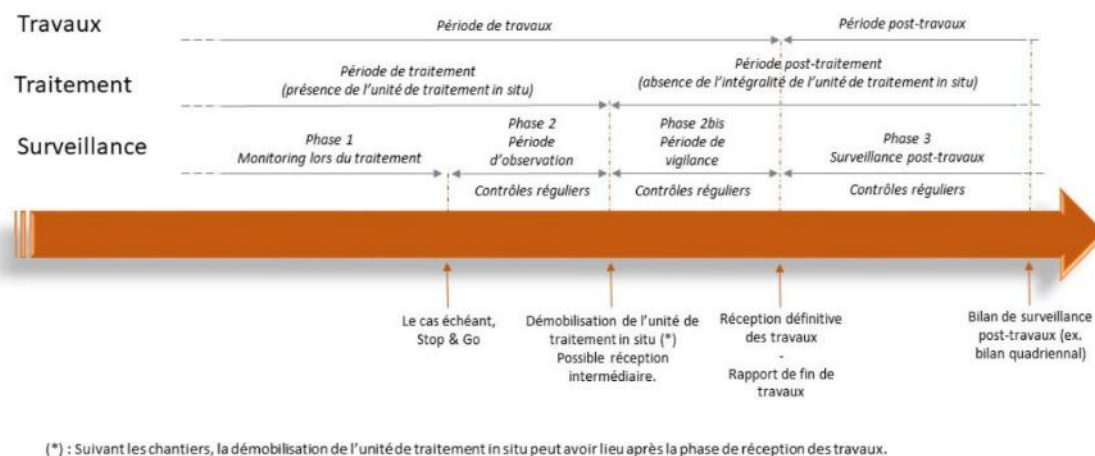


Figure 64 : Phasage de travaux / traitement et de surveillance dans le cas d'un traitement in situ (source guide BRGM 71923 novembre 2022)

Il est régulièrement observé la mise en place d'au moins deux contrôles pendant le premier mois après l'arrêt d'un traitement, puis le basculement vers une fréquence mensuelle à trimestrielle pendant toute la durée de la période de vigilance. Cette organisation en première approche est recommandée pour permettre de disposer à la fin de la période de vigilance de chroniques de résultats et de justifier, plus sereinement, de la bonne stabilité des concentrations résiduelles.

12.5. Orientations pour la surveillance environnementale post-travaux SUR SITE

Conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués du Ministère en charge de l'Environnement au sens des textes d'avril 2017 (cf. §1.7 et §3.4.8), la mise en place d'une surveillance environnementale est recommandée (lorsque celle-ci est justifiée) à l'issue de travaux de dépollution. Celle-ci vise à vérifier l'efficacité intrinsèque des mesures ou techniques de dépollution mises en œuvre, en particulier l'atteinte pérenne des objectifs de qualité fixés pour les différents milieux concernés (eaux souterraines, gaz du sol, ...).

Cette surveillance « conventionnelle » désignée dans le cas présent par les termes « surveillance post-travaux » ou « surveillance post-traitement » démarre ainsi à l'issue de la réception des travaux. La durée de ce suivi est à évaluer en fonction de la connaissance de la pollution et du site en lui-même. Selon les contextes, il convient également de s'inscrire dans le cadre d'un bilan quadriennal pour évaluer l'état de la situation sur cette période. Dans le cas où une période de vigilance a été définie et que les concentrations sont restées stables pendant cette période, cette durée peut alors s'inscrire dans cette surveillance post-travaux et correspondre à une partie de ce cycle de quatre ans.

Les exigences associées à la phase de surveillance environnementale et de bilan quadriennal sont précisées dans la norme NF X 31-620-2 (prestations codifiées respectivement SUIVI et BQ).

La réglementation environnementale applicable sera également à intégrer (procédure tiers demandeur, ATTES ALUR...).

12.6. Restrictions d'usages / servitudes

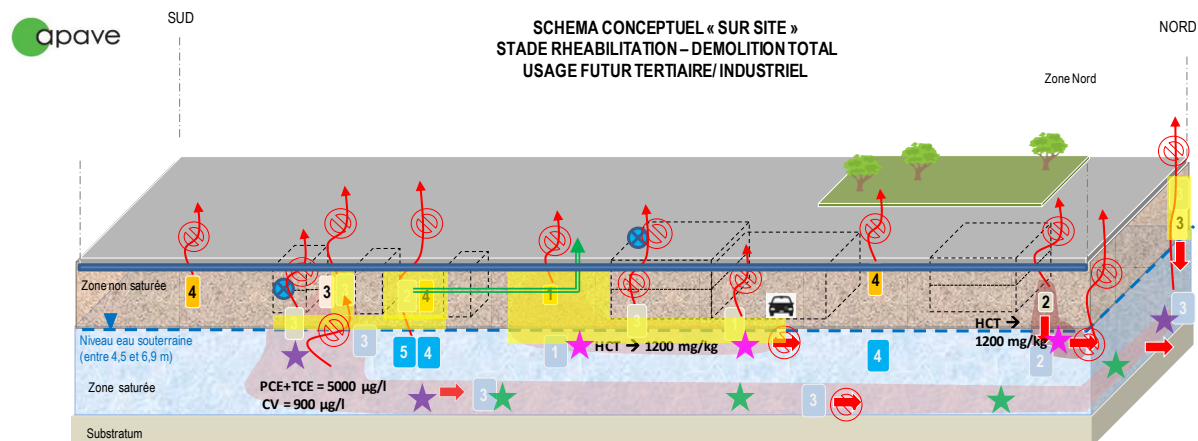
Comme déjà indiqué dans le Plan de Gestion, il convient de mettre en place des restrictions d'usages sur site et hors site.

Le dossier de restrictions d'usages sera réalisé conformément à la prestation A400 de la norme NFX31-620-2.

Il appartient à l'autorité environnementale de définir les outils applicables pour l'application pérenne de ces restrictions d'usages.

12.7. Schéma conceptuel selon article R556-1 B

Le schéma conceptuel applicable selon l'article R556-1B du code de l'environnement a été mis à jour pour intégrer les données du présent PCT.



HORS SITE
Une migration des COHV est observée hors du site Air France PVP via les eaux souterraines.

Pour les usages fixés hors site en considérant les pollutions mesurées en place, le calcul de risque sanitaire indique pour le scénario considéré que les risques toxiques et cancérogènes sont acceptables.

A ce jour, l'étendue du panache en PCE et TCE n'est pas connue.

Source anomalie RETENUE : SOL		Vecteur de transfert RETENU		MESURES DE GESTION	
1	Impacts en HCT C6-C40, (+ anomalies BTEX et HAP) entre 5 et 8 m liés cuves enterrées de mazout	Percolation – migration en profondeur		Aucune anomalie identifiée dans les eaux du robinet	
2	Impacts en HCT C10-C40 (+ anomalies HAP) entre 5 et 7m liés à la cuve de la station de traitement des eaux, au nord du restaurant d'entreprise	Volatilisation (gaz de sol)		Vecteur de transfert ou scénario d'exposition non retenu	
3	Impacts en COHV liés à des sources historiques	Perméation conduite d'eau potable (gaz de sol)		Interdiction jardin potager	
4	Anomalies ponctuelles ou diffuses avec concentrations max connues : HCT + Métaux Lourds + BTEX + Méthanol + HAP + COHV + PCB	Ecoulement des eaux souterraines		Interdiction usage des eaux souterraines	
Source anomalie RETENUE : GAZ DU SOL (piézair)		Scénario d'exposition RETENU		CURAGE SOL SOURCES ZNS COHV + HCT	
1	Anomalies ponctuelles TPH	NON Ingestion de sol		Traitement oxydation ZS COHV	
2	Anomalies ponctuelles BTEX	NON Inhalation de poussières de sol		Traitement sparging/ venting ZS COHV	
3	COHV (anomalies concentrées et diffuses)	NON Contact du sol avec la peau (cutané)		Traitement biosparging ZS HCT	
Source anomalie RETENUE : EAU SOUTERRAINE		NON Ingestion de végétaux issus du potager		Mesures constructives selon ARR	
1	Impact en hydrocarbures C5-C40, (+ anomalies BTEX, HAP, COHV, fer et arsenic) liés cuves enterrées de mazout	NON Inhalation de volatils des sols en espace intérieur		Conduite eau potable anti –perméation gaz	
2	Anomalies en HCT et HAP liés à la cuve de la station de traitement des eaux, au nord du restaurant d'entreprise	NON Ingestion eau, inhalation de vapeurs et contact douche			
3	Impact en COHV				
4	Anomalies ponctuelles : Arsenic, Fer, Naphtalène, HCT C10-C40, HAP				
5	Anomalies BTEX au droit et aval SHEDS				

Figure 65 : Schéma conceptuel stade réhabilitation - démolition totale

12.8. Estimation des budgets

Une actualisation de l'estimation du budget nécessaire à la réalisation des travaux selon les techniques retenues est détaillée ci-dessous :

GENERALITES POUR L'ENSEMBLE DE L'OPERATION HCT					
Poste	Désignation	Unité	Quantité	Prix estimatif unitaire	Budget Estimatif total
1	Préparation de chantier, des accès, démarches administratives, constat huissier	Ft	1	9 820,00	9 820,00
2	Ingénierie de projet, réunions mensuelles	Mois	12	3 110,00	37 320,00
4	Base vie, locaux, barriérage, inclus consommations électriques	Mois	12	2 702,00	32 424,00
5	Rapport de fin de travaux - Toutes zones confondues	Ft	1	2 900,00	2 900,00
TOTAL PREPARATION					82 464,00 €
				Aléa chantier + 6 mois	139 488,00 €

Secteur HCT Gestion des cuves - Zone FOD et "Zone traitement des eaux"					
Poste	Désignation	Unité	Quantité	Prix estimatif unitaire	Budget Estimatif total
1	Gestion des cuves : ouverture trou d'homme, vidange et dégazage, extraction à la pelle mécanique cuves type 10 m3 au plus et évacuation hors site	Unité	3	8 520,00	25 560,00
2	Evacuation de produit des cuves - 3 à 6 m3	T	6	490,00	2 940,00
TOTAL CUVES					28 500,00 €

Secteur HCT Zone FOD - OPTION TERRASSEMENT ET TRAITEMENT HORS SITE - 4 647 m3					
Poste	Désignation	Unité	Quantité	Prix estimatif unitaire	Budget Estimatif total
1	AR matériel et engins pour terrassement + aire de stockage / 1500 m²	Ft	1,00	34 690,00	34 690,00
2	Terrassement traditionnel sols jusque profondeur impactée et mise en stock pour analyses (7m/sol)	m3	17 360,00	11,00	190 960,00
3	Blindage côté bâtiments d'habitation	Ft	1,00	470 400,00	470 400,00
4	Remblais spécifique blindage avec apport	m3	2 880,00	105,00	302 400,00
5	Gestion des eaux souterraines (dernier mètre)	Ft	1,00	100 000,00	100 000,00
6	Traitement hors site	T	8 596,95	90,00	773 725,50
7	Apport de matériaux (tout venant)	m3	4 647,00	13,00	60 411,00
8	Remblaiement des matériaux	m3	14 480,00	14,00	202 720,00
TOTAL HORS SITE					2 135 306,50 €

Secteur HCT **Zone Traitement des eaux - OPTION BIODEGRADATION**
DYNAMISEE / BIOVENTING - 1050 m² - 6 m

Poste	Désignation	Unité	Quantité	Prix estimatif unitaire	Budget Estimatif total
1	AR unités de traitement (extraction/injection)	Ft	1,00	8 255,00	8 255,00
2	Mise en œuvre des ouvrages et réseaux - 1050 M²	FT	1,00	149 365,00	149 365,00
4	Traitement de la zone part bioventing	Mois	12,00	7 861,00	94 332,00
3	Traitement par bioparging	Mois	12,00	5 767,00	69 204,00
5	Consommation de charbon actif et analyses associées	FT	1,00	53 000,00	53 000,00
6	Démantèlement / repli et remise en état / Réception et constat d'huissier final	Ft	1,00	20 000,00	20 000,00
TOTAL				IN SITU	394 156,00 €
				Aléa pour traitement +12 mois	169 370,00 €

Généralités Pour l'ensemble de l'opération COHV

Poste	Désignation	Unité	Quantité	Prix estimatif unitaire	Budget Estimatif total
1	Préparation de chantier, des accès, démarches administratives, constat huissier	Ft	1,00	9 820,00	9 820,00
2	Ingénierie de projet, réunions mensuelles	Mois	12,00	3 110,00	37 320,00
4	Base vie, locaux, barriérage, inclus consommations électriques	Mois	12,00	2 702,00	32 424,00
5	Rapport de fin de travaux - Toutes zones confondues	Ft	1,00	2 900,00	2 900,00
TOTAL PREPARATION					82 464,00
				Aléa chantier + 6mois	34 872,00

Secteur COHV Zone 1 - source COHV concentrée - Option terrassement et traitement sur site par ventilation forcée - 4 046 m3

Poste	Désignation	Unité	Quantité	Prix estimatif unitaire	Estimatif total
1	AR matériel et engins pour terrassement + aire de stockage provisoire / 1500 m²	Ft	1,00	34 090,00	34 090,00
2	Terrassement traditionnel sols impactés - mise en stockage/traitement	m3	4 046,00	11,00	44 506,00
3	Terrassement traditionnel sols pour talus - mise en stockage	m3	961,00	11,00	10 571,00
4	Blindage côte 2580 m3 en caisson (dispositif et plus-value terrassement)	m3	2 580,00	55,00	141 900,00
5	Remblaiement avec apport de matériaux (spécifique partie confortement)	m3	2 580,00	35,00	90 300,00
6	Caractérisations analytiques au terrassement et après traitement	Ft	1,00	4 600,00	4 600,00
7	Gestion des eaux souterraines en fond de fouille	Ft	1,00	62 509,44	PM
8	Aire de traitement étanche - 2000 m²	m²	2 000,00	15,00	30 000,00
9	Mise en traitement en terte ventilé - base de traitement 6 à 9 mois	t	7 485,00	25,00	187 125,00
10	Remblaiement sans apport de matériaux (tout venant)	m3	4 046,00	14,00	56 644,00
TOTAL TERTRE + SUR SITE					599 736,00
				aléa chantier +3 mois	93 562,50

Secteur COHV Zone Eaux souterraines - OPTION OXYDATION - 4800 m²

Poste	Désignation	Unité	Quantité	Prix estimatif unitaire	Estimatif total
1	AR unité de préparation des solutions d'injection	Ft	1	24 430,00	24 430,00
2	Mise en œuvre par injection in-situ et équipement	FT	1	80 004,00	80 004,00
3	Réseau d'injection et de contrôle	FT	1	65 004,00	65 004,00
4	Consommable Oxydant (Permanganate)	FT	1	1 310 004,00	1 310 004,00
5	Suivi et mise en œuvre des injections, du traitement, mise à disposition d'une unité - 12 mois	Mois	12	18 667,00	224 004,00

6	Démantèlement / repli et remise en état / Réception et constat d'huissier final	Ft	1	20 000,00	20 000,00	
7	Mise en place d'un dispositif de recirculation des eaux	Ft	1	318 598,00	318 598,00	
8	Campagne d'injection et fourniture d'oxydant	Ft	1	441 004,00	441 004,00	
9	Campagne de monitoring post traitement	Unité	3	12 134,50	36 403,50	
10	Repli des installations - rebouchage des ouvrages	Ft	1	84 034,00	84 034,00	
			TOTAL		IN SITU	2 603 485,50
pour les postes : 2 et 3 (ouvrages et réseaux) / 4 (quantités d'oxydants) / 5 suivi des injections / 8 injection en PM) / 9 campagnes / 10 (rebouchage) /				aléa chantier +6 mois		987 506,00

Secteur COHV	Zone Eaux souterraines Panache - OPTION SPARGING/VENTING - 5800 m² - Nord SHEDS et ASTROLAB				
Poste	Désignation	Unité	Quantité	Prix estimatif unitaire	Estimatif total
1	AR unités de traitement (extraction/injection)	FT	1	20 230,00	20 230,00
2	Mise en œuvre des ouvrages et réseaux - 5 800 m²	FT	1	699 000,00	699 000,00
4	Traitement de la zone part Sparging/venting	Mois	12	25 076,00	300 912,00
4	Consommation de charbon actif et analyses associées	FT	1	324 876,24	324 876,24
5	Démantèlement / repli et remise en état / Réception et constat d'huissier final	FT	1	25 000,00	25 000,00
6	Repli des installations - rebouchage des ouvrages	FT	1	64 672,50	64 672,50
			TOTAL	IN SITU	1 434 690,74
				aléa chantier +6mois	312 894,12

L'estimation finale ainsi qu'un budget min et max (selon incertitudes) sont proposés ci-dessous :

	GESTION ZONES HCT	Budget estimatif	Budget Min	Budget Max
1	Généralités zones HCT	82 464,00 €	80 000,00 €	120 721,42 €
2	Gestion des cuves - Zone FOD et "Zone traitement des eaux"	28 500,00 €	20 000,00 €	35 000,00 €
3	Zone FOD - OPTION TERRASSEMENT ET TRAITEMENT HORS SITE	2 135 306,50 €	1 900 000,00 €	2 269 287,93 €
4	Zone Traitement des eaux - OPTION BIODEGRADATION DYNAMISEE / BIOVENTING - 1050 m² - 6 m	394 156,00 €	350 000,00 €	550 000,00 €
	TOTAL	2 640 426,50 €	2 350 000,00 €	2 975 009,35 €

	GESTION COHV	Budget estimatif	Budget Min	Budget Max
1	Moins-Value Généralité zone COHV (si commun HCT)	82 464,00 €	80 000,00 €	103 165,97 €
2	Zone 1 - source COHV concentrée - Option terrassement et traitement sur site par ventilation forcée - 4 046 m³	599 736,00 €	450 000,00 €	709 768,13 €
3	Zone Eaux souterraines - OPTION OXYDATION - 4800 m²	2 603 485,50 €	2 400 000,00 €	3 450 033,49 €
4	Zone Eaux souterraines Panache - OPTION SPARGING/VENTING - 5800 m² - Nord SHEDS et ASTROLAB	1 434 690,74 €	1 300 000,00 €	1 751 689,14 €
	TOTAL	4 637 912,24 €	4 150 000,00 €	5 911 490,76 €

TOTAL TRAVAUX
« la durée de traitement »

7 278 338,74 € 6 500 000,00 € 8 886 500,11 €

MOE 10%	727 833,87 €	650 000,00 €	888 650,01 €
DIAG COMPL.	200 000,00	200 000,00	200 000,00
ESSAIS SITE	200 000,00	200 000,00	200 000,00
SURV. ENV.	60 000,00	60 000,00	60 000,00
TOTAL POSTES ANNEXE	1 187 833,87 €	1 110 000,00 €	1 348 650,01 €

	Budget estimatif	Budget Min	Budget Max
TOTAL « la durée de traitement »	8 466 172,61 €	7 610 000,00 €	10 235 150,12 €
Plus-value aléa extension traitements In Situ	2 494 054,88 €		

NB : Afin de réduire les risques de flux de polluants volatils depuis le milieu souterrain vers les bâtiments rénovés ou neufs, des mesures constructives spécifiques complémentaires devront être mises en œuvre.
Les budgets associés seront à prévoir dans le cadre d'un projet de bâtiments neufs ; **non compris dans le budget** (estimatif à titre indicatif : 100€/HT/m²).

Les limites de ce chiffrage sont les suivantes :

- La réalisation d'une étude géotechnique ;
- Les caractéristiques des cuves à retirer ;
- Données disponibles et les aléas liés à la réalisation des investigations (échantillonnage, analyse laboratoire, saisonnalité...) ;
- Représentativité des concentrations mesurées ;
- Profondeur des fondations des bâtiments en place ;
- Délimitation des périmètres définis pour les zones des sources historiques ;
- Les extrapolations au droit des zones inaccessibles non investiguées ;
- La position exacte des investigations ;
- L'hétérogénéité des concentrations dans les sols, liées à des passages préférentiels dans les couches lithologiques ;
- Proportion phase organique absorbé sur les sols ;
- Des incertitudes liées au manque d'ouvrages en périphérie du panache en PCE+TCE ;
- Les interpolations (modélisations, interprétations).

Les aléas / incertitudes financiers sont à ce jour liés à :

- Une durée de traitement excédant 12 mois ;
- Une variation des coûts des fournitures et autres équipements.

12.9. Gestion des émissions, nuisances et déchets en phase travaux

12.9.1. Gestion des nuisances sonores

Les émissions acoustiques seront liées notamment :

- Aux engins de chantiers en terrassement (période diurne) ;
- Aux moteurs des unités de traitement, pompage, injection...

Il sera donc nécessaire de prévoir les protections adaptées aux émergences réglementaires acoustiques autorisées en limite de site et pour les cibles exposées (cadre ICPE).

Un état initial acoustique sera à réaliser avant chantier et des mesures régulières sur site pourront être demandées dans le cadre de la mise en place d'un PAQE Plan d'Assurance Qualité Environnementale.

Les engins et matériels de chantiers devront être conformes à la réglementation applicable.

Les horaires de chantiers seront définis de manière à limiter les nuisances.

12.9.2. Gestion des émissions atmosphériques

Les engins et matériels de chantiers devront être conformes à la réglementation applicable.

L'ensemble des effluents gazeux issus des unités de traitement sera traité sur site.

Le rendement épuratoire des filtres à charbon actif est généralement de 95 à 99%. Les charbons, une fois arrivés à saturation, seront changés puis envoyés en destruction ou régénération.

Un suivi régulier de la qualité des rejets sera réalisé en phase travaux afin de garantir l'efficacité du traitement.

D'une manière générale, les concentrations des émissions atmosphériques devront être conformes à l'arrêté du 2 février 1998.

12.9.3. Gestion des eaux

L'ensemble des eaux du site et des unités de traitement sera géré en réseau séparatif sur site avec traitements spécifiques le cas échéant et rejets autorisés dans les réseaux existants (avec conventions de rejets si nécessaire).

Un suivi régulier de la qualité des rejets sera réalisé en phase travaux afin de garantir l'efficacité du traitement.

D'une manière générale, les concentrations des rejets devront être conformes à l'arrêté du 2 février 1998.

12.9.4. Gestion des déchets

Les déchets spécifiques générés lors des travaux de dépollution des sols seront produits :

- Lors de la mise en place des équipements de traitement (chutes de tube, cuttings de forage) ;
- Lors du traitement des gaz extraits (charbons actifs, condensats) ;
- Lors du traitement des eaux extraites (boues, surnageants...).

Tous les déchets seront évacués en filières de traitement autorisées.

12.10. Planning prévisionnel des travaux

Les diagnostics complémentaires dans les milieux et les essais laboratoires et terrain complémentaires sont estimés à **6 mois**. Ils pourront être lancés avant le début des travaux de réhabilitation ou simultanément et leurs résultats feront l'objet d'un point d'étape avec l'administration.

Les travaux nécessitant un plein accès au site sont estimés à 26 mois (comprenant le repli), sans aléa lié aux éventuels effets rebond des méthodes de dépollution retenues.

Un éventuel traitement complémentaire, si effet rebond, est estimée à un délai supplémentaire de 12 mois, soit un plein accès au site estimés à **37 mois (comprenant repli et rapport final)**.

La surveillance des eaux souterraines devra être réalisée pendant toute la durée des travaux et dans un délai de 6 mois après leur réception.

Une estimation du planning prévisionnel des travaux est présentée ci-dessous :

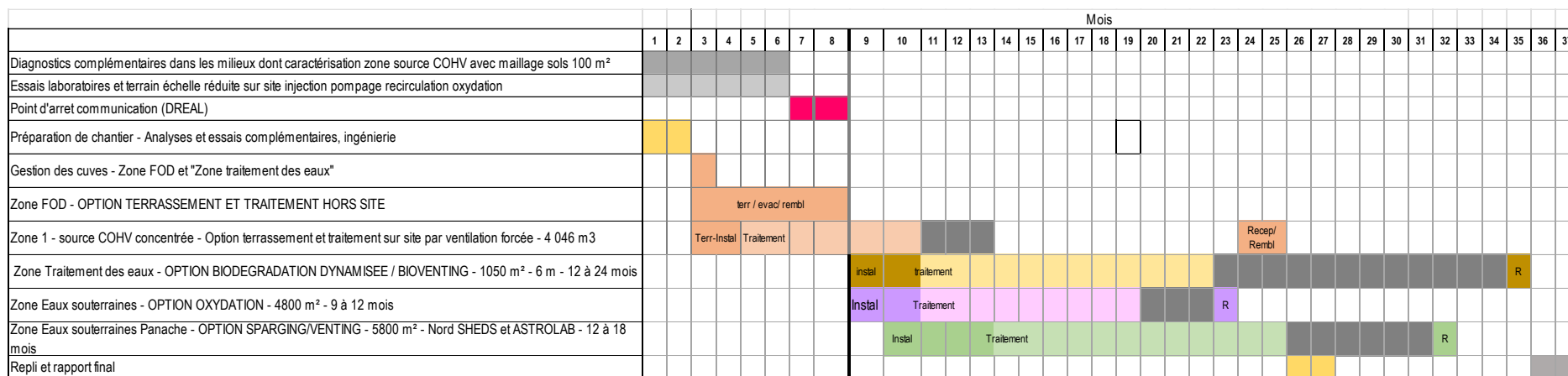


Figure 66 : Planning prévisionnel des travaux de dépollution

12.11. Préconisations relatives à l'organisation, volet HSE et encadrement des travaux

Après démolition du site, le chantier de travaux de dépollution des sols sera réalisé en tant que chantier clos et indépendant (PGC spécifique à fournir par le maître d'ouvrage avec PPSPS par les entreprises).

Les préconisations spécifiques sécurité liés aux traitements retenus seront à intégrer notamment dans :

- Le PIC Plan d'Installation de Chantier ;
- Le zonage du chantier ;
- Les locaux d'hygiène ;
- Les EPC Equipements de Protection Collective et EPI Equipements de Protection Individuels ;
- Les systèmes de détection des risques ;
- Les produits manipulés ;
- Les utilités ;
- Les systèmes d'alarmes des unités sensibles et les utilités secourues les alimentant en cas de défaillance ;
- Les terrassements ;
- Les confortements ;
- Les moyens de levage ;
- Les moyens de pompage et de traitements ;
- La gestion et l'élimination des déchets ;
- La protection et la prévention des pollutions accidentelles ;
- La prévention et la protection vis-à-vis des risques d'incendies et explosions ;
- La protection des avoisinants ;
- Les rejets d'effluents pour tous les types de traitement et le chantier en général ;
- Les aires étanches...

L'encadrement des travaux sera réalisé par un maître d'œuvre certifié LNE Sites et Sols Pollués Domaine B avec les prestations B130 B310 B320 et B330 conformes à la norme NFX31-620-3.

NB : les livrables de ces prestations seront demandées pour analyse critique dans le cadre des attestations réglementaires à fournir conformément au Code de l'Environnement ATTES SECUR MEMOIRE TRAVAUX et ALUR.

12.12. Liste des autorisations administratives nécessaires aux travaux

L'établissement des dossiers administratifs relève de la prestation B200 de la norme NFX31-620-2.

La liste des autorisations administratives nécessaires comprendrait à ce stade :

- Autorisation de rejet des eaux traitées dans le réseau ;
- PAC Porté à Connaissance au titre des ICPE pour des installations spécifiques le cas échéant ;
- Dossier Loi sur l'Eau spécifique ou porté dans le cadre ICPE pour les pompes et injections dans les eaux souterraines.

12.13. Liste des investigations et des études complémentaires nécessaires

Avant de pouvoir faire réaliser les travaux en pleine échelle, il sera nécessaire de faire réaliser après démolition (liste non exhaustive, adaptations selon découvertes) :

- Une campagne d'investigations sur les milieux (sols, eaux, gaz) pour la définition la plus précise possible des extensions des zones de travaux de dépollution (zone source COHV...) ; il s'agira d'estimer les surcoûts liés aux découvertes et aléas ;
- Une étude géotechnique de type G2 AVP puis G2 PRO ; il s'agira d'évaluer les confortements à prévoir et surcoûts associés ;
- Des essais pilotes de traitement complet à l'échelle réduite (notamment injection / oxydation / pompage / traitement...) sur les zones rendues accessibles après la démolition.

CHAPITRE 13 : DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES COMPLEMENTAIRES

Des concentrations résiduelles en polluants volatils (COHV) seront toujours présentes sur site et hors site à l'issue des traitements réalisés.

Ces concentrations résiduelles seront susceptibles d'induire un dégazage de polluants depuis le milieu souterrain vers des futurs bâtiments du site qui sera réaménagé.

Afin de réduire les risques de flux de polluants volatils depuis le milieu souterrain vers les bâtiments rénovés ou neufs, des mesures constructives spécifiques complémentaires pourront être mises en œuvre. Il pourra s'agir, entre autres

- de vides sanitaires ventilés ;
- de dispositifs de collecte de gaz sous les bâtiments (géocomposite assurant les fonctions de drainage – étanchéité) ;
- de SDS Système de Dépressurisation des gaz de sols...

A ce stade, ces dispositifs ne sont pas prévus dans le projet d'aménagement défini.

Les budgets associés seront à prévoir dans le cadre d'un projet de bâtiments neufs ; **non compris présent PCT** (estimatif à titre indicatif : **100€HT/m²**).

NB : ces dispositifs sont mutualisables avec la protection réglementaire radon.

Les risques d'agressivité des fondations bétons pour des futurs bâtiments par les polluants et produits chimiques résiduels dans le sous-sol du site seront également à prendre en compte par des études spécifiques (hors présent PCT).

Les réseaux d'eaux potable devront être anti-perméation gaz.

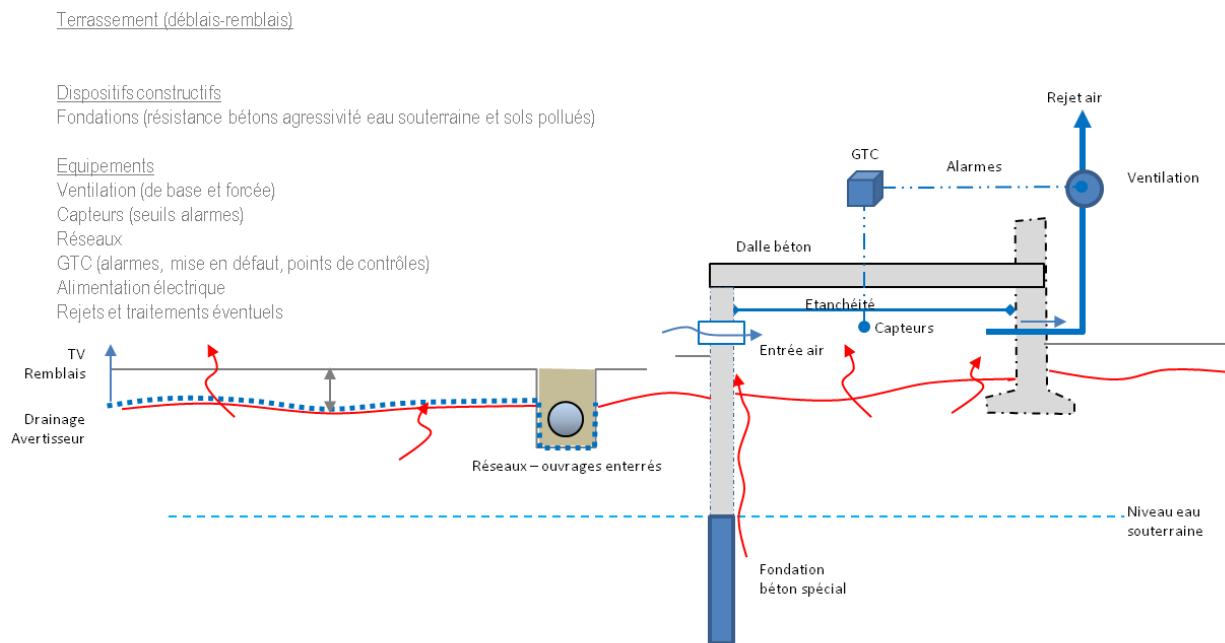


Figure 67 : Schéma des dispositifs constructifs complémentaires

CHAPITRE 14 : VALIDATION SANITAIRE (ARR PREDICTIVE)

14.1.1. Généralités

Pour chacun des scénarios de gestion envisagés dans une démarche de plan de gestion, les possibilités d'exposition des personnes aux pollutions résiduelles sont identifiées, au regard :

- des concentrations qui sont susceptibles d'être atteintes après mise en œuvre des techniques de dépollution ;
- des mesures constructives inhérentes à toute construction ;
- le cas échéant, des mesures constructives spécifiquement mises en œuvre dans le cadre des mesures de gestion.

La question de l'évaluation quantitative des risques sur les expositions résiduelles ne se pose plus lorsque le plan de gestion permet d'éliminer les sources de pollution ou de supprimer de façon pérenne les vecteurs de transfert entre les sources de pollution et les populations.

Lorsque de tels contacts sont possibles (contacts directs avec les sols ou diffusion des pollutions volatiles à travers les fondations...), alors l'acceptabilité sanitaire des expositions aux pollutions résiduelles doit être vérifiée par une évaluation quantitative des risques sanitaires dénommée « analyse des risques résiduels » (ARR). Il convient de veiller à se baser sur des scénarios réalistes ou réellement constatés.

À ce stade du processus de la démarche, il convient de rappeler que :

- seules les concentrations en polluants du site à réhabiliter sont connues pour avoir été mesurées ;
- les concentrations résiduelles en polluants sont estimées compte tenu des performances connues des techniques de dépollution : il s'agit de concentrations théoriques ou prédictives ; les ARR menées à ce stade sont des ARR prédictives. Leur réalisation apporte une certaine garantie sur l'acceptabilité sanitaire mais ne remplace pas celles qui sont réalisées à l'achèvement des travaux de réhabilitation (dénommées ARR fin de travaux).

Pour mémoire, à ce stade, l'EQRS est réalisée en écartant les substances pour lesquelles les valeurs de gestion sont respectées.

L'acceptabilité des niveaux de risques calculés est celle usuellement retenue au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé :

- pour les effets à seuil, le Quotient de Danger (QD) théorique doit être inférieur à 1 ;
- pour les effets sans seuil, l'Excès de Risque Individuel théorique (ERI) doit être inférieur à 1.10^{-5} .

L'additivité des risques liés aux différents polluants et/ou aux différentes voies d'exposition est réalisée selon les recommandations des instances sanitaires au niveau national. En l'état actuel des connaissances, ces recommandations conduisent :

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

En outre, les valeurs de gestion doivent être respectées pour les polluants et les milieux d'exposition qui en disposent.

14.1.2. Applications au site

Les résultats de l'ARR prospective sont déjà présentés dans le paragraphe 10.2.1. de ce rapport (**Annexe 7**) ; les objectifs de réhabilitation sont intégrés dans la définition des scénarios de gestion qui sont tous compatibles au niveau sanitaire.

CHAPITRE 15 : SCHEMA CONCEPTUEL SUR SITE APRES MISE EN ŒUVRE DES SCENARIOS DE GESTION

15.1. Sources : anomalies retenues lors des investigations

Les sources retenues dans le schéma conceptuel sont les anomalies mesurées pour tous les composés ayant fait l'objet d'analyses lors des investigations dans les milieux suivants (Cf. tableaux d'interprétations par milieux ci-avant) :

- Sols/ Eaux souterraines/ Gaz de sols.

15.2. Identification des vecteurs de transfert

Les vecteurs reconnus (le cas échéant à ce stade) et possibles/potentiels de migration des substances retenues comme anomalies dans les différents milieux considérés sont identifiés dans le tableau de synthèse d'étude des scénarios d'expositions ci-après,

15.3. Identification des cibles et/ou enjeux à protéger

A ce stade de la démarche de cessation d'activités ICPE, les récepteurs (cibles) considérés sont les futurs usagers dans une configuration d'exploitation tertiaire - projet HINES :

- de type population générale « **SUR SITE** » ;
- fréquentant les espaces localisés au droit des sources d'anomalies (pollution) du sol et du sous-sol.

Les hypothèses retenues pour les conditions d'usages sur la base des données disponibles sont présentées dans le tableau suivant :

Conditions d'usages futurs	Oui	Non	?	Source données/observations
Est-ce que l'usage et l'état futur du site seront identiques à ceux constatés lors de la visite de site (actuel) ? <i>Conservation : bâti, espaces int./ext., recouvrement des sols...</i>		X		
Est-ce que l'usage et l'état futur du site sont de type générique ? <i>Pas de projet défini, pas de plan masse...</i>		X		Cf. chapitre 8
Est-ce que l'usage et l'état futur du site font l'objet d'une opération (projet) spécifique ? <i>construction, aménagement extérieurs, parking enterré, Vide Sanitaire, réseaux (eau potable) ?...</i>	X			Cf. chapitre 8
Usage habitat / logements collectifs avec population : adultes et enfants ?		X		
Usage habitat individuel avec jardins avec population : adultes et enfants ?		X		
Usage tertiaire (bureaux) et/ou commerces avec population : adultes ?	X			Deux bâtiments de Bureaux
Usage industriel avec population : adulte ?	X			Un Data center
Usage enfance : crèche, école, collège, Lycée...avec population : adultes et enfants ?		X		
Usage sportifs : gymnase, terrain de sports...avec population adulte et enfants	X			Salle de sport dans le pole tertiaire
Aménagements extérieurs sensibles :				
Jardin individuel (donc avec potagers par défaut ...) ?		X		
Jardin collectif avec potagers ?		X		
Espaces verts paysagers collectifs ?	X			
Espaces collectifs récréatifs (aire de jeu, sports, pique-nique...?)		X		
Bâtiments :				
Parking (semi) enterré ? <i>profondeur déblais, ventilation...</i>		X		
Vide Sanitaire ? Vide sous dalle ? galerie technique ? <i>ventilation...</i>		X		
Gestion des terres :				
Déblais- remblais sur site ? <i>volume...</i>		X		Cf. chapitre 8
Réutilisation de la Terre Végétale ? <i>décapage, mise en stockage temporaire...</i>			X	
Usage des eaux (réseaux, surface, souterraines) :				
Réseaux d'eau potable : modifications, créations ?	X			
Usage des eaux souterraines (arrosage, piscine...) ?		X		
Usage des eaux de surface (plan d'eau, gravière, bassin EP en eau...) ?		X		

? : Non connu en l'état des données disponibles

Tableau 27 : Caractéristiques des conditions actuelles d'état et d'usage du site base de la synthèse des voies d'exposition

A ce stade de la démarche, les récepteurs (cibles) considérés sont les futurs usagers de type population générale « SUR SITE » et fréquentant les espaces localisés au droit des sources d'anomalies (pollution) du sol et des eaux souterraines.

Les hypothèses retenues pour les conditions d'usages « SUR SITE » sont celles de l'opération présentées dans le chapitre ci-avant.

Le tableau ci-dessous présente les scénarios d'exposition pertinents retenus « **SUR SITE** » après mise en œuvre des scénarios de gestion :

Milieu/substances potentiellement polluantes identifiées	Modalités d'exposition	Futurs Cibles/usagers « sur site »	Voie (scénario) d'exposition potentielle	Observations/hypothèses/conditions retenues selon tableau ci-avant
Sol (campagnes 2021/2022,) Substances : COHV HCT C10-C40 / HAP dont naphthalène / m+p Xylènes / Méthanol / PCB/ Métaux Lourds / Sulfates	Ingestion de sols par portage main bouche enfant	Travailleurs Adultes	NON	Absence de sols nus au droit du projet d'aménagement Population adulte Absence de cibles pérennes sur les espaces extérieurs Absence d'air récréative extérieure
	Inhalation de sols par mise en suspension poussières (envol)	Travailleurs Adultes	NON	
	Contact direct de sols (cutané)	Travailleurs Adultes	NON	
	Ingestion de légumes/fruits produits sur site	Travailleurs Adultes	NON	Absence de jardins potagers dans le projet d'aménagement
Air Substances potentielles COHV HCT / naphthalène/ BTEX	Inhalation à l'intérieur des bâtiments de composés volatils provenant des sols et/ou des eaux souterraines (air intérieur via l'air du sol)	Travailleurs Adultes	NON	Anomalies résiduelles compatibles avec les usages du projet HINES
	Inhalation à l'extérieur de composés volatils provenant des sols et/ou des eaux souterraines (air ambiant via l'air du sol)	Travailleurs Adultes	NON	Absence de cibles pérennes
Eaux souterraines (Campagnes 2022, 2023 et 2024) Substances : COHV HCT C10-C40 / Fer/ Arsenic / HAP / BTEX	Contact direct d'eaux souterraines (cutané) à partir de puits sur site	Travailleurs Adultes	NON	Absence d'eau souterraine accessible et/ou utilisée sur site.
	Ingestion d'eau souterraine à partir de puits sur site (et donc inhalation si produits volatils)	Travailleurs Adultes	NON	
Eaux de surface Sans Objet	Contact direct d'eaux de surface (cutané) à partir de plan d'eau et/ou ruisseau sur site	Travailleurs Adultes	NON	Absence d'eau de surface accessible et/ou utilisée sur site.
	Ingestion d'eau de surface à partir de plan d'eau et/ou ruisseau sur site	Travailleurs Adultes	NON	
	Ingestion potentielle de poisson en plan d'eau privé aval			
Sol/air/eaux Substances : Cf. ci-dessus	Transfert par les conduites enterrées (perméation et contamination eau potable) et inhalation lors de la douche, ingestion eau et absorption cutanée (via l'air du sol - sol - eaux)	Travailleurs Adultes	NON	Mesure de gestion simple : mise en place sur l'ensemble du site de conduites anti perméation gaz projets neufs (fonte ductile, PEHD Tricouche...)

Tableau 28 : Synthèse des scénarii d'exposition de la population future « SUR SITE » – stade après mise en œuvre des scénarios de gestion

15.3.1. Hors site

Cf. rapport n° 22 910 LSO 25847 00 Q_IEM2 V1.

Les données disponibles montrent une migration des COHV hors du site Air France PVP via les eaux souterraines.

Les scénarios potentiels d'expositions retenus sont l'inhalation de substances volatiles dans l'air intérieur des bâtiments via les eaux souterraines et les gaz du sol et le transfert par les conduites enterrées (perméation et contamination eau potable).

Pour les usages fixés hors site en considérant les pollutions mesurées en place, le calcul de risque sanitaire indique pour le scénario considéré que les risques toxiques et cancérigènes sont acceptables.

A ce jour, l'étendue du panache en PCE et TCE n'est pas connue.

En l'absence de cibles et d'usages sensibles sur plusieurs km à l'aval du site Air France PVP, de la suppression des sources et impacts en COHV sur le site Air France PVP et de la compatibilité sanitaire avec un usage tertiaire, il convient à ce jour de mettre en place une surveillance des eaux souterraines hors site avant, pendant et après de la phase de dépollution du site Air France PVP et deux campagnes de mesures des eaux du robinet au droit des zones les plus proches des zones d'études concernées.

Conformément à la demande de la DRIEAT datée du 22 juin 2023, réf. D2023-0619, Air France réalise une surveillance environnementale des eaux souterraines hors du site depuis octobre 2023.

Afin, de réaliser un bilan quadriennal, codifié BQ dans la norme NFX 31-620-2 de décembre 2021, cette surveillance des eaux souterraines est prévue sur une période de 4 ans.

CHAPITRE 16 : DEFINITION DES CONTROLES EN PHASE TRAVAUX

La prestation CONT définie dans la norme NFX31-620-2 est préconisée pour assurer le contrôle de la mise en œuvre des mesures de gestion ; cette prestation a pour but de contrôler que les mesures de gestion sont réalisées conformément aux dispositions prévues dans le présent Plan de Gestion.

NB : Ces opérations de contrôle sont des opérations ponctuelles et ne sont pas des opérations de suivi de travaux. Elles n'ont ainsi pas vocation à se substituer à une mission d'ingénierie type maîtrise d'œuvre dans la phase travaux (norme NF X 31-620-3, prestations MOE, B310 à B330).

Il est donc préconisé de définir et mettre en œuvre une prestation de contrôle ponctuelle (hors maîtrise d'œuvre SSP et hors géotechnique/structures) destinée à s'assurer du respect des mesures de gestion qui ont été énoncées dans le plan de gestion (mission codifiée CONT dans la norme NFX 31-620) et pour établir l'état résiduel à verser au dossier de restrictions d'usages. Cette prestation portera notamment sur :

- le contrôle des effluents (liquides, gazeux, etc.) générés par les installations de dépollution ;
- le contrôle de la qualité des sols en place, en fond et bords de chaque fouille après excavation, et avant remblaiement (mission codifiée CONT/A200-A270 dans la norme NFX-31-620-2) ;
- le contrôle de la provenance et de la qualité des terres d'apport nécessaires au comblement des fouilles (mission codifiée CONT/A200-A270 ou CONT/A260-A270) ;
- le contrôle de la présence et de la pose d'un feutre géotextile à l'interface entre les terres d'apport saines, et le sol en place sous-jacent où se trouvent des anomalies résiduelles ;
- le contrôle analytique des matériaux impactés avant évacuation en filières agréées ;
- le contrôle de la qualité des eaux souterraines au droit du site et hors site lors des travaux puis après travaux pour vérifier si les travaux remobilisent des polluants (mission codifiée CONT/A210-A270) ;
- le contrôle des canalisations antiperméation gaz, contrôle de l'étanchéité vis-à-vis des composés organiques volatils des futures canalisations d'alimentation en eau potable ;
- Mesure de la qualité de l'air ambiant des galeries techniques et/ou vides sanitaires de futures constructions du projet.

CHAPITRE 17 : ARR FIN DE TRAVAUX

Il est préconisé une Analyse des Risques Résiduels stade Fin de Travaux (ARR FT) à faire réaliser par un prestataire tiers (hors entreprise de travaux) certifié LNE Services Sites et Sols Pollués domaine A (prestation A320 NFX31-620-2).

CHAPITRE 18 : DEFINITION D'UN PROGRAMME DE SURVEILLANCE

Il est préconisé la mise en place d'un programme de surveillance des milieux dont les modalités sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Sur site	Ouvrages de surveillance	Paramètres de surveillance	Fréquence de surveillance	Méthode	Prestation / Livrable
Eaux souterraine	Piézomètres PZ1à Pz25	Niveau piézométrique Analyses COHV TPH BTEX HAP ML8	2fois/an hautes eaux et basses eaux	Selon norme NFX31-615	Prestations SUIVI A210 et A270 selon NFX31-620 avec carte piézométrique
Air ambiant	Espaces (bureaux, local gardien) des futurs usagers	TPH BTEXN COHV	Au moment de la réception des travaux (hiver période de chauffage et 6 mois plus tard (été)	Selon norme NF 16000	Prestations SUIVI A240 et A270 selon NFX31-620

Tableau 29 : Définition du programme de surveillance préconisé et modalités

CHAPITRE 19 : MECANISMES DE CONSERVATION DE LA MEMOIRE

Les restrictions d'usage servent à informer sur les risques résiduels, encadrer les usages (notamment la réalisation de travaux ultérieurs...), et pérenniser la conservation des informations sur l'état environnemental du site.

La présence de pollutions résiduelles nécessite parfois de pérenniser les mesures de gestion mises en œuvre. Dans une telle configuration, une information systématique des acquéreurs ou locataire par le biais des documents d'urbanisme ou fonciers (Conservation des hypothèques) est requise.

Les restrictions d'usage retenues pour le site d'étude liées aux scénarios de gestion sont énoncées ci-avant.

Il est recommandé de réaliser un dossier de restrictions d'usage (prestation A400 selon la norme NFX31-620-2). La décision de mise en place de servitudes appartient au service instructeur de l'état en application de la réglementation applicable.

Par ailleurs, les exigences d'archivage pérenne (et mécanismes de conservation de la mémoire) sont aussi celles applicables réglementairement à une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE), à un site BASIAS, BASOL et/ou une SIS le cas échéant à ce jour ou à l'avenir.

Il est donc rappelé que le site est actuellement une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement ; et un site BASOL (n° SSP001210901), concernant les 2 cuves enterrées aujourd'hui inertes alimentant l'ancienne chaufferie et ayant fait l'objet d'un plan de gestion en 2016. La pollution est à ce jour toujours en place et un suivi des eaux souterraines est réalisé depuis 2016 à raison de 2 campagnes par an.

Il est recommandé de réaliser un dossier de restrictions d'usage (prestation A400 selon la norme NFX31-620-2). La décision de mise en place de servitudes appartient au service instructeur de l'état en application de la réglementation applicable.

CHAPITRE 20 : CONCLUSION – SUITE A DONNER

La société HINES, lauréate de l'appel d'offre de cession du site Air France PVP localisé au 1 Avenue du Maréchal Devaux Paray-Vieille-Poste 91550, prévoit des usages futurs industriels et tertiaires avec un projet de démolition quasi totale des bâtiments existants et la construction d'un DATA CENTER en R+2 avec bureaux associés. Le bâtiment de restauration (RE) sera conservé afin de le réutiliser en pôle tertiaire.

Dans ce contexte et dans le cadre de cette potentielle acquisition, la société Hines France (Donneur d'Ordre) a confié à Apave Exploitation France, la mise à jour selon leur projet d'aménagement, des études de Plan de Gestion et d'Analyse des Risques Sanitaires Résiduels de 2022 et de l'étude avant-projet réalisée dans le cadre du plan conception travaux de 2023.

Les mises à jour de ces études portent notamment sur :

- Les Hypothèses de travail en lien avec le projet d'aménagement défini ;
- La compilation des données disponibles ;
- La mise à jour des seuils coupures ;
- La mise à jour de l'analyse des enjeux sanitaires – EQRS ARR prospective (prestation A320) ;
- La mise à jour des CMA liées au projet HINES ;
- Le cas échéant, une mise à jour des objectifs de réhabilitation et des volumes associés ;
- La mise à jour du Schéma Conceptuel ;
- La mise à jour de l'étude avant-projet.

Pour une configuration du site avec usages industriels et tertiaires, après travaux de démolition, les résultats de la présente étude, en l'état des données disponibles, montrent que les composés traceurs du risque sont les hydrocarbures et solvants chlorés définis par les composés HCT C10-C40, PCE, TCE et CV.

Les zones à traiter pour la réhabilitation du site sont :

- **Panache de solvants chlorés dans les eaux souterraines à l'ouest du site : 8 487 m³ (10 608 m²) ;**
- **Bâtiment SHEDS (RDC + R-1) avec une pollution en solvants chlorés dans les sols : 4 046 m³ ;**
- **Zone des 2 cuves de FOD avec une pollution en HCT C10-C40 : 4647 m³ en zone saturée et non saturée ;**
- **Zone de traitement des eaux usées au nord du Restaurant d'Entreprise avec une pollution en HCT C10-C40 : 1050 m³ en zone saturée ;**

A ce stade et sur la base des résultats d'essais de laboratoire réalisés, il est proposé de retenir **la voie oxydation pour un traitement In Situ en zone saturée**. Les dosages retenus sont :

- En zone COHV : un dosage efficace à 0,75% en permanganate ou en Persulfate activé soude conduisent à des abattements de plus de 95% ;
- En zone HCT : un dosage efficace à 1,5% en permanganate ou en persulfate activé fer conduisent à des abattements anticipés de 70% à 75%.

Les techniques de traitement retenues sont :

- Traitement In Situ des COHV en zone saturée : oxydation chimique sur une durée de 9 à 12 mois (ESO : Zone de 4800 m²) et sparging venting sur une durée de 12 à 18 mois pour un rendement estimé entre 60% et 80% (ESO : Zone de 5800 m²) ;
- Traitement On Site des COHV en zone non saturée : terrassement et terre sur site sur une durée de 13 mois pour un rendement estimé entre 60% et 80% (SOL : fourchette haute Surf : 1798 m²/ Vol : 5324 m³) ;
- Traitement hors Site et On site des HCT (cuves FOD) en zone saturée et non saturée : terrassement hors site et traitement des eaux sur site sur une durée de 6 mois pour un rendement estimé entre 43% et 80% ;
- Traitement In Situ des HCT (fosse eaux usées) en zone saturée : biosparging sur une durée de 24 mois pour un rendement estimé entre 43% et 80% ;

L'estimation du budget est de **8 466 173 €** hors incertitudes et aléas, comprenant une maîtrise d'œuvre de 10%.

Cette estimation pour le projet de dépollution est une base sans incertitude sur les variations éventuelles de coûts et des délais ; et sans aléas, liés aux retours d'expérience des entreprises sur les techniques de dépollution retenues et représentent un risque maximaliste. Des diagnostics complémentaires dans les milieux et des essais terrain et laboratoire permettront de clarifier le montant de ces aléas.

- Un budget comprenant les incertitudes est estimé entre 7 610 000 € et 10 235 150 € pour une durée de **26 mois hors effet rebond des traitements In Situ** ;
- Le budget des aléas est estimé à 2 494 055 € pour une extension des traitements In Situ.

MISSIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER/

- Vérification de l'étendue du panache de pollution des eaux souterraines en partie sud du site et de l'état des sols au droit du bâtiment des simulateurs (impossibilité d'intervention lors des études antérieures du fait de l'occupation du site)
- Vérification et compléments sur le milieu gaz des sols au droit du futur pôle tertiaire, des bureaux associés au data center et au niveau de la future loge gardien

MISSIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER EN PREALABLE A LA CONCEPTION DES TRAVAUX (ET APRES DEMOLITION)

- Une étude géotechnique ;
- Des levées d'ouvrages ;
- Les techniques de traitement In Situ retenues devront faire l'objet d'essais complémentaires sur site de traitement à l'échelle réduite avant travaux pleine échelle (après démolition).

HORS SITE :

Pour rappel, les données disponibles montrent une migration des COHV hors du site Air France PVP via les eaux souterraines.

Les scénarios potentiels d'expositions retenus sont l'inhalation de substances volatiles dans l'air intérieur des bâtiments via les eaux souterraines et les gaz du sol et le transfert par les conduites enterrées (perméation et contamination eau potable).

Pour les usages fixés hors site en considérant les pollutions mesurées en place, le calcul de risque sanitaire indique pour le scénario considéré que les risques toxiques et cancérigènes sont acceptables.

En l'absence de cibles et d'usages sensibles sur plusieurs km à l'aval du site Air France PVP, de la suppression des sources et impacts en COHV sur le site Air France PVP et de la compatibilité sanitaire avec un usage tertiaire, il convient à ce jour de mettre en place une surveillance des eaux souterraines hors site avant, pendant et après de la phase de dépollution du site Air France PVP et deux campagnes de mesures des eaux du robinet au droit des zones les plus proches des zones d'études concernées.

Conformément à la demande de la DRIEAT daté du 22 juin 2023, réf. D2023-0619, Air France réalise une surveillance environnementale des eaux souterraines hors du site depuis octobre 2023.

Afin, de réaliser un bilan quadriennal, codifié BQ dans la norme NFX 31-620-2 de décembre 2021, cette surveillance des eaux souterraines est prévue sur une période de 4 ans.

SUITES A DONNER

CONTROLES :

Il est préconisé de définir et mettre en œuvre une prestation de contrôle ponctuelle (hors maîtrise d'œuvre SSP et hors géotechnique/structures) destinée à s'assurer du respect des mesures de gestion qui ont été énoncées dans le plan de gestion (mission codifiée CONT dans la norme NFX 31-620) et pour établir l'état résiduel à verser au dossier de restrictions d'usages. Cette prestation portera notamment sur :

- le contrôle des effluents (liquides, gazeux, etc.) générés par les installations de dépollution ;
- le contrôle de la qualité des sols en place, en fond et bords de chaque fouille après excavation, et avant remblaiement (mission codifiée CONT/A200-A270 dans la norme NFX-31-620-2) ;
- le contrôle de la provenance et de la qualité des terres d'apport nécessaires au comblement des fouilles (mission codifiée CONT/A200-A270 ou CONT/A260-A270) ;
- le contrôle de la présence et de la pose d'un feutre géotextile à l'interface entre les terres d'apport saines, et le sol en place sous-jacent où se trouvent des anomalies résiduelles ;
- le contrôle analytique des matériaux impactés avant évacuation en filières agréées ;

- le contrôle de la qualité des eaux souterraines au droit du site et hors site lors des travaux puis après travaux pour vérifier si les travaux remobilisent des polluants (mission codifiée CONT/A210-A270) ;
- le contrôle des canalisations antiperméation gaz, contrôle de l'étanchéité vis-à-vis des composés organiques volatils des futures canalisations d'alimentation en eau potable ;

SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE :

Il est recommandé de mettre en œuvre un programme de surveillance qui sera à appliquer à l'issue des travaux, pour surveiller les milieux susceptibles d'avoir été impactés par les sources concentrées sols, ou susceptibles de l'être par les sources résiduelles (missions codifiées SUIVI dans la norme NFX 31-620).

Les milieux qu'il est recommandé de faire rentrer dans le programme de surveillance, sont :

- eaux souterraines (piézomètres) sur site et hors site – (prestations SUIVI/A210-A270) en période de hautes eaux et basses eaux (selon norme NFX31-615), sur une période de 4ans (prestation BQ) ;
- gaz du sol – (prestations SUIVI/A230-A270) en période de chauffage et estivale.

