



**Société des Tubes  
de Montreuil**

## Rapport

# Diagnostic environnemental multi- milieux

7 rue du Parc, le Blanc-Mesnil (93)



Rapport n°112165/A – 06/09/2021

Projet n°IDFP210304

suivi par Paul DENQUIN – 06 12 90 75 20 – paul.denquin@anteagroup.fr

# Fiche signalétique

## Diagnostic environnemental multi-milieux

7 rue du Parc, le Blanc-Mesnil (93)

### CLIENT

Société des Tubes de Montreuil

9 rue du Parc  
93150 Le Blanc-Mesnil

M Hsueh WANG

### SITE

Anciens établissements Eiffel puis Société des Tubes de  
Montreuil

7 rue du Parc, Le Blanc-Mesnil (parcelle BD 17)

### RAPPORT D'ICF

Responsable du projet

Paul DENQUIN

Interlocuteur commercial

Paul DENQUIN

Implantation chargée du suivi du projet

Implantation de Gennevilliers

01.46.88.99.00

[secretariat.gennevilliers@anteagroup.fr](mailto:secretariat.gennevilliers@anteagroup.fr)

Rapport n°

112165

Version n°

A

Votre commande et date

Bon pour accord du 08/06/2021

Projet n°

IDFP210304

Codes prestation selon NF X31-620

DIAG

A200, A210, A230, A270

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Lucinda CAPPART	Ingénieur d'étude	09/2021	
Rédaction/ Vérification	Paul DENQUIN	Chef du projet	09/2021	
Vérification / Approbation	Maryline LERICHE	Superviseur du projet	09/2021	

### SUIVI DES MODIFICATIONS

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	06/09/2021	143	11	Etablissement du rapport

# Sommaire

Résumé non technique .....	8
1. Contexte et objectif de l'étude.....	12
2. Méthodologie générale .....	14
2.1. Textes de références .....	14
2.2. Description de la mission .....	14
3. Rappels     15	
3.1. Descriptif de la zone à l'étude.....	15
3.2. Occupation du site.....	16
3.3. Contexte géologique .....	19
3.4. Contexte hydrogéologique.....	19
3.5. Contexte hydrologique.....	19
3.6. Projet et usage futur .....	19
3.7. Rappel sur l'étude historique et documentaire .....	21
4. Investigations sur site.....	24
4.1. Objectifs .....	24
4.2. Sécurité de l'intervention.....	24
4.2.1. Plan de prévention.....	24
4.2.2. Sécurisation vis-à-vis des réseaux enterrés .....	24
4.3. Maîtrise des impacts environnementaux de l'intervention.....	25
4.4. Limites de la méthode d'investigation .....	25
4.5. Principes de l'interprétation des différents milieux.....	26
4.6. Investigations sur les sols (A200) .....	26
4.6.1. Réalisation des sondages sur site.....	26
4.6.2. Suivi des travaux et prélèvement des échantillons sur site .....	32
4.6.3. Programme analytique des sols.....	33
4.7. Qualité des sols .....	34
4.7.1. Observations de terrain et résultats granulométriques.....	34
4.8. Valeurs de comparaison .....	42
4.8.1. Résultats d'analyses sols en laboratoire .....	43
4.8.2. Description des résultats sur les sols et interprétation .....	44
4.8.3. Analyse statistique .....	50
4.9. Investigations sur les eaux souterraines (A210).....	50
4.9.1. Piézomètres .....	50
4.9.2. Echantillonnage des eaux souterraines .....	53

4.9.3. Programme analytique des eaux souterraines .....	54
4.10. Qualité des eaux souterraines.....	54
4.10.1. Valeurs de comparaison – eaux souterraines .....	54
4.10.2. Observations de terrain .....	55
4.10.3. Piézométrie .....	56
4.10.4. Résultats des analyses en laboratoire.....	58
4.10.5. Description des résultats sur les eaux souterraines et interprétation.....	60
4.11. Investigations sur les gaz du sol (A230).....	64
4.11.1. Réalisation des ouvrages.....	64
4.11.2. Prélèvement des gaz du sol.....	69
4.11.3. Programme analytique des gaz du sol .....	71
4.11.4. Conditions météorologiques.....	72
4.12. Qualité des gaz du sol.....	73
4.12.1. Valeurs de comparaison – gaz du sol .....	73
4.12.2. Observations de terrain .....	73
4.12.3. Résultats des analyses en laboratoire.....	75
4.12.4. Description des résultats sur les gaz du sol et interprétation.....	80
4.13. Caractère partiel des investigations réalisées .....	89
<b>5. Définition des zones de pollution concentrées .....</b>	<b>90</b>
5.1. Pollution concentrée .....	90
5.1.1. Polluants identifiés.....	91
5.1.2. Approche statistique - sols.....	91
5.1.3. Approche cartographique - Sols.....	117
5.1.4. Approche pollution concentrée sur la base des gaz du sol .....	127
5.1.5. Bilan massique .....	131
<b>6. Schéma conceptuel.....</b>	<b>133</b>
6.1.1. Etat actuel de fonctionnement .....	133
6.1.2. Etat futur projeté .....	137
<b>7. Conclusions 140</b>	

## Table des figures

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur fond aérien (source Géoportail) .....	15
Figure 2 : Localisation de la zone d'étude sur fond cadastral (source cadastre.gouv.fr).....	16
Figure 3 : Localisation des principales activités identifiées lors de la visite de site approfondie .....	18
Figure 4 : Principales orientations du projet d'aménagement (source : doc. projet modifié ICF).....	20
Figure 5 : Sources de pollution retenues au droit du site .....	23
Figure 6 : Localisation des investigations réalisées sur fond de plan des installations actuelles et historiques.....	28
Figure 7 : Localisation des sondages réalisés sur fond de plan futur.....	29
Figure 8 : Localisation des sondages avec les profondeurs réelles .....	31
Figure 9 : Indices organoleptiques et réponses PID maximales rencontrés durant les investigations. ....	38
Figure 10 : Cartes des répartitions PID en fonction de la profondeur .....	39
Figure 11 : Cartographie des anomalies sols les plus significatives (sol brut).....	49
Figure 12 : Plan de localisation des piézomètres .....	51
Figure 13 : Carte piézométrique de la zone d'étude au 29/06/21 .....	57
Figure 14 : Cartographie des teneurs quantifiées dans les eaux souterraines .....	62
Figure 15 : Plan de localisation des piézaires sur fond des installations potentiellement polluantes....	65
Figure 16 : Plan de localisation des piézaires sur fond de plan reprenant les principales orientations du projet d'aménagement .....	66
Figure 17 : Dispositif de prélèvement des gaz de sol .....	69
Figure 18 : Cartographie des teneurs en TPH C5 C16 quantifiées dans les gaz du sol (fond projet) ....	83
Figure 19 : Cartographie des teneurs en TPH C5 C16 quantifiées dans les gaz du sol (fond des activités) .....	84
Figure 20 : Cartographie des teneurs en BTEX quantifiées dans les gaz du sol (fond projet).....	85
Figure 21 : Cartographie des teneurs en BTEX quantifiées dans les gaz du sol (fond des activités) ....	86
Figure 22 : Cartographie des teneurs en COHV quantifiées dans les gaz du sol (fond projet) .....	87
Figure 23 : Cartographie des teneurs en COHV quantifiées dans les gaz du sol (fond des activités) ...	88
Figure 24 : Détermination des seuils de rupture en Hydrocarbures C <sub>5</sub> -C <sub>10</sub> dans les sols .....	93
Figure 25 : Réparation des seuils en Hydrocarbures C <sub>5</sub> -C <sub>10</sub> dans les sols en fonction de la profondeur .....	93
Figure 26 : Détermination des seuils de ruptures en Hydrocarbures C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> dans les sols.....	94
Figure 27 : Réparation de la population en Hydrocarbures C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> dans les sols .....	95
Figure 28 : Réparation des seuils en Hydrocarbures C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> dans les sols en fonction de la profondeur .....	95
Figure 29 : Détermination des seuils de ruptures en COHV dans les sols.....	96
Figure 30 : Réparation des seuils en COHV dans les sols en fonction de la profondeur.....	97
Figure 31 : Détermination des seuils de ruptures en arsenic dans les sols.....	99
Figure 32 : Détermination des seuils de ruptures en plomb dans les sols.....	100
Figure 33 : Réparation des seuils en plomb dans les sols en fonction de la profondeur.....	100
Figure 34 : Détermination des seuils de ruptures en zinc dans les sols.....	101
Figure 35 : Réparation des seuils en zinc dans les sols en fonction de la profondeur .....	102
Figure 36 : Détermination des seuils de ruptures en nickel dans les sols.....	103
Figure 37 : Réparation des seuils en nickel dans les sols en fonction de la profondeur.....	104
Figure 38 : Détermination des seuils de ruptures en mercure dans les sols .....	105
Figure 39 : Réparation des seuils en mercure dans les sols en fonction de la profondeur .....	105
Figure 40 : Détermination des seuils de ruptures en cadmium dans les sols .....	106
Figure 41 : Réparation des seuils en cadmium dans les sols en fonction de la profondeur .....	107
Figure 42 : Détermination des seuils de ruptures en chrome dans les sols.....	108
Figure 43 : Réparation des seuils en chrome dans les sols en fonction de la profondeur.....	108
Figure 44 : Détermination des seuils de ruptures en cuivre dans les sols .....	109

Figure 45 : Réparation des seuils en cuivre dans les sols en fonction de la profondeur .....	110
Figure 46 : Détermination des seuils de ruptures en BTEX dans les sols .....	112
Figure 47 : Détermination des seuils de ruptures en PCB dans les sols.....	113
Figure 48 : Détermination des seuils de ruptures en HAP dans les sols .....	114
Figure 49 : Cartographie des impacts en hydrocarbures C5-C10 dans les sols.....	118
Figure 50 : Cartographie des impacts en hydrocarbures C10-C40 dans les sols .....	119
Figure 51 : Cartographie des impacts en COHV dans les sols .....	120
Figure 52 : Cartographie des impacts en Plomb dans les sols .....	121
Figure 53 : Cartographie des impacts en Zinc dans les sols .....	122
Figure 54 : Cartographie des impacts en Chrome dans les sols .....	123
Figure 55 : Cartographie des impacts en Cuivre dans les sols .....	124
Figure 56 : Cartographie des impacts en BTEX dans les sols .....	125
Figure 57 : Cartographie des impacts en 16 HAP dans les sols .....	126
Figure 58 : Plan de localisation des anomalies gaz assimilées à des pollutions concentrées sur fond des principales orientations du projet d'aménagement.....	130
Figure 59 : Histogramme du bilan massique pour les HCT C5-C40 .....	131
Figure 60 : Schéma conceptuel pour l'usage actuel – secteur nord .....	135
Figure 61 : Schéma conceptuel pour l'usage actuel – secteur sud .....	136
Figure 62 : Schéma conceptuel pour l'usage actuel – secteur nord .....	138
Figure 63 : Schéma conceptuel pour l'usage actuel – secteur sud .....	139

## Table des tableaux

Tableau 1 : Codification des prestations selon la norme NFX31-620-2 .....	14
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des bâtiments et installations présentes au droit du site (visite approfondie des 18 et 19/05/2021).....	17
Tableau 3 : Dates significatives de la situation administrative du site, activités et sources potentielles de pollution associées .....	22
Tableau 4 : Disposition prises pour la maîtrise des impacts environnementaux.....	25
Tableau 5 : Sondages aux profondeurs réelles différentes des profondeurs prévisionnelles .....	30
Tableau 6 : Correspondance de la dénomination laboratoire/terrain à la dénomination effectif.....	32
Tableau 7 : Descriptif du programme analytique réalisé sur les échantillons de sols .....	33
Tableau 8 : Niveaux suspects et résultats des tests de terrain les plus significatifs .....	34
Tableau 9 : Répartition granulométrique en pourcentage dans les terrains de surface .....	40
Tableau 10 : Répartition granulométrique en pourcentage dans les terrains profonds .....	40
Tableau 11 : Valeurs de référence ou de comparaison - sols .....	42
Tableau 12 : Correspondance des résultats analytiques sur les sols .....	44
Tableau 13 : Equipement des piézomètres installés.....	52
Tableau 14 : Coordonnées des piézomètres .....	53
Tableau 15 : Descriptif du programme analytique sur les eaux souterraines .....	54
Tableau 16 : Valeurs de référence ou de comparaison – eaux souterraines.....	54
Tableau 17 : Mesures de terrain en fin de purge des eaux souterraines.....	55
Tableau 18 : Résultats d'analyses obtenus sur les eaux souterraines .....	59
Tableau 19 : Répartition des différents COHV détectés par ouvrage .....	61
Tableau 20 : Caractéristiques et localisation des piézaires.....	67
Tableau 21 : Paramètres de prélèvement des gaz du sol .....	71
Tableau 22 : Descriptif du programme analytique sur les gaz du sol .....	71
Tableau 23 : Valeurs de référence ou de comparaison – gaz du sol.....	73
Tableau 24 : Mesures in situ lors des prélèvements de gaz (fin de purge).....	74
Tableau 25 : Résultats d'analyses obtenus sur les gaz du sol (1/3) .....	77

Tableau 26 : Résultats d'analyses obtenus sur les gaz du sol (2/3) .....	78
Tableau 27 : Résultats d'analyses obtenus sur les gaz du sol (3/3) .....	79
Tableau 28 : Données statistiques générales en Hydrocarbures C <sub>5</sub> -C <sub>10</sub> dans les sols.....	92
Tableau 29 : Données statistiques générales en Hydrocarbures C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> dans les sols.....	94
Tableau 30 : Données statistiques générales en COHV dans les sols .....	96
Tableau 31 : Coefficient de corrélation linéaire des concentrations mesurées dans les sols (COHV)..	97
Tableau 32 : Données statistiques générales en arsenic dans les sols .....	98
Tableau 33 : Données statistiques générales en plomb dans les sols.....	99
Tableau 34 : Données statistiques générales en zinc dans les sols.....	101
Tableau 35 : Données statistiques générales en nickel dans les sols.....	103
Tableau 36 : Données statistiques générales en mercure dans les sols .....	104
Tableau 37 : Données statistiques générales en cadmium dans les sols.....	106
Tableau 38 : Données statistiques générales en chrome dans les sols.....	107
Tableau 39 : Données statistiques générales en cuivre dans les sols .....	109
Tableau 40 : Coefficients de corrélation linéaire des concentrations mesurées dans les sols (ETM)	111
Tableau 41 : Données statistiques générales en BTEX dans les sols.....	111
Tableau 42 : Données statistiques générales en PCB dans les sols.....	113
Tableau 43 : Données statistiques générales en HAP dans les sols .....	114
Tableau 44 : Synthèse des pollutions retenues à l'issue de l'analyse statistique .....	116
Tableau 45 : Résultats d'analyse des gaz des sols concernant les piézaires présentant au moins un dépassement d'une CMA provisoire .....	129
Tableau 46 : Scénarii d'exposition retenus – usage actuel .....	133
Tableau 47 : Scénarii d'exposition retenus – usage futur projeté .....	137

## Table des annexes

Annexe I :	Abréviations générales
Annexe II :	Normes de prélèvement et d'échantillonnage
Annexe III :	Fiches de suivi de sondages et prélèvements des sols
Annexe IV :	Tableau de synthèse des résultats d'analyses des sols
Annexe V :	Bordereaux d'analyses des sols
Annexe VI :	Coupes techniques des piézomètres
Annexe VII :	Fiches de prélèvement des eaux souterraines
Annexe VIII :	Bordereaux d'analyses des eaux souterraines
Annexe IX :	Coupes techniques des piézaires
Annexe X :	Fiches de prélèvement des gaz du sol
Annexe XI :	Bordereaux d'analyses des gaz du sol

## Résumé non technique

CONTEXTE	
Maître d'Ouvrage	Société des Tubes de Montreuil
Adresse du site	7 rue du Parc Parcelle BD17
Contexte	Dans le cadre d'un projet d'aménagement, la société des Tubes de Montreuil a missionné ICF pour la réalisation d'un diagnostic environnemental multi-milieux.  Le projet d'aménagement prévoit la création d'un quartier mixte composé de plusieurs bâtiments d'habitations/commerces sur 2 niveaux de sous-sols ainsi que des espaces extérieurs. Il s'inscrit dans un projet d'ensemble plus large ayant vocation à reconvertir un espace industriel en un nouveau quartier.
Activités actuelles	Traitement de déchets, ateliers mécaniques, stockage de matériaux de construction, de matériel et autres.

Rappels	
Résumé de l'étude historique et documentaire	<p>D'après les différentes informations recueillies lors de l'étude historique et documentaire, la consultation des bases de données BASIAS, BASOL, et ICPE a montré que le site est recensé dans les bases de données BASIAS sous les numéros IDF9305295 et IDF9301896 pour des activités de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Récupération de déchets triés non métalliques recyclables ;</li> <li>● Fabrication d'éléments en métal ;</li> <li>● Fabrication de tubes, tuyaux, profilé et creux et accessoires en acier ;</li> <li>● Dépôt de liquide inflammable.</li> </ul> <p>Il a également évolué de manière importante au cours du temps en fonction de son exploitation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● de 1915 à 1925 environ : ateliers de fonderie et aciérie (halle nord-est),</li> <li>● à partir de 1925 : usine de chaudronnerie et charpente métallique qui couvre la quasi-totalité de l'emprise du site,</li> <li>● à partir de 1962 : activité industrielle de négoce de tubes d'acier, fabrication de tubes métalliques et récupération de déchets triés non métalliques recyclables,</li> <li>● enfin, depuis 2001 il est loué à plusieurs sociétés exerçant des activités diverses de traitement de déchets, ateliers mécaniques, stockage de matériaux de construction, stockage de matériel et autres.</li> </ul>
Résumé de l'étude de vulnérabilité	<p>L'étude de vulnérabilité réalisée a notamment mise en évidence :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● que le site à l'étude repose sur des remblais épais d'environ 1,5 m, les masses et marnes du gypse et sables de Monceau indifférenciés jusqu'à 8 m de profondeur environ puis le calcaire de Saint-Ouen,</li> <li>● que la première nappe rencontrée au droit du site est attendue dans la formation des Calcaires de Saint-Ouen (entre 6,5 à 11 m de profondeur selon campagnes) et qu'elle est vulnérable à une éventuelle pollution en l'absence de couches imperméables sus-jacentes,</li> <li>● l'absence de cours d'eau dans un rayon de 1 km autour du site à l'étude hormis le ruisseau de la Molette situé au sud et aujourd'hui busé à la suite de l'urbanisation,</li> <li>● l'absence de zone naturelle sensible identifiée dans un rayon de 2 km autour du site,</li> <li>● la présence de trois captages AEI à l'aval du site et considérés comme sensibles à une pollution en provenance de la zone à l'étude</li> </ul>
Sources potentielles de pollutions retenues	De multiples sources et activités potentiellement polluantes ont été identifiées au cours du temps, dont notamment :

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● des remblais éventuels mis en place lors de l'aménagement des bâtiments</li> <li>● de nombreuses cuves de fioul, gasoil ou hydrocarbures (enterrées ou aériennes)</li> <li>● des transformateurs</li> <li>● des ateliers de fonderie et aciérie incluant des fours</li> <li>● une chaudronnerie de grosses et petites œuvres</li> <li>● des zones de découpage de tubes et feuillards</li> <li>● une station d'épuration</li> <li>● des bacs/bains à huiles ou d'acides</li> <li>● des ateliers mécaniques</li> <li>● des zones d'application de peinture</li> </ul> <p>Au regard de cet historique complexe, il existe une forte probabilité que soient présentes d'autres zones sources non référencées via les sources documentaires disponibles.</p> <p>Ces informations ont pu être pour partie confirmées lors de la visite de site approfondie menée lors de l'étude historique et documentaire.</p> <p>A noter également que :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● le site aurait au moins une fois fait l'objet d'un incendie, en lien avec une cuve (dimension de 20x1x1,2 m) faisant probablement référence à l'un des bains de traitement ;</li> <li>● il est possible que des impacts en lien avec des cuves enterrées non localisées à ce stade ou d'autres activités historiques soient mis en évidence lors des travaux d'aménagement futur au regard du passif du site et des informations parcellaires retrouvées.</li> </ul>
<b>RESULTATS</b>	
Missions réalisées	<p>Prestation globale DIAG et élémentaires :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● A200 : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols</li> <li>● A210 : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines</li> <li>● A230 : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol</li> <li>● A270 : Interprétation des résultats des investigations</li> </ul> <p>Au total, ont été réalisés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 113 sondages (pour 121 prévisionnels) entre 3 et 8 mètres de profondeur maximum, du 09/06/2021 au 02/07/2021 à la tarière mécanique ou au carottier portatif en fonction des possibilités d'accès et des investigations à mener ; analyses des hydrocarbures, solvants benzéniques et chlorés, métaux lourds et pack analytique de gestion des déblais,</li> <li>● 4 piézomètres complémentaires (Pz4, Pz5, Pz6 et Pz7) les 17 et 18 juin 2021 afin de compléter le réseau piézométrique existant (réseau initialement constitué de Pz1, Pz2 et Pz3 mais dont seul Pz3 s'est avéré fonctionnel) et le prélèvement des eaux dans 5 ouvrages pour recherche des hydrocarbures, solvants benzéniques et chlorés, métaux lourds et autres,</li> <li>● 28 piézaires (courts et profonds) au droit de sondages sols réalisés pour prélèvement et analyses des gaz du sol : hydrocarbures, solvants benzéniques et chlorés, mercure et pcb.</li> </ul>
Lithologie rencontrée	<ul style="list-style-type: none"> <li>● remblais limoneux bruns localement gris/noirs, parfois graveleux et/ou des sables jaunâtres ou marnes beiges jusqu'à 1 à 2 m de profondeur environ</li> <li>● marnes beiges/jaunes et limons sableux jusqu'à 8 m de profondeur (prof. maximale des sondages) localement verts/verdâtres (tout particulièrement entre 4 et 6 m de profondeur environ)</li> </ul>
Observations de terrain	<ul style="list-style-type: none"> <li>● présence de composés volatils dans les sols du site, sur une trentaine de points (5 et 50 ppm, ne décroissant pas toujours avec la profondeur) pour partie associés à</li> </ul>

	<p>des couleurs ou odeurs de type hydrocarbures notamment et à relier aux sources potentielles de pollution historiques ou actuelles identifiées à proximité,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● aucun niveau d'eau n'a été rencontré lors de la foration. Des traces d'humidité ponctuelles ont néanmoins été observées localement entre 5/6,5 m de profondeur au droit de 13 des sondages et entre 1/3 à 5 m de profondeur au droit de 12 des sondages</li> </ul>
Qualité des sols	<p>Ont notamment été mis en évidence sur les sols :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 18 anomalies significatives en hydrocarbures lourds et plus ponctuellement en métaux, solvants chlorés, benzéniques, autres hydrocarbures et PCB ;</li> <li>● des dépassements ponctuels sur éluats des seuils fixés par l'arrêté ministériel du 12/12/2014</li> </ul>
Qualité des gaz du sol	<p>Les résultats d'analyses sur les gaz du sol mettent en évidence :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● des concentrations en hydrocarbures volatils (majoritairement aliphatiques) relativement variables et dont les fortes teneurs concernent 7 ouvrages situés au sud-est (1 ouvrage), à l'ouest (1 ouvrage) et ponctuellement au droit ou à proximité de sources historiques (5 ouvrages) ;</li> <li>● de fortes teneurs en BTEX limités à 3-4 ouvrages tous situés en zone sud-ouest et sud-est et dont leur répartition est corrélable aux plus fortes concentrations en HC volatils ;</li> <li>● des concentrations relativement variables en COHV, dont 4 significatives (supérieures à 100 mg/m<sup>3</sup>) sont toutes situées au nord du site, en cohérence avec la localisation des impacts identifiés sur les eaux souterraines, complété du PzaH16 (situé au droit de l'ancien atelier de fonderie et aciérie et à proximité immédiate de la cabine de peinture).</li> </ul>
Qualité des eaux souterraines	<p>Les investigations sur les eaux souterraines mettent en évidence, la présence :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● d'une nappe d'écoulement ouest nord-ouest, avec un niveau d'eau stabilisé entre 9 et 10 m de profondeur ;</li> <li>● de 7 cm de flottant hydrocarbures en Pz7 (situé en amont mais à proximité de zones ou les sols sont notablement impactés) associé à du produit dissous, correspondant à des hydrocarbures lourds ;</li> <li>● de concentrations significatives en solvants chlorés (1,1,1 trichloroéthane, solvant usuel de dégraissage et ses composés de dégradation) en Pz7 et Pz5 (situé plus en aval) à l'origine d'un panache susceptible de sortir du site latéralement en limite nord et à l'ouest en aval hydraulique.</li> </ul>
Définition des pollutions concentrées et scénarii d'exposition évalués	<p>La définition des emprises de pollution concentrée présentes au droit du site a été définie en se basant sur les résultats de minimum deux méthodes de détermination.</p> <p>A l'issue de l'analyse statistique, ont été mis en évidence :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● des anomalies ponctuelles assimilées à des pollution concentrées ;</li> <li>● un seuil de pollution concentrée de 2 500 mg/kg pour les hydrocarbures C10-C40 qui correspond à 85 % de la masse des hydrocarbures et à 7 % du volume.</li> </ul> <p>Ce volume et cette masse sont toutefois à nuancer, car une extrapolation importante de pollution concentrée est effectuée par le modèle en absence de donnée à l'est du site et entre 7 et 10 m (zone de battement de nappe) considérant la présence probable d'un cône d'imprégnation à minima local, à l'origine de la lentille d'hydrocarbures flottant huileux identifiée.</p> <p>Les solvants chlorés, benzéniques et hydrocarbures légers étant des composés volatils, leurs propriétés biochimiques et physico-chimiques les rendent difficiles à détecter dans les sols. Aussi, considérant la présence de fortes anomalies dans les gaz des sols au droit du site et d'une problématique sanitaire en lien avec ces anomalies, des zones de pollutions concentrées en ces divers composés ont également été étudiées à l'aide des résultats des gaz du sol.</p> <p>Afin de disposer de Concentrations Maximales Admissibles (CMA) provisoires pour les scénarii de réaménagement suivants :</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● bâtiments de plain-pied (scénario le plus pénalisant en termes d'exposition sanitaire) à usage Logement, Commerces et Bureaux ;</li> <li>● bâtiments sur 2 niveaux de sous-sol à usage Logement (usage le plus défavorable) en termes de risques sanitaires.</li> </ul> <p>des pré-calculs de risque sanitaire ont été réalisés.</p> <p>7 zones ont été identifiées comme présentant des teneurs susceptibles de remettre en question l'usage futur du site sans traitement des gaz du sol.</p>
--	--

## RECOMMANDATIONS

Proposition d'investigations	<p>Dans la mesure où le lien de causalité est parfois difficilement à faire ou inexistant entre la qualité dégradée constatée des différents milieux et des sources ou anomalies, des investigations complémentaires devront être réalisées au droit du site.</p> <p>Ces dernières devront notamment porter sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● les sols, via un maillage plus régulier :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ centré sur les impacts déjà identifiés,</li> <li>○ au niveau des zones au droit desquelles des sources potentielles sont identifiées mais n'ont pu à ce jour faire l'objet d'investigations,</li> <li>○ au niveau des sources concentrées non délimitées.</li> </ul> </li> <li>● les eaux souterraines, dans le but de délimiter le panache en solvants identifié et l'extension de la lentille de flottant, sa mobilité et réalimentation ;</li> <li>● les gaz du sol, via la réalisation d'ouvrages courts et profonds (à deux niveaux) permettant d'étudier et de délimiter en trois dimensions les sources concentrées en hydrocarbures volatils, BTEX et COHV.</li> </ul>
Autres recommandations	<p>Un plan de gestion des sources de pollutions concentrées passées ou actuelles du site en lien avec le projet d'aménagement devra être mené. Il fera l'objet d'un rapport séparé.</p> <p>Ce dernier devra également aborder :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● la qualité des déblais en lien avec le projet d'aménagement, les filières possibles d'évacuation et les coûts associés pour chacun des lots et aménagements ;</li> <li>● l'analyse des enjeux sanitaire (rapport d'ARR prédictive) traitant dans le détail de :             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ l'acceptabilité du projet et des travaux de réhabilitation prévus en termes de risques sanitaires ;</li> <li>○ la hiérarchisation des substances, sources et voies de transfert qui contribuent au risque en priorité ;</li> <li>○ l'identification des populations et les enjeux associés.</li> </ul> </li> </ul>

# 1. Contexte et objectif de l'étude

Dans le cadre du projet d'aménagement du site *sis* 7 rue du parc au Blanc-Mesnil (93), la société des Tubes de Montreuil (STM) a missionné ICF pour la réalisation d'une étude historique et documentaire dans l'objectif de réaliser des investigations exhaustives pour la constitution d'un plan de gestion des sources de pollutions passées ou actuelles du site en lien avec son projet.

Le projet d'aménagement actualisé (plan de masse en date du 14/07/2021), prévoit la création d'un quartier mixte composé de plusieurs bâtiments d'habitations, commerces/activités sur 2 niveaux de sous-sols ainsi que des équipements et espaces extérieurs. Il s'inscrit dans un projet d'ensemble plus large ayant vocation à reconvertir un espace industriel en un nouveau quartier.

Considérant les données de l'étude historique et documentaire, en attente de consultation lors des investigations de juin/juillet 2021 et consolidées depuis, le site dispose d'un passif complexe et évolutif. En effet :

- il est recensé dans les bases de données BASIAS sous les numéros IDF9305295 et IDF9301896 pour des activités de :
  - Récupération de déchets triés non métalliques recyclables ;
  - Fabrication d'éléments en métal ;
  - Fabrication de tubes, tuyaux, profilé et creux et accessoires en acier ;
  - Dépôt de liquide inflammable.
- il a régulièrement évolué au cours du temps / de son exploitation et semble avoir :
  - dans un premier temps, été occupé par des ateliers de fonderie et aciérie des années 1915 à 1925 environ (halle nord-est) ;
  - dans un second temps, été repris en 1925 et occupé par usine de chaudronnerie et charpente métallique qui couvre la quasi-totalité de l'emprise du site ;
  - dans un troisième temps, été occupé à partir des années 1962 par une activité industrielle de :
    - négoce de tubes d'acier,
    - fabrication de tubes métalliques,
    - récupération de déchets triés non métalliques recyclables.
  - dans un dernier temps, été occupé depuis 2001 par diverses sociétés locatrices exerçant des activités diverses de traitement de déchets, ateliers mécaniques, stockage de matériaux de construction, stockage de matériel et autres.
- de multiples sources et activités potentiellement polluantes ont été identifiées au droit de ce dernier au cours du temps, dont notamment :
  - des remblais éventuels mis en place lors de l'aménagement des bâtiments,
  - de nombreuses cuves de fioul, gasoil ou hydrocarbures (enterrées ou aériennes),
  - des transformateurs,
  - des ateliers de fonderie et aciérie incluant des fours,
  - une chaudronnerie de grosses et petites œuvres,
  - des zones de découpage de tubes et feuillards,
  - une station d'épuration,
  - des bacs/bains à huiles ou d'acides,
  - des ateliers mécaniques,
  - des zones d'application de peinture.

Au regard de cet historique complexe, il existe une forte probabilité que soient présentes d'autres zones sources non référencées via les sources documentaires disponibles.

Dans ce cadre, ICF a réalisé un premier diagnostic (objet du présent rapport), dans le but de :

- définir l'état de pollution du site (sols, eaux souterraines et gaz du sol) au droit des zones accessibles et sources de pollution identifiées en phase d'investigations et qui ont pour certaines pu être précisées en cours de mission ;
- conclure sur l'état des milieux investigués, les mesures correctives possibles à apporter, les préconisations.

Le plan de gestion des sources de pollutions concentrées passées ou actuelles du site en lien avec le projet d'aménagement fait l'objet d'un rapport séparé.

Seront également abordés dans le cadre du Plan de gestion :

- la qualité des déblais en lien avec le projet d'aménagement, les filières possibles d'évacuation et les coûts associés pour chacun des lots et aménagements ;
- l'analyse des enjeux sanitaires (rapport d'ARR prédictive) traitant dans le détail de :
  - l'acceptabilité du projet et des travaux de réhabilitation prévus en termes de risques sanitaires ;
  - la hiérarchisation des substances, sources et voies de transfert qui contribuent au risque en priorité ;
  - l'identification des populations et les enjeux les plus impactés.

## 2. Méthodologie générale

### 2.1. Textes de références

La méthodologie appliquée pour la réalisation de la mission répond :

- à la note du 19 avril 2017 et la mise à jour de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 éditée par le Ministère en charge de l'Environnement ;
- aux exigences et préconisations des normes NF X31-620, révision de décembre 2018, « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués » ;
- aux exigences du référentiel de certification de service, révision 6 d'octobre 2020, des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués.

Les abréviations utilisées figurent en **Annexe I**. Les normes techniques de prélèvement et d'échantillonnage applicables sont mentionnées en **Annexe II**.

### 2.2. Description de la mission

La présente étude entre dans le champ d'application de la norme NF X 31-620-2 d'octobre 2020 applicable aux « *Prestations de service relatives aux sites et sols pollués - Partie 2 : Exigences dans le domaine des prestations d'études, d'assistance et de contrôle* » et codifiée (cf. tableau ci-dessous) :

**Tableau 1 : Codification des prestations selon la norme NFX31-620-2**

Codification	Prestations
DIAG	Mise en œuvre d'un programme d'investigations et interprétation des résultats <ul style="list-style-type: none"> <li>● A200 : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols</li> <li>● A210 : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines</li> <li>● A230 : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol</li> <li>● A270 : Interprétation des résultats des investigations</li> </ul>

Les prestations réalisées sont décrites dans les chapitres suivants.

## 3. Rappels

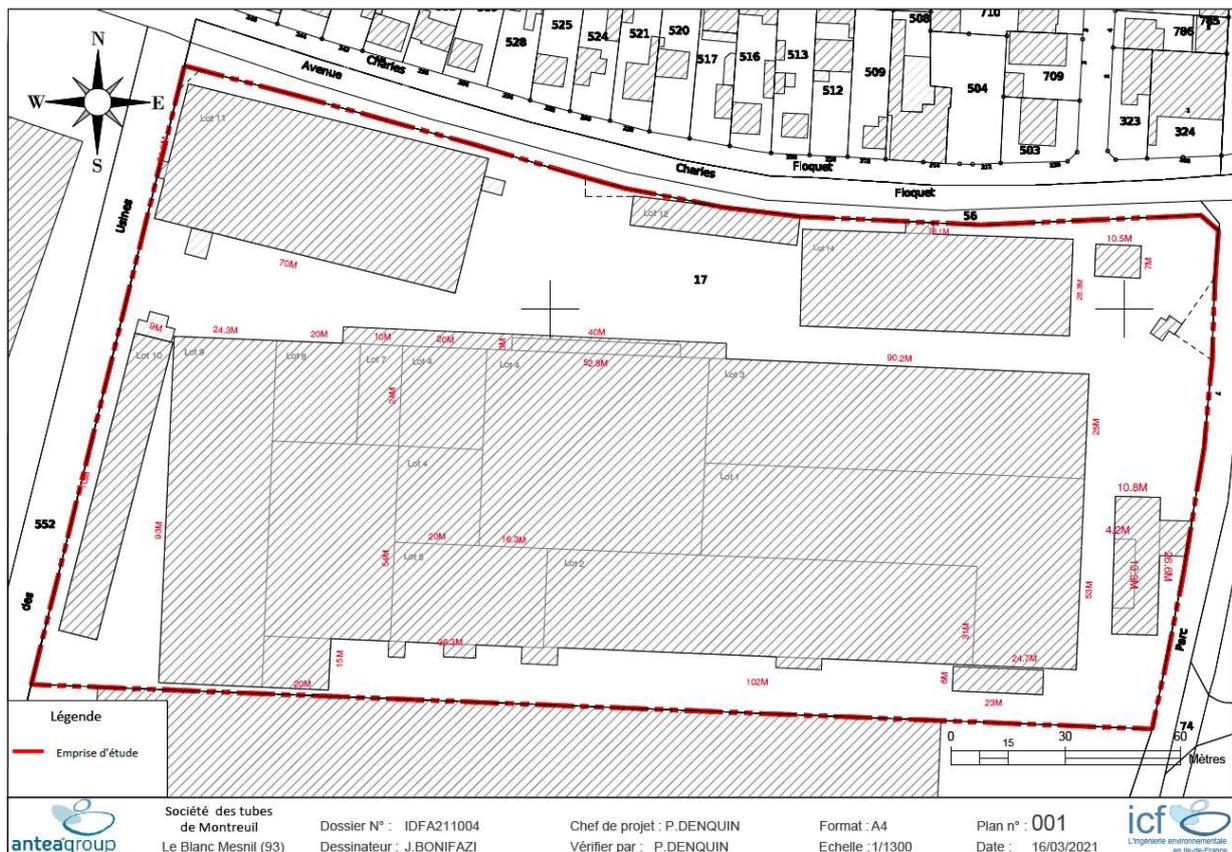
### 3.1. Descriptif de la zone à l'étude

Le site d'une superficie de 40 200 m<sup>2</sup> environ, est localisé 7 rue du Parc au Blanc-Mesnil (93). Il occupe la parcelle 17 de la section BD. La topographie au droit du site est globalement horizontale et se situerait à une altitude d'environ 46-47 NGF.

La localisation du site sur fond de photographie aérienne et de plan cadastral est présentée ci-après :



Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur fond aérien (source Géoportail)



**Figure 2 : Localisation de la zone d'étude sur fond cadastral (source cadastre.gov.fr)**

### 3.2. Occupation du site

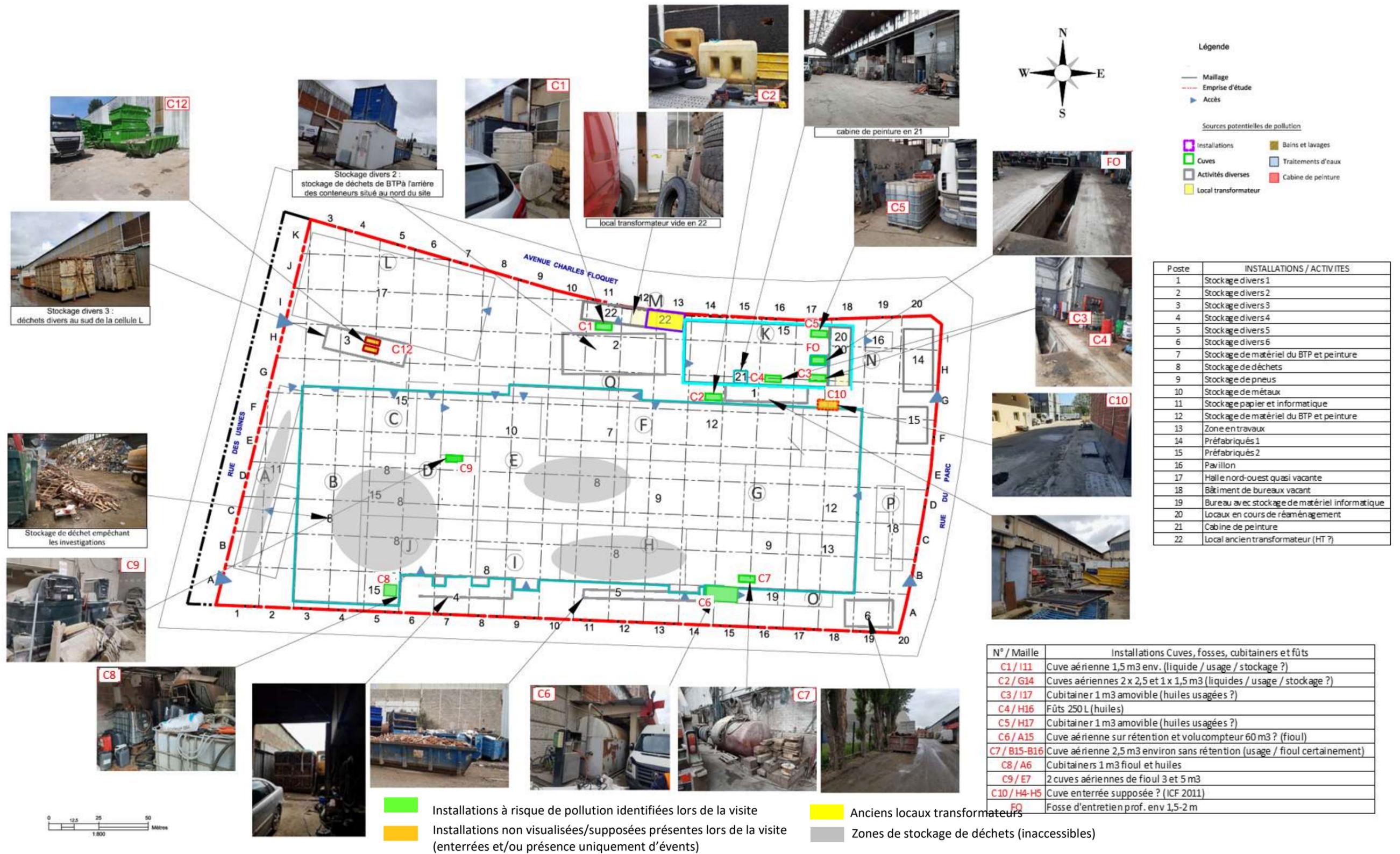
Une visite de site approfondie a été réalisée les 18 et 19 mai 2021 dans le cadre de l'étude historique et documentaire, par l'ingénieur d'étude Lisa Ruiz, accompagnée de Lucinda Cappart, ingénieur d'étude stagiaire en présence de Mr ZANG (représentant le client lors de cette visite).

La zone à l'étude était occupée par différents locataires. Les différents bâtiments/cellules et installations rencontrés sont synthétisés et localisés dans le tableau et le plan ci-après.

A noter que plusieurs locaux sont restés inaccessibles malgré la visite détaillée du site.

**Tableau 2 : Tableau récapitulatif des bâtiments et installations présentes au droit du site (visite approfondie des 18 et 19/05/2021)**

Bâtiment ou cellule / Société exploitante	Localisation	Caractéristiques ou usages actuels	
A / INFONEGOCE	A l'ouest de la halle principale	Bâtiment abritant des stockages de matériel informatique	
Halle principale	B	A l'ouest	Bâtiment abritant des stockages de déchets essentiellement du BTP et présentant quelques tâches au sol
	C / Stockage propriétaire	Au nord-ouest	Non visité
	D / LOC BTP	A l'ouest	Atelier mécanique (petit entretien de véhicules à même le sol / présence de tâches d'huiles au sol) Bâtiment abritant des stockages de déchets de type papiers/cartons/bois principalement. Présence de bureaux Présence de 2 cuves à fioul de 5 000L et 3 000L (sans rétention)
	E / FAERBER RECUP	Au centre	Bâtiment abritant des stockages de déchets et de métaux Présence de bureaux
	F / SIMPRA	Au nord	Bâtiment abritant des stockages de matériel du BTP et de peinture en rack ou sur palette
	G	A l'est	Bâtiment abritant des stockages de matériel BTP (barres métalliques, quelques déchets de papier et des pneus) Présence d'échafaudages montés en intérieur (environ 4 m d'hauteur)
	H / METAL ESSOR	Au sud	Atelier mécanique (à même le sol) et présentant quelques tâches Bâtiment abritant des stockages de déchets essentiellement de papier/carton Présence d'une cuve aérienne de contenance inconnue d'environ 2,5 x 1 m.
	I / AMD LOC	Au sud	Bâtiment abritant des stockages de déchets essentiellement du BTP Location de bennes
	J	Au sud-ouest	Atelier mécanique à même le sol (présence de taches noires au sol) Bâtiment abritant des stockages de déchets essentiellement du BTP et des pneus
K	Au nord du site	Atelier mécanique avec présence de taches au sol Bâtiment abritant une cabine de peinture et une fosse d'entretien (taches au sol à proximité) Présence de plusieurs cubitainers de contenances inconnue d'un volume de 1 m <sup>3</sup>	
L / ASP CORNU	Au nord-ouest du site	Bâtiment vacant	
M	Au nord du site	Bâtiment non visité Présence d'un local (ancien transformateur)	
N	Au nord-est du site	Habitation sur un niveau de sous-sol composé de plusieurs pièces (4 petites pièces) globalement vacantes (présence de quelques déchets localisés)	
O	Au sud du site	Bureaux et stockage matériel (pièces détachées neuves pour véhicules) en étagère	
P	A l'est du site	Bâtiment vacant non visité	
Q	Au nord du site	Atelier menuiserie (petit outillage)	
R	Au nord du site	Non visité	
Préfabriqué (x2)	A l'est du site	Non visité	
Bâtiment d'habitation en cours de construction	A l'est du site	Non visité Présence de stockage de pots de peinture (visibles depuis l'extérieur) à l'intérieur du bâtiment en cours d'aménagement	
Stockage divers 1	Au nord-est du site	Plusieurs bennes avec des déchets de ferraille	
Stockage divers 2	Au nord du site	Plusieurs bennes avec des déchets provenant du BTP	
Stockage divers 3	Au nord-ouest du site	Plusieurs bennes avec des déchets divers	
Stockage divers 4	Au sud-ouest du site	Plusieurs bennes avec des déchets provenant du BTP	
Stockage divers 5	Au sud du site	Plusieurs bennes avec des déchets provenant du BTP	
Stockage divers 6	Au sud-est du site	Plusieurs bennes avec des déchets divers	



### 3.3. Contexte géologique

D'après les éléments issus du forage BSS000NMQL recensé au droit du site (partie sud) et profond de 80 m, la succession géologique attendue est la suivante :

- des **remblais divers** sur environ 1,5 m de profondeur ;
- **masses et marnes du gypse** (e7a) et **sables de Monceau** (e6e) indifférenciés jusqu'à 8 m de profondeur environ ;
- le **calcaire de Saint-Ouen** remanié (e6d, e6b ?, e6c ?) jusqu'à environ 17 m ;
- les **Sables de Beauchamp** (e6a) jusqu'à 30 m de profondeur ;
- les **marnes et caillasses** (e5d) et le **calcaire grossier** (e5c) du Lutétien épais d'environ 30 mètres, soit jusque 62 m environ ;
- les **formations Yprésiennes** au-delà.

### 3.4. Contexte hydrogéologique

Au regard des couches lithologiques sus-mentionnées, des données disponibles relatives au site à l'étude et connues d'ICF à proximité du site, **la première nappe attendue au droit du site est la nappe des Calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp**. Elle s'écoulerait en direction du sud-ouest et se rencontrerait à une profondeur de 8 à 9 m environ (39-40 NGF environ). Elle est considérée comme **vulnérable** à une éventuelle pollution en l'absence de couches imperméables sus-jacentes.

A noter que :

- 3 ouvrages (Pz1 à Pz3) ont été réalisés auparavant au droit et à proximité du site dans le cadre d'études antérieures (niveau d'eau rencontrée entre 6,5 et 11 m selon campagnes). Cependant, ces derniers n'ayant pas été nivelés par le passé, le sens d'écoulement n'est donc pas disponible ;
- cette nappe est susceptible d'être fortement dégradée dans le secteur du fait de pollutions historiques connues d'ICF dans la zone industrielle ;
- son sens d'écoulement est susceptible de varier assez significativement (écoulement pouvant être localement dirigé vers l'ouest ou le nord-ouest selon les campagnes) d'après les données également connues d'ICF dans ce secteur.

### 3.5. Contexte hydrologique

Aucun cours d'eau n'est identifié dans un rayon de 1 km autour du site à l'étude hormis le ruisseau de la Molette situé au sud du site et aujourd'hui busé à la suite de l'urbanisation.

### 3.6. Projet et usage futur

Le projet au droit du site s'inscrit dans un projet d'ensemble qui a vocation à reconvertir un espace industriel en un nouveau quartier mêlant logements, commerces et espaces verts.

A noter que le projet prévoit la conservation de la halle est, de plus de 30 mètres de haut qui permettrait le chargement/déchargement de convois ferrés de tôles et lingots d'acier utilisés pour la fabrication d'éléments métalliques.

Sur la base des dernières planches projet remises (datant du 14/07/2021), les principales orientations d'aménagement prévues à ce stade sont précisées en figure suivante.

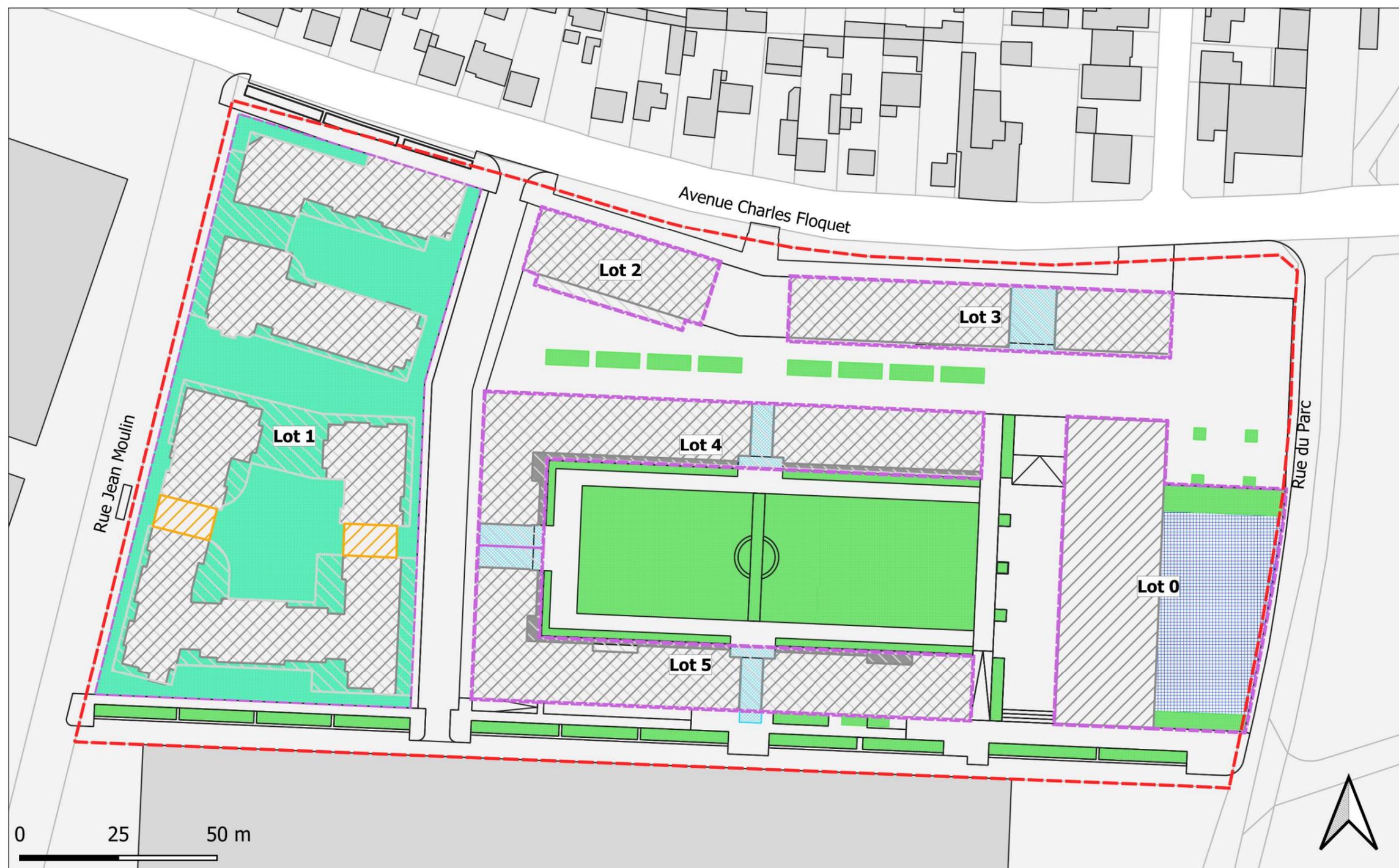


Figure 4 : Principales orientations du projet d'aménagement (source : doc. projet modifié ICF)

### 3.7. Rappel sur l'étude historique et documentaire

L'étude de vulnérabilité réalisée a mise en évidence :

- que le site à l'étude repose sur des remblais épais d'environ 1,5 m, les masses et marnes du gypse et sables de Monceau indifférenciés jusqu'à 8 m de profondeur environ puis le calcaire de Saint-Ouen ;
- que la première nappe rencontrée au droit du site est attendue dans la formation des Calcaires de Saint-Ouen à une dizaine de mètres de profondeur (6,5 à 11 m selon campagnes) et qu'elle est vulnérable à une éventuelle pollution en l'absence de couches imperméables sus-jacentes ;
- l'absence de cours d'eau identifié dans un rayon de 1 km autour du site à l'étude hormis le ruisseau de la Molette situé au sud et aujourd'hui busé à la suite de l'urbanisation ;
- la présence de trois captages à l'aval du site et considérés comme sensible à une pollution en provenance de la zone à l'étude ;
- l'absence de zone naturelle sensible identifiée dans un rayon de 2 km autour du site.

L'étude historique a révélé que le site à l'étude :

- est recensé dans les bases de données BASIAS sous les numéros IDF9305295 et IDF9301896 pour des activités de :
  - Récupération de déchets triés non métalliques recyclables ;
  - Fabrication d'éléments en métal ;
  - Fabrication de tubes, tuyaux, profilé et creux et accessoires en acier ;
  - Dépôt de liquide inflammable.et qu'au moins 5 autres sites BASIAS identifiés en limite de site ou amont hydrogéologique peuvent avoir une influence sur la qualité des eaux souterraines au droit du site. Les polluants concernés peuvent être notamment des composés aromatiques volatils (CAV dont benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes), COHV, des métaux (As, Al, Cu, Fe, Mn, Hg, Ni, Pb, Zn), hydrocarbures dont les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), composés azotés.
- a régulièrement évolué au cours du temps / de son exploitation. Il semble avoir :
  - dans un premier temps, été occupé par des ateliers de fonderie et aciérie des années 1915 à 1925 environ (halle nord-est) ;
  - dans un second temps, été repris en 1925 et occupé par usine de chaudronnerie et charpente métallique qui couvre la quasi-totalité de l'emprise du site ;
  - dans un troisième temps, été occupé à partir des années 1962 par une activité industrielle de :
    - négoce de tubes d'acier,
    - fabrication d'environ 25 000 tonnes/an tubes métalliques en partant de feuillards à chauds décapés à l'acide avec recyclage par sulfaterie,
    - récupération de déchets triés non métalliques recyclables.
  - dans un dernier temps, été occupé depuis 2001 par diverses sociétés locatrices exerçant des activités diverses de traitement de déchets, ateliers mécaniques, stockage de matériaux de construction, stockage de matériel et autres.
- comptabilise de nombreuses sources et activités potentiellement polluantes en lien avec ses activités actuelles et passées.

Les sources potentielles de pollution recensées dans le cadre de l'étude historique et documentaire menée, susceptibles d'impacter la qualité des milieux souterrains au droit de la zone d'étude sont rappelées dans le tableau ci-après. Les principales sources potentielles de pollution sont désignées **en rouge** dans le tableau suivant et reprises en Figure 5.

Tableau 3 : Dates significatives de la situation administrative du site, activités et sources potentielles de pollution associées

Date	Société	Activité	Source potentielles de pollution	Localisation des sources potentielles de pollution
1915 (?) 1925	Etablissements Cuttat & Cie Société Fonderies et Aciéries du Bourget réunis	Ateliers de fonderie et aciérie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transformateurs HT (1)</li> <li>Ateliers de fonderie et aciérie (2) incluant four à coke (3), four à mazout (4) et cuve associée (5), pompes et compresseurs</li> <li>Chemin de fer (6)</li> <li>Cuve du pavillon du directeur (?)</li> </ul>	Bâtiment Nord-est
1924/1926 (ICF Env. 2011) à 1960 environ	Société générale de construction Paris – Argenteuil Etablissements Joly d'Argenteuil et Leroux et Gatinois réunis Etablissements EIFFEL	Usine de chaudronnerie et charpente métallique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transformateurs HT (1 et autres emplacements non précisés)</li> <li>Chaudronnerie de grosses et petites œuvres (7)</li> <li>Forge (7)</li> <li>Fabrication de gaz d'huile par pyrogénéation de combustibles liquides (7)</li> <li>Fabrication d'acétylène gazeux comprimé (7)</li> <li>Dépôt mixte de liquides inflammables de 1ère catégorie (500 litres) (8) et de 2ème catégorie (5 000 litres) (9) en réservoirs souterrains devant subir un transvasement</li> <li>Cassage et découpage de métaux à froid par choc mécanique (7)</li> <li>Emboutissage, estampage, forgeage de métaux à chaud par choc mécanique (7)</li> <li>dépôt enterré contenant 16 000 litres de fuel domestique au nord-est du bâtiment principal (10)</li> </ul>	Bâtiment nord-est, halles longitudinales, halle transversales est, bâtiment nord aujourd'hui démolis, annexes et appentis
1962 1971 1973  01/2001	Société des Tubes de Montreuil (anciennement TUBES EUROPE) / VALLOUREC / FERALCO / RANK XEROX / VALEXY DEPOT ?) / VINANT / THYSSEN / CORNU  Cessation des activités de la STM	Activité industrielle de : <ul style="list-style-type: none"> <li>négoce de tubes d'acier fabriqués par la société VALLOUREC</li> <li>fabrication d'environ 25 000 tonnes/an tubes métalliques en partant de feuillets à chauds décapés à l'acide avec recyclage par sulfatation</li> <li>récupération de déchets triés non métalliques recyclables par la société CORNU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>cuve fioul du bâtiment administratif (?)</li> <li>découpage de tubes et feuillets, chaudronnerie (7)</li> <li>station d'épuration (11)</li> <li>2 citernes fioul d'un volume total d'environ 16 000 litres enterrées au nord-ouest = dépôt enterré d'hydrocarbures de 15 500 litres (10 000 litres de gasoil et 5 500 litres d'essence) (12)</li> <li>bacs/bains à huile (13)</li> <li>bacs d'acides, zone d'égouttage / décantation (14)</li> <li>ateliers mécaniques (15)</li> <li>moteurs électriques (16)</li> <li>anciennes cuves de la station de traitement des eaux usées (?)</li> <li>incendie d'une cuve (dimension de 20x1x1,2 m) faisant probablement référence à l'un des bains de traitement (?)</li> <li>anciennes cuves en extérieur (localisation non précisée ?)</li> <li>activité d'application de peinture (&gt;25 L/j) non déclarée dans les locaux occupés par VALLOUREC (au milieu de l'atelier) (7)</li> <li>transformateurs non localisés (?)</li> <li>fours à recuire, etc. (7)</li> </ul>	Ensemble du site (sauf bâtiment administratif à l'est et pavillon nord-est)
Après 2001	Location des entrepôts à diverses sociétés : <ul style="list-style-type: none"> <li>INFONEGOCE (déclarée entre 2008-2014 et toujours présente)</li> <li>ORGANIDEM</li> <li>CHRISCAR</li> <li>BEMAZ</li> <li>LOMADEM</li> <li>JEFFER</li> <li>LOC BTP</li> <li>FAERBER RECUP</li> <li>SIMPRA</li> <li>METAL ESSOR</li> <li>AMD LOC</li> <li>ASP CORNU (CORNU)</li> <li>VICTORIA</li> <li>SLBT</li> <li>NBL</li> </ul>	Activités diverses de traitement de déchets, ateliers mécaniques, stockage de matériaux de construction, stockage de matériel et autres	<p>Halle au nord-est :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Atelier de mécanique pour poids lourds et véhicules du BTP (cabine de peinture (17), fosse enterrée (18), stockages d'huiles usagées, fûts, etc. (19))</li> </ul> <p>Halles longitudinales 1 à 4 et halle transversale 2 (à l'est)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers) (20)</li> <li>peinture (nord du bâtiment principal) (21)</li> </ul> <p>Halle transversale 1 (à l'ouest)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Transit, regroupement, tri, assemblage, stockage de déchets d'équipements électriques et électroniques (22)</li> </ul> <p>Appentis et extérieurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>cuve sur rétention d'un volume significatif &gt; 60 m3 et volumètre associé (23)</li> <li>stockage de bennes, véhicules et autres matériaux (24)</li> <li>lavage de véhicules (constaté lors de la visite) (25)</li> <li>voies ferrées encore présentes (?)</li> <li>stockage de matériel informatique</li> </ul> <p>Ensemble des bâtiments :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>cuves à fioul 5 000 et 3 000 litres sans rétention (D / LOC BTP) (26)</li> <li>cuve aérienne de contenance inconnue d'environ 2,5 x 1 m (probablement du fioul) (27)</li> <li>atelier menuiserie et petit outillage (28)</li> <li>cuves diverses identifiées en extérieur (usage inconnu / déchet ?), cubitainer remplis d'huiles/fioul, gasoil ou essence et fûts (C)</li> <li>autres activités variées et sauvages tels ateliers mécaniques (A)</li> </ul>	Ensemble du site (sauf bâtiment administratif à l'est et pavillon nord-est)

Ces informations ont pu être pour partie confirmées lors de la visite de site approfondie menée.

A noter également :

- que le site aurait au moins une fois fait l'objet d'un incendie, en lien avec une cuve (dimension de 20x1x1,2 m) faisant probablement référence à l'un des bains de traitement.
- qu'il est possible que des impacts en lien avec des cuves enterrées non localisées à ce stade ou d'autres activités historiques soient mis en évidence lors des travaux d'aménagement futur au regard du passif du site et des informations parcellaires retrouvées.

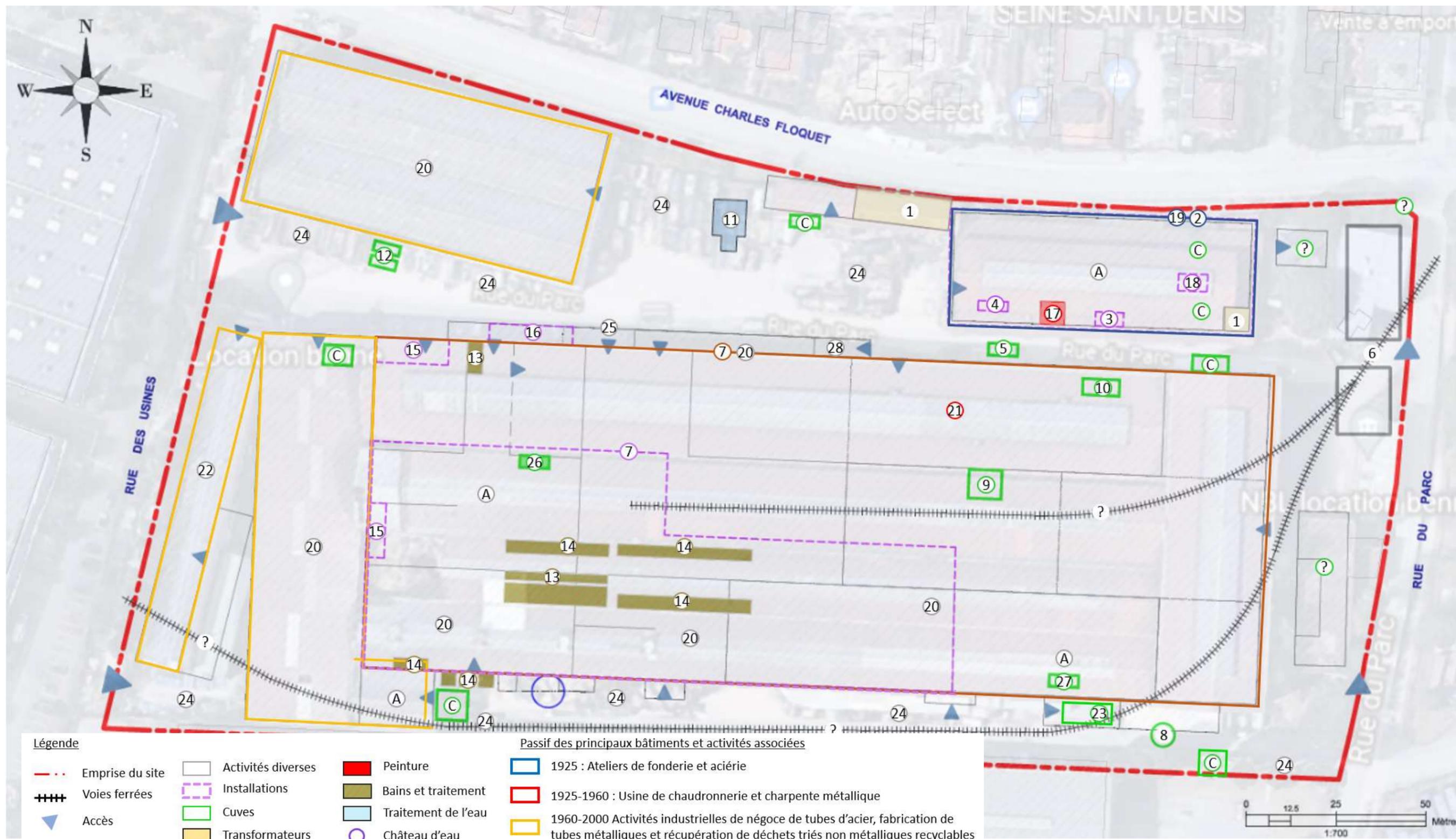


Figure 5 : Sources de pollution retenues au droit du site

## 4. Investigations sur site

### 4.1. Objectifs

*Les investigations de ce premier diagnostic avaient pour but :*

- de définir l'état de pollution du site (sols, eaux souterraines et gaz du sol) au droit des zones accessibles et sources de pollution identifiées en phase d'investigations et qui ont pour certaines pu être précisées en cours de mission ;
- de caractériser les vecteurs de transfert ;
- d'obtenir les premiers éléments nécessaires à la réalisation du projet de construction et de réhabilitation de l'ancien site industriel ;
- de conclure sur l'état des milieux investigués, les mesures correctives possibles à apporter, les préconisations.

### 4.2. Sécurité de l'intervention

#### 4.2.1. Plan de prévention

ICF a réalisé une Fiche d'Analyse des Risques valant Plan de Prévention Simplifié.

Les risques auxquels a été exposée l'équipe d'ICF intervenant sur site ont été évalués et des mesures de prévention relatives ont été mises en place.

#### 4.2.2. Sécurisation vis-à-vis des réseaux enterrés

##### 4.2.2.1. DT/DICT

Conformément à la réglementation en vigueur, les DT/DICT conjointes (Déclaration de Travaux et Déclarations d'Intention de Commencement de Travaux) ont été établies et traitées par ICF préalablement aux travaux sur site.

##### 4.2.2.2. Détecteur de réseau

Une inspection au détecteur de réseaux a été réalisée au droit de chacun des sondages afin de valider l'absence de réseaux en complément des plans et réponses obtenues suite aux DICT.

Les inspections au détecteur de réseaux ont été réalisées par un ingénieur d'ICF.

### 4.3. Maîtrise des impacts environnementaux de l'intervention

Afin de limiter au maximum les impacts environnementaux de son intervention, ICF a mis en œuvre différentes mesures qui sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau 4 : Disposition prises pour la maîtrise des impacts environnementaux**

Opérations	Dispositions prises
Sondages de sols	Pas de cuttings excédentaires (réutilisés pour reboucher les sondages)
Forage des piézomètres	En l'absence d'anomalie organoleptique détectée, les cuttings et boues de forage ont été stockés sur site
Développement et purge des piézomètres	Les eaux de purges ont été rejetées au milieu naturel après filtration sur charbon actif
Forage des piézairs	Les cuttings de forage des piézairs ont été stockés sur site
Dalles bétons	Un bouchon de ciment a été reconstitué en tête des carottages sur les dalles de façon à reconstituer l'étanchéité

### 4.4. Limites de la méthode d'investigation

Les sondages ponctuels ne peuvent offrir une vision continue de l'état des terrains du site.

Leur implantation et leur densité permettent d'avoir une vision représentative de l'état du sous-sol, sans que l'on puisse exclure l'existence d'une anomalie d'extension limitée entre deux sondages et/ou à plus grande profondeur, qui pourrait échapper à nos investigations.

Les sondages permettent par ailleurs de caractériser les terres autour des installations enterrées conues, sans qu'il ne puisse être exclu un impact des terrains au droit même de ces structures.

Par ailleurs, le diagnostic rend compte de l'état du milieu à un instant donné. Des événements ultérieurs anthropiques ou naturels (exemple : variation du niveau ou du sens d'écoulement de la nappe liée à une saisonnalité, conditions atmosphériques pour les gaz du sol) peuvent modifier la situation observée à cet instant.

Enfin, un diagnostic de pollution éventuelle du sous-sol a pour seule fonction de renseigner sur l'état chimique de contamination éventuelle du sous-sol et des éventuelles contraintes engendrées par cette contamination pour le projet d'aménagement. Toute utilisation en dehors de ce contexte (dans un but géotechnique par exemple pour déterminer des assises de fondation) ne saurait engager la responsabilité d'ICF.

## 4.5. Principes de l'interprétation des différents milieux

*Le diagnostic de pollution des milieux doit permettre de caractériser les différents milieux investigués (sols, eaux souterraines et gaz du sol) et d'identifier, localiser et dimensionner les éventuels polluants présents dans les sols.*

*L'interprétation des résultats obtenus doit permettre de répondre aux objectifs initiaux définis. Celle-ci est réalisée par comparaison des résultats entre eux et également par comparaison à des valeurs de référence ou des valeurs guides. Ces valeurs ne sont pas nécessairement des seuils de réhabilitation, ni des seuils de risque sanitaire. Elles peuvent parfois être réglementaires. Il est ainsi nécessaire de garder à l'esprit l'objectif à atteindre par les investigations menées.*

*Les résultats du diagnostic de pollution permettent également de statuer sur l'existence ou non de zones de pollution concentrée sur la zone d'étude (par interprétation des constats de terrain, cartographique et/ou statistique notamment).*

## 4.6. Investigations sur les sols (A200)

### 4.6.1. Réalisation des sondages sur site

La stratégie d'implantation des sondages a été définie au stade de l'offre dans le but de disposer :

- d'1 sondage par 450 m<sup>2</sup> de terrain environ (soit 1 sondage pour 2 mailles de 15 m x 15 m) pour caractérisation ;
- d'1 sondage par 225 m<sup>2</sup> de terrain (soit 1 par maille) au droit ou à proximité immédiate des sources potentielles de pollution identifiées au stade de l'offre.

Elle visait également à disposer d'une première caractérisation des futurs déblais en lien avec les futurs sous-sols datant du 22 avril 2021 (les plans d'aménagement ayant évolués depuis).

Compte tenu des contraintes liées au site en termes d'accessibilité ou de coactivité (passage continu de camions, locaux en grande partie occupés, mouvements régulier des bennes et stockages extérieurs et intérieurs), une quinzaine de sondages ont été décalés ou annulés (sondages prévus au niveau des zones de stockage de déchets tout particulièrement). Aussi, faisant suite aux compléments obtenus lors de l'étude historique (encore en cours au moment des premières investigations de juin 2021) ou aux premiers résultats laboratoire (associés aux indices organoleptiques rencontrés sur le terrain mettant en évidence des pollutions significatives du milieu souterrain – cf. §4.7.1) certains de ces sondages ont été déplacés de façon à identifier une éventuelle source sol ou à s'en approcher.

A noter que compte tenu de la suspicion de nombreuses sources historiques enterrées (cuves notamment), les sondages ont été réalisés au plus près de ces installations (en fonction des indices et mesures de terrain observés lors de leur implantation : présence de tampon, détection magnétique, etc.) sans y être forcément au droit. Et ce, de façon à éviter toute problématique de pollution due aux investigations (perçement de cuve, etc.).

Au total 113 sondages (pour 121 prévisionnels) entre 3 et 8 mètres de profondeur maximum ont été réalisés du 09/06/2021 au 02/07/2021 à la tarière mécanique ou au carottier portatif en fonction des possibilités d'accès et des investigations à mener.

Le matériel utilisé (tarière mécanique et carottier portatif) a été mis à disposition par l'entreprise ATME sous la supervision d'ICF.

Pour faciliter la lecture et le repérage, le site a été divisé en maille de 15 m de côté, référencées :

- selon l'axe ouest-est par des numéros de 1 à 20 ;
- selon l'axe sud-nord par des lettres de A à K.

Les sondages sont nommés selon leurs mailles de localisation. Ainsi, le sondage H9 est localisé dans la maille H9 (sauf cas particulier explicité en §4.6.2).

Leurs localisations sur fond de plan des installations actuelles/historiques et projet sont présentées en figures suivantes.

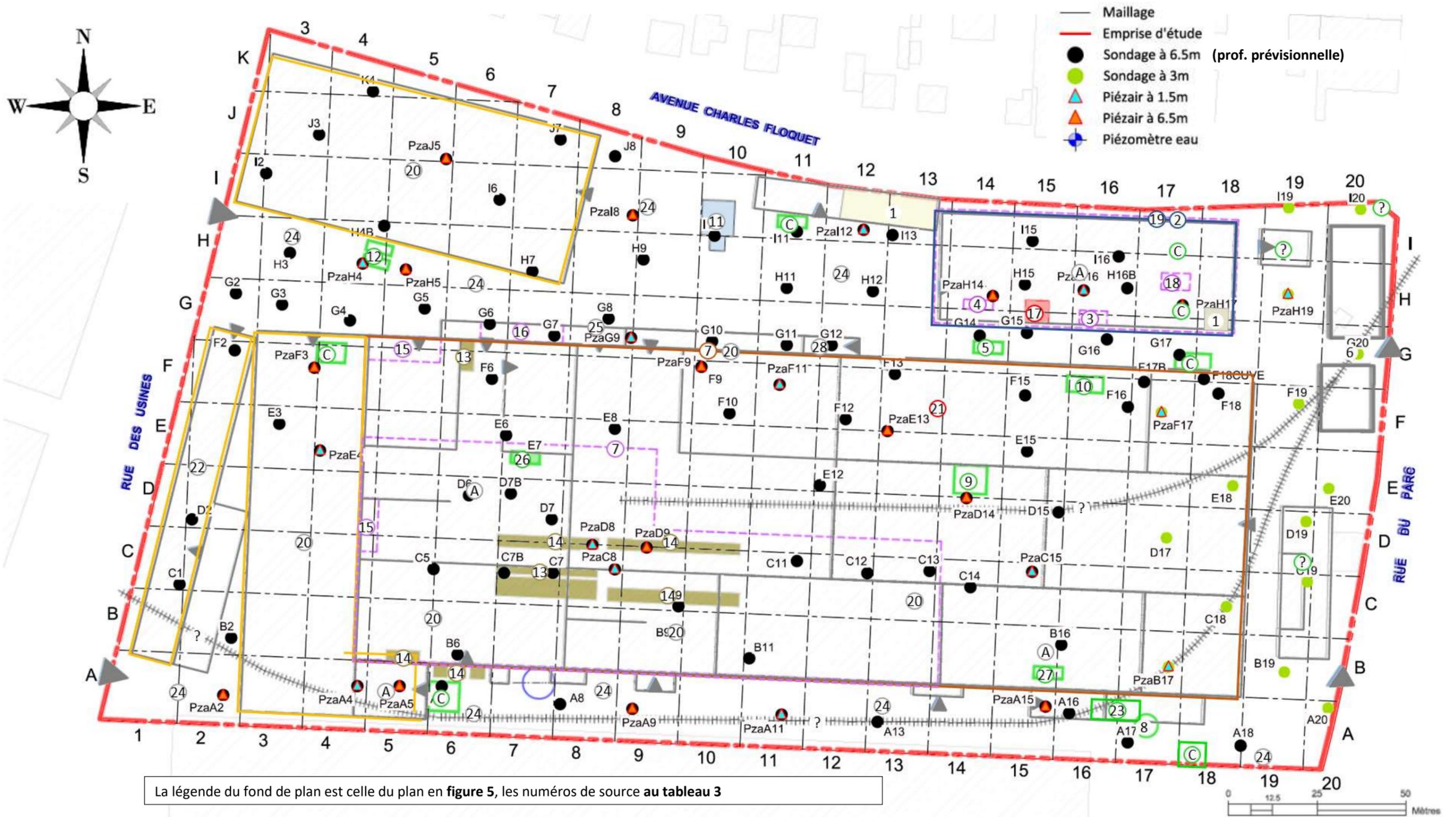


Figure 6 : Localisation des investigations réalisées sur fond de plan des installations actuelles et historiques

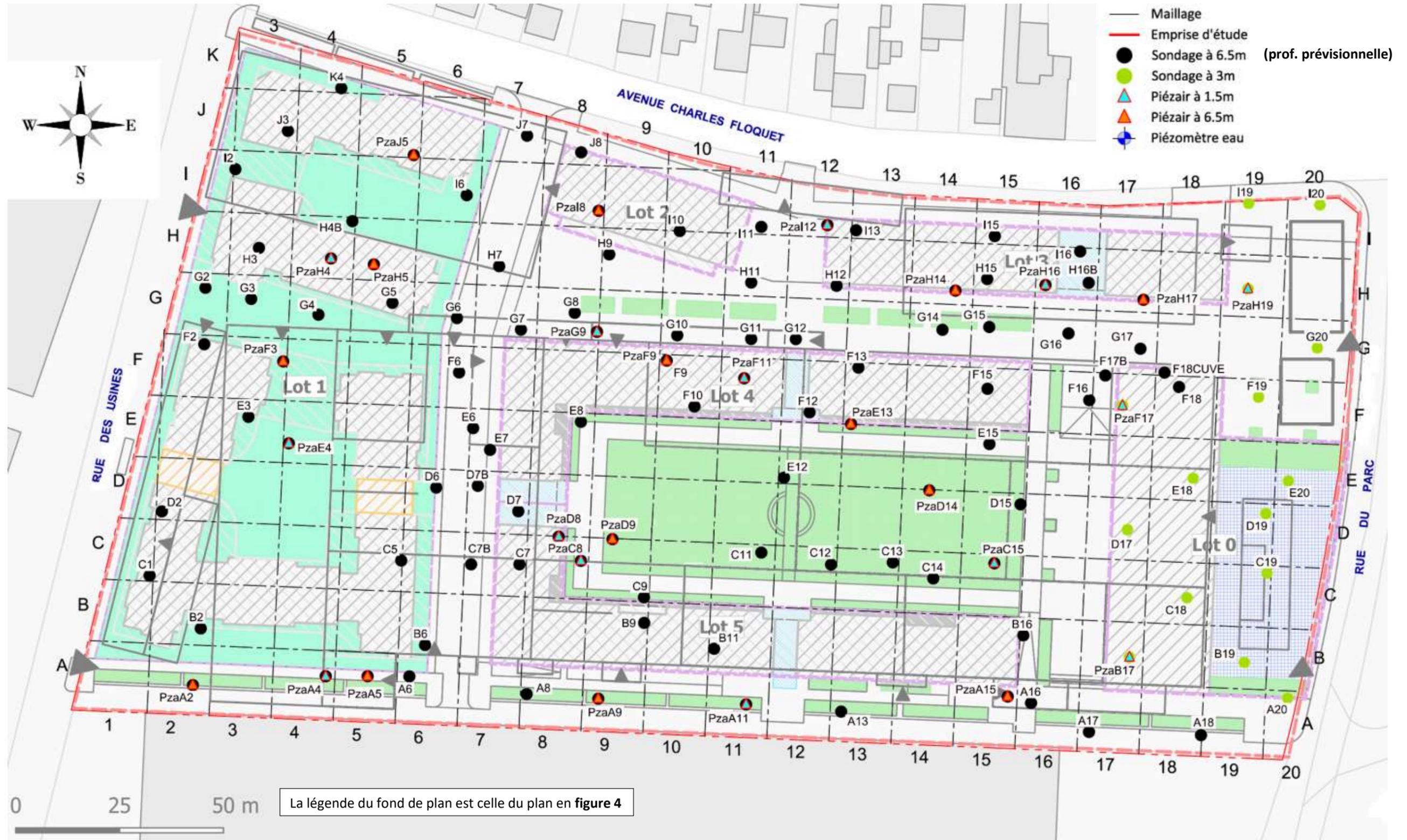


Figure 7 : Localisation des sondages réalisés sur fond de plan futur

De manière générale, les sondages étaient tous prévus à 6,5 m de façon à caractériser les terrains dans l'hypothèse de la réalisation de projets avec deux niveaux de sous-sols (projet en cours de définition lors des investigations), à l'exception des sondages situés au niveau :

- du lot 0, où il est prévu la réhabilitation de la halle existante (hors zones sources éventuelles)
- des futurs espaces publics situés à l'est du site (A à I / 19 et 20).

Des refus ont été constatés lors des investigations, en lien avec les épaisseurs des dalles présentes (dalle de plus de 90 cm en I11 par exemple) et/ou des horizons lithologiques plus ou moins indurés en profondeur. Les déplacements de sondages ont alors été engagés pour ceux au droit desquels un refus a été identifié en surface. Les refus identifiés en profondeur (4 à 4,5 m environ) concernent exclusivement les sondages menés au carottier portatif en G9, I12 et F2 et n'ont donc pas été déplacés/approfondis (limite technique de l'outil).

A noter également que compte tenu des contraintes de délais liés à la prestation, au planning prévisionnel de rendu des études et aux difficultés rencontrées pour passer les horizons souterrains (assez compacts), la cadence des sondages s'est vue ralentir par rapport au prévisionnel. Aussi, afin d'être en mesure de disposer des informations essentielles dans le secteur des actuels zones de stockage de déchets notamment (en lien avec des problématiques de coactivité ou d'accessibilité) et disposant d'un lourd passif industriel, huit sondages ont été arrêtés à une profondeur de 5 m environ (au lieu des 6,5 m prévus initialement).

Le tableau suivant présente les sondages ayant subi des refus et/ou dont la profondeur a été adaptée :

**Tableau 5 : Sondages aux profondeurs réelles différentes des profondeurs prévisionnelles**

Sondage	Profondeur attendue	Profondeur réelle	Justification
B8 Terrain = B9	6,5m	5 m	Disposer d'information dans le secteur
B10 Terrain = B11			
C7			
C8			
C9			
D7			
D8			
D9			
E2 Terrain = F2		4 m	Refus au carottier portatif
G3		8 m	Indices organoleptiques en profondeur
G9		4 m	Refus au carottier portatif
H14		7 m	Indices organoleptiques en profondeur
H15		7 m	Indices organoleptiques en profondeur
I12	4,4 m	Refus au carottier portatif	

La localisation des sondages présentant une profondeur différente de ce qui était initialement prévu est présentée dans la figure page suivante.

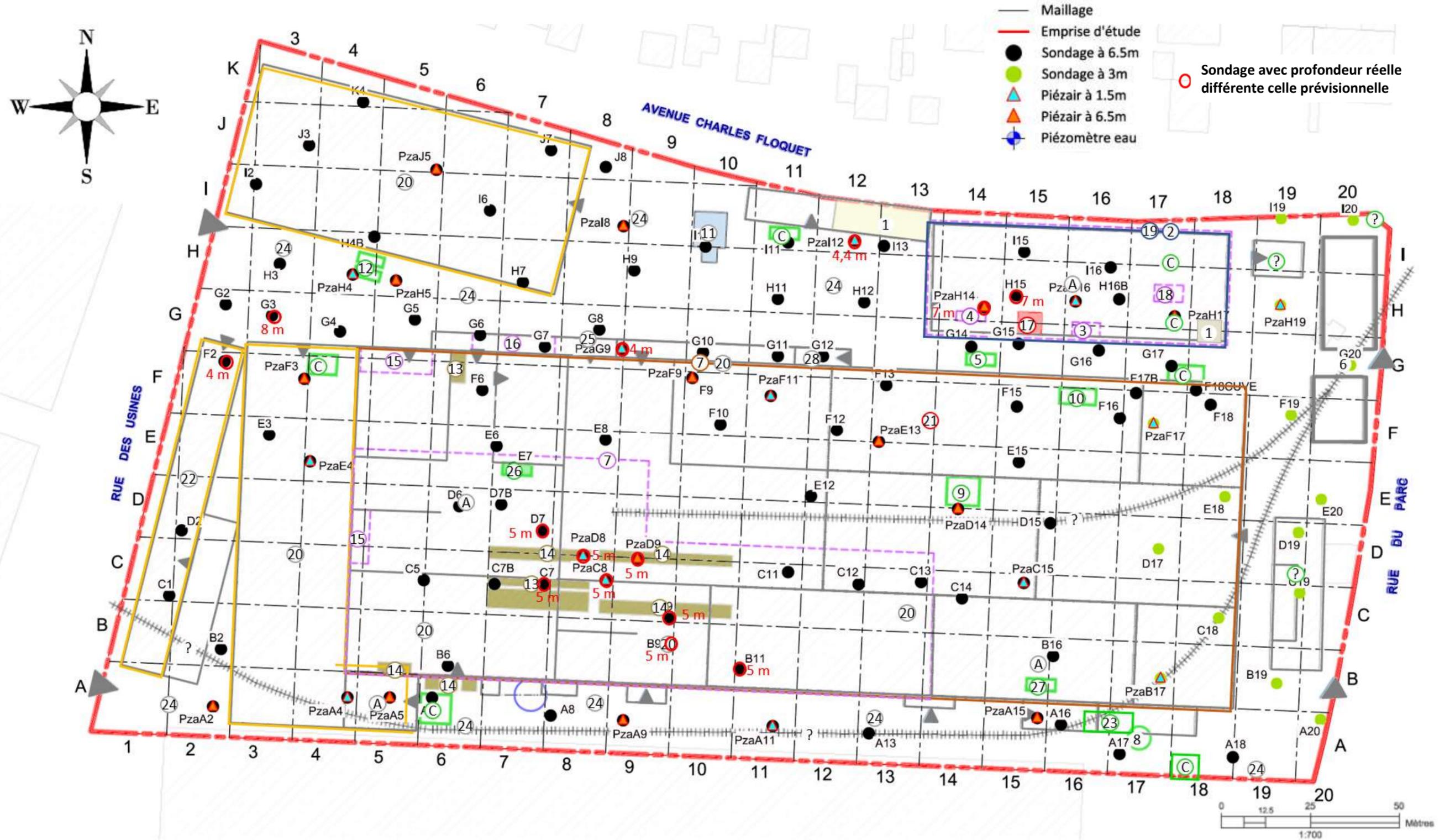


Figure 8 : Localisation des sondages avec les profondeurs réelles

L'ensemble des sondages a été immédiatement rebouché avec les matériaux extraits / avec de la bentonite directement après l'observation organoleptique et la prise d'échantillons. De plus, un bouchon de ciment a été reconstitué en tête des carottages sur les dalles de façon à reconstituer l'étanchéité.

#### 4.6.2. Suivi des travaux et prélèvement des échantillons sur site

L'ingénieur d'ICF, présent constamment lors des investigations, a assuré le respect du Plan de Prévention, dirigé les sondages, noté les coupes techniques, choisi et constitué les échantillons nécessaires à la caractérisation analytique des sols traversés.

La stratégie d'échantillonnage des sols a été adaptée au besoin de l'étude en fonction de la nature des informations recherchées :

- état des sols au droit du site ;
- état des sols au droit ou à proximité des sources de pollution ;
- caractérisation des terres à excaver dans le cadre des projets ;
- caractérisation des sols au droit des futurs espaces verts, voiries, etc..

Pour cela, la stratégie d'échantillonnage a consisté en un échantillonnage systématique par couche lithologique homogène ou suivant les observations visuelles et olfactives de terrain et en fonction des éléments recueillis lors de l'étude historique.

Les coupes des sondages sont présentées en **Annexe III** et précisent notamment la technique de foration, les lithologies observées et les échantillons prélevés.

A noter que la dénomination des points en vigueur dans ce rapport est celle du maillage établi. En effet, du fait du décalage sur le terrain de certains points de sondages, plusieurs d'entre-eux ont une dénomination laboratoire/terrain différente de celle effective dans le présent rapport. Le tableau suivant fait correspondre la dénomination laboratoire/terrain à la dénomination maillage.

**Tableau 6 : Correspondance de la dénomination laboratoire/terrain à la dénomination effectif**

Nom effectif	Nom laboratoire/terrain	Nom effectif	Nom laboratoire/terrain
A8	A7	F3	F4
B2	C2	F12	E12
B6	B5	F15	F14
B9	B8	F16	E16
B11	B10	F17B	F16
C1	B1	G14	G13
C7B	C6	H4B	I4
D6	D5	H7	H6
D7B	D6	H16B	H17
E12	D12	H17	H18
E15	E14	I16	I17
F2	E2		

Les échantillons ont été conditionnés dans des flacons en verre étanches neufs de qualité laboratoire, soigneusement étiquetés dès leur conditionnement, conservés dans des glacières limitant le risque d'altération et expédiés au laboratoire. Les échantillons de sol ont été récupérés sur site par transporteur spécial pour envoi au laboratoire EUROFINS le lendemain des investigations et réception au plus tard sous 24 heures (sauf problématique éventuel du au transport). A noter que les vendredis, les échantillons étaient placés au frigo avant envoi le lundi suivant ou déposés directement en agence TNT pour réception au plus tôt par EUROFINS.

#### 4.6.3. Programme analytique des sols

Le programme analytique a été établi en fonction des objectifs de l'étude, sur la base des informations disponibles et en particulier des sources potentielles de pollution identifiées sur site.

Le programme analytique général est synthétisé dans le tableau suivant :

**Tableau 7 : Descriptif du programme analytique réalisé sur les échantillons de sols**

Nombre d'analyse	Analyses réalisées	Délais
323	Pack ISDI, C5-C10, COHV, 8 Métaux et cyanures totaux sur éluats	Standard
15	Pack ISDI, C5-C10, COHV, 8 Métaux et cyanures totaux sur éluats	Urgence J+4
15	Granulométrie	Standard
25	HCT C5-C10 et C10-C40, HAP, BTEX, COHV, 8 Métaux, PCB	Standard

Les échantillons ont été analysés par le laboratoire EUROFINS.