RESTRICTIONS D'USAGES :

Il est recommandé de réaliser un dossier de restrictions d'usage (mission A400 dans la norme NFX31-620-2).

La décision de mise en place de servitudes pour ces restrictions appartient au service instructeur de l'Etat suivant la réglementation applicable.

CHANGEMENT d'USAGE :

Une ATTES ALUR pourra être demandé par l'administration dans le cadre du permis de construire du futur projet d'aménagement.

PRESTATION(S) REALISEE(S) SELON LA NORME NFX 31-620-2

Le tableau suivant précise les prestations élémentaires et globales « Sites et Sols Pollués » réalisées, objet du présent rapport, selon la norme NFX31-620-2.

CODE PRESTATION ELEMENTAIRE

Offre Apave	Code	Désignation	Objectifs
	A100	Visite de site	Procéder à un état des lieux
	A110	Etudes historiques, documentaire et mémorielles	Reconstituer, à travers l'histoire des pratiques industrielles et environnementales du site, d'une part les zones potentiellement polluées et d'autre part les types de polluants potentiellement présents au droit du site concerné.
	A120	Etude de vulnérabilité des milieux	Identifier les possibilités de transfert des pollutions et les usages réels des milieux concernés.
	A130	Elaboration d'un programme prévisionnel d'investigations	Définir, caractériser et localiser un programme prévisionnel d'investigations.
	A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols	Procéder aux prélèvements, mesures, observations et/ou analyses en fonction des milieux concernés.
	A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines	
	A220	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou sédiments	
	A230	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol	
	A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques	
	A250	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires	
	A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées	
	A270	Interprétation des résultats des investigations	Interpréter pour chaque milieu reconnu les résultats des investigations réalisées.
	A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux	Évaluer l'état actuel d'une ressource en eau ou prévoir son évolution. Définir les actions pour prévenir et améliorer la qualité de la ressource en eau.
	A310	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales	Identifier les espèces ou habitats naturels susceptibles d'être affectés par une pollution et définir les mesures de prévention appropriées.
X	A320	Analyse des enjeux sanitaires	Évaluer les risques sanitaires pour la population générale en fonction des contextes de gestion.
X	A330	Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un Bilan Coûts Avantages (BCA)	Proposer les options de gestion présentant le bilan coûts/avantages le plus adapté.
	A400	Dossiers de restriction d'usages ou de servitudes	Élaborer un dossier de restriction d'usage ou de servitudes

CODE PRESTATION GLOBALE

Offre Apave	Code	Désignation	Objectifs
	AMO Etudes	Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (AMO) en phase Etudes	Assister et conseiller le Donneur d'Ordre pendant tout ou partie de la durée du projet.
	LEVE	Levée de doute pour savoir si un site relève ou non de la méthodologie nationale des sites pollués	Identifier les sites qui n'ont pas été pollués par des activités industrielles et/ou de service (sites industriels, zones de stockage, décharges, etc.), ou par des activités d'épandage des effluents ou de déchets.
	INFOS	Réalisation des études historiques, documentaires et de vulnérabilité afin d'élaborer un schéma conceptuel et, le cas échéant, un programme prévisionnel d'investigations	La prestation INFOS est généralement le principal point d'entrée de toute étude dans le domaine des sites et sols pollués. Elle intervient dès lors que le site, objet de l'étude, relève de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. Cette prestation est réalisée notamment dans le contexte d'acquisition de terrain, réaménagement des friches, de reconstitution de l'historique d'un site du point de vue environnemental.
	DIAG	Mise en œuvre d'un programme d'investigations et interprétation des résultats	La prestation DIAG correspond à la réalisation d'un diagnostic et comprend obligatoirement des investigations sur les milieux. L'élaboration préalable d'un programme prévisionnel d'investigations (A130) est un prérequis pour réaliser la prestation DIAG. <u>La prestation DIAG comporte :</u> - en tant que de besoin les prestations de prélèvements, mesures, observations et/ou analyses des milieux jugés pertinents (A200 à A260) ; - l'interprétation des résultats des investigations (A270).
X	PG	Plan de Gestion (PG) dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site	Définir des modalités de réhabilitation et d'aménagement d'un site pollué. Supprimer ou, à défaut, maîtriser les sources de pollution et leurs impacts.
	IEM	Interprétation de l'Etat d'un Milieu (IEM)	Distinguer les milieux avec des usages déjà fixés 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.
	SUIVI	Surveillance environnementale	Lorsqu'une surveillance environnementale est mise en œuvre, les résultats sont interprétés après chaque campagne de suivi et les actions appropriées sont recommandées en cas de constats d'anomalies.
	BQ	Bilan Quadriennal	Dans tous les cas où une surveillance environnementale (prestation globale SUIVI) s'inscrit dans la durée (par exemple : eaux souterraines, gaz du sol, etc.), à l'issue d'une période de surveillance de quatre ans, un bilan est réalisé pour décider de sa poursuite avec ou sans adaptation, voire de son arrêt. La prestation globale SUIVI est un prérequis pour la réalisation de la prestation globale BQ.
	CONT	Contrôles : - de la mise en œuvre du programme d'investigation ou de surveillance ; - de la mise en œuvre des mesures de gestion.	Vérifier la conformité des travaux d'exécution des ouvrages d'investigations ou de surveillance. Contrôler, au fur et à mesure de leur avancement, que les mesures de gestion (opérations de dépollution, réalisation des aménagements, etc.) sont réalisées conformément aux dispositions prévues.
	XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués	Réaliser une revue critique de l'intégralité du dossier ou répondre à des questions spécifiques.
	VERIF	Vérifications en vue d'évaluer le passif environnemental lors d'un projet d'acquisition d'une entreprise	La prestation VERIF correspond au volet sites et sols pollués de l'évaluation du passif environnemental d'un ou plusieurs sites réalisé généralement dans le cadre d'une cession/acquisition d'une entreprise (due diligence en anglais) et/ou d'une demande d'une tierce partie souhaitant évaluer spécifiquement ce passif (banque, assurance, actionnaire principal, futur actionnaire, etc.).

PRESTATION(S) REALISEE(S) SELON LA NORME NFX 31-620-3

Les prestations globales (Tableau A) sont composées de prestations élémentaires (Tableau B) et d'éléments complémentaires.

Livrable Apave	Code	Prestations
	AMO Travaux	Assistance à Maîtrise d'ouvrage dans la phase des travaux
	PCT	Plan de conception des travaux
	MOE	Maîtrise d'œuvre dans la phase des travaux

Tableau A : Codifications des prestations globales

Livrable Apave	Code	Prestations
Etude de conception		
	B111	Essais en laboratoire
	B112	Essais de terrain
X	B120	Etude d'avant projet (AP)
	B130	Etude de projet
Dossier administratifs		
	B200	Etablissement des dossiers administratifs
Maîtrise d'œuvre dans la phase des travaux		
	B310	Assistance aux contrats de travaux
	B320	Direction de l'exécution des travaux
	B330	Assistance aux opérations de réception

Tableau B : Codifications des prestations élémentaires

Conditions d'utilisation du rapport

Le présent rapport (dans son intégralité) :

- est réalisé pour le donneur d'ordre selon le contrat passé avec Apave Parisienne SAS ;
- est la propriété exclusive du donneur d'ordre ;
- est basé sur les limites et incertitudes à la date de sa rédaction des :
 - connaissances techniques, réglementaires, normatives et scientifiques disponibles et applicables... ;
 - informations transmises à Apave Parisienne SAS.
- est limité à une emprise spatiale précise à la date de son élaboration.

Le présent rapport est un tout indissociable, une utilisation partielle ou toute interprétation, ou décisions prises à l'issue de son élaboration et/ou en dehors de ses limites de validité ne saurait engager la responsabilité de Apave Parisienne SAS.

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : PHOTOGRAPHIES VISITE DE SITE

ANNEXE 2 : CARTOGRAPHIES DES ANOMALIES EN HCT ET COHV A L'ECHELLE DU SITE

ANNEXE 3 : OUTILS METHODOLOGIQUES POUR CARACTERISER ET IDENTIFIER UNE POLLUTION CONCENTREE

ANNEXE 4 : PLANS DE MAILLAGE ZONES HCT ET MAILLAGE SUITE AU SEUIL COUPURE HCT

ANNEXE 5 : RESULTATS MIP DE JUILLET 2022

ANNEXE 6 : PLAN DE MAILLAGE DU RESEAU PIEZOMETRIQUE DU SITE

ANNEXE 7: ARR PROSPECTIVE (A320)

ANNEXE 8 : COMPORTEMENT DES POLLUANTS

ANNEXE 1



Entrée du site AIR FRANCE

Vue du site AIR France (Photo prise au sud du site)



BATIMENT SHEDS



Vue de la galerie A

Vue de la galerie B



BATIMENT SHEDS



Vue de la galerie C

Local de production d'eau glacée



BATIMENT SHEDS



Plans des niveaux de sous-sol du bâtiment

Photo d'un simulateur de vol



BATIMENT SHEDS



Photo des simulateurs

Stockages d'huiles hydrauliques



BATIMENT SHEDS



Stockage de chiffons souillés dans le local d'un simulateur de vol

Un groupe hydraulique

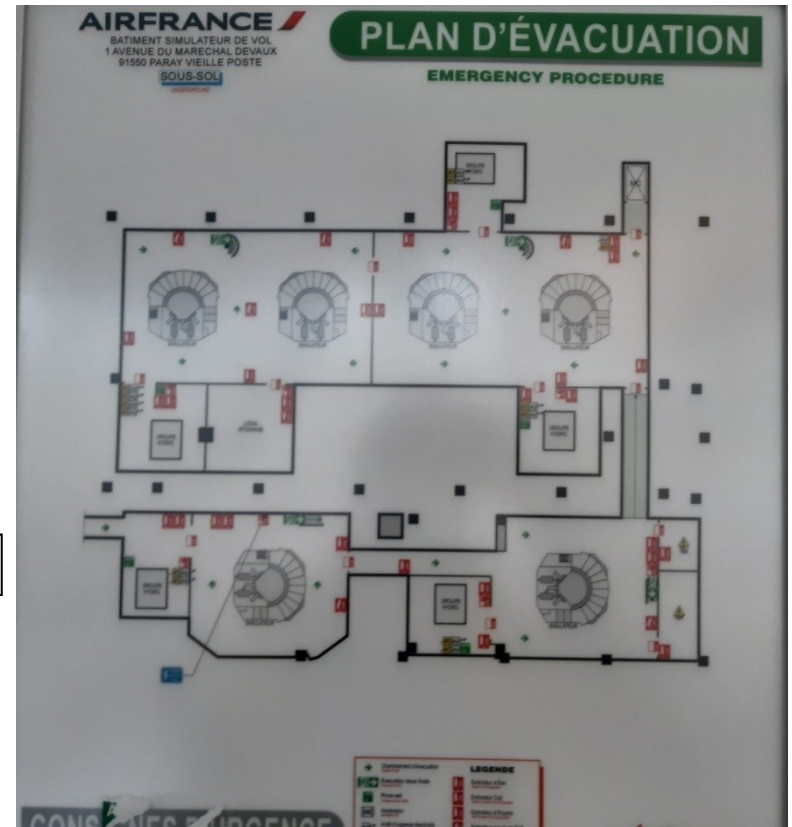


BATIMENT SHEDS

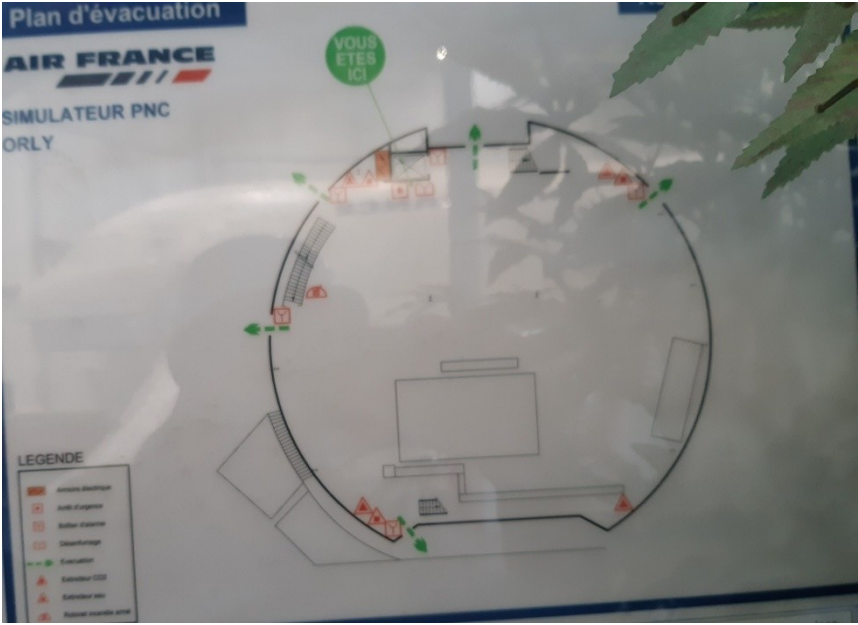


Stockage de fluide dans un local hydraulique

Plan des locaux des simulateurs de vol



BATIMENT SIMULATEUR DE VOM PNC (CABINE)



Plan du bâtiment – Rez-de-chaussée



Vue sur le simulateur de vol (cabine) – Rez-de-chaussée

BATIMENT SIMULATEUR DE VOM PNC (CABINE)



Accès au sous-sol du bâtiment

Groupe hydrauliques situé au sous-sol



BATIMENT SIMULATEUR DE VOM PNC (CABINE)



Stockage d'huile du groupe hydraulique

Stockage d'huile du groupe hydraulique



BATIMENT 50



Entrée local Sprinkler

Extérieur du bâtiment 50 – Stockage de fûts d'huiles hydrauliques



BATIMENT 50



Zone déchets à proximité du bâtiment 50

Stockage d'huiles dans le bâtiment



BATIMENT 50



Atelier de maintenance

Stockages d'aérosol



BATIMENT 50



Stockages de pièces

Stockages d'huiles



BATIMENT ASTROLAB



Extérieur du bâtiment ASTROLAB

Localisation des piézomètre et piézairs du site



BATIMENT ASTROLAB



Localisation des piézomètre et piézairs du site

Localisation des piézomètre et piézairs du site



BATIMENT ASTROLAB



Accès à la chaufferie gaz

Intérieur de la chaufferie située au 1^{er} sous-sol



Annexe 2 : Photographies réalisées lors de la visite de site et son environnement

BATIMENT ASTROLAB



Vue des chaudières

Galerie située au première sous-sol



BATIMENT ASTROLAB



Local comprenant les groupes de production d'eau glacée

Parking du 1^{er} niveau de sous-sol



BATIMENT ASTROLAB



Le groupe électrogène du 2^{ème} niveau de sous-sol



Vue sur les deux niveaux de parking

BATIMENT ASTROLAB



Le parking aérien situé au nord du bâtiment ASTROLAB

Event de la cuve enterrée de fioul située au nord du bâtiment ASTROLAB



BATIMENT 50



Zone déchets à proximité du bâtiment 50

Stockage d'huiles dans le bâtiment



BATIMENT 50



Atelier de maintenance

Stockages d'aérosol



BATIMENT 50



Stockages de pièces

Stockages d'huiles



BATIMENT ASTROLAB



Extérieur du bâtiment ASTROLAB

Localisation des piézomètre et piézairs du site



BATIMENT ASTROLAB



Localisation des piézomètre et piézairs du site

Localisation des piézomètre et piézairs du site



BATIMENT ASTROLAB



Accès à la chaufferie gaz

Intérieur de la chaufferie située au 1^{er} sous-sol



Annexe 2 : Photographies réalisées lors de la visite de site et son environnement

BATIMENT ASTROLAB



Vue des chaudières

Galerie située au première sous-sol



BATIMENT ASTROLAB



Local comprenant les groupes de production d'eau glacée

Parking du 1^{er} niveau de sous-sol



BATIMENT ASTROLAB



Le groupe électrogène du 2^{ème} niveau de sous-sol



Vue sur les deux niveaux de parking

BATIMENT ASTROLAB



Le parking aérien situé au nord du bâtiment ASTROLAB

Event de la cuve enterrée de fioul située au nord du bâtiment ASTROLAB



LE RESTAURENT D'ENTREPRISE



Plan du 2ème sous-sol du restaurant

Event de la cuve enterrée de fioul située au nord du bâtiment ASTROLAB



Annexe 2 : Photographies réalisées lors de la visite de site et son environnement

LE RESTAURENT D'ENTREPRISE



Zone de stockages de déchets

Zone de stockages des biodéchets



LE RESTAURENT D'ENTREPRISE



Accès au niveaux de parkings souterrains du bâtiment ASTROLAB

Station enterrées de traitement des eaux



LE RESTAURENT D'ENTREPRISE

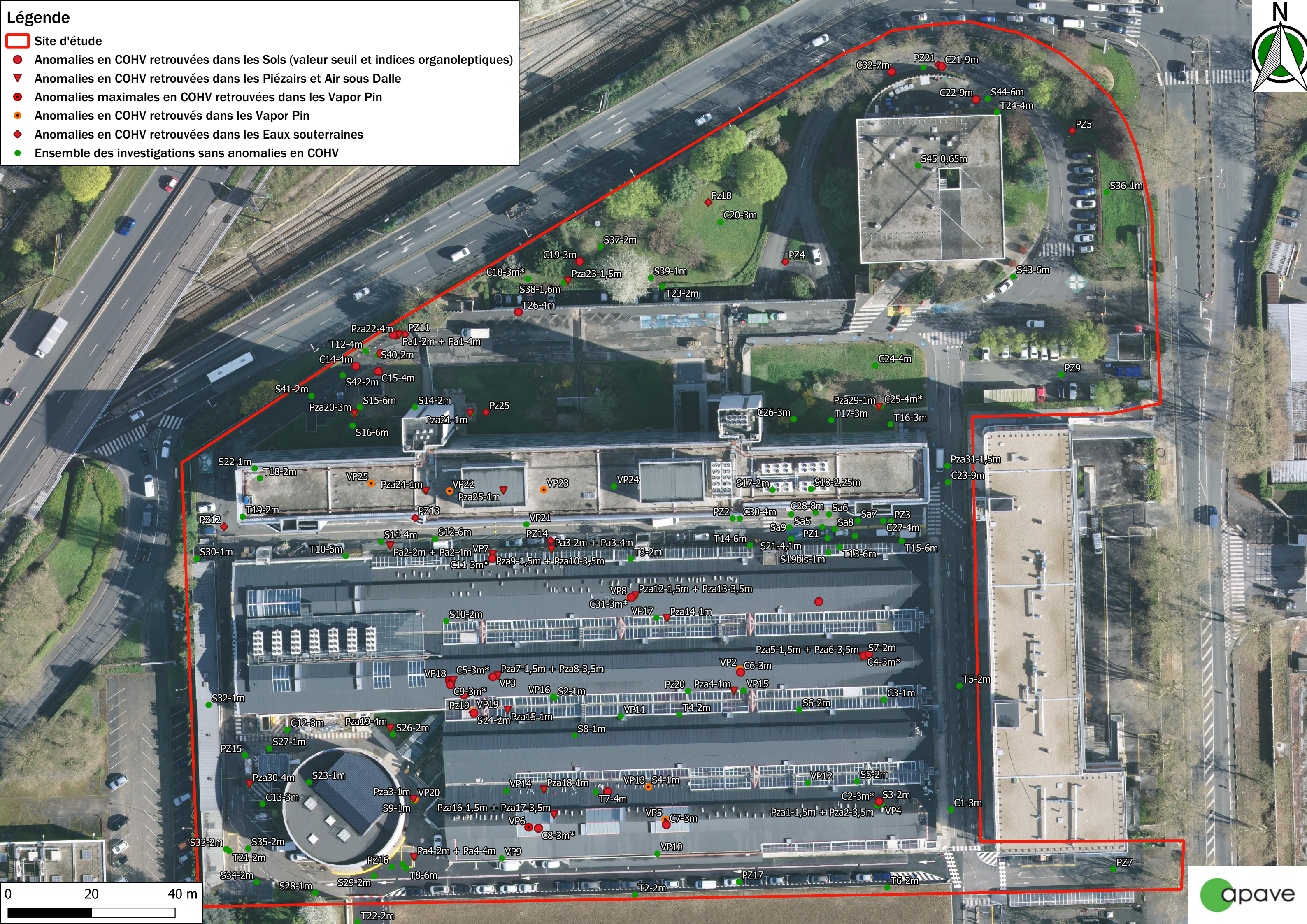


Passage séparant le bâtiments SHEDS et le bâtiment située à l'est du site
(hors site)

Vue sur site – photographie prise du sud du site



ANNEXE 2



Légende

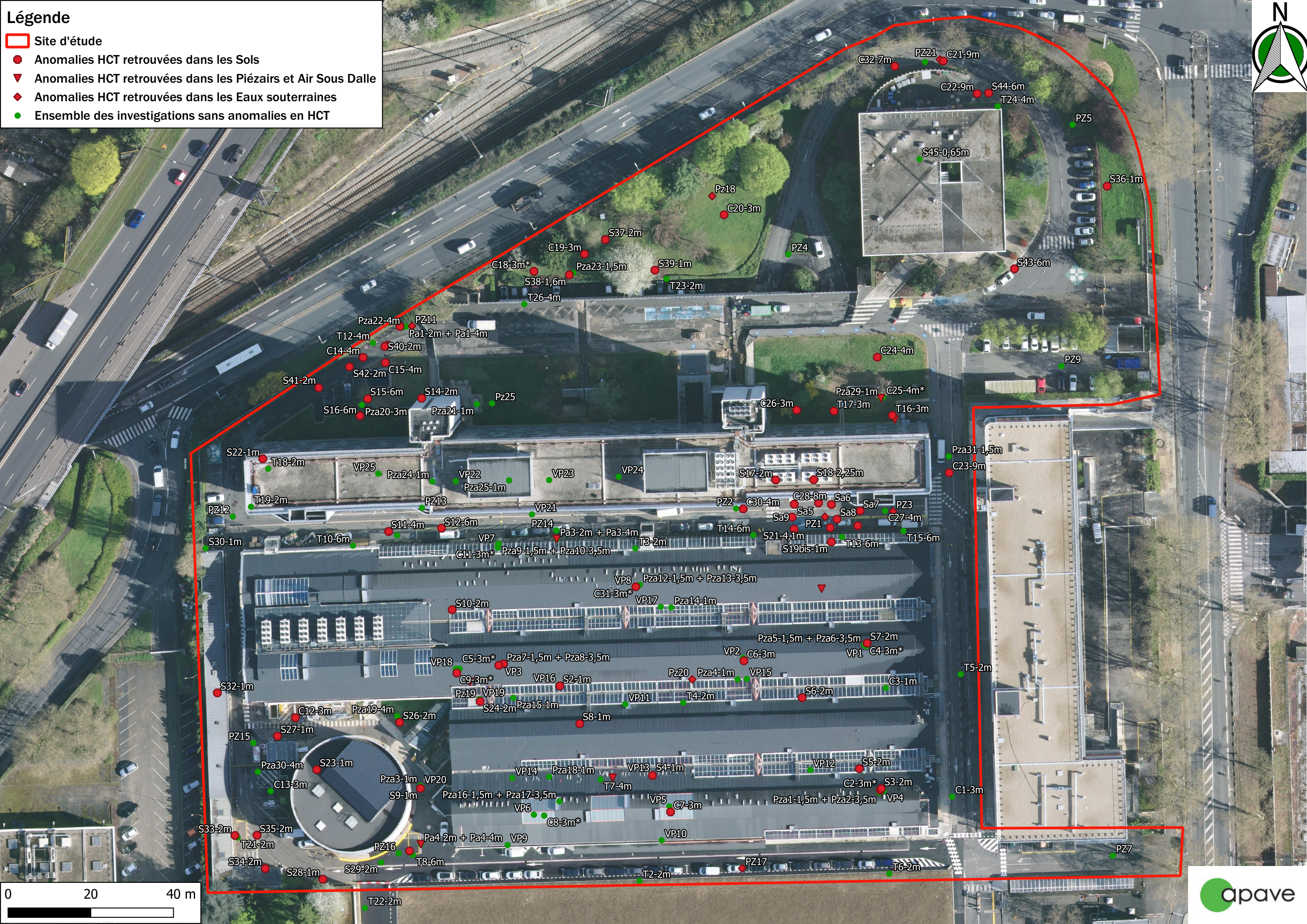
☐ Site d'étude

● Anomalies HCT retrouvées dans les Sols

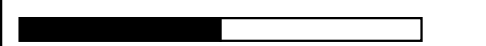
▼ Anomalies HCT retrouvées dans les Piézairs et Air Sous Dalle

◆ Anomalies HCT retrouvées dans les Eaux souterraines

- Ensemble des investigations sans anomalies en HCT



0 20 40 m



ANNEXE 3

MÉTHODE N°1 - INTERPRÉTATION

DES CONSTATS DE TERRAIN

Objectifs

Cette méthode présente comment les constats de terrain peuvent apporter des éléments, généralement **plutôt qualitatifs**, pour définir une pollution concentrée.

Les constats de terrain représentent une **pièce maîtresse** dans la définition d'une pollution : ce sont les premiers éléments recueillis lors d'une phase d'investigation de terrain. Ils permettent d'approcher la réalité du terrain, dans tout ce qu'elle peut avoir de différent des informations documentaires collectées auparavant (étude historique, profil géologique...).

Aussi, les constats de terrain doivent être collectés soigneusement et faire partie intégrante de l'interprétation des données.

On parlera ici des constats menés lors d'opérations de forage de sols (à des fins de prélèvements de sols, de gaz du sol, d'eau souterraine), lors de la réalisation de tranchées d'observations, et lors de prélèvements d'eau souterraine dans des piézomètres ou des puits déjà installés sur le site.

Présentation de la méthode

Les constats présentés sont ceux effectués de manière standard en contexte de diagnostic de site pollué. Ils ne concernent pas les résultats d'appareils ou méthodes d'analyse quantitative « sur site » tels que les kits d'analyse enzymatique pour les hydrocarbures ou les appareils de mesure directe de métaux dans les sols.

Les constats effectués lors d'investigations de sols et d'eau souterraine, donnant des éléments de définition d'une pollution concentrée dans les sols ou la nappe, sont les suivants:

Observations visuelles des sols, de l'eau : couleur, texture, sol imbibé de phase organique, présence de déchets,...;

Mesures semi-quantitatives de composés volatils, par utilisation d'appareils à lecture directe lors de la foration ou dans un piézomètre existant. Les outils les plus classiquement utilisés sont le détecteur à photo-ionisation, ou PID, permettant une mesure de composés volatils, mais sans distinction des composés, et les appareils à tubes colorimétriques, de type Dräger®, permettant une mesure spécifique à un composé ou à un groupe de composés

Détection de la présence d'une phase organique flottante (LNAPL) ou coulante (DNAPL) dans un piézomètre et définition de son épaisseur, à l'aide d'une sonde multi-phases ;

Profondeur des observations et mesures citées ci-dessus ;
Pour les eaux souterraines, les mesures classiquement réalisées sur site: pH, conductivité, potentiel redox, O2 dissous, température

Les anomalies constatées sont précisées sur les fiches de sondage de sol ou de prélèvement d'eau. Le profil lithologique des terrains rencontrés, noté sur les fiches de sondages, est un élément à corréler avec les constats de terrain, car il permet parfois d'approcher l'étendue possible des pollutions (présence

de couche peu perméable pouvant limiter la migration des pollutions, identification des zones de remblais,...).

Ces informations permettent d'appréhender:

- Les couches de terrain présentant visuellement des anomalies fortes;
- Les couches de terrain présentant des composés volatils et le degré des teneurs en volatils;
- La présence de phase organique constatée lors de la réalisation de sondages de sol (terrains imbibés de phase organique dans la zone de battement de nappe ou dans les sols de la zone saturée, visuel de phase organique flottante en fond de fouille ayant atteint la nappe);
- La présence et l'épaisseur de phase organique flottante ou coulante dans un piézomètre.
- La mise en perspective sur plans des mesures et constats effectués dans chaque ouvrage permettra, par la suite, d'appréhender l'étendue spatiale des anomalies.

Limites et incertitudes associées à la méthode

- L'absence de constats de terrain n'implique pas forcément l'absence de pollution concentrée;
- Les pollutions concentrées en métaux et composés inorganiques ne sont pas détectables par ces constats, à de rares exceptions près;
- Les pollutions en composés organiques peu ou non volatils ne sont pas détectables sauf si ils engendrent une couleur particulière (cas des hydrocarbures lourds par exemple);
- La présence d'une phase organique coulante n'est détectable par constat de terrain que si le piézomètre atteint le fond de l'aquifère. Dans le cadre d'un premier diagnostic sur un site avec aquifère profond, les piézomètres ne vont généralement pas jusqu'au fond de l'aquifère, pour des raisons de coûts.

Les mesures de gaz des sols in situ présentent également des limites, en termes de détection ou de qualité du résultat:

Les appareils sont sensibles aux conditions météorologiques (humidité ambiante pour le PID notamment);

- Le protocole de prélèvement / de mesure et la nature des terrains (perméables ou peu perméables à l'air) influencent la représentativité du résultat;
- Les mesures au PID ne sont pas spécifiques à un composé, le résultat en ppmV (partie par million volumique) est en relation avec le gaz de calibration et des facteurs de correction sont à prendre en compte pour convertir le résultat en ppmV de la substance, en cas de gaz mono-substance. A défaut, la mesure reste indicative et est à considérer en relatif;
- Certains composés volatils ne seront pas détectés par PID si la puissance de la lampe à ionisation utilisée n'est pas adaptée au potentiel d'ionisation de la substance présente;
- Il n'existe pas de tubes colorimétriques pour toutes les substances volatiles;
- La présence de certains composés volatils, autres que ceux mesurés par tube colorimétrique, peut induire des interférences de mesures;
- L'interprétation de la réponse sur tube colorimétrique peut être sujette à erreur (interprétation visuelle).

MÉTHODE N°2 : ANALYSE

STATISTIQUE

Objectif

L'objectif de l'analyse statistique proposée est de caractériser la présence d'un éventuel bruit de fond et/ou de valeurs anormales significativement différentes dans la distribution des concentrations. Elle doit donc permettre de rechercher et distinguer les différentes populations de valeurs présentes et, in fine, de proposer un seuil de coupure pour la pollution concentrée, basé sur les différentes populations de valeurs qui auront pu être identifiées.

Présentation de la méthode

L'analyse statistique proposée s'appuie sur plusieurs approches (population, sondages, échantillons, variable...) :

- Déterminer **Cmin, Cmax, la moyenne, la médiane, écart type, percentiles** (25, 75, 80, 85, 90, 95...) ;
- Analyse des fréquences d'occurrence des concentrations via l'outil statistique fréquence d'Excel (ou un logiciel équivalent) : fréquences relative et cumulée, et établissement de graphiques fréquence = f(concentration). Ces graphiques peuvent permettre de distinguer les concentrations « anormales » par rapport à un bruit de fond local ; rupture de pente avec divers intervalles
- Graphique sous forme de nuage de points des concentrations (concentration en fonction de l'échantillon) : ce type de graphique permet de comparer les concentrations entre elles et peut permettre de visualiser très rapidement les concentrations anormales, liées à des pollutions concentrées ;

De nombreux autres traitements/présentations de données peuvent être utilisés (boîtes à moustaches/ outliers/ ACP / régressions linéaire etc..), c'est fonction de l'expérience et du savoir faire du spécialiste et de sa compréhension a priori des phénomènes en jeu.

Limites et incertitudes associées à la méthode

A noter que la nature même de cette approche statistique demande une quantité suffisante de données d'entrée. Une **vingtaine d'échantillons semble être un minimum** pour mettre en œuvre cette méthode.

Par ailleurs, l'analyse statistique peut être biaisée par la répartition spatiale, le maillage des sondages ou la réalisation du prélèvement. Ainsi, à titre d'exemple, une analyse statistique basée sur des sondages très majoritairement localisés au droit de la pollution concentrée ne permettra pas forcément d'identifier différentes populations de valeurs, notamment le bruit de fond local du site.

Une analyse de la répartition spatiale des concentrations paraît également nécessaire afin de vérifier la réalité de la présence

de pollution concentrée circonscrite, au-delà des seuils de coupure basés sur la seule existence de différentes populations de valeurs. En effet, par exemple, si les concentrations au-delà de ce seuil de coupure sont réparties et disséminées de façon aléatoire sur l'ensemble du site, la définition de pollution concentrée devra passer par les autres méthodes disponibles.

NB : Une population de valeurs analysées doit être homogène, notamment pour limiter les biais liés au prélèvement: échantillons ponctuels vs échantillons composites, pelle mécanique vs carottier sous gaine,... Eventuellement, plusieurs populations peuvent être traitées ensemble, après en avoir vérifié la pertinence.

MÉTHODE N°4 - CARTOGRAPHIE

FONDÉE SUR DES MÉTHODES

DÉTERMINISTES

Objectif

L'objectif de cette méthode est de visualiser la répartition spatiale des mesures de pollution (concentrations analytiques, épaisseurs de phase organique flottante, mesures PID,...) en utilisant une **technique d'interpolation** afin de permettre une interprétation de cette répartition. L'interprétation doit conduire à la détermination de l'existence ou non d'une pollution concentrée. Les cartes interpolées conjuguées à l'interprétation de l'expert SSP peuvent de plus être utilisées pour estimer les surfaces et les volumes du milieu pollué.

La cartographie rapide à l'aide de méthodes d'interpolation déterministes, combinée à un avis d'expert, constitue un outil très bien adapté pour mettre en évidence les zones de pollution circonscrites, et les zones de pollution diffuse. Il peut ainsi permettre de proposer des seuils de coupure liés aux volumes ou aux masses. Toutefois, de manière générale, nous estimons que l'analyse statistique est plus pertinente pour définir le seuil de pollution concentrée.

Présentation de la méthode

La méthode conjugue la réalisation de cartes à l'aide de méthodes d'interpolation déterministes, à l'avis du spécialiste des sites et sols pollués capable de porter un regard critique sur le résultat produit par ces méthodes. Les cartes interpolées sont ajustées le cas échéant, en fonction de la connaissance du terrain et des mécanismes de dissémination de la pollution dans le milieu souterrain.

L'interpolation des données permet la création d'une image spatiale de la pollution à partir de données ponctuelles. Le choix de la technique d'interpolation dépend de la nature des données à interpoler.

Quelques exemples d'interpolations couramment utilisées pour les sites et sols pollués sont indiqués ci-dessous :

- Carte des iso-épaisseurs de phase organique flottante par interpolation par la méthode de l'inverse des distances ;
- Carte des iso-concentrations d'hydrocarbures à partir d'un point de fuite par interpolation de type krigeage ;
- Carte des variables obtenues par interpolation du type « plus proches voisins » ou « voisins naturels » (méthodes dérivées des polygones de Thiessen) ;
- Carte piézométrique par triangulation.

Plusieurs méthodes d'interpolation déterministes sont donc couramment employées par la profession. Avec la plupart de ces méthodes, la **variable d'intérêt** est estimée en chaque point de la carte, comme une somme pondérée des données les plus proches du point à estimer.

Les pondérations attribuées aux données dépendent de la méthode d'interpolation : poids inversement proportionnels à la distance de séparation entre les données et le point à estimer avec la méthode d'inverse des distances, poids proportionnels à la surface attribuée à chaque donnée avec les méthodes du type plus proche voisin, par voisins naturels ou par triangulation, s'apparentant toutes aux méthodes des polygones de Thiessen.

Le krigeage fait partie des méthodes géostatistiques présentées ci-après. Comme pour les autres méthodes, un estimateur est construit par le krigeage comme une somme pondérée des données les plus proches du point à estimer. Mais les poids de krigeage sont calculés à partir du variogramme, outil spécifique de la géostatistique qui décrit la variabilité spatiale du phénomène. Dans la version simplifiée du krigeage, le variogramme est choisi par défaut, sans faire appel à l'expertise de l'utilisateur. Dans la version complète, le variogramme est modélisé par l'utilisateur en cohérence avec la nature de la pollution. La version simplifiée du krigeage, qui fait l'impasse sur l'analyse variographique des données et sur le choix de paramètres de modélisation par l'utilisateur, est souvent mise en œuvre pour établir une cartographie.

Les méthodes d'interpolation décrites ci-dessus fournissent rapidement une cartographie de la répartition spatiale de la pollution. Mais ce résultat ne tient pas compte de la connaissance détaillée que peut avoir du site l'expert SSP, car il se base uniquement sur les données, et un modèle imposé de la répartition spatiale. L'ajustement par l'expert de la délimitation des zones de pollution concentrée, constitue de ce fait un complément essentiel à ces cartes.

Ainsi, dans un certain nombre de cas, la réalisation de cartes manuelles permet de prendre en compte certaines caractéristiques de la pollution, d'intégrer des données de terrain ou de lisser les contours d'une interpolation préalable pour une meilleure compréhension.

Par la suite, en prenant en compte l'épaisseur de terrain pollué représentative de chaque zone cartographiée, il est possible d'approcher les volumes de sols puis, en appliquant la **concentration moyenne** de la zone considérée, la masse de polluants présents.

L'expérience montre que des cartographies par type de polluant et par horizon sont les modes de représentation les plus utiles à l'expertise des sites pollués. Le choix des horizons à cartographier est fait en utilisant les constats de terrain croisés avec résultats analytiques. La superposition des différentes cartographies par horizon de sols permet, par ailleurs, d'observer l'évolution et la répartition de la pollution en 3D.

Limites et incertitudes associées à la méthode

La précision d'une carte et donc les estimations associées (surface, volume, masse de polluant) dépendent du nombre de sondages et de la compréhension de l'origine de la pollution et de son comportement. Un nombre insuffisant de sondages peut conduire à de trop fortes incertitudes qui aboutissent à une interprétation aberrante. Il est d'usage de considérer qu'il faut a minima **20 données pour un espace 2D ou 30 pour un espace 3D**. En dessous de ces quantités, il est recommandé de réaliser une cartographie manuelle tout en gardant à l'esprit l'incertitude potentiellement élevée qui lui est associée.

Il est utile, pour réaliser une carte pertinente, de connaître la lithologie ou les différences lithologiques du site, les infrastructures, l'origine possible des polluants en terme de lieu d'infiltration dans le milieu souterrain.

Sur la base d'un même jeu de données, la cartographie qui pourra être obtenue sera très différente selon la méthode d'interpolation choisie. La méthode la plus appropriée est celle qui produit l'image a priori la plus proche de la réalité (inconnue). Avec les méthodes déterministes, il n'existe pas de moyen rigoureux et quantitatif de sélectionner la carte la plus proche de la réalité. La technique d'interpolation sera donc choisie de manière qualitative, sur la base des connaissances de terrain acquises sur le site et du retour d'expérience du bureau d'études.

Les techniques géostatistiques, telles permettent en revanche d'apprécier quantitativement l'écart entre la carte produite et la réalité, suivant les modèles de variogrammes ajustées aux données, mais au prix d'une analyse plus détaillée des données et d'une compétence spécifique en géostatistique.

MÉTHODE N°5 - BILAN

MASSIQUE FONDÉ SUR DES

MÉTHODES

DÉTERMINISTES

Objectif

L'objectif du bilan massique est d'appréhender la masse d'un polluant ou d'un mélange de polluants présente au sein du milieu souterrain et d'un volume de sols associé. Il permet, au-delà de la concentration caractérisée, de définir la quantité de polluant présent au sein de media tels que les sols (zone non saturée), les gaz du sol ou les eaux souterraines (zone saturée).

Ce bilan permet de :

- Mettre en relation la masse de polluant et la masse de sol associée et donc de proposer une hiérarchisation des zones à traiter;
- Suggérer des seuils de concentration pour le traitement;
- Relativiser la pollution d'un site ou d'une zone.
- Ce bilan matière croisé à une cartographie, est un outil d'aide à la décision dans le choix du seuil. Cette démarche est explicitée par les exemples ci-après.

Présentation de la méthode

Le bilan massique nécessite une densité d'investigations suffisante. En effet, il est possible de déterminer une masse de polluant dans un milieu donné à partir des données d'entrées suivantes:

- Concentration en polluant (exprimée en mg/kg de MS) au sein de ce milieu;
- Volume de matériau donné (surface et épaisseur concernées d'un horizon donné);
- Densité du milieu concerné (masse volumique mesurée ou estimée);
- Teneur en eau du milieu;
- Carte topographique précise et repérage des sondages en coordonnées.

Le calcul de la masse se fait par interpolation entre les différents points de mesure (cf. cartographie par interpolation). Les méthodes géostatistiques peuvent également servir à réaliser un bilan massique.

Limites et incertitudes associées à la méthode

Ce bilan massique nécessite une quantité suffisante de données d'entrée en termes de caractérisation des milieux (concentration en polluant, densité des milieux,...) issues de mesures in situ ou en laboratoire ou de données bibliographiques.

La réalisation du bilan massique nécessite des données qualifiées, c'est-à-dire homogènes en type de prélèvement.

Un bilan massique peut être surestimé ou sous-estimé. Cette incertitude peut dépasser 100%. Néanmoins, il peut constituer un bon outil pour donner à minima des ordres de grandeur. La réduction des incertitudes ne passe pas toujours par l'augmentation du nombre d'échantillons mais est également liée à la méthode d'interpolation ainsi qu'à l'interprétation que l'on fait des données sur la base de la compréhension des phénomènes qui ont présidé à la pollution (historique, propriétés physico-chimiques des polluants, géologie, comportement des polluants, ...).

L'analyse coûts-bénéfices entre le montant d'une étude géostatistique et le montant des investigations et des analyses est un sujet important, qui a fait l'objet de réflexions dans les groupes de travail GeoSiPol (www.geosipol.org). La stratégie d'échantillonnage se pose généralement dans les termes suivants: « comment atteindre un niveau de connaissance suffisant, par rapport à des objectifs d'étude, avec un minimum de données, positionnées au mieux ? ».

► Cf également rapport BRGM 2016 Loi Pareto Sol

Définir une stratégie de dépollution : Approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution
Rapport final BRGM/RP-64350-FR Février 2016

<http://ssp-infoterre.brgm.fr/sites/default/files/upload/documents/rp-64350-fr.pdf>.

MÉTHODE N°6 - APPROCHE

INTÉGRÉE GÉOSTATISTIQUE

Objectif

L'approche géostatistique permet de répondre à différents objectifs:

- Cartographier la distribution des polluants dans l'espace ainsi que les **incertitudes associées** (liées à la variabilité spatiale des concentrations);
- Calculer et positionner dans l'espace les volumes de sols dont la concentration estimée en polluants se situe au-dessus d'un seuil (ce seuil devant être déterminé par ailleurs). Dans ce volume, il est donc possible d'estimer la masse de polluants correspondante ainsi que les incertitudes associées;
- Optimiser l'acquisition de données complémentaires afin de réduire les incertitudes associées aux objectifs fixés.

Présentation de la méthode

L'analyse géostatistique peut être menée sur des données de concentrations en polluants dans différentes matrices (sol, eau, gaz des sols, ...). Les données d'entrée sont en priorité les concentrations des divers polluants référencées dans l'espace (y compris 3D...).

D'autres informations peuvent être utiles pour contraindre le modèle géostatistique, tels que la lithologie (issue des coupes de sondages), des données géophysiques ou des mesures de terrain.

La première étape consiste en une analyse exploratoire des données incluant une exploitation statistique, une analyse cartographique fondée sur des méthodes déterministes ainsi qu'une analyse des corrélations existantes entre les concentrations des différents polluants ou entre les polluants et d'autres paramètres tels que la profondeur, la lithologie ou les mesures de terrain. Ces autres données peuvent fournir des informations complémentaires, en particulier dans les zones où des échantillons n'ont pas été prélevés et analysés. L'analyse exploratoire doit permettre de mettre en évidence des tendances spatiales ou corrélatives et d'éventuels biais (données issues de différentes campagnes de prélèvement ou de différents prestataires, méthodes d'échantillonnage ou d'analyse différentes au cours du temps, ...).

La seconde étape consiste à construire le variogramme expérimental (basé sur les données). Ce variogramme permet de décrire la variabilité des données en fonction de la distance les séparant: lorsque les données présentent une cohérence spatiale, les points proches dans l'espace montrent des concentrations proches (donc une variance faible) et, inversement, les données éloignées montrent une variance élevée. Le variogramme est un outil spécifique de la géostatistique, qui permet de « capter » la répartition spatiale du phénomène de pollution, en se basant sur les données disponibles, mais sans prise en compte des mécanismes

physiques déterminant le devenir de la pollution dans le milieu souterrain.

Ensuite, un modèle de variogramme (ou une combinaison de modèles) doit être calé sur les données. Lorsqu'aucune organisation spatiale des données n'est identifiée (hétérogénéité maximale), un modèle « à effet de pépite pur » peut être calé pour représenter cette situation de grande variabilité, et être en mesure de quantifier l'extrême incertitude que cela génère au niveau de la cartographie de la pollution.

Selon la distribution des données dans l'espace, plusieurs variogrammes peuvent être générés puis calés, selon chaque axe principal de distribution des concentrations. Les variogrammes permettent ainsi de « capter » une anisotropie dans la répartition spatiale d'une pollution (par exemple dissémination préférentielle dans le sens de canalisations d'eaux industrielles ou dans la direction principale des vents).

La dernière étape consiste à utiliser le modèle de variogramme lors de la prédiction spatiale des données. Au préalable, l'espace 2D ou 3D doit être représenté à l'aide d'un maillage englobant les données de base (et les éventuelles données de corrélation). La dimension de la maille unitaire (longueur, largeur, hauteur) est à adapter en fonction de la répartition des données mesurées et des objectifs de l'étude. Aussi, les limites (horizontales et verticales) du domaine à modéliser doivent être adaptées aux données d'entrée, aux limites physiques connues (bâtiments, réseau, talus ...) et en fonction de l'objectif de l'étude et du type de polluant (selon le mode de dispersion par exemple).

Deux types de modélisations peuvent être réalisés à l'aide du modèle de variogramme et du maillage :

- Interpolation des données par krigeage : en chaque maille du domaine, une concentration est calculée. Au droit des points de données, la valeur calculée est exacte (c.à.d. égale à la valeur mesurée) si le modèle de variogramme choisi ne comporte pas un effet de pépite. Associée à la carte des concentrations estimées, on génère également la carte des incertitudes liées à la méthode d'interpolation. On note sur cette figure l'augmentation de l'incertitude en extrapolation, associée à des artefacts d'interpolation dus au manque de données dans ces zones situées à la bordure du domaine investigué.
- Simulation géostatistique: un grand nombre de simulations est généré (plusieurs centaines). Pour chaque simulation et dans chaque maille, une concentration est calculée en utilisant le modèle de variogramme. La même maille calculée dans les différentes simulations n'affichera pas la même concentration (distribution statistique de la concentration calculée selon le modèle de variogramme) ; il est donc possible de calculer, pour chaque maille, un histogramme de concentrations équiprobables. L'application d'un seuil à l'histogramme permet de calculer, en chaque maille, la probabilité (le risque) de dépasser ce seuil. Le seuil peut être également appliqué sur toutes les mailles d'une simulation, pour en déduire un volume de sol à dépolluer. La répétition de ce calcul à toutes les simulations génère un histogramme des volumes

à dépolluer, soit une estimation la plus probable du volume et un intervalle de confiance.

Limites et incertitudes associées à la méthode

La mise en œuvre de méthodes géostatistiques, et plus généralement de méthodes d'interpolation spatiales, nécessite généralement l'utilisation de logiciels adaptés pour réaliser les calculs et afficher les résultats (à titre d'exemple : nous pouvons citer les logiciels Kartotrak® de Geovariances ou Soil Remediation® de Kidova). Les méthodes géostatistiques nécessitent de plus une expertise spécifique pour être en mesure de construire et contrôler les modèles (Record, 2013, Demougeot-Renard et al., 2014).

D'une manière générale, un certain nombre de prérequis sont nécessaires avant de lancer une interpolation géostatistique des données mesurées.

En particulier, les données doivent être en nombre suffisant (on retient a minima 20 données pour un espace 2D ou 30 pour un espace 3D). Ces chiffres sont donnés à titre indicatif et il conviendra de vérifier pour chaque étude (étape de l'analyse exploratoire) l'intérêt de mener une approche géostatistique en fonction des données à disposition (nature, répartition spatiale, nombre de valeurs < LQ, ...) et de l'objectif recherché. Ce pré-requis est particulièrement important pour les méthodes géostatistiques car celles-ci, à la différence des autres méthodes d'interpolation, n'imposent pas de modèle de répartition spatiale, mais le déduisent des données.

De même, les données doivent être réparties sur le domaine d'étude de manière suffisamment homogène (éviter par exemple les points groupés en une seule zone et un quasi-vide ailleurs). Pour plus d'informations, se reporter aux fiches éditées par GéoSiPol (Geosipol, 2005).

Il convient de noter que toutes les méthodes géostatistiques de modélisation sont généralement assez limitées pour extrapoler les concentrations en dehors de la zone investiguée. Il convient parfois d'appliquer un voisinage à l'intérieur duquel le modèle peut s'appliquer, limitant ainsi la portée de l'extrapolation autour de chaque point de mesure.

Lors de l'analyse exploratoire des données, il est recommandé de confronter les mesures et analyses aux informations issues de l'étude documentaire, notamment à l'historique des activités, déversements/accidents et mouvements de terres. Dès lors que les données représentent des concentrations dans l'eau de nappe ou dans les gaz du sol, il convient de confronter les informations hydrogéologiques (niveau de nappe, sens d'écoulement,...) et d'occupation des sols (présence de bâtiments, de vide-sanitaires,...) qui peuvent impacter la répartition des polluants dans ces matrices.

Il convient également d'intégrer les spécificités du mode d'échantillonnage et l'origine des données. Il est courant d'intégrer des données issues de plusieurs diagnostics de pollution mais dont les protocoles de prélèvement sont différents: prise d'échantillons ponctuels (échantillon = 5 à 10 cm de profondeur) ou moyens (échantillon = 0,5 à 1 m de profondeur par ex.) ou encore issus de fouilles d'excavation, maillage régulier des sondages ou réseau aléatoire ou encore collecte orientée c'est-à-dire une collecte d'échantillons préférentiellement dans les zones les plus contaminées (du fait des observations de terrain par ex.). Ces différentes caractéristiques du support d'échantillonnage doivent être

connues pour que les étapes calculatoires ne soient pas biaisées.

Egalement, on note que les résultats des modélisations sont dépendantes du maillage choisi. Il convient, en particulier, d'adapter les maillages à l'objectif de l'étude pour le calcul des superficies et volumes dépassant un seuil donné estimés à l'aide des simulations géostatistiques. Le plus souvent, un maillage fin est utilisé pour interpréter les données du diagnostic et évaluer les volumes puis un maillage adapté à la méthode de dépollution (taille des mailles d'excavation par exemple) est retenu pour classer les volumes à gérer. Les volumes ainsi calculés peuvent être significativement différents du fait du choix du maillage.

D'une manière générale, de plus amples informations sont disponibles sur le site de l'association GéoSiPol : www.geosipol.org.