Ce laboratoire a obtenu l'équivalent COFRAC et un agrément du Ministère de l'Environnement.

## 4.7. Qualité des sols

### 4.7.1. Observations de terrain et résultats granulométriques

#### 4.7.1.1. Lithologie

Les terrains rencontrés (principalement sous les dalles béton présentes en surface sur la quasi-totalité du site) sont majoritairement :

- des remblais limoneux bruns localement gris/noirs, parfois graveleux et/ou des sables jaunâtres ou marnes beiges jusqu'à 1 à 2 m de profondeur environ ;
- des marnes beiges/jaunes et limons sableux jusqu'à 8 m de profondeur (prof. maximale des sondages) localement verts/verdâtres (tout particulièrement entre 4 et 6 m de profondeur environ).

Ces informations sont cohérentes avec la lithologie attendue.

Aucun niveau d'eau n'a été rencontré lors de la foration. Des traces d'humidité ponctuelles ont néanmoins été observées localement :

- entre 5 et 6,5 m de profondeur au droit des sondages A2, A9, G3, G4, G16, H5, H11, H12, H17, I6, I11, I15 et J8 ;
- entre 1 et 3 à 5 m de profondeur au droit des sondages A2, A6, A8, B2, B16, G3, G8, H5, I6, I20, J3 et K4.

soit, principalement au niveau des espaces sous et hors bâtis nord et sud du site.

#### 4.7.1.2. Observations organoleptiques, mesures PID

Les indices organoleptiques et les résultats des tests de terrain (PID) les plus significatifs (> 5 ppm) effectués lors de cette campagne sont repris dans le tableau ci-après.

**Tableau 8 : Niveaux suspects et résultats des tests de terrain les plus significatifs**

Sondages	Profondeur	Indices organoleptiques	Mesure de terrain (PID en ppm)	Valeur PID avec la profondeur
A4	3-6,5 m	RAS	Max : 48 (3-4 m) Min : 10 (6-6,5 m)	↘
A5	0-6 m	RAS	Max : 35 (0-1 m) Min : 5 (5-6 m)	↘
A13	0-1 m	Couleur grise	62 (0-1 m)	Max ponctuel
A18	0-4 m	RAS	Max : 48 (1-2 m) Min : 14 (3-4 m)	↘
B6	4-6,5 m	RAS	16 à 19 (4-6,5 m)	Max
B17	0-1 m	Odeur de matière organique	0,3 (0-1 m)	-
C7	0-1 m	RAS	9 (0-1 m)	Max ponctuel
C8	0-5 m	RAS	Max : 12 (2-3 m) Min : 4 (3-4 m)	↘
C15	0-6,5 m	Couleur noirâtre (0-2 m) et/ou odeur d'hydrocarbures (0-6,5 m)	Max : 50 (1-2 m) Min : 5 (6-6,5 m)	↘
D7	0-3 m	RAS	Max : 39 (0-1 m) Min : 5 (2-3 m)	↘

Sondages	Profondeur	Indices organoleptiques	Mesure de terrain (PID en ppm)	Valeur PID avec la profondeur
D8	0-2 m	RAS	Max : 33 (0-1 m) Min : 16 (1-2 m)	↘
D9	0-1 m 2-4 m	RAS RAS	Max : 25 (0-1 m) Min : 0,7 (4-5 m)	↘
D14	5-6 m	RAS	17,5 (5-6 m)	Max ponctuel
D15	0-6,5 m	RAS	Max : 48,2 (2-3 m) Min : 10,5 (3-4 m)	↘
E3	0-6,5 m	RAS	Min : 7 (0-1 m) Max : 20 (5-6 m)	↗
E7	0-1 m	RAS	7 (0-1 m)	Max ponctuel
E8	0-5 m	RAS	Max : 26 à 30 (0-3 m) Min : 20 à 23 (3-5 m)	↘
E12	0-1,25 m	Traces noires	0 (0-1,25 m)	-
E13	0-1 2-3 m	Odeur d'hydrocarbures	Max : 25 (0-1 m) Min : 0 (1-2 m)	↘
E15	0-1 m	Odeur d'hydrocarbures et couleur grise	0 (0-1 m)	-
E18	0-1 m	Couleur marron/noir	0 (0-1 m)	-
E20	0-1 m	Odeur indéterminée et couleur noire	0 (0-1 m)	-
F9	0-5 m	Odeur d'hydrocarbures	Min : 2 (0-1 m) Max : 9,4 (4-5 m)	↗
F11	1-2 m	Odeur d'hydrocarbures	12 (1-2 m)	Max ponctuel
F13	3-5 m	Odeur	0 à 0,2 (3-5 m)	-
F15	0-5 m	Traces noires et/ou odeur hydrocarbures	Min : 4 (0-1 m) Max : 24 (1-2 m)	↗
F16	0-6,5 m	RAS	Min : 1,1 (1-2 m) Max : 27,2 (6-6,5 m)	↗
F17	0-3 m	Couleur gris foncé (0-1m) RAS au-delà	Min : 2,7 (0-1 m) Max : 7,5 (2-3 m)	↗
F17B	0-1 m 2-6,5 m	RAS	Min : 1,1 (1-2 m) Max : 27,2 (6-6,5 m)	↗
F18 cuves	3 m et plus	Odeur d'hydrocarbures	Min : 127 (3-4 m) Max : 309 (5-6 m)	↗
G3	2-3 m	Traces noires	5 (2-3 m)	Max ponctuel
G4	0-1 m	Odeur d'égouts	0 (0-1 m)	-
G6	0-1 m	Odeur de chaux	0 (0-1 m)	-
G8	0-3 m	Odeur d'hydrocarbures et/ou Traces noires	0 (0-3 m)	-
G16	0-1 m	Traces noires	0 (0-1 m)	-
H3	0-1 m	Traces noires	0 (0-1 m)	-
H15	2-3 m	RAS	79 (2-3 m)	Max ponctuel
H16B	0-1 m	Légère odeur indéterminée	5 (0-1 m)	Max ponctuel
H19	0-1 m	Odeur indéterminée	1 (0-1 m)	-
I8	2-3 m 5-6,5 m	Odeur indéterminée RAS	0 (2-3 m) 25 (6-6,5 m)	↗
I10	3-4 m	Odeur d'hydrocarbures	1,6 (3-4 m)	-
I15	0-1 m	RAS	5 (0-1 m)	Max ponctuel

Sondages	Profondeur	Indices organoleptiques	Mesure de terrain (PID en ppm)	Valeur PID avec la profondeur
I20	0-2 m	Traces noires	0 (0-2 m)	-

Les observations organoleptiques et mesures PID (> 5 ppm) rappelées ci-avant mettent en évidence la présence de composés volatils dans les sols du site. Une grande partie d'entre-elles sont à relier aux sources potentielles de pollution historiques ou actuelles identifiées à proximité (cf. carte des valeurs PID maximales et installations en page suivante).

A noter également que :

- les valeurs PID significatives (> 5 ppm) ne sont pas systématiquement corrélées à des indices organoleptiques de terrain (cas de A4, A5, A18, B6, C7, C8, D7, D8, D9, D14, D15, E3, E7, E8, E13, E15, E18, E20, F13 et F16) : présence d'odeur sans réponse notable au PID et inversement ;
- une partie de ces anomalies se trouve hors de toute source potentielle de pollution attendue à ce stade ou des locaux d'anciennes activités (A13, A18, E3, I8).

Ces différents points laissent supposer d'une origine de la pollution en volatils proche du sondage mais non clairement établie.

En outre, le fait que les teneurs PID augmentent ou diminuent avec la profondeur, pourrait être relié à l'origine de la source (plus ou moins proche) ou à sa typologie. A savoir pour :

- A4, A5 : une ou des sources proches (ateliers mécaniques et autres activités historiques telles que bacs ou forge par exemple) à l'origine de la pollution constatée en surface (A5) et en profondeur (A4, A5) ;
- A18 : une source dont l'origine est assez proche et superficielle mais non identifiée à ce stade ou aux remblais ;
- C8 : une origine superficielle pouvant correspondre aux bacs/bains à huile et d'acides, zone d'égouttage et de décantation ;
- C15 : une source superficielle pouvant correspondre aux activités présentes dans l'ancienne forge ou en lien avec le stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers) ;
- D7, D8, D9 : une source dont l'origine est superficielle et peut correspondre aux bacs/bains à huile et d'acides, zone d'égouttage et de décantation ;
- D15 : une source dont l'origine est superficielle et pourrait correspondre à l'ancienne forge ou au stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers) ;
- E3 : une source dont l'origine n'est pas clairement identifiée à ce stade (source sol et/ou nappe) ;
- E8 : une source superficielle pouvant correspondre aux activités présentes dans l'ancienne forge ou en lien avec le stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers) ;
- E13 : une source superficielle pouvant correspondre aux activités présentes dans l'ancienne forge ou en lien avec le stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers) ou aux remblais en place ;
- F9 : une source superficielle pouvant correspondre aux activités présentes dans l'ancienne forge ou en lien avec le stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers) ;

- F15, F16, F17, F17b : une ou des sources superficielles et/ou enterrées pouvant correspondre à d'anciennes cuves ;
- F18 cuve : cuve enterrée connue et seules valeurs PID notables (supérieures à 100 ppmV) ;
- I8 : une source dont l'origine n'est pas clairement identifiée à ce stade (source sol et/ou nappe).

Les autres indices et mesures ponctuelles peuvent soit correspondre à des sources superficielles (remblais par exemple) ou à une source dont l'origine n'est pas clairement établie (source sol profonde non délimitées, cône d'imprégnation et/ou nappe).

Les cartes suivantes indiquent les réponses PID rencontrées durant les investigations par profondeur (0 à 6 m par couche d'un mètre) ainsi que les valeurs maximales rencontrées toutes profondeurs confondues.

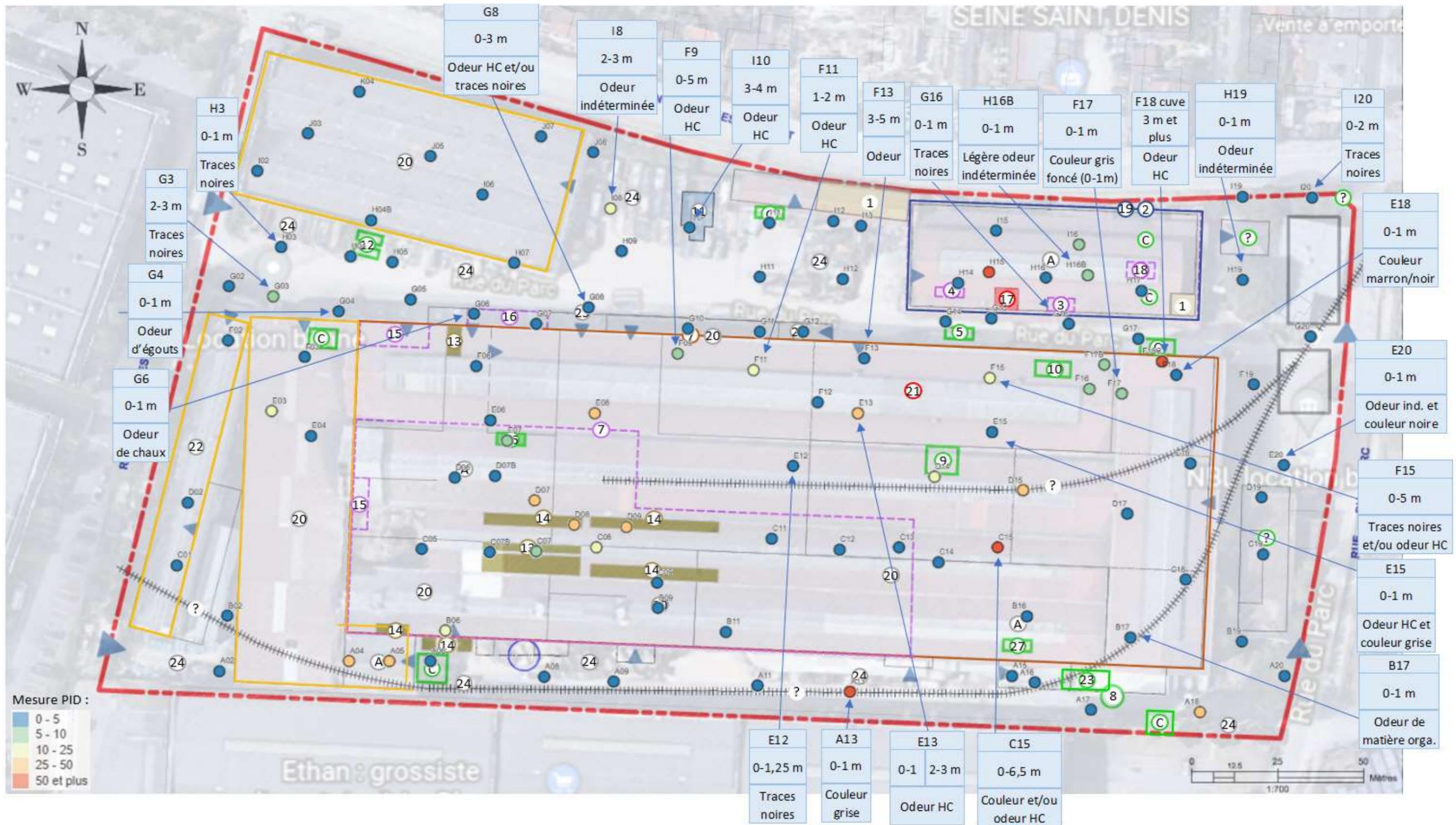


Figure 9 : Indices organoleptiques et réponses PID maximales rencontrés durant les investigations

Les cartes suivantes ont été réalisées à l'aide du logiciel interne Antea @Statea.



Figure 10 : Cartes des répartitions PID en fonction de la profondeur

### 4.7.1.3. Analyses granulométriques

Des analyses granulométriques en laboratoire ont été réalisées sur 15 échantillons jugés représentatif de la lithologie générale du site, dont 5 échantillons de remblais de surface et 10 échantillons représentatifs des formations marno-calcaires présentes à 6 m de profondeur environ.

La répartition granulométrique effective des terrains est présentée dans les deux tableaux suivants avec indication de la lithologie apparente sur le terrain, la répartition granulométrique en % et la classe granulométrique effective après analyses :

**Tableau 9 : Répartition granulométrique en pourcentage dans les terrains de surface**

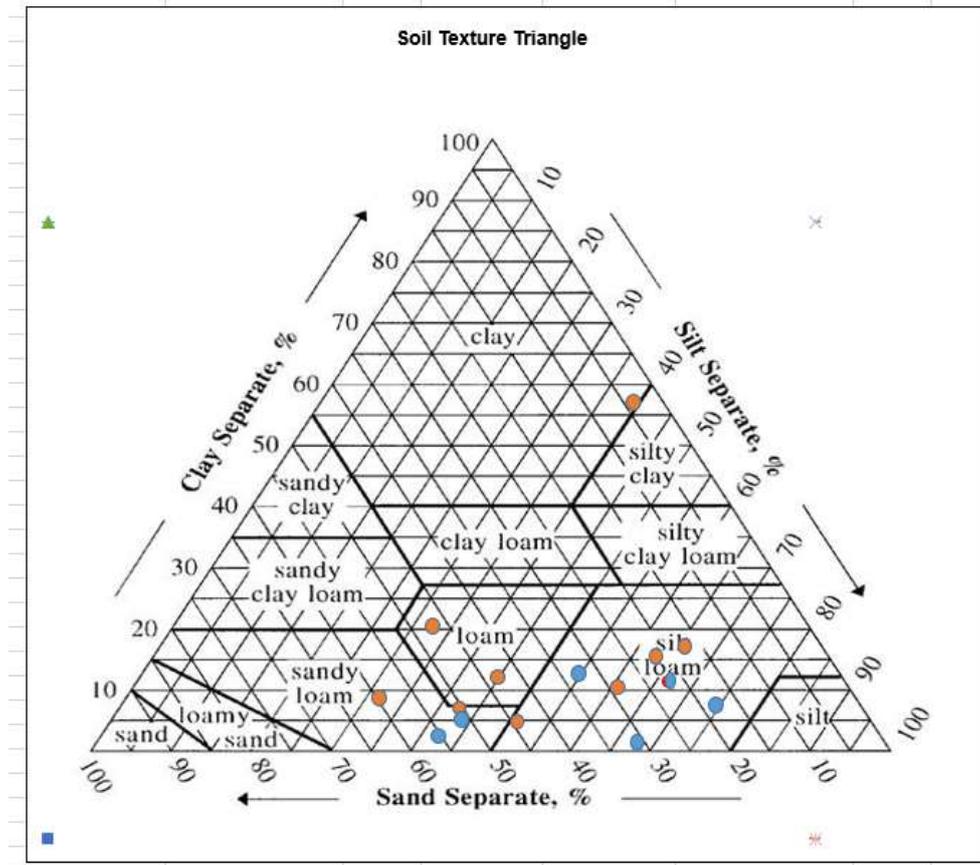
Echantillon	A11 (1-2)	H16 (1-2)	F11 (1-2)	B17 (1-2)	C8 (1-2)
Lithologie terrain	Remblais limoneux	Sables beiges	Sables jaunes beiges	Sables jaunes gris	Marnes calcaires jaunâtres
<b>% par classe</b>					
Argiles %	1,33	4,99	6,66	2,35	2,35
Limons %	67,53	43,58	75,58	42,45	42,45
Sables %	31,14	51,43	17,76	55,2	55,2
<b>Classe de granulométrie</b>	Silt loam	sandy loam	Silt loam	sandy loam	sandy loam

**Tableau 10 : Répartition granulométrique en pourcentage dans les terrains profonds**

Echantillon	A9 (5-6)	H9 (6-6.5)	I8 (6-6.5)	H5 (6-6.5)	J5 (6-6.5)
Lithologie terrain	Sables verts	Marnes vertes	Marnes sableuses vertes	Marnes sableuses vertes	Sables beiges
<b>% par classe</b>					
Argiles %	6,88	20,13	15,36	12,14	7,88
Limons %	42,71	32,66	62,29	54,86	32,16
Sables %	50,41	47,21	22,35	33	59,96
<b>Classe de granulométrie</b>	sandy loam	loam	Silt loam	Silt loam	sandy loam

Echantillon	H18 (6-6.5)	E13 (6-6.5)	F9 6-6.5	E4 (6-6,5)	A5 (6-6,5)
Lithologie terrain	Sables jaunes	Marnes + calcaires beiges	Marnes vertes	Marnes calcaires blanchâtres	Marnes sableuses jaunâtres à blanchâtres
<b>% par classe</b>					
Argiles %	4,88	16,73	58,62	12,21	10,17
Limons %	51,16	66,44	37,72	45,21	60,69
Sables %	43,96	16,83	3,66	42,58	29,14
<b>Classe de granulométrie</b>	Silt loam	Silt loam	Clay	Loam	Silt loam

Les points sont matérialisés sur le triangle des textures ci-joint avec **en bleu** les échantillons de surface et **en orange** les échantillons profonds :



Ainsi, les classes de granulométrie effectives sont relativement homogènes et ce même si les faciès apparents sont variables et souvent sableux :

- entre « sandy loam » et « silt loam » pour les échantillons de surface ;
- entre « sandy loam », « loam » et « silt loam » pour les échantillons profonds à l'exception de l'échantillon F9 (6-6,5) qui correspond à une argile (visuel de marne verte) donc peu perméable.

## 4.8. Valeurs de comparaison

### Valeurs de comparaison

*L'interprétation des résultats se fait par comparaison des résultats entre eux et également par comparaison à des valeurs de référence ou des valeurs guides. Ces valeurs ne sont pas nécessairement des seuils de réhabilitation, ni des seuils de risque sanitaire. Elles peuvent parfois être réglementaires. Il est ainsi nécessaire de garder à l'esprit l'objectif à atteindre par les investigations menées.*

Le tableau suivant présente les valeurs de comparaison utilisées pour les sols.

**Tableau 11 : Valeurs de référence ou de comparaison - sols**

Milieu	Valeurs de référence ou de comparaison																		
Sol	<p>Les valeurs analytiques en métaux lourds mesurées sont comparées à titre indicatif aux seuils de sélection CIRE-IDF : seuils au-delà desquels la CIRE-IDF considère que les substances doivent être sélectionnées pour un calcul de risque.</p> <p>La valeur de fond géochimique national : la valeur de fond géochimique national « Teneurs totales en métaux lourds dans les sols français – Gamme de valeurs couramment observées dans les sols ordinaires de toutes granulométries » - Résultats généraux du programme ASPITET (INRA, 2000).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Paramètres</th> <th>Valeur guide retenue pour les métaux (fond géochimique max sur l'ensemble des référentiels)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Arsenic</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>Cadmium</td> <td>1,05</td> </tr> <tr> <td>Chrome</td> <td>132</td> </tr> <tr> <td>Cuivre</td> <td>68</td> </tr> <tr> <td>Mercure</td> <td>0,32</td> </tr> <tr> <td>Plomb</td> <td>121</td> </tr> <tr> <td>Nickel</td> <td>74</td> </tr> <tr> <td>Zinc</td> <td>166</td> </tr> </tbody> </table>	Paramètres	Valeur guide retenue pour les métaux (fond géochimique max sur l'ensemble des référentiels)	Arsenic	25	Cadmium	1,05	Chrome	132	Cuivre	68	Mercure	0,32	Plomb	121	Nickel	74	Zinc	166
	Paramètres	Valeur guide retenue pour les métaux (fond géochimique max sur l'ensemble des référentiels)																	
Arsenic	25																		
Cadmium	1,05																		
Chrome	132																		
Cuivre	68																		
Mercure	0,32																		
Plomb	121																		
Nickel	74																		
Zinc	166																		
	<p>En l'absence de valeur française réglementaire sur les sols, les résultats analytiques ont été comparés, à titre indicatif, aux critères d'acceptation en installation de stockage de déchets inertes (ISDI) de l'arrêté du 12 décembre 2014. Ces valeurs s'appliquent dans le cadre du transfert de terres excavées vers une ISDI et ne représentent pas des seuils de réhabilitation (ceux-ci sont définis selon une démarche d'évaluation des risques propre à chaque site).</p> <p>Les hydrocarbures sont naturellement non décelés dans les sols ordinaires, à l'exception des hydrocarbures dans les sols forestiers (humus). Dès lors, l'existence d'une contamination, aussi infime soit elle, du milieu SOL par les hydrocarbures (HCT ou BTEX) peut être appréhendée par comparaison des concentrations mesurées avec les limites de quantification du laboratoire. Pour les HAP, le Guide méthodologique sur les hydrocarbures aromatiques polycycliques de l'INERIS (rapport n°66244-DESP-R01 du 18/08/2005) indique que les teneurs en HAP, dans les sols de terrains peu arborés, liées à des sources naturelles telles que les incendies de forêt ou la synthèse par la végétation sont de l'ordre de 0,1 à 1 mg/kg de sol pour la somme des 16 HAP. Les sols de forêt, généralement riches en matière organique, présentent des teneurs plus</p>																		

Milieu	Valeurs de référence ou de comparaison																																																																																	
	<p>élevées, de l'ordre de 10 mg/kg. La valeur de bruit de fond pour les HAP est considérée ici égale à 1 mg/kg MS.</p> <p>Pour les polluants organiques chimiques, ces substances ne sont normalement pas présentes dans l'environnement. Donc, le constat de leur présence témoigne d'une contamination (même limitée).</p>																																																																																	
Sol (terres excavées)	<p>Afin de mettre en évidence la présence ou l'absence de contraintes en termes de gestion des éventuels déblais, les résultats d'analyses relatifs aux échantillons de sols ont également été comparés aux valeurs présentes dans l'arrêté du 12 décembre 2014 fixant la liste de types de déchets inertes admissibles dans des installations de stockage de déchets inertes et les conditions d'exploitation de ces installations.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Composés analysés</th> <th>Unité</th> <th>Seuils ISDI selon AM du 12/12/14</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><b>Sur brut</b></td> </tr> <tr> <td>COT</td> <td>mg/kg MS</td> <td>30 000*</td> </tr> <tr> <td>HCT C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub></td> <td>mg/kg MS</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>HAP</td> <td>mg/kg MS</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>PCB</td> <td>mg/kg MS</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>BTEX</td> <td>mg/kg MS</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><b>Sur lixivié</b></td> </tr> <tr> <td>COT</td> <td>mg/kg MS</td> <td>500*</td> </tr> <tr> <td>Fraction soluble</td> <td>mg/kg MS</td> <td>4 000**</td> </tr> <tr> <td>Chlorures</td> <td>mg/kg MS</td> <td>800**</td> </tr> <tr> <td>Fluorures</td> <td>mg/kg MS</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Sulfates</td> <td>mg/kg MS</td> <td>1 000**</td> </tr> <tr> <td>Indice phénol</td> <td>mg/kg MS</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;"><b>Métaux</b></td> </tr> <tr> <td>Antimoine</td> <td>mg/kg MS</td> <td>0,06</td> </tr> <tr> <td>Arsenic</td> <td>mg/kg MS</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>Baryum</td> <td>mg/kg MS</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Chrome</td> <td>mg/kg MS</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>Cuivre</td> <td>mg/kg MS</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Molybdène</td> <td>mg/kg MS</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>Nickel</td> <td>mg/kg MS</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>Plomb</td> <td>mg/kg MS</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>Zinc</td> <td>mg/kg MS</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Mercuré</td> <td>mg/kg MS</td> <td>0,01</td> </tr> <tr> <td>Cadmium</td> <td>mg/kg MS</td> <td>0,04</td> </tr> <tr> <td>Sélénium</td> <td>mg/kg MS</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>*Il est à noter que pour les sols, une limite plus élevée en COT sur brut peut être admise, à condition que la valeur limite de 500 mg/kg de matière sèche soit respectée pour le COT total sur éluât.</i></p> <p><i>**Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission s'il respecte soit les valeurs associées au chlorure et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble</i></p>	Composés analysés	Unité	Seuils ISDI selon AM du 12/12/14	<b>Sur brut</b>			COT	mg/kg MS	30 000*	HCT C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	mg/kg MS	500	HAP	mg/kg MS	50	PCB	mg/kg MS	1	BTEX	mg/kg MS	6	<b>Sur lixivié</b>			COT	mg/kg MS	500*	Fraction soluble	mg/kg MS	4 000**	Chlorures	mg/kg MS	800**	Fluorures	mg/kg MS	10	Sulfates	mg/kg MS	1 000**	Indice phénol	mg/kg MS	1	<b>Métaux</b>			Antimoine	mg/kg MS	0,06	Arsenic	mg/kg MS	0,5	Baryum	mg/kg MS	20	Chrome	mg/kg MS	0,5	Cuivre	mg/kg MS	2	Molybdène	mg/kg MS	0,5	Nickel	mg/kg MS	0,4	Plomb	mg/kg MS	0,5	Zinc	mg/kg MS	4	Mercuré	mg/kg MS	0,01	Cadmium	mg/kg MS	0,04	Sélénium	mg/kg MS	0,1
	Composés analysés	Unité	Seuils ISDI selon AM du 12/12/14																																																																															
	<b>Sur brut</b>																																																																																	
	COT	mg/kg MS	30 000*																																																																															
	HCT C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	mg/kg MS	500																																																																															
	HAP	mg/kg MS	50																																																																															
	PCB	mg/kg MS	1																																																																															
	BTEX	mg/kg MS	6																																																																															
	<b>Sur lixivié</b>																																																																																	
	COT	mg/kg MS	500*																																																																															
	Fraction soluble	mg/kg MS	4 000**																																																																															
	Chlorures	mg/kg MS	800**																																																																															
	Fluorures	mg/kg MS	10																																																																															
	Sulfates	mg/kg MS	1 000**																																																																															
	Indice phénol	mg/kg MS	1																																																																															
	<b>Métaux</b>																																																																																	
	Antimoine	mg/kg MS	0,06																																																																															
	Arsenic	mg/kg MS	0,5																																																																															
	Baryum	mg/kg MS	20																																																																															
	Chrome	mg/kg MS	0,5																																																																															
	Cuivre	mg/kg MS	2																																																																															
	Molybdène	mg/kg MS	0,5																																																																															
	Nickel	mg/kg MS	0,4																																																																															
Plomb	mg/kg MS	0,5																																																																																
Zinc	mg/kg MS	4																																																																																
Mercuré	mg/kg MS	0,01																																																																																
Cadmium	mg/kg MS	0,04																																																																																
Sélénium	mg/kg MS	0,1																																																																																

#### 4.8.1. Résultats d'analyses sols en laboratoire

Les tableaux de résultats présentés en **Annexe IV** font apparaître des valeurs de référence présentées précédemment. Ces valeurs sont utilisées à titre indicatif afin de détecter toute éventuelle anomalie dans les sols.

La dénomination des échantillons analysés fait référence au nom effectif du sondage et à la profondeur échantillonnée. Par exemple l'échantillon A2 (0-1) est représentatif des sols échantillonnés entre 0 et 1 m au droit du sondage A2.

Les valeurs précédées du sigle « < » sont inférieures à la limite de quantification (LQ) du laboratoire (substance non quantifiée).

Les résultats sont présentés de la manière suivante :

**Tableau 12 : Correspondance des résultats analytiques sur les sols**

Paramètres	Valeurs (X)	Correspondance
Métaux	X > seuils CIRE-IDF	<b>gras</b>
Cyanures totaux	X > LQ	<b>gras</b>
BTEX	LQ < X < 6 mg/kg	<b>gras</b>
	X > 6	<b>gras</b>
HAP	LQ < X < 50 mg/kg	<b>gras</b>
	X > 50 mg/kg	<b>gras</b>
COHV	X > LQ	<b>gras</b>
PCB	LQ < X < 1 mg/kg	<b>gras</b>
	X > 1 mg/kg	<b>gras</b>
HCT et coupes TPH	LQ < X < 500 mg/kg	<b>gras</b>
	X > 500 mg/kg	<b>gras</b>
Critères acceptation en ISDI (AM du 12/12/2014)	X > critère	<b>gras</b>
Indice phénol sur éluat	X < 1 mg/kg	<b>gras</b>
Cyanures totaux sur éluat	X > LQ	<b>gras</b>

Les bulletins d'analyse sont présentés en **annexe V**.

A noter que l'un des sondages n'a pas fait l'objet d'analyses au laboratoire (sondage G9) car celui-ci était localisé à proximité immédiate du piézair Pza-G9 après son décalage en lien avec son accessibilité.

#### 4.8.2. Description des résultats sur les sols et interprétation

Les prélèvements et analyses réalisés sur sols bruts dans le cadre de ce diagnostic montrent (tableaux en **annexe IV**) :

- la présence de **métaux lourds** à des teneurs supérieures aux valeurs de bruits de fond CIRE-IDF (tout métal confondu) dans 15 % des échantillons analysés. Ces dépassements concernent tout particulièrement les terrains superficiels compris entre 0 et 2 m (82 %) et plus ponctuellement les horizons profonds. Les teneurs mesurées sont en général 1 à 4 fois supérieures au seuil CIRE-IDF/ASPITET à quelques exceptions près.

Les principales anomalies concernent les échantillons de sols superficiels :

- F11 (0,2-1 m) : 2 260 mg/kg de chrome,
- F17 (0-1 m) : respectivement 2 650 et 1 260 mg/kg de plomb et zinc.

Concernant le mercure (seul métal volatil), seul 3 anomalies dépassent le bruit de fond CIRE-IDF (0,32 mg/kg) et concernent les échantillons :

- F11 (0,2-1 m) : 0,97 mg/kg,
- G14 (5-6 m) : 1,79 mg/kg,
- I13 (0-1 m) : 0,39 mg/kg.

- la présence de **COT** sur brut dépassant les seuils fixés par l'arrêté ministériel du 12/12/2014 sur 19 des 338 échantillons de sols soumis à analyses. Pour ces échantillons, le COT sur éluât étant inférieur à 500 mg/kg, les terres restent admissibles en filière de type ISDI (Installation de Stockage de Déchets Inertes) hormis pour les échantillons :
  - A17 (4-5 m), D8 (0-1 m), F17 (0-1 m) qui présentent des teneurs supérieures à 60 000 mg/kg MS ;
  - E13 (0-1 m) et F9 (0,2-1 m) qui présentent également des teneurs en COT sur éluât supérieures à 500 mg/kg MS.
- la présence **d'hydrocarbures volatils C5-C10** dans 6 % des échantillons soumis à analyses. Les concentrations mesurées sont faibles (< 50 mg/kg MS), proches de la limite de quantification du laboratoire (20 mg/kg de MS) à l'exception du sondage F18 (749 mg/kg entre 5,5 et 6 m) ;
- la présence **d'hydrocarbures C10-C40** dans 72 % des échantillons soumis à analyses. Les concentrations mesurées significatives d'impacts (supérieures à 500 mg/kg, soit 54 échantillons) sont :
  - comprises entre 500 mg/kg et 1 g/kg pour 9 des échantillons ;
  - comprises entre 1 et 2 g/kg pour 11 des échantillons ;
  - comprises entre 2 et 5 g/kg pour 13 des échantillons ;
  - comprises entre 5 et 10 g/kg pour 7 des échantillons ;
  - supérieures à 10 g/kg pour 14 des échantillons.

A l'exception de F8 cuve (pour lequel les coupes majoritaires C16-C22 sont typiques du gazoil) les coupes majoritaires identifiées sont des coupes lourdes : C22-30 et C30-40, à savoir vraisemblablement des huiles hydrauliques, huiles de coupes, etc....

Parmi celles-ci, les concentrations les plus notables (> 5 g/kg) concernent les sondages :

- C15, qui présente une anomalie significative entre 1 et 2 m (19,2 g/kg MS), dans une moindre mesure jusqu'à 5 m de profondeur ;
- D6 (0-1 m), qui présente une teneur de 6,1 g/kg (0-1 m) puis 1 g/kg (2-3 m) ;
- E13, qui présente une anomalie significative entre 0 et 1 m (24,7 g/kg MS), et dans une moindre mesure jusqu'à 4 m de profondeur ;
- F9, qui présente des anomalies significatives entre 0 et 5 m de profondeur (maximum de 30 g/kg environ entre 0 et 2 m) qui décroissent uniquement en profondeur (teneur de 1,8 g/kg entre 6 et 6,5 m - fin du sondage) ;
- F11, qui présente des anomalies significatives entre 0 et 4 m de profondeur (maximum entre 1 et 2 m de 27,7 g/kg MS) qui décroissent avec la profondeur (teneur de 3,6 g/kg entre 3-4 m ; de 177 mg/kg entre 6 et 6,5 m - fin du sondage) ;
- F12, qui présente des anomalies significatives entre 0 et 1 m (8,3 g/kg MS), dans une moindre mesure jusqu'à 2 m de profondeur environ ;
- F13, qui présente des anomalies significatives entre 0 et 2 m de profondeur (confirmé par les indices organoleptiques ; environ 15 g/kg entre 0 et 2 m) qui décroissent avec la profondeur (teneur respectives de 125 mg/kg entre 3 et 4 m et de 561 mg/kg entre 5 et 6 m) ;
- F15, qui présente des anomalies significatives entre 0 et 3 m de profondeur (maximum entre 1 et 2 m de 29,4 g/kg MS) qui décroissent avec la profondeur (teneur de 3,5 g/kg entre 3-4 m à 730 mg/kg entre 6 et 6,5 m - fin du sondage) ;
- F16, qui présente une anomalie significative entre 2 et 3 m (7,4 g/kg MS), dans une moindre mesure depuis la surface et qui décroît avec la profondeur (teneur de 40 mg/kg entre 4 et 5 m) ;

- F17, qui présente des anomalies de la surface jusqu'à 3 m de profondeur (fin du sondage) avec un maximum entre 2 et 3 m (15,5 g/kg MS), qui a tendance à croître en profondeur ;
- F17B, qui présente des anomalies depuis 2 m de profondeur jusqu'à au moins 6 m (3,1 g/kg entre 5 et 6 m) et qui présente un maximum entre 3 et 4 m (12,6 g/kg MS).

A noter que le sondage F18cuve présente une concentration notable si l'on considère la présence des hydrocarbures volatils C5-C10 (teneur de 5,6 g/kg en C5-C40). En outre, les indices organoleptiques relevés au droit de ce dernier laissent également supposer de la présence d'un impact significatif en profondeur dans ce secteur (confirmé par la présence de flottant – cf. §4.10.2).

- la présence de **16HAP** dans un tiers des échantillons analysés (sols superficiels ou profonds) et en teneurs significatives d'impacts pour le seul échantillon superficiel G4 entre 0 et 1 m (teneur maximale de 220 mg/kg MS). Le naphthalène n'est jamais détecté à l'exception de 3,1 mg/kg en G4 (0-1m). A noter que cet impact par des HAP présente également une légère anomalie en hydrocarbures C10-C40 (2 g/kg) et ne se prolonge pas au-delà de 1 m (échantillons sous-jacents sans anomalies) ;
- la présence de traces de **BTEX** dans 12 des 363 échantillons (soit environ 3% des échantillons soumis à analyse). Les teneurs mesurées dans les sols sont légèrement supérieures aux limites de quantification du laboratoire excepté pour les sondages F18 cuve (teneur qui croît avec la profondeur avec un maximum de 4,33 mg/kg entre 5,5-6 m) et C15 (teneur maximale de 1,54 mg/kg entre 1 et 2 m qui diminue en profondeur).  
A noter que parmi les 12 échantillons dans lesquels les BTEX sont détectés, les xylènes (dont notamment le m,p xylène) sont les composés majoritairement quantifiés (11 des 12 échantillons), suivi de l'éthylbenzène (4 des 12 échantillons).

- la présence de **COHV dans 27** des 363 échantillons analysés (soit environ 7% des échantillons soumis à analyse) en teneur légèrement supérieures aux limites de quantification du laboratoire hormis pour :
  - F15 qui présente une teneur maximale en COHV de 4,25 mg/kg dont 4,07 mg/kg de 1,1,1-Trichloroéthane entre 1 et 2 m (COHV détectés entre 0 et 2 m de profondeur) ;
  - F17 qui présente une teneur maximale en COHV de 5,95 mg/kg dont 2,96 mg/kg de Trichloroéthylène et 1,68 mg/kg de 1,1,1-Trichloroéthane entre 0 et 1 m (COHV détectés au laboratoire entre 0 et 3 m – profondeur maximale des analyses pour ce sondage) ;
  - F17B qui présente une teneur maximale en COHV de 1,56 mg/kg dont 1,49 mg/kg de 1,1,1-Trichloroéthane entre 3 et 4 m (COHV détectés au laboratoire entre 0-1 et 3-4 m) ;
  - G15 qui présente une teneur maximale en COHV de 8,49 mg/kg dont 4,52 mg/kg de 1,1,1-Trichloroéthane et 3,06 mg/kg de Trichloroéthylène entre 0 et 1 m (COHV détectés au laboratoire entre 0 et 3 m) ;
  - H15 qui présente une teneur maximale en COHV de 1,52 mg/kg dont 0,73 mg/kg de 1,1,1-Trichloroéthane entre 0 et 1 m (COHV détectés au laboratoire uniquement sur cet échantillon superficiel).

Ces anomalies sont significatives d'impacts et toutes situées au nord-est du site.

A noter que parmi les 27 échantillons dans lesquels les COHV sont détectés :

- le 1,1,1 trichloroéthane (solvant usuel de dégraissage) est identifié dans 24 des 27 échantillons et apparaît comme le composé majoritaire à quelques exceptions,
- le 1,1-Dichloroéthylène (composé de dégradation du précédent) et le trichloroéthylène sont identifiés dans 7 des 27 échantillons.

- la présence de **7PCB** dans 11 % des échantillons analysés. Les teneurs mesurées y sont à l'état de traces ou inférieures au seuil ISDI (1 mg/kg de MS) hormis pour les sondages F9 et I10 où les teneurs sont significatives d'un impact dans les sols (teneur respectives de 1,11 et 1,31 mg/kg MS au maximum entre 1 et 2 m). D'après les analyses réalisées au droit de ces sondages, ces impacts ne se prolongent pas au-delà de 2 m pour F9, 4 m pour I10 (sur la base des indices organoleptiques relevés sur le terrain).  
En outre, les teneurs supérieures à 0,3 mg/kg sont toutes identifiées en partie nord du bâtiment principal ou à proximité d'anciens transformateurs (sondages F11, F14, F16, F17, G8, G14 et I10).
- la non quantification des **cyanures totaux** pour les échantillons soumis à analyse (teneurs inférieures aux limites de quantification du laboratoire).

Les résultats d'analyse sur éluats mettent en évidence :

- des dépassements ponctuels (34 échantillons) des seuils fixés par l'arrêté ministériel du 12/12/2014 en fraction soluble associée à des sulfates ou chlorures, en métaux lixiviables (arsenic, chrome, nickel, plomb, zinc, antimoine) et en fluorures au droit des sondages A2 (0-1 m), A11 (1-2 ; 2-3 ; 5-6,5 m), A13 (5,5-6,5 m), A16 (1-2 m), A17 (2-3 m), B6 (1-2 ; 5-6 m), B17 (0-1 ; 2-3 m), B19 (0-1 m), C8 (2-3 m), C11 (0-1 m), C15 (1-2 m), C18 (2-3 m), C19 (0,4-1 m), D6 (0-1 m), E3 (5-6 m), E13 (0-1 m), F9 (0,2-1 ; 2-3), F11 (0,2-1 ; 1-2 m), G4 (2-3 m), G5 (2-3 m), G7 (0-1 m), G15 (0-1 m), G16 (0-1 m), H4 (2-3 m), H11 (0-1 m), H15 (1-2 m), H19 (0-1 m), I10 (1-2 m).  
Aussi, ces terres devront faire l'objet d'une gestion spécifique en cas d'excavation future. A noter que ces dépassements ne concernent que les terrains superficiels jusqu'à 3 m de profondeur maximum, les terrains sous-jacents ne dépassant pas ces seuils.
- la non quantification des cyanures totaux sur éluats pour les échantillons soumis à analyses.

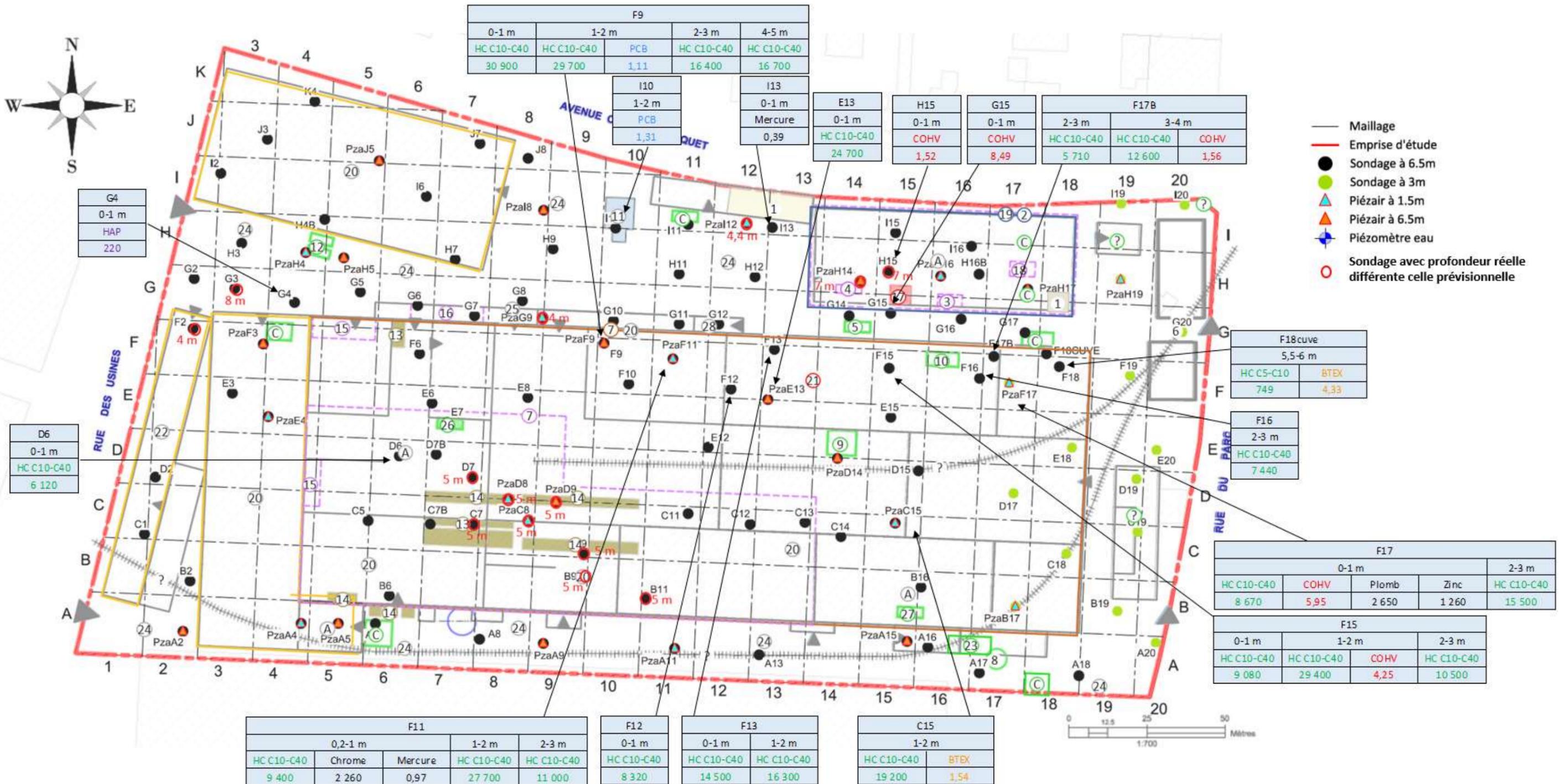
**La cartographie des anomalies sur sol brut les plus significatives (rappelées au tableau suivant) est présentée en Figure 11.**

Pour rappel, les anomalies définies ci-dessous ne constituent pas des « pollutions concentrées » mais permettent uniquement d'établir une première cartographie des impacts.

Les seuils de pollutions concentrées sont abordés en paragraphe 5.

**Tableau 7 : Synthèse des anomalies sols les plus significatives (basé sur les résultats du laboratoire)**

Sondage	Source potentielle de pollution	Profondeur	Paramètre	Teneur (mg/kg)	
C15	Activités présentes dans l'ancienne forge ou en lien avec le stockage / recyclage de matériaux du BTP et déchets	1-2 m	HC C10-C40	19 200	
			BTEX	1,54	
D6	Atelier mécanique, usine de chaudronnerie et charpente métallique, stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets	0-1 m	HC C10-C40	6 120	
E13	Activités présentes dans l'ancienne forge ou en lien avec le stockage / recyclage de matériaux du BTP et déchets	0-1 m	HC C10-C40	24 700	
F9	Activités présentes dans l'ancienne forge ou en lien avec le stockage / recyclage de matériaux du BTP et déchets	0-1 m	HC C10-C40	30 900	
		1-2 m	HC C10-C40	29 700	
			PCB	1,11	
		2-3 m	HC C10-C40	16 400	
F11	Usine de chaudronnerie et charpente métallique, stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets	0,2-1 m	HC C10-C40	16 700	
			Chrome	9 400	
			Mercuré	2 260	
		1-2 m	HC C10-C40	0,97	
		2-3 m	HC C10-C40	27 700	
		11 000			
F12		0-1 m	HC C10-C40	8 320	
F13		0-1 m	HC C10-C40	14 500	
		1-2 m	HC C10-C40	16 300	
F15	Anciennes cuves :	0-1 m	HC C10-C40	9 080	
		1-2 m	HC C10-C40	29 400	
			COHV	4,25	
F16	● cuve de l'atelier de fonderie et aciérie présent entre 1915 et 1925 – produit et volume et inconnu ;	2-3 m	HC C10-C40	10 500	
F17	● dépôt enterré contenant 16 000 litres de fuel domestique au nord-est du bâtiment principal ;	0-1 m	HC C10-C40	7 440	
			COHV	8 670	
			Plomb	5,95	
F17B	● cuve diverse identifiée en extérieur (usage inconnu / déchet ?)	2-3 m	Zinc	2 650	
			HC C10-C40	1 260	
			HC C10-C40	15 500	
F18cuve		2-3 m	HC C10-C40	5 710	
			3-4 m	HC C10-C40	12 600
				COHV	1,56
		5,5-6 m	HC C5-C10	749	
G4	Remblais ou stockage actuels/historiques	0-1 m	BTEX	4,33	
G14	Cuve, remblais en place	5-6 m	HAP	220	
G15	Ateliers de fonderie et aciérie, cuve et cabine de peinture	0-1 m	Mercuré	1,79	
H15	Ateliers de fonderie et aciérie et cabine de peinture	0-1 m	COHV	8,49	
I10	Remblais en place	0-1 m	COHV	1,52	
I13	Remblais en place	1-2 m	PCB	1,31	
		0-1 m	Mercuré	0,39	



La légende du fond de plan est celle du plan en figure 5, les numéros de source au tableau 3

Figure 11 : Cartographie des anomalies sols les plus significatives (sol brut)

### 4.8.3. Analyse statistique

Une analyse statistique intégrant l'ensemble des données disponibles sur le milieu sol a été réalisée via l'outil **STATEA – Plan de Gestion®** afin de caractériser le bruit de fond et les valeurs anormales significativement différentes dans la distribution des concentrations.

La détermination des ruptures de pente (« seuils de coupure théoriques ») est détaillée en § 5.1.2.

## 4.9. Investigations sur les eaux souterraines (A210)

### 4.9.1. Piézomètres

Quatre piézomètres complémentaires (Pz4, Pz5, Pz6 et Pz7) ont été mis en place les 17 et 18 juin 2021 par ICF afin de compléter le réseau piézométrique existant (réseau initialement constitué de Pz1, Pz2 et Pz3). Les fiches de mises en place de ces piézomètres complémentaires sont fournies en **Annexe VI**.

Durant les investigations, les anciens piézomètres Pz2 et Pz3 ont été retrouvés. Seul ce dernier était en état de fonctionnement. Le piézomètre Pz2 était colmaté.

L'implantation des piézomètres complémentaires a été choisie de manière à :

- statuer sur de possibles impacts à proximité des installations ;
- confirmer le sens d'écoulement des eaux souterraines au droit du site.

La figure suivante présente le plan de localisation du réseau de piézomètres (Pz1 à Pz7).

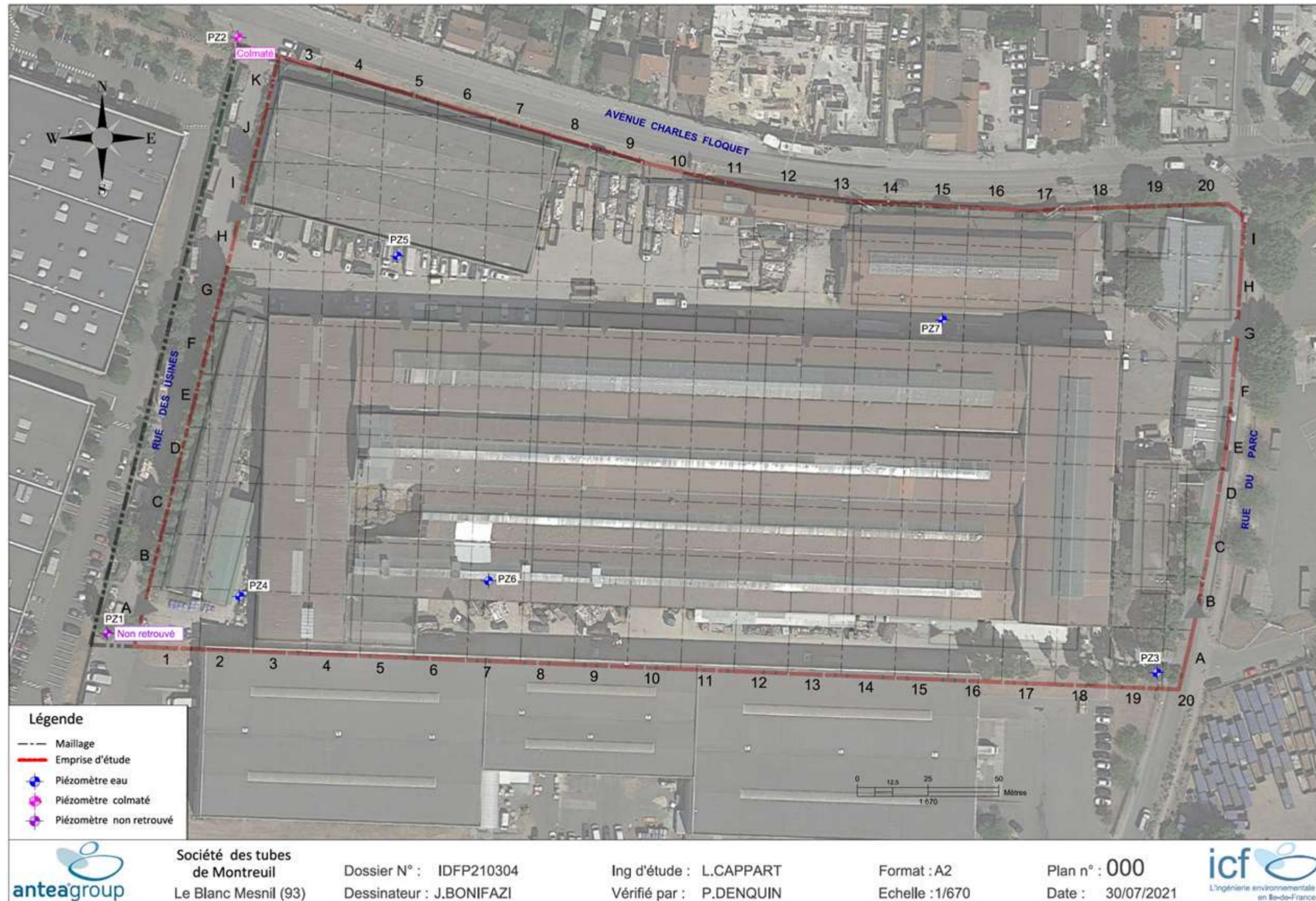


Figure 12 : Plan de localisation des piézomètres

La méthode retenue a été la foration au tricône via une machine mise à disposition par la société ASTARUSCLE. Les 4 nouveaux ouvrages ont été mis en place du 16 au 18 juin 2021.

L'ensemble des travaux a été supervisé par un ingénieur d'ICF, présent constamment qui a assuré le respect du Plan de Prévention, dirigé le forage et noté la coupe technique. Tout le matériel utilisé lors de la création du piézomètre (tricône, tubes pleins, tubes crépinés etc.) a été soigneusement nettoyé après utilisation. Les cuttings et boues de forage ont été stockés sur site (cf. §4.3).

De manière générale, les formations recoupées sur ces ouvrages sont :

- des remblais en tête sur 1 à 3 m d'épaisseur ;
- des limons sableux sur 2 m d'épaisseur sur Pz4, 3 m sur Pz5, des sables de 3 à 4 m de profondeur sur Pz7 ;
- puis des marnes jusqu'à 15 m de profondeur, sableuses beige en Pz4, et vertes de 6 à 8 m de profondeur en Pz5, de 4 à 6 m en Pz6, de 3 à 4 m en Pz7.

Il n'a pas été identifié d'indices de pollution tels odeurs ou couleur à la foration (destructif à l'eau).

Les terrains saturés en eau ont été constatés vers :

- 8-9 m de profondeur en Pz6 et Pz7,
- 12-13 m de profondeur en Pz4 et Pz5.

Les piézomètres mis en place ont été équipés :

- d'un tube plein de 4,8 à 4,9 m en PVC de diamètre 52/60 mm,
- d'un tube crépiné de 10 m en PVC de diamètre 52/60 mm,
- d'un massif filtrant jusqu'à un mètre au-dessus du tube crépiné,
- d'un bouchon d'argile,
- d'un coulis de béton jusqu'au ras du sol,
- d'une couche de béton,
- d'un bouchon hermétique en surface,
- d'une bouche ras de sol.

L'équipement des piézomètres est présenté dans le tableau suivant :

**Tableau 13 : Equipement des piézomètres installés**

Aquifère capté	Ouvrages	Localisation	Tube plein (m)	Tube crépiné (m)	Bouche ras de sol / hors sol
Calcaire de St Ouen	Pz4	Sud-ouest	4,8	10	Bouche ras de sol
	Pz5	Nord-ouest	4,85	10	Bouche ras de sol
	Pz6	Centre Sud	4,8	10	Bouche ras de sol
	Pz7	Nord-est	4,82	10	Bouche ras de sol

La coupe d'équipement du Pz3 n'a pas été retrouvée.

Les coupes des piézomètres sont rappelées en **Annexe VI**.

L'ensemble des ouvrages complémentaires, ainsi que le Pz3, ont fait l'objet d'un nivellement par un géomètre expert de la société TOPOMINE.

Les coordonnées relevées sont présentées dans le tableau page suivante.

**Tableau 14 : Coordonnées des piézomètres**

Ouvrages	Repère (bouche, capot...)	Lambert 93		Altitude de l'ouvrage (m NGF)	Profondeur de la base de l'ouvrage (m)
		X	Y		
Pz1		Non retrouvé			
Pz2	Bouche ras de sol	Coordonnées non relevées (ouvrage bouché)			1,29
Pz3	Bouche ras de sol	1659000,93	8193342,28	46,16	19,47
Pz4	Bouche ras de sol	1658743,74	8193363,69	46,85	14,9
Pz5	Bouche ras de sol	1658787,96	8193458,87	46,75	14,85
Pz6	Bouche ras de sol	1658813,51	8193368,01	46,98	14,8
Pz7	Bouche ras de sol	1658940,83	8193441,01	46,60	14,82

## 4.9.2. Echantillonnage des eaux souterraines

Les purges et prélèvements d'échantillons d'eaux souterraines ont été réalisées par ICF le 29 juin 2021.

### 4.9.2.1. Purge des piézomètres avant prélèvement

Avant échantillonnage, le niveau d'eau au droit de chaque piézomètre a été relevé et les piézomètres ont été purgés. Les paramètres physico-chimiques pH, température, conductivité, potentiel redox, pourcentage d'O<sub>2</sub> ont été relevés environ toutes les cinq minutes.

La purge a été réputée complète lorsque les deux conditions suivantes ont été respectées :

- les paramètres physico-chimiques sont stabilisés,
- un volume minimal égal à trois fois la colonne d'eau initialement présente dans l'ouvrage a été purgé.

Une purge statique a été réalisée avec la pompe positionnée en bas de colonne d'eau.

Les fiches de purge et de prélèvement des eaux souterraines sont fournies en **Annexe VII**.

### 4.9.2.2. Prélèvement des eaux souterraines

Les prélèvements ont été réalisés selon le fascicule AFNOR relatif au prélèvement et à l'échantillonnage des eaux souterraines publié en octobre 1999 (FD-X-31-615).

Les prélèvements ont eu lieu au moins 5 jours après l'installation des piézomètres, pour garantir le retour à l'équilibre du milieu eaux souterraines suite à l'installation des ouvrages.

L'échantillonnage des eaux (effectué depuis le bas de la colonne) a été réalisé en sortie de pompe à bas débit (inférieur à 4 l/min) pour chacun des piézomètres.

Les échantillons ont été conditionnés dans des flacons adaptés aux paramètres analysés transmis par le laboratoire d'analyse, soigneusement étiquetés dès leur conditionnement, et conservés dans une glacière jusqu'au laboratoire. Les échantillons d'eaux souterraines ont été envoyés au laboratoire EUROFINs le 30 juin 2021 et réceptionnés le 2 juillet 2021 (sauf Pz3 qui a rencontré un problème lors du transport et a été réceptionné le 6 juillet 2021).

### 4.9.3. Programme analytique des eaux souterraines

Le programme analytique a pour objectif de déterminer la présence ou absence d'un impact des sources potentielles de pollution identifiées sur les eaux souterraines.

Un échantillon a été prélevé dans chaque ouvrage. Les paramètres analysés sont les suivants :

**Tableau 15 : Descriptif du programme analytique sur les eaux souterraines**

Ouvrages	Analyses réalisées
Pz3	Pack hydrocarbures C5-C10 et C10-C40, BTEX, HAP, COHV, 8 Mtx et PCB
Pz4	
Pz5	
Pz6	
Pz7	

Les échantillons ont été analysés par le laboratoire EUROFINs.

Ce laboratoire est reconnu en France par le COFRAC et possède un agrément du Ministère de l'Environnement.

## 4.10. Qualité des eaux souterraines

### 4.10.1. Valeurs de comparaison – eaux souterraines

Le tableau suivant présente les valeurs de comparaison pour les eaux souterraines utilisées dans le cadre de cette étude :

**Tableau 16 : Valeurs de référence ou de comparaison – eaux souterraines**

Milieu	Valeurs de référence ou de comparaison
Eaux souterraines	<p>Les valeurs analytiques des eaux souterraines sont comparées entre eux ainsi qu'à titre indicatif :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● à l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine, notamment à : <ul style="list-style-type: none"> <li>○ L'annexe I-1 : Limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine.</li> <li>○ L'annexe II : Limites de qualité des eaux brutes de toute origine utilisée pour la production d'eau destinées à la consommation humaine.</li> </ul> </li> <li>● aux normes de qualité des eaux souterraines issues de l'annexe 1 de l'arrêté du 17/12/2008 modifiée par l'arrêté du 17/07/2012,</li> <li>● par défaut le cas échéant aux normes usuelles dans d'autres pays ou aux normes de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) pour les eaux de consommation.</li> </ul>

## 4.10.2. Observations de terrain

### 4.10.2.1. Lithologie

Les observations sont imprécises au regard de la méthode destructive de foration (tracône à l'eau). Néanmoins, les formations recoupées sur ces ouvrages sont :

- des remblais en tête sur 1 à 3 m d'épaisseur ;
- des limons sableux sur 2 m d'épaisseur sur Pz4, 3 m sur Pz5, des sables de 3 à 4 m de profondeur sur Pz7 ;
- puis des marnes jusqu'à 15 m de profondeur, sableuses beige en Pz4, et vertes de 6 à 8 m de profondeur en Pz5, de 4 à 6 m en Pz6, de 3 à 4 m en Pz7.

Ces terrains sont cohérents avec ceux identifiés lors des forages à moins de 6,5 m puis avec les formations attendues en profondeur (marno-calcaires de Saint Ouen).

A noter que lors du développement de Pz7, des odeurs d'hydrocarbures ont été mises en évidence.

Lors de la réalisation des forages, les arrivées d'eaux ont été rencontrées vers :

- 8-9 m de profondeur en Pz6 et Pz7 ;
- 12-13 m de profondeur en Pz4 et Pz5.

### 4.10.2.2. Mesures de terrain

Le tableau récapitule les observations de terrain effectuées en fin de purge. De manière générale, les mesures physico-chimiques sont homogènes pour tous les ouvrages à l'exception du potentiel redox, aux alentours de 40 mV pour Pz5 et Pz7 (situés au nord), et 180 mV pour les trois autres ouvrages.

**Tableau 17 : Mesures de terrain en fin de purge des eaux souterraines**

Ouvrages	pH	T (°C)	Conductivité (µS/cm)	Potentiel RedOx (mV)	Oxygène dissous (%)	Observations
Pz3	7,8	15,8	1 326	187,3	5,81	Eau claire, grise en début de purge
Pz4	7,1	15,1	1 203	189,1	6,38	Eau claire
Pz5	7,1	14,9	1 277	32,9	6,97	Eau trouble
Pz6	7,2	14,3	1 217	163,8	6,15	Eau claire
Pz7	7,2	14,5	1 304	46,6	4,96	Eau claire

### 4.10.2.3. Observations organoleptiques

Lors des opérations de prélèvements, il a été constaté :

- une phase libre flottante de 7 cm en Pz7, qui a pu être purgée avant purge de l'ouvrage ;
- une valeur de PID de 98 ppm à l'ouverture du Pz7 ;
- des odeurs d'hydrocarbures en Pz7 et Pz5.

### 4.10.3. Piézométrie

Les relevés d'eau réalisés le 29 juin 2021 ont permis de dresser une carte piézométrique (présentée dans la figure suivante).

Les niveaux piézométriques relevés permettent de mettre en évidence un sens d'écoulement de la nappe vers l'Ouest Nord-Ouest légèrement décalé par rapport à l'attendu vers le Sud-Ouest.

Sur cette base, la position hydraulique des ouvrages est la suivante :

- Pz3 : amont,
- Pz7 : amont mais au droit de zones dont les sols sont impactés,
- Pz5 : aval sur site,
- Pz4 et Pz5 : aval latéral.

Aucun sens d'écoulement n'a été mis en évidence dans des campagnes antérieures.

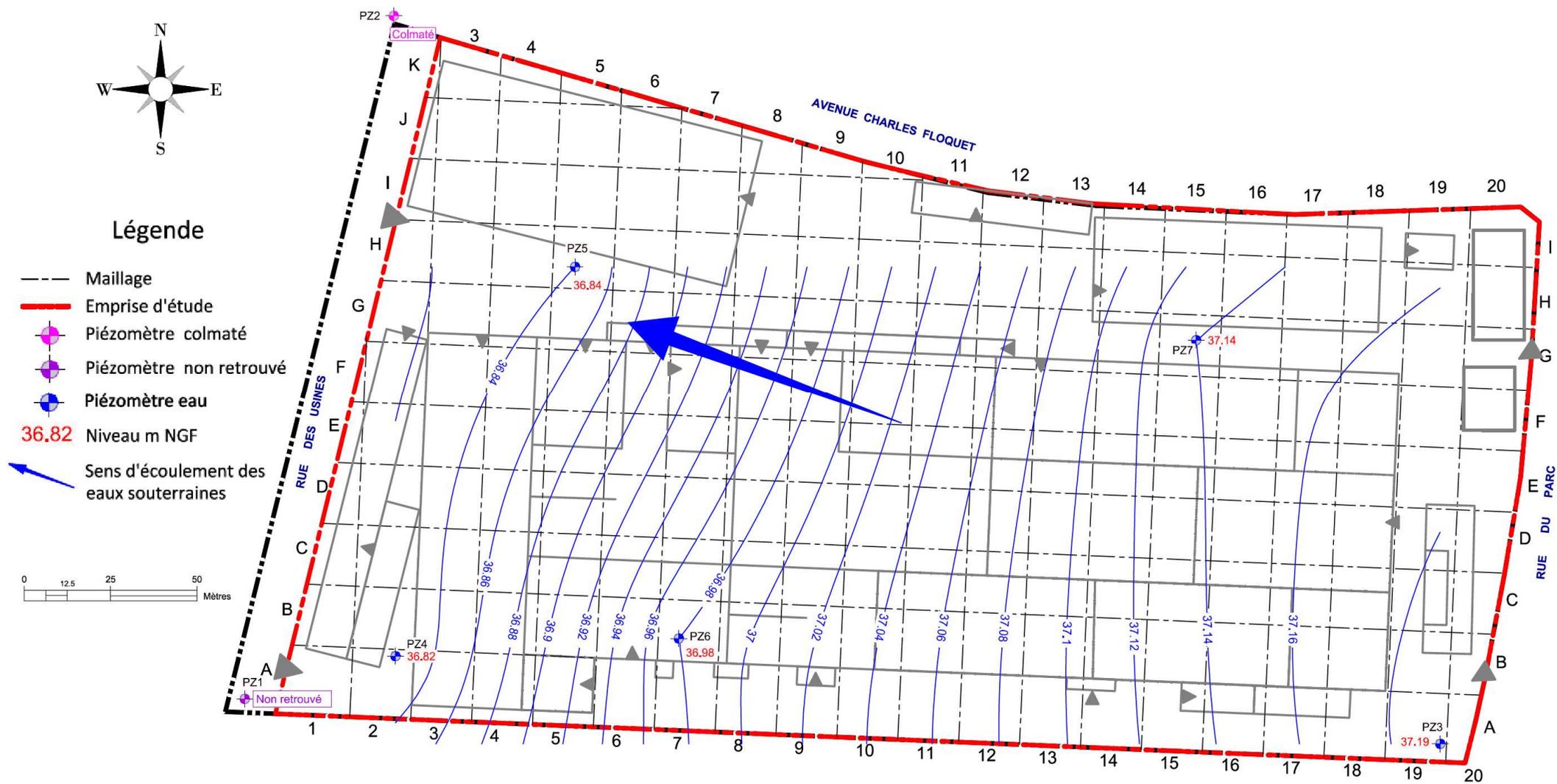


Figure 13 : Carte piézométrique de la zone d'étude au 29/06/21

#### 4.10.4. Résultats des analyses en laboratoire

Les tableaux de résultats présentés pages suivantes font apparaître des valeurs de référence présentées précédemment. Ces valeurs sont utilisées à titre indicatif afin de détecter toute éventuelle anomalie dans les eaux souterraines.

La dénomination des échantillons analysés fait référence au nom de l'ouvrage dans lequel l'échantillon a été prélevé. Par exemple l'échantillon PZ3 est représentatif des eaux souterraines prélevées dans l'ouvrage PZ3.

Les valeurs précédées du sigle « < » sont inférieures à la limite de quantification (LQ) du laboratoire (substance non quantifiée).

Les résultats sont présentés de la manière suivante :

- en caractère noir : les valeurs supérieures à la limite de quantification du laboratoire ;
- en caractère **gras, fond bleu** : les valeurs supérieures aux valeurs de l'arrêté du 17/12/2008 modifié par l'arrêté du 02/07/2012;
- en caractère **gras, fond vert** : les valeurs supérieures aux valeurs de l'arrêté du 11/01/2007 (annexe II).

Les résultats analytiques obtenus sur les eaux souterraines sont présentés dans le tableau suivant. Les bulletins d'analyse sont présentés en **Annexe VIII**.

Tableau 18 : Résultats d'analyses obtenus sur les eaux souterraines

Paramètres	unité	Arrêté du 11/01/2007 (Annexe II) Limite de qualité des eaux brutes	Arrêté du 17/12/2008 (Annexe I) modifié par AP 02/07/2017	Pz3	Pz7	Pz5	Pz6	Pz4
				En amont hydraulique au sud-est	En amont nord-est hydraulique	En aval nord- ouest hydraulique	En aval sud hydraulique	En aval sud- ouest hydraulique
<b>Métaux</b>								
Mercuré (Hg)	µg/l	1	1	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20
Arsenic (As)	mg/l	0,1	0,01	0,012	0,016	0,018	0,016	0,018
Cadmium (Cd)	mg/l	0,005	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Chrome (Cr)	mg/l	0,05		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Cuivre (Cu)	mg/l			0,08	<0,01	0,02	0,03	0,02
Nickel (Ni)	mg/l			<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Plomb (Pb)	mg/l	0,05	0,01	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
Zinc (Zn)	mg/l	5		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
<b>Hydrocarbures (C10-C40)</b>								
<b>Indice Hydrocarbures (C10-C40)</b>	mg/l	1	1	<0,03	1,91	<0,03	0,247	<0,03
HCT (nC10 - nC16) (Calcul)	mg/l			<0,008	0,178	<0,008	0,051	<0,008
HCT (>nC16 - nC22) (Calcul)	mg/l			<0,008	0,401	<0,008	0,043	<0,008
HCT (>nC22 - nC30) (Calcul)	mg/l			<0,008	1,18	<0,008	0,134	<0,008
HCT (>nC30 - nC40) (Calcul)	mg/l			<0,008	0,151	<0,008	0,02	<0,008
<b>Hydrocarbures (C5-C10)</b>								
C5 - C8 inclus	µg/l			<30,0	<30,0	<30,0	<30,0	<30,0
> C8 - C10 inclus	µg/l			<30,0	<30,0	<30,0	<30,0	<30,0
<b>Somme C5 - C10</b>	µg/l			<30,0	<30,0	<30,0	<30,0	<30,0
<b>COHV</b>								
Dichlorométhane	µg/l			<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Chloroforme	µg/l			<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
Tetrachlorométhane	µg/l			<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Trichloroéthylène	µg/l			2,3	231	250	13,5	8
Tetrachloroéthylène	µg/l			8,4	391	401	95,7	74,4
Somme tri+tétrachloroéthylène	µg/l			10,7	622	651	109,2	82,4
1,1-Dichloroéthane	µg/l			<2,00	30,8	30,9	<2,00	<2,00
1,2-Dichloroéthane	µg/l			<1,00	4,3	9	<1,00	<1,00
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l			<2,00	3 120	2 930	30,3	6,9
1,1,2-Trichloroéthane	µg/l			<5,00	11,8	9,9	<5,00	<5,00
cis 1,2-Dichloroéthylène	µg/l			20	25,1	26,8	6,2	2,1
Trans-1,2-dichloroéthylène	µg/l			<2,00	3,6	4,4	<2,00	<2,00
Chlorure de vinyle	µg/l			0,51	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
1,1-Dichloroéthylène	µg/l			<2,00	522	540	3,5	<2,00
Bromochlorométhane	µg/l			<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Dibromométhane	µg/l			<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Bromodichlorométhane	µg/l			<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Dibromochlorométhane	µg/l			<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
1,2-Dibromoéthane	µg/l			<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
Bromoforme	µg/l			<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Somme des 19 COHV	µg/l			42,2	4 350	4 210	159	102
<b>CAV</b>								
Benzène	µg/l			<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Toluène	µg/l			<1,00	1,5	<1,00	<1,00	<1,00
Ethylbenzène	µg/l			<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
o-Xylène	µg/l			<1,00	1,1	<1,00	<1,00	<1,00
Xylène (méta-, para-)	µg/l			<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
xylènes totaux	µg/l			<lq	1,1	<lq	<lq	<lq
BTEX totaux	µg/l			<lq	2,6	<lq	<lq	<lq
<b>HAP</b>								
Naphtalène	µg/l			<0,01	0,4	<0,01	0,02	<0,01
Acénaphthylène	µg/l			<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01
Acénaphthène	µg/l			<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01
Fluorène	µg/l			<0,01	0,11	<0,01	<0,01	<0,01
Phénanthrène	µg/l			<0,01	0,4	<0,01	0,01	<0,01
Anthracène	µg/l			<0,01	0,14	<0,01	<0,01	<0,01
Fluoranthène *	µg/l			<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
Pyrène	µg/l			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo-(a)-anthracène	µg/l			<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chrysène	µg/l			<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(b)fluoranthène*	µg/l			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(k)fluoranthène *	µg/l			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(a)pyrène *	µg/l			<0,0075	<0,0075	<0,0075	<0,0075	<0,0075
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/l			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Benzo(ghi)Pérylène *	µg/l			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène *	µg/l			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
6 HAP de l'arrêté : voir *	µg/l	1		<lq	0,02	<lq	<lq	<lq
Somme des 16 HAP	µg/l			0,025	1,2	0,025	0,055	0,025
<b>PCB</b>								
PCB 28	µg/l			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 52	µg/l			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 101	µg/l			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 118	µg/l			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 138	µg/l			<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 153	µg/l			<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
PCB 180	µg/l			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
SOMME PCB (7)	µg/l			<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01

#### 4.10.5. Description des résultats sur les eaux souterraines et interprétation

Les résultats d'analyses des eaux souterraines mettent en évidence les éléments suivants :

##### **Hydrocarbures totaux C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> et C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> :**

Des hydrocarbures volatils (C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>) ne sont quantifiés sur aucun ouvrage.

Des hydrocarbures lourds (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>) ne sont quantifiés que sur les piézomètres Pz7 et Pz6 avec présence majoritaire dans les deux cas de coupes lourdes C<sub>22</sub>-C<sub>30</sub>. Pour Pz7, la concentration dépasse la valeur de référence disponible (avec 1,91 mg/l contre 1 mg/l). Cette valeur reste faible au regard de la présence constatée de 7 cm de produits hydrocarbonés en phase libre (bien que cette dernière ait été purgée).

##### **Métaux :**

Des traces de cuivre sont détectées sur l'ensemble des piézomètres, hormis Pz7.

En ce qui concerne l'arsenic, des concentrations comprises entre 0,012 (en Pz3) et 0,18 mg/l en Pz4 et Pz5 sont mesurées. Elles dépassent systématiquement la valeur de l'arrêté de 2018 (0,01 mg/l) sans dépasser celles de qualité des eaux brutes de l'arrêté de 2007.

Les autres métaux ne sont pas quantifiés et ne dépassent donc pas les valeurs de référence disponibles.

##### **COHV :**

Des composés organo-halogénés volatils sont retrouvés sur l'ensemble des piézomètres. Les concentrations et les composés majoritaires sont néanmoins très variables selon les zones :

- Pz3, Pz4 et Pz6 présentent des concentrations en COHV totaux comprises entre 42 et 159 µg/l,
- Pz7 et Pz5 situés au nord du site, présentent des concentrations en COHV totaux de l'ordre de 4 000 µg/l,

En l'absence de valeurs de référence, les eaux souterraines n'étant pas destinées à la consommation, il faut néanmoins noter des teneurs notables pour certains composés, et dépassant à titre informatif certaines limites de potabilité.

Pour Pz7 et Pz5, les composés majoritaires sont :

- le 1,1,1-trichloroéthane (solvant usuel de dégraissage) avec respectivement 3 120 et 2 930 µg/l (70 % de la masse totale) ;
- suivi du 1,1-Dichloroéthylène (composé de dégradation du précédent) aux alentours de 500 µg/l (12-13 % de la masse totale) ;
- et finalement les composés de la famille des chloroéthènes (15-16 % de la masse) dont :
  - du tétrachloroéthylène (ou PCE) aux alentours de 400 µg/l (9-10% de la masse),
  - du trichloroéthylène (ou TCE) aux alentours de 250 µg/l (5-6% de la masse),
  - du cis 1,2-dichloroéthylène aux alentours de 25 µg/l (moins de 1 % de la masse),
  - le chlorure de vinyle (composé final de dégradation) n'étant jamais détecté.

Pour Pz6, les proportions sont inversées : 19 % de chloroéthanes et 73 % de chloroéthènes (correspondant majoritairement à du tétrachloroéthylène : 95,7 µg/l, soit environ 60%).

Pour Pz4, la proportion de chloroéthanes est encore moins importante (7%), et celle de tétrachloroéthylène plus importante (81 % et 82,4 µg/l).

Pour Pz3 (en amont du site), les chloroéthanés ne sont pas détectés et l'état de dégradation des chloroéthènes est plus important puisque le composé majoritaire est le cis 1,2-dichloroéthylène (47%), suivi du TCE (20%) du PCE (5 %) avec apparition de traces de chlorure de vinyle (1%). Au regard de sa position, l'ouvrage peut être considéré comme représentatif du bruit de fond local.

**Tableau 19 : Répartition des différents COHV détectés par ouvrage**

Composés	Pz7	Pz5	Pz3	Pz6	Pz4
	Nord-est	Nord-ouest	Sud est	Sud-centre	Sud-ouest
Trichloroéthylène	5%	6%	5%	8%	8%
Tétrachloroéthylène	9%	10%	20%	60%	73%
1,1-Dichloroéthane	1%	1%	nd	nd	nd
1,2-Dichloroéthane	0%	0%	nd	nd	nd
1,1,1-Trichloroéthane	72%	70%	nd	19%	7%
1,1,2-Trichloroéthane	0%	0%	nd	nd	nd
cis 1,2-Dichloroéthylène	1%	1%	47%	4%	2%
Trans-1,2-dichloroéthylène	0%	0%	nd	nd	nd
Chlorure de vinyle	nd	nd	1%	nd	nd
1,1-Dichloroéthylène	12%	13%	nd	2%	nd
Somme des 19 COHV	100 %	100%	100%	100%	100%
<b>Total proportion par famille</b>					
chloroéthènes	15%	16%	74%	73%	83%
chloroéthanés	72%	70%	0%	19%	7%

Nd : non détecté, le % n'a pas été calculé.

#### **BTEX :**

Le seul ouvrage à présenter des traces détectables de BTEX (toluène et o-xylène de l'ordre de grandeur du µg/l) est le piézomètre Pz7.

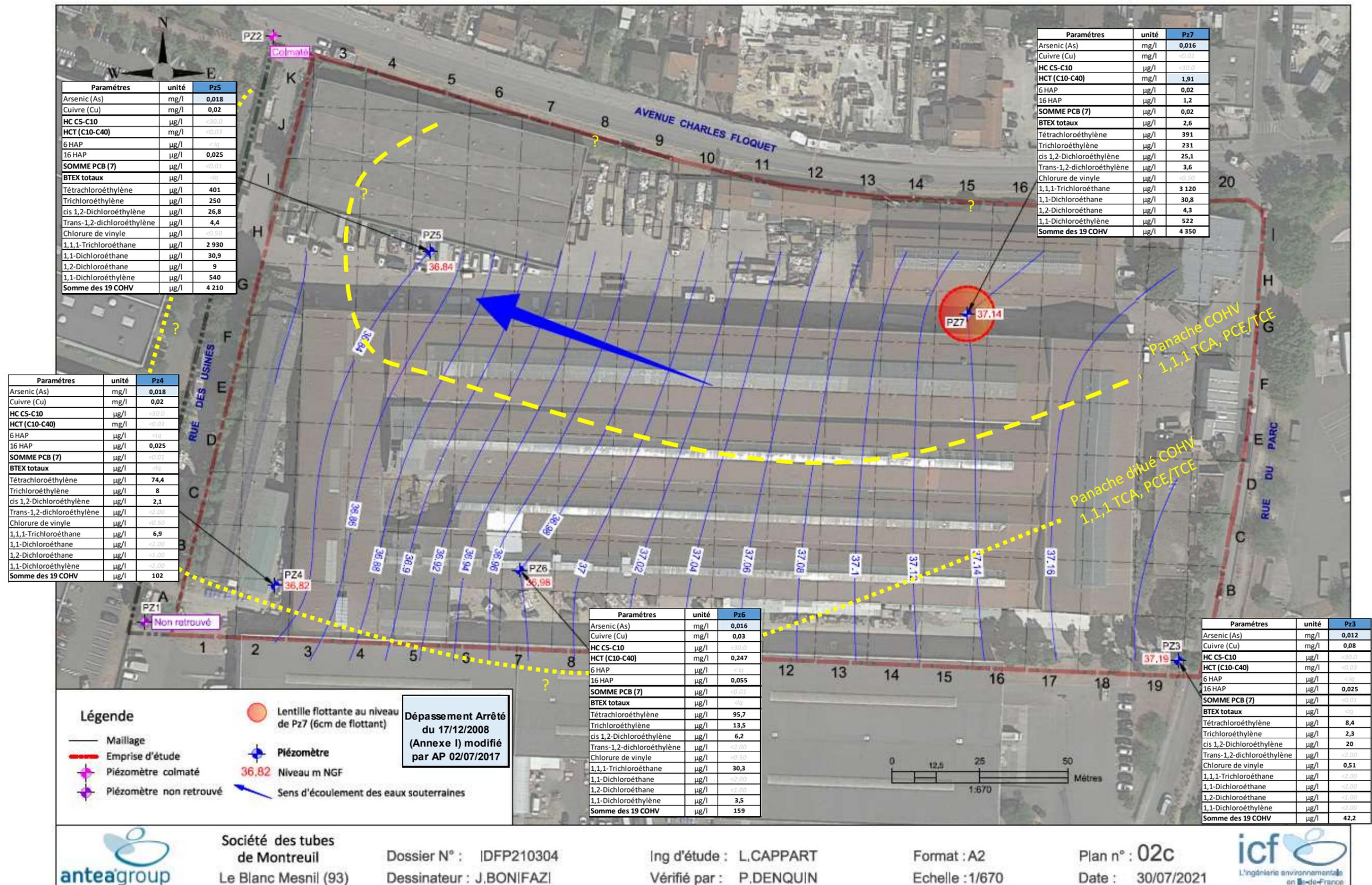
#### **HAP :**

Des traces de HAP ont été retrouvées sur l'ensemble des piézomètres. Néanmoins, les concentrations restent si faibles que seuls les piézomètres Pz7 (1,2 µg/l en 16 HAP) et de manière moindre Pz6 (0,055 µg/l en 16 HAP) présentent des concentrations mesurables pour un certain nombre de composés individuels. La seule valeur de référence pour les 6 HAP réglementaires n'est pas dépassée.

#### **PCB :**

Seul le piézomètre Pz7 présente des traces de 7 PCB (PCB 138 et PCB 153) avec moins de 0,02 µg/l. La cartographie des teneurs mesurées dans les eaux souterraines est présentée ci-après.

Figure 14 : Cartographie des teneurs quantifiées dans les eaux souterraines



**Ainsi, de manière synthétique, la qualité des eaux souterraines est marquée par :**

- **la présence de 7 cm de flottant en Pz7 (situé en amont mais à proximité de zones où les sols sont notablement impactés) associé à 1,91 mg/kg d'HC C10-C40 dissous, correspondant à un produit lourd (C<sub>22</sub>-C<sub>30</sub>) et associés à des traces de l'ordre du µg/l de HAP, de Toluène et xylènes ;**
- la présence de traces des mêmes hydrocarbures en Pz6 ;
- **la présence de concentrations en COHV de l'ordre de 4 mg/l en Pz7 et Pz5 (situé plus en aval) correspondant à 70 % à du 1,1,1-trichloroéthane (solvant usuel de dégraissage), à 12 % à du 1,1-Dichloroéthylène (composé de dégradation du précédent) puis 15% des composés de la famille des chloroéthènes peu dégradés (10 % de tétrachloroéthylène, 5 % de trichloroéthylène, moins de 1% de cis 1,2-dichloroéthylène) ;**
- **la présence de concentrations moindres en COHV (moins de 0,15 mg/l) sur les trois autres ouvrages :**
  - Pz3 représentatif du bruit de fond, présente des composés de dégradation et pas de 1,1,1-trichloroéthane,
  - Pz4 et Pz6 qui présentent des chloroéthènes peu dégradés et de faibles proportions de 1,1,1-trichloroéthane, matérialisent la limite latéral du panache dissous identifié.

Au regard de la répartition de plus fortes valeurs, il est probable qu'un panache en COHV (1,1,1-trichloroéthane majoritaire) sorte du site : latéralement en limite nord ainsi qu'à l'ouest en aval hydraulique. La pose d'ouvrages complémentaires sera nécessaire pour délimiter le panache dans ces deux directions. L'extension de la lentille de flottant en Pz7 n'est quant à elle pas connue.

## 4.11. Investigations sur les gaz du sol (A230)

Les prélèvements de gaz du sol permettent de mesurer la concentration des substances volatiles présentes dans l'air du sol et tiennent compte ainsi du dégazage des substances à partir du sol et des eaux souterraines.

### 4.11.1. Réalisation des ouvrages

#### 4.11.1.1. Piézairs

28 piézairs ont été implantés au droit de sondages sols réalisés afin de connaître la qualité des gaz du sol.

Les piézairs ont été équipés selon l'aménagement potentiel futur (mis à jour durant les investigations), sur la base des premiers constats relevés sur le terrain ou des analyses disponibles à date. Au total :

- 14 ouvrages ont été crépinés entre 1 m et 1,5 m de profondeur au droit ou à proximité des zones de plain-pied projetées ou espaces extérieurs ;
- 14 ouvrages (soit environ 1 à 2 par lot) ont été crépinés au droit ou à proximité des bâtiments avec 2 niveaux de sous-sol entre 6 et 6,5 m de profondeur, à l'exception de PzaF3 crépiné de 5,5 à 6 m et PzaD9 crépiné de 4,5 à 5 m.

Les figures suivantes présentent le plan de localisation des piézairs, sur fond de plan des installations potentiellement polluantes et fond de plan reprenant les principales orientations du projet d'aménagement (plan mis à jour durant les investigations). A noter que plusieurs piézairs se situent en limite de bâtiment ou de lot (prévus initialement au droit des sous-sols projetés) du fait de l'actualisation du plan ou de la présence de zones non accessibles lors des investigations (zones de stockage de déchets notamment).

Le choix des ouvrages équipés en Piézairs a également été fait en fonction des indices organoleptiques et des résultats analytiques disponibles à date.