ANNEXE 4



Cartographie des polygones de Voronoï de 0-1 m



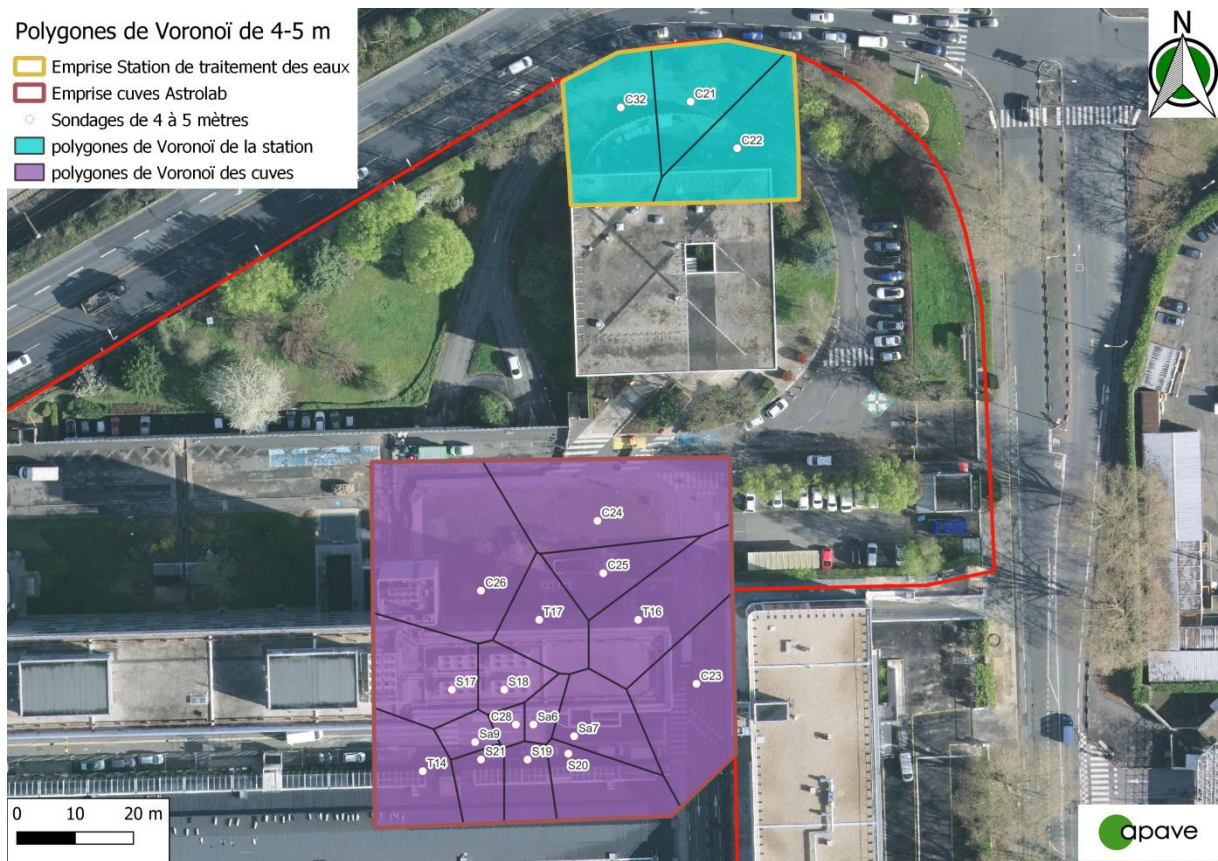
Cartographie des polygones de Voronoï de 1-2 m



Cartographie des polygones de Voronoï de 2-3 m



Cartographie des polygones de Voronoï de 3-4 m



Cartographie des polygones de Voronoï de 4-5 m



Cartographie des polygones de Voronoï de 5-6 m



Cartographie des polygones de Voronoï de 6-7 m



Cartographie des polygones de Voronoï de 7-8 m

Polygones de Voronoï en HCT dans le sol de 4-5 m

Emprise Station de traitement des eaux

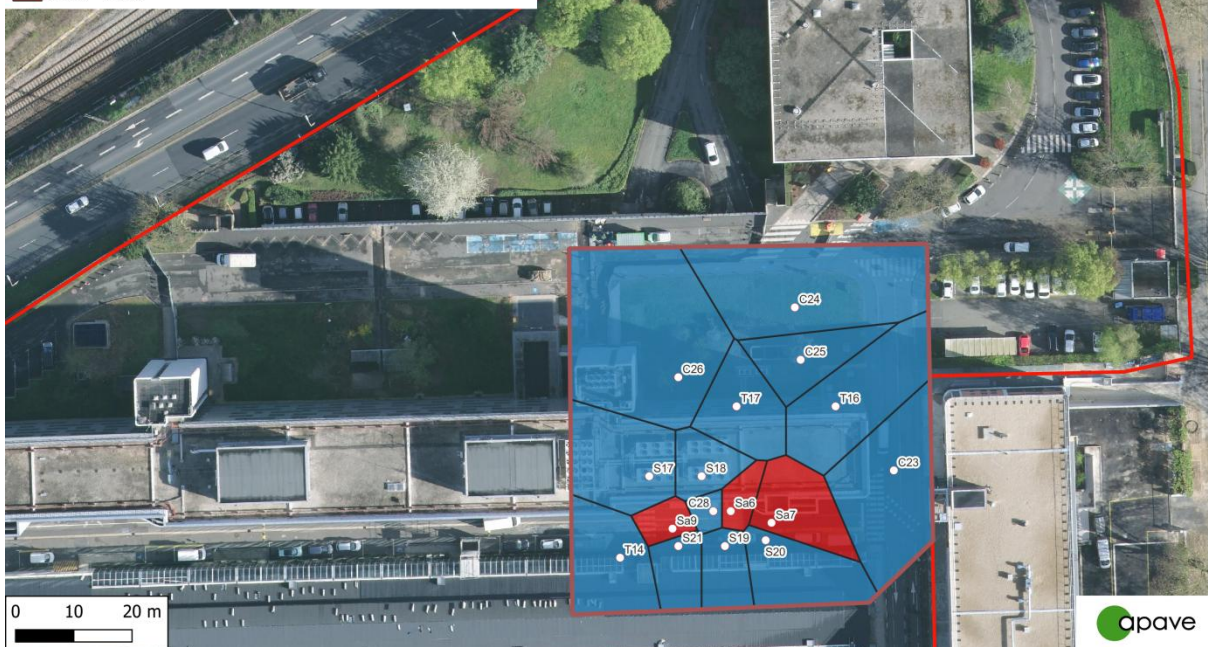
Emprise cuves Astrolab

Sondages de 4 à 5 mètres

polygones des teneurs en HCT [mg/kg MS]

0 - 1200

1200 - 7170



Cartographie des anomalies en HCT dans le sol de 4-5 m

Polygones de Voronoï en HCT dans le sol de 5-6 m

Emprise Station de traitement des eaux

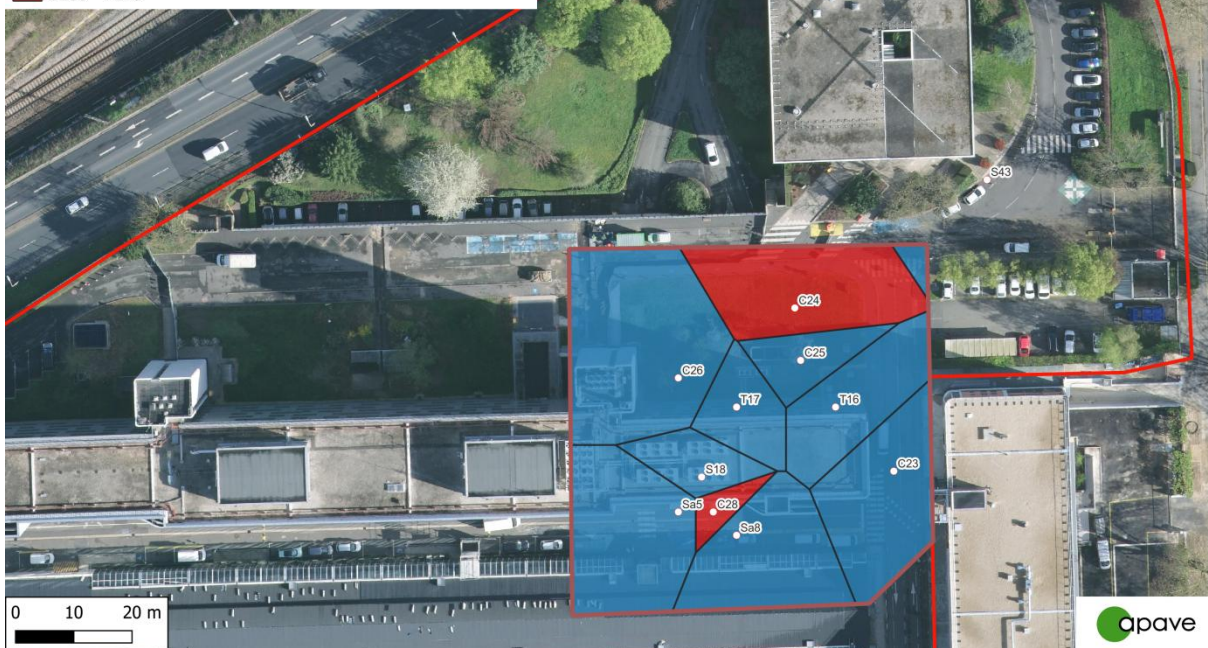
Emprise cuves Astrolab

Sondages de 5 à 6 mètres

polygones des teneurs en HCT [mg/kg MS]

0 - 1200

1200 - 7170



Cartographie des anomalies en HCT dans le sol de 5-6 m

Polygones de Voronoï en HCT dans le sol de 6-7 m

Emprise Station de traitement des eaux

Emprise cuves Astrolab

Sondages de 6 à 7 mètres

polygones des teneurs en HCT [mg/kg MS]

0 - 1200

1200 - 7170



Cartographie des anomalies en HCT dans le sol de 6-7 m

Polygones de Voronoï en HCT dans le sol de 7-8 m

Emprise Station de traitement des eaux

Emprise cuves Astrolab

Sondages de 7 à 8 mètres

polygones des teneurs en HCT [mg/kg MS]

0 - 1200

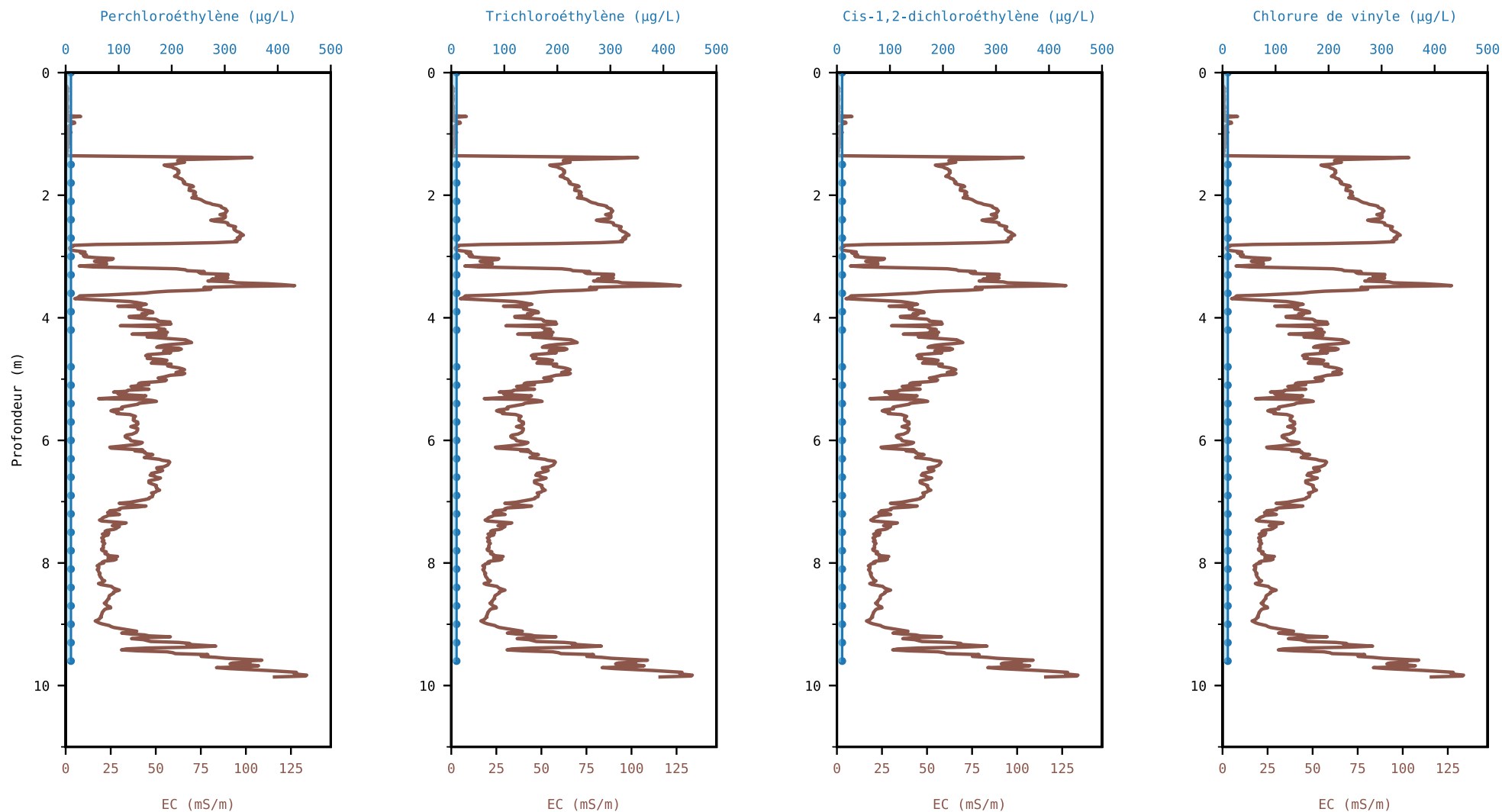
1200 - 7170



Cartographie des anomalies en HCT dans le sol de 7-8 m

ANNEXE 5

EnISSA-MiHPT 1

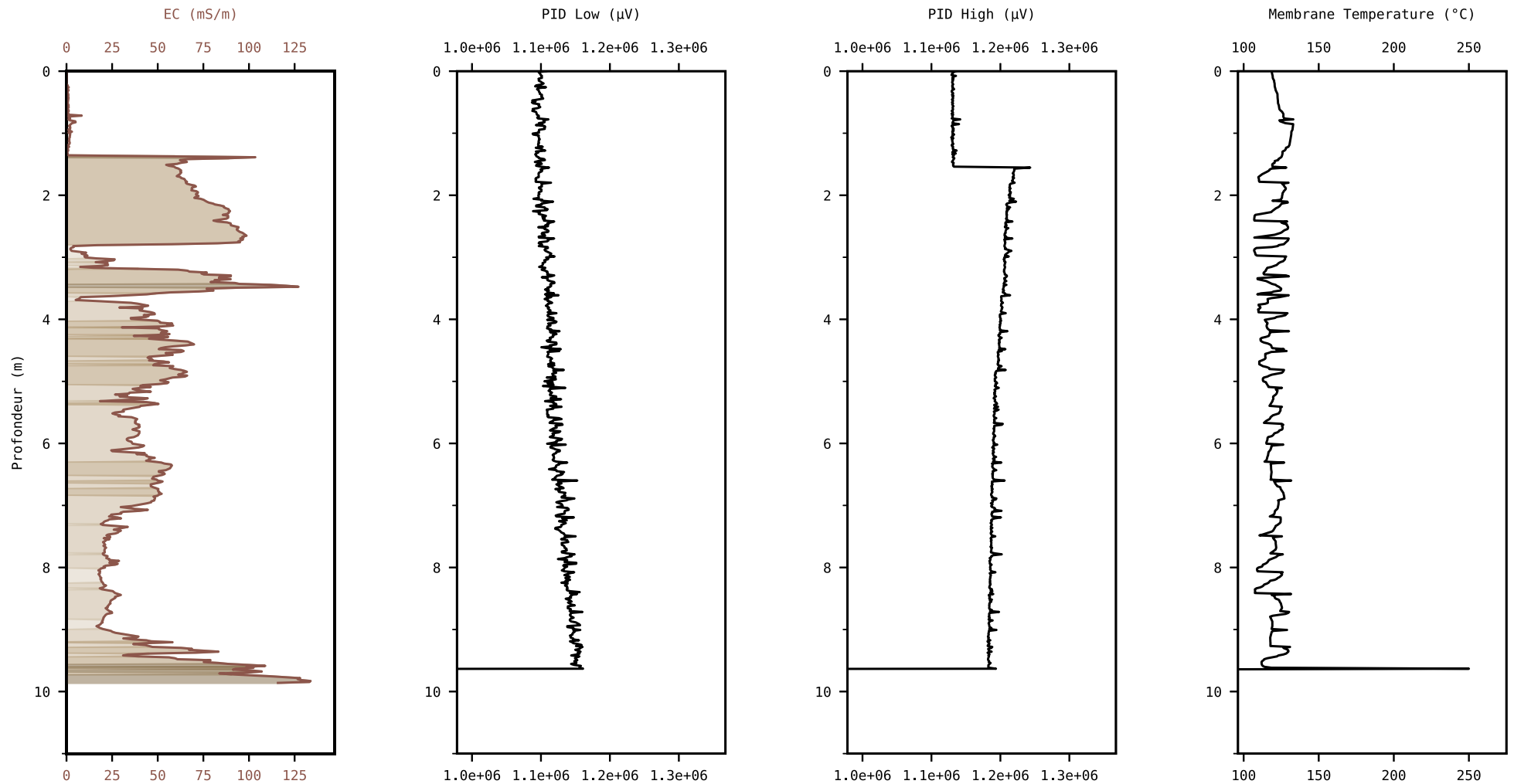


GCMS:

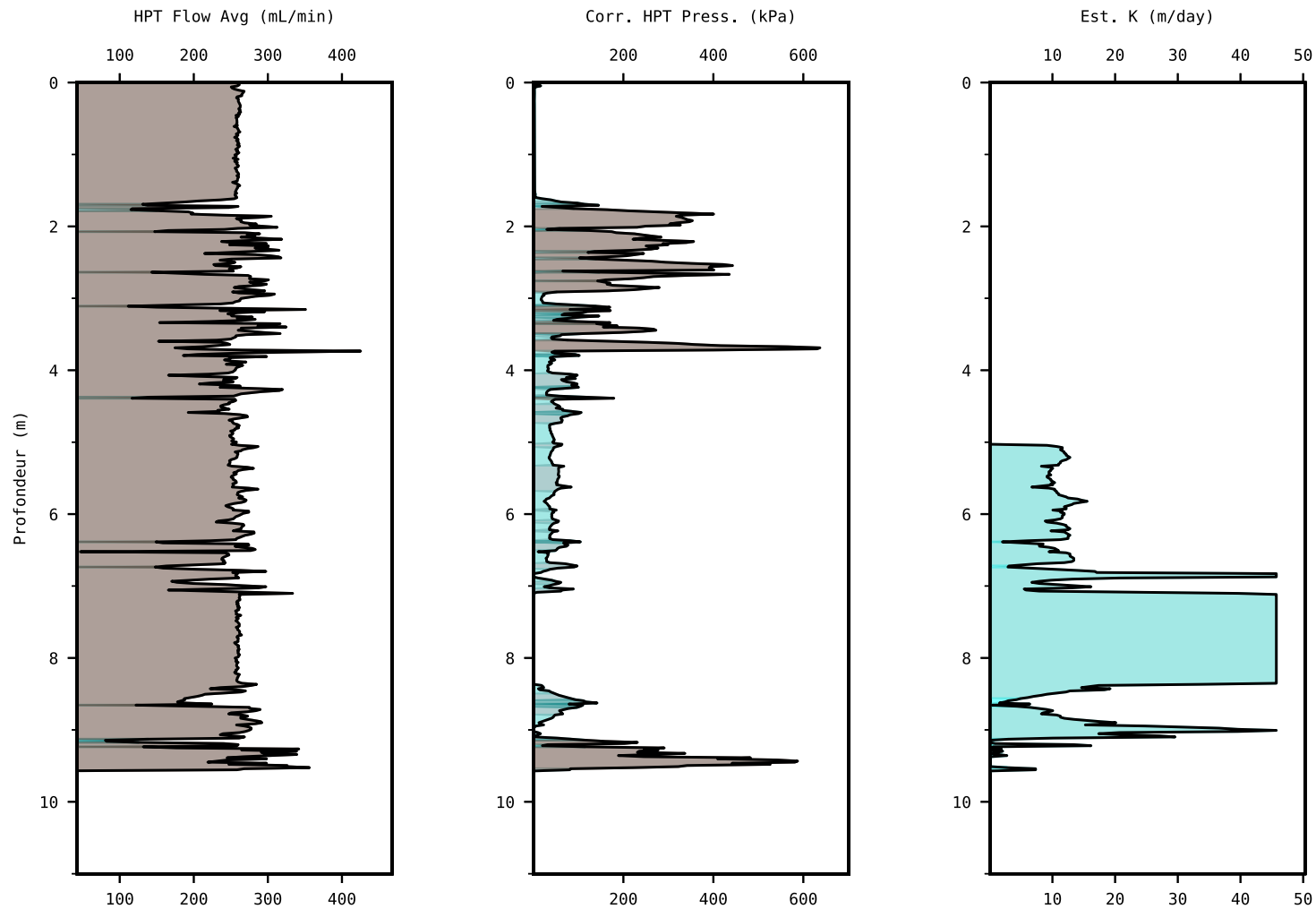
- 10 - 200 µg/L
- 200 - 500 µg/L
- 500 - 1000 µg/L
- 1000 - 5000 µg/L
- 5000 - 10000 µg/L
- 10000 - 100000 µg/L
- >100000 µg/L

ID: 1

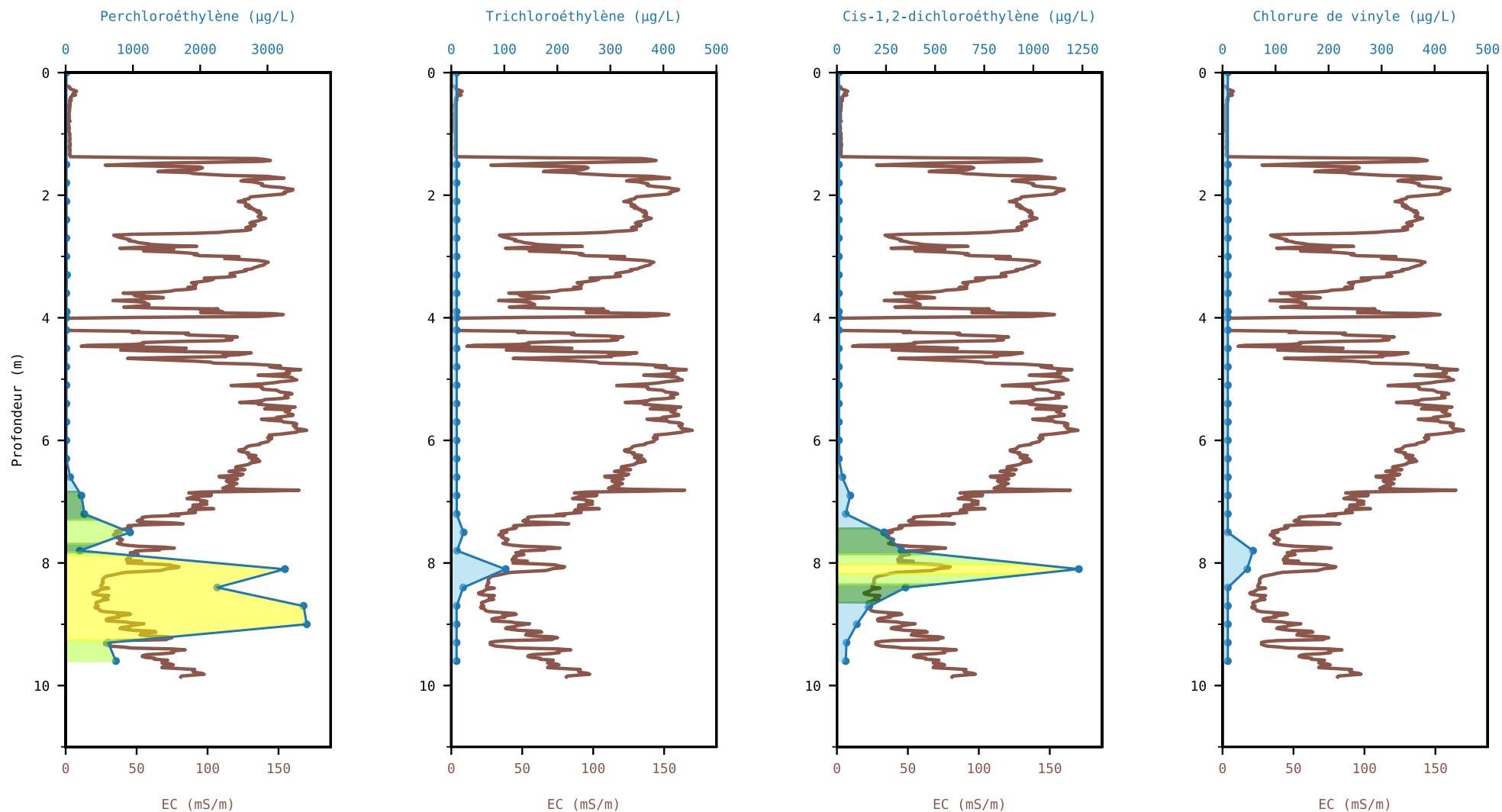
EnISSA-MiHPT 1



EnISSA-MiHPT 1



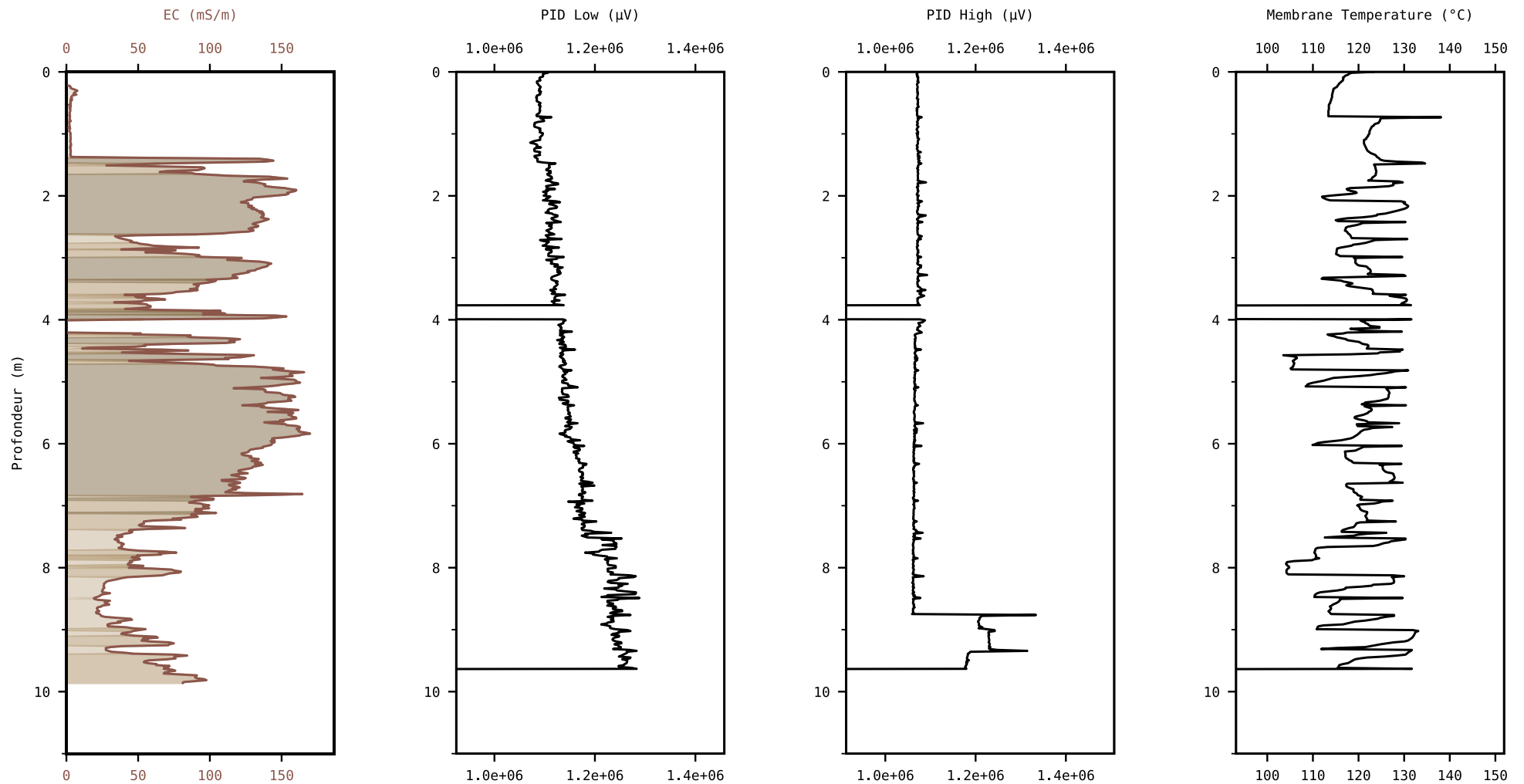
EnISSA-MiHPT 2



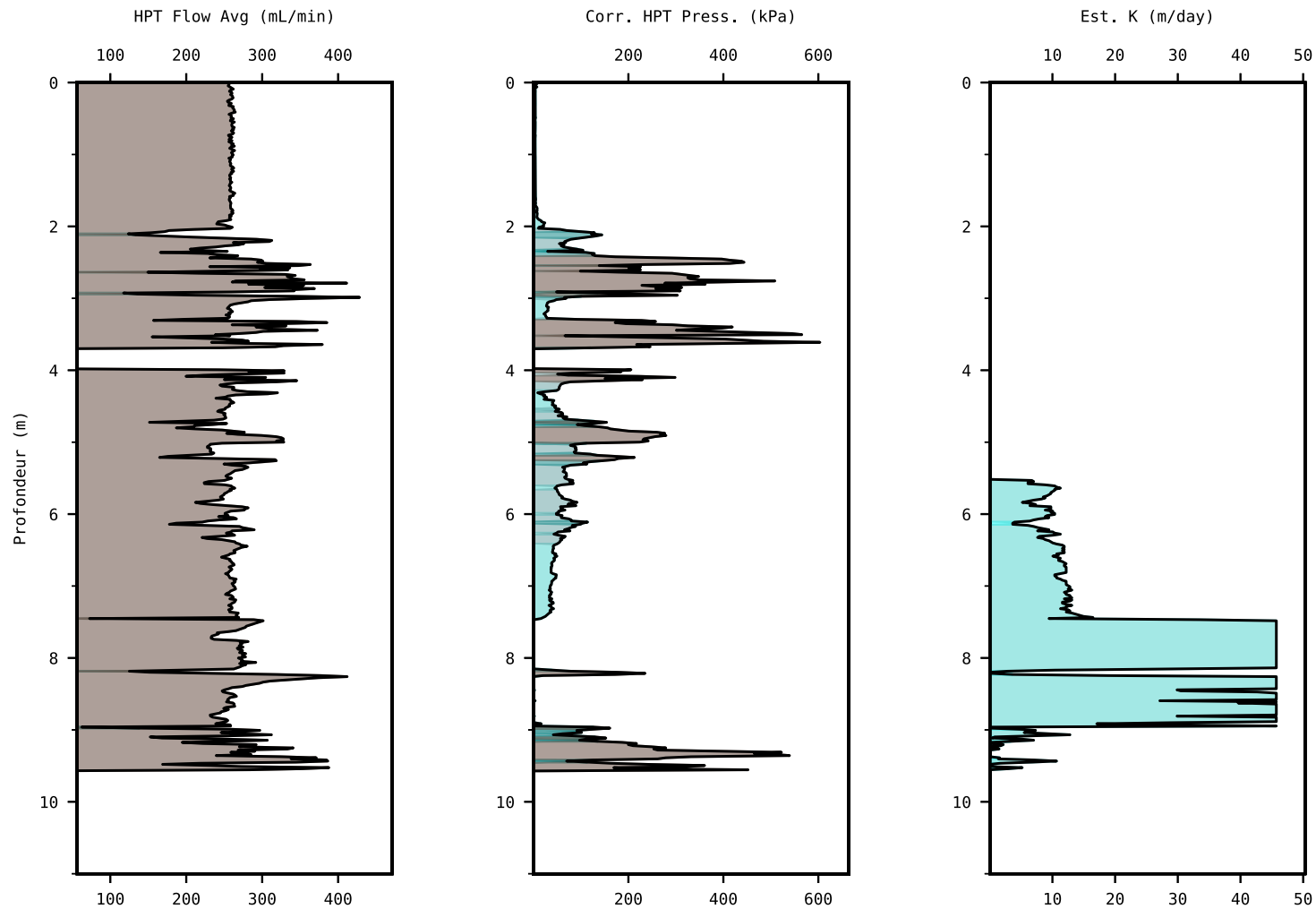
GCMS:

- 10 - 200 $\mu\text{g/L}$
- 200 - 500 $\mu\text{g/L}$
- 500 - 1000 $\mu\text{g/L}$
- 1000 - 5000 $\mu\text{g/L}$
- 5000 - 10000 $\mu\text{g/L}$
- 10000 - 100000 $\mu\text{g/L}$
- >100000 $\mu\text{g/L}$

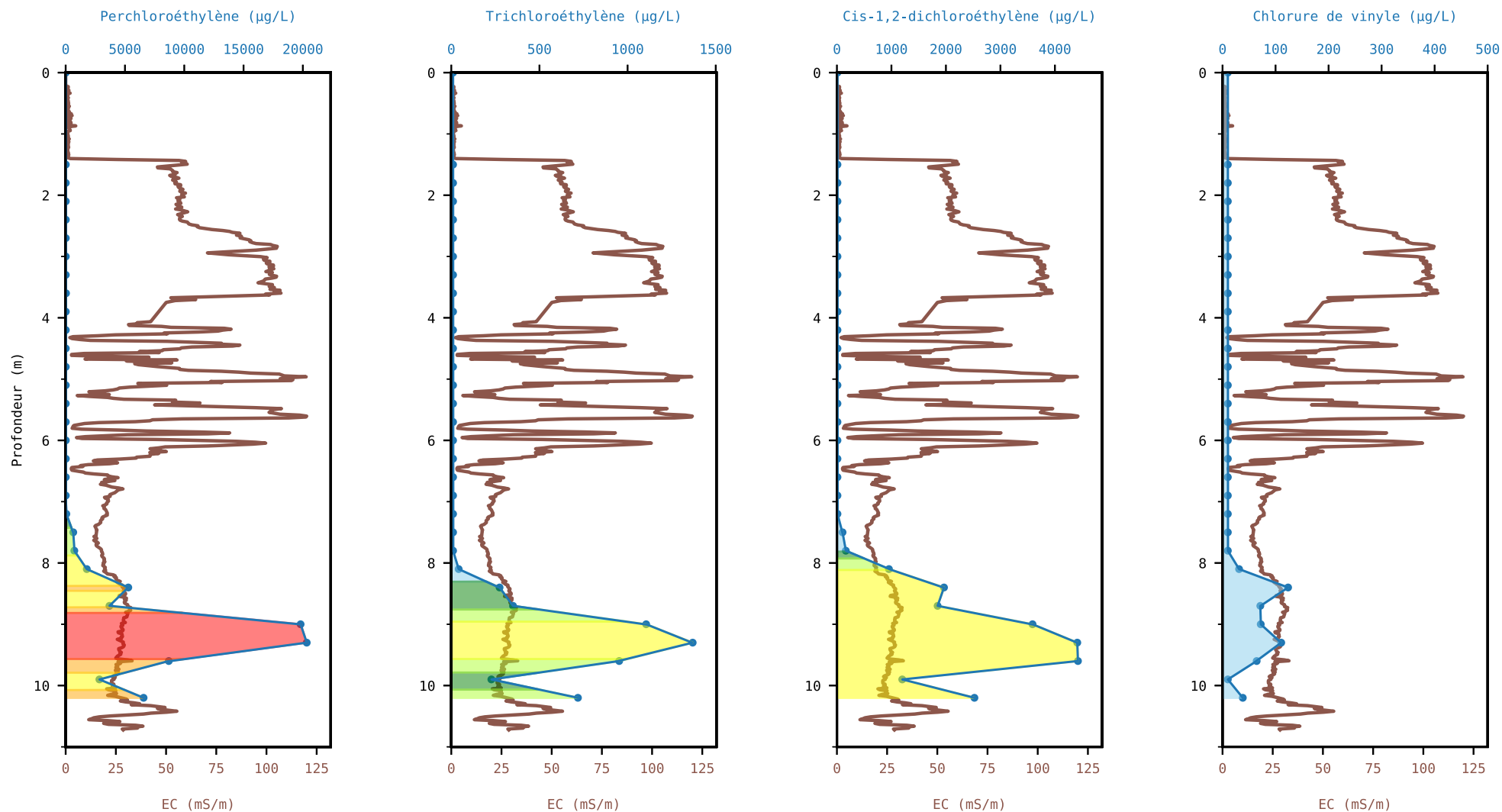
EnISSA-MiHPT 2



EnISSA-MiHPT 2



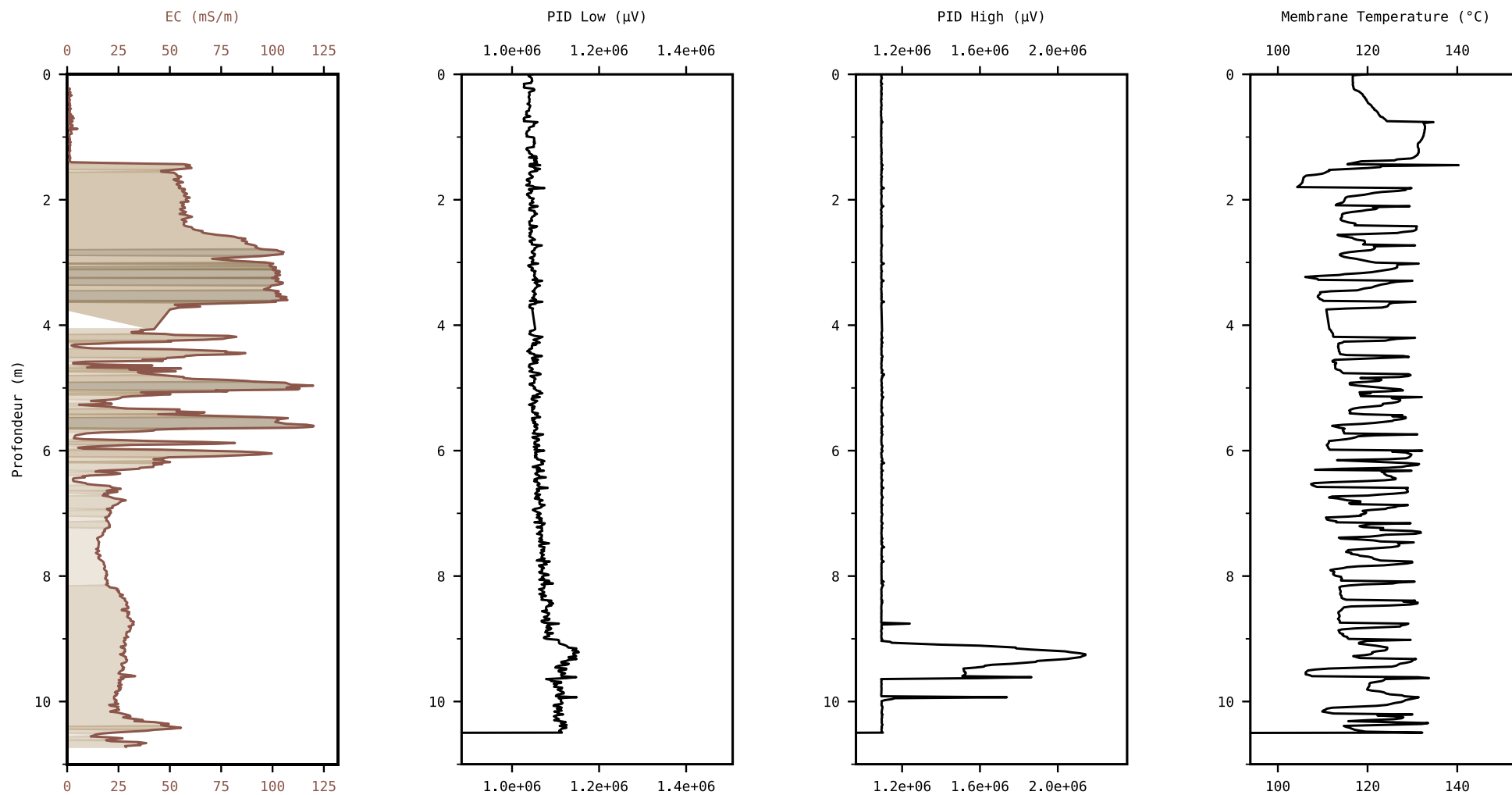
EnISSA-MiHPT 3



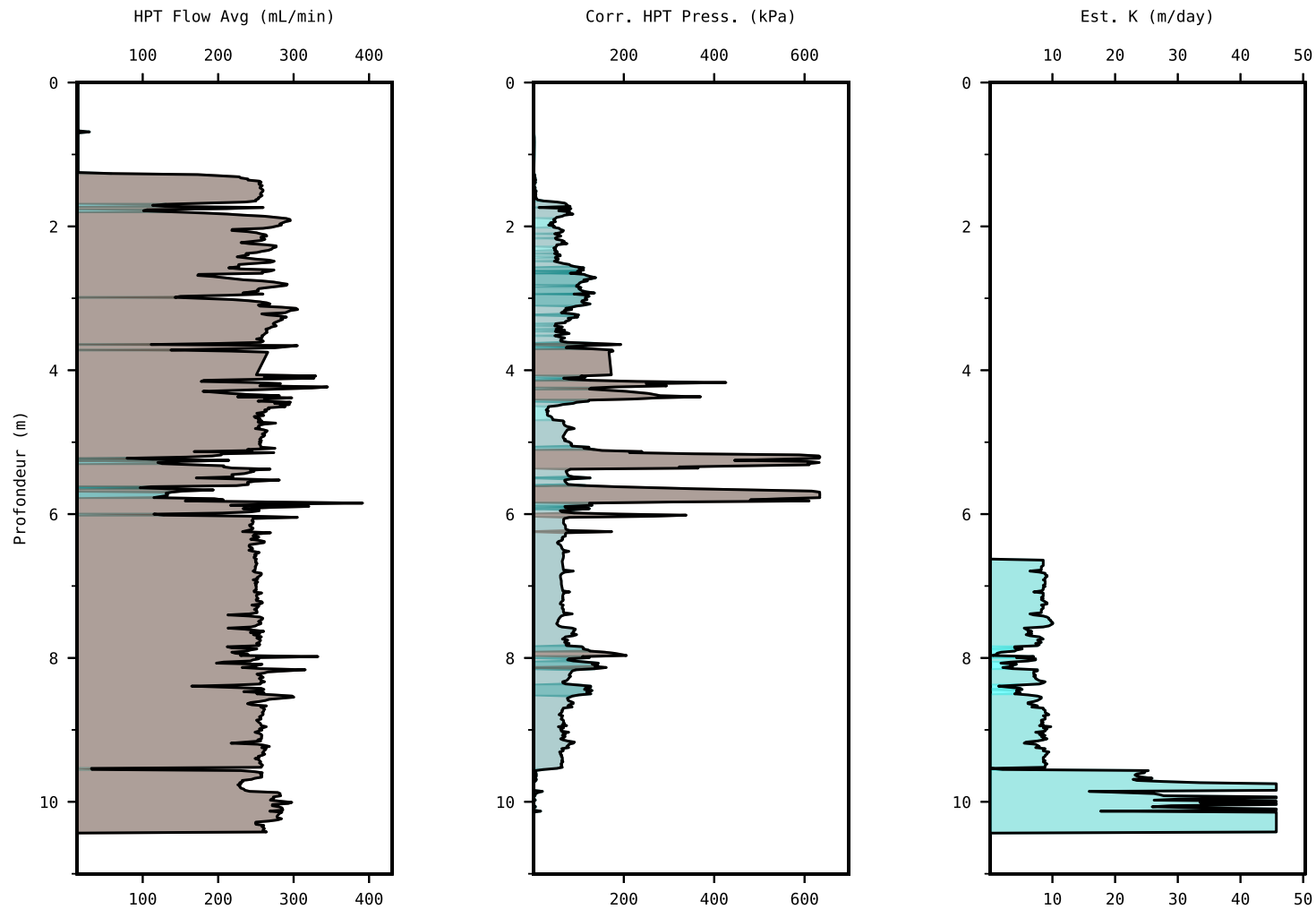
GCMS:

- 10 - 200 µg/L
- 200 - 500 µg/L
- 500 - 1000 µg/L
- 1000 - 5000 µg/L
- 5000 - 10000 µg/L
- 10000 - 100000 µg/L
- >100000 µg/L

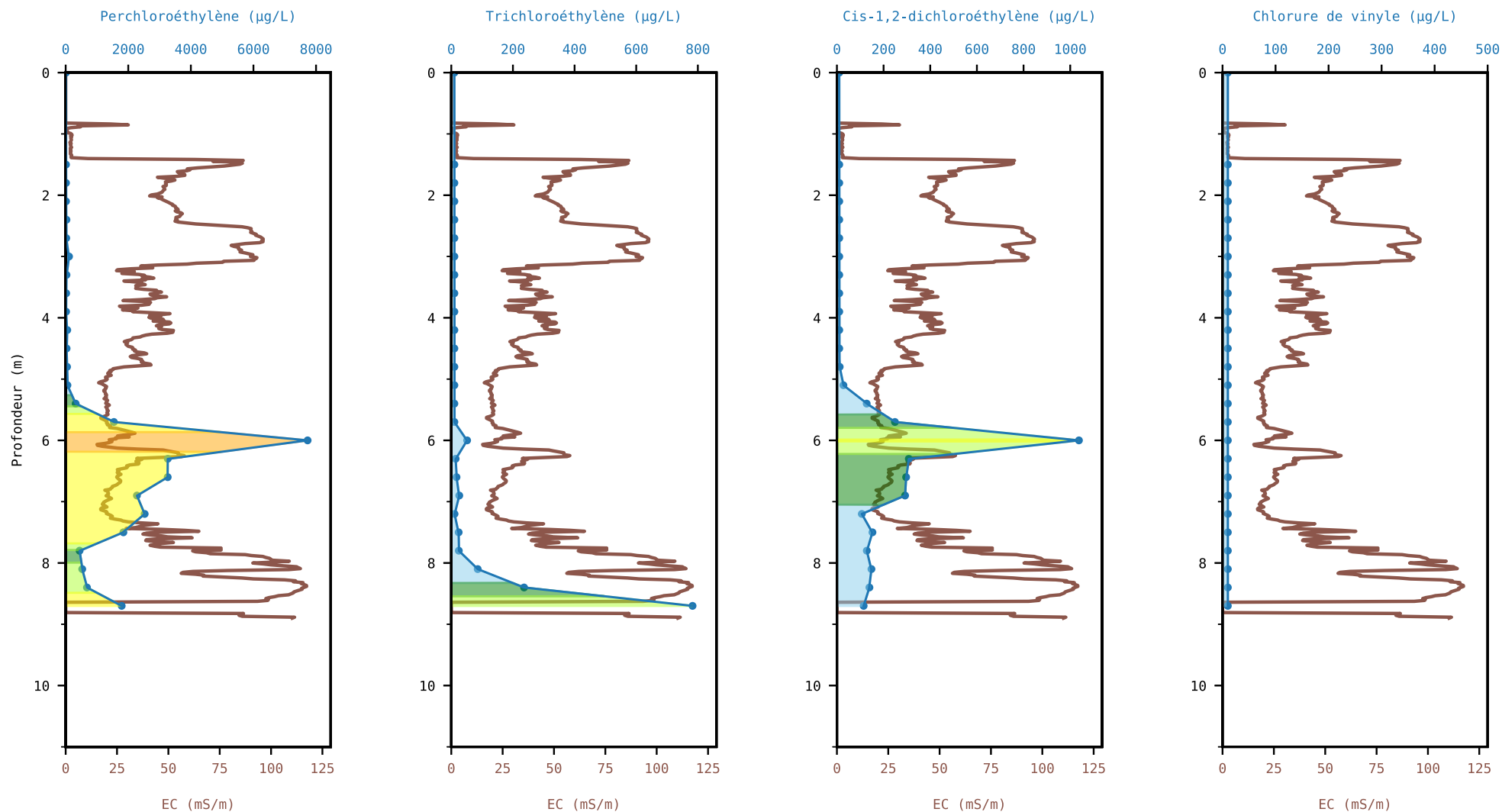
EnISSA-MiHPT 3



EnISSA-MiHPT 3



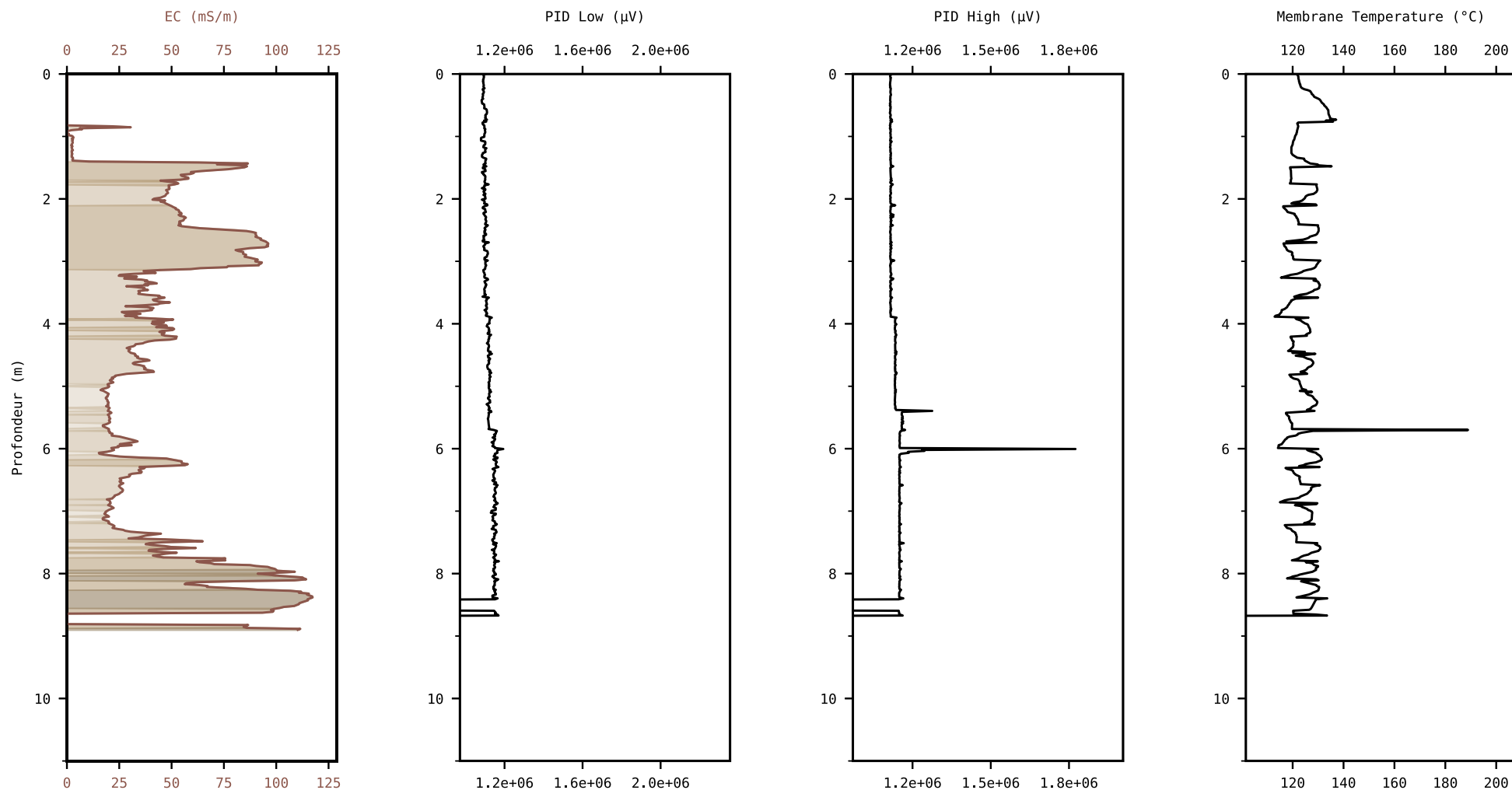
EnISSA-MiHPT 4



GCMS:

- 10 - 200 µg/L
- 200 - 500 µg/L
- 500 - 1000 µg/L
- 1000 - 5000 µg/L
- 5000 - 10000 µg/L
- 10000 - 100000 µg/L
- >100000 µg/L

EnISSA-MiHPT 4

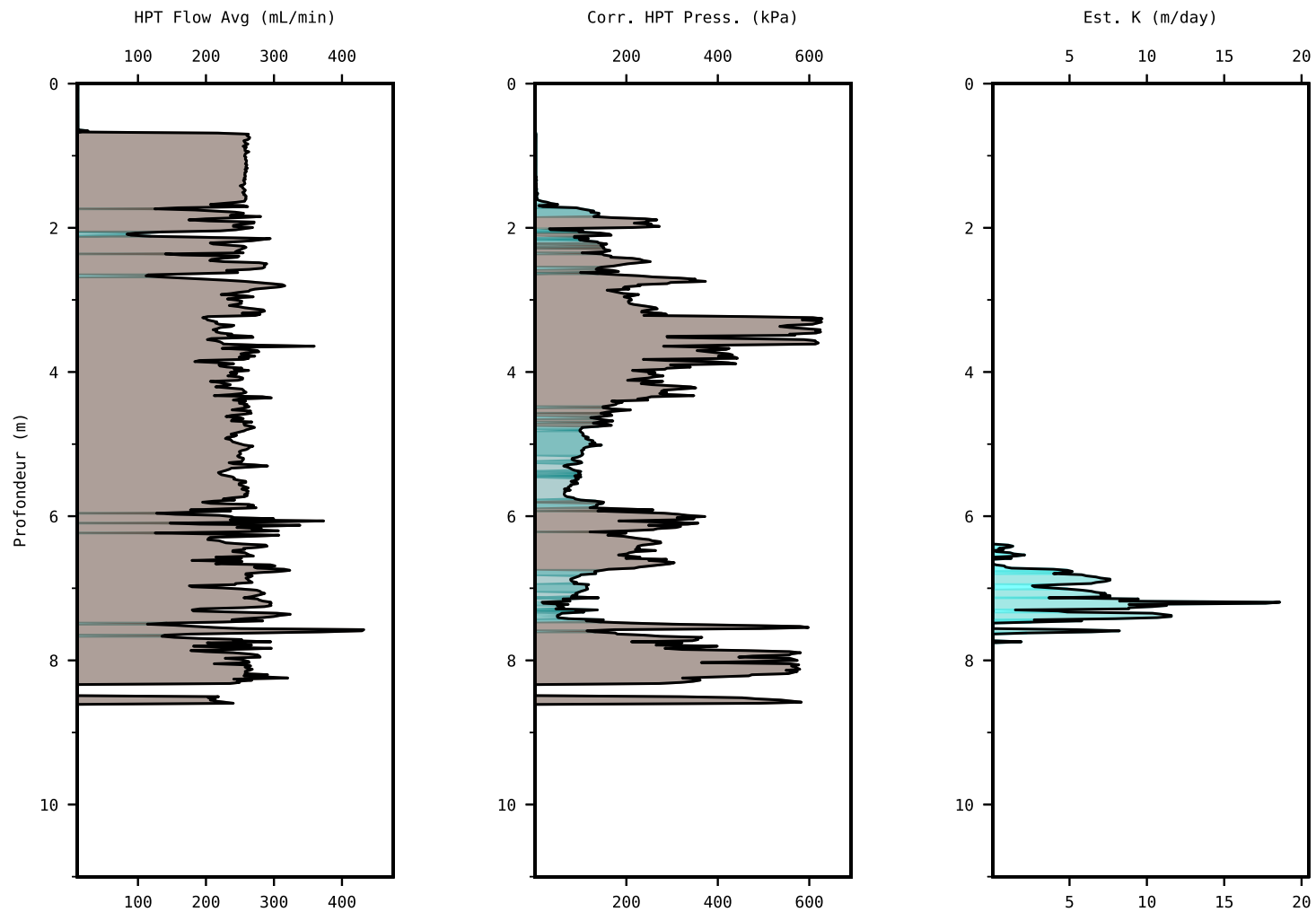


remark: due to technical failure, the depth logging of the running parameters failed around 8.4 m-bgl. This didn't influence the GCMS data.

ID: 4

Projet: 132465 Date: 28/07/2022
 Client: Apave Plate-forme de forage: Geoprobe
 Localisation: Paray-Vieille-Poste Fin du sondage: Profondeur requise

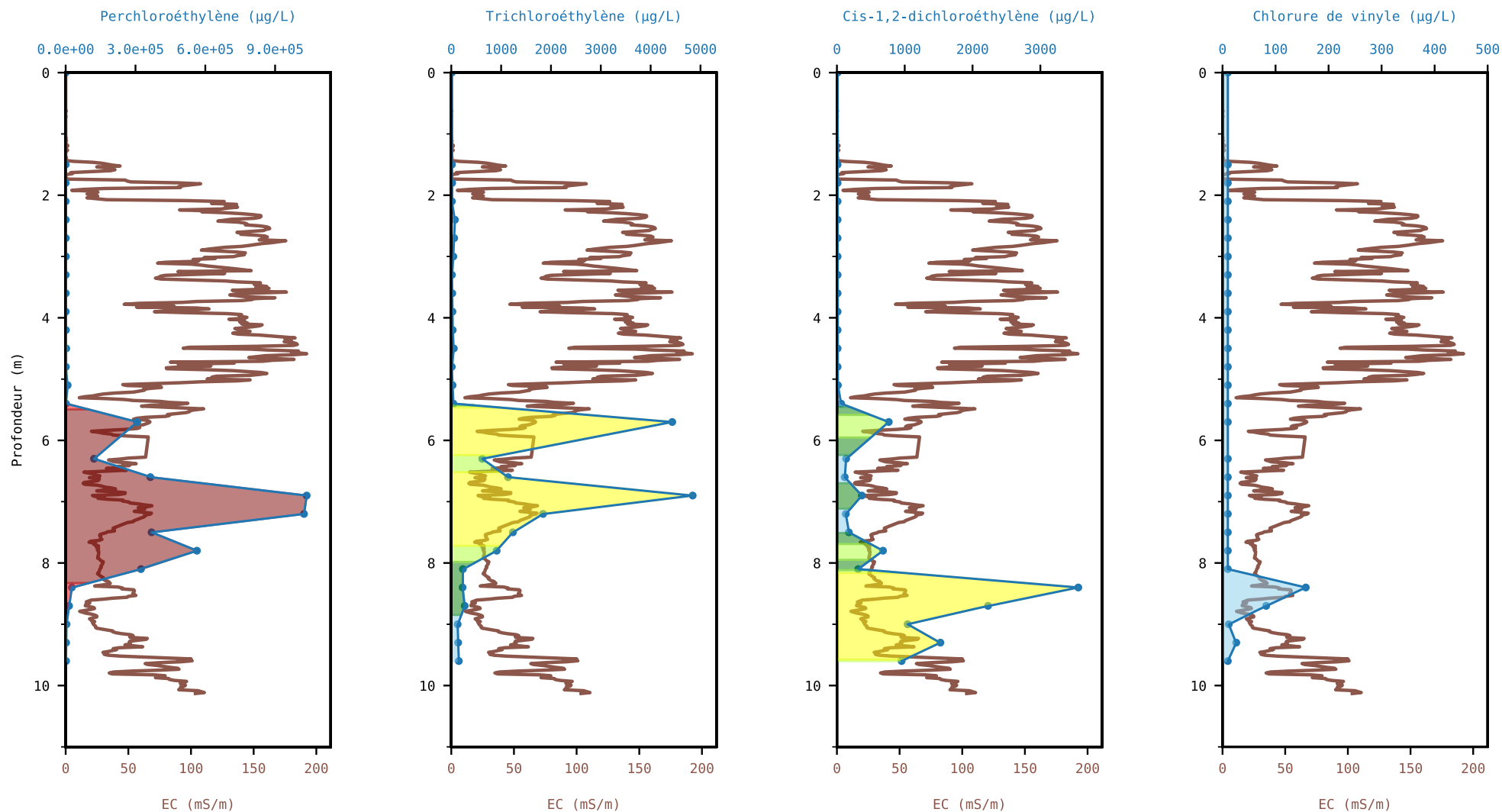
EnISSA-MiHPT 4



remark: due to technical failure, the depth logging of the running parameters failed around 8.4 m-bgl. This didn't influence the GCMS data.