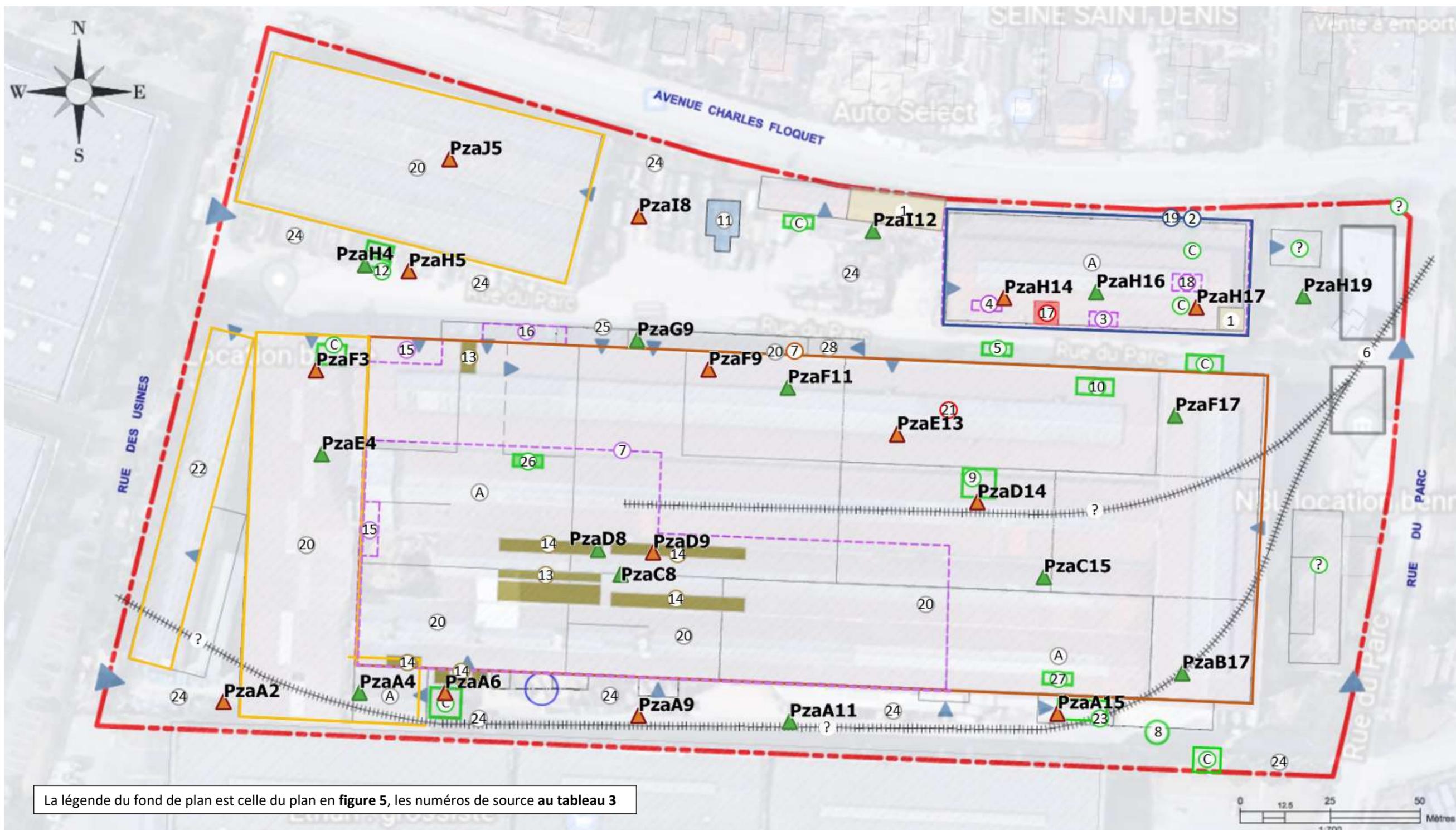


Figure 15 : Plan de localisation des piézais sur fond des installations potentiellement polluantes

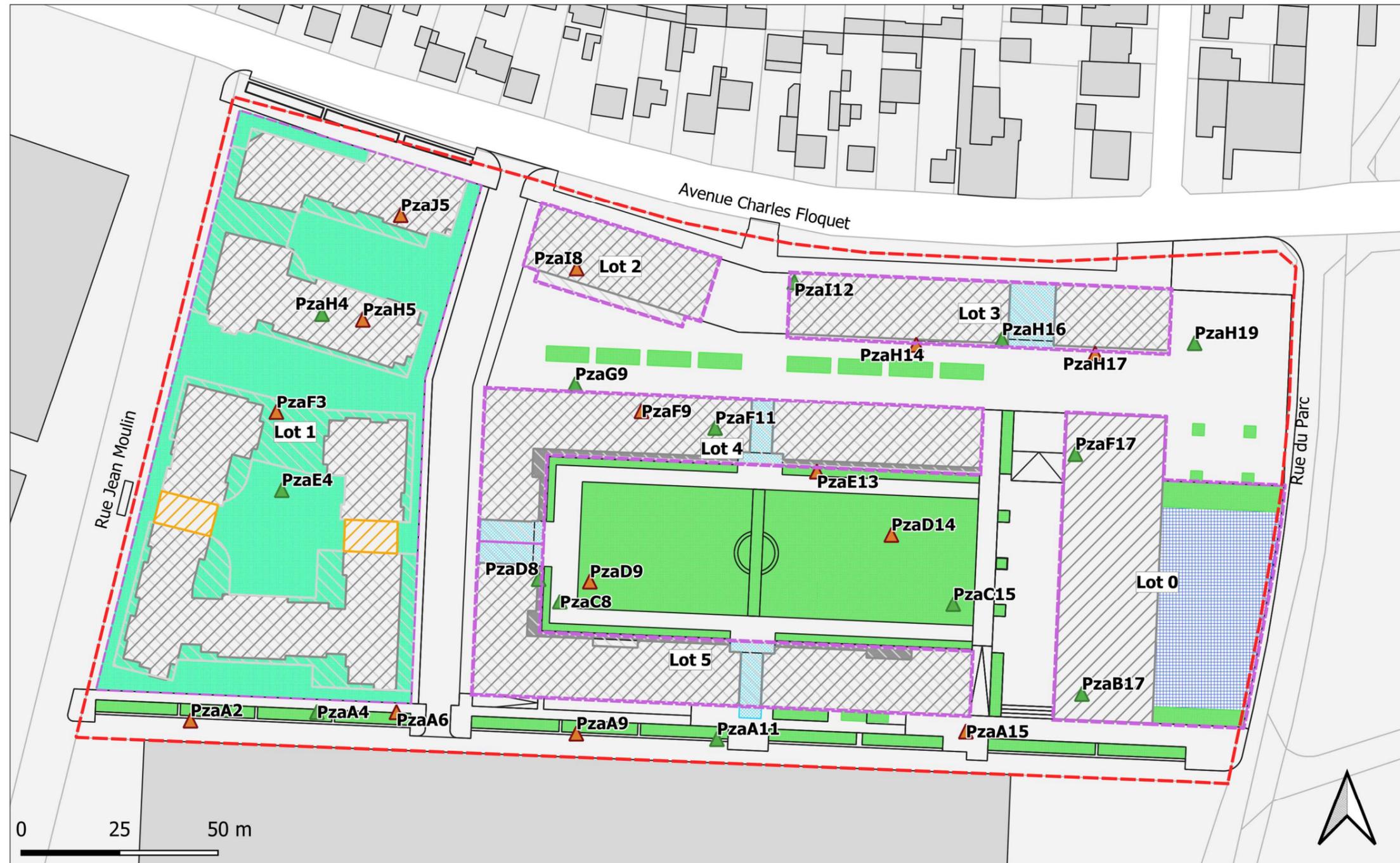


Figure 16 : Plan de localisation des piézais sur fond de plan reprenant les principales orientations du projet d'aménagement

L'ensemble des travaux a été supervisé par un ingénieur d'ICF présent constamment qui a assuré le respect du plan de prévention, dirigé les forages et noté les coupes techniques.

Les piézaires de 1,5 m mis en place ont été équipés :

- d'un tube plein PEHD entre 0 et 1 mètre de profondeur, de diamètre 25/32 mm,
- d'un tube crépiné PEHD entre 1 et 1,5 mètre de profondeur, de diamètre 25/32 mm,
- d'un bouchon de fond hermétique,
- d'un massif filtrant sur la hauteur du tube crépiné,
- d'un bouchon de bentonite sur 0,5 mètres d'épaisseur,
- puis du ciment jusqu'à la surface,
- d'un bouchon hermétique en surface,
- d'une bouche à clés ras de sol ou d'un tube acier hors sol selon le cas.

Les piézaires de 6,5 m ont quant à eux été équipés de 6 m de tube plein PEHD et d'un tube crépiné PEHD entre 6 et 6,5 mètres de profondeur. Rappelons que deux ouvrages ont été équipés légèrement moins profond : PzaF3 crépiné de 5,5 à 6 m (suite à un effondrement de matériaux en profondeur lors de sa mise en place) et PzaD9 crépiné de 4,5 à 5 m (sondage arrêté à 5 m au lieu des 6,5 m prévisionnels).

Les caractéristiques techniques des ouvrages et leur localisation (au regard du projet d'aménagement actualisé au cours des investigations ou de la proximité d'une source) sont présentées dans le tableau suivant :

**Tableau 20 : Caractéristiques et localisation des piézaires**

Projet d'aménagement (actualisé en cours d'investigations)	Source ou installation potentielle située à proximité	Nom	Profondeurs des crépines
Lot 0 – Halle de plain-pied conservée	Usine de chaudronnerie et charpente métallique, activité industrielle de fabrication de tubes métalliques, zone de stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers)	PzaF17	1-1,5 m/sol
		PzaB17	1-1,5 m/sol
Lot 1 – bâtiments nord	Zone de stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers)	PzaJ5	6-6,5 m/sol
	Zone de stockage de bennes, véhicules et autres matériaux, dépôt enterré d'hydrocarbures	PzaH5	6-6,5 m/sol
		PzaH4	1-1,5 m/sol
Lot 1 – bâtiment sud et limite de lot sur voirie et espaces verts	Cuves diverses identifiées en extérieur (usage inconnu / déchet ?), cubitainer remplis d'huiles/fioul, gasoil ou essence et fûts, zone de stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers)	PzaF3	5,5-6 m/sol
	Zone de stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers)	PzaE4	1-1,5 m/sol
	Zone de stockage de bennes, véhicules et autres matériaux	PzaA2	6-6,5 m/sol
	Zone de stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers) et autres activités variées et sauvages tels que des ateliers mécaniques	PzaA4	1-1,5 m/sol
	Cuves diverses identifiées en extérieur (usage inconnu / déchet ?), cubitainer remplis d'huiles/fioul, gasoil ou essence et fûts, bacs d'acides, zone d'égouttage / décantation	PzaA6	6-6,5 m/sol
Lot 2	Zone de stockage de bennes, véhicules et autres matériaux	PzaI8	6-6,5 m/sol
Espace extérieur entre les lots 2 et 3	Zone de stockage de bennes, véhicules et autres matériaux et locaux transformateur	PzaI12	1-1,5 m/sol

Projet d'aménagement (actualisé en cours d'investigations)	Source ou installation potentielle située à proximité	Nom	Profondeurs des crépines
Lot 3 – bâtiment ouest	Ateliers de fonderie et aciérie, four à mazout, cabine de peinture et zone de stockages d'huiles usagées, fûts, etc.	PzaH14	6-6,5 m/sol
Lot 3 – zone de plain-pied située entre les bâtiments est et ouest	Ateliers de fonderie et aciérie, four à coke, cabine de peinture et zone de stockages d'huiles usagées, fûts, etc.	PzaH16	1-1,5 m/sol
Lot 3 – bâtiment est	Fosse enterrée, cuves diverses identifiées en extérieur (usage inconnu / déchet ?), cubitainer remplis d'huiles/fioul, gasoil ou essence et fûts, ateliers de fonderie et aciérie	PzaH17	6-6,5 m/sol
Place publique à l'est du lot 3	-	PzaH19	1-1,5 m/sol
Espace public entre le lot 2 et le bâtiment ouest du lot 4	Activité industrielle de fabrication de tubes métalliques, usine de chaudronnerie et charpente métallique, zone de stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers)	PzaG9	1-1,5 m/sol
Lot 4 – bâtiment ouest		PzaF9	6-6,5 m/sol
Lot 4 – proche de la zone de plain-pied située entre les bâtiments est et ouest		PzaF11	1-1,5 m/sol
Lot 4 – en bordure du bâtiment est	Activité industrielle de fabrication de tubes métalliques, usine de chaudronnerie et charpente métallique, zone de stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers) et activité de peinture (nord du bâtiment principal)	PzaE13	6-6,5 m/sol
Lot 5 – bâtiment ouest (proche du lot sur voirie et/ou espaces verts)	Zone de stockage de bennes, véhicules et autres matériaux	PzaA9	6-6,5 m/sol
	Activité industrielle de fabrication de tubes métalliques, usine de chaudronnerie et charpente métallique, bacs d'acides, zone d'égouttage / décantation, bacs/bains à huile	PzaD9	6-6,5 m/sol
Lot 5 – proche de la zone de plain-pied située entre les bâtiments est et ouest	Zone de stockage de bennes, véhicules et autres matériaux	PzaA11	1-1,5 m/sol
Lots 4/5 – zone de plain-pied située entre les bâtiments des lots 4 ouest et 5 ouest	Activité industrielle de fabrication de tubes métalliques, usine de chaudronnerie et charpente métallique, bacs d'acides, zone d'égouttage / décantation, bacs/bains à huile	PzaC8 PzaD8	1-1,5 m/sol
Lot 5 – en bordure du bâtiment est	Cuve sur rétention d'un volume significatif > 60 m3 et volucompteur associé	PzaA15	6-6,5 m/sol
Lots 4/5 – espaces publics et voiries diverses	Activité industrielle de fabrication de tubes métalliques, usine de chaudronnerie et charpente métallique, zone de stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers), dépôt mixte de liquides inflammables	PzaD14	6-6,5 m/sol
	Activité industrielle de fabrication de tubes métalliques, usine de chaudronnerie et charpente métallique, zone de stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers)	PzaC15	1-1,5 m/sol

Les coupes des piézairs sont fournies en **Annexe IX** du présent rapport. Des photographies de la pose des piézairs sont également présentées.

#### 4.11.2. Prélèvement des gaz du sol

Les prélèvements des échantillons des gaz du sol ont été réalisés du 30 juin au 6 juillet 2021.

Les prélèvements ont été réalisés selon le fascicule AFNOR relatif au prélèvement et à l'échantillonnage des gaz du sol en juillet 2017 (NF ISO 18400-204). Les prélèvements ont eu lieu au moins 24h après l'installation des ouvrages afin de garantir le séchage de l'équipement installé (en particulier la bentonite et le ciment), garantie d'une étanchéité de l'ouvrage.

Les prélèvements d'échantillons de gaz du sol ont été effectués au moyen d'une pompe bas débit spécifique à ce type de prélèvement (type Gilair 5©).

Une purge préalable entre 5 et 50 min (en moyenne d'une vingtaine de minutes) a été réalisée à un débit d'environ 0,5 L/min avant prélèvement au droit de chaque piézair de manière à purger par renouvellement a minima 3 fois le volume d'air présent dans l'ouvrage.

Les gaz du sol ont été prélevés sur un support ou cartouche adsorbante spécifique aux substances recherchées (charbon actif).

La cartouche adsorbante comprend une plage de mesure et une plage de contrôle, afin de s'assurer de l'absence de saturation du support de prélèvement.

La ligne de prélèvement est la suivante : les cartouches adsorbantes ont été reliées aux piézairs via un tube en matériaux inertes (polyéthylène) plongé dans l'ouvrage et relié à une pompe (prélèvement actif). Un schéma représentant le dispositif de prélèvement est présenté ci-après.

La ligne de prélèvement est la suivante : les cartouches adsorbantes ont été reliées aux piézairs via un tube en matériau inerte (polyéthylène) plongé dans l'ouvrage et relié à une pompe (prélèvement actif).

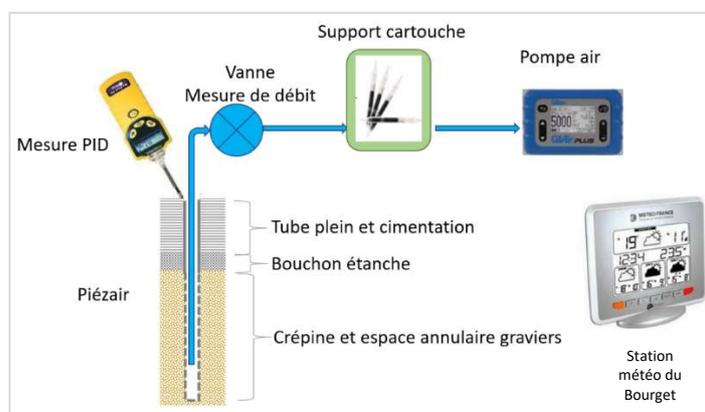


Figure 17 : Dispositif de prélèvement des gaz de sol

Il est à noter que du fait de la présence d'eau dans le piézair PzaA15, un filtre anti-humidité a été placé en amont de la pompe afin de pouvoir faire le prélèvement.

L'ingénieur d'ICF a réalisé les prélèvements, selon le déroulement suivant :

- vérification de la profondeur de l'ouvrage et de l'absence manifeste d'eau en fond d'ouvrage,
- réalisation d'une purge du volume mort d'air présent dans l'ouvrage,
- mise en place de la ligne de prélèvement pour l'échantillon longue durée,
- une fois le prélèvement long réalisé, mise en place de la ligne de prélèvement pour l'échantillon courte durée.

Deux échantillons ont ainsi été réalisés par piézair :

- un prélèvement de longue durée (entre 2 et 4 h environ selon l'ouvrage) qui permet d'obtenir des limites de quantification suffisamment basses en cas de faible impact de l'air du sol,
- un prélèvement de courte durée (20 à 40 minutes environ), analysé uniquement si une saturation du prélèvement de longue durée est constatée (en cas d'anomalie constatée de l'air du sol après analyse en laboratoire).

A noter que compte tenu de la présence de fortes anomalies gaz des sols constatées directement sur le terrain (valeurs PID significatives par exemple), certains prélèvements longs ont été réalisés sur de courtes durées (quelques dizaines de minutes au plus) de façon à pallier une éventuelle saturation du support si ce dernier était prélevé sur une durée plus importante.

Les durées et débits de prélèvement sont adaptées aux objectifs de l'étude, en cohérence avec les limites de quantification adéquates au regard des critères de comparaison retenus pour l'interprétation des concentrations observées et de façon à être représentative d'une durée d'exposition suffisante.

Par ailleurs, afin de valider l'absence d'interférence au moment des prélèvements et du transport, des blancs ont été réalisés. Pour ce faire, le blanc est traité de façon identique aux échantillons, à l'exception de l'air du sol ayant circulé au travers de la cartouche de prélèvement :

- pour évaluer les éventuelles interférences présentes lors des prélèvements : les supports de blanc ont été ouverts à chaque ouverture des tubes de prélèvement puis refermés lors de la phase de pompage. Ils ont été ré-ouverts à chaque désinstallation des tubes de prélèvement. Les mêmes tubes de blanc sont utilisés pour l'installation/désinstallation des différents points de prélèvement. Les blancs sont finalement fermés et conditionnés dans les mêmes conditions que les autres échantillons.
- pour évaluer les éventuelles interférences présentes lors du conditionnement et du transport des échantillons : les tubes de blanc sont ouverts lors du conditionnement du premier tube correspondant puis fermés et stockés dans la glacière comme les autres échantillons pendant toute la durée du stockage.

Aucun pompage n'a été réalisé sur ces échantillons nommés « blanc ». Ils font l'objet des mêmes analyses que les échantillons d'air.

Les débits ont, de plus, été vérifiés pour chaque point de mesure, avant et après le pompage grâce à un débitmètre à bulle placé entre le tube de prélèvement et la pompe. Ces mesures de débit permettent de définir le volume d'air ayant circulé au travers du support (en utilisant le temps de prélèvement). Aucune dérive significative du débit n'a été observée entre le début et la fin du prélèvement ce qui valide la représentativité des prélèvements.

Une fois la phase de prélèvement terminée, les tubes ont été obturés à chaque extrémité à l'aide de capuchons en polyéthylène. Les supports ont été étiquetés dès leur conditionnement et conservés dans une glacière jusqu'au laboratoire.

Le tableau suivant résume les paramètres de prélèvements des gaz du sol :

**Tableau 21 : Paramètres de prélèvement des gaz du sol**

Support	Paramètre analysé	Temps de prélèvement (min)	Débit (L/min)
Charbon actif (TCA)	TPH, BTEX-N, COHV	~ 120 min ou 30 min lorsque réponse PID importante (PzaA15, PzaE4, PzaH14, PzaH16, PzaH17, PzaI8)	0,5
Carulite	Mercure	~ 120 min	0,3
XAD-2	HAP	~ 120 min	0,6
XAD-2	PCB	~ 240 min	0,6

Les fiches de prélèvement détaillées sont présentées en **Annexe X**. Des photographies des prélèvements des piézaires sont également présentées.

Les supports ont été étiquetés dès leur conditionnement et conservés dans une glacière jusqu'au laboratoire.

Les échantillons prélevés ont été envoyés au plus tard 3 jours (pour les échantillons prélevés du 30 juin au 2 juillet) et 2 jours (pour les échantillons prélevés les 5 et 6 juillet) après leurs prélèvements et avoir été stockés au frais avant envoi aux laboratoires EUROFINs (pour les supports TCA, Carulite et XAD2 HAP) et SYNLAB (pour les supports XAD2 PCB) et réceptionnés le lendemain de chaque envoi.

#### 4.11.3. Programme analytique des gaz du sol

Le programme analytique intègre les paramètres suivants :

**Tableau 22 : Descriptif du programme analytique sur les gaz du sol**

Ouvrages	Analyses réalisées
PzaA2	TPH, BTEX-N, COHV
PzaA4	TPH, BTEX-N, COHV
PzaA6	TPH, BTEX-N, COHV, HAP, HG, PCB
PzaA9	TPH, BTEX-N, COHV, HAP, HG, PCB
PzaA11	TPH, BTEX-N, COHV
PzaA15	TPH, BTEX-N, COHV
PzaB17	TPH, BTEX-N, COHV, HAP, HG, PCB
PzaC8	TPH, BTEX-N, COHV
PzaC15	TPH, BTEX-N, COHV, HAP, HG, PCB
PzaD8	TPH, BTEX-N, COHV, HAP, HG, PCB
PzaD9	TPH, BTEX-N, COHV, HAP, HG, PCB
PzaD14	TPH, BTEX-N, COHV
PzaE4	TPH, BTEX-N, COHV
PzaE13	TPH, BTEX-N, COHV, HAP, HG, PCB
PzaF9	TPH, BTEX-N, COHV, HAP, HG, PCB
PzaF11	TPH, BTEX-N, COHV
PzaF17	TPH, BTEX-N, COHV, HAP, HG, PCB
PzaG9	TPH, BTEX-N, COHV
PzaH4	TPH, BTEX-N, COHV, HAP, HG, PCB
PzaH5	TPH, BTEX-N, COHV
PzaH14	TPH, BTEX-N, COHV, HAP, HG, PCB
PzaH16	TPH, BTEX-N, COHV

Ouvrages	Analyses réalisées
PzaH17	TPH, BTEX-N, COHV, HAP, HG, PCB
PzaH19	TPH, BTEX-N, COHV
PzaI8	TPH, BTEX-N, COHV, HAP, HG, PCB
PzaI12	TPH, BTEX-N, COHV
PzaJ5	TPH, BTEX-N, COHV, HAP, HG, PCB
<i>TPH : Hydrocarbures aliphatiques C5-C16 et hydrocarbures aromatiques C6-C16 ; HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques ; BTEX : Hydrocarbures monoaromatiques (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes) ; COHV : Composés Organohalogénés Volatils ; PCB : Polychlorobiphényles ; HG : mercure.</i>	

A noter que bien que prélevé, les échantillons du piézair PzaF3 ont été perdus par le laboratoire. Les analyses des TPH, BTEX-N, COHV, HAP, HG et PCB n'ont donc pas été menées sur ce dernier.

Les analyses ont porté sur la couche de mesure et la couche de contrôle<sup>1</sup> afin de vérifier l'absence de phénomène de claquage ou saturation<sup>2</sup> des supports et conformément aux règles de l'art.

Les échantillons d'air du sol ont été analysés par le laboratoire EUROFINs pour les supports charbon actif, Carulite et XAD-2 pour le paramètre HAP. Les supports XAD-2 pour le paramètre PCB ont quant à eux été analysés par le laboratoire SYNLAB France à Gennevilliers. Ces deux laboratoires détiennent une accréditation reconnue par le COFRAC et sont agréés par le Ministère en charge de l'Environnement.

Le support charbon actif de l'ouvrage I12 a saturé, il a donc été nécessaire de relancer des analyses sur le support en doublon de courte durée. Cependant une problématique ayant aussi été constatée sur le temps court, il a été privilégié les résultats relatifs au temps long pour lequel les limites de quantifications sont plus faibles.

Les échantillons, nommés « blanc » (2 blancs PCB sur XAD2, 3 blancs Charbon actif, 2 blancs Carulite, 2 blancs HAP sur XAD2), ont fait l'objet des mêmes analyses que les échantillons de gaz du sol.

#### 4.11.4. Conditions météorologiques

Les prélèvements de gaz de sol sont sensibles aux variations météorologiques, ainsi les conditions météorologiques ont été étudiées 3 jours avant et 1 jour après la date de prélèvement, d'après la station météorologique de Le Bourget.

<sup>1</sup> Une cartouche de support spécifique utilisée pour le prélèvement des substances présentes en phase vapeur dans l'air comporte une couche de mesure et une couche de contrôle, cette dernière permettant de contrôler la non saturation de la couche de mesure et ainsi de valider l'échantillonnage.

<sup>2</sup> Mauvaise adsorption des substances sur le support, pouvant être liée, soit à des concentrations dans l'air trop importantes, soit à une humidité trop importante, soit à la présence d'une molécule interférant le piégeage des molécules recherchées.

Afin d'observer l'évolution des paramètres, les conditions météorologiques ont été observées du 27 juin au 7 juillet 2021, elles sont reprises ci-dessous :

- le taux d'humidité a varié de 50 à 81 % les jours de prélèvement. Du 27/06/2021 au 07/07/2021, ce taux a présenté une moyenne de 70%. Les conditions étaient donc plutôt favorables à la mobilisation des gaz en extérieur ;
- les températures ont varié entre 13°C (minimum le matin) et 25,6°C (maximum l'après-midi) lors des jours de prélèvement. Ces conditions sont favorables à la mobilisation des composés volatils ;
- la pression atmosphérique a varié entre 1 008,2 et 1 018,9 hPa du 27 juin au 7 juillet 2021. Cela correspond à des périodes dépressionnaires et anticycloniques, conditions plus ou moins favorables à la mobilisation des gaz.

Compte tenu des conditions météorologiques mesurées entre le 27 juin et le 7 juillet 2021, les prélèvements de gaz du sol ont été effectués dans des conditions plutôt favorables à la mobilisation des gaz en extérieur.

## 4.12. Qualité des gaz du sol

### 4.12.1. Valeurs de comparaison – gaz du sol

Le tableau suivant présente les valeurs de comparaison pour les gaz du sol utilisées dans le cadre de cette étude :

**Tableau 23 : Valeurs de référence ou de comparaison – gaz du sol**

Milieu	Valeurs de référence ou de comparaison
Gaz du sol	Pour les gaz du sol, en l'absence de valeurs de gestion ou de référentiel d'interprétation, un constat de présence ou d'absence est d'abord effectué. Un composé est détecté chaque fois que sa concentration apparaît supérieure à la limite de quantification (LQ) du laboratoire.

### 4.12.2. Observations de terrain

#### 4.12.2.1. Lithologie

Les terrains rencontrés sont les mêmes que pour les sondages sols, puisque les piézaires ont été posés à l'intérieur des sondages. Les granulométries correspondantes sont décrites au chapitre 4.7.1.3.

#### 4.12.2.2. Mesures in situ lors des prélèvements de gaz

Préalablement aux prélèvements, lors de la phase de purge, des mesures semi-quantitatives ont été réalisées dans chaque ouvrage (cf. tableau ci-dessous).

**Tableau 24 : Mesures in situ lors des prélèvements de gaz (fin de purge)**

Ouvrage	PID	CH <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub> S	Température dans l'ouvrage	Humidité dans l'ouvrage
Unité	ppm	%	%	ppm	ppm	ppm	°C	%
PzaD14	6,4	0,0	1,2	13,0	0,0	12,0	16,6	92,7
PzaF17	11,9	0,0	19,3	4,0	0,0	12,0	17,8	89,8
PzaH19	0,0	0,0	16,3	1,0	0,0	2,0	17,2	77,2
PzaI12	7,5	0,0	18,7	29,0	0,0	0,0	16,5	92,2
PzaG9	1,1	0,0	16,1	0,0	0,0	3,0	16,1	89,8
PzaF9	2,1	0,0	11,0	4,0	0,0	3,0	16,9	85,7
PzaF11	4,9	0,0	12,4	18,0	0,0	2,0	18,4	77,7
PzaE13	3,0	0,0	15,7	4,0	0,0	1,0	18,0	73,4
PzaH17	92	nm	nm	nm	nm	nm	17,3	76,0
PzaH16	132	nm	nm	nm	nm	nm	16,6	81,9
PzaH14	124,8	nm	nm	nm	nm	nm	17,3	73,8
PzaI8	157,6	nm	nm	nm	nm	nm	16,8	74,3
PzaJ5	1,3	nm	nm	nm	nm	nm	17,4	69,9
PzaH5	4,6	nm	nm	nm	nm	nm	22,3	55,9
PzaH4	0,7	0,0	17,7	1,0	0,0	2,0	18,0	72,2
PzaF3	16,7	0,0	17,2	2,0	0,0	0,0	17,6	75,8
PzaA2	0,2	0,0	21,3	1,0	0,0	0,0	18,2	75,6
PzaA11	0,2	0,0	18,7	1,0	0,0	2,0	19,0	82,5
PzaB17	1,1	0,0	20,2	3,0	0,0	0,0	17,8	88,5
PzaA15	88,6	0,0	14,9	1,0	0,0	1,0	18,1	79,2
PzaA9	0,0	0,0	19,1	0,0	0,0	0,0	18,2	89,2
PzaA5	0,0	0,0	11,7	4,0	0,0	0,0	19,0	97,4
PzaA4	3,2	0,0	5,9	1,0	0,0	5,0	19,1	94,2
PzaC8	3,0	0,0	17,1	1,0	0,0	0,0	18,6	66,4
PzaD8	0,8	0,0	21,2	2,0	0,0	0,0	16,8	77,8
PzaD9	0,2	0,0	19,5	1,0	0,0	0,0	17,9	71,6
PzaC15	0,0	0,0	20,0	6,0	0,0	0,0	18,0	71,5
PzaE4	16,1	0,0	16,1	59,0	0,0	0,0	nm	nm

O<sub>2</sub> : oxygène – CO : monoxyde de carbone – CO<sub>2</sub> : dioxyde de carbone H<sub>2</sub>S : hydrogène sulfuré – PID : Photo Ionisation Detector (mesure semi-quantitative de composés organiques volatils) - nm : non mesuré

A noter, qu'une forte réponse PID après purge, sur plusieurs ouvrages, a mené l'ingénieur en charge des investigations à diminué les temps de prélèvements, longs et courts, du support TCA afin d'éviter la saturation des supports. Les ouvrages en question sont :

- PzaH17 ;
- PzaH16 ;
- PzaH14 ;
- PzaI8 ;
- PzaA15 ;
- PzaE4.

Tous les piézaires ont été prélevés. Cependant les analyses sur le PzaF3 n'ont pas pu être réalisées puisque, à ce jour, les supports sont introuvables.

### 4.12.3. Résultats des analyses en laboratoire

Les bordereaux d'analyses fournis par le laboratoire présentent les résultats en  $\mu\text{g}/\text{support}$ . La conversion en concentration a été réalisée en appliquant le volume d'air prélevé à la quantité retrouvée sur le tube, en utilisant la formule suivante :

$$C_i = \frac{M_i}{V_i}$$

et  $V_i = D_i * T_i$

avec :

- $i$  : le nom de la substance
- $C_i$  : la concentration dans l'air intérieur de la substance  $i$  (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- $M_i$  : la masse absolue mesurée par le laboratoire (en  $\mu\text{g}$ )
- $V_i$  : le volume pompé pour le support correspondant (en  $\text{m}^3$ )
- $D_i$  : le débit de la pompe relié au support correspondant (en L/min, c'est-à-dire des millièmes de  $\text{m}^3/\text{min}$ )
- $T_i$  : le temps de prélèvement pour la pompe correspondante (en min)

Les analyses ont porté sur la couche de mesure et la couche de contrôle<sup>3</sup>. Ne sont présentés dans les tableaux 25 à 27 que les résultats obtenus sur la couche de mesure et sur temps long.

La dénomination des échantillons analysés fait référence au nom de l'ouvrage dans lequel l'échantillon a été prélevé. Par exemple l'échantillon PzaA4 est représentatif des gaz du sol prélevés dans l'ouvrage PzaA4.

<sup>3</sup> Une cartouche de support spécifique utilisée pour le prélèvement des substances présentes en phase vapeur dans l'air comporte une couche de mesure et une couche de contrôle, cette dernière permettant de contrôler la non saturation de la couche de mesure et ainsi de valider l'échantillonnage.

Les solvants chlorés ayant été quantifiés à la fois sur la couche de mesure et la couche de contrôle dans l'ouvrage Pzal12, les résultats des 2 couches sont présentés. Néanmoins, le temps court qui a été lancé pour le piézair I12 n'est pas représentatif du milieu.

Les résultats sont comparés entre eux car il n'existe pas de valeur de référence pour les gaz du sol (ces données seront employées dans l'ARR prédictive pour caractériser les éventuels risques sanitaires pour les usagers du site).

Les valeurs précédées du sigle « < » sont inférieures à la limite de quantification (LQ) du laboratoire (substance non quantifiée).

Les valeurs présentées en **caractères gras** sont supérieures à la limite de quantification du laboratoire.

D'autre part, les résultats du blanc de terrain et transport indiquent des teneurs inférieures à la limite de quantification du laboratoire pour l'ensemble des paramètres recherchés. Ceci indique l'absence d'interférence extérieure au moment des prélèvements et du transport.

Les bulletins d'analyse sont présentés en **Annexe XI**.

Tableau 25 : Résultats d'analyses obtenus sur les gaz du sol (1/3)

		PzaA2	PzaA4	PzaA6	PzaA9	PzaA11	PzaA15	PzaB17	PzaC8	PzaC15
Profondeur crépine		5,5-6,5 m	1-1,5 m	5,5-6,5 m	5,5-6,5 m	1-1,5 m	5,5-6,5 m	1-1,5 m	1-1,5 m	1-1,5 m
Futur aménagement		Espace vert sud du site	Espace vert	Espace vert	Espace vert	Espace vert	Voirie	Bâtiment avec sous- sol	Limite bâtiment avec sous- sol	Espace vert
Futur lot		Au sud du lot 1	Au sud du lot 1	Au sud du lot 1	Au sud du lot 4	Au sud du lot 4	Au sud du lot 4	Lot 0	Lot 4	Lot 4
Valeur PID		0,20	3,20	0,00	0,00	0,20	88,60	1,10	3,00	0,00
SUBSTANCES	UNITES									
<b>HAP</b>										
Naphtalène	µg/m3	<3,26	<3,29	<3,57	<3,19	<2,96	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
Acénaphthylène	µg/m3	-	-	<0,068	<0,07	-	-	<0,06	-	<0,068
Acénaphthène	µg/m3	-	-	<0,068	<0,07	-	-	<0,06	-	<0,068
Fluorène	µg/m3	-	-	<0,068	<0,07	-	-	<0,06	-	<0,068
Phénanthrène	µg/m3	-	-	<0,14	<0,14	-	-	<0,12	-	<0,14
Anthracène	µg/m3	-	-	<0,068	<0,07	-	-	<0,06	-	<0,068
Fluoranthène	µg/m3	-	-	<0,082	<0,084	-	-	<0,072	-	<0,082
Pyrène	µg/m3	-	-	<0,068	<0,07	-	-	<0,06	-	<0,068
Benzo(a)anthracène	µg/m3	-	-	<0,082	<0,084	-	-	<0,072	-	<0,082
Chrysène	µg/m3	-	-	<0,068	<0,07	-	-	<0,06	-	<0,068
Benzo(b)fluoranthène	µg/m3	-	-	<0,088	<0,091	-	-	<0,078	-	<0,089
Benzo(k)fluoranthène	µg/m3	-	-	<0,088	<0,091	-	-	<0,078	-	<0,089
Benzo(a)pyrène	µg/m3	-	-	<0,082	<0,084	-	-	<0,072	-	<0,082
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/m3	-	-	<0,088	<0,091	-	-	<0,078	-	<0,089
Benzo(ghi)Pérylène	µg/m3	-	-	<0,088	<0,091	-	-	<0,078	-	<0,089
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	µg/m3	-	-	<0,068	<0,07	-	-	<0,06	-	<0,068
<b>Mercur</b>										
mercure	µg/m3	-	-	<0,066	<0,068	-	-	<0,04	-	<0,045
<b>TPH</b>										
fraction aliphat. >C5-C6	µg/m3	<163	<165	<178	<160	<148	2 701	<159	<164	<151
fraction aliphat. >C6-C8	µg/m3	<163	392	<178	<160	<148	303 790	734	451	<151
fraction aliphat. >C8-C10	µg/m3	195	24 201	1 196	207	310	295 429	281	4 515	<151
fraction aliphat. >C10-C12	µg/m3	488	18 439	862	380	1 155	281 494	416	2 699	<151
fraction aliphat. >C12-C16	µg/m3	<163	573	<178	<160	170	635	<159	<164	<151
<b>total aliphatiques</b>	µg/m3	684	43 627	2 053	587	1 630	883 501	1 431	7 672	<151
fraction aromat. >C6-C7	µg/m3	<3,26	27,16	9,46	<3,19	<2,96	76,64	4,28	9,32	<3,02
fraction aromat. >C7-C8	µg/m3	48,01	161	76,04	23,93	14,08	13 239	104	95,86	<12,08
fraction aromat. >C8-C10	µg/m3	<163	4 264	228	<160	<148	409 699	1 665	2 666	<151
fraction aromat. >C10-C12	µg/m3	<163	3 556	<178	<160	<148	21 656	398	672	<151
fraction aromat. >C12-C16	µg/m3	<163	278	<178	<160	<148	<279	<159	<164	<151
<b>total aromatiques</b>	µg/m3	48,01	8 281	314	23,93	14,08	445 931	2 173	3 452	<151
<b>total Aromatiques/Aliphatiques</b>	µg/m3	732	51 908	2 367	611	1 644	1 329 432	3 604	11 124	< LQ
<b>BTEX</b>										
Benzène	µg/m3	<3,26	27,00	9,46	<3,19	<2,96	76,64	4,28	9,00	<3,02
Toluène	µg/m3	48,18	162	76,58	24,09	14,23	13 266	104	95,53	<12,08
éthylbenzène	µg/m3	7,00	145	17,49	<6,38	<5,93	28 149	66,46	219	<6,04
para- et méta-xylène	µg/m3	26,69	576	53,91	22,02	17,94	78 874	284	553	<6,04
o-Xylène	µg/m3	6,02	308	24,99	5,90	4,74	66 332	184	312	<3,02
MTBE	µg/m3	<163	<165	<178	<160	<148	3 289	<159	<164	<151
sonme BTEX	µg/m3	87,89	1 218,00	182,43	52,01	36,91	186 697,64	642,74	1 188,53	< LQ
<b>COHV</b>										
Dichlorométhane	µg/m3	<3,26	<3,29	<3,57	<3,19	7,89	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
Chlorure de vinyle	µg/m3	<3,26	<3,29	<3,57	<3,19	<2,96	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
1,1-Dichloroéthylène	µg/m3	<3,26	<3,29	97,82	<3,19	<2,96	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
trans 1,2-dichloroéthylène	µg/m3	<3,26	8,76	<3,57	<3,19	<2,96	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
cis-1,2-dichloroéthène	µg/m3	<3,26	16,79	<3,57	<3,19	7,62	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
Chloroforme	µg/m3	<3,26	11,92	<3,57	<3,19	<2,96	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
Tétrachlorométhane	µg/m3	<3,26	<3,29	<3,57	<3,19	<2,96	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
1,1-Dichloroéthane	µg/m3	<3,26	22,72	26,95	<3,19	<2,96	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
1,2-Dichloroéthane	µg/m3	24,25	<3,29	<3,57	<3,19	21,94	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
1,1,1-Trichloroéthane	µg/m3	<3,26	275	436	<3,19	4,61	15,58	22,84	7,61	<3,02
1,1,2-Trichloroéthane	µg/m3	<3,26	<3,29	<3,57	<3,19	7,74	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
Trichloroéthylène	µg/m3	<3,26	1 860	10,35	<3,19	5,78	56,30	<3,17	118	<3,02
Tétrachloroéthylène	µg/m3	<3,26	75,24	23,56	<3,19	115	14,49	4,92	533	<3,02
Chlorodibromomethane	µg/m3	<3,26	<3,29	<3,57	<3,19	<2,96	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
Methyl bromide	µg/m3	<3,26	<3,29	<3,57	<3,19	<2,96	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
1,2-Dibromoéthane	µg/m3	<3,26	<3,29	<3,57	<3,19	<2,96	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
bromoforme	µg/m3	<3,26	<3,29	<3,57	<3,19	<2,96	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
Bromodichlorométhane	µg/m3	<3,26	<3,29	<3,57	<3,19	<2,96	<5,57	<3,17	<3,27	<3,02
Somme COHV	µg/m3	24,25	2 270	595	-	171	86,37	27,76	659	-
<b>PCB</b>										
PCB 28	µg/m3	-	-	<0,032	<0,03	-	-	<0,038	-	<0,032
PCB 52	µg/m3	-	-	<0,032	<0,03	-	-	<0,038	-	<0,032
PCB 101	µg/m3	-	-	<0,032	<0,03	-	-	<0,038	-	<0,032
PCB 118	µg/m3	-	-	<0,032	<0,03	-	-	<0,038	-	<0,032
PCB 138	µg/m3	-	-	<0,032	<0,03	-	-	<0,038	-	<0,032
PCB 153	µg/m3	-	-	<0,032	<0,03	-	-	<0,038	-	<0,032
PCB 180	µg/m3	-	-	<0,032	<0,03	-	-	<0,038	-	<0,032
PCB totaux (7)	µg/m3	-	-	<0,22	<0,21	-	-	<0,26	-	<0,23

Tableau 26 : Résultats d'analyses obtenus sur les gaz du sol (2/3)