ID: 4

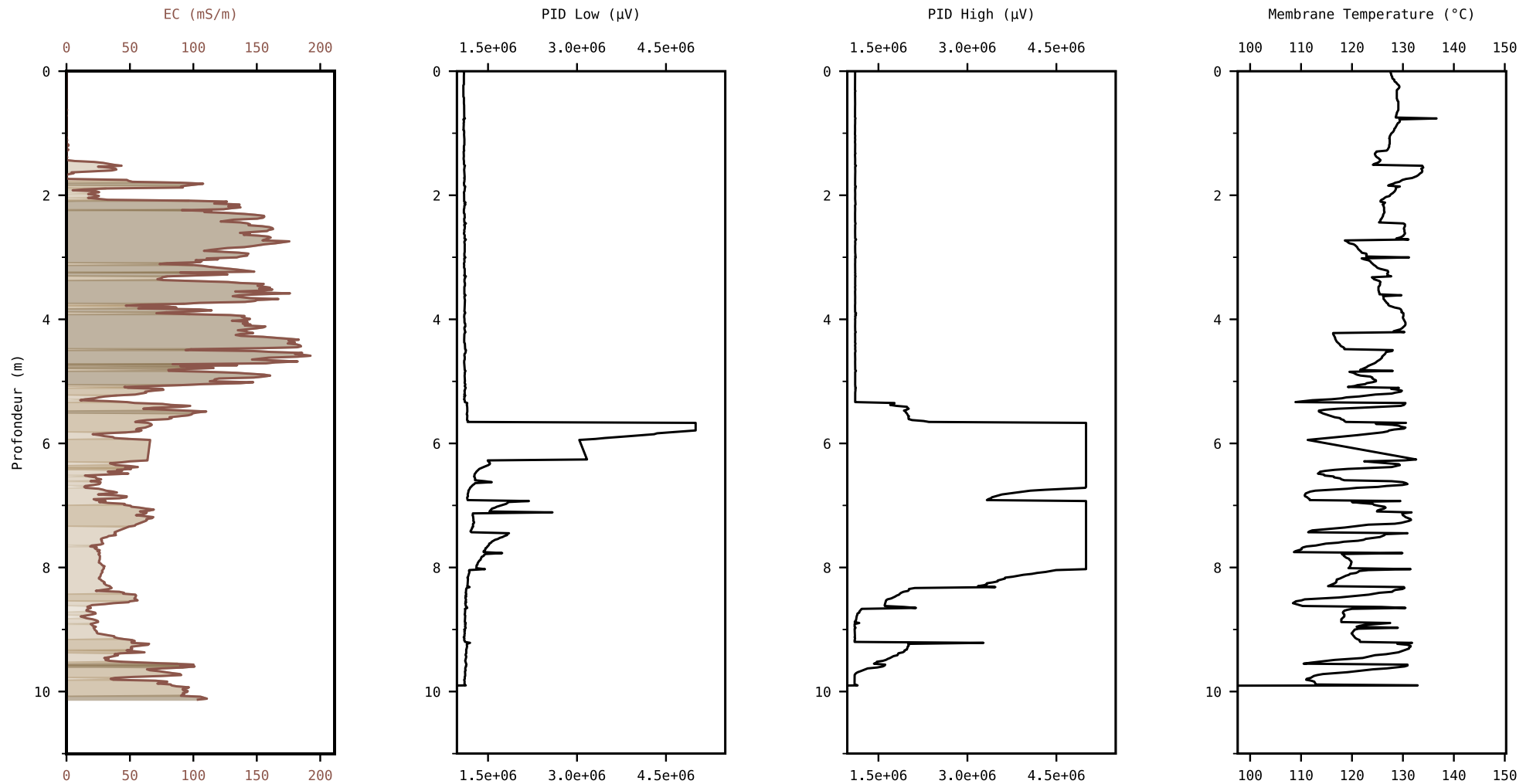
EnISSA-MiHPT 5



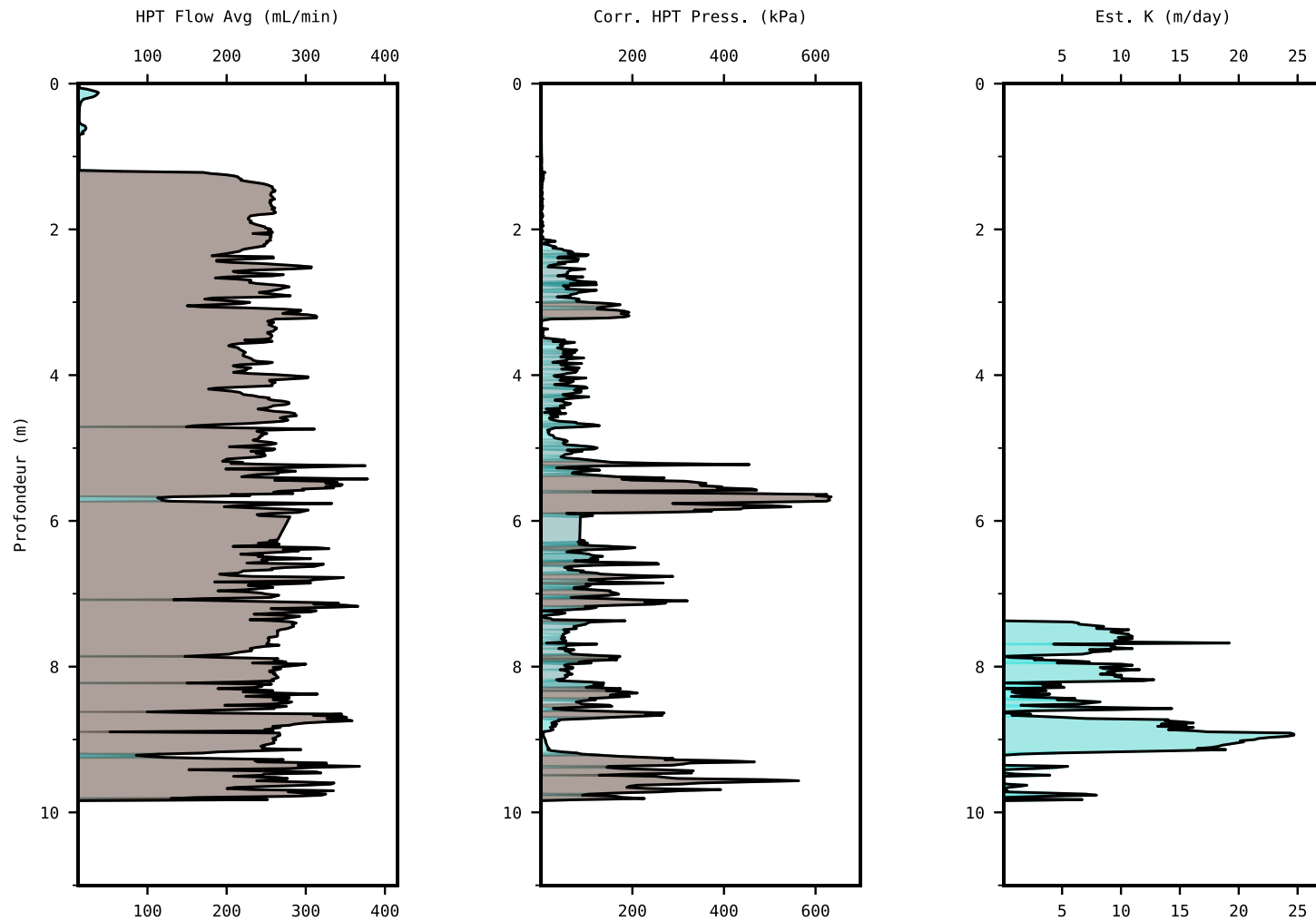
GCMS:

- 10 - 200 µg/L
- 200 - 500 µg/L
- 500 - 1000 µg/L
- 1000 - 5000 µg/L
- 5000 - 10000 µg/L
- 10000 - 100000 µg/L
- >100000 µg/L

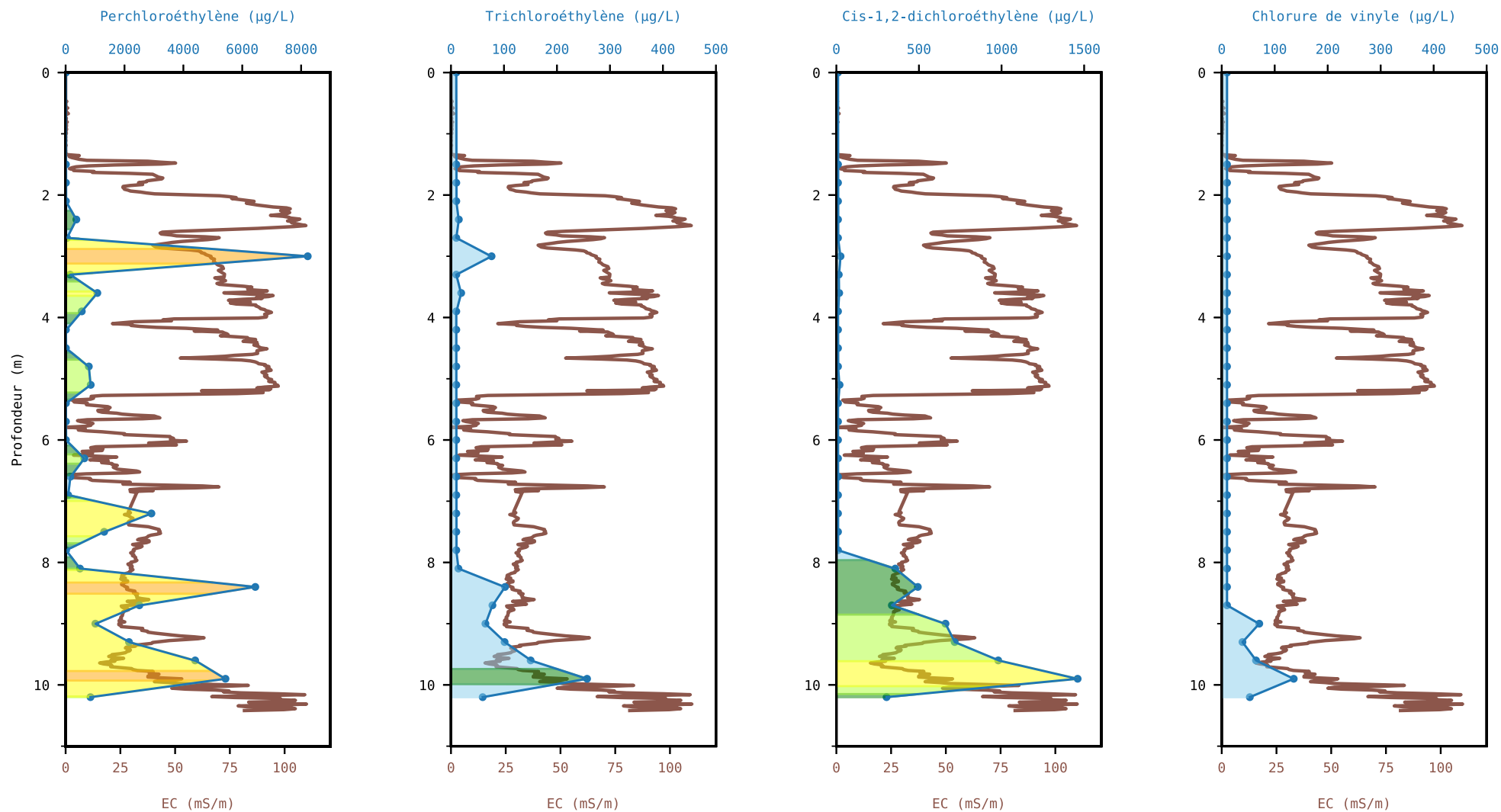
EnISSA-MiHPT 5



EnISSA-MiHPT 5



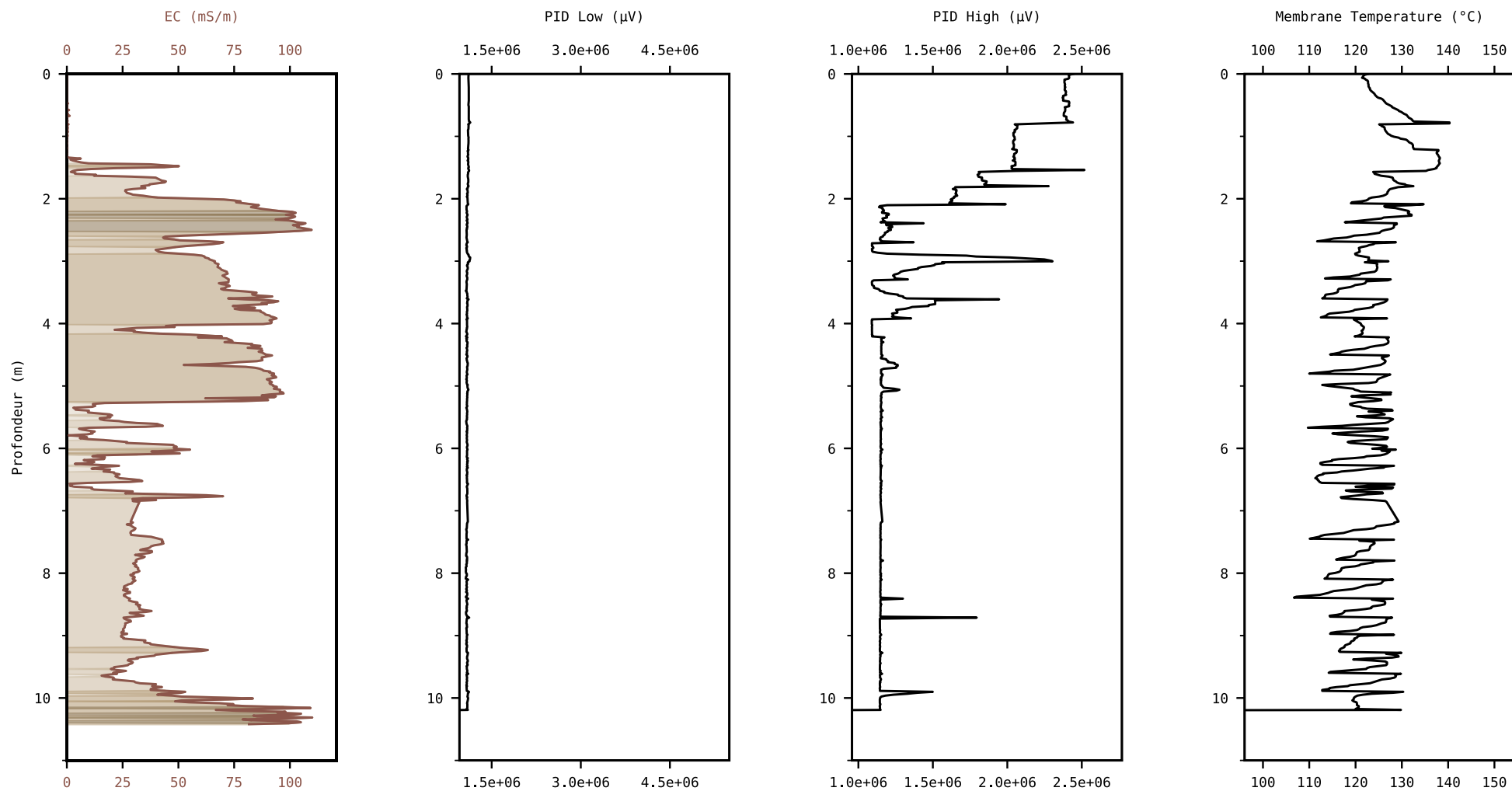
EnISSA-MiHPT 6



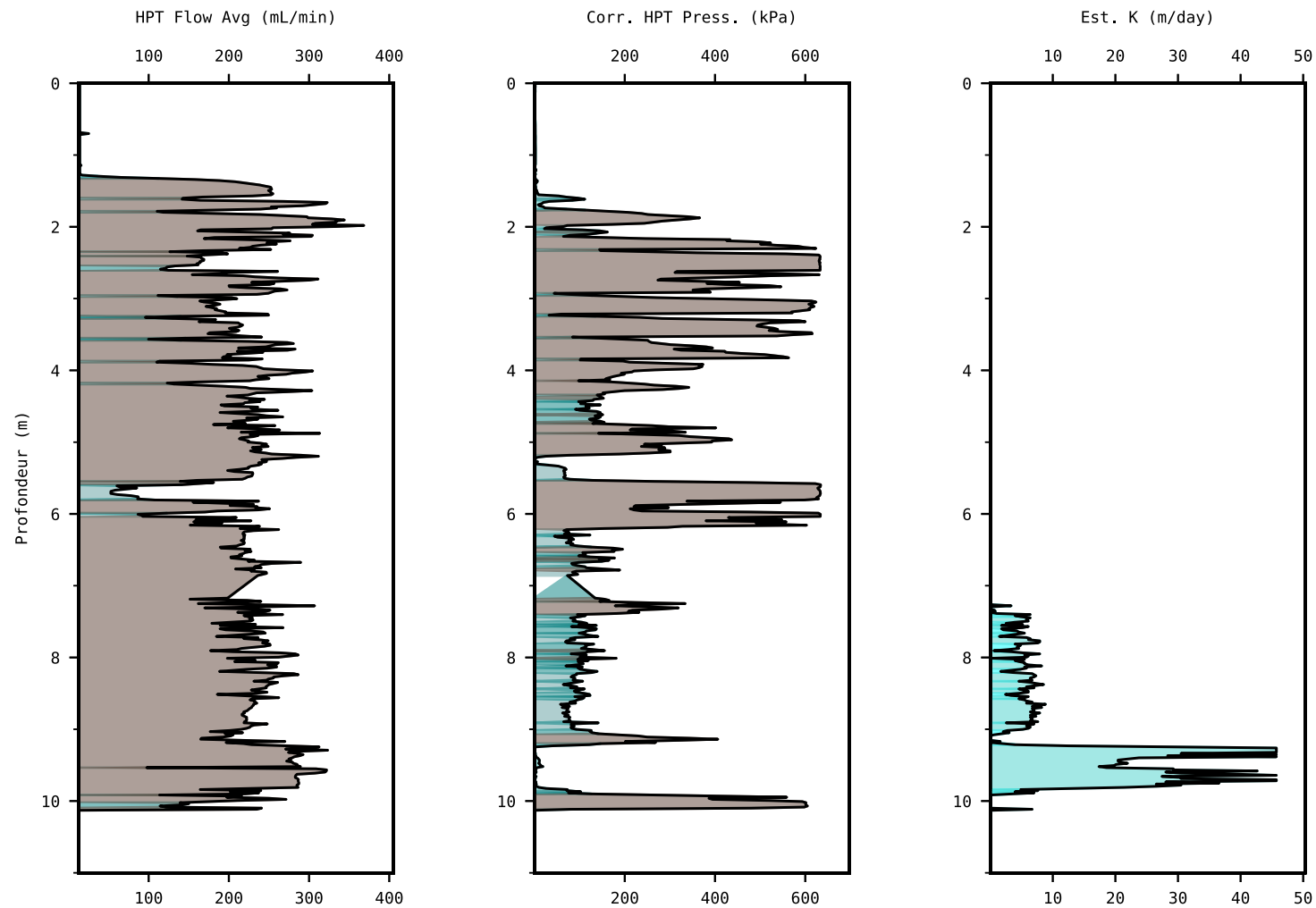
GCMS:

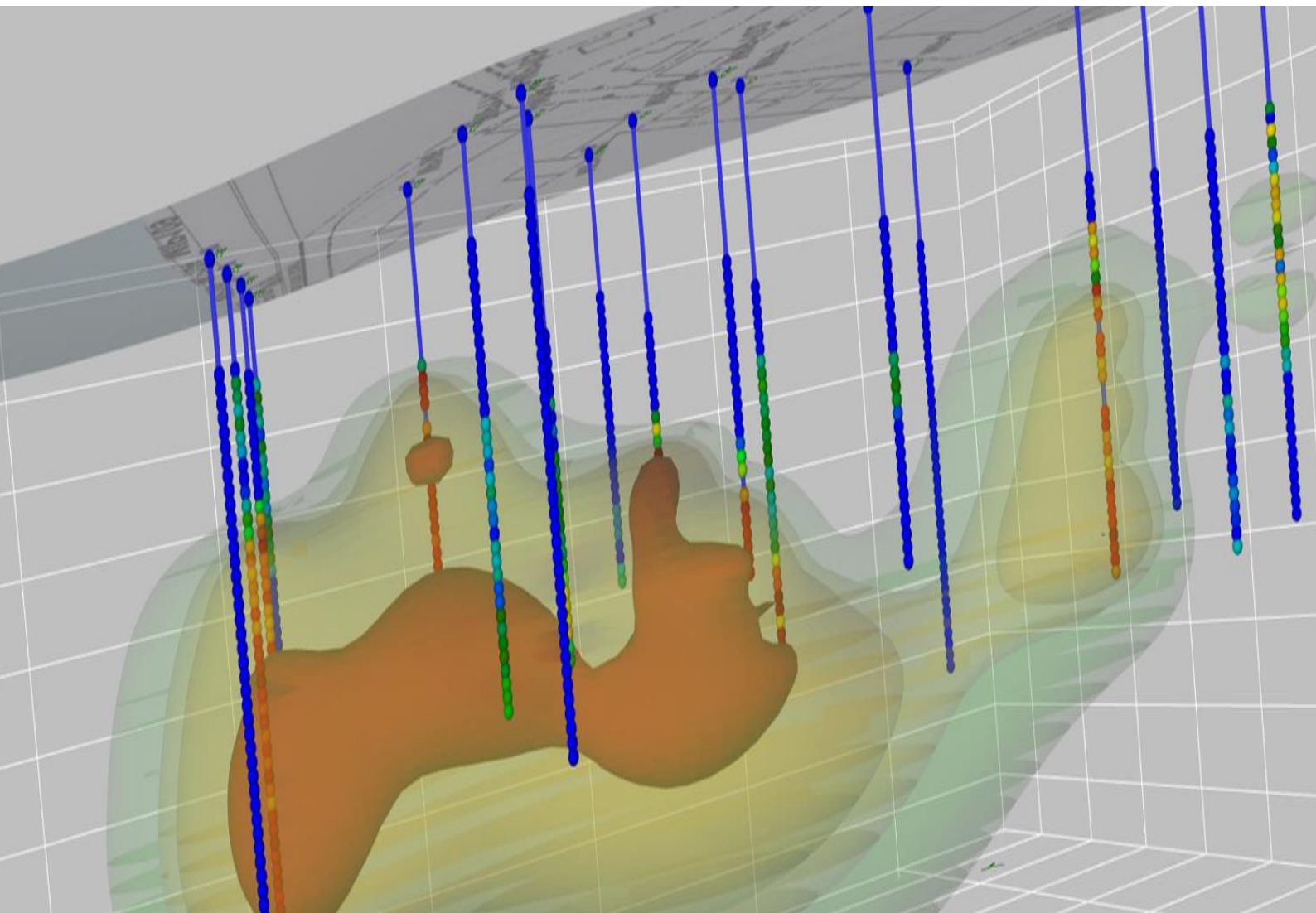
- 10 - 200 µg/L
- 200 - 500 µg/L
- 500 - 1000 µg/L
- 1000 - 5000 µg/L
- 5000 - 10000 µg/L
- 10000 - 100000 µg/L
- >100000 µg/L

EnISSA-MiHPT 6



EnISSA-MiHPT 6





EnISSA campagne

Lieu d'étude

Rue du maréchal Devaux
91550 paray-vieille-poste

APAVE

26 augustus 2022

Projet EnISSA campagne
Client APAVE

Lieu d'étude Rue du maréchal Devaux
91550 paray-vieille-poste
Date 26 augustus 2022

Code de projet 0000132465
Chef de projet Max Vercruyssen
Directeur de projet Pieter Buffel

Auteur(s) Max Vercruyssen
Contrôlé par Martijn Naert
Approuvé par Pieter Buffel

Paraaf

Adres EnISSA | Part of Witteveen+Bos Group
Gorislaan 49
1820 Steenokkerzeel
België
t +32 (0)2 759 59 30
www.EnISSA.com
RPR Brussel

Le système de gestion de la qualité de EnISSA est certifié basé sur ISO 9001.

© EnISSA

Aucune partie de ce document ne peut être reproduite et / ou publiée sous quelque forme que ce soit sans l'autorisation écrite préalable d'EnISSA
il ne peut non plus être utilisé sans une telle autorisation pour un travail autre que celui pour lequel il a été fabriqué, sauf accord contraire par écrit.
Witteveenbos Belgium décline toute responsabilité pour tout dommage résultant ou lié à la modification du contenu du document livré par
Witteveenbos Belgium.

DRAFT

Table des matière

1	INTRODUCTION	5
2	TECHNIQUES	6
2.1	Sous-dalle Vapeur Échantillonnage	6
2.2	Sondages EnISSA-MiHPT	7
2.2.1	Profil lithologique à l'aide de mesures de conductivité (Dipôle Wenner)	7
2.2.2	Méthode EnISSA MIP	8
2.2.3	Profilage hydraulique	8
3	TRAVAIL DE TERRAIN	11
4	RESULTATS	13
4.1	Résultats EnISSA MIP	13
4.2	Interprétation des résultats	13
4.3	Calibration	13
4.4	Contrôle de qualité – Test de réponse	14
4.5	Brève discussion des résultats	14
4.5.1	échantillons de gaz du sol	14
4.5.2	Géologie	14
4.5.3	EnISSA-MIP	15
4.6	remarques générales	Error! Bookmark not defined.
I	ANNEXE: ENISSA MIP-LOG	19
II	ANNEXE: PLAN DE LOCALISATION ENISSA MIP'S	20

1

INTRODUCTION

A la demande de APAVE, avec comme personne de contact Mathilde SENERGUES, une étude du sol a été réalisée en combinant l'analyse de l'air du sol on-site et la méthode EnISSA-MiHPT sur le site d'investigations situé au Rue du maréchal Devaux, 91550 paray-vieille-poste. Le but de l'étude est d'évaluer la présence de solvants chlorés.

En vue de livrer des services de qualité et de mener un entrepreneariat durable, EnISSA est certifié ISO 9001 et VCA**. Nos activités d'expertise de sol sont conformes aux normes et au code de conduite de l'organisme sectoriel belge VEB (www.veb.be).

2

TECHNIQUES

2.1 Échantillonnage vapeur sous-dalle

Les échantillons de gaz du sol peuvent être prélevés pour effectuer un dépistage horizontal rapide du sol et ont été utilisés pour l'identification des zones sources.

La technique utilisée dans ce projet pour collecter des échantillons de gaz du sol a utilisé des orifices sous la dalle et des sacs d'échantillonnage Tedlar. Les orifices sous la dalle consistent à percer un petit trou à travers les fondations d'un bâtiment jusqu'au sol sous-jacent. Une sonde en acier inoxydable est placée dans le trou et un joint étanche à l'air est créé autour de la sonde métallique. Le matériau d'étanchéité consiste en un tube d'étanchéité ne réagissant pas chimiquement autour de la sonde. L'objectif est de permettre le prélèvement d'un échantillon de vapeur sous la dalle tout en empêchant toute fuite d'air autour de la sonde. Après l'installation de ces sondes, la période de stabilisation a été respectée après quoi un échantillon a été prélevé à l'aide d'une boîte à vide et d'une faible sous-pression pour éviter un court-circuit avec l'air ambiant. Les sacs de prélèvement ont été analysés sur place dans notre unité GC-MS EnISSA.

Image 2.1 : installation Vapor Pin (source : vaporpin.com)

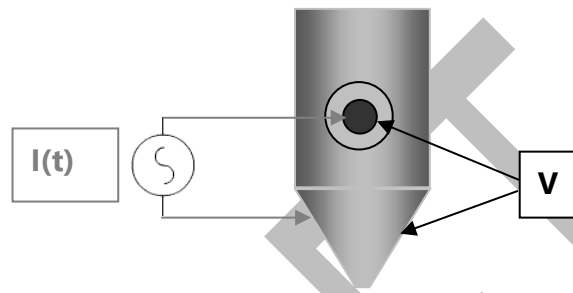


2.2 Sondages EnISSA-MiHPT

2.2.1 Profil lithologique à l'aide de mesures de conductivité (Dipôle Wenner)

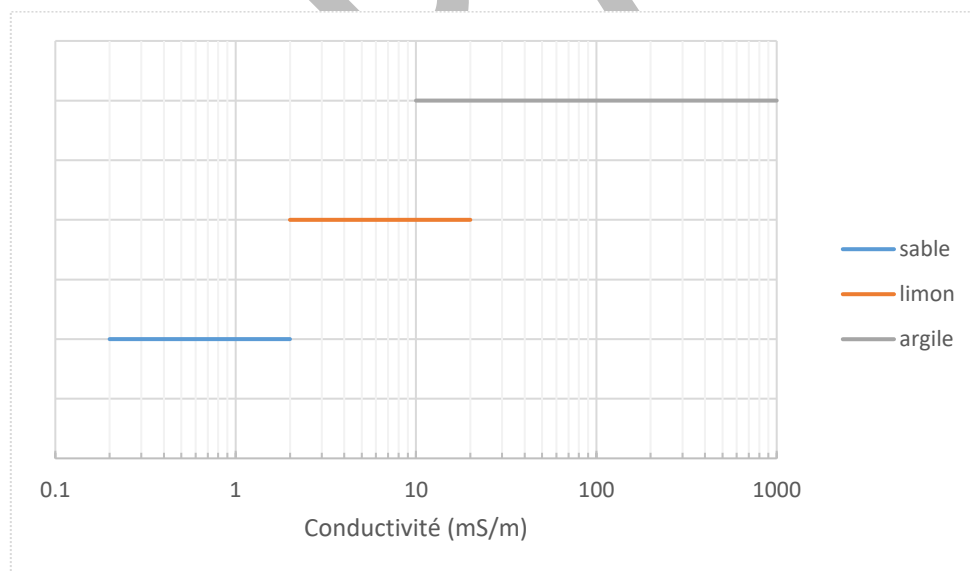
Le profil du sol est évalué au moyen d'une mesure de conductivité à l'aide d'un dipôle Wenner. La mesure repose sur un courant alternatif qui circule d'une électrode centrale, isolée vers le corps de la sonde. La tension qui se manifeste en conséquence du courant alternatif est mesurée. Cette tension est en relation avec la résistivité et la conductivité du sol.

Image 2.2 Principe de la dipôle Wenner



En général, on peut supposer que l'argile a une conductivité électrique (CE) relativement élevée tandis que le sable démontre une conductivité faible. La valeur des limons se situe entre les deux, comme représenté dans l'image 2.3.

Image 2.3 Conductivité pour les sables, limons et argiles

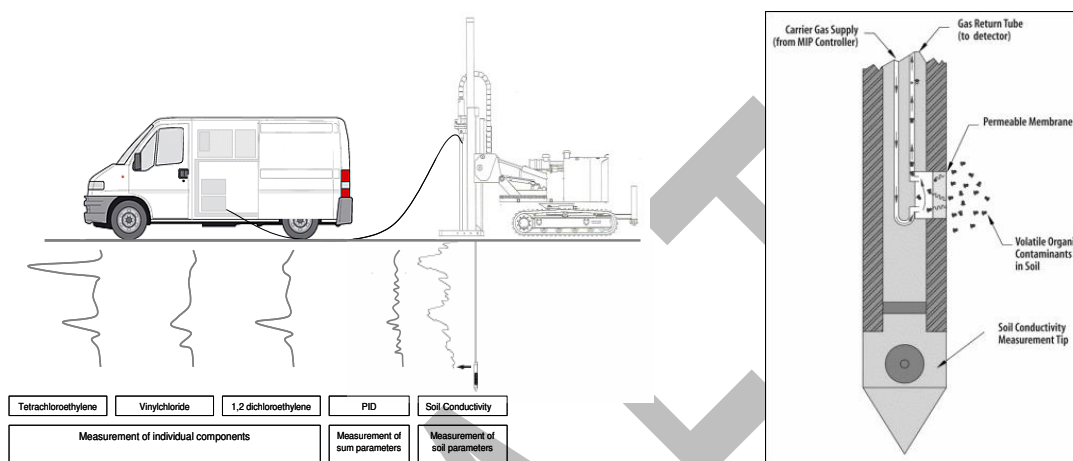


Un changement de la conductivité du sol représente toujours une variation des caractéristiques du sol. La conductivité est influencée par 1) la granulométrie, 2) la minéralogie des particules de sol, 3) les caractéristiques du fluide contenu dans les pores.

2.2.2 Méthode EnISSA MIP

La sonde MIP comprend une membrane hydrophobe, semi-perméable et incorporée dans un bloc chauffant (Figure 4). Pendant le sondage, le sol est chauffé localement à plus ou moins 120°C à l'aide du bloc chauffant, volatilisant les composés organiques volatils à proximité de la sonde. L'évaporation des COV cause un gradient à travers la membrane, permettant la diffusion des COV vers un gaz porteur inerte. Le gaz porteur transporte les COV à travers le câble vers les détecteurs en surface.

Image 2.4 Illustration de la sonde MIP



Le MIP conventionnel utilise une combinaison de 3 détecteurs: DELCD, PID et FID. Cependant, les limites de détection de ces 3 détecteurs sont en général plus élevées que les valeurs d'assainissement. En conséquence, le système MIP traditionnel ne peut être utilisé que pour délimiter les pollutions de source. La détermination quantitative des concentrations et la délimitation du panache étant impossibles.

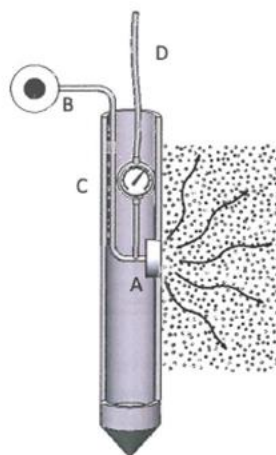
La EnISSA MIP utilise un système innovant d'échantillonnage du gaz couplant la sonde MIP au GCMS. Par une amélioration du système GCMS et la méthode d'analyse, le temps d'analyse est de plus ou moins une minute.

Avec la méthode EnISSA MIP, il est possible de caractériser les composés individuels et de cartographier le profil du sol et la pollution des zones sources et des panaches, tant (semi)-quantitativement que qualitativement.

2.2.3 Profilage hydraulique

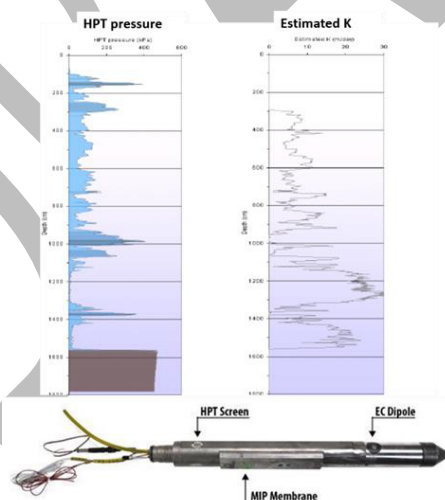
L'outil de profilage hydraulique (HPT) utilise une pompe à eau et un transducteur de pression pour injecter un débit d'eau constant, d'environ 300 ml/min, dans le sous-sol (image 2.5).

Image 2.5 Conception de la sonde HPT: filtre HPT (A), ligne d'alimentation en eau (B), manomètre (C), câble de données (D)



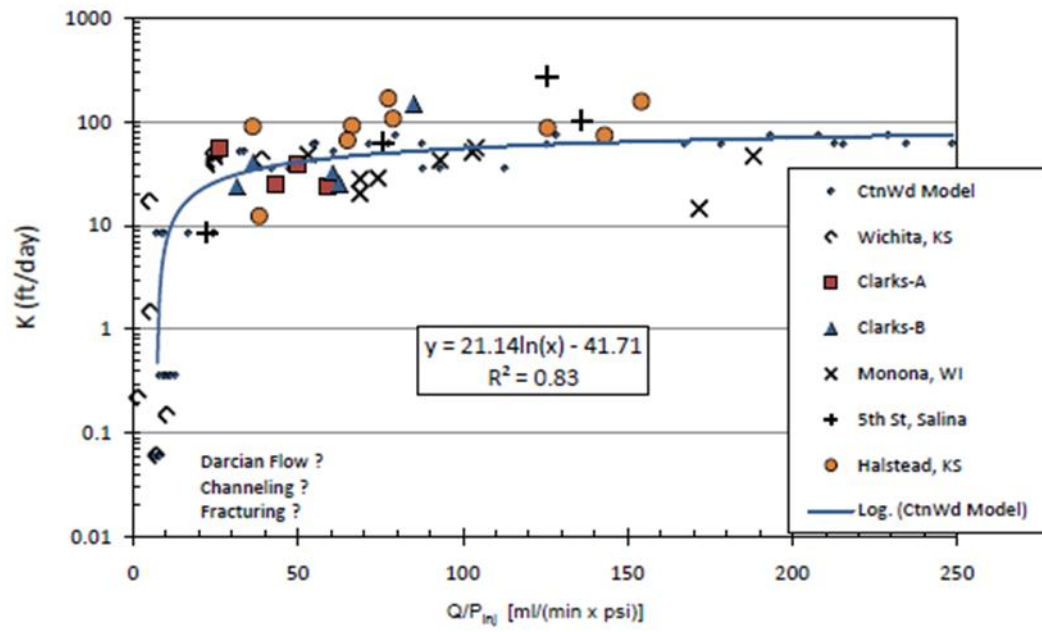
Le HPT (hydraulic profiling tool) est un outil de diaggraphie qui mesure la pression nécessaire pour injecter un débit d'eau déterminé dans le sol à mesure que la sonde avance dans le sous-sol. Ce log de pression d'injection est un excellent indicateur de la perméabilité de la formation. En plus de la mesure de la pression d'injection, le HPT peut également être utilisé pour mesurer la pression hydrostatique dans des conditions de débit nul. Cela permet de développer un profil de pression piézométrique absolu pour le log et de prédire la position de la nappe phréatique. Le profil piézométrique peut être utilisé pour calculer la pression corrigée du HPT.

Image 2.6 La sonde avec le HPT filtre. Sur la gauche un log illustré la pression nécessaire pour injecter un débit d'eau et en droite la conductivité hydraulique (K) dans la formation saturée



Le modèle suivant (image 2.7) est basé sur des tests HPT corrélés - slug tests à plusieurs endroits à partir desquels la courbe ci-dessous a été dérivée. Les limites du modèle, tant du côté des basses que des hautes pressions, doivent être prises en compte. Elles sont principalement dues à la moindre sensibilité du capteur de pression à basse pression et, à haute pression, les observations suggèrent que l'eau injectée est plus susceptible de s'écouler le long des tiges ou des fissures. De manière conservatrice, pour des valeurs de K inférieures à 0,03 m/jour et supérieures à 23 m/jour, on doit supposer que l'incertitude sur les résultats augmente. (W. McCall and T.M. Christy, 2020)

Image 2.7 Modélisé estimé K



3

TRAVAIL DE TERRAIN

La campagne de mesure a été menée du 25 juillet au 28 juillet par Max Vercruyssen et Nikolas Jansegers. Les points d'investigation sont indiqués par les responsables de Apave sur le site et les mesures XYZ des points ont été effectuées par Apave. Un pré-forage manuel jusqu'à 1.5 m a été réalisé pour les sondages. La tête de forage à béton a été utilisée plusieurs fois pour traverser le remblais. Les tableaux 3.1 et 3.1 donnent un aperçu des sondage et des échantillonnages d'air effectués.

Tabel 3.1 Aperçu EnISSA MiHPT sondages

EnISSA MIP	Profondeur EnISSA MIP-sondage (m-mv)	X-coordonnées	Y-coordonnées
eMiHPT 1	9.6		
eMiHPT 2	9.6		
eMiHPT 3	10.2		
eMiHPT 4	8.7		
eMiHPT 5	9.9		
eMiHPT 6	10.2		

Pour chaque sondage, la sonde a été arrêtée tous les 30 cm pendant 60 secondes pour permettre le sol de chauffer jusqu'à 120°C et la contamination d'entrer en équilibre avec la sonde MIP.

A la demande du client, la présence de **perchloroéthène, trichloroéthène, cis-1,2-dichloroéthène** et **chlorure de vinyle** a été investiguée.

Tabel 3.2 échantillonnages d'air

EnISSA MIP	date de l'échantillonnage	heure de l'échantillonnage	X-coordonnées	Y-coordonnées
VP 1	26/07/2022	8:54		
VP 2	26/07/2022	9:20		
VP 3	26/07/2022	10:07		
VP 4	26/07/2022	8:47		
VP 5	26/07/2022	7:41		
VP 6	26/07/2022	7:45		
VP 7	26/07/2022	10:21		
VP 8	26/07/2022	9:40		
VP 9	25/07/2022	16:34		
VP 10	25/07/2022	15:38		
VP 11	26/07/2022	11:57		

EnISSA MIP	date de l'échantillonnage	heure de l'échantillonnage	X-coordonnées	Y-coordonnées
VP 12	25/07/2022	17:58		
VP 13	25/07/2022	17:46		
VP 14	25/07/2022	17:41		
VP 15	26/07/2022	11:52		
VP 16	26/07/2022	12:10		
VP 17	26/07/2022	16:27		
VP 18	26/07/2022	17:20		
VP 19	26/07/2022	12:03		
VP 20	25/07/2022	17:10		
VP 21	26/07/2022	15:38		
VP 22	26/07/2022	15:02		
VP 23	26/07/2022	15:23		
VP 24	26/07/2022	15:08		
VP 25	26/07/2022	14:54		

A la demande du client, la présence de **perchloroéthène, trichloroéthène, cis-1,2-dichloroéthène, chlorure de vinyle, benzène et toluène** a été investiguée.

4

RESULTATS

4.1 Résultats EnISSA MIP

Les données concernant les profils EnISSA MIP sont représentées dans l'annexe 1. Pour chaque profil, la conductivité, la température de la membrane, la vitesse de sondage et les composés individuels sont illustrés.

Composés individuels: Le profil du sol avec une indication de la concentration est représenté par composé mesuré. La concentration est calculée sur base d'une calibration effectuée au laboratoire. Remarquez que les concentrations représentées sont uniquement une indication de la quantité de pollution présente dans le sol. La limite de détection au laboratoire est de l'ordre de 10 µg/l, dépendant du composé à mesurer.

Photo Ionization Detector (PID): Paramètres sommés: Des composés, comme les BTEX et certains hydrocarbures chlorés (non saturés) comme les chloroéthènes, avec un potentiel d'ionisation inférieur à 10,2 eV sont détectés par le PID.

Conductivité du sol: les valeurs limites pour les types de sol (sable, limons et argile) sont représentées en figure 2. Notez que dans la zone saturée, la conductivité est plus élevée par rapport à la zone non saturée.

Température de la membrane: La température de la membrane est gardée à plus constante possible. Celle-ci doit se trouver entre 110°C et 130°C. Le temps d'attente fait que, par mesure, la température est plus ou moins égale à 120°C.

4.2 Interprétation des résultats

La sonde MIP est un outil de screening pour évaluer la présence de COV dans le sous-sol. Elle peut être appliquée à la zone saturée, ainsi qu'à la zone non saturée. Les signaux MIP d'EnISSA spécifiques aux composés peuvent être calibrés pour estimer les concentrations dans les eaux souterraines (µg/L). Cette calibration concerne donc la zone saturée. Dans la zone non saturée, une conversion en concentration d'eau souterraine n'est évidemment pas significative et ces chiffres doivent être interprétés comme des unités arbitraires. Veuillez noter que le principe du screening des COV avec le MIP repose sur le transfert des COV du sous-sol à travers la membrane chauffée du MIP.

Dans le cas de niveaux élevés de contaminants, la contamination sera présente dans différents milieux : dissoute dans l'eau souterraine, adsorbée aux particules du sol, adsorbée à la matière organique, sous forme de produits résiduels ou en phase libre (DNAPL). Puisque toutes les phases contribueront à la présence de COV dans la phase gazeuse du MIP, les résultats ne comprendront pas seulement les contaminants des eaux souterraines et devront être interprétés de manière plus complète.

4.3 Calibration

Le système entier est calibré avant la campagne.

La calibration de la méthode EnISSA MIP est réalisée sur base de différentes solutions standards. Par composé, une courbe d'étalonnage doit être faite. Vu que la calibration est faite avec une solution aqueuse du composé en question, la courbe d'étalonnage est applicable à la zone saturée.

Réaliser une calibration précise pour la zone non saturée est difficile. Les résultats sont indicatifs et expliqués dans 'Arbitrary Units' (A.U).

4.4 Contrôle de qualité – Test de réponse

Un essai à blanc est effectué avant chaque sondage.

Un test de réponse est également fait en utilisant une solution standard de toluène D8. Pendant le test, une goutte de la solution est appliquée sur la membrane. Ce test permet d'évaluer le bon fonctionnement de l'équipement MIP.

4.5 Brève discussion des résultats

4.5.1 échantillons de gaz du sol

Quelques tendances importantes peuvent être observées à partir de l'analyse de l'air du sol. Le principal composant de la charge polluante est le perchloroéthène (PCE). Les concentrations les plus élevées ont été trouvées aux emplacements 6 et 18 (environ 1 g/m^3). Des concentrations de PCE dix fois inférieures ont été détectées aux emplacements 20, 23 et 22 et une diminution de deux à cinq fois de la concentration a été détectée aux emplacements 13, 19, 25 et 5. Il convient de noter que ce sont principalement les emplacements de vapeur de sous-sol qui apparaissent dans cette liste. Nous pouvons également constater une tendance selon laquelle les fortes concentrations se trouvent principalement du côté ouest. Pour le produit de dégradation qu'est le trichloréthylène (TCE), les concentrations trouvées sont mille fois inférieures à celles du PCE et le schéma de distribution dans l'espace est également légèrement différent. L'emplacement 6 se distingue à nouveau (environ 70 mg/m^3), suivi des emplacements 8, 2, 20, 5 et 3 (environ $1\text{-}4 \text{ mg/m}^3$). Il convient de noter qu'à l'exception de l'emplacement 20, il s'agit principalement d'emplacements au rez-de-chaussée et à l'emplacement 18, un hotspot pour le PCE, $<1 \text{ mg/m}^3$ de TCE a été mesuré.

Par la suite, c'est principalement sur l'emplacement 20 que le cis-1,2-Dichloroéthène (cis12DCE) et le chlorure de vinyle (VC) ont été mesurés et sur les emplacements 23 et 22 également le cis12DCE. Cela indique une dégradation déjà plus avancée à ces endroits.

REMARQUE: Pour exécuter le VP19, la première tentative a été avortée lorsque le béton a été perforé et qu'une obstruction en fer a été rencontrée. Une deuxième tentative a été faite 70 cm plus loin et a été réalisée avec succès. Cependant, il faut noter que le trou de la première tentative était encore ouvert au moment de l'échantillonnage et qu'il a pu y avoir un mélange d'air ambiant dans l'air du sol.

4.5.2 Géologie

Si nous regardons la conductivité (CE) et la perméabilité hydraulique (données HPT), nous pouvons voir beaucoup d'hétérogénéité. Quand nous examinons les données CE, un fait remarquable en général est la stratification fine. Ainsi que la tendance principale qu'est que dans le premier mètre, des valeurs CE élevées ont été mesurées, puis il y a une couche plus large où seules des valeurs CE plus faibles ont été mesurées et à la fin des sondes, une augmentation des valeurs CE peut à nouveau être observée. Bien que ces tendances puissent être observées à peu près partout, chaque couche se manifeste presque différemment dans chaque sondage.

Les valeurs CE les plus élevées indiquent des couches avec une structure de grain plus fine. Dans la première

grande couche, celles-ci sont alternées avec des couches minces avec des valeurs CE plus faibles, indiquant une alternance avec des couches qui ont une texture de sol plus grossière.

Si nous examinons les données HPT, nous pouvons observer quelques tendances supplémentaires. Dans les sondages 1, 2, 3 et 5, on constate une similitude du profil en présence de l'exigence d'une pression moyenne HPT interrompue par des couches fines avec une résistance beaucoup plus grande. Il est à noter que ces couches sont situées à une profondeur proportionnellement plus grande vers le nord. On remarque également la baisse de la pression requise dans tous les sondages à une plus grande profondeur, sauf le sondage 4 où il n'est pas perceptible. Pour les sondages 1, 2, 3, 5 et 6, cela se situe respectivement entre 7 et 8 m-mv, entre 7,5 et 9 m-mv, à partir de 9,5 m-m, autour de 9 m-mv et autour de 9,5 m-mv. Cela indique une couche avec une conductivité hydraulique très élevée. Enfin, dans tous les sondages, à l'exception du sondage 3, une augmentation de la pression du HPT peut être observée à la fin du sondages.

4.5.3 EnISSA-MIP

La principale conclusion de la campagne de sondage MIP est que la contamination est située dans la zone la plus perméable avec des valeurs CE faibles et que les concentrations les plus élevées* ont été trouvées dans le sondage 5. Notez également que la profondeur du maximum de concentration se situe juste au niveau ou en dessous de la nappe phréatique. Au-dessus de la nappe phréatique, le perchloroéthène est détecté principalement dans les sondages 5 et 6. Les sondages 2 et 6 se distinguent par la moindre présence de trichloroéthylène, alors que des concentrations similaires de trichloroéthylène et de dichloroéthylène se retrouvent dans les sondages 3, 4 et 5.

Dans le sondage 1, aucun composant n'a été trouvé au-dessus de la limite de détection.

* Pendant le forage EnISSA, la membrane est chauffée à 120° C. De cette façon, toutes les phases des contaminants sont traitées, de sorte que les résultats EnISSA-MIP donnent une image plus complète de la contamination que les méthodes traditionnelles. Certainement dans un substrat à grains fins cet effet est plus fort. La présence de ces contaminants dans la fraction du sol et dans la phase gazeuse peut améliorer les résultats EnISSA-MIP. Les concentrations supérieures à la solubilité spécifique de chaque contaminant dépassent la plage linéaire de l'étalonnage EnISSA-MIP. Pour ces concentrations élevées, les résultats sont qualitativement plutôt que semi-quantitatifs. De telles concentrations élevées sont habituellement dues à la présence d'une phase pure (résiduelle).

REMARQUE: Le sondage 3 a été interrompu lorsque la force maximale de l'équipement de forage a été atteinte. Les sondages restants ont été effectués jusqu'à ce que la couche d'argile soit atteinte. Toutes les sondages ont été remplies par le haut avec des granules de bentonite.