		PzaD8	PzaD9	PzaD14	PzaE4	PzaE13	PzaF9	PzaF11	PzaF17	PzaG9
	Profondeur crépine	5,5-6,5 m	4,5-5 m	5,5-6,5 m	1-1,5 m	5,5-6,5 m	5,5-6,5 m	1-1,5 m	1-1,5 m	1-1,5 m
	Futur aménagement	Bâtiment avec sous- sol	Espace vert	Espace vert	Espace vert	Limite bâtiment avec sous- sol	Bâtiment avec sous- sol	Bâtiment avec sous- sol	Bâtiment avec sous- sol	Voirie
	Futur lot	Lot 4	Lot 4	Lot 4	Lot 1	Lot 4	Lot 4	Lot 4	Lot 0	Au nord du lot 4
	Valeur PID	0,80	0,20	6,40	16,10	3,00	2,10	4,90	11,90	1,10
<b>SUBSTANCES</b>		<b>UNITES</b>								
<b>HAP</b>										
Naphtalène	µg/m3	<3,02	<2,97	<1,46	<5,56	<1,89	<1,9	<1,6	<1,77	<1,98
Acénaphthylène	µg/m3	<0,057	<0,07	-	-	<0,056	<0,055	-	<0,038	-
Acénaphthène	µg/m3	<0,057	<0,07	-	-	<0,056	<0,055	-	<0,038	-
Fluorène	µg/m3	<0,057	<0,07	-	-	<0,056	<0,055	-	<0,038	-
Phénanthrène	µg/m3	<0,11	<0,14	-	-	<0,11	<0,11	-	<0,077	-
Anthracène	µg/m3	<0,057	<0,07	-	-	<0,056	<0,055	-	<0,038	-
Fluoranthène	µg/m3	<0,068	<0,085	-	-	<0,067	<0,067	-	<0,046	-
Pyrène	µg/m3	<0,057	<0,07	-	-	<0,056	<0,055	-	<0,038	-
Benzo(a)anthracène	µg/m3	<0,068	<0,085	-	-	<0,067	<0,067	-	<0,046	-
Chrysène	µg/m3	<0,057	<0,07	-	-	<0,056	<0,055	-	<0,038	-
Benzo(b)fluoranthène	µg/m3	<0,074	<0,092	-	-	<0,073	<0,072	-	<0,05	-
Benzo(k)fluoranthène	µg/m3	<0,074	<0,092	-	-	<0,073	<0,072	-	<0,05	-
Benzo(a)pyrène	µg/m3	<0,068	<0,085	-	-	<0,067	<0,067	-	<0,046	-
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/m3	<0,074	<0,092	-	-	<0,073	<0,072	-	<0,05	-
Benzo(ghi)Pérylène	µg/m3	<0,074	<0,092	-	-	<0,073	<0,072	-	<0,05	-
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	µg/m3	<0,057	<0,07	-	-	<0,056	<0,055	-	<0,038	-
<b>Mercuré</b>										
mercure	µg/m3	<0,049	<0,045	-	-	<0,047	<0,045	-	<0,037	-
<b>TPH</b>										
fraction aliphat. >C5-C6	µg/m3	<151	<148	81,25	973	119	252	<79,97	158	<98,94
fraction aliphat. >C6-C8	µg/m3	<151	411	183	8 030	351	647	138	284	<98,94
fraction aliphat. >C8-C10	µg/m3	1 827	433	3 462	59 740	519	1 226	544	928	140
fraction aliphat. >C10-C12	µg/m3	2 642	1 111	5 497	33 066	1 893	1 777	1 184	657	761
fraction aliphat. >C12-C16	µg/m3	229	<148	111	<278	207	259	140	<88,36	<98,94
<b>total aliphatiques</b>	µg/m3	<b>4 695</b>	<b>1 957</b>	<b>9 369</b>	<b>101 698</b>	<b>3 085</b>	<b>4 163</b>	<b>2 007</b>	<b>2 023</b>	<b>900</b>
fraction aromat. >C6-C7	µg/m3	<3,02	5,78	17,27	80,30	20,44	30,04	8,24	26,77	<1,98
fraction aromat. >C7-C8	µg/m3	35,18	106	108	1 067	106	237	53,26	38,61	27,51
fraction aromat. >C8-C10	µg/m3	551	832	206	9 725	157	352	164	365	141
fraction aromat. >C10-C12	µg/m3	500	173	<73,2	3 223	<94,63	<95,05	<79,97	96	<98,94
fraction aromat. >C12-C16	µg/m3	<151	<148	<73,2	<278	<94,63	<95,05	<79,97	<88,36	<98,94
<b>total aromatiques</b>	µg/m3	<b>1 085</b>	<b>1 118</b>	<b>331</b>	<b>14 088</b>	<b>284</b>	<b>619</b>	<b>226</b>	<b>527</b>	<b>169</b>
<b>total Aromatiques/Aliphatique</b>	µg/m3	<b>5 780</b>	<b>3 075</b>	<b>9 700</b>	<b>115 786</b>	<b>3 369</b>	<b>4 782</b>	<b>2 233</b>	<b>2 550</b>	<b>1 069</b>
<b>BTEX</b>										
Benzène	µg/m3	<3,02	5,78	17,35	80,02	20,72	30,13	8,32	26,68	<1,98
Toluène	µg/m3	35,33	107	108	1 064	106	236	53,26	38,52	27,31
éthylbenzène	µg/m3	20,83	40,04	16,47	553	15,24	38,02	13,28	20,68	8,41
para- et méta-xylène	µg/m3	94,96	205	63,24	1 770	55,17	113	40,95	79	46,21
o-Xylène	µg/m3	39,55	70,58	16,40	820	13,91	31,18	16,15	30,57	12,76
MTBE	µg/m3	<151	<148	<73,2	<278	<94,63	<95,05	<79,97	<88,36	<98,94
somme BTEX	µg/m3	<b>190,67</b>	<b>428,40</b>	<b>221,46</b>	<b>4 287,02</b>	<b>211,04</b>	<b>448,33</b>	<b>131,96</b>	<b>195,35</b>	<b>94,69</b>
<b>COHV</b>										
Dichlorométhane	µg/m3	<3,02	<2,97	<1,46	<5,56	<1,89	<1,9	<1,6	<1,77	<1,98
Chlorure de vinyle	µg/m3	<3,02	<2,97	<1,46	<5,56	<1,89	<1,9	<1,6	<1,77	<1,98
1,1-Dichloroéthylène	µg/m3	<3,02	519	14 922	5 474	4 221	<1,9	<1,6	1 963	<1,98
trans 1,2-dichloroéthylène	µg/m3	<3,02	<2,97	1,57	<5,56	<1,89	<1,9	<1,6	<1,77	<1,98
cis-1,2-dichloroéthène	µg/m3	<3,02	<2,97	<1,46	27,20	<1,89	<1,9	<1,6	<1,77	<1,98
Chloroforme	µg/m3	<3,02	<2,97	<1,46	11,84	<1,89	<1,9	<1,6	<1,77	<1,98
Tétrachlorométhane	µg/m3	<3,02	<2,97	<1,46	<5,56	<1,89	<1,9	<1,6	<1,77	<1,98
1,1-Dichloroéthane	µg/m3	<3,02	<2,97	226	87,53	1 183	758	142	320	<1,98
1,2-Dichloroéthane	µg/m3	<3,02	<2,97	<1,46	<5,56	<1,89	<1,9	<1,6	<1,77	<1,98
1,1,1-Trichloroéthane	µg/m3	<3,02	122	4 106	1 075	2 233	<1,9	<1,6	2 072	<1,98
1,1,2-Trichloroéthane	µg/m3	<3,02	<2,97	<1,46	<5,56	<1,89	<1,9	<1,6	<1,77	<1,98
Trichloroéthylène	µg/m3	<3,02	343	38,94	269	105	107	34,31	3,71	3,27
Tétrachloroéthylène	µg/m3	7,10	301	7,91	131	34,82	10,17	2,72	<1,77	7,92
Chlorodibromométhane	µg/m3	<3,02	<2,97	<1,46	<5,56	<1,89	<1,9	<1,6	<1,77	<1,98
Méthyl bromide	µg/m3	<3,02	<2,97	<1,46	<5,56	<1,89	<1,9	<1,6	<1,77	<1,98
1,2-Dibromoéthane	µg/m3	<3,02	<2,97	<1,46	<5,56	<1,89	<1,9	<1,6	<1,77	<1,98
bromoforme	µg/m3	<3,02	<2,97	<1,46	<5,56	<1,89	<1,9	<1,6	<1,77	<1,98
Bromodichlorométhane	µg/m3	<3,02	<2,97	<1,46	<5,56	<1,89	<1,9	<1,6	<1,77	<1,98
Somme COHV	µg/m3	<b>7,10</b>	<b>1 285</b>	<b>19 302</b>	<b>7 076</b>	<b>7 776</b>	<b>875</b>	<b>179</b>	<b>4 358</b>	<b>11,19</b>
<b>PCB</b>										
PCB 28	µg/m3	<0,038	<0,034	-	-	<0,038	<0,038	-	<0,038	-
PCB 52	µg/m3	<0,038	<0,034	-	-	<0,038	<0,038	-	<0,038	-
PCB 101	µg/m3	<0,038	<0,034	-	-	<0,038	<0,038	-	<0,038	-
PCB 118	µg/m3	<0,038	<0,034	-	-	<0,038	<0,038	-	<0,038	-
PCB 138	µg/m3	<0,038	<0,034	-	-	<0,038	<0,038	-	<0,038	-
PCB 153	µg/m3	<0,038	<0,034	-	-	<0,038	<0,038	-	<0,038	-
PCB 180	µg/m3	<0,038	<0,034	-	-	<0,038	<0,038	-	<0,038	-
PCB totaux (7)	µg/m3	<0,26	<0,24	-	-	<0,26	<0,26	-	<0,26	-

Tableau 27 : Résultats d'analyses obtenus sur les gaz du sol (3/3)

	Profondeur crépine	PzaH4	PzaH5	PZaH14	PZaH16	PzaH17	PzaH19	PzaI8	PzaI12	PzaJ5	
		1-1,5 m	5,5-6,5 m	5,5-6,5 m	1-1,5 m	5,5-6,5 m	1-1,5 m	5,5-6,5 m	1-1,5 m	5,5-6,5 m	
		Futur aménagement	Bâtiment avec sous- sol	Bâtiment avec sous- sol	Limite bâtiment avec sous- sol	Bâtiment avec sous- sol	Limite bâtiment avec sous- sol	Voirie	Bâtiment avec sous- sol	Bâtiment avec sous- sol	Bâtiment avec sous- sol
		Futur lot	Lot 1	Lot 1	Lot 3	Lot 3	Lot 3	Au l'est du lot 3	Lot 2	Lot 3	Lot 1
Valeur PID	16,70	4,60	124,80	132,00	92,00	0,00	157,60	7,50	1,30		
SUBSTANCES		UNITES									
HAP											
Naphtalène	µg/m3	<3,4	<3,49	<12,85	<18,63	<18,07	<1,79	<16,06	<1,79	<2,66	
Acénaphthylène	µg/m3	<0,056	-	<0,049	-	<0,056	-	<0,058	-	<14,13	
Acénaphthène	µg/m3	<0,056	-	<0,049	-	<0,056	-	<0,058	-	<14,13	
Fluorène	µg/m3	<0,056	-	<0,049	-	<0,056	-	<0,058	-	<14,13	
Phénanthrène	µg/m3	<0,11	-	<0,098	-	<0,11	-	<0,12	-	<28,25	
Anthracène	µg/m3	<0,056	-	<0,049	-	<0,056	-	<0,058	-	<14,13	
Fluoranthène	µg/m3	<0,067	-	<0,059	-	<0,067	-	<0,07	-	<16,95	
Pyrène	µg/m3	<0,056	-	<0,049	-	<0,056	-	<0,058	-	<14,13	
Benzo(a)anthracène	µg/m3	<0,067	-	<0,059	-	<0,067	-	<0,07	-	<16,95	
Chrysène	µg/m3	<0,056	-	<0,049	-	<0,056	-	<0,058	-	<14,13	
Benzo(b)fluoranthène	µg/m3	<0,073	-	<0,064	-	<0,073	-	<0,076	-	<18,36	
Benzo(k)fluoranthène	µg/m3	<0,073	-	<0,064	-	<0,073	-	<0,076	-	<18,36	
Benzo(a)pyrène	µg/m3	<0,067	-	<0,059	-	<0,067	-	<0,07	-	<16,95	
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/m3	<0,073	-	<0,064	-	<0,073	-	<0,076	-	<18,36	
Benzo(ghi)Pérylène	µg/m3	<0,073	-	<0,064	-	<0,073	-	<0,076	-	<18,36	
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	µg/m3	<0,056	-	<0,049	-	<0,056	-	<0,058	-	<14,13	
Mercure											
mercure	µg/m3	<0,049	-	<0,046	-	<0,052	-	<0,047	-	<0,021	
TPH											
fraction aliphat. >C5-C6	µg/m3	<170	<174	3 565	978	<904	<89,6	<803	<89,48	<133	
fraction aliphat. >C6-C8	µg/m3	<170	349	4 290	2 282	3 316	<89,6	1 140	198	<133	
fraction aliphat. >C8-C10	µg/m3	<170	649	<642	<931	<904	<89,6	1 004	188	420	
fraction aliphat. >C10-C12	µg/m3	<170	2 336	1 098	<931	<904	<89,6	1 654	846	1 283	
fraction aliphat. >C12-C16	µg/m3	<170	279	<642	<931	<904	<89,6	<803	143	334	
<b>total aliphatiques</b>	µg/m3	<170	3 609	8 927	3 260	3 316	<89,6	3 797	1 378	2 035	
fraction aromat. >C6-C7	µg/m3	<3,4	26,32	36,61	49,37	34,34	<1,79	16,86	18,43	9,31	
fraction aromat. >C7-C8	µg/m3	<13,62	211	238	93,14	318	7,97	194	54,67	90,29	
fraction aromat. >C8-C10	µg/m3	<170	307	<642	<931	<904	<89,6	<803	205	279	
fraction aromat. >C10-C12	µg/m3	<170	<174	<642	<931	<904	<89,6	<803	<89,48	<133	
fraction aromat. >C12-C16	µg/m3	<170	<174	<642	<931	<904	<89,6	<803	<89,48	<133	
<b>total aromatiques</b>	µg/m3	<170	544	275	143	352	7,97	211	278	379	
<b>total Aromatiques/Aliphatique</b>	µg/m3	< LQ	4 153	9 202	3 403	3 668	8	4 008	1 656	2 414	
BTEX											
Benzène	µg/m3	<3,4	26,50	37,89	48,44	36,15	<1,79	16,86	18,43	9,44	
Toluène	µg/m3	<13,62	213	238	91,28	320	8,06	195	54,67	90,16	
éthylbenzène	µg/m3	<6,81	27,20	51,38	41,92	43,38	<3,58	<32,11	22,10	17,95	
para- et méta-xylène	µg/m3	<6,81	85,60	131	<37,26	127	7,35	80,28	73,11	61,17	
o-Xylène	µg/m3	<3,4	32,60	46,24	<18,63	26,21	2,06	18,46	17,00	17,55	
MTBE	µg/m3	<170	<174	<642	<931	<904	<89,6	<803	<89,48	<133	
somme BTEX	µg/m3	<LQ	384,90	504,51	181,64	552,74	17,47	310,60	185,31	196,27	
COHV											
Dichlorométhane	µg/m3	<3,4	<3,49	<6423	<18,63	<18,07	<1,79	<16,06	<1,79	<2,66	
Chlorure de vinyle	µg/m3	<3,4	<3,49	489	82	<18,07	<1,79	<16,06	2,29	<2,66	
1,1-Dichloroéthylène	µg/m3	<3,4	1 743	464 391	750 773	300 018	<1,79	214 355	40 356	10 027	
trans 1,2-dichloroéthylène	µg/m3	<3,4	<3,49	<12,85	<18,63	279	<1,79	<16,06	<1,79	<2,66	
cis-1,2-dichloroéthène	µg/m3	<3,4	<3,49	<12,85	<18,63	38,95	<1,79	<16,06	<1,79	<2,66	
Chloroforme	µg/m3	<3,4	<3,49	<12,85	<18,63	68,23	<1,79	<16,06	<1,79	<2,66	
Tétrachlorométhane	µg/m3	<3,4	<3,49	<12,85	<18,63	36,15	<1,79	<16,06	<1,79	4,39	
1,1-Dichloroéthane	µg/m3	<3,4	<3,49	4 232	17 884	25 755	<1,79	1 622	488,27	<2,66	
1,2-Dichloroéthane	µg/m3	<3,4	<3,49	2 601	742	64,16	<1,79	393	<1,79	<2,66	
1,1,1-Trichloroéthane	µg/m3	<3,4	<3,49	283 879	611 028	200 614	<1,79	626 204	49 502,00	<2,66	
1,1,2-Trichloroéthane	µg/m3	<3,4	<3,49	2 075	2 711	<18,07	<1,79	<16,06	<1,79	<2,66	
Trichloroéthylène	µg/m3	5,96	347	19 268	12 575	1 735	12,90	1 951	471,00	430	
Tétrachloroéthylène	µg/m3	<3,4	14,12	6 615	4 415	1 066	2,06	776	624,00	7,45	
Chlorodibromométhane	µg/m3	<3,4	<3,49	<12,85	<18,63	<18,07	<1,79	<16,06	<1,79	<2,66	
Méthyl bromide	µg/m3	<3,4	<3,49	<12,85	<18,63	<18,07	<1,79	<16,06	<1,79	<2,66	
1,2-Dibromoéthane	µg/m3	<3,4	<3,49	<12,85	<18,63	<18,07	<1,79	<16,06	<1,79	<2,66	
bromoforme	µg/m3	<3,4	<3,49	<12,85	<18,63	<18,07	<1,79	<16,06	<1,79	<2,66	
Bromodichlorométhane	µg/m3	<3,4	<3,49	<12,85	<18,63	<18,07	<1,79	<16,06	<1,79	<2,66	
Somme COHV	µg/m3	5,96	2 104	783 550	1 400 210	529 674	14,96	845 301	91 444	10 469	
PCB											
PCB 28	µg/m3	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	
PCB 52	µg/m3	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	
PCB 101	µg/m3	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	
PCB 118	µg/m3	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	
PCB 138	µg/m3	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	
PCB 153	µg/m3	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	
PCB 180	µg/m3	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	-	<0,038	
PCB totaux (7)	µg/m3	<0,26	-	<0,26	-	<0,26	-	<0,26	-	<0,26	

#### 4.12.4. Description des résultats sur les gaz du sol et interprétation

Les résultats d'analyses des gaz du sol mettent en évidence les éléments suivants :

##### **Mercur** :

Le mercure volatil n'a été détecté sur aucun des 14 ouvrages où il a été recherché, qu'il s'agisse d'ouvrages courts ou longs.

##### **HAP** :

Aucun des HAP individuels (y compris le naphthalène) n'a été détecté sur les 14 ouvrages où les HAP ont été recherchés, qu'il s'agisse d'ouvrages courts ou longs.

##### **PCB** :

Les PCB n'ont été détectés sur aucun des 14 ouvrages où ils ont été recherchés, qu'il s'agisse d'ouvrages courts ou longs.

##### **Hydrocarbures totaux** :

Des hydrocarbures volatils ont été détectés sur 25 des 27 piézairs analysés, hormis PzaC15 et PzaH4. Les concentrations sont néanmoins relativement variables, puisque comprises entre quelques  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et  $1\,329\text{ mg}/\text{m}^3$  :

- inférieures à  $1\text{ mg}/\text{m}^3$  en PzaA2, PzaA9, PzaH19 ;
- comprises entre 1 et  $5\text{ mg}/\text{m}^3$  pour 15 ouvrages : PzaA6, PzaA11, PzaB17, PzaD9, PzaE13, PzaF9, PzaF11, PzaF17, PzaG9, PzaH5, PzaH16, PzaH17, PzaI8, PzaI12, PzaJ5. Ces valeurs peuvent être assimilées au bruit de fond ;
- comprises entre 5 et  $100\text{ mg}/\text{m}^3$  pour 5 ouvrages : PzaA4 ( $51,9\text{ mg}/\text{m}^3$ ), PzaC8 ( $11,1\text{ mg}/\text{m}^3$ ), PzaD8 ( $5,8\text{ mg}/\text{m}^3$ ), PzaD14 ( $9,7\text{ mg}/\text{m}^3$ ) et PzaH14 ( $9,2\text{ mg}/\text{m}^3$ ) ;
- comprises entre 100 et  $500\text{ mg}/\text{m}^3$  en PzaE4 ( $115,7\text{ mg}/\text{m}^3$ ) ;
- supérieures à  $500\text{ mg}/\text{m}^3$  en PzaA15 ( $1\,329\text{ mg}/\text{m}^3$ ).

Les HC aliphatiques sont largement majoritaires (84 % en moyenne, le détail des coupes majoritaires étant néanmoins variables selon les ouvrages), sauf exception : PzaH19 (100 % d'aromatiques) et PzaB17 (60 % d'aromatiques).

Les plus fortes valeurs sont localisées :

- au sud-est du site, au niveau de PzaA15 profond et dont l'origine n'est pas clairement identifiée à ce stade ;
- à l'ouest du site, en PzaE4 court dont l'origine est probablement liée à l'activité historique exercée au sein de l'ancienne usine de chaudronnerie et charpente métallique ou au stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets ;
- au droit ou à proximité de sources historiques :
  - PzaA4 court, à proximité d'un atelier et d'une zone de stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets ;
  - PzaC8 court, PzaD8 et PzaD9 profonds au droit ou à proximité des bacs/bains à huile, acides, zone d'égouttage et de décantation de l'ancienne usine de fabrication de tubes métalliques ;
  - PzaD14 long situé dans l'emprise de l'ancienne activité industrielle de fabrication de tubes métalliques, usine de chaudronnerie et charpente métallique, zone de stockage/recyclage de matériaux du BTP et déchets (terre, métal, bois et divers) et dépôt mixte de liquides inflammables

- PzaH14 long situé au niveau de l'ancien atelier de fonderie et aciérie et à proximité immédiate d'un ancien four à mazout.

#### **BTEX :**

Des composés appartenant à la famille des BTEX ont été retrouvés sur presque tous les piézaires hormis, PzaC15 et PzaH4. Les concentrations sont néanmoins relativement variables, puisque comprises entre 50 µg/m<sup>3</sup> et 186,7 mg/m<sup>3</sup> :

- le **benzène** n'est pas détecté sur 8 des 27 piézaires analysés. Il présente des teneurs comprises entre 4 et 80 µg/m<sup>3</sup>. Il est toujours présent en faible proportion par rapport aux autres BTEX (moins de 10 % à l'exception de PzaF17 et PzaH16 avec au maximum 26 %). Des valeurs supérieures à 50 µg/m<sup>3</sup> sont mesurées uniquement en PzaA15 profond et PzaE4 court ;
- le **toluène** n'est pas détecté sur 2 des 27 piézaires analysés. Il présente des teneurs comprises entre 8 µg/m<sup>3</sup> et 13,2 mg/m<sup>3</sup> avec une moyenne à 0,67 mg/m<sup>3</sup>. Des valeurs supérieures à 0,5 mg/m<sup>3</sup> ne sont mesurées que deux fois : là aussi en PzaA15 (1 mg/m<sup>3</sup>), PzaE4 (maximum). Il est souvent majoritaire (37% des BTEX en moyenne) ou second derrière le p,m-xylène ;
- l'**éthylbenzène** n'est pas détecté sur 6 des 27 piézaires analysés. Il présente des teneurs comprises entre 7 µg/m<sup>3</sup> et 28,15 mg/m<sup>3</sup> avec une moyenne à 70 µg/m<sup>3</sup>, si on exclut la valeur maximale mesurée là aussi en PzaA15 ;
- le **p,m-xylène** n'est pas détecté sur 3 des 27 piézaires analysés. Il présente des teneurs comprises entre 7 µg/m<sup>3</sup> et 78,87 mg/m<sup>3</sup> avec une moyenne à 3,48 mg/m<sup>3</sup> en raison de très fortes teneurs sur quelques ouvrages. Les teneurs supérieures à 0,5 mg/m<sup>3</sup> ne sont détectées que sur 4 ouvrages : PzaA4 court (0,58 mg/m<sup>3</sup>), PzaA15 profond (78,87 mg/m<sup>3</sup>), PzaC8 court (0,55 mg/m<sup>3</sup>) et PzaE4 court (1,77 mg/m<sup>3</sup>) ;
- le **o-xylène** n'est pas détecté sur 3 des 27 piézaires analysés. Il présente des teneurs comprises entre 7 µg/m<sup>3</sup> et 66,33 mg/m<sup>3</sup> avec une moyenne à 2,85 mg/m<sup>3</sup> en raison de très fortes teneurs sur quelques ouvrages. Les teneurs supérieures à 0,5 mg/m<sup>3</sup> ne sont détectées que sur 2 ouvrages : PzaA15 (66,33 mg/m<sup>3</sup>), PzaE4 (0,82 mg/m<sup>3</sup>).

Le MTBE n'est détecté que sur PzaA15 avec 3,29 mg/m<sup>3</sup> en lien avec les fortes teneurs en BTEX.

**Ainsi, les fortes teneurs en BTEX sont limitées à 3-4 ouvrages : essentiellement PzaA15 (186,7 mg/m<sup>3</sup> en BTEX) pourtant profond, puis avec des concentrations 50 fois moins importantes dans les ouvrages courts : PzaE4 (4,28 mg/m<sup>3</sup>), PzaA4 et PzC8 (environ 1,2 mg/m<sup>3</sup>). Ces ouvrages sont tous situés en zone sud-ouest et sud-est.** Leur répartition est par ailleurs corrélable aux plus fortes concentrations en HC volatils.

#### **COHV :**

Des composés organo-halogénés volatils sont mesurés sur l'ensemble des piézaires, hormis PzaA9 et PzaC15. Les concentrations sont néanmoins relativement variables, puisque comprises entre quelques µg/m<sup>3</sup> et 1 400 mg/m<sup>3</sup> :

- inférieures à 1 mg/m<sup>3</sup> pour 12 ouvrages : PzaA2, PzaA6, PzaA11, PzaA15, PzaB17, PzaC8, PzaD8, PzaF9, PzaF11, PzaG9, PzaH4 et PzaH19 ;
- comprises entre 1 et 10 mg/m<sup>3</sup> pour 6 ouvrages : PzaA4, PzaD9, PzaE4, PzaE13, PzaF17 et PzaH5 ;
- comprises entre 10 et 100 mg/m<sup>3</sup> pour 3 ouvrages : PzaD14 (19,3 mg/m<sup>3</sup>), PzaI12 (91,5 mg/m<sup>3</sup>) et PzaJ5 (10,4 mg/m<sup>3</sup>) ;
- supérieures à 100 mg/m<sup>3</sup> pour 4 ouvrages : PzaH14 (784 mg/m<sup>3</sup>), PzaH16 (1 400 mg/m<sup>3</sup>), PzaH17 (530 mg/m<sup>3</sup>) et PzaI8 (845 mg/m<sup>3</sup>).

Les ouvrages les plus impactés sont situés en partie nord-est du site et plus ponctuellement nord-ouest et centre ouest. Selon les ouvrages, les composés majoritaires sont :

- **les chloroéthènes** : à savoir le tétrachloroéthylène et le trichloroéthylène, les composés de dégradation (cis 1,2-dichloroéthylène et chlorure de vinyle) étant quasiment absents : PzaA4, PzaA11, PzaC8, PzaD8, PzAG9, PzAH9, PzaH14 et PzaH15 ;
- **les chloroéthanes** : à savoir le 1,1,1-trichloroéthane, et ses composés de dégradation : 1,1-dichloroéthylène et 1,1-dichloroéthane sur 13 ouvrages : PzaA2, PzaA5, PzaB17, PzaD14, PzaE13, PzaE14, PzaH5, PzaH14, PzaH16, PzaH17, PzaI8, PzaI12 et PzaI5. L'état de dégradation paraît néanmoins variable puisque selon les cas les 1,1-dichloroéthylène ou 1,1,1-trichloroéthane sont majoritaires.

Les valeurs les plus importantes (supérieures à 10 mg/m<sup>3</sup>) sont toutes situées au nord du site, en cohérence avec la localisation des impacts identifiés sur les eaux souterraines, complété du PzaH16 (situé au droit de l'ancien atelier de fonderie et aciérie et à proximité immédiate de la cabine de peinture).

Zone par zone, il existe peu de secteurs présentant des doublons avec des ouvrages courts et des ouvrages profonds permettant de savoir si les impacts gaz du sols sont localisés en surface ou en profondeur. Néanmoins, statistiquement, et quelques soient les composés, les concentrations les plus importantes sont équitablement réparties entre ouvrage de surface et ouvrages profonds.

Les cartographies, par famille de polluant, des teneurs mesurées dans les gaz du sol sont présentée ci-après sur fond de plan projet et fond de plan des sources potentielles de pollution historiques.

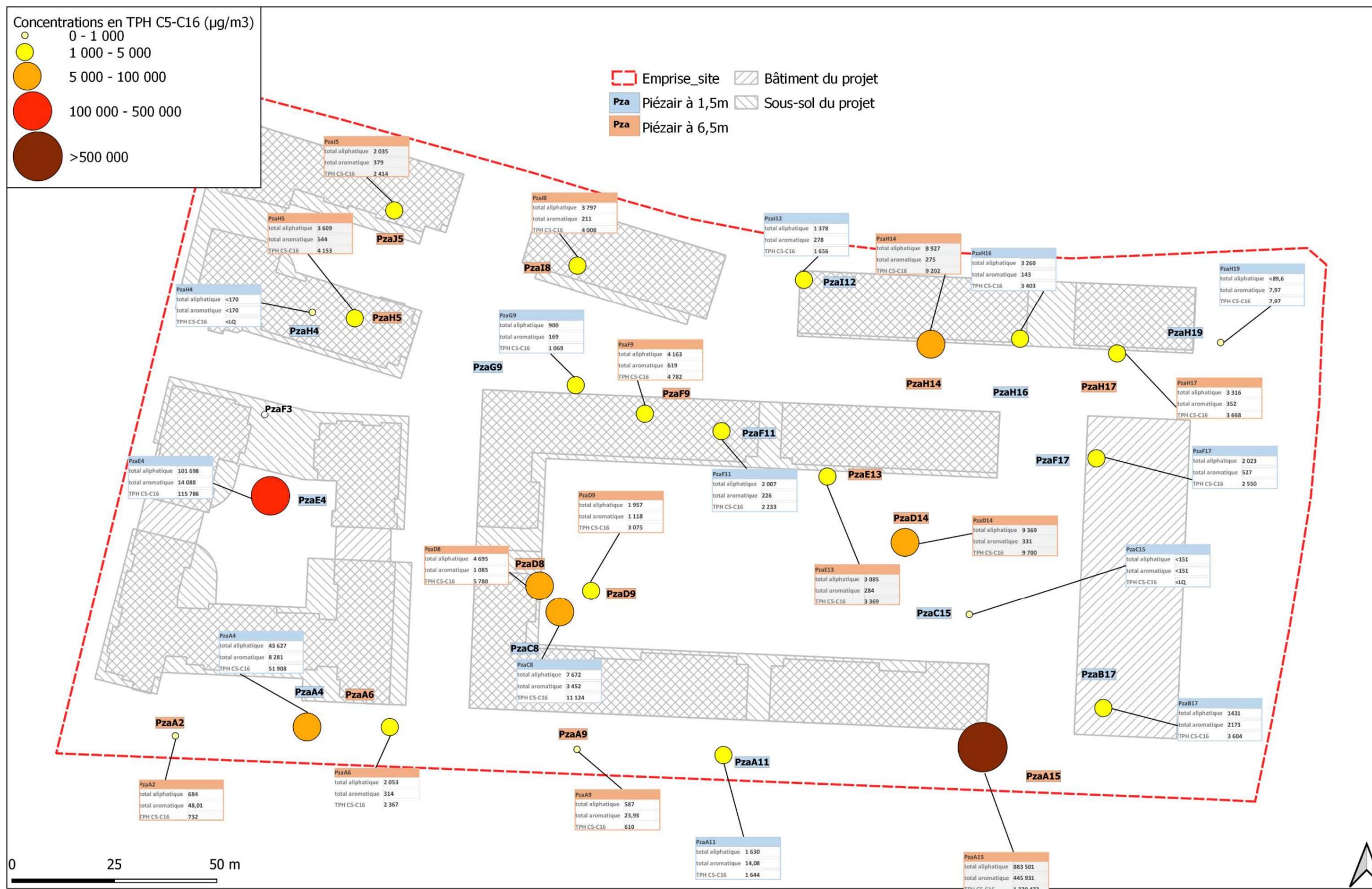
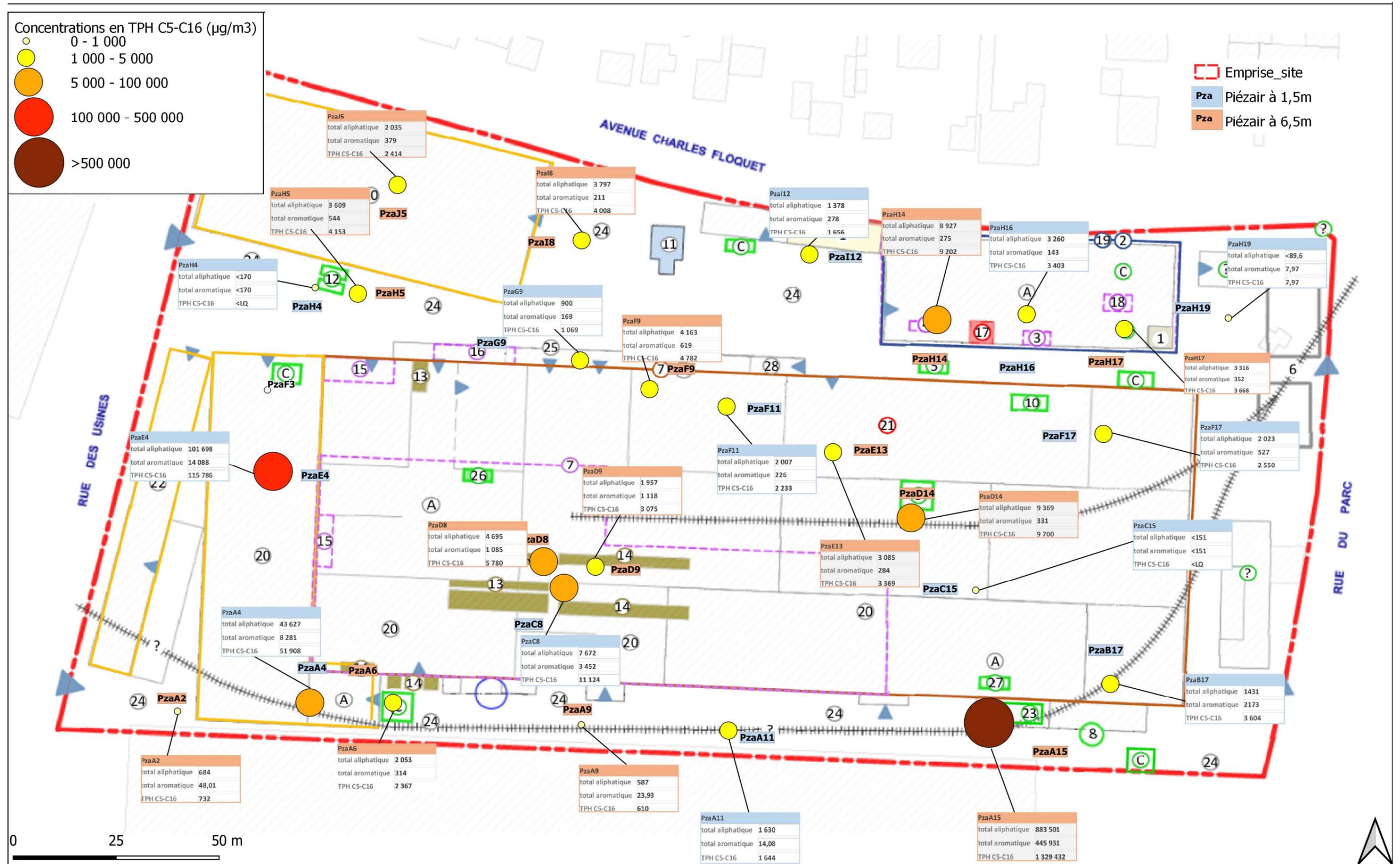


Figure 18 : Cartographie des teneurs en TPH C5 C16 quantifiées dans les gaz du sol (fond projet)



La légende du fond de plan est celle du plan en figure 5, les numéros de source au tableau 3

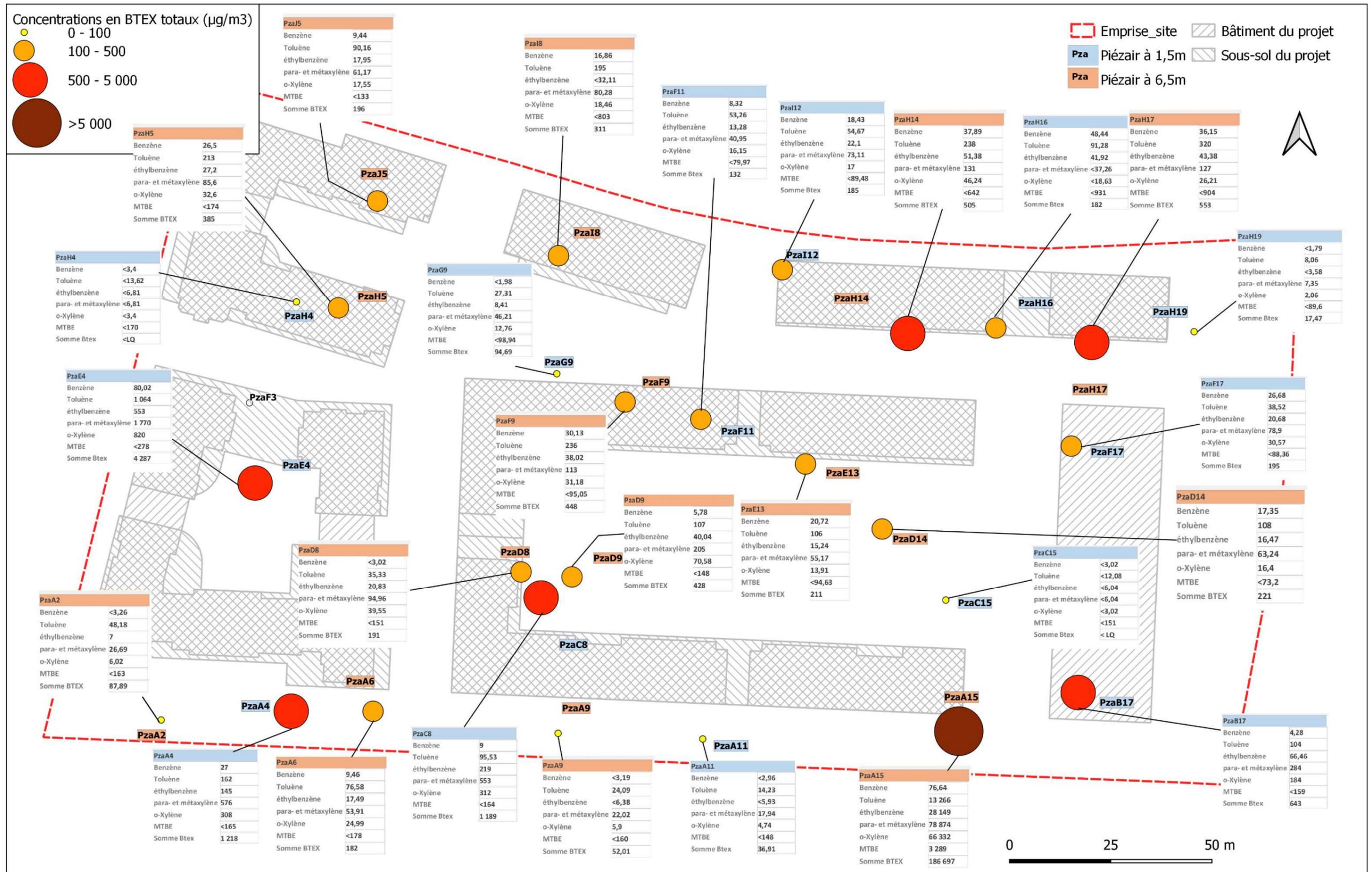


Figure 20 : Cartographie des teneurs en BTEX quantifiées dans les gaz du sol (fond projet)

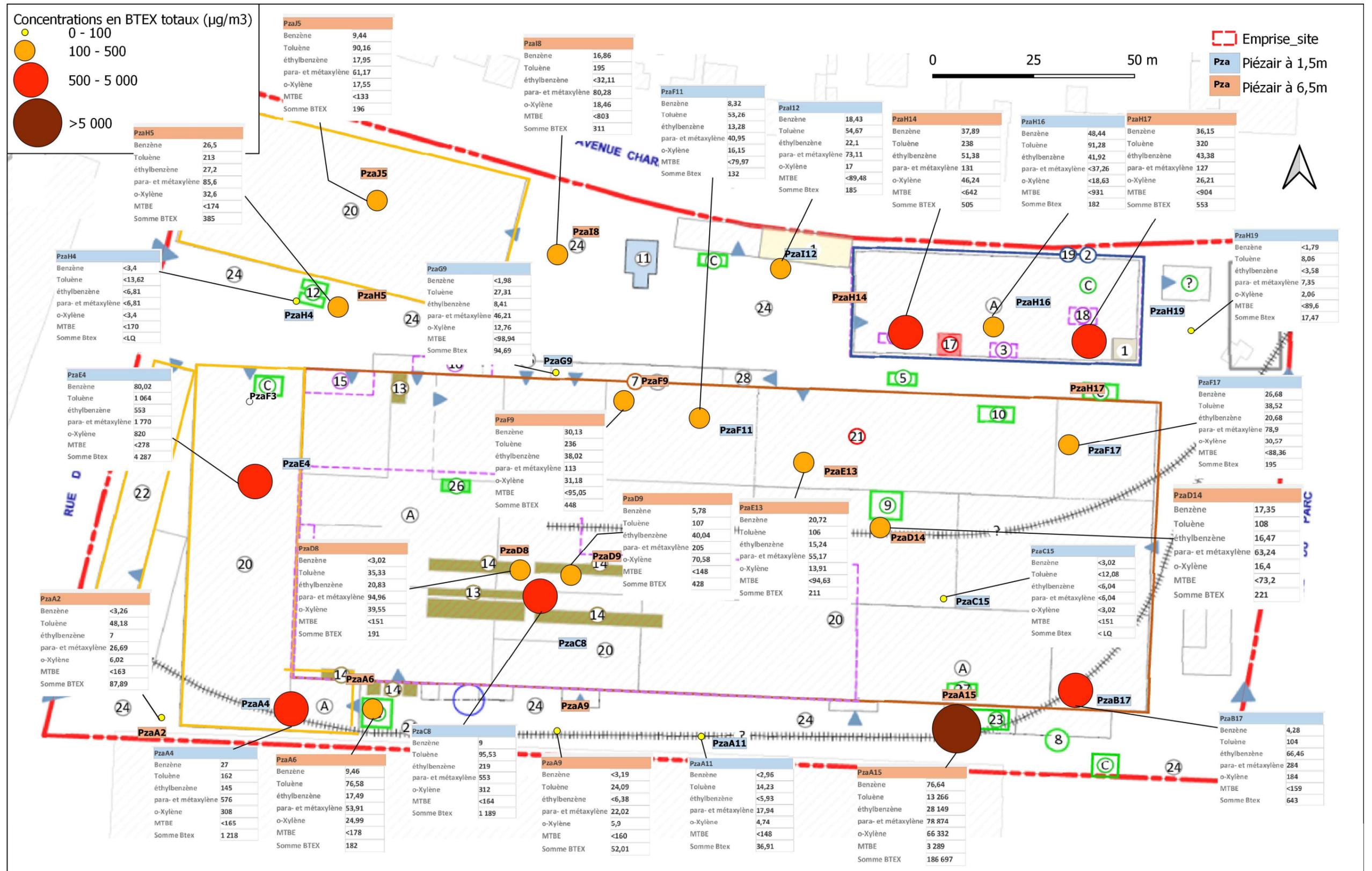
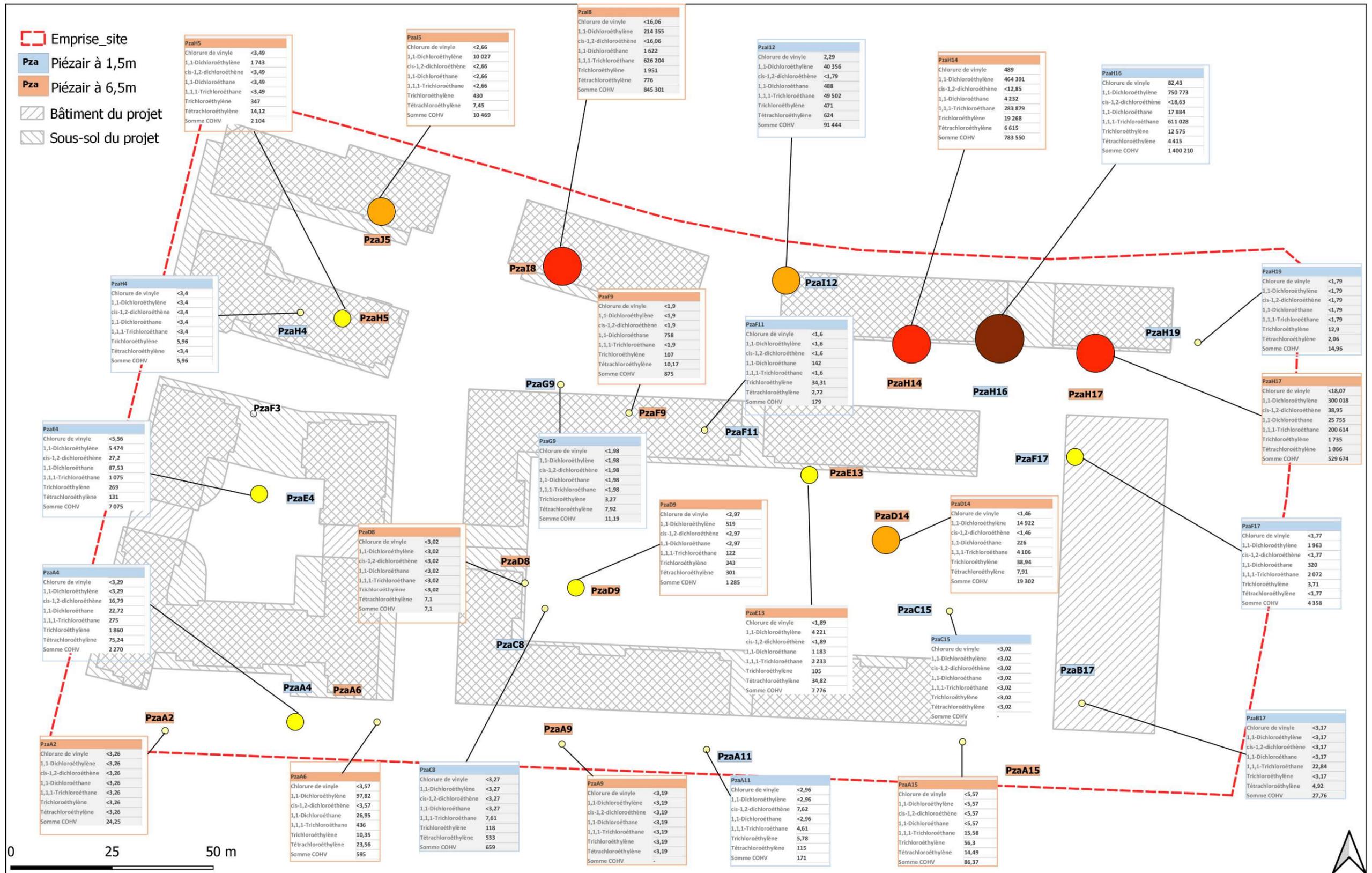
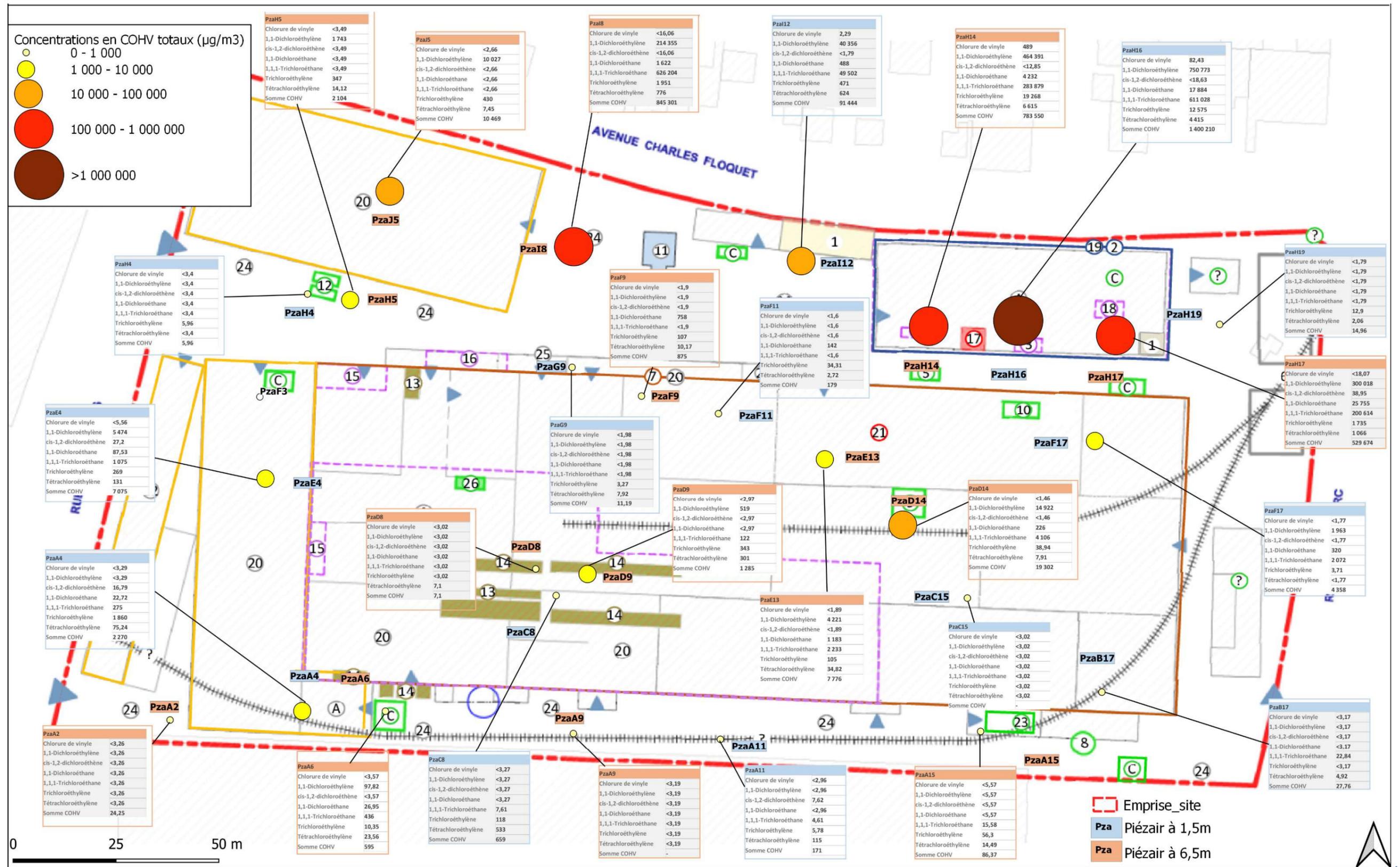


Figure 21 : Cartographie des teneurs en BTEX quantifiées dans les gaz du sol (fond des activités)

La légende du fond de plan est celle du plan en figure 5, les numéros de source au tableau 3





La légende du fond de plan est celle du plan en figure 5, les numéros de source au tableau 3

### **4.13. Caractère partiel des investigations réalisées**

Pour rappel, les investigations décrites précédemment revêtent un caractère provisoire et partiel lié au fait que certaines zones de pollution potentielles n'avaient pas encore été identifiées lors des investigations (étude historique et documentaire encore en cours) mais également au fait que certains secteurs du site étaient encore en exploitation (zones difficilement ou non accessibles du fait de stockages de déchets/activités, coactivité, etc.). Ces zones n'ont donc pas fait l'objet d'investigations et devront donc être menées dans le cadre d'une mise à jour du premier plan de gestion à venir.