Annexe(s)

DRAFT

I

ANNEXE: ENISSA MIP-LOG

DRAFT



ANNEXE: PLAN DE LOCALISATION ENISSA MIP'S

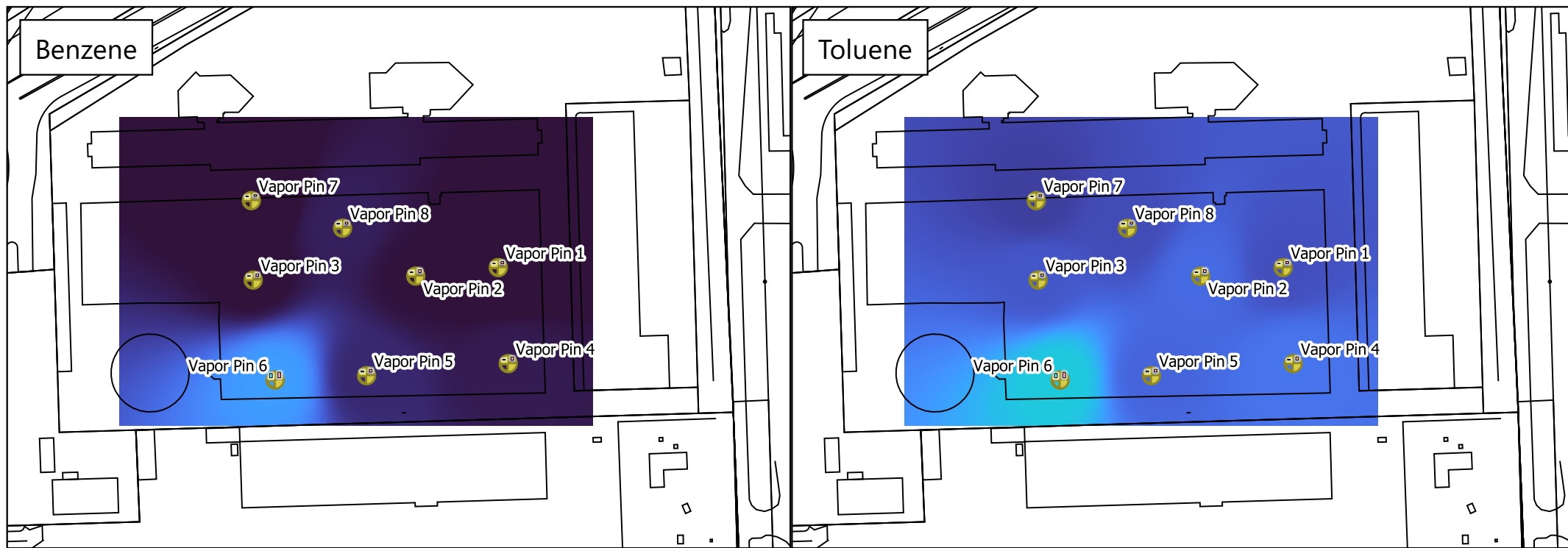
DRAFT



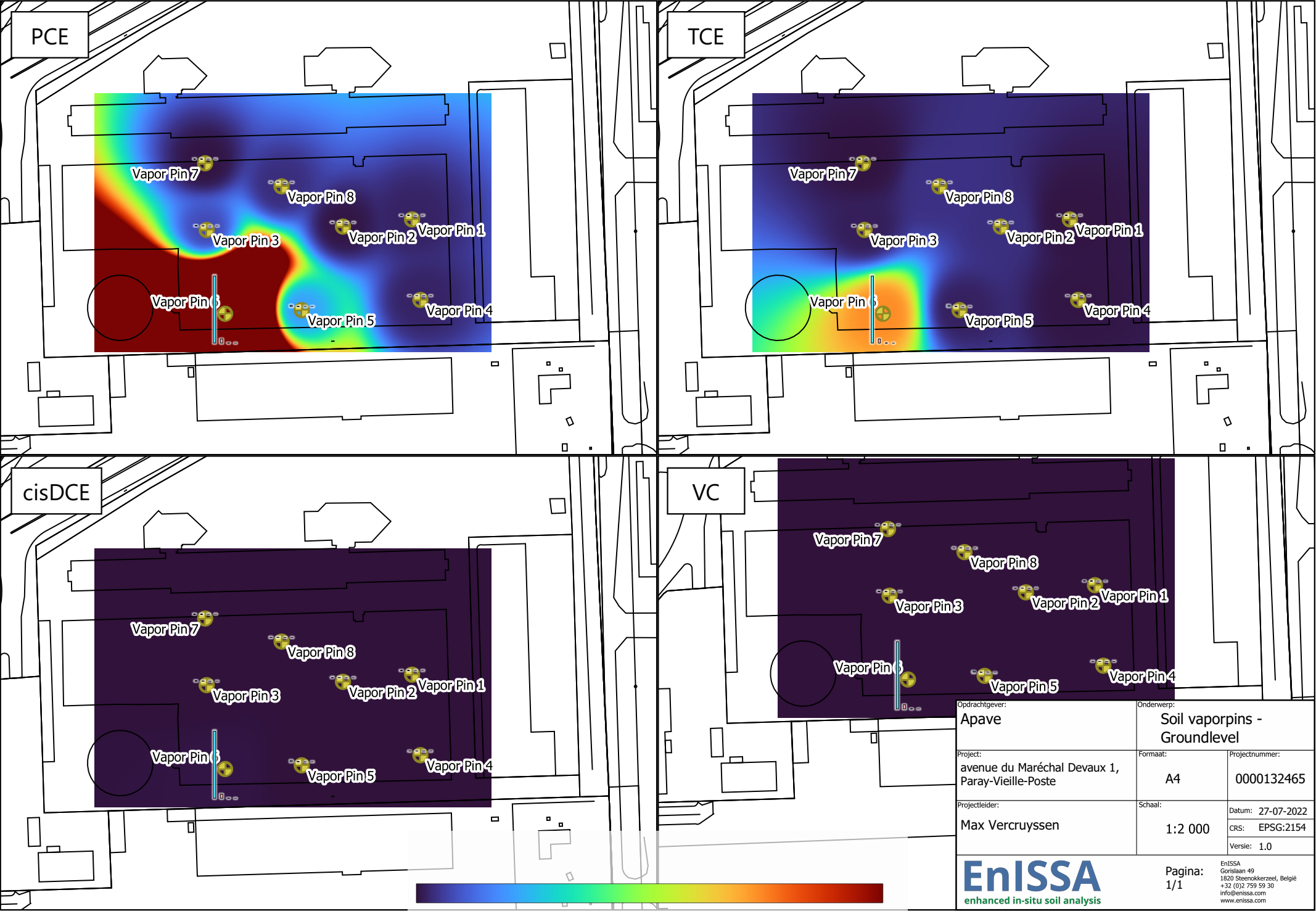
ANNEXE: PLAN ÉCHANTILLONNAGE VAPEUR SOUS-DALLE

DRAFT

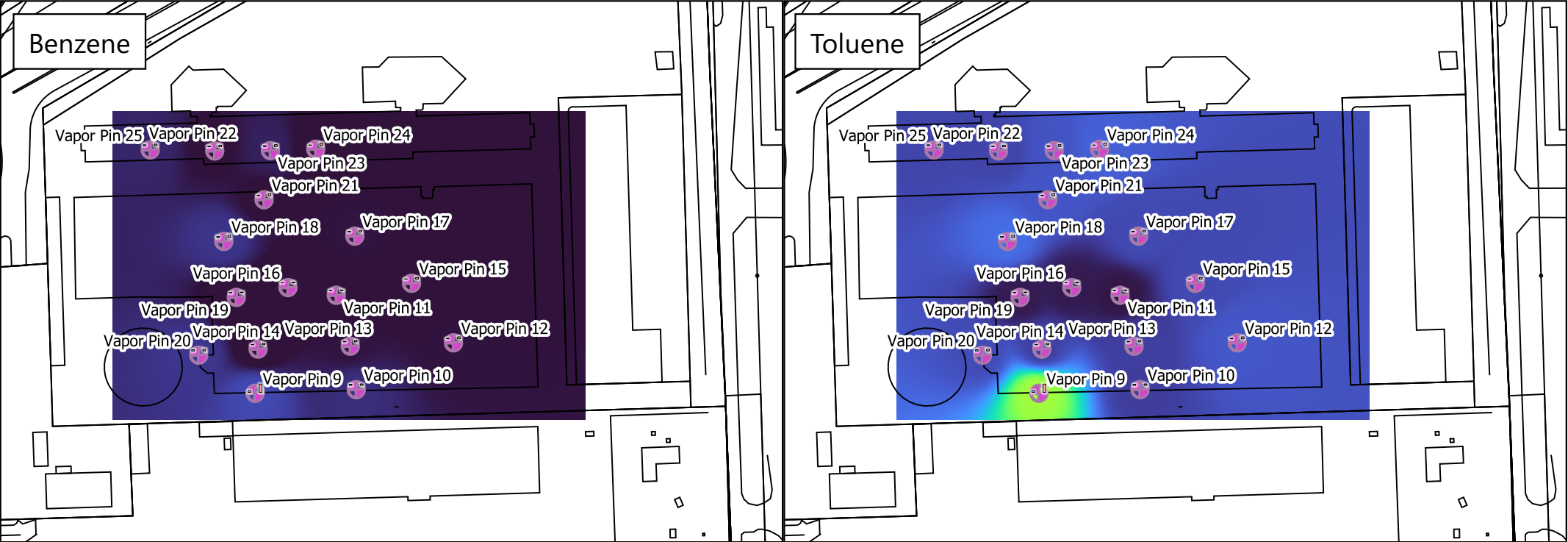
DRAFT



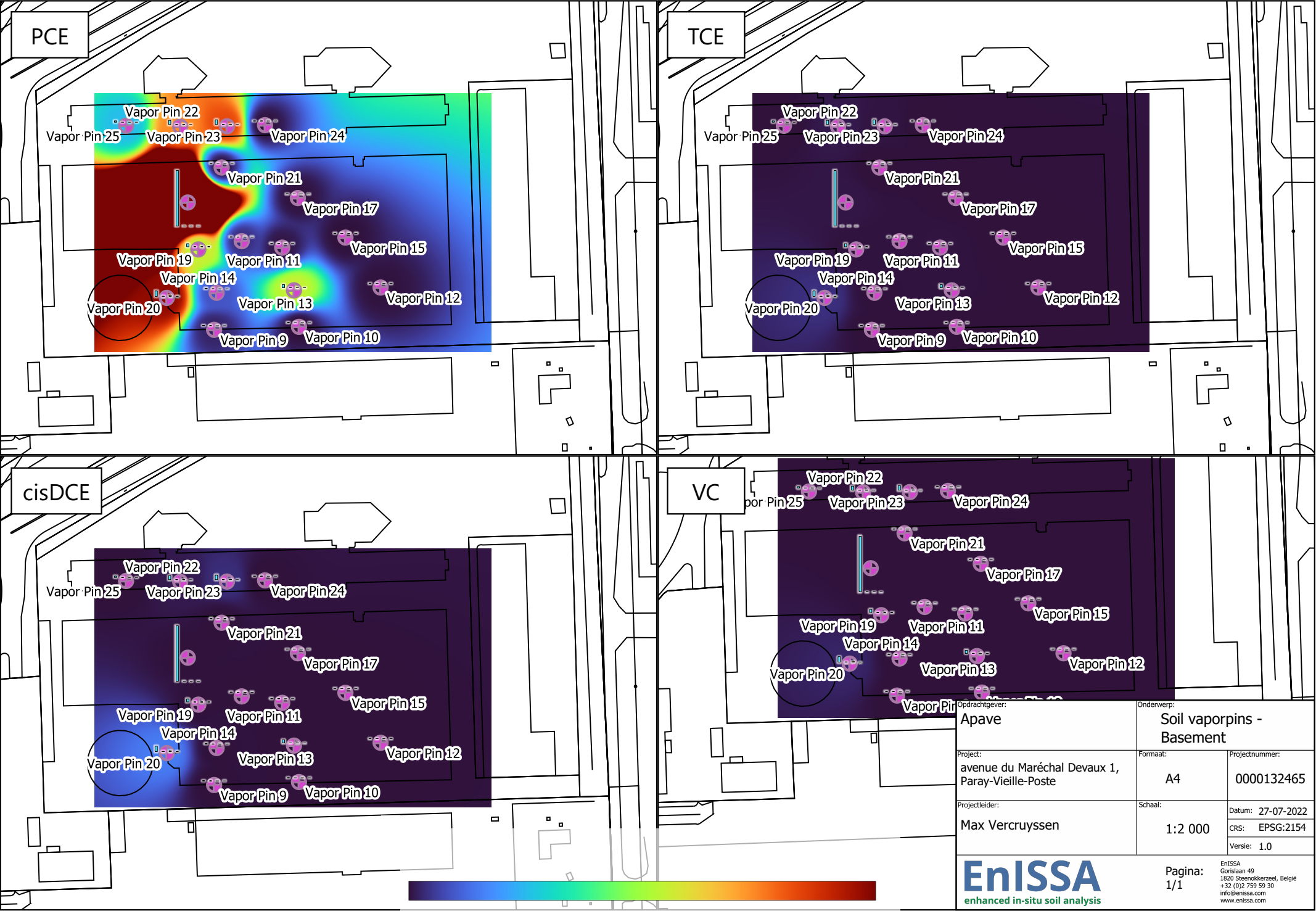
Opdrachtgever: Apave	Onderwerp: Soil vaporpins - Groundlevel	
Project: avenue du Maréchal Devaux 1, Paray-Vieille-Poste	Formaat: A4	Projectnummer: 0000132465
Projectleider: Max Vercruyssen	Schaal: 1:2 000	Datum: 27-07-2022 CRS: EPSG:2154 Versie: 1.0
EnISSA enhanced in-situ soil analysis		Pagina: 1/1 EnISSA Gorislaan 49 1820 Steenokkerzeel, België +32 (0)2 759 59 30 info@enissa.com www.enissa.com



Opdrachtgever: Apave		Onderwerp: Soil vapors - Groundlevel	
Project: avenue du Maréchal Devaux 1, Paray-Vieille-Poste		Formaat: A4	Projectnummer: 0000132465
Projectleider: Max Verduyssen		Schaal: 1:2 000	Datum: 27-07-2022 CRS: EPSG:2154 Versie: 1.0
EnISSA enhanced in-situ soil analysis		Pagina: 1/1	EnISSA Gorislaan 49 1820 Steenokkerzeel, België +32 (0)2 759 59 30 info@enissa.com www.enissa.com



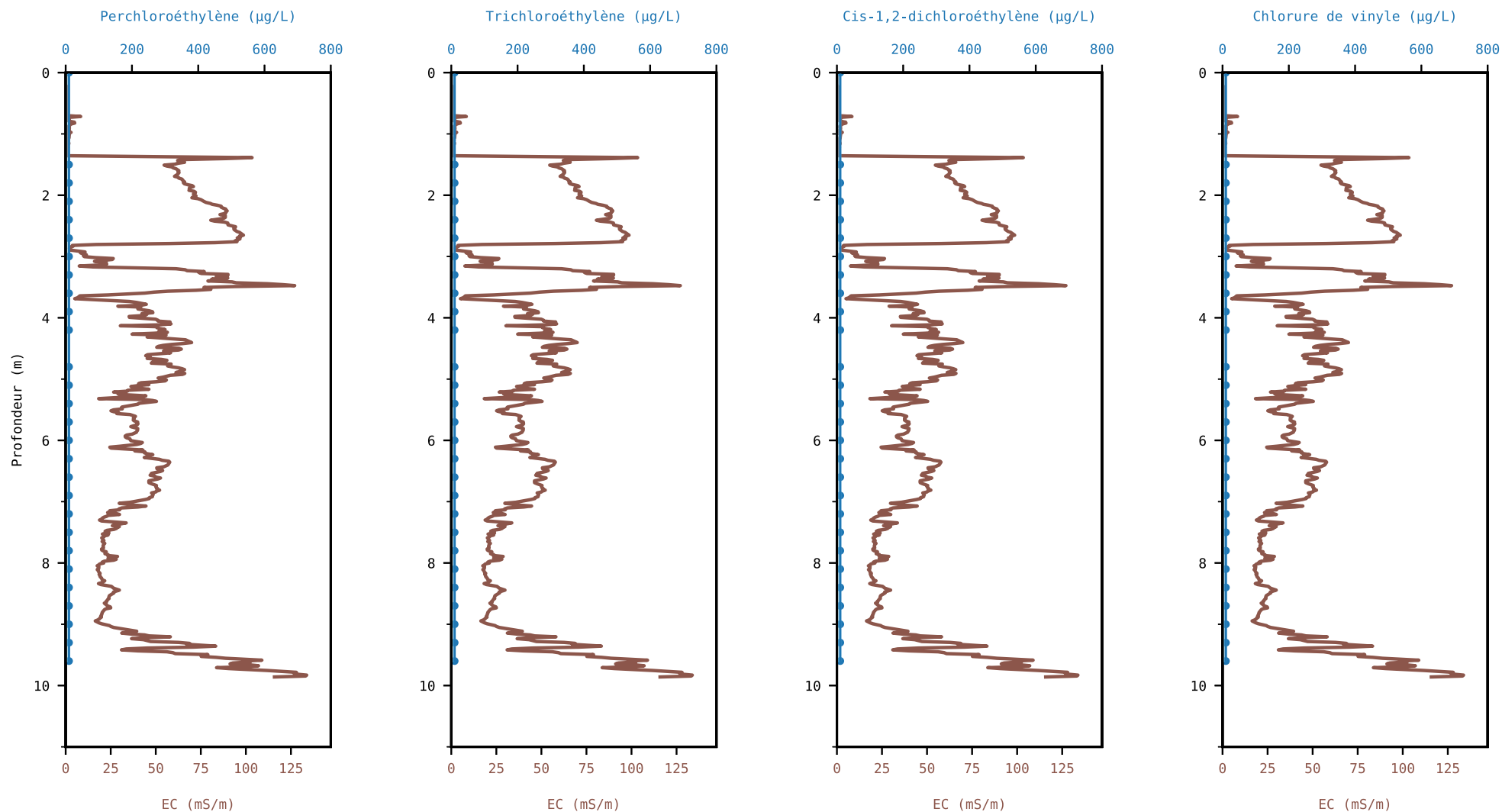
Opdrachtgever: Apave	Onderwerp: Soil vaporpins - Basement	
Project: avenue du Maréchal Devaux 1, Paray-Vieille-Poste	Formaat: A4	Projectnummer: 0000132465
Projectleider: Max Vercruyssen	Schaal: 1:2 000	Datum: 27-07-2022 CRS: EPSG:2154 Versie: 1.0
EnISSA enhanced in-situ soil analysis		Pagina: 1/1 EnISSA Gorislaan 49 1820 Steenokkerzeel, België +32 (0)2 759 59 30 info@enissa.com www.enissa.com



10 µg/m³ 100 000 µg/m³

Opdrachtgever: Apave		Onderwerp: Soil vaporpins - Basement	
Project: avenue du Maréchal Devaux 1, Paray-Vieille-Poste		Formaat: A4	Projectnummer: 0000132465
Projectleider: Max Vercruyssen		Schaal: 1:2 000	Datum: 27-07-2022 CRS: EPSG:2154 Versie: 1.0
EnISSA enhanced in-situ soil analysis		Pagina: 1/1	EnISSA Gorislaan 49 1820 Steenokkerzeel, België +32 (0)2 759 59 30 info@enissa.com www.enissa.com

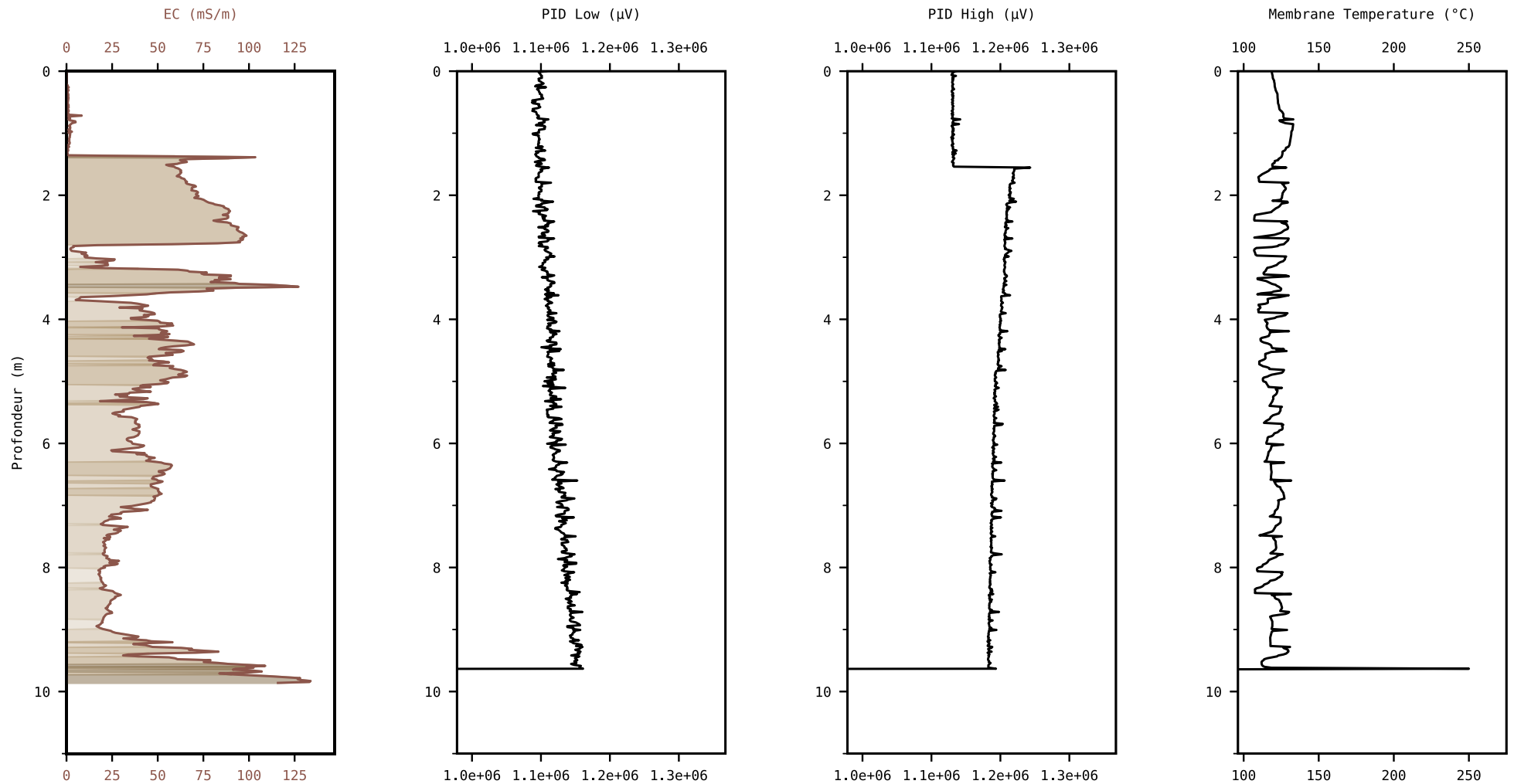
EnISSA-MiHPT 1



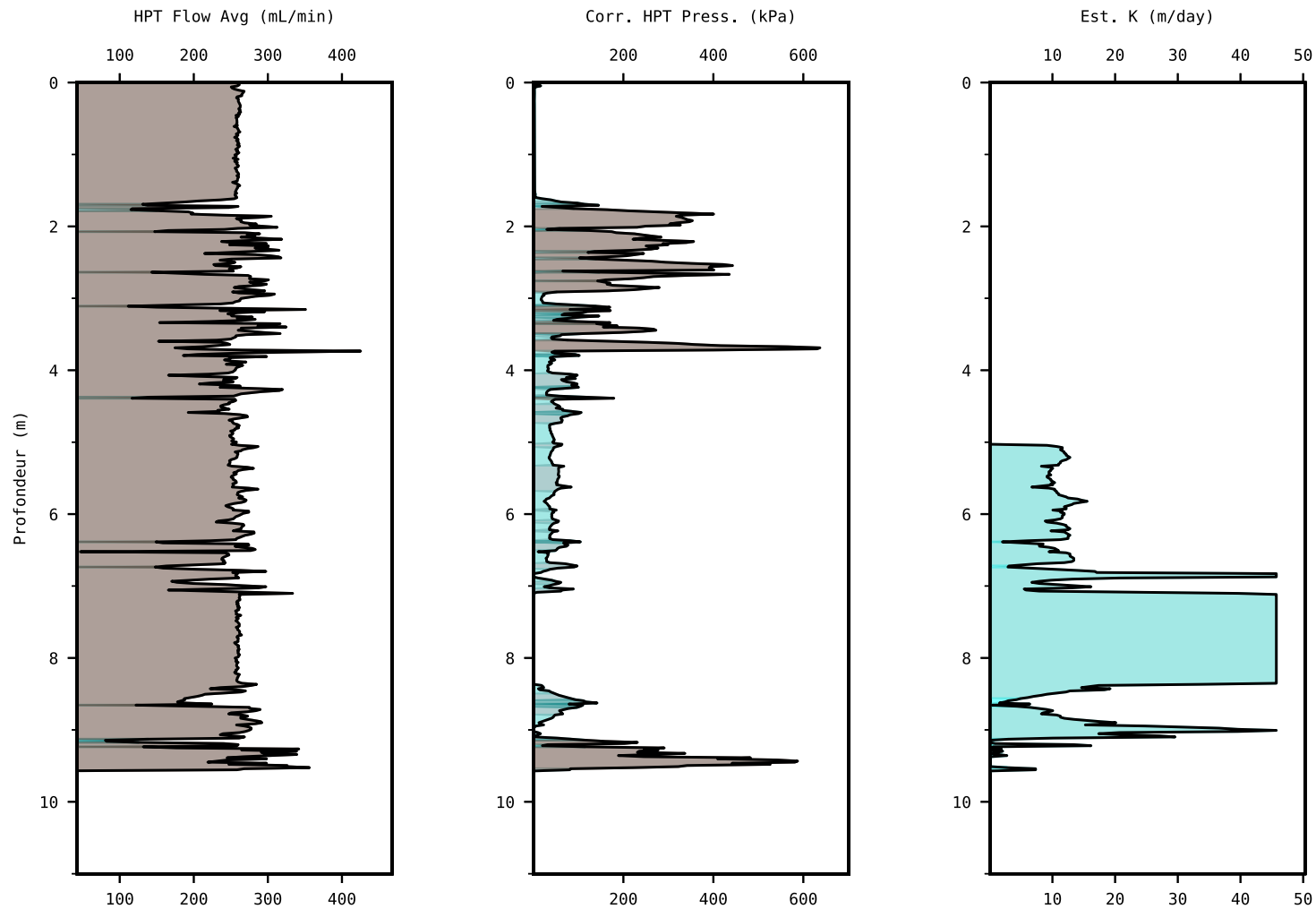
GCMS:

- 10 - 200 µg/L
- 200 - 500 µg/L
- 500 - 1000 µg/L
- 1000 - 5000 µg/L
- 5000 - 10000 µg/L
- 10000 - 100000 µg/L
- >100000 µg/L

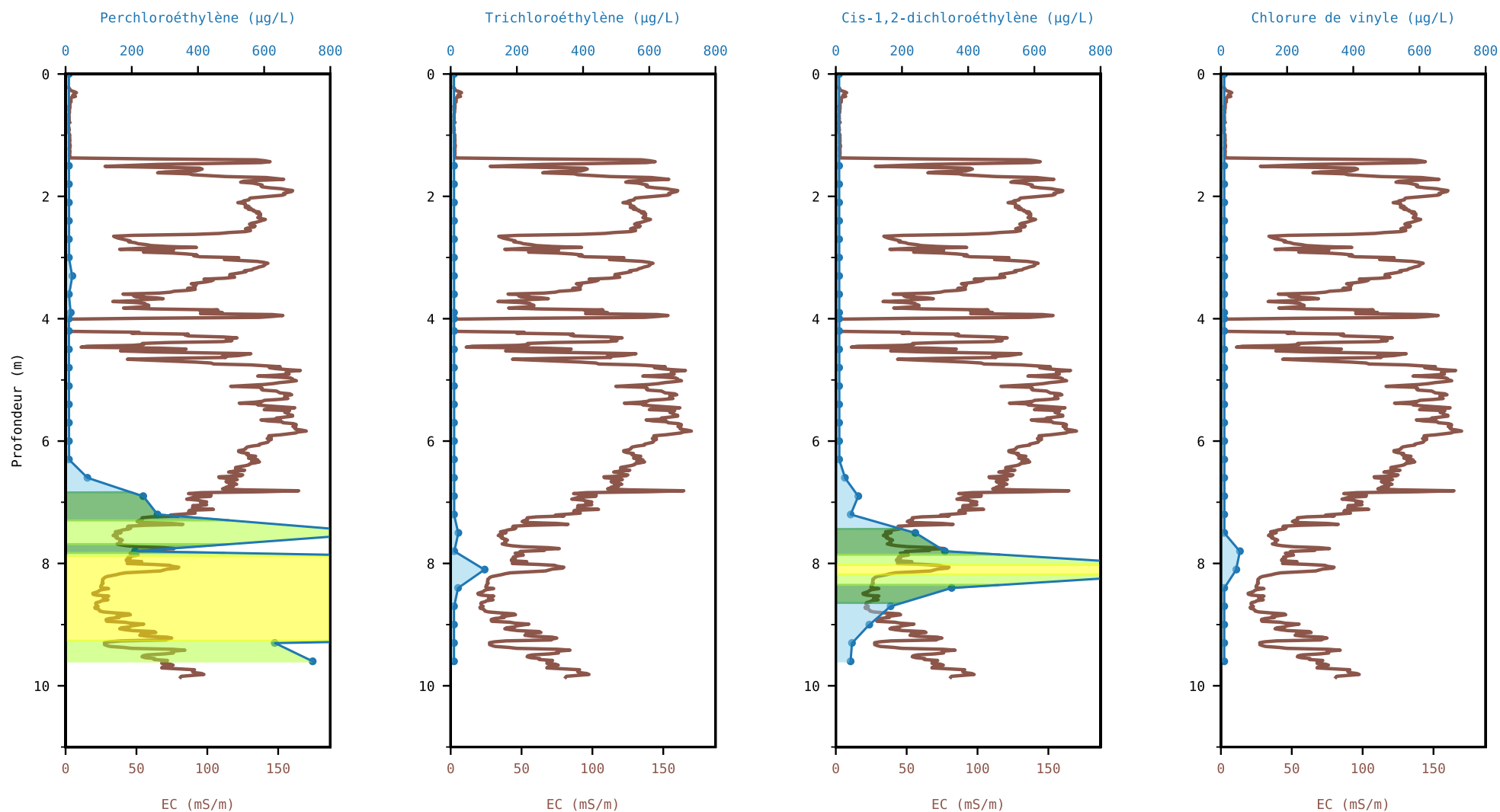
EnISSA-MiHPT 1



EnISSA-MiHPT 1



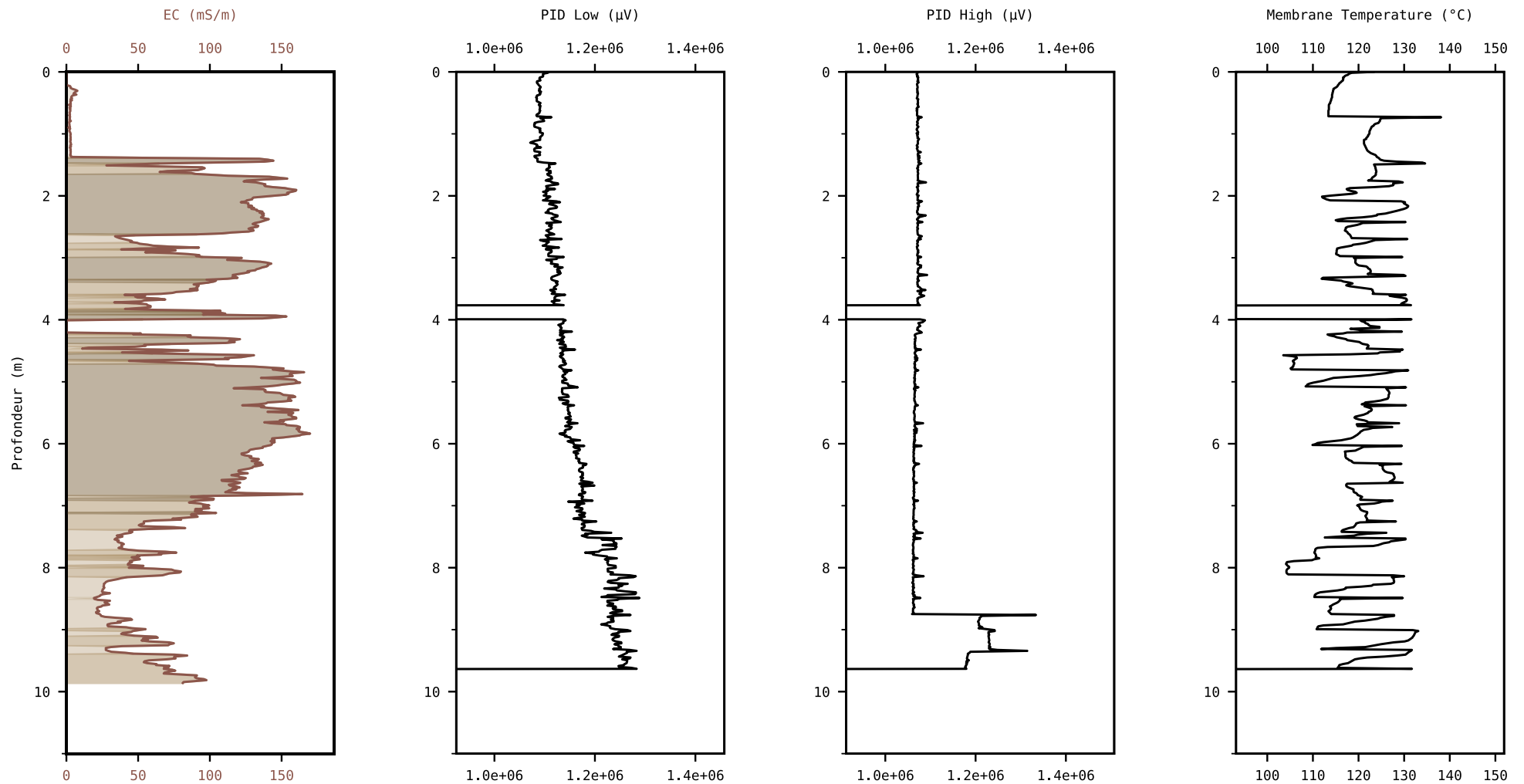
EnISSA-MiHPT 2



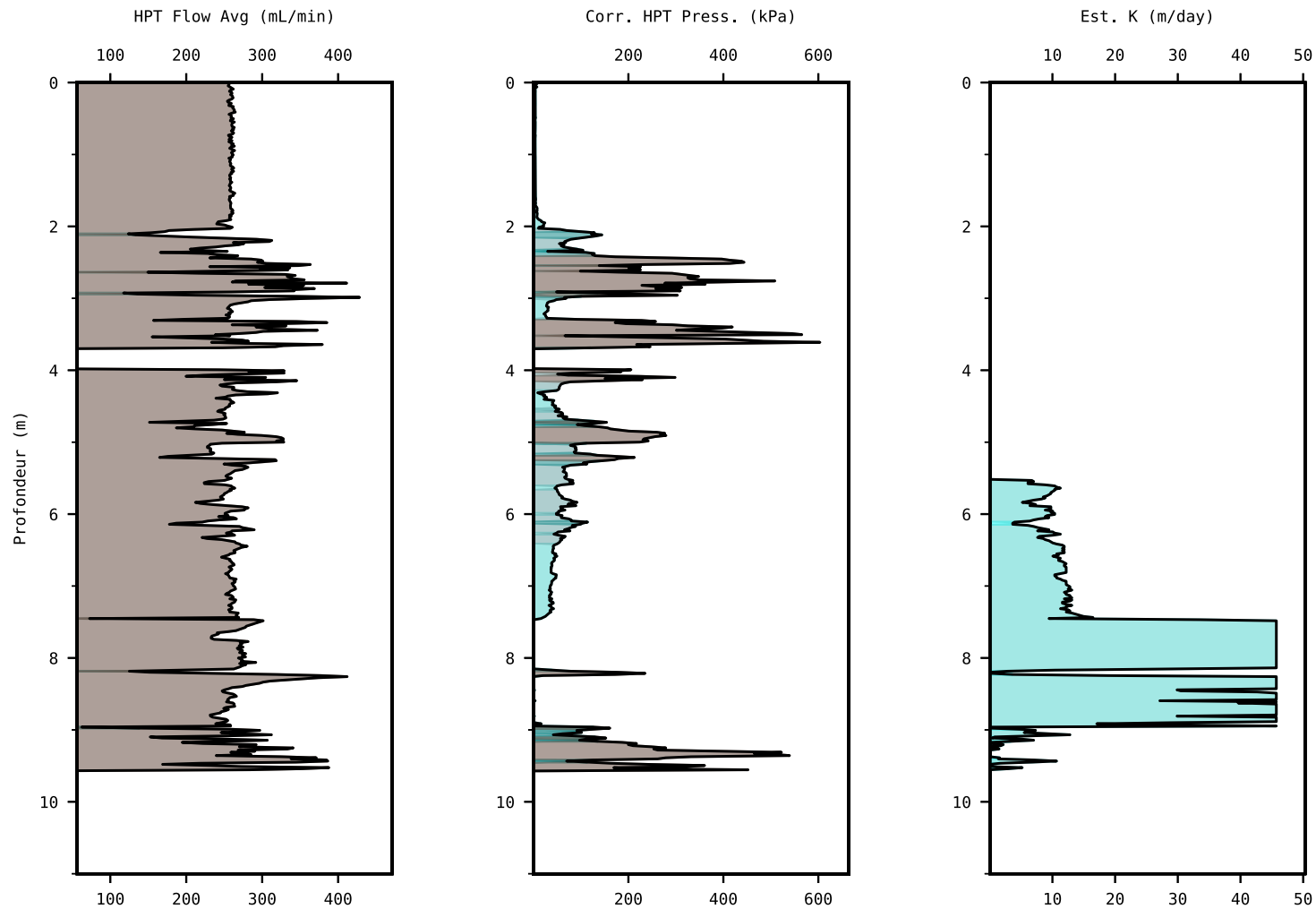
GCMS:

- 10 - 200 µg/L
- 200 - 500 µg/L
- 500 - 1000 µg/L
- 1000 - 5000 µg/L
- 5000 - 10000 µg/L
- 10000 - 100000 µg/L
- >100000 µg/L

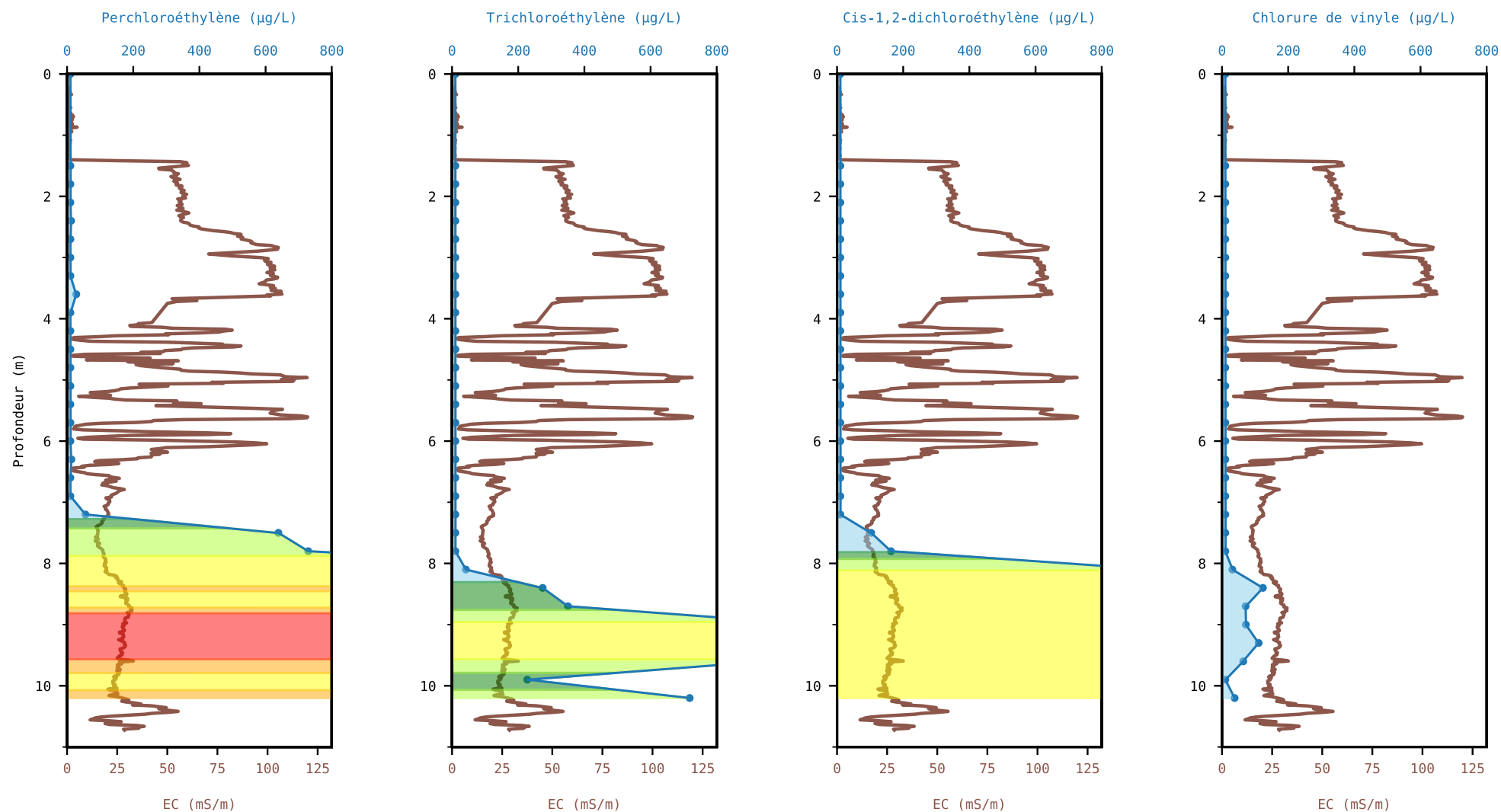
EnISSA-MiHPT 2



EnISSA-MiHPT 2



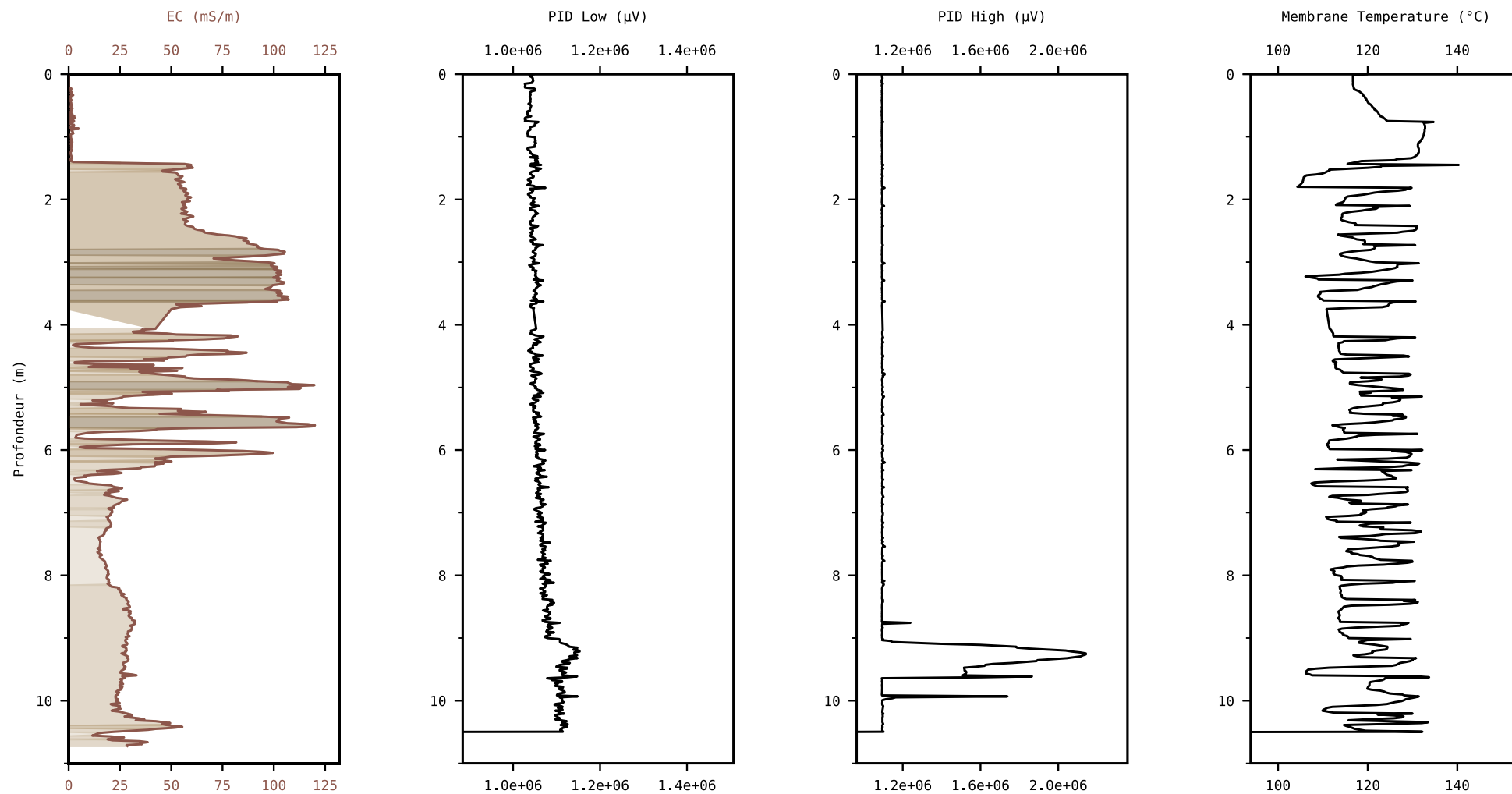
EnISSA-MiHPT 3



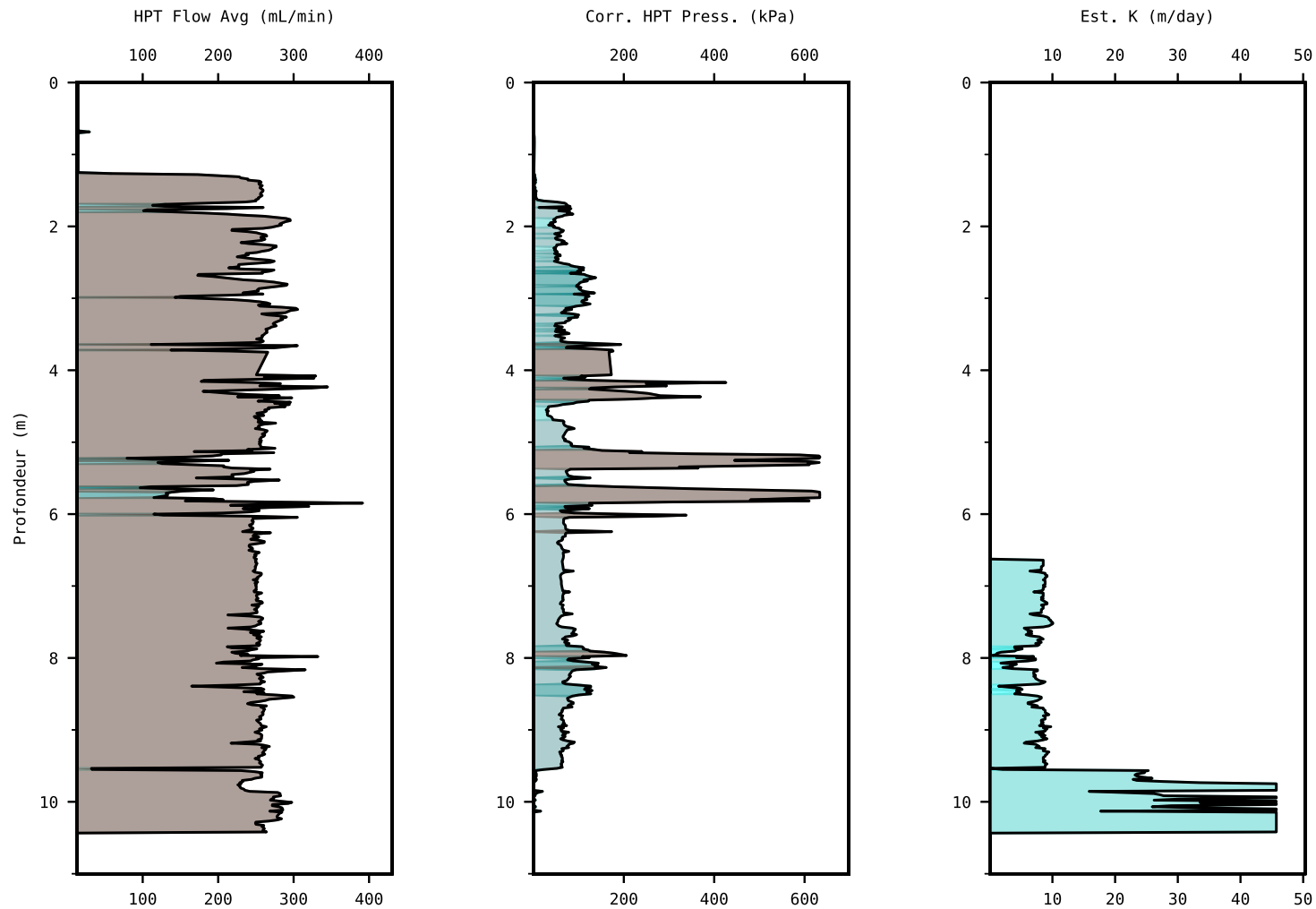
GCMS:

- 10 - 200 $\mu\text{g/L}$
- 200 - 500 $\mu\text{g/L}$
- 500 - 1000 $\mu\text{g/L}$
- 1000 - 5000 $\mu\text{g/L}$
- 5000 - 10000 $\mu\text{g/L}$
- 10000 - 100000 $\mu\text{g/L}$
- >100000 $\mu\text{g/L}$

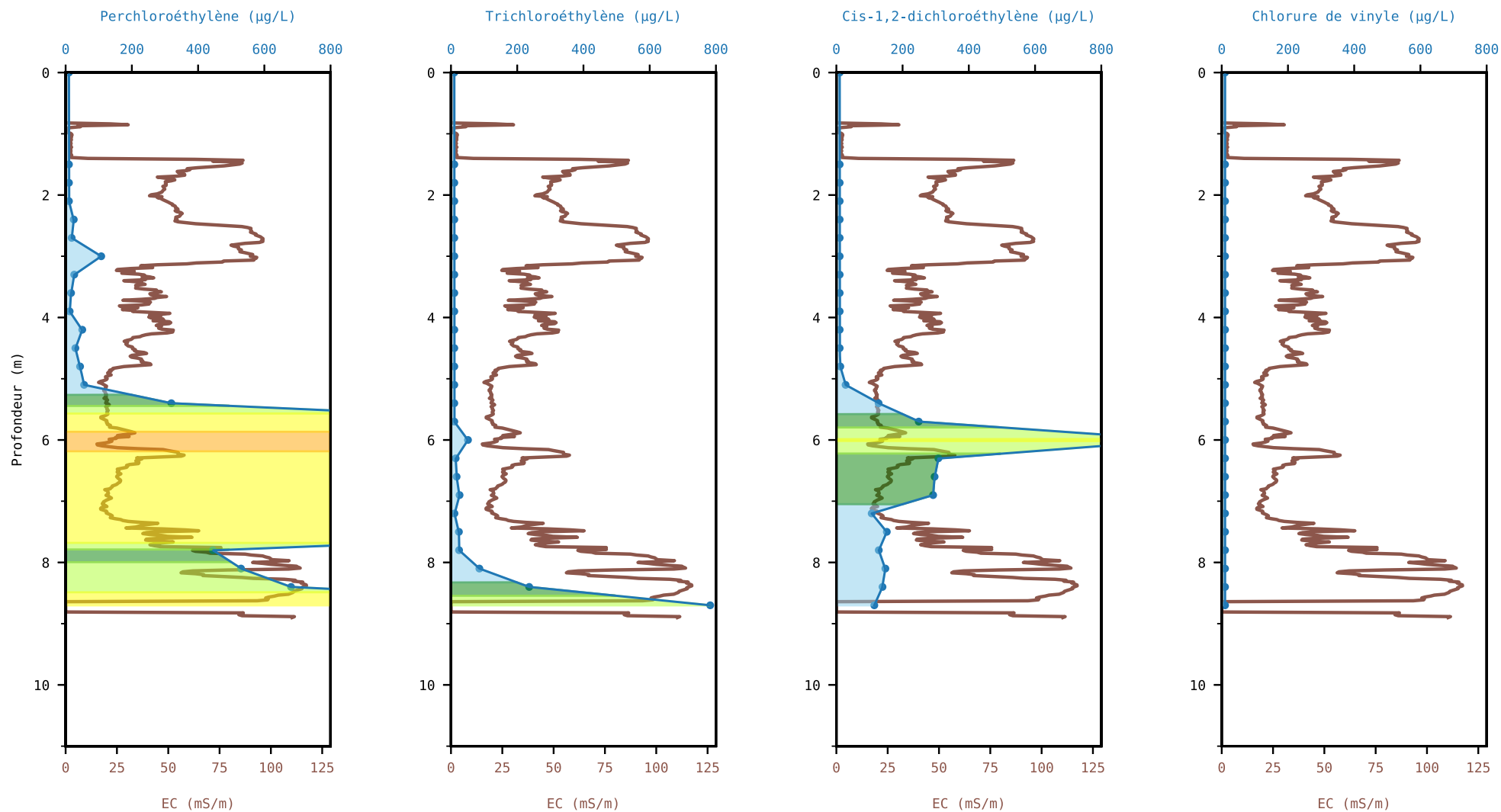
EnISSA-MiHPT 3



EnISSA-MiHPT 3



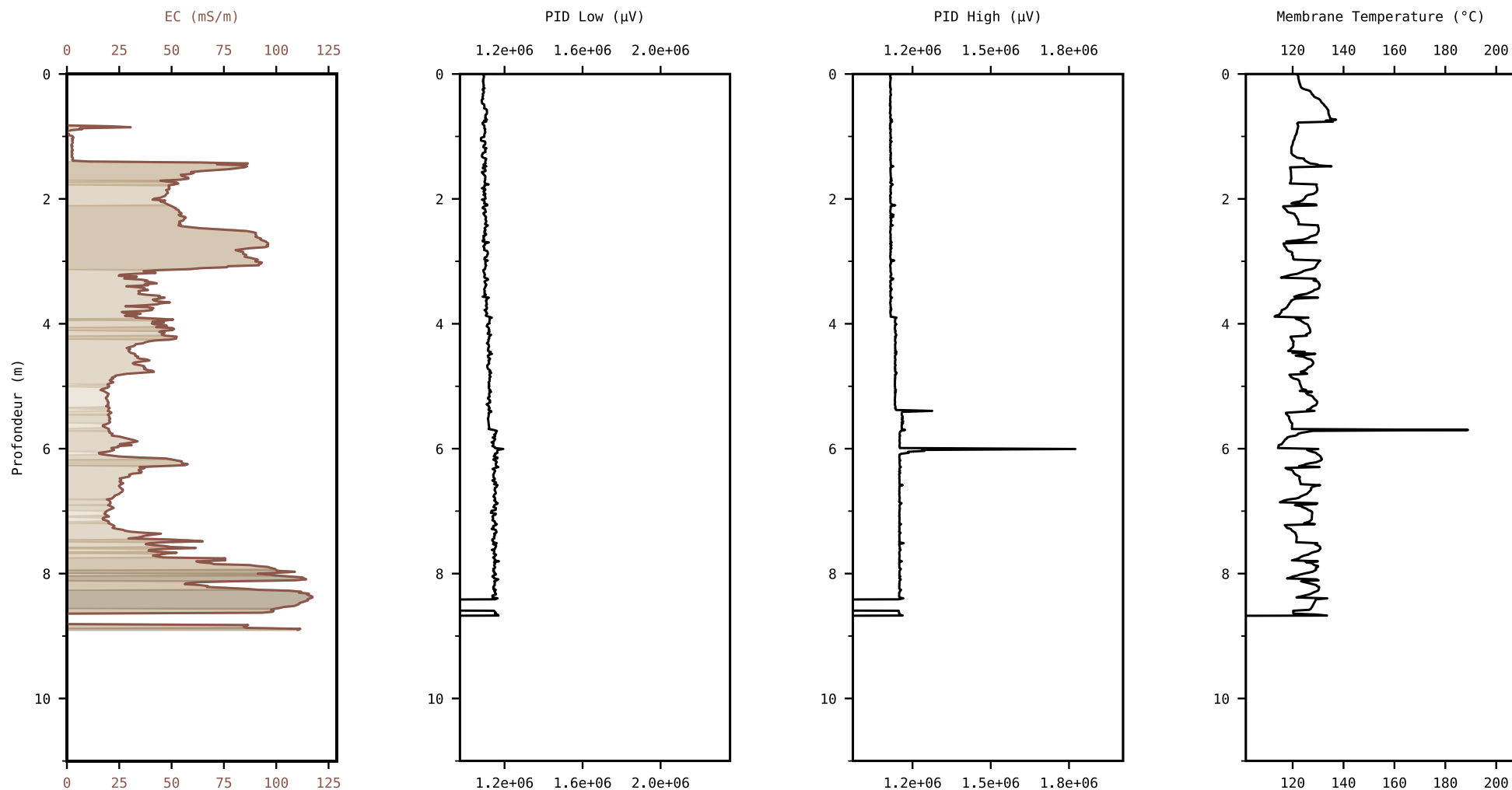
EnISSA-MiHPT 4



GCMS:

- 10 - 200 µg/L
- 200 - 500 µg/L
- 500 - 1000 µg/L
- 1000 - 5000 µg/L
- 5000 - 10000 µg/L
- 10000 - 100000 µg/L
- >100000 µg/L

EnISSA-MiHPT 4

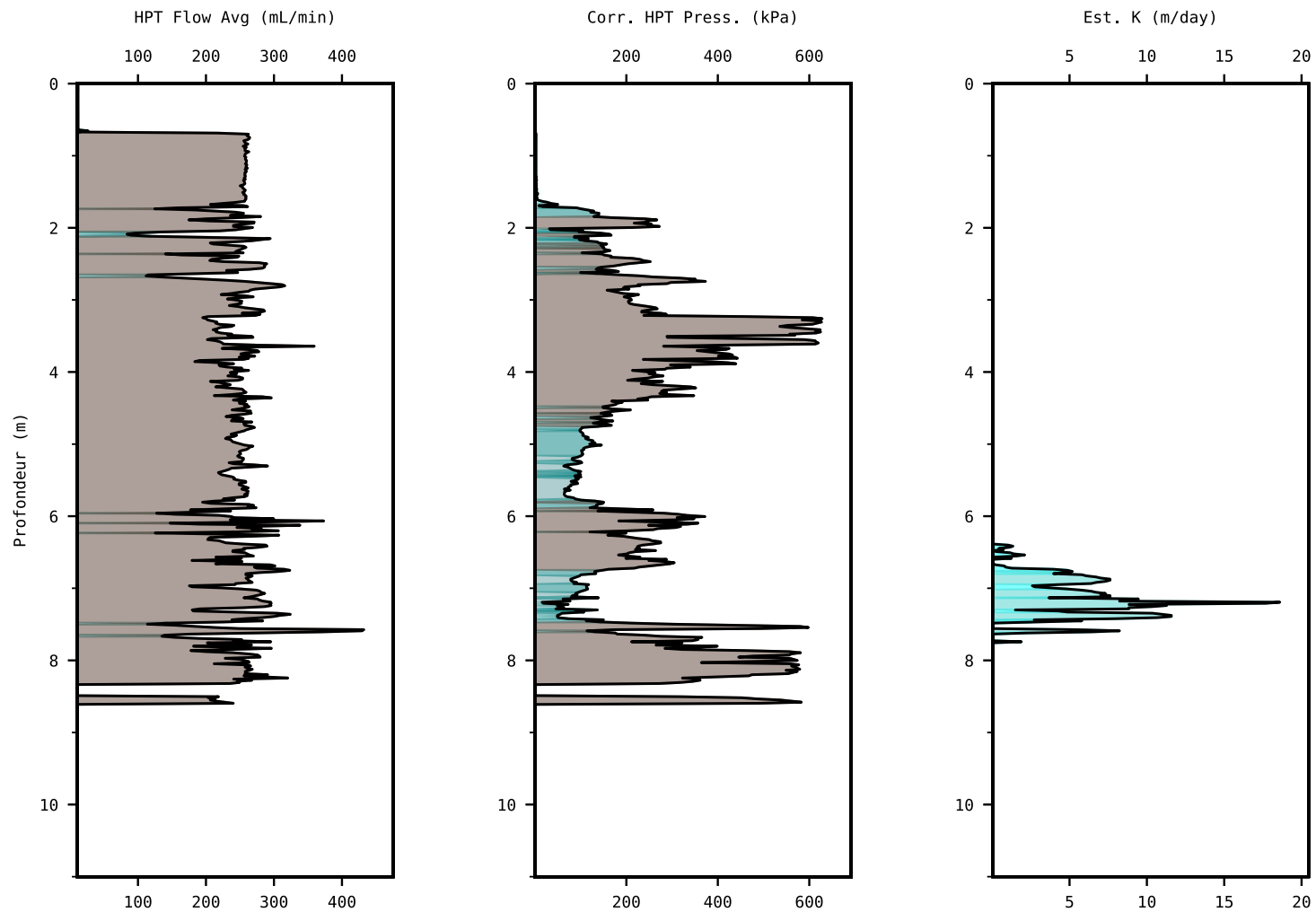


remark: due to technical failure, the depth logging of the running parameters failed around 8.4 m-bgl. This didn't influence the GCMS data.

ID: 4

Projet: 132465 Date: 28/07/2022
 Client: Apave Plate-forme de forage: Geoprobe
 Localisation: Paray-Vieille-Poste Fin du sondage: Profondeur requise

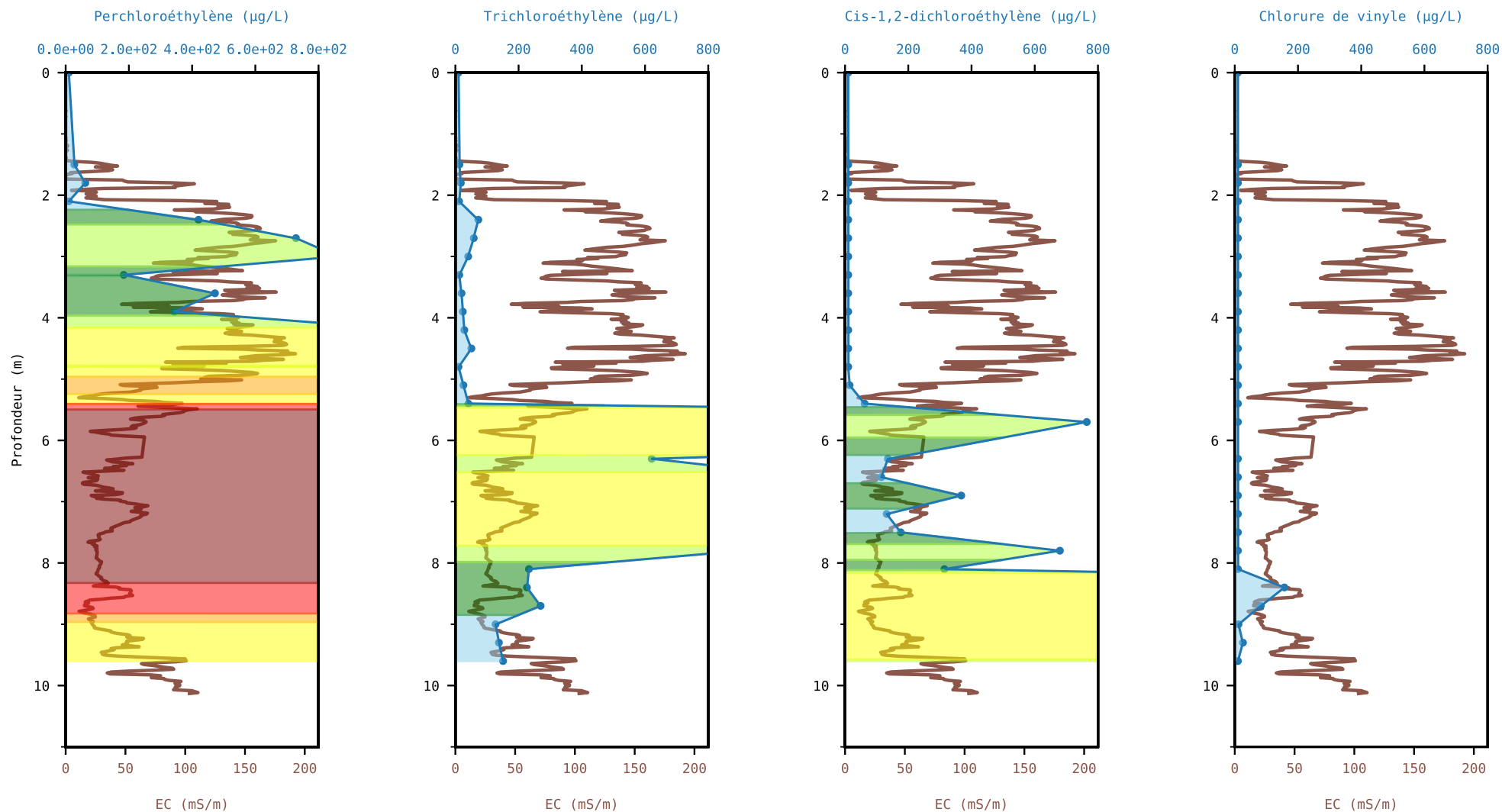
EnISSA-MiHPT 4



remark: due to technical failure, the depth logging of the running parameters failed around 8.4 m-bgl. This didn't influence the GCMS data.

ID: 4

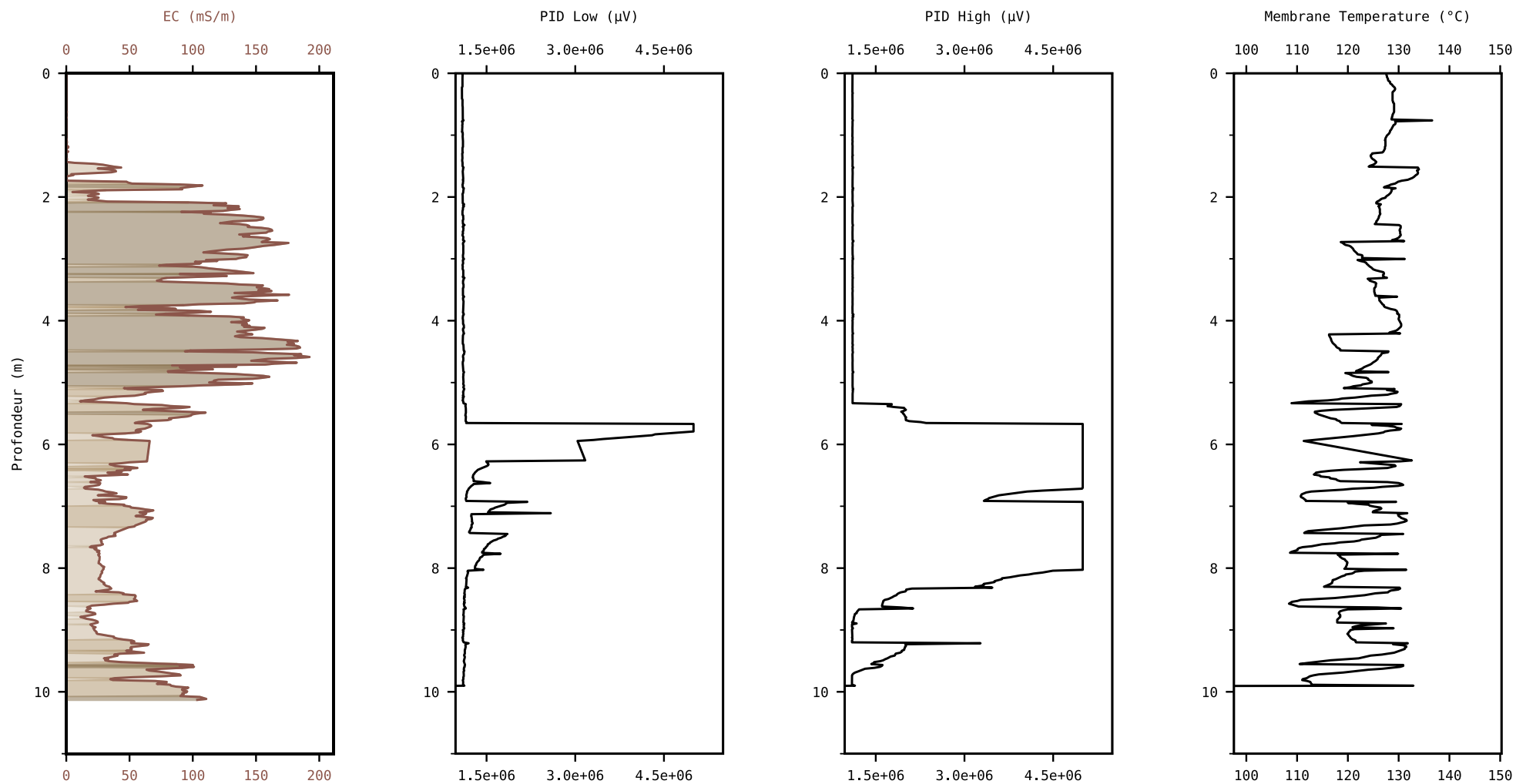
EnISSA-MiHPT 5



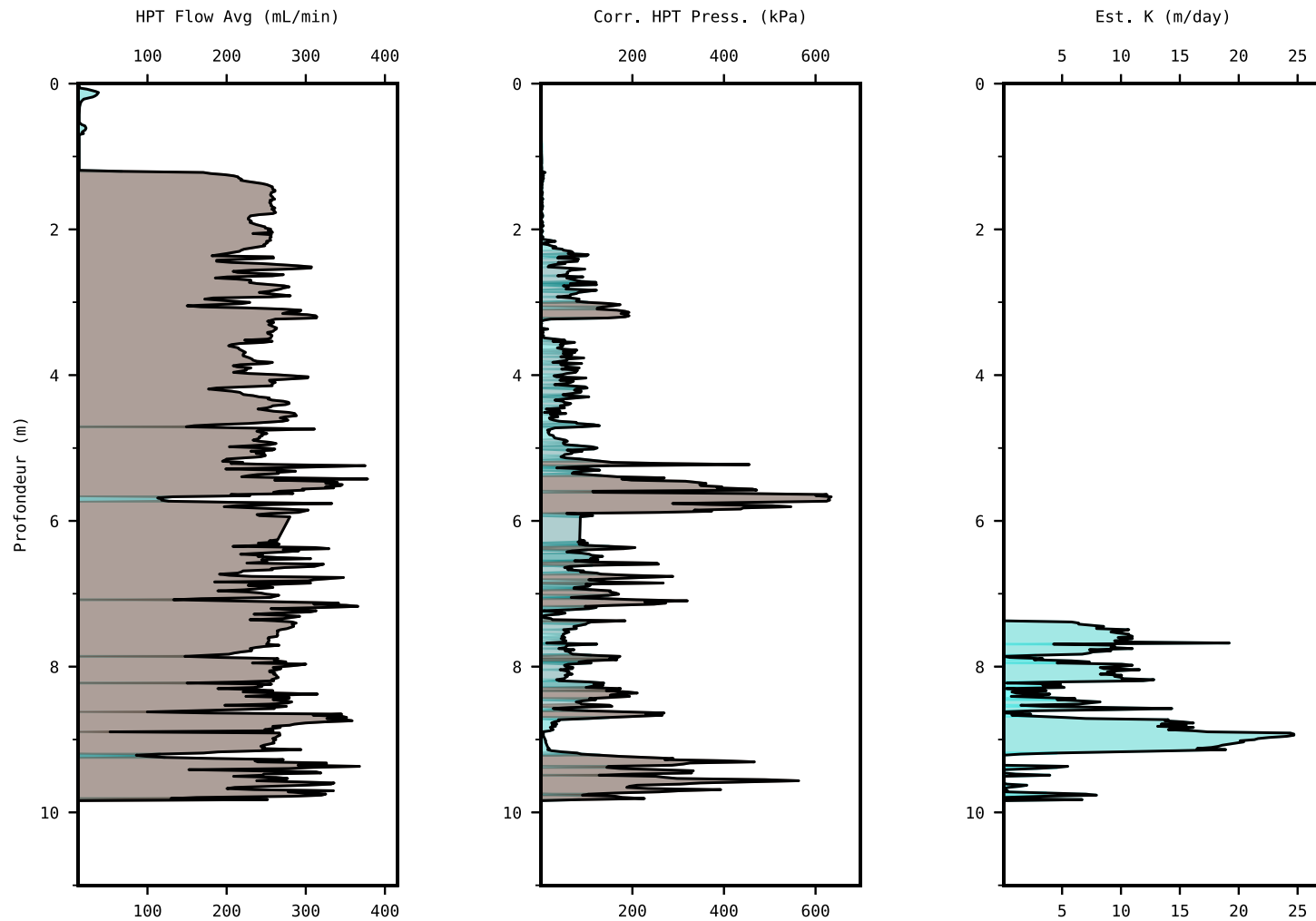
GCMS:

- 10 - 200 µg/L
- 200 - 500 µg/L
- 500 - 1000 µg/L
- 1000 - 5000 µg/L
- 5000 - 10000 µg/L
- 10000 - 100000 µg/L
- >100000 µg/L

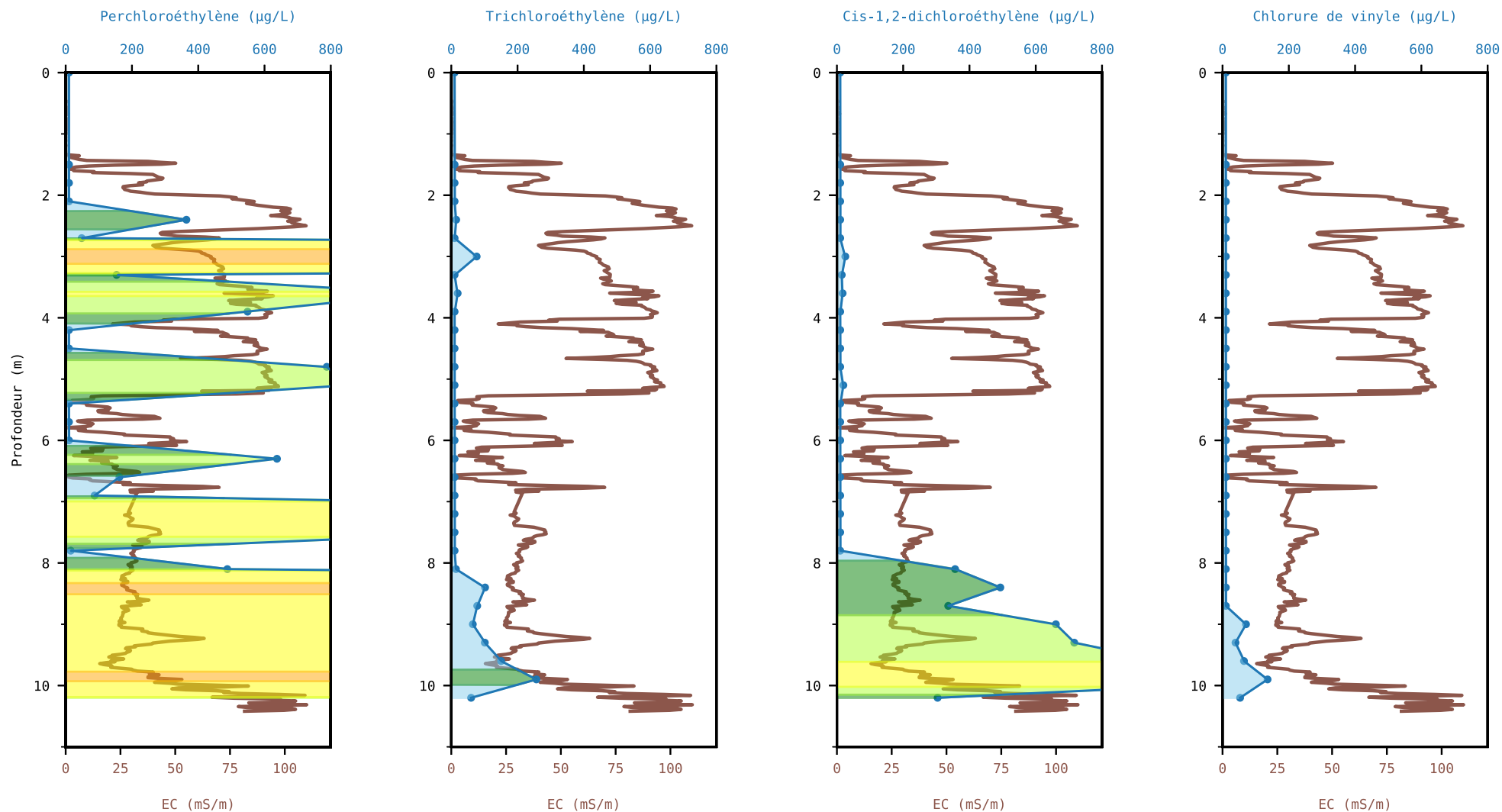
EnISSA-MiHPT 5



EnISSA-MiHPT 5



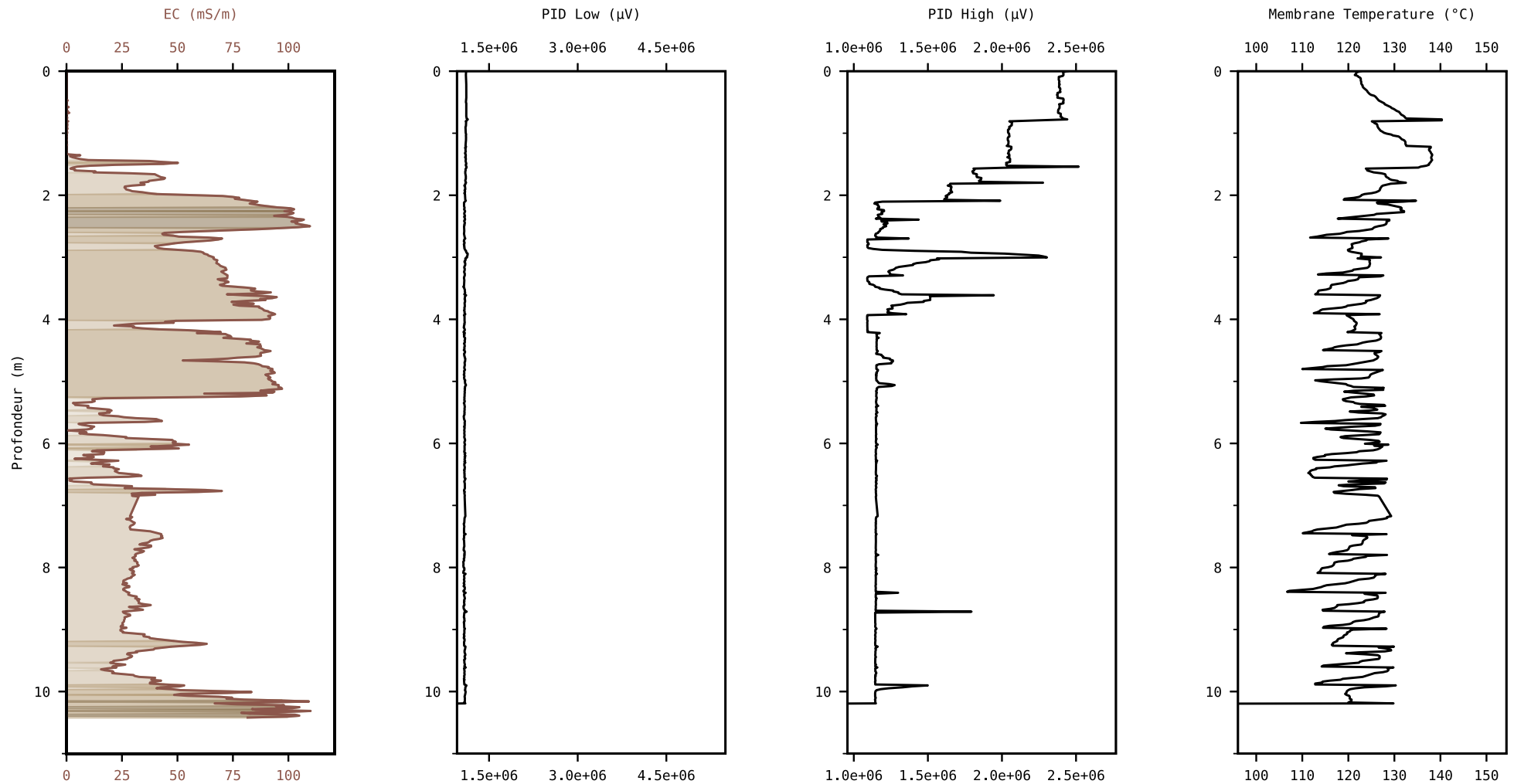
EnISSA-MiHPT 6



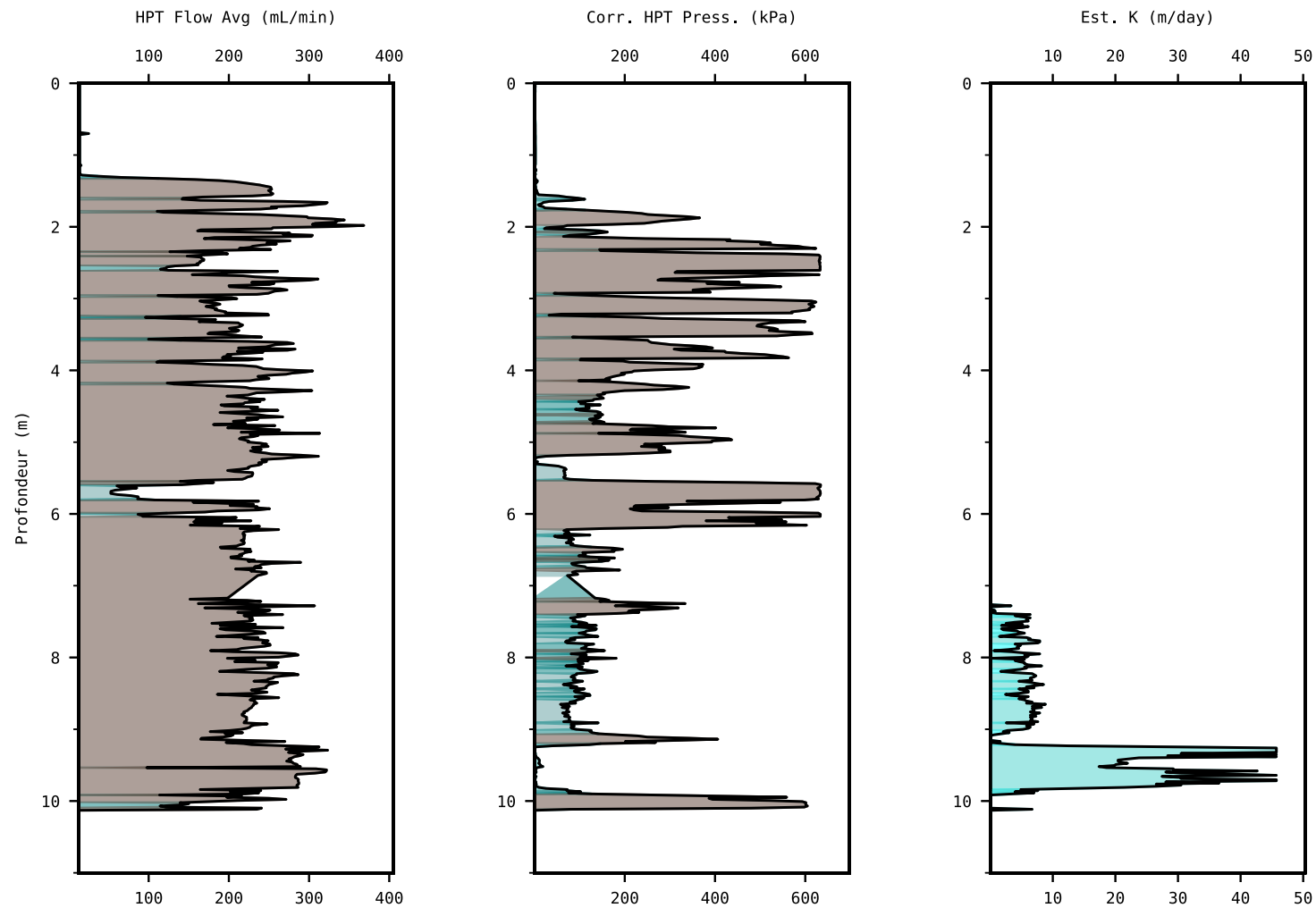
GCMS:

- 10 - 200 µg/L
- 200 - 500 µg/L
- 500 - 1000 µg/L
- 1000 - 5000 µg/L
- 5000 - 10000 µg/L
- 10000 - 100000 µg/L
- >100000 µg/L

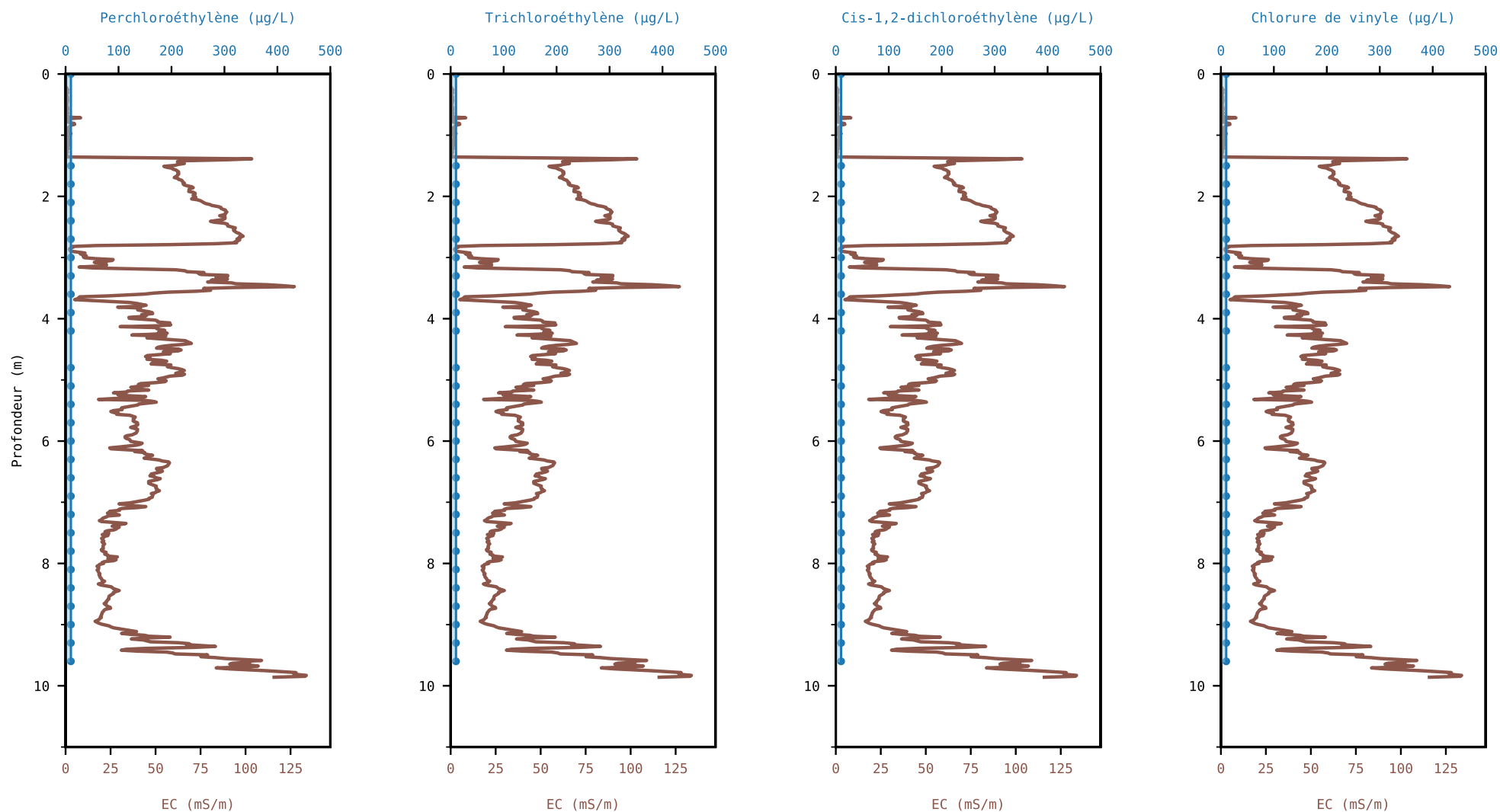
EnISSA-MiHPT 6



EnISSA-MiHPT 6



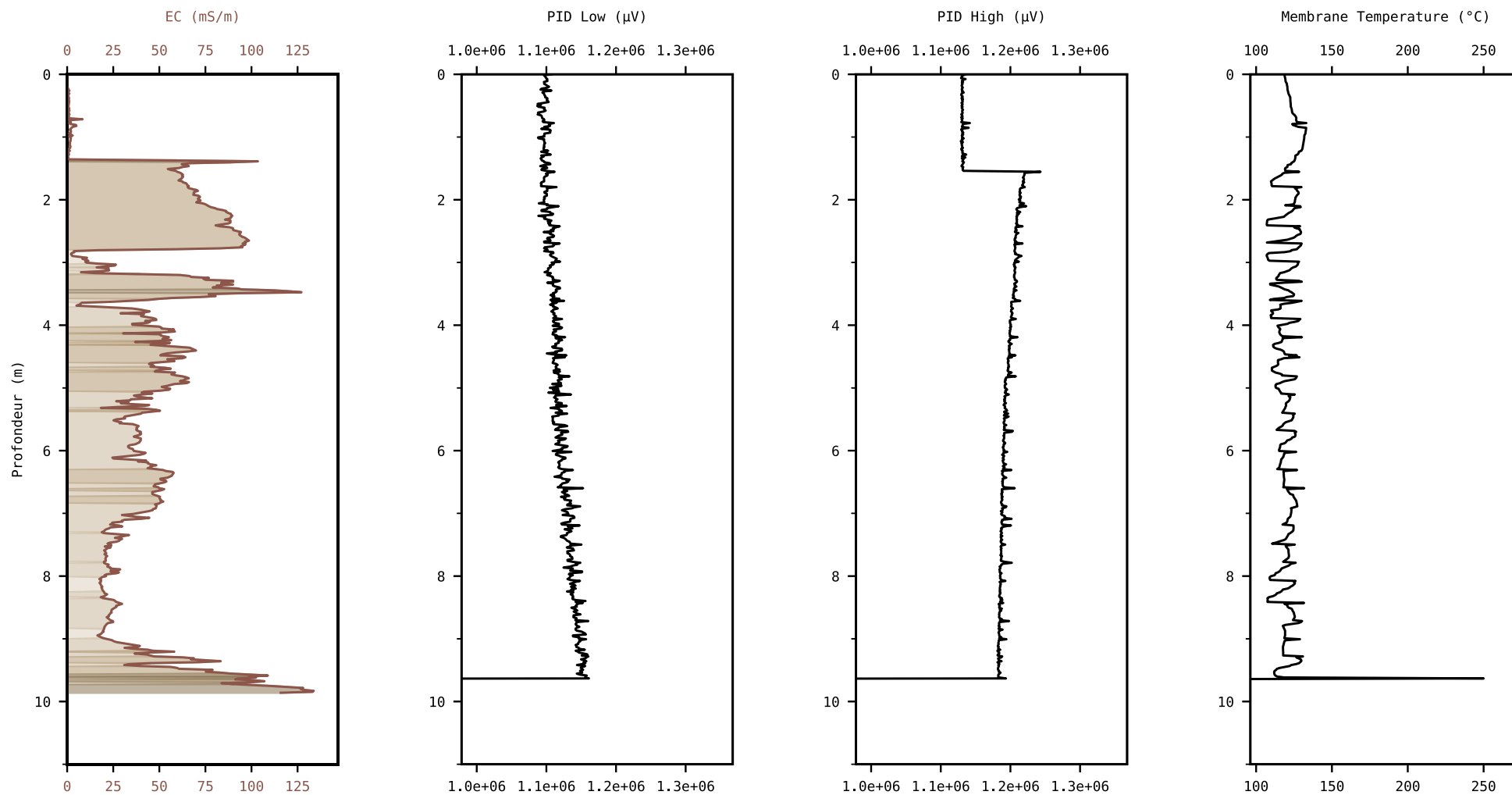
EnISSA-MiHPT 1



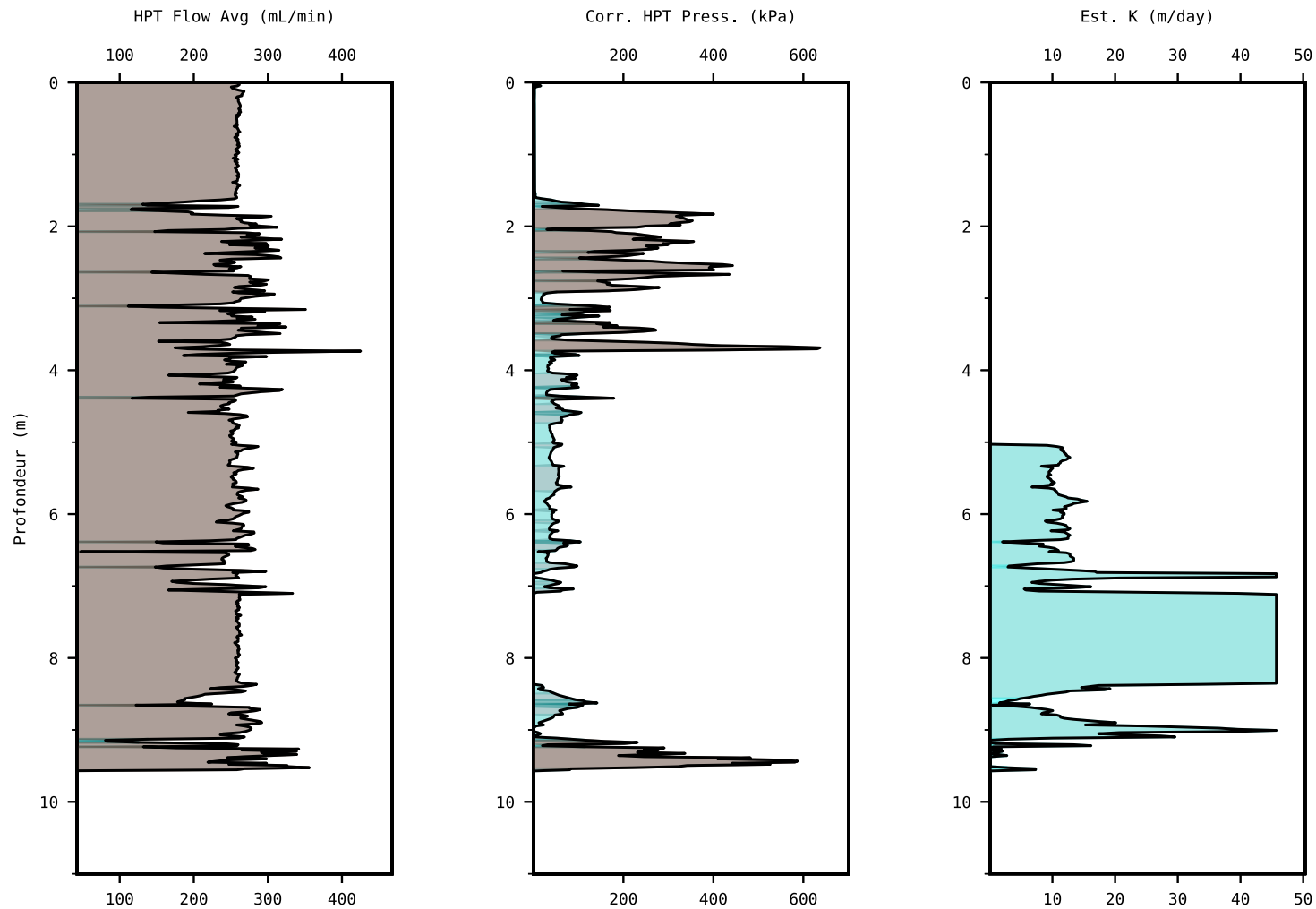
GCMS:

- 10 - 200 µg/L
- 200 - 500 µg/L
- 500 - 1000 µg/L
- 1000 - 5000 µg/L
- 5000 - 10000 µg/L
- 10000 - 100000 µg/L
- >100000 µg/L

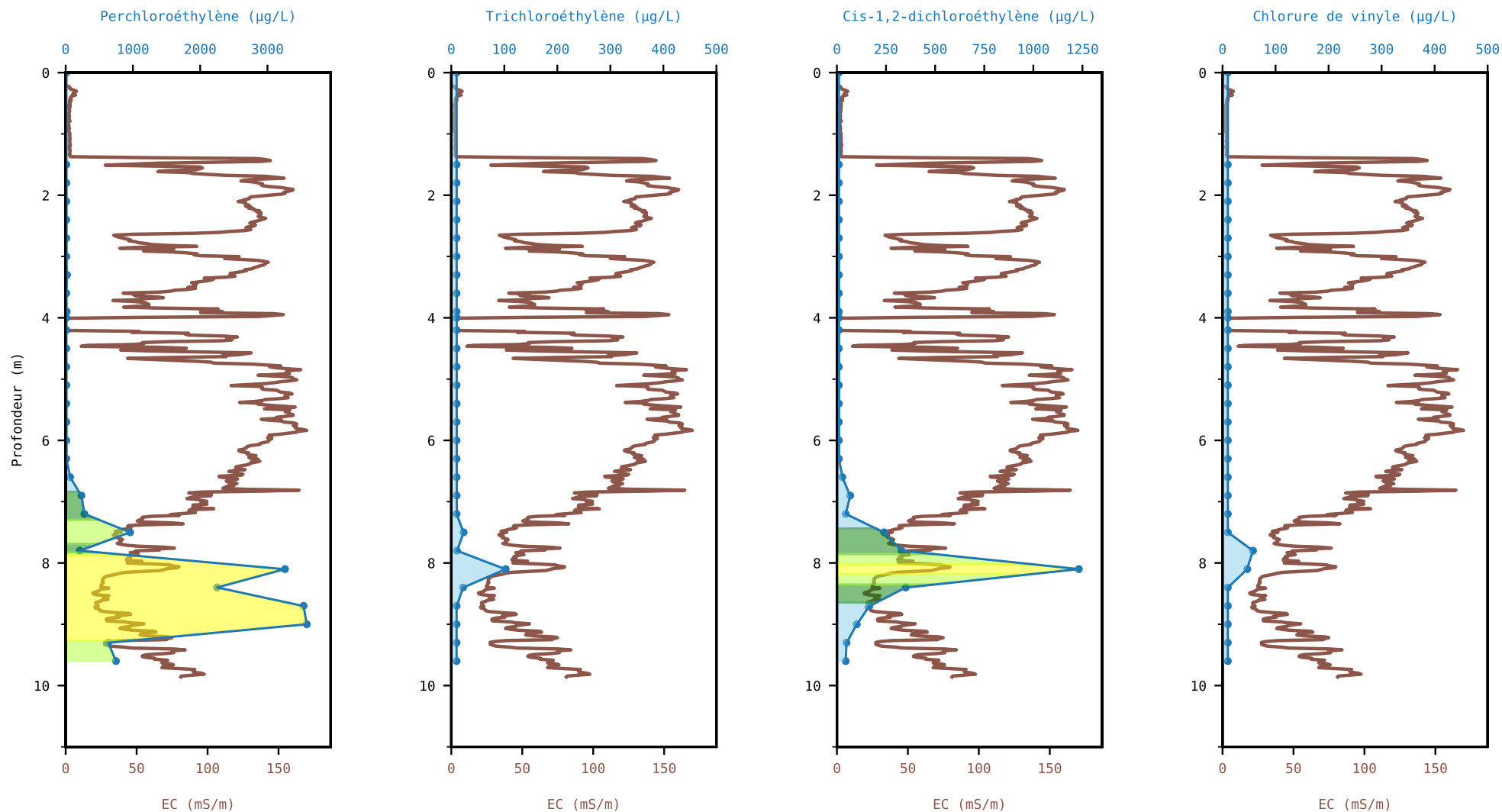
EnISSA-MiHPT 1



EnISSA-MiHPT 1



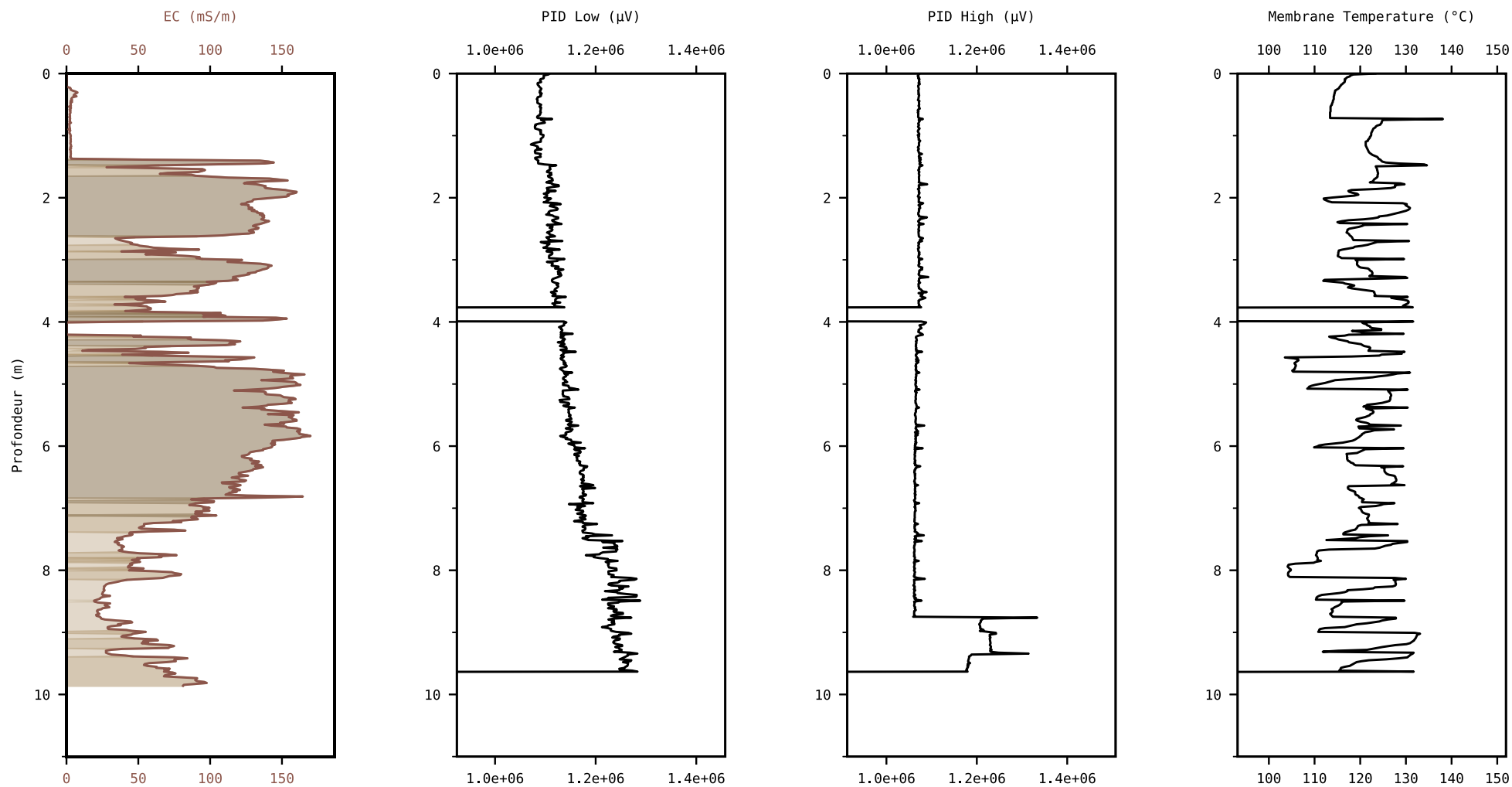
EnISSA-MiHPT 2



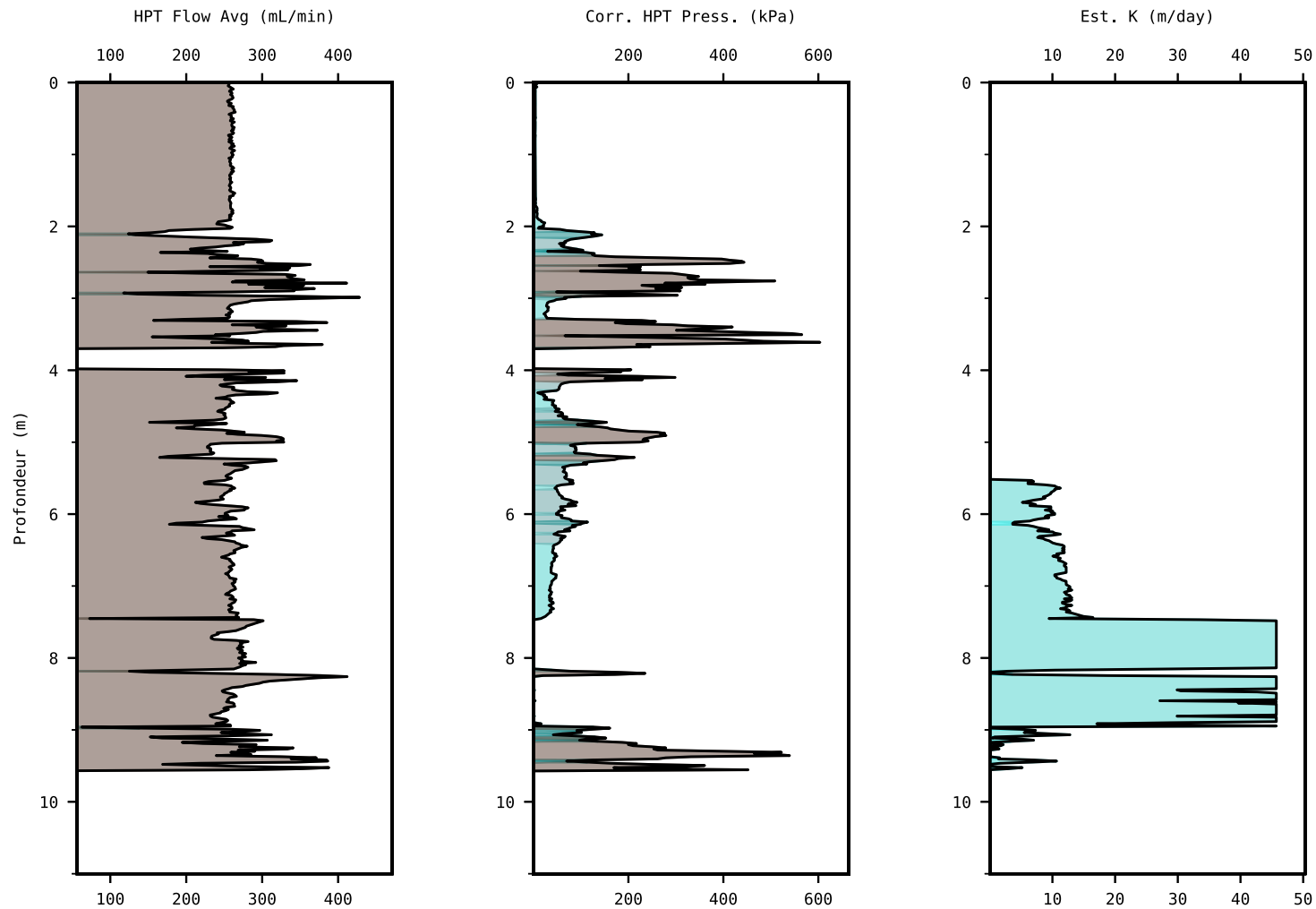
GCMS:

- 10 - 200 $\mu\text{g/L}$
- 200 - 500 $\mu\text{g/L}$
- 500 - 1000 $\mu\text{g/L}$
- 1000 - 5000 $\mu\text{g/L}$
- 5000 - 10000 $\mu\text{g/L}$
- 10000 - 100000 $\mu\text{g/L}$
- >100000 $\mu\text{g/L}$

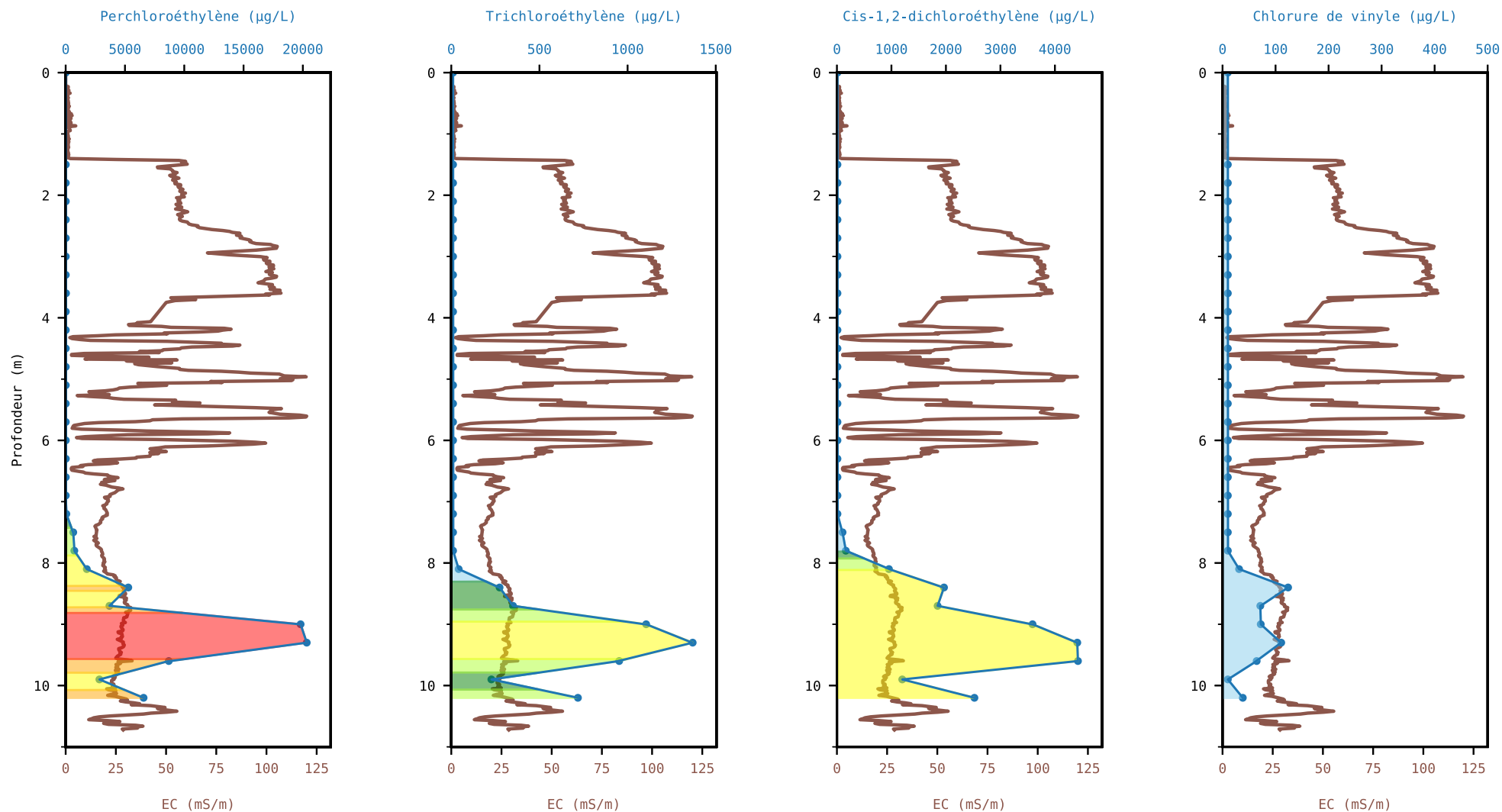
EnISSA-MiHPT 2



EnISSA-MiHPT 2



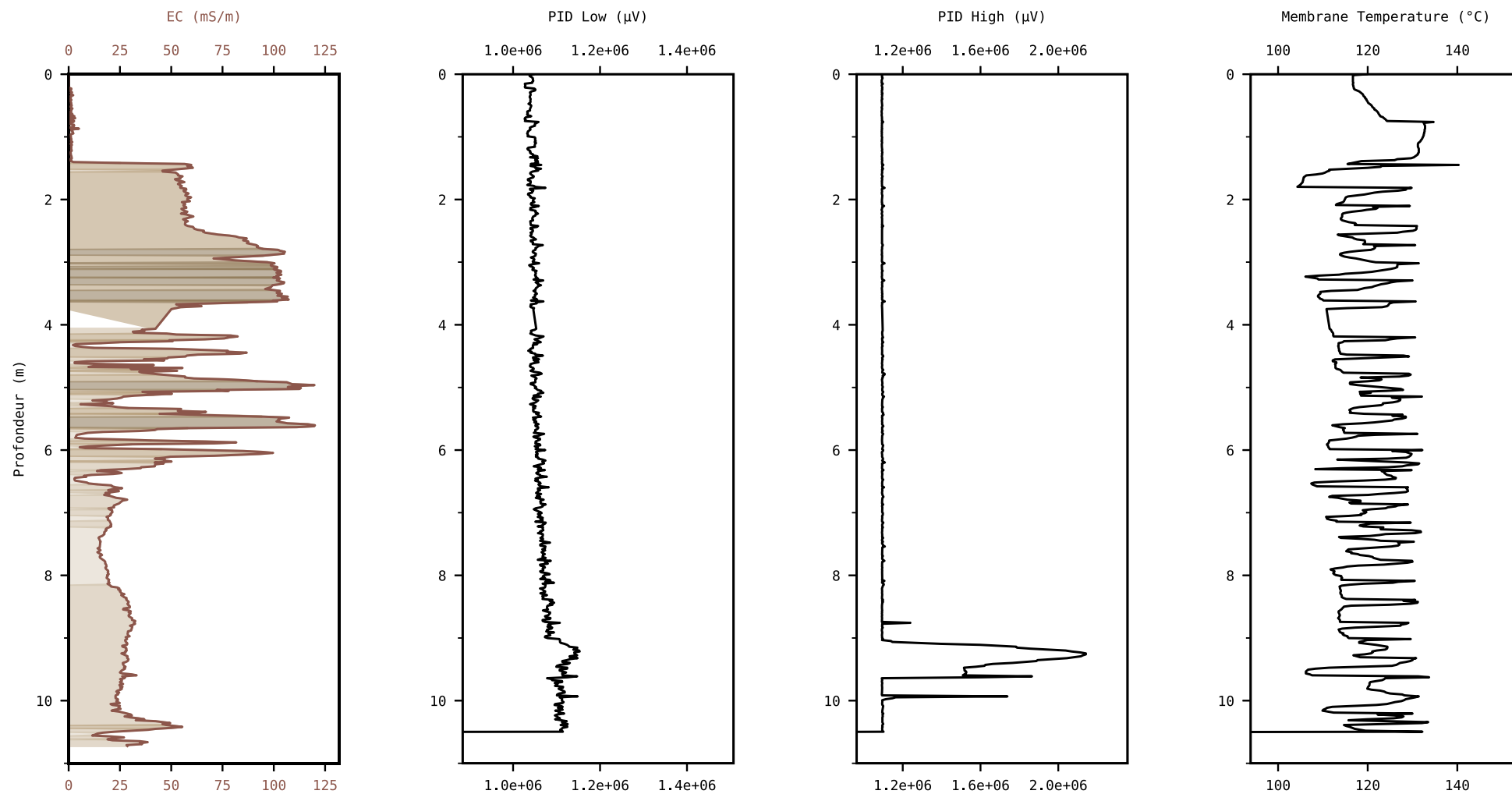
EnISSA-MiHPT 3



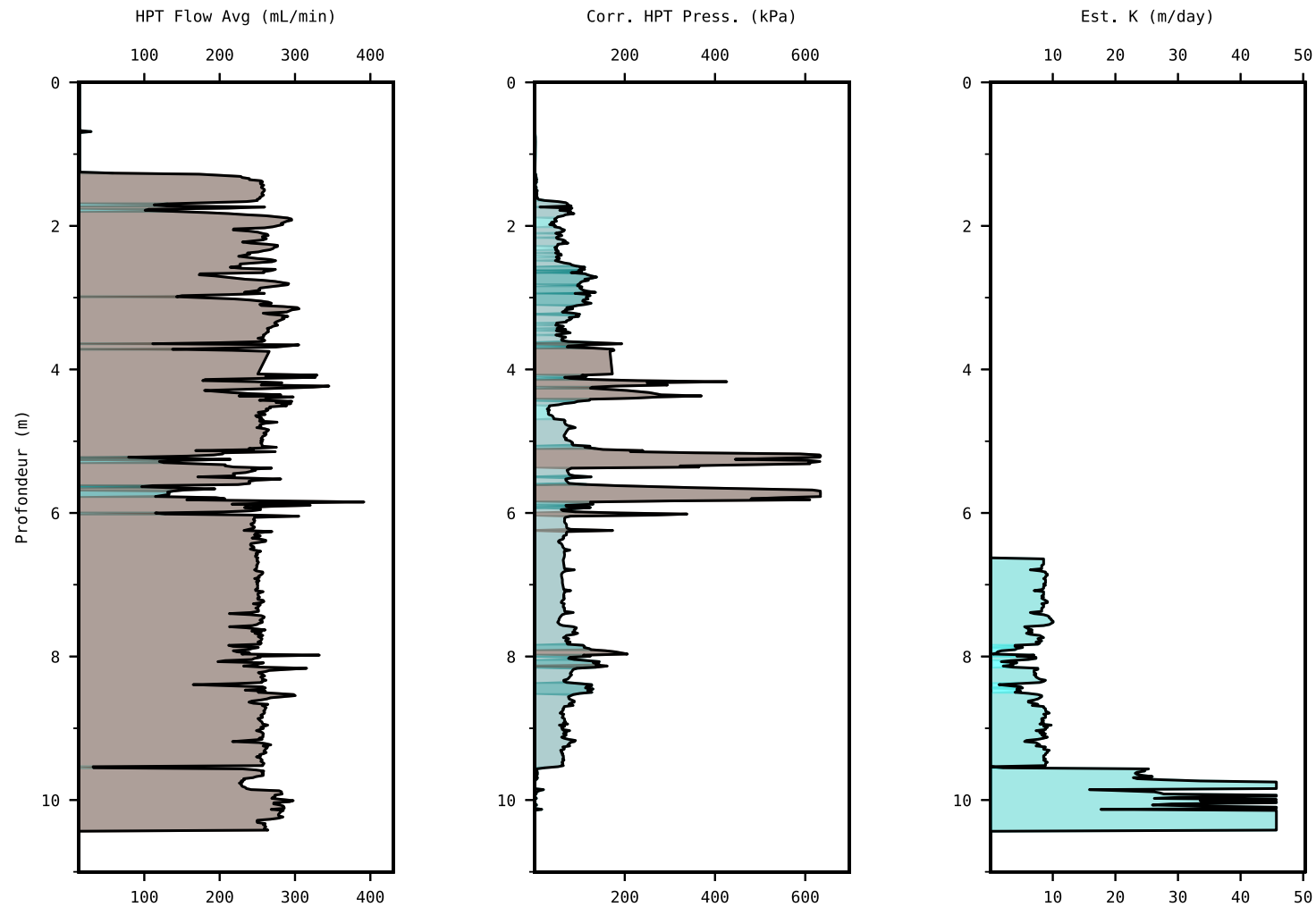
GCMS:

- 10 - 200 µg/L
- 200 - 500 µg/L
- 500 - 1000 µg/L
- 1000 - 5000 µg/L
- 5000 - 10000 µg/L
- 10000 - 100000 µg/L
- >100000 µg/L