## 5. Définition des zones de pollution concentrées

*La mise à jour de 2017 de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués précise que « lorsque des pollutions concentrées sont identifiées [...] la priorité consiste d'abord à déterminer les modalités de suppression des pollutions concentrées, plutôt que d'engager des études pour justifier leur maintien en l'état, en s'appuyant sur la qualité déjà dégradée des milieux ou sur l'absence d'usage de la nappe ».*

*La définition de la pollution concentrée donnée par cette même méthodologie est la suivante : « volume fini de milieu souterrain 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 même en l'absence d'émission dans l'environnement ».*

*L'existence ou non de zones de pollution concentrée doit être établie par la convergence des résultats obtenus d'au moins deux des méthodes suivantes :*

- Interprétation des constats de terrain,
- Interprétation cartographique,
- Analyse statistique,
- Bilan massique,
- Détermination de la présence d'une phase organique dans les sols,
- Approche géostatistique.

*La pollution concentrée, si elle est facilement accessible et non associée à une pollution diffuse, peut être traitée directement sans passer par le plan de gestion.*

*Selon le cas un plan de gestion intégrant une étude des risques sanitaires et environnementaux ainsi qu'un bilan coût/avantage pourra être réalisé afin de déterminer les modes de gestion les plus adaptés.*

### 5.1. Pollution concentrée

La définition des « sources de pollution concentrée » et de l'emprises des « sols contaminés » a été réalisée au droit du site en utilisant le guide de l'UPDS<sup>4</sup> portant sur les travaux du GT Pollution Concentrée mis à jour en avril 2016, et notamment en croisant les résultats de minimum deux méthodes de détermination des pollutions concentrées.

Le guide indique que la définition des zones de pollution concentrée doit être réalisée à l'issue des investigations. Les composés pris en compte dans ce traitement de données sont ceux pour lesquels il

---

<sup>4</sup> La définition proposée par l'UPDS concernant la pollution concentrée est la suivante : 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.

a été mis en évidence la présence d'enjeux sanitaires ou environnementaux et pour lesquels les données étaient disponibles.

Les modalités de gestion des sources de pollution concentrées seront détaillées dans le plan de gestion du site.

### 5.1.1. Polluants identifiés

Dans le cas de la présente étude, les sources de pollution concernent les sols, les gaz des sols et les eaux souterraines puisqu'il a été mis en évidence :

- la présence dans les sols, de plusieurs zones présentant des pollutions significatives en divers composés (Hydrocarbures C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>, C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>, BTEX, HAP, COHV et PCB) en lien avec les activités historiques et/ou actuelles ;
- la présence dans les gaz des sols (27 piézaires prélevés et analysés 1 fois), de plusieurs zones de pollution ponctuelles présentant de fortes anomalies en hydrocarbures, BTEX et/ou COHV en lien avec les pollutions identifiées dans les sols et/ou les eaux souterraines ;
- la présence dans les eaux souterraines :
  - d'un panache de solvants chlorés (sous forme dissoute) d'emprise significative et sortant probablement du site (extension encore à définir compte tenu du peu d'ouvrage disponible) ;
  - d'une poche ou d'un panache en différents hydrocarbures (présence de 7 cm de flottant), notamment des HC C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> dissous (correspondant à un produit lourd) et à des traces de HAP et BTEX.

A noter qu'une problématique sanitaire est également relevée sur site en lien avec les impacts identifiés dans les gaz du sol (milieu intégrateur des impacts présents en phase adsorbée et gazeuse dans les sols et dissoute dans les eaux souterraines) et les sols de surface.

### 5.1.2. Approche statistique - sols

ICF dispose d'une plateforme d'outils, développée en interne par nos ingénieurs informaticiens de l'équipe Modélisation & Spatialisation au sein de la Direction de la Recherche et de l'Innovation et adaptée au contexte méthodologique national, permettant l'identification et la caractérisation des sources de pollution concentrées.

Dans ce cadre, ICF a utilisé l'outil **STATEA – Plan de Gestion**<sup>®</sup>, adapté au contexte méthodologique national, pour le traitement et l'interprétation des résultats analytiques.

L'objectif de l'analyse statistique a été de caractériser la présence du bruit de fond et des valeurs anormales significativement différentes dans la distribution des concentrations.

Ainsi, pour chacun des paramètres représentatifs, il a été fait une analyse statistique intégrant l'ensemble des données disponibles sur le milieu sol. L'analyse statistique réalisée a été basée sur plusieurs approches :

- analyse statistique simple des données (moyenne, max, quantiles Q5 à Q95), variabilité des limites de quantification du laboratoire ;
- analyse des fréquences d'occurrence des concentrations et identification de points de rupture ;
- représentation graphique par gammes de concentrations. Les gammes retenues pour chacun des paramètres ont été choisies afin de disposer d'une bonne représentation des différentes

populations de valeurs. Pour chacun des paramètres, les principales gammes de concentrations sont basées sur les valeurs suivantes :

- une valeur de référence (valeurs CIRE IDF/ASPITET pour les ETM (métaux lourds), seuils d'acceptation des terres en ISDI fixés par l'Arrêté Ministériel du 12/12/2014) ;
- le(s) point(s) de rupture mis en évidence (qui permet(tent) de visualiser un changement dans la distribution des données).

La détermination des ruptures de pente (« seuils de coupure théoriques ») permet la définition des seuils de pollution concentrée qui seront retenus dans le Plan de Gestion et validés par l'Analyse des Risques Résiduels prédictive qui lui est adossé.

Ainsi, pour chacun des paramètres jugés représentatifs, il a été fait une analyse statistique intégrant l'ensemble des données disponibles sur le milieu sol. L'analyse statistique permet de caractériser la présence d'un éventuel bruit de fond et/ou de valeurs anormales significativement différentes dans la distribution des concentrations. Elle permet donc de rechercher et distinguer les différentes populations de valeurs présentes à l'échelle spécifique du site.

### 5.1.2.1. Hydrocarbures C5-C10

#### Statistiques générales

**Tableau 28 : Données statistiques générales en Hydrocarbures C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> dans les sols**

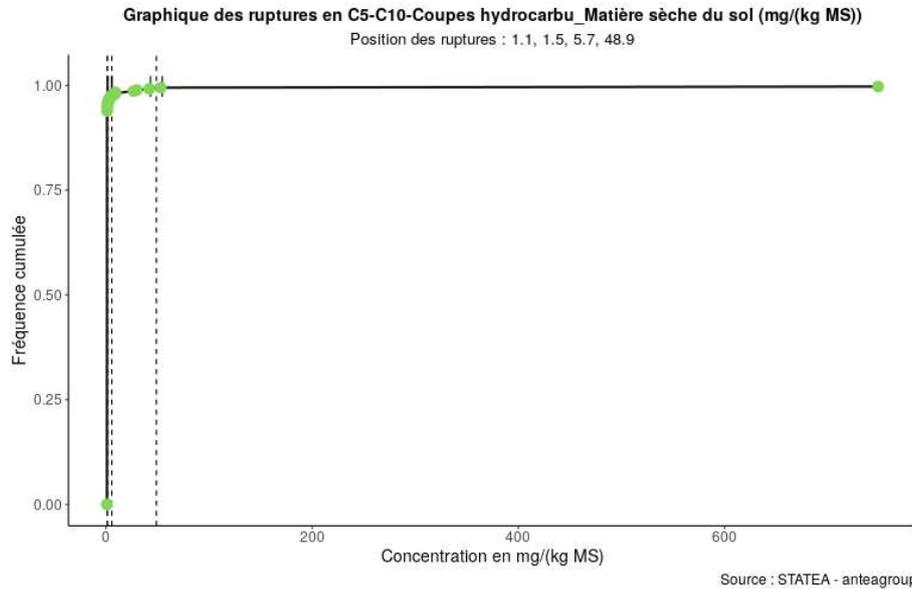
Statistiques générales		Quantiles						
Variable	Valeur	Q05	Q10	Q20	Q25	Q30	Q40	Q50
Paramètre	C5-C10-Coupes hydrocarbu_Matière sèche du sol (mg/(kg MS))	1	1	1	1	1	1	1
Nombre d'analyses	362	Q60	Q70	Q75	Q80	Q90	Q95	Q99
Moyenne	3.59	1	1	1	1	1	1.2	28
Ecart type	39.5							
Maximum	749							
Nombre d'analyses < LQ	340							
LQ max.	1							
LQ plus fréquente	1							

L'analyse statistique pour ce paramètre montre que :

- 90 % des teneurs sont inférieures à 1 mg/kg ;
- 99 % des teneurs sont inférieures à 28 mg/kg.

## Seuils de rupture

**Figure 24 : Détermination des seuils de rupture en Hydrocarbures C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> dans les sols**



Ce graphique met en évidence une rupture de pente maximale à 48,9 mg/kg influencée par le fait que seuls deux points isolés sont situés au-dessus de cette dernière :

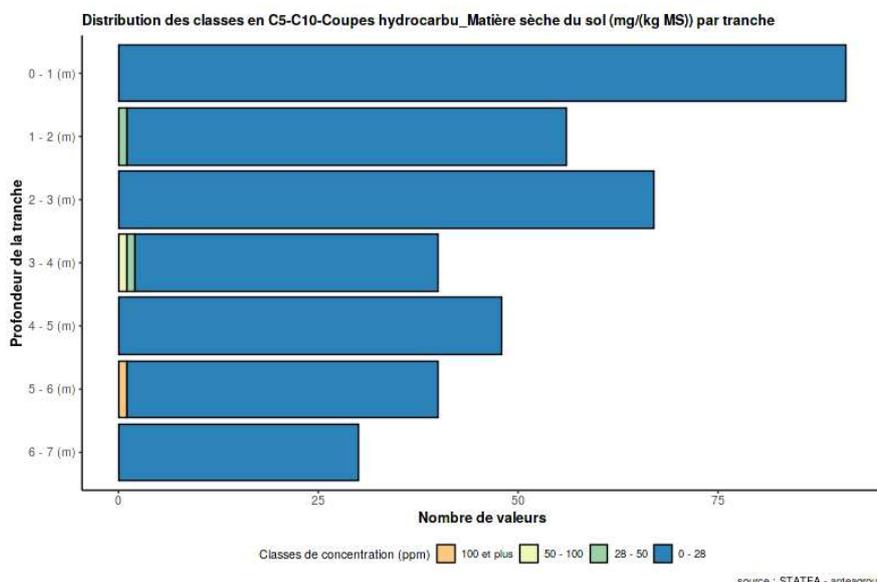
- F18cuve (3-4 m) : teneur de 53,1 mg/kg (équivalente au seuil de coupure),
- F18cuve (5,5-6 m) : teneur de 749 mg/kg.

Dans la mesure où ce seuil de rupture apparaît comme faible et biaisé du fait du faible nombre de données supérieures à celui-ci et où l'une des deux valeurs est relativement proche de la rupture (53,1 mg/kg pour une rupture à 48,9 mg/kg), seul le point F18cuve (5,5-6 m) qui présente une teneur significative et ponctuelle est retenu comme pollution concentrée.

## Répartition des concentrations

La répartition des concentrations en Hydrocarbures C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> en fonction de la profondeur est également rappelée ci-dessous sous forme de graphique :

**Figure 25 : Répartition des seuils en Hydrocarbures C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub> dans les sols en fonction de la profondeur**



### 5.1.2.2. Hydrocarbures C10-C40

#### Statistiques générales

**Tableau 29 : Données statistiques générales en Hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> dans les sols**

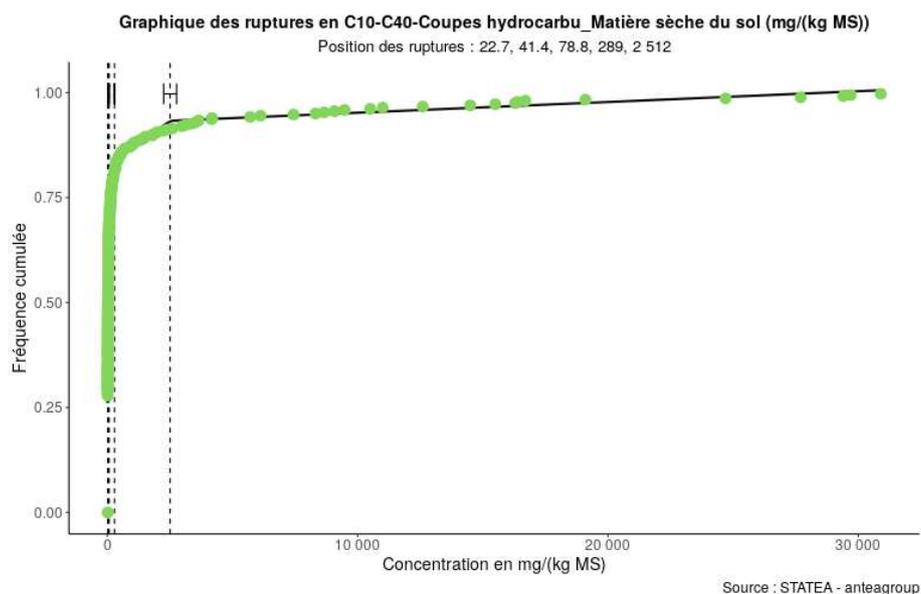
Statistiques générales		Quantiles						
Variable	Valeur	Q05	Q10	Q20	Q25	Q30	Q40	Q50
Paramètre	C10-C40-Coupes hydrocarbu_Matière sèche du sol (mg/(kg MS))	15	15	15	15	16.1	21.9	30.4
Nombre d'analyses	363	Q60	Q70	Q75	Q80	Q90	Q95	Q99
Moyenne	1 130	48.3	90.6	129	242	1 754	7 308	25 840
Ecart type	4 151							
Maximum	30 900							
Nombre d'analyses < LQ	101							
LQ max.	15							
LQ plus fréquente	15							

L'analyse statistique pour ce paramètre montre que :

- 80 % des teneurs sont inférieures à 242 mg/kg ;
- 90 % des teneurs sont inférieures à 1 754 mg/kg,
- 95 % des teneurs sont inférieures à 7 303 mg/kg.

#### Seuils de rupture

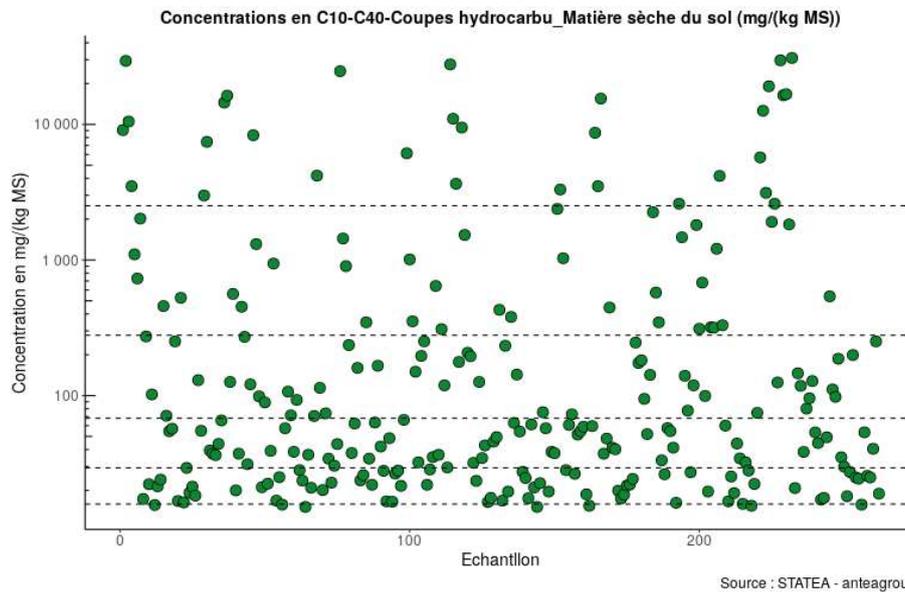
**Figure 26 : Détermination des seuils de ruptures en Hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> dans les sols**



Ce graphique met en évidence une rupture de pente maximale (à une valeur supérieure au seuil ISDI de 500 mg/kg) de 2 512 mg/kg. Cette rupture peut être assimilable à un seuil statistique de pollution concentrée.

**Répartition des concentrations**

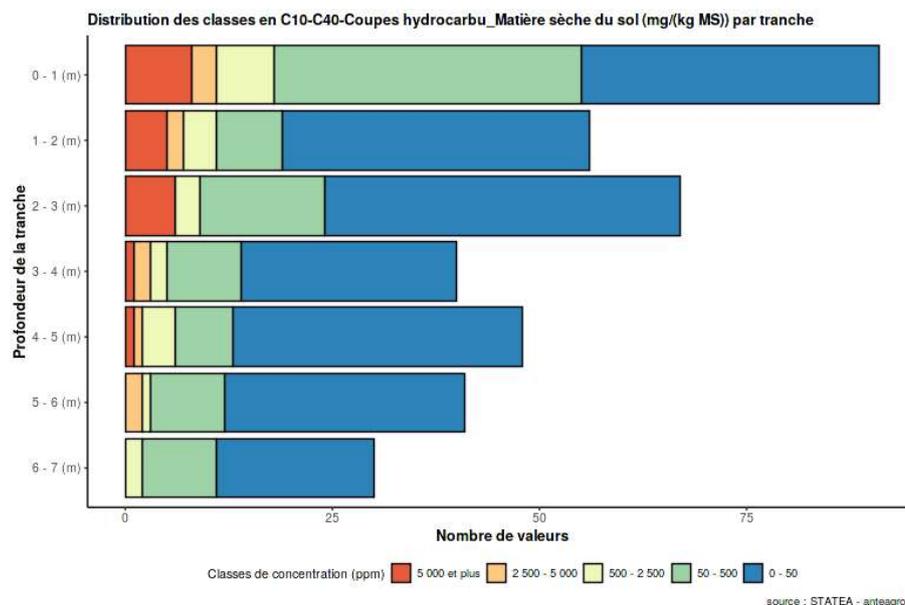
**Figure 27 : Répartition de la population en Hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> dans les sols**



Concernant les différentes populations d'échantillons, peuvent être retenus comme assimilables :

- au bruit de fond du site, ceux dont les teneurs varient entre la LQ et 300 mg/kg ;
- à des sols contaminés, ceux dont les teneurs varient entre 300 et 2 512 mg/kg ;
- à des pollutions concentrées, ceux dont les teneurs sont supérieures à 2 512 mg/kg.

**Figure 28 : Répartition des seuils en Hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> dans les sols en fonction de la profondeur**



La répartition des concentrations en fonction de la profondeur montre que les impacts en Hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> diminuent en concentration et en quantité en fonction de la profondeur. Néanmoins, les valeurs les plus importantes (supérieures à 5 000 mg/kg) sont équitablement réparties sur les tranches 0-1 m, 1-2 m et 2-3 m. Aucune concentration supérieure au seuil de coupure n'a été mesurée entre 6 et 7 m de profondeur. Le nombre de données disponibles est néanmoins moindre pour cette couche (environ 30 données).

### 5.1.2.3. COHV

#### Statistiques générales

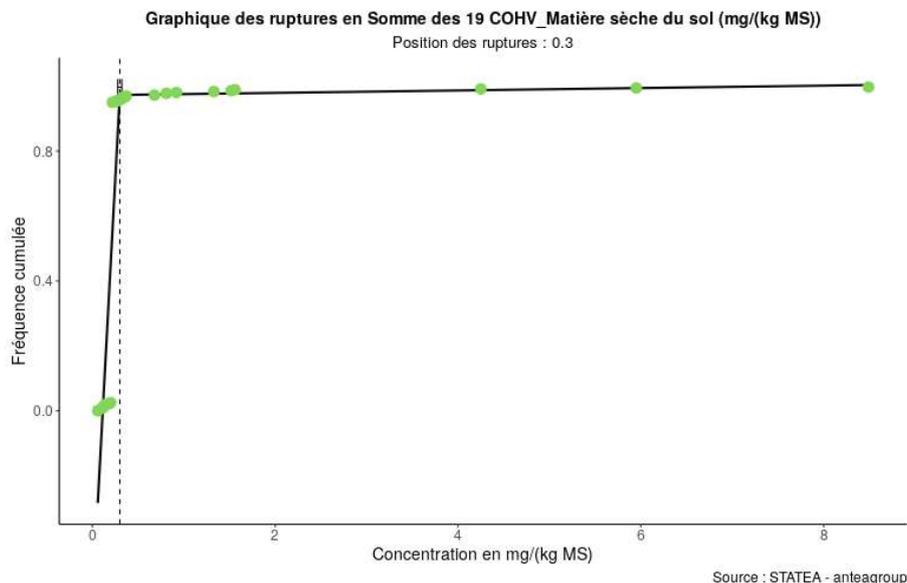
Tableau 30 : Données statistiques générales en COHV dans les sols

Statistiques générales		Quantiles						
Variable	Valeur	Q05	Q10	Q20	Q25	Q30	Q40	Q50
Paramètre	Somme des 19 COHV_Matière sèche du sol (mg/(kg MS))	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Nombre d'analyses	362	Q60	Q70	Q75	Q80	Q90	Q95	Q99
Moyenne	0.27	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.54
Ecart type	0.58							
Maximum	8.49							
Nombre d'analyses < LQ	335							

L'analyse statistique pour les COHV montre que 95% des teneurs sont inférieures à la LQ.

#### Seuils de rupture

Figure 29 : Détermination des seuils de ruptures en COHV dans les sols



Le graphique met en évidence une rupture de pente à 0,3 mg/kg, cette rupture est trop proche de la limite de quantification du composé (LQ de 0,2 mg/kg) et ne peut donc pas être retenue comme un seuil de pollution concentrée dans les sols.

Les COHV étant des composés volatils, leurs propriétés biochimiques et physicochimiques les rendent difficiles à détecter dans les sols (d'autant plus que les sondages ont été réalisés quasi-systématiquement à la tarière mécanique - technique ne permettant pas une bonne caractérisation de ces composés volatils). Aussi, considérant la présence de fortes anomalies dans les gaz des sols au droit du site (milieu intégrateur des impacts présents en phase adsorbée et gazeuse dans les sols et

dissoute dans les eaux souterraines) et la présence d'une problématique sanitaire, les zones de pollutions concentrées en COHV seront étudiées à l'aide des résultats des gaz de sol.

De plus, étant d'usage de considérer qu'au-delà de 2 mg/kg MS, les sols impactés en COHV ne peuvent pas être considérés comme inertes, a minima les 3 points dépassants significativement cette valeur sont assimilés par ICF à une pollution concentrée :

- F15 (1-2 m) - teneur de 4,25 mg/kg,
- F17 (0-1 m) - teneur de 5,95 mg/kg,
- G15 (0-1 m) - teneur de 8,49 mg/kg.

### ✚ **Corrélation**

A titre indicatif, il faut noter que parmi les 19 COHV analysés (dont seuls 7 ont été détectés dans les sols à des concentrations supérieures à la LQ), 5 sont directement corrélés avec l'évolution des concentrations en la somme des COHV (cf. tableau ci-après).

**Tableau 31 : Coefficient de corrélation linéaire des concentrations mesurées dans les sols (COHV)**

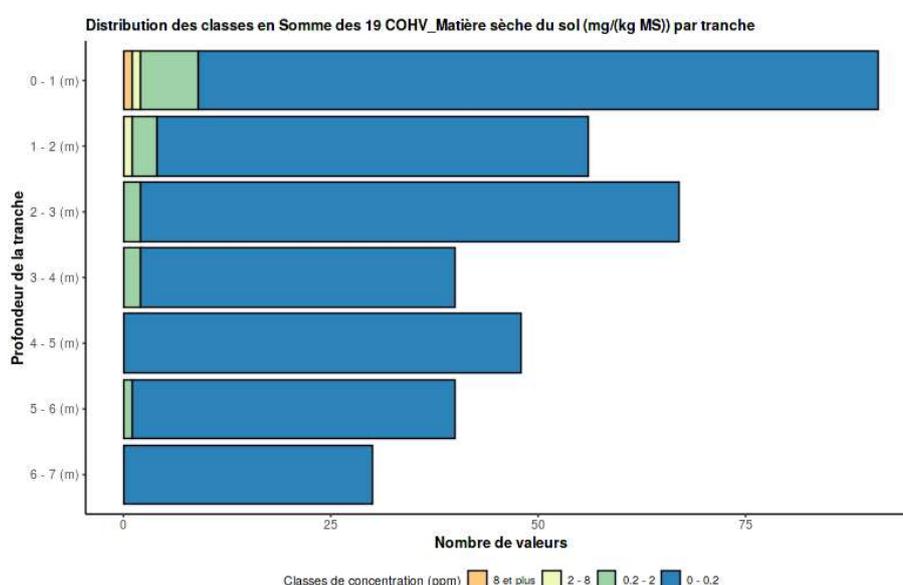
Paramètres	Coefficient de corrélation				
	TCE	PCE	1.1.1-Trichloroéthane	1.1-Dichloroéthène	Tétrachlorure de carbone
COHV (19)	1	1	0,94	0,93	0,8

Pour les deux composés restants :

- le 1.1.2-Trichloroéthane n'est pas corrélé statistiquement à la somme de 19 COHV puisqu'il n'a été quantifié qu'une seule fois en présence de 4 autres COHV et en faible teneur (0,35 mg/kg) représentant 4 % des COHV mesurés ;
- le 1,1-Dichloroéthène n'est pas corrélé statistiquement à la somme de 19 COHV puisqu'il n'a été quantifié que 3 fois en présence d'au moins 3 autres COHV, en teneur faible (0,15 à 0,76 mg/kg) et variant significativement (concentrations représentant 2, 13 et 24 % de la somme des 19 COHV).

### ✚ **Répartition des concentrations**

**Figure 30 : Répartition des seuils en COHV dans les sols en fonction de la profondeur**



La réparation des concentrations en fonction de la profondeur montre que :

- les principaux impacts quantifiés en COHV sont situés (pour les sols) dans les deux premiers mètres :
  - 4,25 mg/kg en F15 (1-2m) avec du 1,1,1 TCA majoritaire,
  - 5,95 mg/kg en G15 (0-1m) correspondant à un mélange de 1,1,1 TCA, 1,1 DCE, 1,1 DCA, et TCE,
  - 8,49 mg/kg en F17 (0-1m) correspondant à un mélange de 1,1,1 TCA, et TCE, associé à des traces de 1,1 DCE, 1,1,2 TCA et PCE.
- des teneurs faibles, inférieures à 2 mg/kg (1,1,1 TCA souvent majoritaire) sont néanmoins présentes plus en profondeur et notamment de 5 à 6 m.

#### 5.1.2.4. Eléments Traces Métalliques (ETM)

Les résultats d'analyses en métaux ont montré la présence diffuse d'ETM dans les sols, l'ensemble des ETM présentant des dépassements des seuils de référence (CIRE-IDF / ASPITET) sont retenus dans l'analyse statistique développée ci-après.

##### 5.1.2.4.1. Arsenic

###### Statistiques générales

**Tableau 32 : Données statistiques générales en arsenic dans les sols**

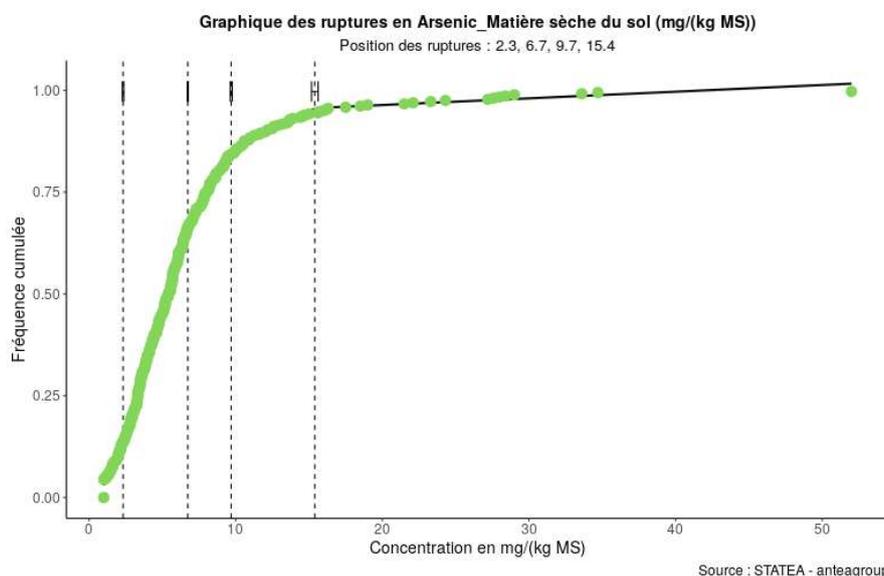
Statistiques générales		Quantiles						
Variable	Valeur	Q05	Q10	Q20	Q25	Q30	Q40	Q50
Paramètre	Arsenic_Matière sèche du sol (mg/(kg MS))	1.16	1.97	2.95	3.32	3.6	4.43	5.41
Nombre d'analyses	362	Q60	Q70	Q75	Q80	Q90	Q95	Q99
Moyenne	6.58	6.11	7.23	7.94	8.73	12	15.7	28.6
Ecart type	5.64							
Maximum	52							
Nombre d'analyses < LQ	18							

L'analyse statistique sur ce paramètre montre que :

- 50% des teneurs sont inférieures à 5,41 mg/kg ;
- 95 % des teneurs sont inférieures à 15,7 mg/kg.

## Seuils de rupture

Figure 31 : Détermination des seuils de ruptures en arsenic dans les sols



Le graphique met en évidence une rupture de pente maximale à 15,4 mg/kg (bien inférieure au seuil ASPITET de 25 mg/kg). Cette coupure ne peut donc être assimilée à un seuil de pollution concentrée. En outre, aucune teneur ne dépassant de 3 fois la valeur de référence CIRE-IDF / ASPITET, ces dernières ne sont pas considérées comme significatives et donc comme des pollutions concentrées.

### 5.1.2.4.2. Plomb

#### Statistiques générales

Tableau 33 : Données statistiques générales en plomb dans les sols

##### Statistiques générales

Variable	Valeur
Paramètre	Plomb_Matière sèche du sol (mg/(kg MS))
Nombre d'analyses	362
Moyenne	26
Ecart type	145
Maximum	2 650
Nombre d'analyses < LQ	129

##### Quantiles

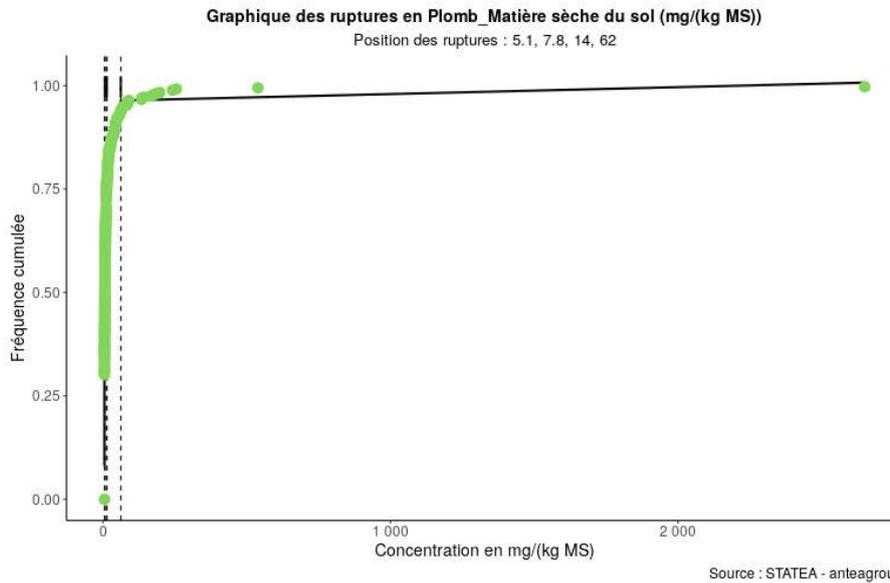
Q05	Q10	Q20	Q25	Q30	Q40	Q50
5	5	5	5	5.01	5.53	6.72
Q60	Q70	Q75	Q80	Q90	Q95	Q99
7.85	10.5	12.2	16.2	42.6	69	215

L'analyse statistique sur ce paramètre montre que :

- 50% des teneurs sont inférieures à 6,72 mg/kg ;
- 95 % des teneurs sont inférieures à 69 mg/kg.

**Seuils de rupture**

**Figure 32 : Détermination des seuils de ruptures en plomb dans les sols**



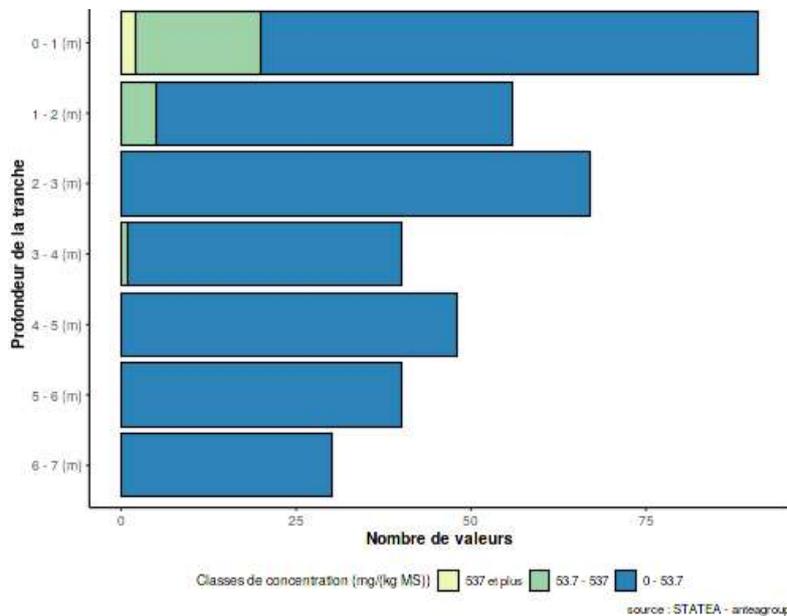
Le graphique met en évidence une rupture de pente maximale à 62 mg/kg. A titre de comparaison le seuil CIRE-IDF / ASPITET étant du même ordre de grandeur (53,7 mg/kg), cette valeur ne peut donc être retenue comme seuil de pollution concentrée.

Deux valeurs ponctuelles présentent néanmoins des concentrations significativement différentes des autres populations. Celles-ci dépassant de plus de 10 fois la valeur de référence CIRE-IDF / ASPITET, elles sont considérées par ICF comme significatives et assimilées à des pollutions concentrées. Il s'agit de :

- B17 (0-1 m) dont la teneur en plomb est de 539 mg/kg,
- F17 (0-1 m) dont la teneur en plomb est de 2 650 mg/kg.

**Répartition des concentrations**

**Figure 33 : Répartition des seuils en plomb dans les sols en fonction de la profondeur**



Ce graphique met en évidence des dépassements du seuil CIRE-IDF essentiellement dans les deux premiers mètres et confirme que les deux anomalies sont bien identifiées dans les sols superficiels (premier mètre de remblais).

#### 5.1.2.4.3. Zinc

##### Statistiques générales

**Tableau 34 : Données statistiques générales en zinc dans les sols**

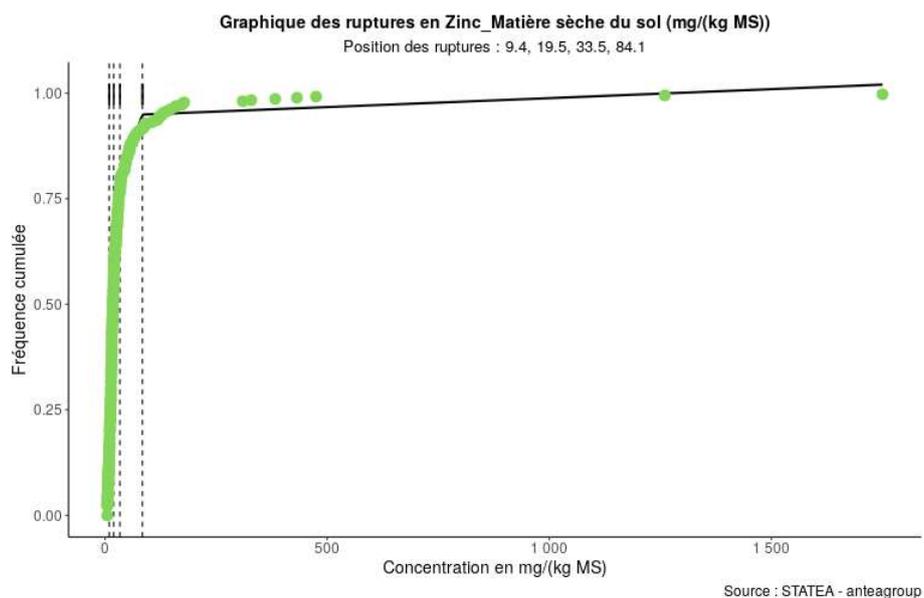
Statistiques générales		Quantiles						
Variable	Valeur	Q05	Q10	Q20	Q25	Q30	Q40	Q50
Paramètre	Zinc_Matière sèche du sol (mg/(kg MS))	5.89	7.62	10.5	12	13.2	15.1	17.4
Nombre d'analyses	362	Q60	Q70	Q75	Q80	Q90	Q95	Q99
Moyenne	41.3	20.6	27.3	29.9	35.5	67.1	127	402
Ecart type	122							
Maximum	1 750							
Nombre d'analyses < LQ	9							

L'analyse statistique sur ce paramètre montre que :

- 50% des teneurs sont inférieures à 17,4 mg/kg ;
- 95 % des teneurs sont inférieures à 127 mg/kg.

##### Seuils de rupture

**Figure 34 : Détermination des seuils de ruptures en zinc dans les sols**



Le graphique met en évidence une rupture de pente maximale à 84,1 mg/kg. Cette valeur étant inférieure au seuil CIRE-IDF (88 mg/kg), elle ne peut être retenue comme seuil de pollution concentrée.

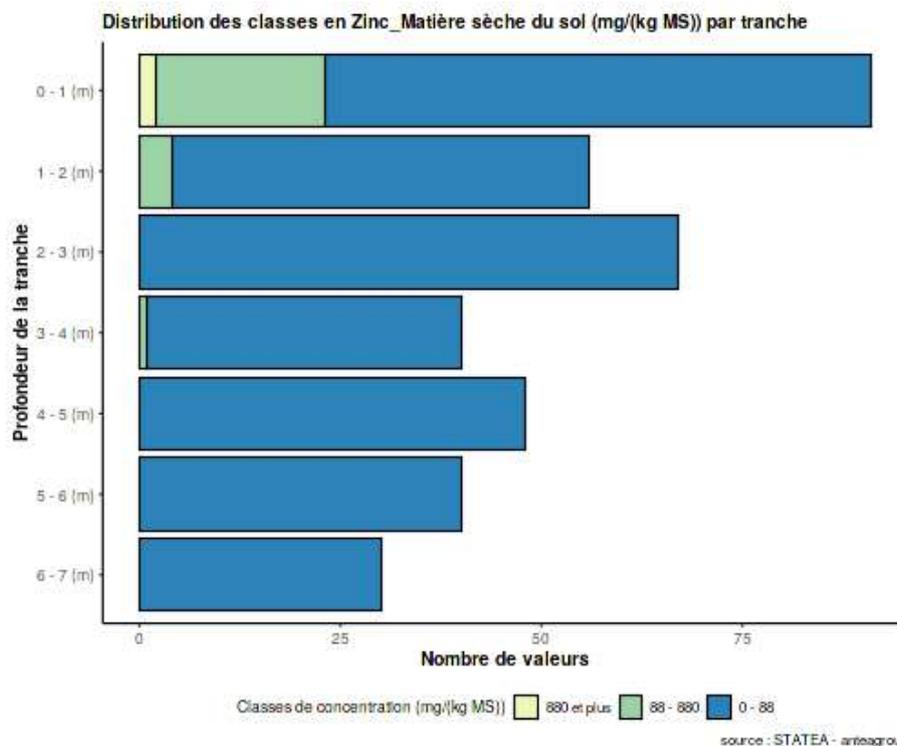
Deux valeurs ponctuelles présentent néanmoins des concentrations significativement différentes des autres populations. Celles-ci dépassant de plus de 10 fois la valeur de référence CIRE-IDF / ASPITET, elles sont considérées par ICF comme significatives et assimilées à des pollutions concentrées.

Il s'agit de :

- B17 (0-1 m) dont la teneur en zinc est de 1750 mg/kg,
- F17 (0-1 m) dont la teneur en zinc est de 1 260 mg/kg.

#### 📊 Répartition des concentrations

**Figure 35 : Répartition des seuils en zinc dans les sols en fonction de la profondeur**



Ce graphique met en évidence des dépassements du seuil CIRE-IDF / ASPITET essentiellement dans les deux premiers mètres et confirme que les deux anomalies sont bien identifiées dans les sols superficiels (premier mètre de remblais).