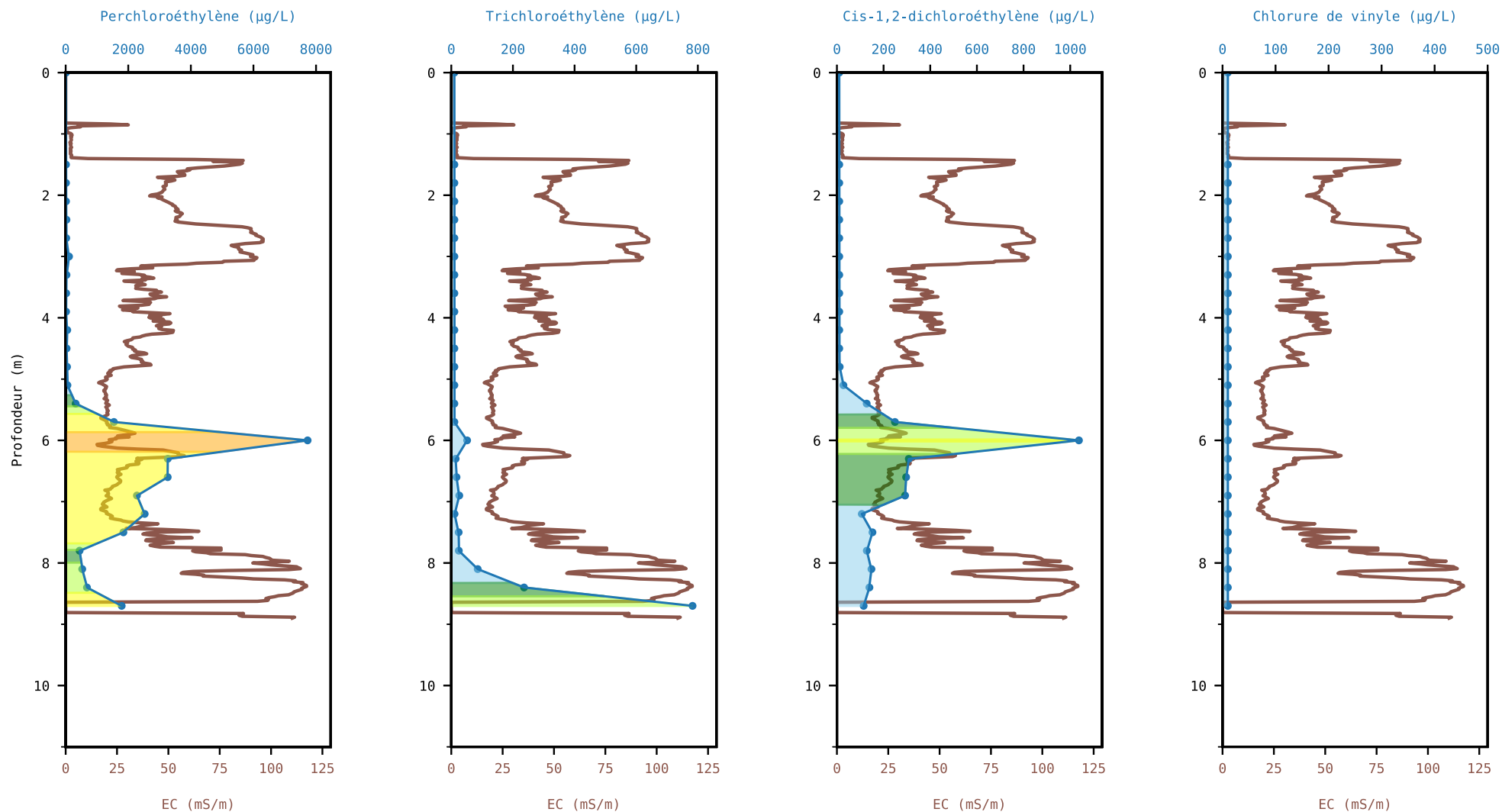
EnISSA-MiHPT 3



EnISSA-MiHPT 3



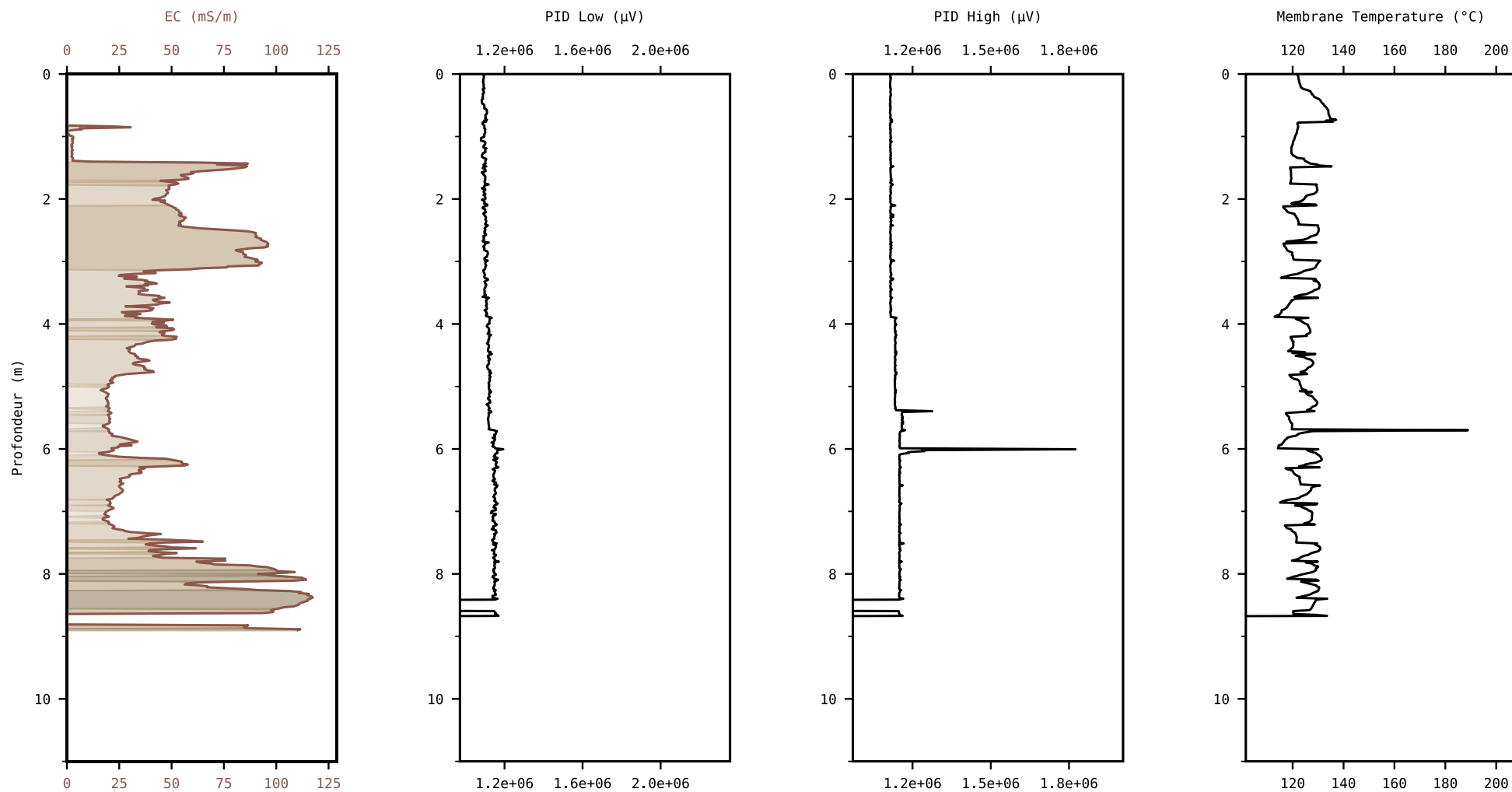
EnISSA-MiHPT 4



GCMS:

- 10 - 200 µg/L
- 200 - 500 µg/L
- 500 - 1000 µg/L
- 1000 - 5000 µg/L
- 5000 - 10000 µg/L
- 10000 - 100000 µg/L
- >100000 µg/L

EnISSA-MiHPT 4

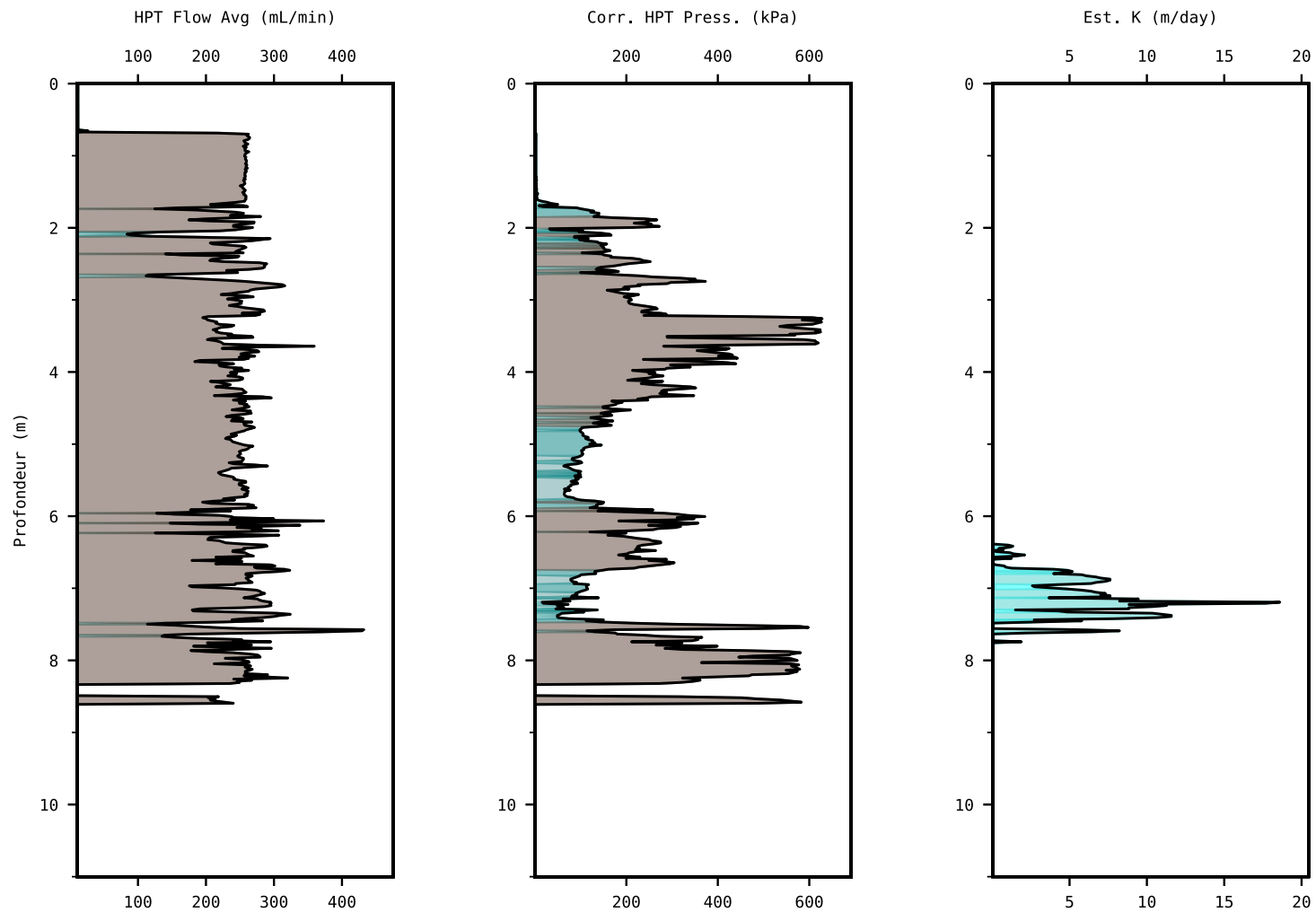


remark: due to technical failure, the depth logging of the running parameters failed around 8.4 m-bgl. This didn't influence the GCMS data.

ID: 4

Projet: 132465 Date: 28/07/2022
 Client: Apave Plate-forme de forage: Geoprobe
 Localisation: Paray-Vieille-Poste Fin du sondage: Profondeur requise

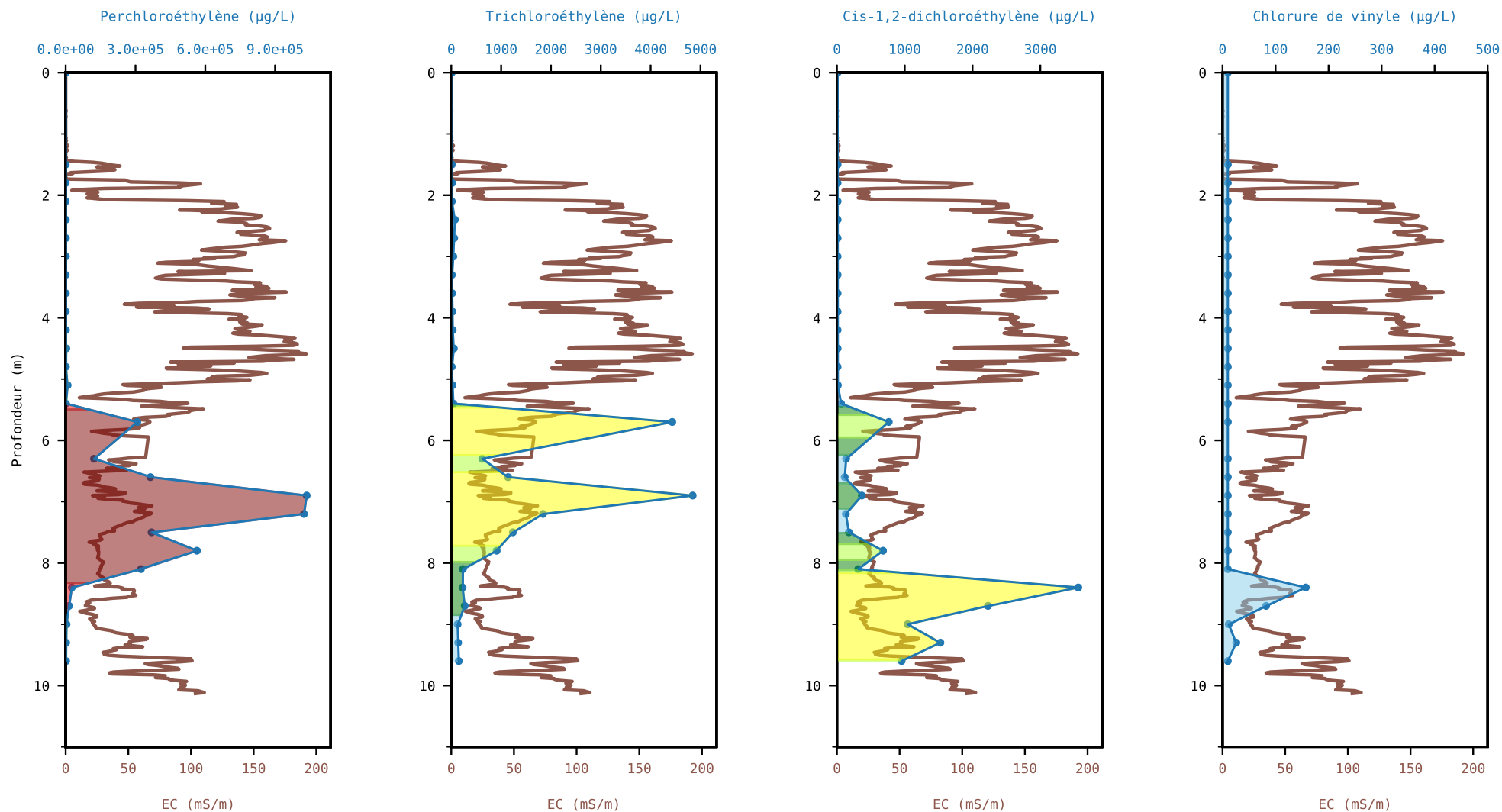
EnISSA-MiHPT 4



remark: due to technical failure, the depth logging of the running parameters failed around 8.4 m-bgl. This didn't influence the GCMS data.

ID: 4

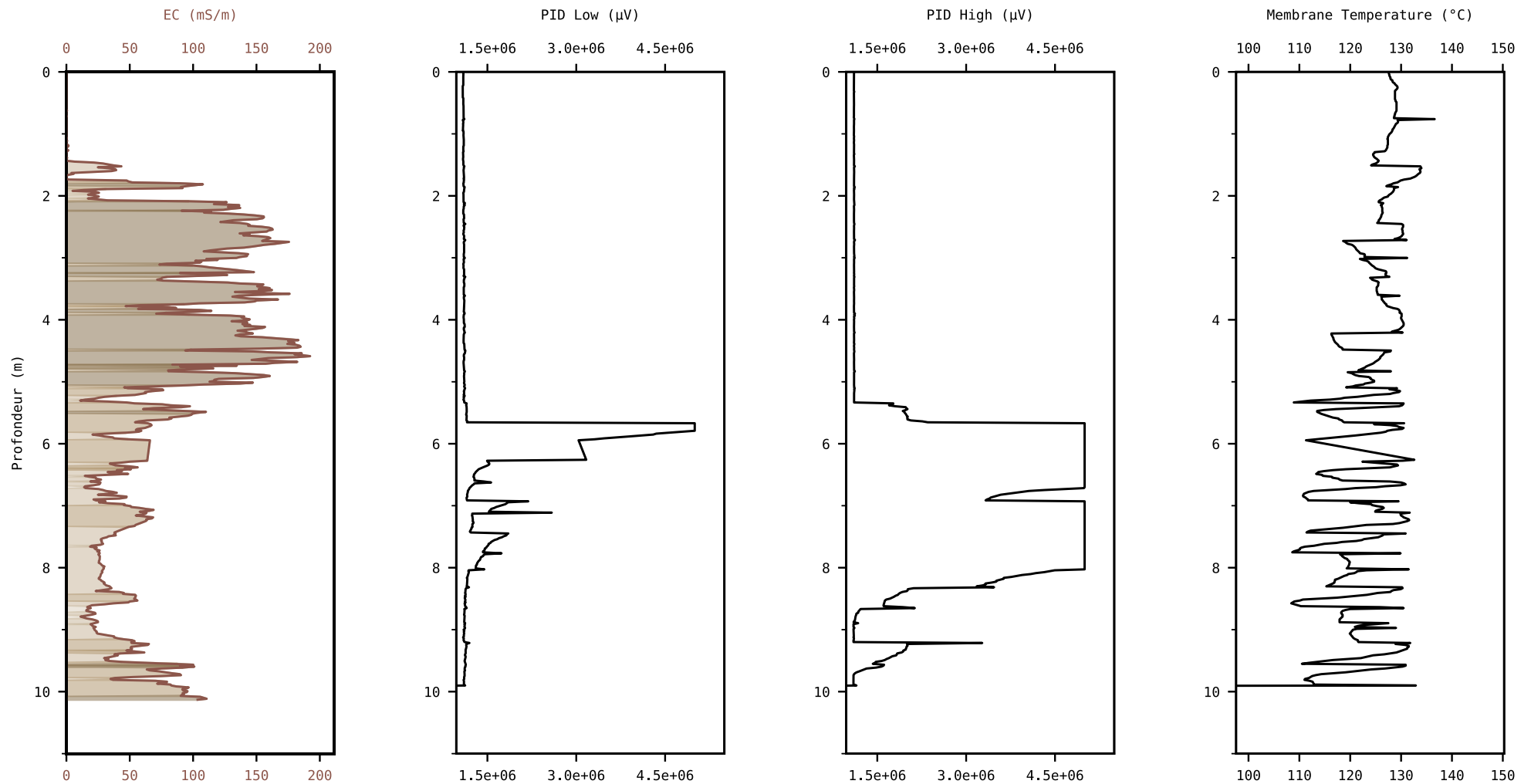
EnISSA-MiHPT 5



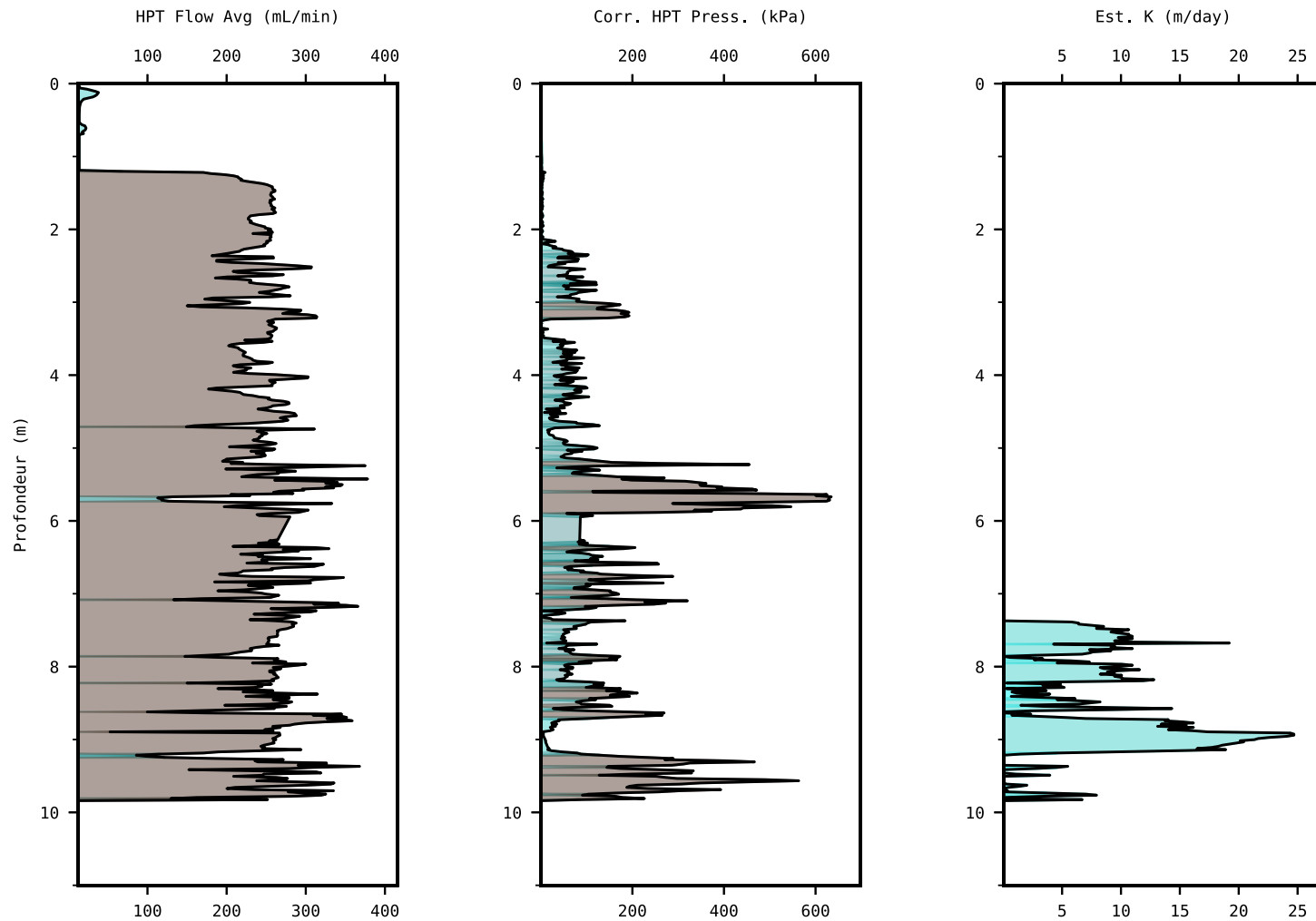
GCMS:

- 10 - 200 µg/L
- 200 - 500 µg/L
- 500 - 1000 µg/L
- 1000 - 5000 µg/L
- 5000 - 10000 µg/L
- 10000 - 100000 µg/L
- >100000 µg/L

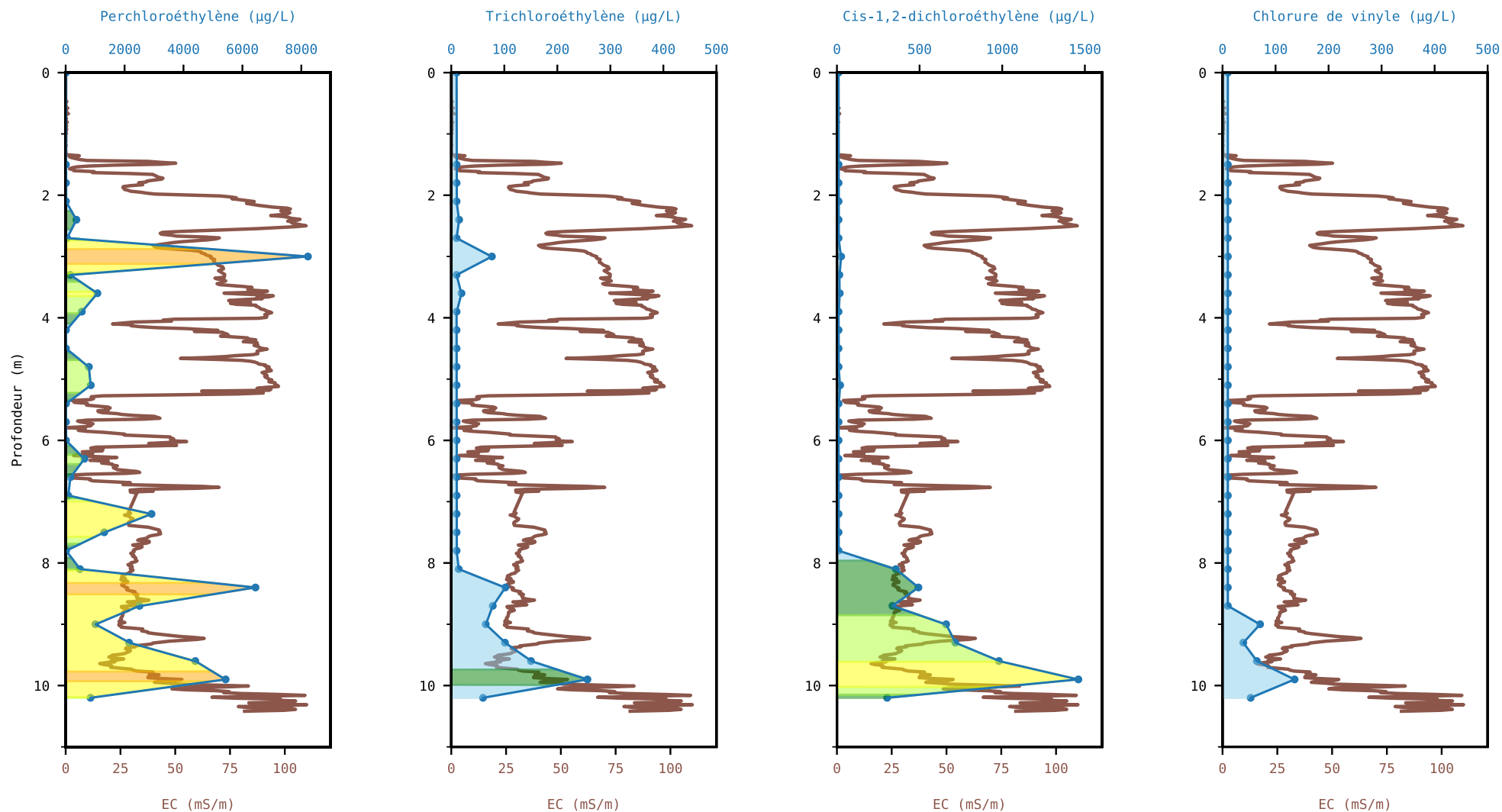
EnISSA-MiHPT 5



EnISSA-MiHPT 5



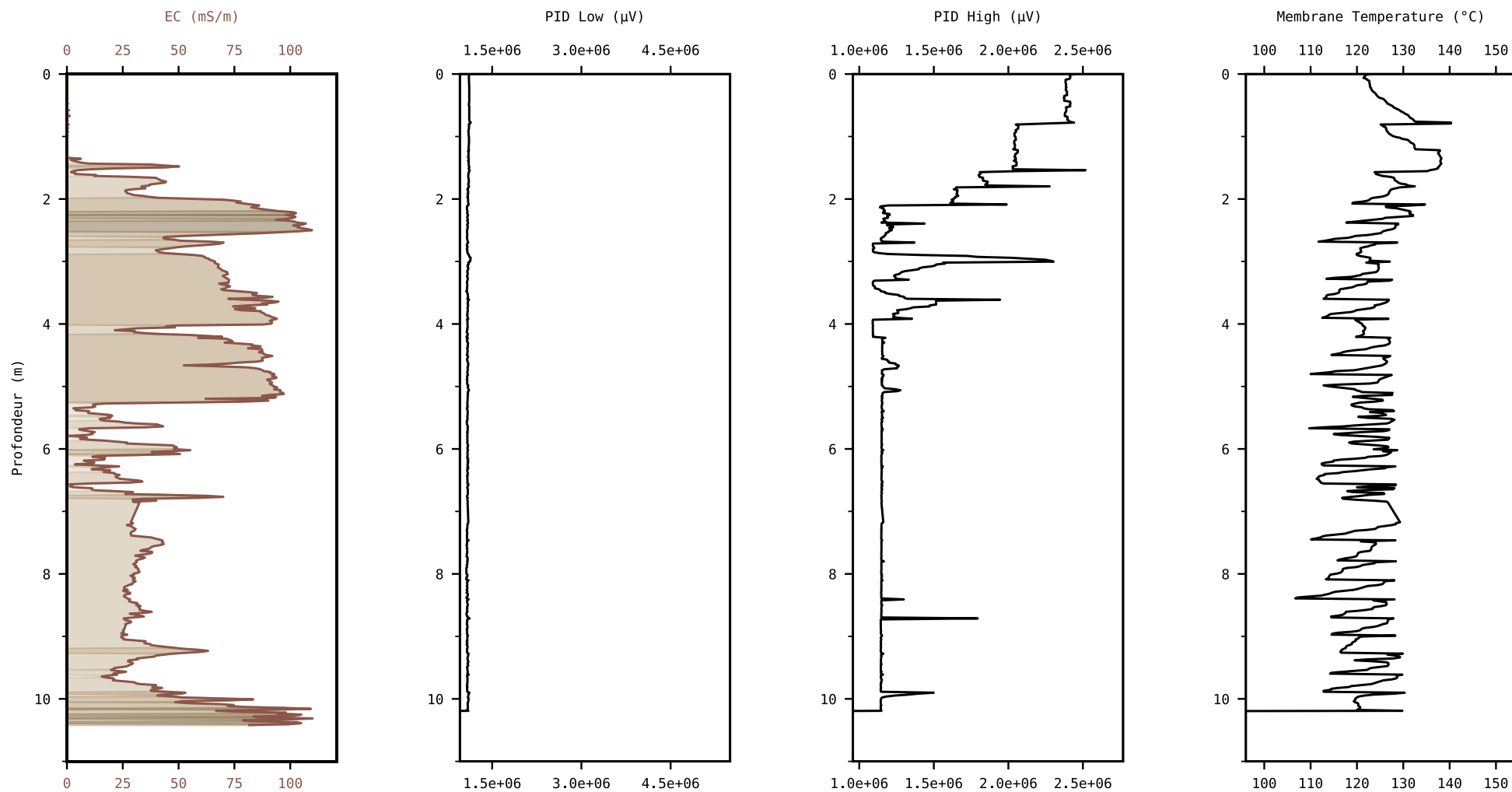
EnISSA-MiHPT 6



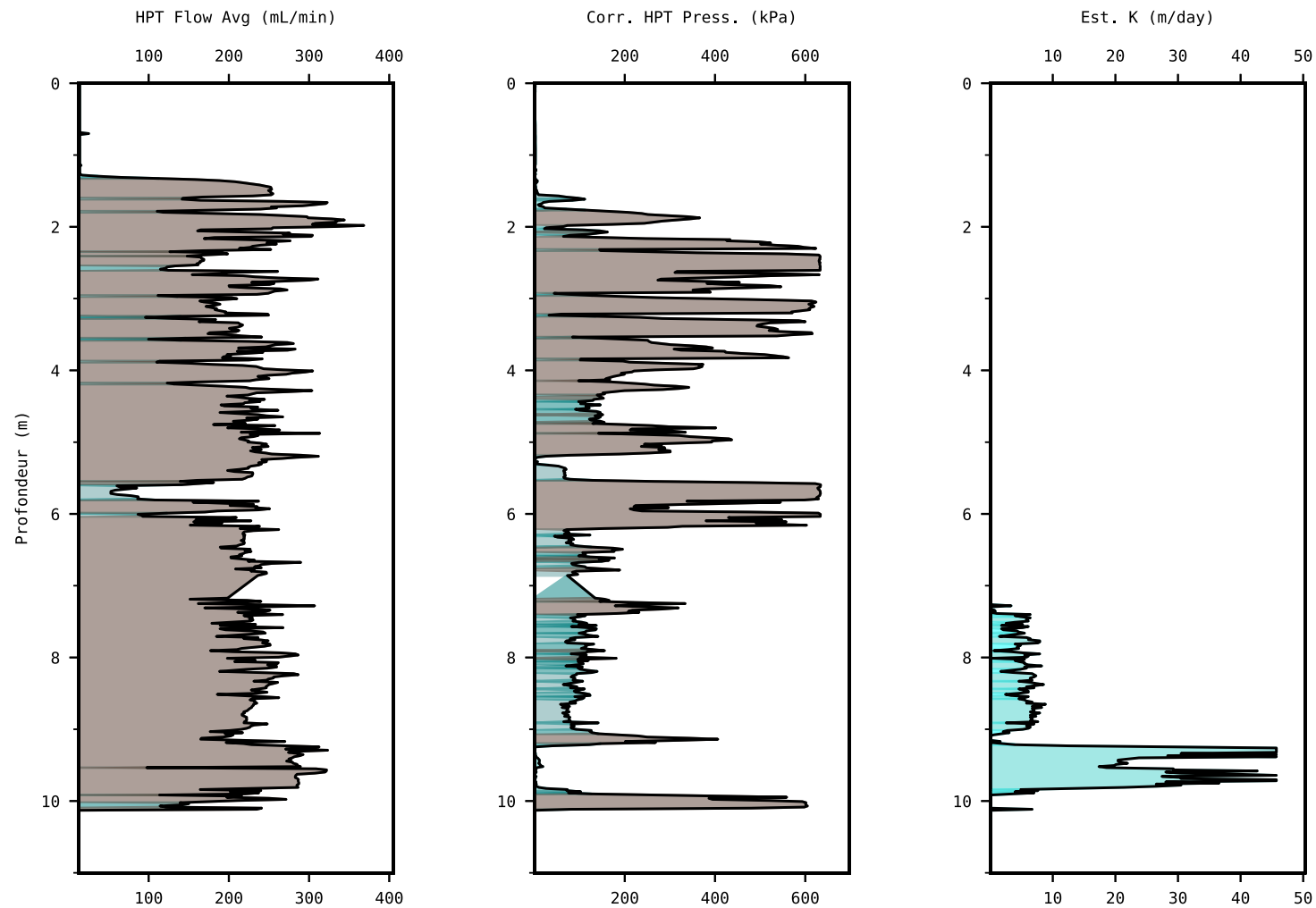
GCMS:

- 10 - 200 µg/L
- 200 - 500 µg/L
- 500 - 1000 µg/L
- 1000 - 5000 µg/L
- 5000 - 10000 µg/L
- 10000 - 100000 µg/L
- >100000 µg/L

EnISSA-MiHPT 6



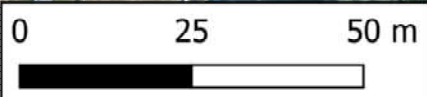
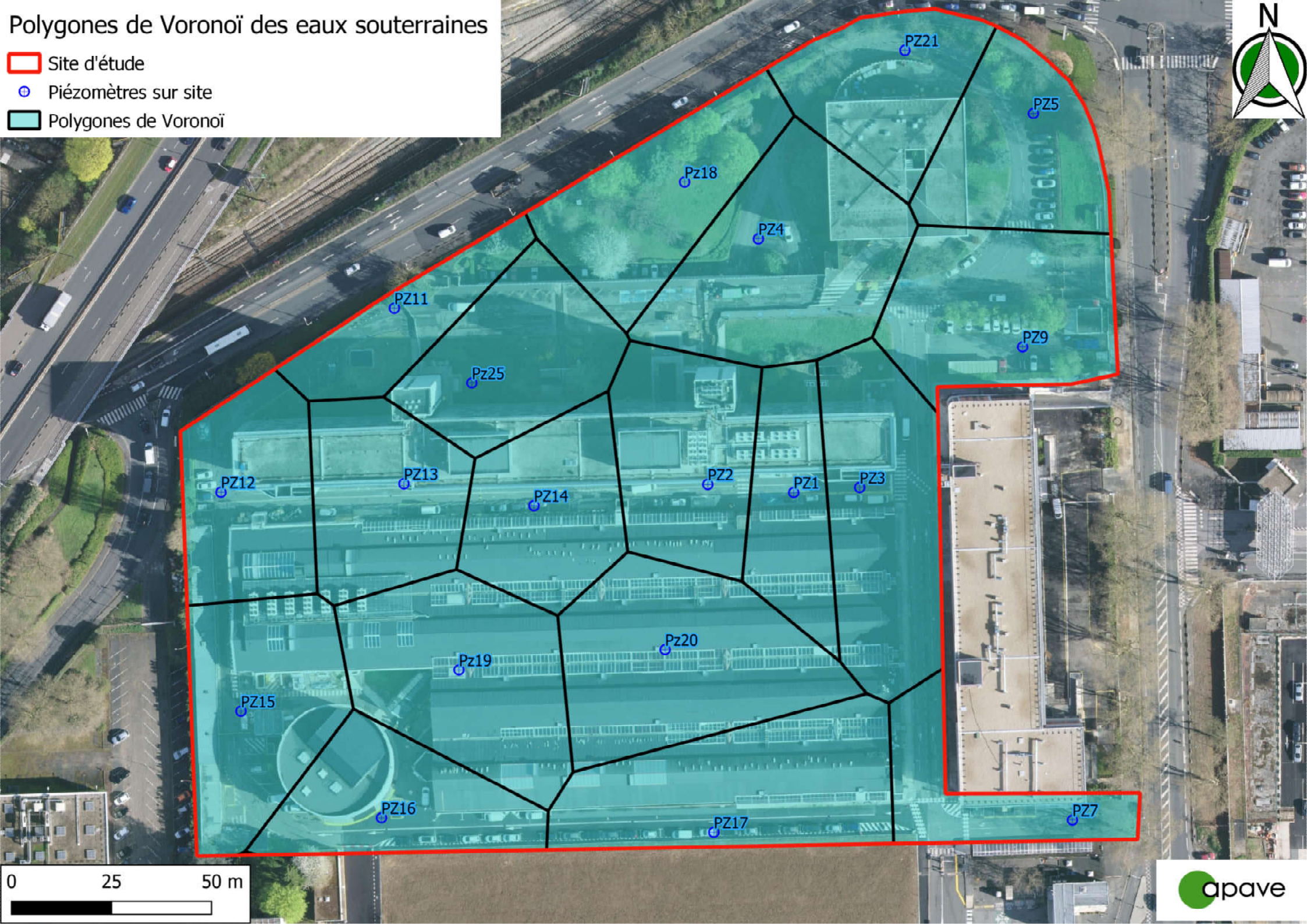
EnISSA-MiHPT 6



ANNEXE 6

Polygones de Voronoï des eaux souterraines

-  Site d'étude
-  Piézomètres sur site
-  Polygones de Voronoï



ANNEXE 7

ANNEXE 8

	Comportement dans l'environnement					Effets sur la santé humaine						
Polluant/ Substance	<i>sol</i>	<i>eau</i>	<i>air</i>	<i>Biodegradation</i>	<i>Bioaccumulation</i>	voies d'exposition	Toxicité aiguë	Toxicité chronique	Organes cibles principaux	<i>effets cancérigènes</i>	<i>effets sur la reproduction et le développemnt</i>	<i>effets génotoxiques et mutagènes</i>
ETBE	-	insoluble	-	-	-	Inhalation ingestion cutanée	<u>inhalation</u> : migraine, vertiges, somnolence, nausées, vomissements <u>ingestion</u> : nausées, faiblesses, atteinte du sytème nerveux central <u>cutanée</u> : irritation, dermatose	-	-	-	-	-
MTBE (methyl- tertiary-butylether)	très mobile	très soluble	-	peu biodégradable en milieu aquatique	faible dans les organismes aquatiques	inhalation ingestion cutanée	<i>aucune données disponibles chez l'homme</i> Pour des traitement de la vésicule biliaire au MTBE possible nausées, somnolence, vomissements, fièvre, inflammation de la vésicule biliaire	nausées, maux de tête, vertiges, désorientation,	<u>inhalation</u> : système nerveux central, système respiratoire <u>ingestion</u> : système nerveux central, tractus gastro-intestinal	UE : non classé CIRC : catégorie 3, non classifiable comme cancérigène	<i>aucune données disponibles chez l'homme</i>	non classé, considéré comme non génotoxique
C6-C40 aliphatiques	-	peu présents dans les eaux, moins solubles que les composés aromatiques	C6-C12 : volatils	-	-	inhalation ingestion	<u>inhalation</u> : troubles neurologiques et hépatiques, atteintes rénales	<u>inhalation</u> : troubles neurologiques et hépatiques, atteintes rénales	<u>inhalation</u> : poumon, foie	US EPA : non considéré comme cancérigène	-	-
C5-C40 aromatiques	peu mobile à modéré	peu soluble	volatils	peu biodégradables	certaines composés s'accumulent dans les especes aquatiques, pas de données sur les autres êtres vivants	inhalation ingestion cutanée (faible)	troubles neurologiques (céphalées, nausées, étourdissements, désorientation, confusion) irritaion respiratoire et syndromes cardio-vasculaires	irritation des muqueuses respiratoires	-	certaines composés classés cancérigènes par UE	-	-
Acénaphhtène	peu mobile	-	sous forme vapeur	peu biodégradé dans les eaux, pour les sols similaires a un processus d'humification	possible chez les poissons (seules données disponibles)	Inhalation Ingestion	<i>pas de données chez l'homme</i>	<i>pas de données chez l'homme</i> (animal) troubles hépatiques, rénaux et hématologiques	foie	Classe 3 (CIRC) : non clasifiable comme cancérogène pour l'Homme	pas étudié par les différents organismes	-
Acénaphtylène	-	-	-	-	-	inhalation	-	-	-	-	-	-
Anthracène	peu mobile, absorption importante volatilisation à partir des sols humides mais pas secs	adsorbé sur matière en suspension	sous forme vapeur ou adsorbé sur matière partiuculaire	peu biodégradable	bioaccumulation	Inhalation Ingestion cutanée	effets photo-sensibilisants lors utilisation pour traiter le psoriasis (1980)	<i>pas de données pour l'homme</i>	pas d'organes cibles	classe 3 (CIRC) : non classifiable comme cancérigène pour l'homme	<i>pas de données disponibles</i>	pas étudié par l'UE
Benzo[a]anthracène	-	-	-	-	-	inhalation ingestion cutanée	-	-	-	Groupe 2B (CIRC) : cancérogène possible pour l'homme	-	-
Benzo[a]pyrène	peu mobile	-	peu volatil depuis eau et sol	peu dégradable	possible chez les végétaux	inhalation ingestion cutanée	<i>pas de données chez l'homme</i>	<u>cutanée</u> : lésions	<u>ingestion</u> : estomac, foie, reins, moelle osseuse <u>cutanée</u> : peau	classe 1 (CIRC) : cancérigène pour l'homme catégorie 2 (UE) : substance cancérogène pour l'homme	catégorie 2 (UE) : substance devant être assimilée à des substances altérant la fertilité dans l'espèce humaine ou causant des effets toxiques sur le développement	-
Benzo[b]fluoranthène	mobilité modérée	adsorbé sur sédiment et phase particulaire	adsorbé sur matière particulaire	peu dégradable dans les sols	bio accumulation possible chez les poissons	inhalation ingestion	pas étudié mais ne sembele pas montrer d'effets défavorables sur la santé	<i>pas de données chez l'homme</i> (animal) : trouble immunologique	<u>ingestion</u> : système immunologique	Groupe 2B (CIRC) : cancérogène possible pour l'homme catégorie 2 (UE) : susbtance assimilé à des subttances cancérigènes pour l'homme	-	détériorations génétiques
Benzo[g,h,i]perylène	pas mobile	associé à la phase particulaire	présent dans la phase particulaire	biodégradé dans les sols, les sédiments et l'eau (entre 15 et 90%)	bioconcentration élevée pour les organismes aquatiques	ingestion inhalation	<i>pas de données</i>	<i>pas de données</i>	<u>inhalation</u> : système immunologique	classe 3 (CIRC) : non classifiable comme cancérogène pour l'homme	non étudié	non étudié

Benzo[k]fluoranthène	faible mobilité	adsorbé par matière en suspension et sédiments	présent dans la phase particulaire	très peu dégradable (temps de demi vie maximum de 12 ans dans les eaux de surface, 6 ans dans les sols et 23 ans dans les eaux souterraines)	risque chez les poissons, pas de données pour les autres organismes	ingestion inhalation	<i>pas de données</i>	<i>pas de données</i>	<u>inhalation</u> : système immunitaire	Groupe 2B (CIRC) : cancérogène possible pour l'homme classe 2 (UE) : possiblement cancérogène pour l'homme	non déterminé	non classé par l'UE
Chrysène	mobilité modérée	associé aux particules et aux sédiments	présent dans la phase particulaire	biodégradé par microorganismes (demi vie queques mois à années) biodégradation aérobie plus efficace	accumulation par phytoplancton et mollusques	ingestion inhalation	<i>pas de données</i>	pas d'effets claires, pas de conclusion possible	<u>inhalation</u> : système immunologique <u>ingestion</u> : tissu adipeux, tissu mammaire, cerveau, foie	probablement cancérogène, classé categorie 2 par l'UE groupe 2b (CIRC) : cancérogène possible pour l'homme	non classé par l'UE	substances préoccupantes effets mutagènes possibles, (classe3)
Dibenzo[a,h]anthracène	-	adsorbé par matière particulaire	présent en phase particulaire	lente biodégradation (temps de demi vie entre 300 et 700 jours)	accumulation dans planctons, bivalves et gasteropodes.	inhalation cutanée	<i>pas de données chez l'homme</i> (animal) : suppression des glandes sébacées, reduction de croissance de la rate	<i>Pas de données chez l'homme</i> (animal) : cellules pigmentées anaormales, diminution poid de la rate, augmentation cellules des glandes lymphatiques	Foie, peau, système immunologique	groupe 2A (CIRC) : cancérogène probable pour l'homme Catégorie 2 (UE) : considéré comme cancérogène	non classé par l'UE	non classé par l'UE
Fluoranthène	-	-	-	peu biodégradable (temps de demi vie entre 560 et 1760 jours en milieu aqueux)	especes du milieu aquatique bioaccumulent	ingestion cutanée	<i>pas de données chez l'homme</i> (animal) : par gavage modification du comportement avec diminution de la réponse à un stimulant sensoriel et ataxie.	<i>pas d'etude chez l'homme</i> (animal) : augmentation du poid du foie, lésions histologiques	<u>inhalation</u> : reins <u>ingestion</u> : foie, reins	groupe 3 (CIRC) : non classifiable comme cancérogène pour l'homme	<i>pas de données</i>	non déterminé
Fluorène	très peu mobile	adsorbé par les sédiment	sous forme vapeur	faible biodégradation	succeptibles de se bioaccumuler dans poissons et crustacés	ingestion inhalation cutanée	<i>pas de données chez l'homme</i> (animal) : troubles hépatiques	<i>pas de données chez l'homme</i> (animal) : troubles hépatiques et hématologiques	<u>ingestion</u> : foie et sang	groupe 3 (CIRC) : non classifiable comme cancérogène pour l'homme	non étudié par l'UE	pas d'étude de l'UE pas génotoxique (Probst 1981)
Indeno[1,2,3-c,d]pyrène	peu mobile	peu soluble	-	très faible	élévé dans organismes aquatiques	inhalation ingestion cutanée	<i>Pas de données</i>	<i>Pas de données</i>	<i>pas de données</i>	groupe 2B (CIRC) : cancérogène possible pour l'homme	non étuidé par l'UE	non étudié par l'UE
Naphtalène	mobile et lixiviable	peu soluble	volatil	faiblement biodégradable en condition normale peut etre biodégradé en milieu dénitrifié et aérobie.	biaccumulation dans les poissons possiblement par les plantes	inhalation ingestion cutanée	<u>inhalation</u> : décès, lésions cérébrales, anémie hémolytique <u>ingestion</u> : décès, anémie hémolytique <u>cutanée</u> : anémie hémolytique, cirrhose, décès, irritations	<u>inhalation</u> : céphalées, nausées, vomissements, anémie hémolytique	<u>inhalation</u> : poumon, système sanguin, yeux <u>ingestion</u> : système sanguin, yeux, système gastro-intestinal, système nerveux central	substance préoccupante, classée categorie 2 par l'UE groupe 2B (CIRC) : cancérogène possible pour l'homme	non classé par l'UE	non classé par l'UE
Phenanthrène	peu mobile, absorption importante	peu solulbe	peu volatil	faible biodégradation (temps de demi vie entre 64 et 800 jours en milieux aqueux)	accumulation importante pour organismes aquatiques	inhalation ingestion cutanée	<i>pas de données chez l'homme</i> (rat) : congestion hépathique, modification du taux des enzymes hépathiques	<i>pas de données</i>	<i>pas de données</i>	groupe 3 (CIRC) : non classifiable comme cancérogène pour l'homme	non étudié par l'UE	non étudié par l'UE
Pyrène	très faible mobilité	volatilisation à partir de l'eau	sous forme vapeur et particulaire	faible dégaradation	bioaccumulation chez les poissons et les microcrustacés	inhalation ingestion cutanée	<i>pas de données chez l'homme</i> (animal) : réaction phototoxique	<i>pas de données chez l'homme</i> (animal) : effets sur les reins	<i>pas de données</i>	groupe 3 (CIRC) : non classifiable comme cancérogène pour l'homme	non étudié par l'UE	<i>pas de données</i>
Antimoine (Sb)	réaction avec les autres éléments du sol	insoluble associé à la matière particulaire	volatil, se condense sur la matière particulaire en suspension	pas de dégradation mais transformé en forme plus ou moins inerte	possible bioaccumulation chez les invertébrés et organismes aquatiques	ingestion inhalation	<u>ingestion</u> : colique, nausées, vomissement, effets gastro-intestinaux	<u>inhalation</u> : bronchite chronique,stibiose, amphysème chronique, effets pulmonaires obstructifs, rhinites, pneumonites <u>cutanée</u> : dermatite	<u>ingestion</u> : poumon, foie	étudié mais pas classé par l'UE	étudié mais pas classé par l'UE	-

Arsenic (As)	peu mobile (As III plus mobile que As V), adsoption sur l'argile, les hydroxyles et la MO. principalement sous forme oxydé	insoluble sous forme de particules	sous forme de particules sous formes d'arsenic trioxyde et d'arsines	persistent, pas d'information sur la dégaradition	faiblement bioaccumulable dans les organismes aquatiques, dans les plantes possible bioaccumulation dépend des conditions du milieu	ingestion inhalation	<u>ingestion</u> : effets gastro-intestinaux (nausées, vomissements, hémorragies, douleurs abdominales, diarrhées, décès) + encéphalopathie ou convulsions, coma, oedeme pulmonaire, insuffisance rénale dose létale entre 1 et 3 mg/kg/j	<u>ingestion</u> : effets sur la peau (hyperkératose, hyperpigmentation), effets sur le système cardiovasculaire, respiratoire, neurologique, gastro-intestinal et sanguin. <u>inhalation</u> : effets sur la peau (dermite), effets sur le système cardiovasculaire et système nerveux	<u>inhalation</u> : peau, système nerveux périphérique, système cardio-vasculaire <u>ingestion</u> : peau, système nerveux périphérique, cardiovasculaire, sanguin et gastro-intestinal	groupe 1 (CIRC) canncérigène pour l'homme	non classé, etude montrent un effet possible d'avortement tardif et mortalité foetal tardives	potentiellemnt génotoxique de manière indirect mais pas reconnu comme mutagène par l'UE
Baryum (Ba)	peu mobile	insoluble	sous forme particulaire	-	bioaccumulation dans les organismes aquatiques peut etre accumulé par les plantes	inhalation ingestion	<u>ingestion</u> : problème gastro-intestinal, paralysie des muscles <u>inhalation</u> : hypertension, probleme de peau et symptomes respiratoires dose létale 3-4g	pas d'effets importants relevés	-	peusement cancérigène mais non classé	-	-
Cadmium (Cd)	mobile, accumulation dans les horizons supérieurs riches en matière organique	peu soluble, mobile	sous forme particulaire, peu volatil	-	possibles pour les producteurs primaires	inhalation ngestion cutanée	<u>inhalation</u> : décès , pneumonie chimique, irritation pulmonaire, toux <u>ingestion</u> : effets gastro-intestinaux (vomissements, crampes épigastriques, gastro-entérites)	<u>inhalation</u> : effets rénaux (néphropathie, insuffisance rénale), effets respiratoires <u>ingestion</u> : effets rénaux, effets osseux (excrétion excessive de calcium), effets neurologiques (neuropathies périphériques)	<u>inhalation</u> : reins, poumons <u>ingestion</u> : reins	cancers pulmonaires, rénaux, hépatiques et prostatiques. Classé catégorie 2 par l'UE, assimilé à une substance cancérogène) groupe 1 (CIRC) : cancérogène pour l'homme	catégorie 2 (UE): substance devant être assimilée à des substances altérant la fertilité dans l'espèce humaine	catégorie 3 (UE) : substance préoccupante en raison d'effet mutagènes
Chrome	chrome III adsorbé chrome VI transformé en chrome III	ChromelIII peu soluble, chrome IV forte solubilité	pas volatil	-	Chrome VI non biaccumulé dans poissons. Chrome III s'accumule légèrement dans les poissons. Bioaccumulation dans les phytoplancton et les lagues	ingestion ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : inflammation du tube digestif, nécrose hépatique et rénale et décès <u>cutanée</u> : décès aux dérivés de chrome VI	<u>inhalation</u> : exposition au chrome VI avec epistaxis, irritation nasales, bronchites, pneumonies, asthmes, dermatites, atteintes gastro-intestinales, effets cardiovasculaires, <u>cutanée</u> : dermites eczématiformes, ulcérations	<u>inhalation</u> : tractus respiratoire	Chrome III groupe 3 (CIRC) : non classifiable comme cancérigène pour l'homme Chrome VI groupe 1 (CIRC) : cancérigène pour l'homme	pas assez de données pour conclure	Dichromate de sodium, Dichromate d.ammonium, Dichromate de potassium, Dichloro-dioxyde de chrome, Chromate de potassium, Chromate de sodium et Trioxyde de chrome : catégorie 2 : « substances devant être assimilées à des substances mutagènes pour l'homme »
Cuivre (Cu)	cuivre plus mobile pour des pH<5, au dessus de pH 7 le cuivre n'est plus mobile. Il se fixe préférentiellement sur la matière organique. Se retrouve surtout dans les premiers centimètres du sol	insoluble forme particulaire, précipite, s'adsorbe à la matière organique, au fer et aux argiles	sous forme particulaire d'oxyde, de sulfate ou de carbonate. Peut etre adsorbé à la matière particulaire	-	bioaccumulation dans les poissons et dans les plantes en fonction du pH du sol et des conditions du milieu	gestion (principale) inhalation cutanée	<u>inhalation</u> : "fièvre des fumées de métaux" avec fièvre, céphalée, sueurs froides,douleurs musculaires <u>ingestion</u> : vomissements, létargie, anémie, cytolyse hépatique par nécrose et insuffisance rénale	<u>inhalation</u> : irritation des voies aériennes supérieurs, troubles gastro-intestinaux, pneumopathie interstitielle, lésions hépatique <u>ingestion</u> : troubles intestinaux, insuffisance hépatique, atteinte rénale <u>cutanée</u> : dermatite allergique	<u>inhalation</u> : foie <u>ingestion</u> : foie <u>cutanée</u> : peau	pas classé comme cancérigène	très peu de données, pas de lien mis en evidence	aucuns composés classés comme mutagène
Mercure (Hg)	faiblement mobile reste dans les horizons de surface	le mercure élémentaire est quasiment insoluble composés organiques solubles	volatil	transformation par méthylation ou déméthylation dans les sols, réaction d'oxydo-réduction	mercure (organique et inorganique) s'accumule facilement dans les organismes aquatiques et les végétaux	inhalation ngestion cutanée	mercure élémentaire <u>inhalation</u> : irritation des voies respiratoires, encéphalopathie, troubles digestifs, atteinte tubulaire rénale, pneumonie, trachéo-bronchites, atteintes hépatiques, décès	mercure élémentaire dommage neurophysiologiques (tremblements, irritabilité, trouble de la mémoire) <u>inhalation</u> : "maladie rose" (troubles nerveux et cardiaques, tumefaction froide, sudation), toux chronique <u>ingestion</u> : troubles cardiovasculaires, gastro-intestinaux,neurologiques et rénaux <u>cutanée</u> : stomatite	<u>inhalation</u> : système nerveux central, rein, système cardio-vasculaire <u>ingestion</u> : système nerveux central,rein	groupe 3 (CIRC) : non classifiable comme cancérigène pour l'homme	classé catégorie 2 (UE) , ayant probablement des effets sur la reproduction et le développement	pas classé par l'UE, mais potentielle génotoxique du chlorure mercurique chez l'animal
Molybdène	-	-	-	-	-	inhalation ingestion	irritation possible des yeux et des voies respiratoires supérieures	atteinte pulmonaire possible	-	-	-	-
Nickel	mobilité augmente aux pH faibles, adsorbé à la surface d'oxyde de fer, d'aluminuim, manganèse et minéraux argileux	-	sous forme particulaire (temps de demi vie de une semaine à un mois)	-	bioaccumulation dans les organismes marins et peu dans les végétaux	inhalation ingestion	<u>inhalation</u> : maux de tête, vertige, nausées, vomissements, insomnie, irritabilité, douleur de poitrine, toux, effets gastro-intestinaux, décès <u>ingestion</u> : vomissements, crampes abdominales,maux de tete <u>cutanée</u> : dermite de contact	<u>inhalation</u> : bronchite chronique, asthme <u>cutanée</u> : dermite de contact, allergie de contact	<u>inhalation</u> : poumon <u>ingestion</u> : reins	Groupe 2B (CIRC) : cancérogène possible pour l'homme	tétracarbonylnickel est classé réprotoxique, pas les autres composés	-
Plomb (Pb)	mobilité très faible, accumulation plomb en surface grande affinité du plomb avec la MO	très peu soluble adsorption sur matière organique et minéraux d'argiles	composés non volatils	-	faible à moyen dans les organismes aquatiques, biaccumulation dans les racines des végétaux	inhalation ingestion	<u>ingestion</u> : troubles digestifs (colliques, douleurs et crampes abdominales, vomissements), atteintes rénales, lésions du système nerveux central, hémolyse	<u>inhalation + ingestion</u> :effets sur le système nerveux central (maux de tete, perte de mémoire, hallucinations), effet sur le système nerveux périphérique (crampes, faiblesse musculaire), effets hématologique (anémie), effets rénaux (insuffisance rénale, néphropatie), effets sur le système cardiovasculaire (hypertension), effets sur les os et les dents possibles	système nerveux, sang, reins, appareil digestif, os	Groupe 2B (CIRC) : cancérogène possible pour l'homme	certain composés du plomb sont classés catégorie 1 A (UE) : substances connues pour altérer la fetilité dans l'espèce humaine ou provoquer des effets toxiques sur le développement dans l'espèce humaine"	étudié mais pas classé, les etudes laissent penser qu'un effet génotoxique existe

Selenium	dépendant du ph et conditions redox, de la MO, d'argile et d'oxydes	insoluble formation d'oxyanions et se comporte comme un anions, dépendance au pH et aux conditions redox	sous forme particulaire	-	bioaccumulation organismes aquatiques, bioaccumulation dans les végétaux faible et dépend du pH, de la température, de la concentration en métaux lourd et de la concentration en sulfate	inhalation ingestion	<u>ingestion</u> : décès, vomissements, diarrhées, douleurs abdominales <u>inhalation</u> : Œdème pulmonaire, toux, saignement de nez, pneumonies chimique	effet sur le système respiratoire, atteintes gastro-intestinales et des effets cardiovasculaires	<u>inhalation</u> : poumons <u>ingestion</u> : phanères, système nerveux central	groupe 3 (CIRC) : non classifiable comme cancérigène pour l'homme	étudié mais pas classé par l'UE (possibilités de malformations et d'avortement spontané)	étudié mais pas classé par l'UE
Zinc	accumulation à la surface des sols, présent principalement à l'état d'oxydation +2	insoluble forme dépend pH et conditions redox, présence de zinc complexé par ligands organiques, ou adsorbé sur matière solide	-	-	bioaccumulation possible dans les organismes aquatiques du bas de la chaîne trophique, mais régulation des teneur en zinc par les autres organismes	inhalation ingestion	<u>inhalation</u> : détresse respiratoire, décès par occlusion des artères pulmonaires, "la fièvre des fondeurs" (fièvres douleurs musculaires céphalée), effets cardiaques et gastro-intestinaux <u>ingestion</u> : vertige, lethergie, lésions gastro-intestinale	<u>inhalation</u> : problèmes gastro-intestinaux <u>ingestion</u> : vomissements, nausées, anémie, effets sur le système immunitaire	<u>ingestion</u> : tractus gastro-intestinal, sang, système immunitaire <u>inhalation</u> : poumons	non classé par l'UE ou le CIRC	trop peu de données disponibles pour conclure, possibilité d'avoir un effet sur le développement du fœtus	étudié mais pas classé par l'UE
1,1 dichloroéthylène	-	très soluble	très volatil	pas facilement biodégradable dans les eaux de surface en milieu anaérobie se dégrade en chlorure de vinyle	peu bioaccumulé dans les poissons	inhalation ingestion cutanée	<u>inhalation</u> : dépression du système nerveux central, inflammation des muqueuses de l'appareil respiratoire <u>cutanée</u> : irritations peaux et yeux <u>ingestion</u> : douleurs abdominales, maux de gorge	<u>inhalation</u> : problème hépatique et rénale	<u>inhalation</u> : foie <u>ingestion</u> : reins <u>cutanée</u> : susyteme nerveux centrale	catégorie 3 (UE) : substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles catégorie 2B (CIRC) : cancérogène possible pour l'homme	aucune information disponible chez l'homme, pas de mise en évidence chez l'animal	étudié mais pas classé par l'UE
1,2- dichlorobenzene	modérément mobile	persistants, temps de résidence dans les eaux souterraines environ 100 jours	moyennement persistant , temps de résidence entre 13 et 116 jours	possiblement biodégradable	-	inhalation ingestion cutanée	<u>inhalation</u> : trouble du système nerveux central, effets hépatiques. <u>Cutanée</u> : irritations de la peau	<u>inhalation</u> : irritation des muqueuses, anémie <u>cutanée</u> : lésions eczématiformes	-	classe 3 (CIRC) : non classifiable comme cancérigène pour l'homme	<i>pas de données chez l'homme</i> rien de démontré chez l'aniamal	étude chez l'animal : effets sur les échanges chromatidiens et des aberrations chromosomiques, mutations sur certains gènes
1,2,3- trichlorobenzène	mobilité faible	absorbé sur les particules en suspension, volatilisation vers l'air importante	sous forme de vapeur (forme principale)	lente, temps de demi vie de plusieurs semaines à mois, mais possible par voies anaérobie et aérobie.	élevée chez les poissons, pas de données pour les autres organismes	ingestion inhalation	<i>pas de données</i>	<i>pas de données</i>	foie, reins	pas étudié par l'UE	<i>pas de données pour l'homme</i>	-
1,2,4- trichlorobenzene	-	-	-	-	-	ingestion inhalation	<i>pas de données</i>	<i>pas de données chez l'homme</i> (animal) : effets sur le foie et les reins	foie, reins	pas classé par l'UE	<i>pas de données pour l'homme</i>	-
1,2,4 trimethylbenzene	-	-	-	-	-	ation cutanée	<u>inhalation</u> : dépression possible du système nerveux central, pneumonie chimique,	<i>pas de données chez l'homme</i> (animal) : dépression du système nerveux central, réduction du gain de poids corporel	-	<i>pas de données</i>	traverse le placenta chez l'humain	<i>pas de données</i>
1,3,5 trichlorobenzène	-	peu soluble	-	-	-	ingestion inhalation cutanée	irritation possible des yeux, des voies respiratoires et de la peau	<i>pas de données chez l'homme</i> (animal): métaplasie épidermoide et hyperplasie de l'épithélium	foie, reins	pas étudié par l'UE	<i>pas de données pour l'homme</i>	<i>pas de données</i>
1,3,5- trimethylbenzene (mésitylène)	-	peu soluble	-	-	-	inhalation ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : troubles digestifs, dépression du système nerveux central, pneumopathie <u>inhalation</u> : irritation des muqueuses, atteinte du système nerveux central	troubles respiratoires, troubles neurologiques, troubles hématologiques	-	<i>pas de données</i>	<i>pas de données</i>	<i>pas de données</i>
1,3-dichlorobenzene	-	peu soluble	-	faiblement biodégradable	-	ingestion inhalation	irritation possible des yeux, de la peau, des voies respiratoires, maux de tête, nausées, vomissements	possibilité d'atteintes hépatique et rénale	-	groupe 3 (CIRC) : non classifiable comme cancérigène pour l'homme	<i>pas de données</i>	<i>pas de données</i>
1,4 dichlorobenzene	moyennement à peu mobile	peu soluble	volatil	possiblement biodégradable	possiblement bioaccumulable dans les organismes aquatiques pas de données pour les autres organismes	ingestion inhalation	<u>ingestion</u> : anémie <u>inhalation</u> : vertiges, malaises, maux de tête, nausées, vomissements, engourdissements, bouffées de chaleur	<u>inhalation</u> : granulomatoses pulmonaire, anémie, des atteintes hépatiques, possible atteinte du système immunitaire, irritations nasales et oculaires , <u>ingestion</u> : anémie	<u>inhalation</u> : poumons, foie <u>ingestion</u> : foie, système sanguin	Catégorie 2 B (CIRC) : cancérogène possible pour l'homme	<i>pas d'etude chez l'homme</i>	étudié mais pas classée par l'UE
2-chlorotoluène	-	peu soluble	volatil	non biodégradable	-	inhalation cutanée	<i>pas de données chez l'homme</i> (animal) : vasodilatation, perte de	-	-	-	-	-
4-chlorotoluène	-	peu soluble	-	non facilement biodégradable	-	inhalation ingestion	irritation des yeux, irritation des voies respiratoires et digestives	(animal) ingestion : atteinte du foie, des reins, du système nerveux central	-	-	-	-

[illegible]

O-xylène	en surface se volatilisent, mais dans les sols profonds tendance à la lixiviation	peu présent car forte volatilisation	volatil, forte présence dans l'air	dégradé dans l'atmosphère, et l'eau de surface,mais moins que les autres isomères, pas de dégradation en milieu anaérobie	<i>pas de données suffisantes</i>	inhalation (principale) cutanée ingestion	(pour mélange de xylènes) <u>par inhalation</u> : tachycardie, perte de mémoire, déséquilibre, irritations du nez et de la george, troubles respiratoires, troubles cardiovasculaires, gastro-intestinaux, troubles neurologiques, décès <u>ingestion</u> : décès du a une détresse respiratoire et hypoxie cérébrale <u>cutanée</u> : irritation de la peau, dessèchement, vasodilatation, desquamation coma et mort possible lors mélange des xylènes	(Pour mélange de xylènes) <u>inhalation</u> :effets pulmonaires, irritations, troubles hématologiques, vertiges, perte de mémoire, possibles effets cardiaques et neurologiques	(pour mélange de xylènes) <u>inhalation</u> : système nerveux central, foie, sang, poumons <u>cutanée</u> : yeux, système nerveux central, peau, foie Pour o-xylène <u>inhalation</u> : système nerveux central, foie	pas classé par l'UE groupe 3 (CIRC) : l'agent ne peut etre classé pour sa cancérogénicité pour l'homme	pas classé, possibles effets trop peu de données pour conclure	pas d'effets génotoxiques, pas classé par l'UE
P-isopropyltoluène (cymène para)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P-xylène	en surface se volatilise, dans les sols profonds lixiviation	peu présent car forte volatilisation	volatil, forte présence dans l'air	facilement dégradé dans l'atmosphère, et l'eau de surface	<i>pas de données suffisantes</i>	inhalation (principale) cutanée ingestion	(pour mélange de xylènes) <u>par inhalation</u> : tachycardie, perte de mémoire, déséquilibre, irritations du nez et de la gorge, troubles respiratoires, troubles cardiovasculaires, gastro-intestinaux, troubles neurologiques, décès <u>ingestion</u> : décès du a une détresse respiratoire et hypoxie cérébrale <u>cutanée</u> : irritation de la peau, dessèchement, vasodilatation, desuqamation coma et mort possible lors mélange des xylènes	(Pour mélange de xylènes) <u>inhalation</u> :effets pulmonaires, irritations, troubles hématologiques, vertiges, perte de mémoire, possibles effets cardiaques et neurologiques	(pour mélange de xylènes) <u>inhalation</u> : système nerveux central, foie, sang, poumons <u>cutanée</u> : yeux, système nerveux central, peau, foie	pas classé par l'UE groupe 3 (CIRC) : l'agent ne peut etre classé pour sa cancérogénicité pour l'homme	pas classé, possibles effets trop peu de données pour conclure	pas d'effets génotoxiques, pas classé par l'UE
Sec-butylbenzene	-	insoluble	-	-	-	inhalation	irritation possible des yeux et des voies respiratoires, possible dépression du système nerveux central	dommages possibles au foie et aux reins	-	-	-	-
Styrène	moyennement mobile	faiblement soluble, adsorbé par les solides en suspension et les sédiments	volatil	facilement biodégradable en condition aérobie, mais lentement en condition anaérobie et va entrainer la formation de produits aromatiques et aliphatiques	<i>pas de résultats validés</i>	inhalation (principale) cutanée orale	<u>inhalation</u> : irritations, nausées, céphalées, vertiges, troubles visuels, effetsneurologiques, irritations des voies respiratoires <u>orale</u> : irritation de la gorge, du nez, des yeux, douleurs abdominales <u>cutanée</u> : irritations	<u>inhalation</u> : irritations de voies respiratoires, asthme, effets sur le système nerveux central, problème de vision et d'audition, possibles problèmes hématologiques et hépatiques	<u>inhalation et ingestion</u> : système nerveux	Groupe 2B (CIRC) : cancérogène possible pour l'homme mais assez peu d'informations dans les etudes pour établir un lien de causalité	catégorie 2 (CLP) : substance préoccupante pour induire des effets sur le developpement et la reproduction	étudié mais pas classé par l'UE, établi comme clastogène et mutagène par certaines etudes
Tert-butylbenzene	-	très peu soluble	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tetrachloroéthylène	assez mobile, gagane facilement les eaux souterraines	solubilité faible, migre rapidement, s'accumule au fond de l'aquifère	volatil	pas de biodégradation en conditions aérobie, possible en conditions anaérobie (dépend des conditions du milieu)	bioaccumulation peu probable dans les poissons, pas de données pour les autres organismes	inhalation (principale) orale cutanée	<u>inhalation</u> : propriétés anesthésiques, troubles du rythme cardiaque, coma, effets hépatiques, mort par dépression du système nerveux central, irritations <u>orale</u> : perte de conscience, choc anaphylactiques, vomissements, saignements gastro-intestinaux,narcose, anémie, décès <u>cutanée</u> : oedèmes	<u>inhalation</u> : effets neurologiques (nausée, vomissements, altération de la visison des couleurs), hépatiques, rénaux	<u>inhalation</u> : système nerveux central, foie, rein <u>ingestion</u> : foie, reins	Groupe 2A (CIRC) : cancérogène probable pour l'homme	rarees données disponibles ne mettent pas en evidence d'effet sur la reproduction	pas classé par l'UE
Toluène	moyennement mobile	faible solubilité	volatil, se volatilise à partir de la surface du sol et de l'eau	biodégradable en conditions aérobie	faible potentiel de bioaccumulation	inhalation (principale) ingestion	<u>inhalation</u> : maux de tete, vertiges, irritation des muqueuse, somnolence, effets neurologiques. Décès pour la dose de 625 mg/kg,	<u>inhalation</u> : effets neurotoxiques (troubles du comportement, altérations de la réponse), possibles effets hépatiques	<u>inhalation et ingestion</u> : système nerveux central	gourpe 3 (CIRC) : non classifiable comme cancérogène pour l'homme	classé catégorie 3 par l'UE : substance préoccupante pour la fertilité dans l'espèce humaine ou pour l'homme en raison d'effets toxiques possible sur le développement.	examiné mais pas classé par l'UE, pas d'effets sur les animaux
Trans 1-2 dichloroéthylène	-	temps de demi vie de 3 heures en rivière	très volatil	non biodégradable	<i>pas de données</i>	inhalation (principale) ingestion	<u>inhalation</u> : dépression du système nerveux central, nausées, somnolence, asthénie, vertiges, céphalées	<i>pas de données chez l'homme</i>	<u>inhalation et ingestion</u> : foie, système nerveux central	pas classé par l'UE et le CIRC	pas d'étude chez l'homme et pas de conclusion chez l'animal	examiné mais pas classé par l'UE

Trichloroéthylène (TCE)	fortement mobile trnsfert vers les eaux souterraines	soluble	facilement volatil	peu biodégradable	peu de bioaccumulation dans les organismes aquatiques, possible bioaccumulation dans les végétaux, voir BAPPOP	inhalation ingestion cutanée	<u>inhalation</u> : dépression du système nerveux central, pertes de connaissance, vertiges, fatigue, . somnolence, perte de réflexe <u>ingestion</u> : irritation du tube digestif entraîne vomissements, délires et perte de connaissance <u>cutanée</u> : irritations, dessèchement, érythème cutané, gerçures	<u>inhalation</u> : système nerveux central (céphalées, léthargie, somnolence, asthénie, vertiges, nausées, vomissements), irritation oculaire, lésions cutanées <u>ingestion</u> : troubles neurologiques, gastro-intestinaux, cardiaques, immunologiques, respiratoires	<u>inhalation et ingestion</u> : reins, système nerveux central	pas de lien clairement établi, possible risque accru de cancer rénal et de leucémies lymphoblastiques catégorie 1B (UE) : assimilé à une substance cancérogène pour l'homme groupe 1 (CIRC) : cancérogène pour l'homme	<u>reproduction</u> : pas étudié chez l'homme, chez l'animal peu de perturbations engendrées <u>developpement</u> : non classé par l'UE	classé catégorie 2 (UE) : subsyance préoccupante pour l'homme en raison d'effets mutagènes
Xylènes mélange d'isomère	en surface se volatilise, dans les sols profonds lixiviation	peu présent car forte volatilisation	volatil, forte présence dans l'air	facilement dégradé dans l'atmosphère, et l'eau de surface	<i>pas de données suffisantes,</i> possibilité de s'accumuler dans l'organisme humain	inhalation (principale) cutanée ingestion	(pour mélange de xylènes) <u>par inhalation</u> : tachycardie, perte de mémoire, déséquilibre, irritations du nez et de la gorge, troubles respiratoires, troubles cardiovasculaires, gastro- intestinaux, troubles neurologiques, décès <u>ingestion</u> : décès du a une détresse respiratoire et hypoxie cérébrale <u>cutanée</u> : irritation de la peau, dessèchement, vasodilatation, desuqmaton coma et mort possible lors mélange des xylènes	(Pour mélange de xylènes) <u>inhalation</u> :effets pulmonaires, irritations, troubles hématologiques, vertiges, perte de mémoire, possibles effets cardiaques et neurologiques	(pour mélange de xylènes) <u>inhalation</u> : système nerveux central, foie, sang, poumons <u>cutanée</u> : yeux, système nerveux central, peau, foie	pas classé par l'UE groupe 3 (CIRC) : l'agent ne peut etre classé pour sa cancérogénicité pour l'homme	pas classé, possibles effets trop peu de données pour conclure	pas d'effets génotoxiques, pas classé par l'UE
1,1 dichloroéthane	-	-	-	peu biodégradable	-	inhalation	<u>Inhalation</u> : dépression du système nerveux central, narcose	-	-	substance non classifiable comme cancérogène pour l'homme	-	les données pas suffisantes pour évaluer l'effet mutagène
1,1,1 trichloroéthane	-	peu soluble	volatil	non biodégradable	-	inhalation ingestion	<u>inhalation</u> : dépression du système nerveux central, troubles cardiaques, nausées.	<u>inhalation</u> : irritations cutanée, oculaire et respiratoire.	-	groupe 3 (CIRC) : non classifiable comme cancérigène pour l'homme	les données ne permettent pas de conclure	les données ne permettent pas de conclure
1,1,2-trichloroéthane	-	soluble	-	peu biodégradable	-	inhalation ingestion	<u>Ingestion</u> : troubles gastriques <u>inhalation</u> : dépression du système nerveux central (incoordination, perte de conscience et narcose) atteintes hépatique et rénale, mort possible.	<u>Inhalation</u> : possibilité de troubles gastriques, d'atteintes rénale et hépatique et de dommages pulmonaires	-	groupe 3 (CIRC) : non classifiable comme cancérigène pour l'homme	-	-
1,2 dichloroéthane	mobile dans tout type de sol	soluble	très volatil	partiellement biodégradé dans les eaux de surface, et biodégradé dans les milieu anaérobie, mais pas de biodégradation dans les sols	peu bioaccumulable dans les poissons	inhalation ingestion cutanée	<u>inhalation</u> : troubles du système nerveux central, troubles gastro-intestinaux, douleurs épigastriques, congestion pulmonaire, et décès <u>ingestion</u> : arythmie cardiaque, oedeme pulmonaire, brulures de la bouche, de l'œsophage et de l'estomac, nausées, vomissements, douleurs abdominales, mort	<u>inhalation</u> : nausées, vomissements, douleurs épigastriques, fatigue	foie, reins	groupe 2B (CIRC) : cancérogène possible pour l'homme catégorie 2 (UE) : assimilé à une substance cancérogène pour l'homme	non classé par l'UE	étudié mais pas classé comme génotoxique
1,2 dribromoéthane	-	soluble	-	-	-	inhalation ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : nausées, vomissements, brulures de la george, douleurs abdominales, troubles digestifs et hémodynamiques <u>inhalation</u> : effet narcotique, problèmes digestifs, effets hépatiques et rénaux	<u>inhalation</u> : possible lien avec l'augmentation de l'asthme	-	catégorie 2A (CIRC) : cancérogène probable pour l'homme	-	effets mutagènes soupçonnés
Bromochlorométhane	-	soluble	-	-	-	inhalation ingestion cutanée	<u>inhalation</u> : maux de tete, problèmes gastriques, perte de conscience <u>ingestion</u> : possibilité de dommage hépatiques et rénaux	(chez l'animal) <u>inhalation</u> : possibilité de dommages hépatiques et rénaux	-	<i>pas de données</i>	<i>pas de données</i>	<i>pas de données</i>
Bromodichlorométhane	-	soluble	-	-	-	ingestion	(chez l'animal) <u>ingestion</u> : sédation, anesthésie, muscles mous, ataxie, prostration, dommages hépatiques et rénaux	(chez l'animal) <u>ingestion</u> : dommages hépatiques et rénaux	-	groupe 2B (CIRC) agent peut-être cancérogène pour l'homme	absence d'effets conclu par plusieurs études	-

Chloroforme (trichlorométhane)	très mobile dans les sols tendance à s'accumuler dans les couches supérieurs du sol	soluble	s'évapore facilement en milieux aqueux ou du sol	pas biodégradable en milieu aérobie, dégradation en milieu anaérobie (demi-vies entre 10 et 14 jours)	faible potentiel de bioaccumulation	inhalation ingestion cutanée	<u>inhalation</u> : dépression du système nerveux central (anesthésie, fatigue, vertiges, céphalées), effets respiratoires, effets cardiaques, effets gastro- intestinaux, effets hépatiques et rénaux <u>ingestion</u> : effets respiratoires, effets gastro-intestinaux, effets hépatiques et rénaux, effets cardiaques <u>cutané</u> : irritations, rougeurs, cloques et brulures	<u>inhalation</u> : effets sur le foie et le système nerveux central	Foie, reins, système nerveux central	catégorie 3 (UE) : substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possibles groupe 2B (CIRC) : pourrait être cancérigène pour l'homme	non classé (UE)	étudié mais pas classé par l'UE pour le caractère génotoxique
Chlorure de vinyle	très mobile dans les sols, peut atteinde les eaux souterraines par lixiviation	soluble dans l'eau	volatil, se volatilise des eaux de surface et des sols facilement	biodégradation aérobie et anaérobie possible mais lente	bioaccumulation limitée dans les organismes aquatiques	inhalation (principale) ingestion cutanée	<u>inhalation</u> : dépression du système nerveux central (vertiges, nausées, maux de tete, fatigue, trouble de la coordination des mouvements, troubles visuels), effet narcotique, mort possible <u>cutanée</u> : érythème, brulures	<u>maladie du chlorure de vinyle</u> (1000ppm = 2600 mg/m3): douleurs articulaires, céphalées, étourdissements, troubles visuels, fatigue, perte d'appetit, nausées, insomnies, essoufflements, douleurs abdominales, perte de poids, atteintes hépatique, troubles neurologiques <u>cutanée</u> : sclérose cutanées	<u>inhalation</u> : système nerveux central <u>ingestion</u> : foie	responsable cancer du foie, classé comme cancérigène pour l'homme (UE, CIRC, US EPA)	non classé (UE), expositions prolongés entraîne des dysfonctionnements, des oedemes et des avortements spontanés	caractère mutagène démontré mais en lien avec les effets cancérigène, donc pas classé génotoxique car déjà cancérigène
Dibromochlorométhane	-	-	-	-	-	inhalation ingestion	(chez l'animal) <u>inhgestion</u> : respiration difficile, ataxie, sédation, dommages hépatiques et rénaux	(chez l'animal) <u>ingestion</u> : dommages hépatiques et rénaux	-	groupe 3 (CIRC) l'agent ne peut être classé quant à sa cancérogénicité pour l'homme	les données ne permettent pas de conclure	soupçonné chez l'animal
Dibromométhane	-	-	-	-	-	inhalation ingestion cutanée	irritations de la peaux et des yeux	-	-	-	-	-
Dichlorométhane (chlorure de méthylène)	très mobile entraîné par lixiviation dans les eaux souterraines	peu persitant dans les eaux superficielles	se volatilise à partir des eaux de surface et des sols humides	-	peu bioaccumulable dans les organismes aquatiques	inhalation (principale) ingestion cutanée (rare)	<u>inhalation</u> : dépression du système nerveux central (problèmes visuels et de mémoire), troubles digestifs, troubles respiratoires, décès <u>ingestion</u> : dépression du système neveux central, corrosion gastro- intestinale, insuffisance rénale, insuffisance hépatique, décès <u>cutanée</u> : brulures cornéennes et cutanées	<u>inhalation</u> : effets sur le système nerveux central (vertiges, étourdissements, pertes de mémoire, changement d'humeur, dépression)	<u>inhalation</u> : système nerveux central <u>ingestion</u> : le tractus gastro- intestinal	clasee 2A (CIRC) : cancérigène probable pour l'homme	non classé par l'UE , potentiel teratogène faible à nul	examiné mais pas classé pour génotoxicité par l'UE
Tétrachlorométhane (Tétrachlorure de carbone)	forte mobilité	moyennement soluble, ne s'adsorbe pas sur les matières en suspension	volatil, sous forme vapeur dans l'atmosphère	pas de biodégradation en milieu aérobie, mais dégradation possible en milieu anaérobie	pas bioaccumulable chez les poissons, pas de données pour les autres organismes	Inhalation (principale) ingestion (principale) cutanée	dépression du système nerveux central, troubles hépatiques, lésions rénales, nausées, maux de tête, vertiges, vomissements	nausées, vomissemnts, douleurs epigastriques, céphalées, étourdissements, troubles anxieux	Foie, cerveau, reins	classe 2B (CIRC) : cancérigène possible pour l'homme classé catégorie 3 (UE) : substance préoccupante pour l'homme	<i>pas de données chez l'homme</i>	étudié mais pas classé génotoxique
Tribromométhane (Bromoforme)	-	peu soluble	faible volatilité	-	-	inhalation ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : dépression du système nerveux central (perte de conscience, perte de réflexes),vomissement, coma, mort <u>inhalation</u> : irritation des muqueuses, rougeur du visage, somnolence, ataxie, coma, convulsions	signes neurologiques (sommolence), psychiatrique (hallucination, trouble de mémoire), cutanés, digestives	-	groupe 3 (CIRC) : l'agent ne peut etre classé quant à sa cancérogénicité pour l'homme	pas de données suffisantes pour cocnlure	pas de données suffisantes pour conclure
Polychlorobiphényles (global)	faiblement mobile, biodégradable	peu soluble, adsorbé sur les particules en suspension et les sédiments	sous forme gazeux	biodégradation possible mais lente, démontré en condition anaérobie en milieu aqueux,	-	inhalation ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : chloracné, perturbations neurologiques, gastrointestianles, troubles occulaires	effets respiratoires (infections respiratoires plus fréquentes), gastro- intestinaux (perte de poids, d'appetit), hépatiques, possibles effets endocriniens, effets neurologiques	<u>ingestion</u> : tissu adipeux, foie, cerveau	groupe 1 (CIRC) : cancérigène pour l'homme	étudiés mais non classé par l'UE	étudiés mais non classé par l'UE
PCB 28 (2,4,4' trichlorobiphényle)	faiblement mobile, biodégradable (temps de demi vie de 6 ans)	peu soluble (temps de demi vie de 2 ans), adsorbé sur les particules en suspension et les sédiments	sous forme gazeux (temps de demi vie de 3 semaines)	biodégradation possible mais lente, démontré en condition anaérobie en milieu aqueux,	-	inhalation ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : chloracné, perturbations neurologiques, gastro-intestinales, troubles occulaires	effets respiratoires (infections respiratoires plus fréquentes), gastro- intestinaux (perte de poids, d'appetit), hépatiques, possibles effets endocriniens, effets neurologiques	<u>ingestion</u> : tissu adipeux, foie, cerveau	groupe 2A (CIRC) : probablement cancérigène pour l'homme	étudiés mais non classé par l'UE	étudiés mais non classé par l'UE
PCB 52 (2,2',5,5' tetrachlorobiphényle)	faiblement mobile, biodégradable (temps de demi vie de 6 ans)	peu soluble (temps de demi vie de 6 ans), adsorbé sur les particules en suspension et les sédiments	sous forme gazeux (temps de demi vie de 9 semaines)	biodégradation possible mais lente, démontré en condition anaérobie en milieu aqueux,	-	inhalation ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : chloracné, perturbations neurologiques, gastro-intestinales, troubles occulaires	effets respiratoires (infections respiratoires plus fréquentes), gastro- intestinaux (perte de poids, d'appetit), hépatiques, possibles effets endocriniens, effets neurologiques	<u>ingestion</u> : tissu adipeux, foie, cerveau	groupe 2A (CIRC) : probablement cancérigène pour l'homme	étudiés mais non classé par l'UE	étudiés mais non classé par l'UE
PCB 101 (2,2',4',5,5' pentachlorobiphényle)	faiblement mobile, biodégradable (temps de demi vie de 6 ans)	peu soluble (temps de demi vie de 6 ans), adsorbé sur les particules en suspension et les sédiments	sous forme gazeux (temps de demi vie de 9 semaines)	biodégradation possible mais lente, démontré en condition anaérobie en milieu aqueux,	-	inhalation ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : chloracné, perturbations neurologiques, gastrointestianles, troubles occulaires	effets respiratoires (infections respiratoires plus fréquentes), gastro- intestinaux (perte de poids, d'appetit), hépatiques, possibles effets endocriniens, effets neurologiques	<u>ingestion</u> : tissu adipeux, foie, cerveau	groupe 2A (CIRC) : probablement cancérigène pour l'homme	étudiés mais non classé par l'UE	étudiés mais non classé par l'UE

PCB 118 (2,3',4,4',5 pentachlorobiphényle)	faiblement mobile, biodégradable (temps de demi vie de 6 ans)	peu soluble (temps de demi vie de 6 ans), adsorbé sur les particules en suspension et les sédiments	sous forme gazeux (temps de demi vie de 9 semaines)	biodégradation possible mais lente, démontré en condition anaérobie en milieu aqueux,	-	inhalation ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : chloracné, perturbations neurologiques, gastrointestianles, troubles oculaires	effets respiratoires (infections respiratoires plus fréquentes), gastro-intestinaux (perte de poids, d'appetit), hépatiques, possibles effets endocriniens, effets neurologiques	<u>ingestion</u> : tissu adipeux, foie, cerveau	groupe 1 (CIRC) : cancérogène pour l'homme	étudiés mais non classé par l'UE	étudiés mais non classé par l'UE
PCB 138 (2,2',4,4',5,5' hexachlorobiphényle)	faiblement mobile, biodégradable (temps de demi vie de 6 ans)	peu soluble (temps de demi vie de 6 ans), adsorbé sur les particules en suspension et les sédiments	sous forme gazeux (temps de demi vie de 35 semaines)	biodégradation possible mais lente, démontré en condition anaérobie en milieu aqueux,	-	inhalation ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : chloracné, perturbations neurologiques, gastrointestianles, troubles oculaires	effets respiratoires (infections respiratoires plus fréquentes), gastro-intestinaux (perte de poids, d'appetit), hépatiques, possibles effets endocriniens, effets neurologiques	<u>ingestion</u> : tissu adipeux, foie, cerveau	groupe 2A (CIRC) : probablement cancérigène pour l'homme	étudiés mais non classé par l'UE	étudiés mais non classé par l'UE
PCB 153 (2,2',4,4',5,5' hexachlorobiphényle)	faiblement mobile, biodégradable (temps de demi vie de 6 ans)	peu soluble (temps de demi vie de 6 ans), adsorbé sur les particules en suspension et les sédiments	sous forme gazeux (temps de demi vie de 35 semaines)	biodégradation possible mais lente, démontré en condition anaérobie en milieu aqueux,	-	inhalation ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : chloracné, perturbations neurologiques, gastro-intestinales, troubles oculaires	effets respiratoires (infections respiratoires plus fréquentes), gastro-intestinaux (perte de poids, d'appetit), hépatiques, possibles effets endocriniens, effets neurologiques	<u>ingestion</u> : tissu adipeux, foie, cerveau	groupe 2A (CIRC) : probablement cancérigène pour l'homme	étudiés mais non classé par l'UE	étudiés mais non classé par l'UE
PCB 180 (2,2',3,4,4',5,5' heptachlorobiphenyle)	faiblement mobile, biodégradable (temps de demi vie de 6 ans)	peu soluble (temps de demi vie de 6 ans), adsorbé sur les particules en suspension et les sédiments	sous forme gazeux (temsp de demi vie de 35 semaines)	biodégradation possible mais lente, démontré en condition anaérobie en milieu aqueux,	-	inhalation ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : chloracné, perturbations neurologiques, gastro-intestinales, troubles oculaires	effets respiratoires (infections respiratoires plus fréquentes), gastro-intestinaux (perte de poids, d'appetit), hépatiques, possibles effets endocriniens, effets neurologiques	<u>ingestion</u> : tissu adipeux, foie, cerveau	groupe 2A (CIRC) : probablement cancérigène pour l'homme	étudiés mais non classé par l'UE	étudiés mais non classé par l'UE
2,6 Diméthylphénol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4-Ethylphenol (p-Ethylphenol)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3- Ethylphenol (m-Ethylphenol)	-	-	-	-	-	inhalation ingestion	<u>ingestion</u> : corrosion des voies digestives, douleurs abdominales, problemes musculaire, tremblements, convulsions, mort à rapprocher des effets du phénol	<u>ingestion</u> : effets sur le système nerveux, troubles hépatiques et rénaux à rapprocher des effets du phénol	-	-	-	-
4-chloro-3-methylphenol (Chlorocresol)	-	-	-	biodégradable	-	ingestion cutanée	irritation de la peau, des yeux et des muqueuses	-	-	-	-	-
4-méthylphénol (p-crésol)	-	-	-	facilement biodégradable	-	inhalation ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : troubles digestifs, troubles neuro-musculaires, cardio-vasculaires, atteintes au foie, reins, rate et pancréas, dépression dus sytème nerveux central <u>cutannée</u> : lésions, peau blanchatre jusqu'à la nécrose,	<u>inhalation</u> : intoxication systémique (troubles fonctionnels, céphalées, nausées, hypertension, tremblaments, anorexie) <u>cutanée</u> : dermatose jusqu'à la nécrose	-	groupe A4 (ACGIH) : substance non classifiable comme cancérogène pour l'homme	absence d'effets sur la reproduction	-
3- méthylphénol (m-cresol)	-	-	-	facilement biodégradable	-	inhalation ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : troubles digestifs, troubles neuro-musculaires, cardio-vasculaires, atteintes au foie, reins, rate et pancréas, dépression dus système nerveux central <u>cutannée</u> : lésions, peau blanchatre jusqu'à la nécrose,	<u>inhalation</u> : intoxication systémique (troubles fonctionnels, céphalées, nausées, hypertension, tremblaments, anorexie) <u>cutanée</u> : dermatose jusqu'à la nécrose	-	groupe A4 (ACGIH) : substance non classifiable comme cancérogène pour l'homme	absence d'effets sur la reproduction par une étude sur l'animal	-
2-methylphenol (o-cresol)	-	-	-	facilement biodégradable	-	inhalation ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : troubles digestifs, troubles neuro-musculaires, cardio-vasculaires, atteintes au foie, reins, rate et pancréas, dépression dus sytème nerveux central <u>cutannée</u> : lésions, peau blanchatre jusqu'à la nécrose,	<u>inhalation</u> : intoxication systémique (troubles fonctionnels, céphalées, nausées, hypertension, tremblaments, anorexie) <u>cutanée</u> : dermatose jusqu'à la nécrose	-	groupe A4 (ACGIH) : substance non classifiable comme cancérogène pour l'homme	données insuffisantes	-
2,5 Diméthylphenol (2,5 xylénol)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,4 diméthylphénol (2,4-Xylénol)	-	-	-	-	-	inhalation ingestion cutanée	irritation de la peau et des muqueuses	-	-	-	-	-
Phénol	mobile à moyennement mobile dans les sols	miscible à l'eau au-dessus de 68°C	-	Facilement biodégradable	faible potentiel de bioaccumultaion pour les organismes aquatiques, pas de données pour les organismes terrestres	inhaltion ingestion cutanée	<u>cutanée</u> : dépigmentations cutanées, extrasystoles ventriculaires, choc cardiovasculaire, atteintes rénales <u>ingestion</u> : similaire voie cutanée	<u>inhalation</u> : anorexie, céphalées, vertiges, urines noires <u>ingestion</u> : cardio-vasculaire <u>cutanée</u> : cardio-vasculaire, peau	<u>inhaltion</u> : poumon, couer, rein, foie <u>ingestion</u> : cardio-vasculaire <u>cutanée</u> : cardio-vasculaire, peau	Groupe 3 (CIRC) : ne peut etre classé pour sa cancérogénicité classe D (US EPA) : non classifiable	pas de données chez l'homme	Catégorie 2 (CLP) : substance préoccupante pour l'homme en raison d'effets mutagènes

Nonylphénols (mélange d'isomères)	temps de demi-vie 300 jours	peu soluble , faiblement mobile, demi vie de 60 ans dans les sédiments et demi vie de 150 j dans les eaux de surface	temps de demi vie de 0,3 jours	biodégradable	bioaccumulable	ingestion inhalation	<i>pas de données suffisantes</i>	<i>pas de données suffisantes</i>	-	-	Classe 2 (CLP) : préoccupante pour des effets mutagènes dans les cellules germinales	-
4-nonylphénols	temps de demi-vie 300 jours	peu soluble , faiblement mobile, demi vie de 60 ans dans les sédiments et demi vie de 150 j dans les eaux de surface	temps de demi vie de 0,3 jours	biodégradable	bioaccumulable	ingestion inhalation	<i>pas de données suffisantes</i>	<i>pas de données suffisantes</i>	-	-	-	-
Nonylphénols ramifiés (mélange d'isomères)	temps de demi-vie 300 jours	peu soluble , faiblement mobile, demi vie de 60 ans dans les sédiments et demi vie de 150 j dans les eaux de surface	temps de demi vie de 0,3 jours	biodégradable	bioaccumulable	-	-	-	-	-	-	-
4-nonylphénol ramifié	temps de demi-vie 300 jours	peu soluble , faiblement mobile, demi vie de 60 ans dans les sédiments et demi vie de 150 j dans les eaux de surface	temps de demi vie de 0,3 jours	biodégradable	bioaccumulable	ingestion inhalation	<i>pas de données suffisantes</i>	<i>pas de données suffisantes</i>	-	-	Classe 2 (CLP) : préoccupante pour des effets mutagènes dans les cellules germinales	-
octylphenols	temps de demi-vie 300 jours	peu soluble , faiblement mobile, demi vie de 60 ans dans les sédiments et demi vie de 150 j dans les eaux de surface	temps de demi vie de 0,3 jours	biodégradable	bioaccumulable	ingestion inhalation	-	-	-	<i>pas de données</i>	<i>pas de données</i>	<i>pas de données</i>
BBP (phtalate de benzyle et de butyle)	-	très peu soluble	-	facilement biodégradable	possible bioaccumulation dans les organismes aquatiques	ingestion cutanée	<i>pas de données chez l'homme</i> (chez l'animal) irritations des yeux et des muqueuses	associé à l'obésité abdominale et résistance à l'insuline	-	classe 3 (CIRC) : non classifiable comme cancérigène pour l'homme	trop peu de données pour conclure	<i>pas de données</i>
DAP (phtalate de diallyle)	-	peu soluble	-	facilement biodégradable	-	ingestion inhalation cutanée	<u>inhalation</u> : irritation des voies respiratoires, œdème pulmonaire <u>cutanée</u> : irritation de la peau et des yeux	<i>pas de données chez l'homme</i>	-	<i>données pas suffisantes pour conclure</i>	<i>pas de données</i>	<i>pas de données</i>
DBP (phtalate de dibutyle)	-	peu soluble	peu volatil	facilement biodégradable	-	ingestion cutanée inhalation	<u>inhalation</u> : irritation des muqueuses respiratoires	<i>peu de données pour évaluer la toxicité</i>	-	pas d'étude chez l'homme	effets (masculinisation) doivent être confirmés	-
DCHP (phtalate de dicyclohexyle)	-	très peu soluble	-	-	-	ingestion cutanée	irritation de yeux	(chez l'animal) <u>ingestion</u> : atteinte hépatique	-	-	-	-
DEHP (phtalate de dioctyle secondaire)	-	-	-	facilement biodégradable	bioaccumulation dans les invertébrés	ingestion cutanée (faible)	<u>ingestion</u> : (10g) troubles gastriques	<i>peu de données pour conclure</i>	-	catégorie 2B (CIRC) : cancérogène possible pour l'homme	1B (CLP) : substances qui sont considérées comme induisant des mutations héréditaires dans les cellules germinales des etres humains	<i>données insuffisantes pour conclure</i>
DEP (phtalate de diéthyle)	-	soluble	-	-	-	inhalation ingestion	irritation de yeux, des voies respiratoires et dépression du système nerveux central avec des vertiges, des nausées, narcose	-	-	substance non classifiable comme cancérigène	-	-
DIBP (phtalate de diisobutyle)	-	très peu soluble	-	-	-	ingestion cutanée	irritation possible des yeux et de la peau	-	-	<i>pas de données</i>	classe 1B (CLP) : substances qui sont considérées comme induisants des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains	<i>pas de données</i>
DIDP (phtalate de diisodécyle)	-	quasiment insoluble	peu volatil	facilement biodégradable	bioaccumulation dans les organismes aquatiques (poissons et moules)	ingestion inhalation cutanée (faible)	<i>pas de données</i>	dermatite de contact, irritation	(chez l'animal) <u>inhalation</u> : poumons, tractus gestro-intestinal, foie, reins <u>ingestion</u> : tractus gastro- intestinal, foie, reins	<i>pas de données</i>	<i>données insuffisantes</i>	<i>pas de données</i>
DINP (phtalate de diisononyle)	-	quasiment insoluble	-	facilement biodégradable	bioaccumulation dans les organismes aquatiques. Peu à pas de bioaccumulation dans les organismes terrestres	ingestion cutanée inhalation	<u>ingestion</u> : dérangement gastrique	<u>cutanée</u> : dermite de contact possible mais rare	-	<i>pas de données</i>	résultats contradictoires, pas de conclusions	<i>pas de données</i>
DIOP (phtalate de diisooctyle)	-	quasiment insoluble	-	-	-	-	(chez animal) irritation possible de la peau	-	-	-	-	-

DMP (phtalate de diméthyle)	-	soluble	-	-	-	inhalation ingestion cutanée	<u>ingestion</u> : possible dépression du système nerveux central	possibilité de neurotoxicité et d'atteintes sanguines	-	<i>pas de données</i>	<i>données non suffisantes</i>	<i>données non suffisantes</i>
DNOP (phtalate de dioctyle)	-	quasiment insoluble	-	-	-	cutanée ingestion	irritation possible des yeux et de la peau	(chez l'animal) <u>ingestion</u> : dommages hépatiques	-	<i>pas de données</i>	<i>données non suffisantes</i>	<i>données non suffisantes</i>
DPP (phtalate de pentyle)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BGBP (phtalate de butoxycarbonylméthyle et de butyle)	-	-	-	-	-	ingestion	-	-	-	-	-	-
DAP (phtalate de diallyle)	-	peu soluble	-	facilement biodégradable	-	inhlation ingestion cutanée	irritation possible des yeux et des voies respiratoires <u>inhalation</u> : possible œdème pulmonaire	(chez l'animal) <u>ingestion</u> : dommages hépatiques possibles	-	<i>données pas suffisantes pour conclure</i>	<i>pas de données</i>	<i>données pas suffisantes pour conclure</i>
DHP (phtalate de diheptyle)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DnHP (Phtalate de dihexyle)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phtalate de dipropyle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DTDP (phtalate de di-tridécycle)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phtalate d'éthoxycarbonylméthyle et d'éthyle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BOP (phtalate de butyle et d'octyle)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phtalates (global)	-	-	peu volatils	facilement biodégradable	possible bioaccumulation dans les organismes aquatiques	inhalation ingestion cutanée	irritations et troubles gastriques	dermatite de contact, problèmes hépatiques	-	certaines phtalates sont possiblement cancérogènes	perturbateur endocriniens classe 1B (UE) pour certains phtalates	<i>données insuffisantes pour conclure</i>
Dioxines et furanes (global)	fixés aux particules du sol, ne sont pas ou peu lessivés restent dans les premiers cm du sol, volatilisation à partir des sols. Formation de liens irréversibles avec MO	dans les eaux suite à du dépôt atmosphérique et de l'érosion des sols, se retrouve sur les particules en suspension et les sédiments et la MO dissoute	associé aux particules, possibilité de transport sur de longue distance, substance les moins chlorés (tetra et penta) sont les plus rencontrés à l'état gazeux pour les PCDD	résistant aux attaque microbienne peu biodégradable (photodégradation efficace)	bioconcentration élevée dans organismes aquatiques, pas de transfert des racines vers les parties aériennes des plantes, mais présent sur les feuilles et les peaux des fruits, caractère lipophile possible accumulation dans les graisses	ingestion (principale) cutanée inhalation (peu de données)	<u>cutanée</u> : effets dermatologiques, chloroacné, irritation oculaire, conjonctivite, kystes palpébraux, hyperpigmentation hirsutisme <u>ingestion</u> : effets hépatiques <u>autres effets</u> : sur le système nerveux, sur les mmuqueuses gastrique et intestinale	<u>cutanée</u> : effets dermatologiques, chloroacné <u>ingestion</u> : effets hépatiques, effets neuropsychiques, possibles effets cardiovasculaires, possibles effets thyroïdiques	peau, foie	2,3,7,8-TCDD , classe 1 (CIRC) , cancérigène. Les autres dioxines et furanes, classe 3 (CIRC) : non cancérigènes	-	-
2,3,7,8 TCDD (tetrachlorodibenzodioxine)	fixés aux particules du sol, ne sont pas ou peu lessivés restent dans les premiers cm du sol, volatilisation à partir des sols. Formation de liens irréversibles avec MO	dans les eaux suite à du dépôt atmosphérique et de l'érosion des sols, se retrouve sur les particules en suspension et les sédiments et la MO dissoute	associé aux particules, possibilité de transport sur de longue distance, substance les moins chlorés (tetra et penta) sont les plus rencontrés à l'état gazeux	résistant aux attaque microbienne peu biodégradable (photodégradation efficace)	bioconcentration élevée dans organismes aquatiques, pas de transfert des racines vers les parties aériennes des plantes, mais présent sur les feuilles et les peaux des fruits, caractère lipophile possible accumulation dans les graisses	ingestion (principale) cutanée inhalation (peu de données)	<u>cutanée</u> : effets dermatologiques, chloroacné, irritation oculaire, conjonctivite, kystes palpébraux, hyperpigmentation <u>ingestion</u> : effets hépatiques <u>autres effets</u> : sur le système nerveux, sur les muqueuses gastrique et intestinale	<u>cutanée</u> : effets dermatologiques, chloroacné <u>ingestion</u> : effets hépatiques, effets neuropsychiques, possibles effets cardiovasculaires, possibles effets thyroïdiques	peau, foie	Classe 1 (CIRC) : cancérigène pour l'homme. Classe A (US EPA) : cancérigène pour l'homme	pas classé par les organismes mais peut potentiellemnt diminuer la fertilité	pas considéré comme génotoxique
1,2,3,4 TCDD (tetrachlorodibenzodioxine)	fixés aux particules du sol, ne sont pas ou peu lessivés restent dans les premiers cm du sol, volatilisation à partir des sols. Formation de liens irréversibles avec MO	dans les eaux suite à du dépôt atmosphérique et de l'érosion des sols, se retrouve sur les particules en suspension et les sédiments et la MO dissoute	associé aux particules, possibilité de transport sur de longue distance, substance les moins chlorés (tetra et penta) sont les plus rencontrés à l'état gazeux	résistant aux attaque microbienne peu biodégradable (photodégradation efficace)	bioconcentration élevée dans organismes aquatiques, pas de transferts des racines vers les parties aériennes des plantes, mais présent sur les feuilles et les peaux des fruits, caractère lipophile possible accumulation dans les graisses	ingestion (principale) cutanée inhalation (peu de données)	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	groupe 3 (CIRC) : non cancérigène	-	-
1,3,6,8 TCDD (tetrachlorodibenzodioxine)	fixés aux particules du sol, ne sont pas ou peu lessivés restent dans les premiers cm du sol, volatilisation à partir des sols. Formation de liens irréversibles avec MO	dans les eaux suite à du dépôt atmosphérique et de l'érosion des sols, se retrouve sur les particules en suspension et les sédiments et la MO dissoute	associé aux particules, possibilité de transport sur de longue distance, substance les moins chlorés (tetra et penta) sont les plus rencontrés à l'état gazeux	résistant aux attaques microbiennes peu biodégradable (photodégradation efficace)	bioconcentration élevée dans organismes aquatiques, pas de transferts des racines vers les parties aériennes des plantes, mais présent sur les feuilles et les peaux des fruits, caractère lipophile possible accumulation dans les graisses	ingestion (principale) cutanée inhalation (peu de données)	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	groupe 3 (CIRC) : non cancérigène	-	-

1,2,3,6,7,8 HxCDF (hexachlorodibenzofurane)	Considéré comme similaire aux dioxines fixés aux particules du sol, ne sont pas ou peu lessivés restent dans les premiers	Considéré comme similaire aux dioxines dans les eaux suite à du dépôt	Considéré comme similaire aux dioxines associé aux particules, possibilité de transport sur de longue distance,	Considéré comme similaire aux dioxines résistant aux attaques microbiennes peu biodégradable	Considéré comme similaire aux dioxines bioconcentration élevée dans organismes aquatiques, pas de transfert des racines vers les	ingestion (principale) cutanée inhalation (peu de données)	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	-	-	-
1,2,3,7,8,9 HxCDF (hexachlorodibenzofurane)	Considéré comme similaire aux dioxines fixés aux particules du sol, ne sont pas ou peu lessivés	Considéré comme similaire aux dioxines dans les eaux suite à du dépôt	Considéré comme similaire aux dioxines associé aux particules, possibilité de transport	Considéré comme similaire aux dioxines résistant aux attaques microbiennes peu biodégradable	Considéré comme similaire aux dioxines bioconcentration élevée dans organismes aquatiques, pas de	ingestion (principale) cutanée inhalation (peu de données)	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	-	-	-
2,3,4,6,7,8 HxCDF (hexachlorodibenzofurane)	Considéré comme similaire aux dioxines fixés aux particules du sol, ne sont pas ou peu lessivés restent dans les premiers	Considéré comme similaire aux dioxines dans les eaux suite à du dépôt	Considéré comme similaire aux dioxines associé aux particules, sur de longue distance,	Considéré comme similaire aux dioxines résistant aux attaques microbiennes peu biodégradable	Considéré comme similaire aux dioxines bioconcentration élevée dans organismes aquatiques, pas de transfert des racines vers les	ingestion (principale) cutanée inhalation (peu de données)	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	-	-	-
1,2,3,4,6,7,8 HpCDF (heptachlorodibenzofurane)	Considéré comme similaire aux dioxines fixés aux particules du sol, ne sont pas ou peu lessivés restent dans les premiers	Considéré comme similaire aux dioxines dans les eaux suite à du dépôt	Considéré comme similaire aux dioxines associé aux particules, possibilité de transport sur de longue distance,	Considéré comme similaire aux dioxines résistant aux attaques microbiennes peu biodégradable	Considéré comme similaire aux dioxines bioconcentration élevée dans organismes aquatiques, pas de transfert des racines vers les	ingestion (principale) cutanée inhalation (peu de données)	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	-	-	-
1,2,3,4,7,8,9 HpCDF (heptachlorodibenzofurane)	Considéré comme similaire aux dioxines fixés aux particules du sol, ne sont pas ou peu lessivés restent dans les premiers	Considéré comme similaire aux dioxines dans les eaux suite à du dépôt	Considéré comme similaire aux dioxines associé aux particules, possibilité de transport sur de longue distance,	Considéré comme similaire aux dioxines résistant aux attaques microbiennes peu biodégradable	Considéré comme similaire aux dioxines bioconcentration élevée dans organismes aquatiques, pas de transfert des racines vers les	ingestion (principale) cutanée inhalation (peu de données)	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	-	-	-
1,2,3,4,6,7,8,9 OCDF (octachlorodibenzofurane)	Considéré comme similaire aux dioxines fixés aux particules du sol, ne sont pas ou peu lessivés restent dans les premiers	Considéré comme similaire aux dioxines dans les eaux suite à du dépôt	Considéré comme similaire aux dioxines associé aux particules, possibilité de transport sur de longue distance,	Considéré comme similaire aux dioxines résistant aux attaques microbiennes peu biodégradable	Considéré comme similaire aux dioxines bioconcentration élevée dans organismes aquatiques, pas de transfert des racines vers les	ingestion (principale) cutanée inhalation (peu de données)	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	<i>pas d'informations, peut etre rapproché du 2,3,7,8 TCDD (le plus toxique des dioxines)</i>	-	-	-
AMPA (Acide aminométhylphosphonique)	-	-	-	demi vie de plusieurs mois	-	<i>assimilable au glyphosate, car métabolite principal</i>	<i>assimilable au glyphosate, car métabolite principal</i>	<i>assimilable au glyphosate, car métabolite principal</i>	<i>assimilable au glyphosate, car métabolite principal</i>	<i>assimilable au glyphosate, car métabolite principal</i>	<i>assimilable au glyphosate, car métabolite principal</i>	<i>assimilable au glyphosate, car métabolite principal</i>
Cypermethrine	absorbé sur les particules du sols	peu soluble	-	rapidement dégradé et assimilé par les sols	accumulation dans les poissons et les organismes invertébrés aquatiques	ingestion cutanée	<i>pas de données chez l'homme</i>	<i>pas de données chez l'homme</i>	-	<i>pas d'effets connus</i>	<i>pas d'effets connus</i>	<i>données insuffisantes pour conclure</i>
Perméthrine (cis et trans)	rapidement absorbé par les sédiments et le sol	-	-	temps de demi vie de 28 jours dans les sols	pas de bioaccumulation dans les oiseaux, mais bioaccumulé dans les organismes aquatiques	ingestion cutanée	senstaion cutané et paresthésie (chez l'animal) convulsion, hyperactivité, ataxie	pas de données chez l'homme chez l'animal pas de conclusion	-	classe 3 (IARC) : non classifiable comme cancérigène pour l'homme	-	pas d'effets démontré
Glufosinate	-	-	-	-	-	ingestion cutanée	considéré comme potentiellement toxique, retiré des autorisations sur le marché français par l'ANSES	considéré comme potentiellement toxique, retiré des autorisations sur le marché français par l'ANSES	-	-	-	-
Atrazine	temps de demi vie de 40 jours peu absorbée par les particules du sol	peu soluble	faiblement volatile temps de demi vie dans l'atmosphère de 2,6 heures	persistant dans l'environnement notamment dans les eaux	-	inhalation ingestion cutanée	irritations des yeux et de la peau	sensibilité cutanée	-	classe 3 (IARC) : non classifiable comme cancérogène pour l'homme, car pas de données suffisantes mais soupçonné	plusieurs études suggèrent l'absence d'effets	peu de données qui tendent a montrer des effets mutagènes
Glyphosate	peu à pas mobile dans les sols	adsorbé par les particules en suspension et les sédiments	-	biodégradé par certains bactéries, AMPA principal molécule issu de la dégradation du glyphosate	peu bioaccumulable	ingestion(principale) inhalation cutanée	<u>inhalation</u> : toux, irritation, céphalées, douleurs épigastriques, <u>ingestion</u> : troubles digestifs, hypoxie, hypotension, insuffisance rénale, coma Forte dose peut entrainer la mort	dermatite de contact	-	Classe 2A (IARC) : Cancérogène probable pour l'homme	<i>pas de données</i>	<i>pas de données</i>
Phosphate de tributyle (TBP)	se lie aux particules du sols	adsorbé par la matière en suspension et les sédiments	composé volatile, sous forme vapeur ou absorbé par les particules en suspension	biodégradable	possibe bioaccumulation dans les poissons	ingestion inhalation cutanée	<u>cutanée</u> : irritant pour la peau et les muqueuses oculaires <u>inhalation</u> : nausées, maux de tête	<u>cutanée</u> : dermatose irritative <u>inhalation</u> : céphalées, nausées	-	Classe 2 (CLP) : substance suspectée d'être cancérogène pour l'homme	-	les études montrent aucun effet mutagène sur les animaux