#### 5.1.2.4.4. Nickel

##### Statistiques générales

Tableau 35 : Données statistiques générales en nickel dans les sols

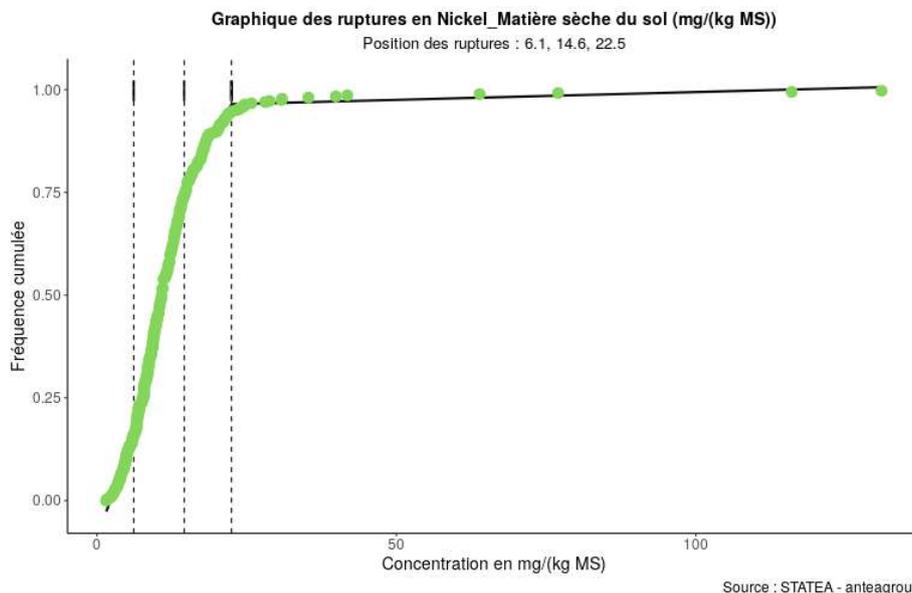
Statistiques générales		Quantiles						
Variable	Valeur	Q05	Q10	Q20	Q25	Q30	Q40	Q50
Paramètre	Nickel_Matière sèche du sol (mg/(kg MS))	3.74	4.83	6.74	7.71	8.3	9.45	10.8
Nombre d'analyses	362	Q60	Q70	Q75	Q80	Q90	Q95	Q99
Moyenne	12.5	12.2	13.7	14.7	15.9	19.9	22.6	50.4
Ecart type	11.1							
Maximum	131							
Nombre d'analyses < LQ	0							

L'analyse statistique sur ce paramètre montre que :

- 50% des teneurs sont inférieures à 10,8 mg/kg ;
- 95 % des teneurs sont inférieures à 22,6 mg/kg.

##### Seuils de rupture

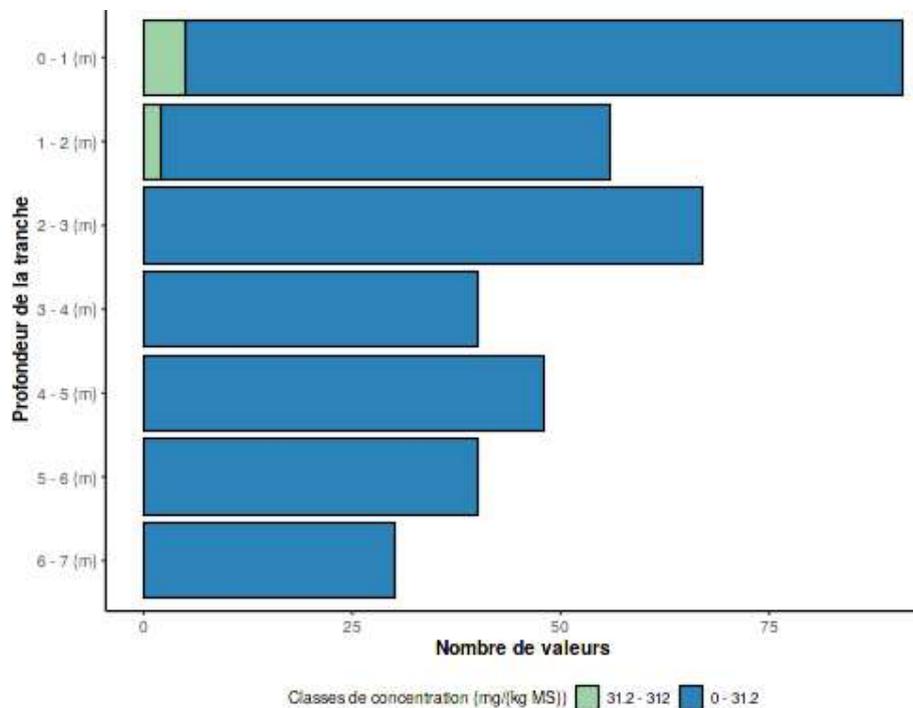
Figure 36 : Détermination des seuils de ruptures en nickel dans les sols



Le graphique met en évidence une rupture de pente maximale à 22,5 mg/kg. Cette valeur étant inférieure au seuil CIRE-IDF (31,2 mg/kg), elle ne peut être assimilable à un seuil de pollution concentrée. En outre, aucune valeur ne dépassant d'un facteur 10 le seuil CIRE-IDF / ASPITET (teneur maximale de 131 mg/kg inférieure à 4 fois ce seuil de référence), ICF considère qu'aucune anomalie en nickel n'est assimilable à une pollution concentrée.

## 📊 Répartition des concentrations

Figure 37 : Répartition des seuils en nickel dans les sols en fonction de la profondeur



Ce graphique met en évidence que les seuls dépassements du seuil CIRE-IDF / ASPITET en nickel se situent tous dans les deux premiers mètres (sols superficiels).

### 5.1.2.4.5. Mercure

#### 📊 Statistiques générales

Tableau 36 : Données statistiques générales en mercure dans les sols

##### Statistiques générales

Variable	Valeur
Paramètre	Mercur_Matière sèche du sol (mg/(kg MS))
Nombre d'analyses	362
Moyenne	0.12
Ecart type	0.12
Maximum	1.79
Nombre d'analyses < LQ	336

##### Quantiles

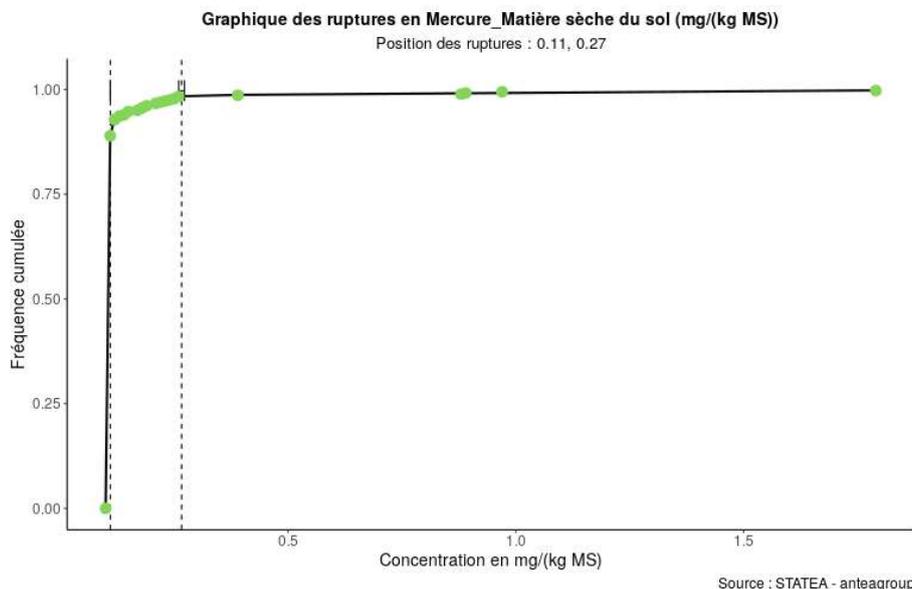
Q05	Q10	Q20	Q25	Q30	Q40	Q50
0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Q60	Q70	Q75	Q80	Q90	Q95	Q99
0.1	0.1	0.1	0.1	0.11	0.15	0.58

L'analyse statistique sur ce paramètre montre que :

- 80% des teneurs sont inférieures à la LQ ;
- 95 % des teneurs sont inférieures à 0,15 mg/kg.

## Seuils de rupture

Figure 38 : Détermination des seuils de ruptures en mercure dans les sols

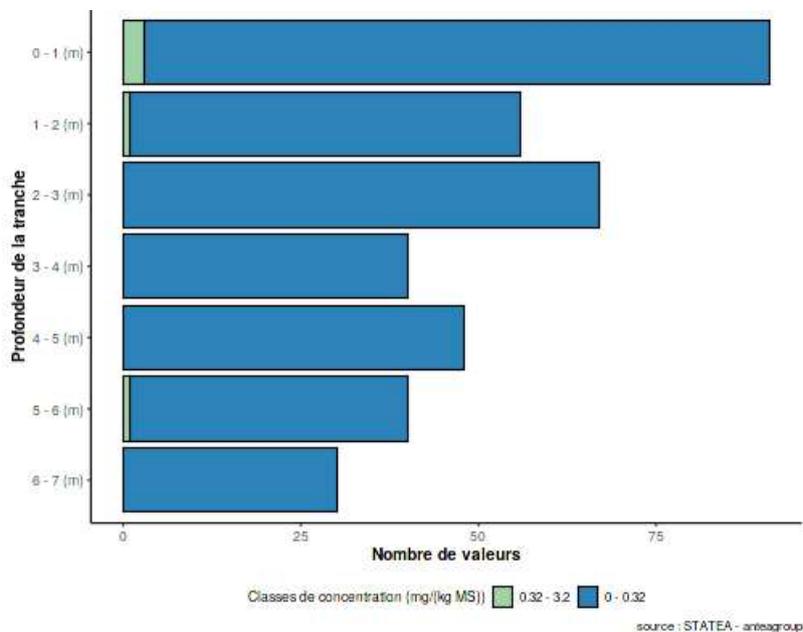


Le graphique met en évidence une rupture de pente maximale à 0,27 mg/kg. A titre de comparaison le seuil CIRE-IDF étant du même ordre de grandeur (0,32 mg/kg), cette valeur ne peut être assimilable à un seuil de pollution concentrée. Aucune valeur ne dépassant de plus de 10 fois la valeur de référence CIRE-IDF / ASPITET, ICF considère qu'aucune anomalie en mercure n'est assimilable à une pollution concentrée.

A noter toutefois que d'après le graphique ci-après, les principaux dépassements du seuil CIRE-IDF / ASPITET pour le mercure se situent essentiellement dans le premier mètre. La valeur la plus significative (1,79 mg/kg) correspond à celle identifiée dans les horizons profonds (5-6m).

## Répartition des concentrations

Figure 39 : Répartition des seuils en mercure dans les sols en fonction de la profondeur



#### 5.1.2.4.6. Cadmium

##### Statistiques générales

**Tableau 37 : Données statistiques générales en cadmium dans les sols**

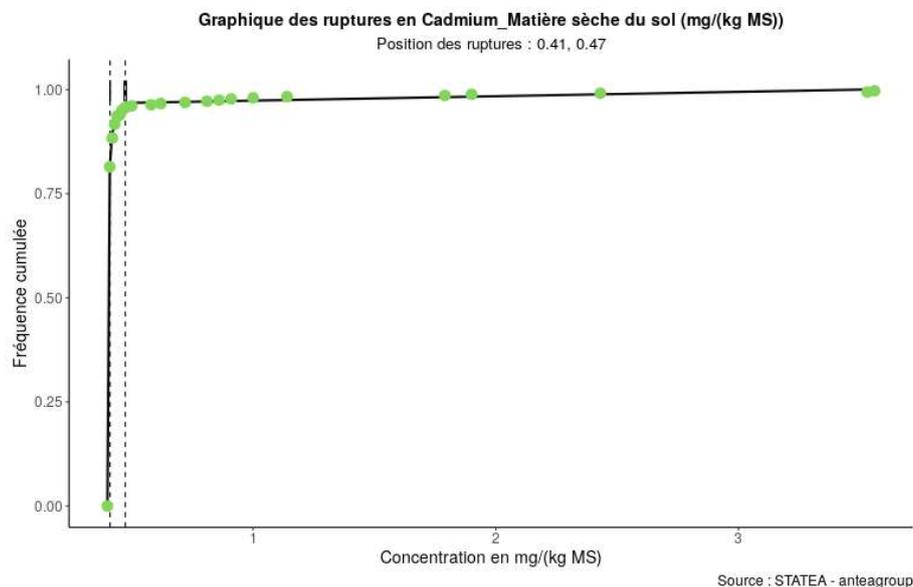
Statistiques générales		Quantiles						
Variable	Valeur	Q05	Q10	Q20	Q25	Q30	Q40	Q50
Paramètre	Cadmium_Matière sèche du sol (mg/(kg MS))	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Nombre d'analyses	362	Q60	Q70	Q75	Q80	Q90	Q95	Q99
Moyenne	0.44	0.4	0.4	0.4	0.4	0.42	0.45	1.83
Ecart type	0.28							
Maximum	3.56							
Nombre d'analyses < LQ	343							

L'analyse statistique sur ce paramètre montre que :

- 50% des teneurs sont inférieures à 0,4 mg/kg ;
- 95 % des teneurs sont inférieures à 0,45 mg/kg.

##### Seuils de rupture

**Figure 40 : Détermination des seuils de ruptures en cadmium dans les sols**

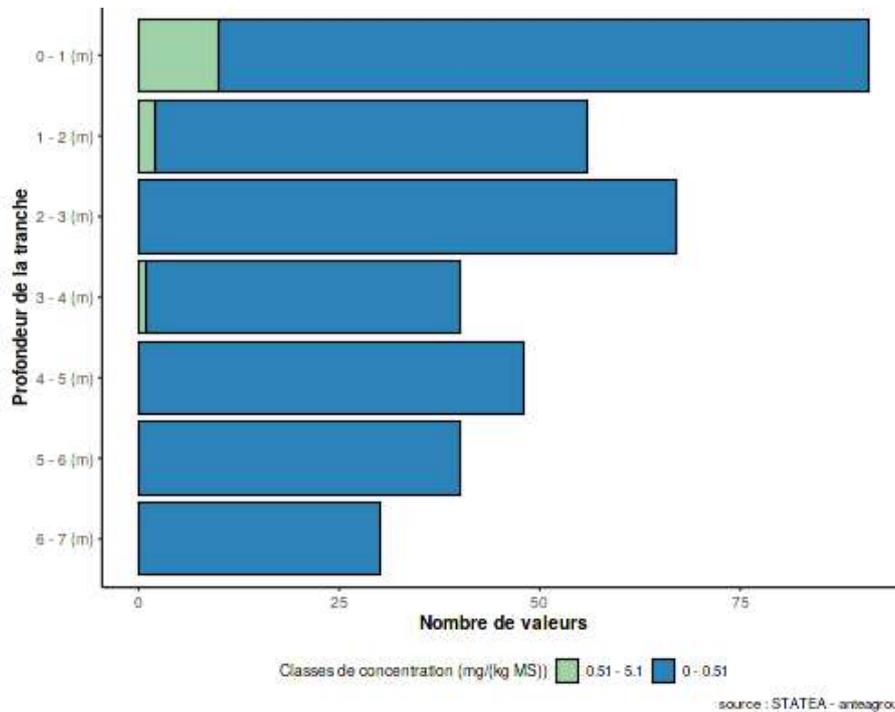


Le graphique met en évidence une rupture de pente maximale à 0,47 mg/kg. A titre de comparaison le seuil CIRE-IDF étant du même ordre de grandeur (0,51 mg/kg), cette valeur ne peut être assimilable à un seuil de pollution concentrée. En outre, aucune valeur ne dépassant de plus de 10 fois la valeur de référence CIRE-IDF / ASPITET, ICF considère qu'aucune anomalie en cadmium n'est assimilable à une pollution concentrée.

## 📊 Répartition des concentrations

A noter toutefois que d'après le graphique ci-après, les principaux dépassements du seuil CIRE-IDF / ASPITET pour le cadmium se situent essentiellement dans le premier mètre.

**Figure 41 : Répartition des seuils en cadmium dans les sols en fonction de la profondeur**



### 5.1.2.4.7. Chrome

#### 📊 Statistiques générales

**Tableau 38 : Données statistiques générales en chrome dans les sols**

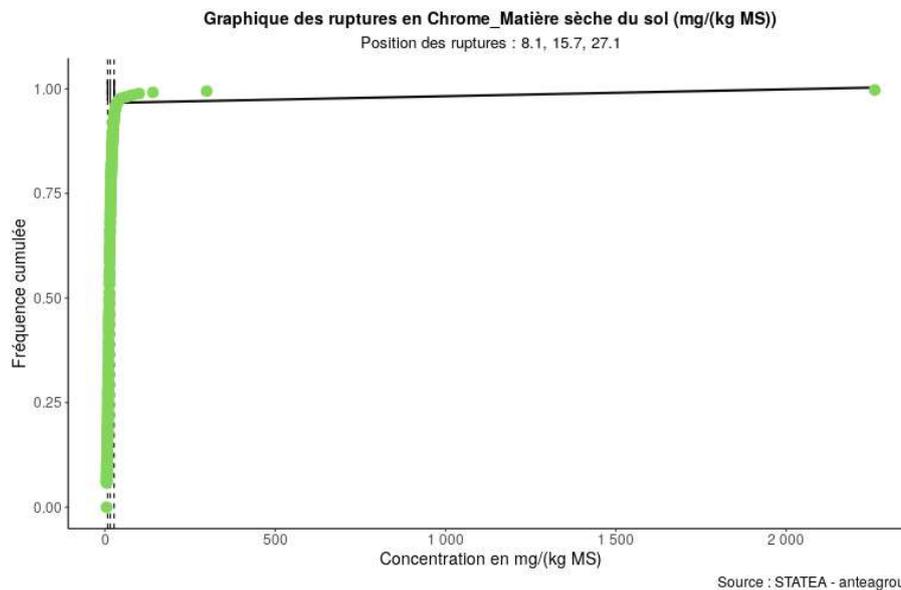
Statistiques générales		Quantiles						
Variable	Valeur	Q05	Q10	Q20	Q25	Q30	Q40	Q50
Paramètre	Chrome_Matière sèche du sol (mg/(kg MS))	5	5.94	8.42	9.14	9.66	10.9	12.6
Nombre d'analyses	362	Q60	Q70	Q75	Q80	Q90	Q95	Q99
Moyenne	21.8	13.9	16	17.3	18.6	23.9	29.3	90.8
Ecart type	120							
Maximum	2 260							
Nombre d'analyses < LQ	24							

L'analyse statistique sur ce paramètre montre que :

- 50% des teneurs sont inférieures à 12,6 mg/kg ;
- 95 % des teneurs sont inférieures à 29,3 mg/kg.

## Seuils de rupture

**Figure 42 : Détermination des seuils de ruptures en chrome dans les sols**

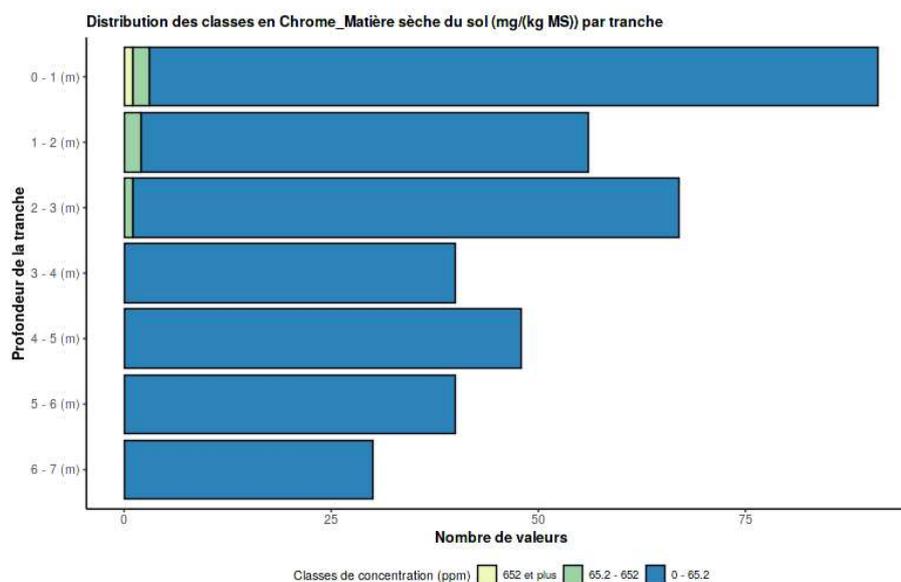


Le graphique met en évidence une rupture de pente maximale à 27,1 mg/kg. Cette valeur étant inférieure au seuil CIRE-IDF / APITET (65,2 mg/kg), cette valeur ne peut donc être retenue comme seuil de pollution concentrée.

Une valeur ponctuelle présente néanmoins une concentration significativement différente des autres populations. Celle-ci dépassant de plus de 10 fois la valeur de référence CIRE-IDF / ASPITET, elle est considérée par ICF comme significative et assimilée à une pollution concentrée. Il s'agit de F11 (0,2-1 m) dont la teneur en chrome est de 2 260 mg/kg.

## Répartition des concentrations

**Figure 43 : Répartition des seuils en chrome dans les sols en fonction de la profondeur**



Le graphique met en évidence :

- des dépassements très ponctuels du seuil CIRE IDF / ASPITET dans les 3 premiers mètres,
- que la seule valeur dépassant d'un facteur 10 le seuil de référence (2 260 mg/kg en F11) se situe dans le premier mètre de remblais.

#### 5.1.2.4.8. Cuivre

##### Statistiques générales

Tableau 39 : Données statistiques générales en cuivre dans les sols

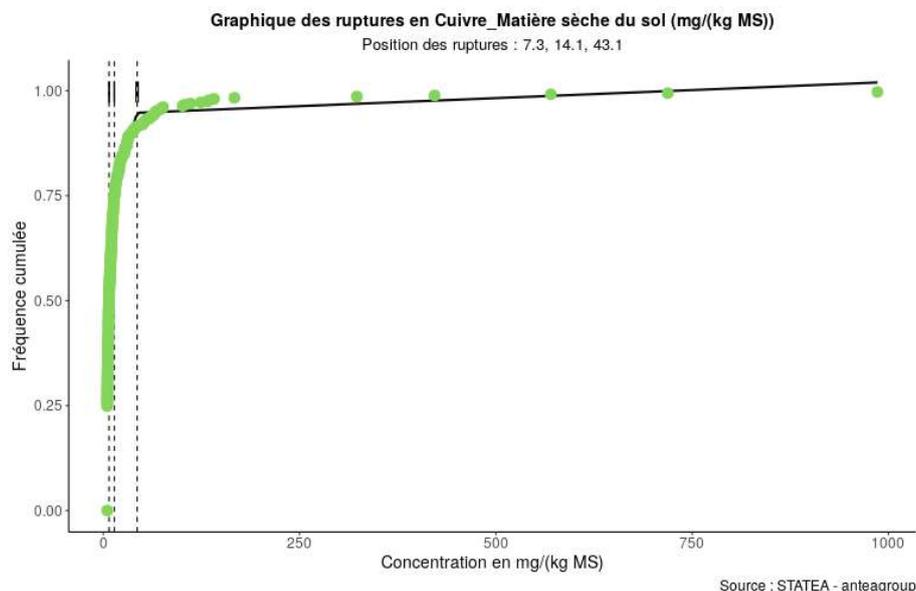
Statistiques générales		Quantiles						
Variable	Valeur	Q05	Q10	Q20	Q25	Q30	Q40	Q50
Paramètre	Cuivre_Matière sèche du sol (mg/(kg MS))	5	5	5	5.02	5.23	6.24	7.27
Nombre d'analyses	362	Q60	Q70	Q75	Q80	Q90	Q95	Q99
Moyenne	23.3	9.37	11.8	13.9	18.2	35.7	65.8	362
Ecart type	77.2							
Maximum	986							
Nombre d'analyses < LQ	102							
LQ max.	5.29							
LQ plus fréquente	5							

L'analyse statistique sur ce paramètre montre que :

- 50% des teneurs sont inférieures à 7,27 mg/kg ;
- 95 % des teneurs sont inférieures à 65,8 mg/kg.

##### Seuils de rupture

Figure 44 : Détermination des seuils de ruptures en cuivre dans les sols



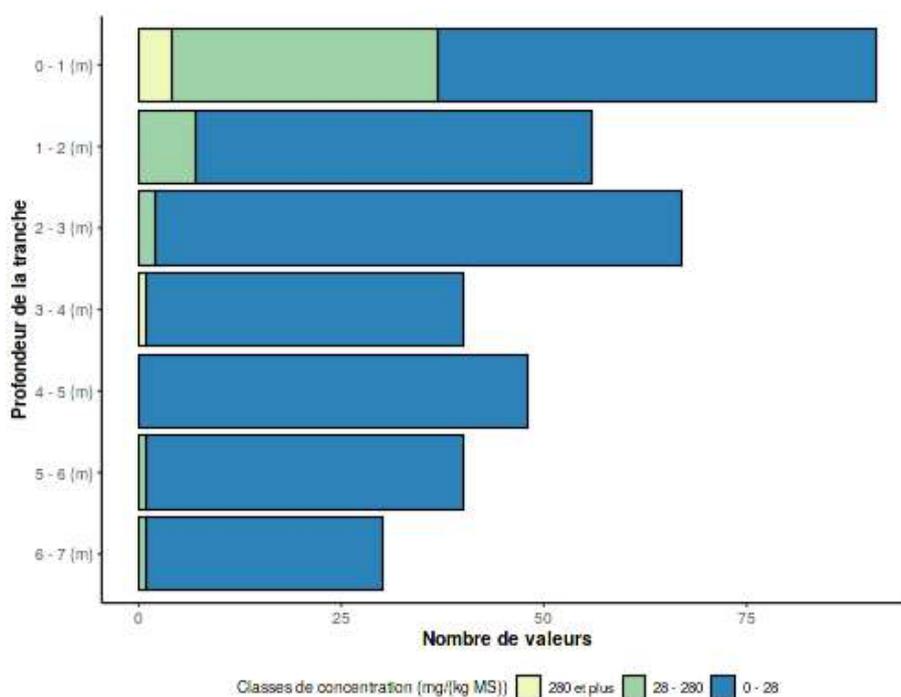
Le graphique met en évidence une rupture de pente maximale à 43,1 mg/kg. A titre de comparaison le seuil CIRE-IDF / ASPITET étant du même ordre de grandeur (28 mg/kg), cette valeur ne peut donc être retenue comme seuil de pollution concentrée.

Cinq valeurs ponctuelles présentent néanmoins une concentration significativement différente des autres populations. Celles-ci dépassant de plus de 10 fois la valeur de référence CIRE-IDF / ASPITET, elles sont considérées par ICF comme significatives et assimilées à une pollution concentrée. Il s'agit de :

- A16 (0-1 m) dont la teneur en cuivre est de 570 mg/kg,
- B17 (0-1 m) dont la teneur en cuivre est de 986 mg/kg,
- F17 (0-1 m) dont la teneur en cuivre est de 422 mg/kg,
- G11 (0-1 m) dont la teneur en cuivre est de 323 mg/kg,
- H14 (3-4 m) dont la teneur en cuivre est de 719 mg/kg.

#### 📊 Répartition des concentrations

Figure 45 : Répartition des seuils en cuivre dans les sols en fonction de la profondeur



Le graphique met en évidence :

- des dépassements du seuil CIRE IDF / ASPITET essentiellement dans le premier mètre, puis de manière moindre dans les deux suivants,
- que sur les 5 valeurs dépassants d'un facteur 10 ce seuil de référence, 4 sont situées dans le premier mètre de remblais.

## ✚ Corrélation

A titre indicatif, afin d'identifier une éventuelle corrélation au sein de la famille des métaux, un calcul des coefficients de corrélation (spearman) a été réalisé pour les métaux présentant des pollutions concentrées (plomb, zinc, chrome et cuivre).

**Tableau 40 : Coefficients de corrélation linéaire des concentrations mesurées dans les sols (ETM)**

Paramètres	Coefficient de corrélation			
	Plomb	Chrome	Zinc	Cuivre
Plomb	-	0,78	0,9	0,82
Chrome	0,78	-	0,85	0,72
Zinc	0,9	0,85	-	0,88
Cuivre	0,82	0,72	0,88	-

**Sur la base de ces calculs, il en ressort qu'une bonne corrélation existe entre ces différents métaux. Néanmoins, s'agissant de pollutions ponctuelles, celles-ci ne peuvent être considérées dans le cas présent.**

Notons néanmoins que les pollutions concentrées ponctuelles identifiées en métaux (plomb, zinc, chrome et cuivre) ne concernent que 6 échantillons A16 (0-1 m), B17 (0-1 m), F11 (0,2-1 m), F17 (0-1 m), G11 (0-1 m) et H14 (3-4 m) et que deux composés métalliques (cuivre et chrome) peuvent être considérés comme des traceurs de ces anomalies.

### 5.1.2.5. BTEX

## ✚ Statistiques générales

**Tableau 41 : Données statistiques générales en BTEX dans les sols**

#### Statistiques générales

Variable	Valeur
Paramètre	BTEX_Matière sèche du sol (mg/(kg MS))
Nombre d'analyses	363
Moyenne	0.07
Ecart type	0.24
Maximum	4.33
Nombre d'analyses < LQ	351

#### Quantiles

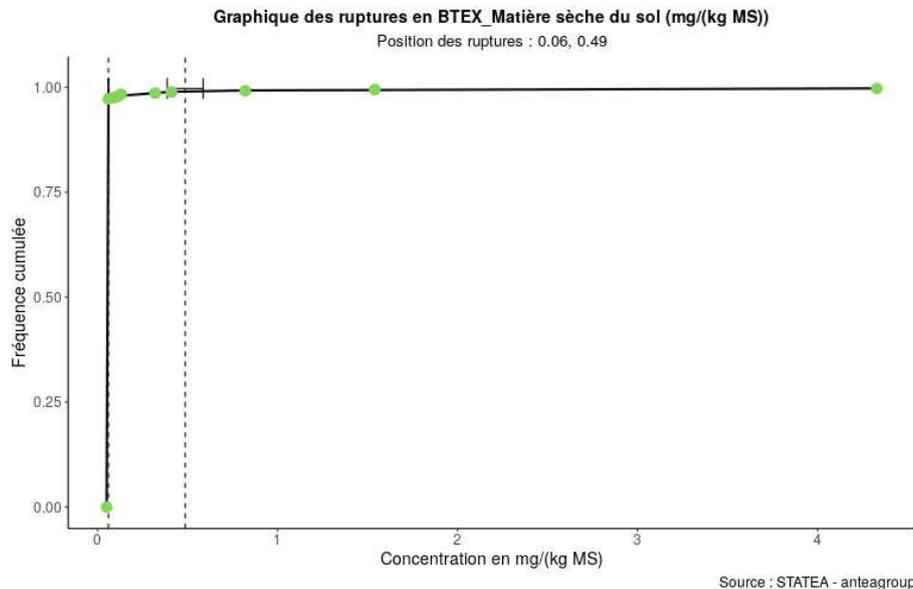
Q05	Q10	Q20	Q25	Q30	Q40	Q50
0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Q60	Q70	Q75	Q80	Q90	Q95	Q99
0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.35

L'analyse statistique pour les BTEX montre que :

- 99% des teneurs sont inférieures à 0,35 mg/kg ;
- 100 % des teneurs sont inférieures au seuil ISDI (6 mg/kg), indicatif de l'absence de pollution concentrée en BTEX.

## Seuils de rupture

Figure 46 : Détermination des seuils de ruptures en BTEX dans les sols



Le graphique met de mettre en évidence une rupture de pente maximale à 0,49 mg/kg. A titre de comparaison le seuil ISDI étant très inférieur (6 mg/kg), celle-ci ne peut donc être retenue comme seuil de pollution concentrée.

Les BTEX étant des composés volatils, leurs propriétés biochimiques et physico-chimiques les rendent difficiles à détecter dans les sols. Aussi, considérant la présence de fortes anomalies dans les gaz des sols au droit du site (milieu intégrateur des impacts présents en phase adsorbée et gazeuse dans les sols et dissoute dans les eaux souterraines) et la présence probable d'une problématique sanitaire associée à ces derniers, les zones de pollutions concentrées en BTEX seront étudiées et délimitées à l'aide des résultats des gaz de sol.

Notons toutefois que les deux principales anomalies en BTEX (C15 de 1 à 2 m pour 1,54 mg/kg et F18cuve de 5,5 à 6 m pour 4,33 mg/kg) sont toutes deux situées au sein de sols dans lesquels sont identifiés des pollutions concentrées de type hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> (teneur dans ces échantillons supérieur à 5 mg/kg d'HC C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>).

A titre indicatif, notons également que l'échantillon présentant la plus forte teneur en BTEX est également celui impacté le plus significativement par des hydrocarbures volatils C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>.

### 5.1.2.6. PCB

#### Statistiques générales

Tableau 42 : Données statistiques générales en PCB dans les sols

##### Statistiques générales

Variable	Valeur
Paramètre	Somme des 7 PCBs_Matière sèche du sol (mg/(kg MS))
Nombre d'analyses	363
Moyenne	0.036
Ecart type	0.13
Maximum	1.31
Nombre d'analyses < LQ	323
LQ max.	0.08
LQ plus fréquente	0.01

##### Quantiles

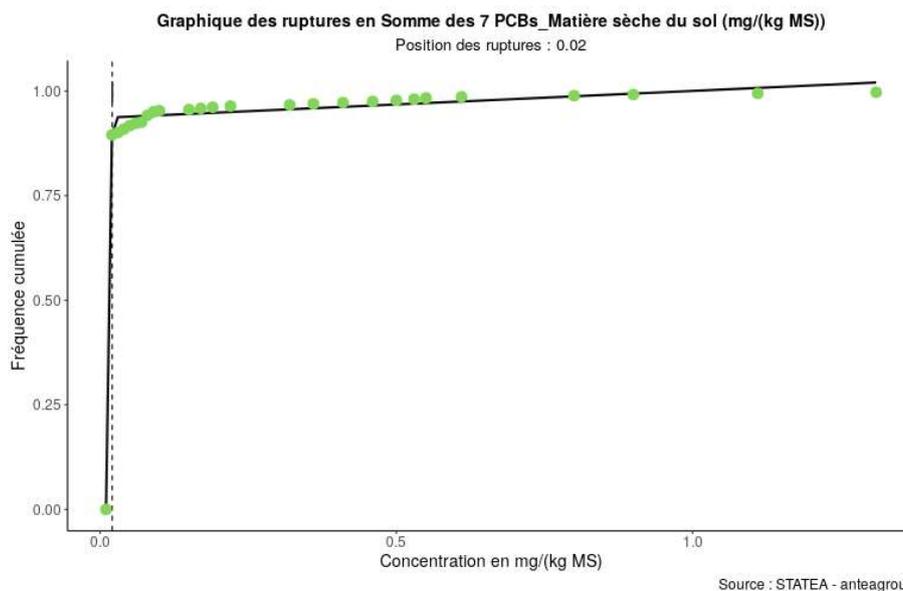
Q05	Q10	Q20	Q25	Q30	Q40	Q50
0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Q60	Q70	Q75	Q80	Q90	Q95	Q99
0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.08	0.68

L'analyse statistique pour les PCB montre que :

- 95% des teneurs sont inférieures à 0,08 mg/kg ;
- 99 % des teneurs sont inférieures à 0,68 mg/kg.

#### Seuils de rupture

Figure 47 : Détermination des seuils de ruptures en PCB dans les sols



Le graphique met en évidence une rupture de pente à 0,02 mg/kg pour une limite de quantification à 0,01 mg/kg, cette rupture étant trop proche de la limite de quantification, elle ne peut pas être retenue comme seuil de pollution concentrée dans les sols. En outre, aucune teneur ne dépassant au minimum de 2 à 3 fois la valeur seuil ISDI, ces dernières ne sont pas considérées comme significatives et donc comme pollutions concentrées.

A titre informatif, les deux valeurs ponctuelles dépassant le seuil ISDI de 1 mg/kg sont F9 (1-2m) avec 1,1 mg/kg et I10 (1-2m) avec 1,31 mg/kg (toutes deux situées dans les remblais).

### 5.1.2.7. HAP

#### Statistiques générales

**Tableau 43 : Données statistiques générales en HAP dans les sols**

##### Statistiques générales

Variable	Valeur
Paramètre	Somme HAP (16) - EPA_Matière sèche du sol (mg/(kg MS))
Nombre d'analyses	363
Moyenne	1.51
Ecart type	12
Maximum	220
Nombre d'analyses < LQ	244

##### Quantiles

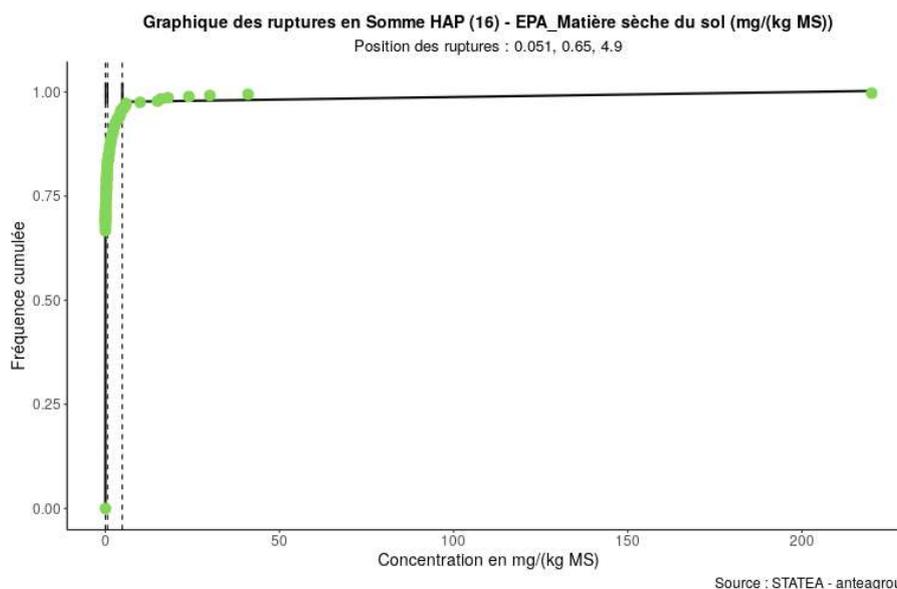
Q05	Q10	Q20	Q25	Q30	Q40	Q50
0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Q60	Q70	Q75	Q80	Q90	Q95	Q99
0.05	0.072	0.26	0.46	1.96	4.29	20.3

L'analyse statistique pour les HAP montre :

- 60% des teneurs sont inférieures à la LQ mg/kg ;
- 99 % des teneurs sont inférieures à 20,3 mg/kg.

#### Seuils de rupture

**Figure 48 : Détermination des seuils de ruptures en HAP dans les sols**



Le graphique met en évidence une rupture de pente maximale à 4,9 mg/kg. A titre de comparaison le seuil ISDI en HAP étant de 50 mg/kg, cette valeur ne peut donc pas être retenue comme un seuil de pollution concentrée.

Une valeur ponctuelle présente toutefois une concentration significativement différente des autres populations. Celle-ci dépassant de plus de 4 fois la valeur de référence ISDI ainsi qu'une teneur significative en naphtalène (3,1 mg/kg), elle est considérée par ICF comme une pollution concentrée. Il s'agit de G4 (0-1 m).

#### **5.1.2.8. Conclusion de l'analyse statistique**

Le tableau ci-dessous (établi à l'issue de l'analyse statistique) fait la synthèse des pollutions retenues. Les paramètres indiqués en rouge étant ceux pour lesquels l'analyse statistique a conclu à la présence a minima d'une zone de pollution concentrée et pour laquelle la définition de cette emprise se poursuit.

Tableau 44 : Synthèse des pollutions retenues à l'issue de l'analyse statistique

Paramètre	Seuil de coupure théorique (mg/kg)	Seuil retenu (mg/kg)	Commentaires
<b>Hydrocarbures C5-C10</b>	48,9	Non	Le seuil de rupture apparaît comme faible et biaisé du fait du faible nombre de données supérieures à celui-ci. De fortes anomalies dans les gaz des sols au droit du site étant constatées et une problématique sanitaire devant être considérée, les zones de pollutions concentrées en hydrocarbures légers seront également étudiées à l'aide des résultats des gaz de sol. Seul le point F18cuve (5,5-6 m) qui présente une teneur significative et ponctuelle retenue comme pollution concentrée sol.
<b>Hydrocarbures C10-C40</b>	2 512	Oui	Cette rupture est assimilable à un seuil de pollution concentrée, cependant le nombre de données disponible en profondeur à proximité des anomalies reste moindre (origine du flottant constaté / pollution présente en profondeur non caractérisée ?)
<b>COHV</b>	0,3	Non	Seuil théorique très faible et proche de la LQ (0,2 mg/kg) De fortes anomalies dans les gaz des sols au droit du site étant constatées et une problématique sanitaire devant être considérée, les zones de pollutions concentrées en COHV seront également étudiées à l'aide des résultats des gaz de sol. De plus, étant d'usage de considérer qu'au-delà de 2 mg/kg MS, les sols impactés en COHV ne peuvent pas être considérés comme inertes, a minima les 3 points dépassant significativement cette valeur sont assimilés par ICF à une pollution concentrée : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ F15 (1-2 m) - teneur de 4,25 mg/kg,</li> <li>▪ F17 (0-1 m) - teneur de 5,95 mg/kg,</li> <li>▪ G15 (0-1 m) - teneur de 8,49 mg/kg</li> </ul>
<b>Arsenic</b>	15,4	Non	Ce seuil de coupure ne peut pas être assimilé à un seuil de pollution concentrée Aucune teneur ne dépassant de 3 fois (et <i>de facto</i> de 10 fois) la valeur de référence CIRE-IDF / ASPITET, aucune pollution concentrée n'est identifiée.
<b>Plomb</b>	62	Non	Ce seuil de coupure ne peut pas être assimilé à un seuil de pollution concentrée (seuil CIRE-IDF / ASPITET du même ordre de grandeur) Deux valeurs ponctuelles présentent néanmoins des concentrations significativement différentes des autres populations. Celles-ci dépassant de plus de 10 fois la valeur de référence CIRE-IDF / ASPITET, elles sont considérées par ICF comme significatives et assimilées à des pollutions concentrées. Il s'agit de : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ B17 (0-1 m) dont la teneur en plomb est de 539 mg/kg,</li> <li>▪ F17 (0-1 m) dont la teneur en plomb est de 2 650 mg/kg.</li> </ul>
<b>Zinc</b>	84,1	Non	Ce seuil de coupure ne peut pas être assimilé à un seuil de pollution concentrée (seuil CIRE-IDF / ASPITET plus important) Deux valeurs ponctuelles présentent néanmoins des concentrations significativement différentes des autres populations. Celles-ci dépassant de plus de 10 fois la valeur de référence CIRE-IDF / ASPITET, elles sont considérées par ICF comme significatives et assimilées à des pollutions concentrées. Il s'agit de : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ B17 (0-1 m) dont la teneur en zinc est de 1750 mg/kg</li> <li>▪ F17 (0-1 m) dont la teneur en zinc est de 1 260 mg/kg</li> </ul>
<b>Nickel</b>	22,5	Non	Ce seuil de coupure ne peut pas être assimilé à un seuil de pollution concentrée (seuil CIRE-IDF / ASPITET plus important) Aucune teneur ne dépassant de 10 fois la valeur de référence CIRE-IDF / ASPITET, aucune pollution concentrée n'est identifiée.
<b>Mercure</b>	0,27	Non	Ce seuil de coupure ne peut pas être assimilé à un seuil de pollution concentrée (seuil CIRE-IDF / ASPITET du même ordre de grandeur) Aucune teneur ne dépassant de 10 fois la valeur de référence CIRE-IDF / ASPITET, aucune pollution concentrée n'est identifiée.
<b>Cadmium</b>	0,47	Non	Ce seuil de coupure ne peut pas être assimilé à un seuil de pollution concentrée (seuil CIRE-IDF / ASPITET du même ordre de grandeur) Aucune teneur ne dépassant de 10 fois la valeur de référence CIRE-IDF / ASPITET, aucune pollution concentrée n'est identifiée.
<b>Chrome</b>	27,1	Non	Ce seuil de coupure ne peut pas être assimilé à un seuil de pollution concentrée (seuil CIRE-IDF / ASPITET plus important) Une valeur ponctuelle présente néanmoins une concentration significativement différente des autres populations. Celle-ci dépassant de plus de 10 fois la valeur de référence CIRE-IDF / ASPITET, elle est considérée par ICF comme significative et assimilée à une pollution concentrée. Il s'agit de F11 (0,2-1 m) dont la teneur en chrome est de 2 260 mg/kg.
<b>Cuivre</b>	43,1	Non	Ce seuil de coupure ne peut pas être assimilé à un seuil de pollution concentrée (seuil CIRE-IDF / ASPITET du même ordre de grandeur) Cinq valeurs ponctuelles présentent néanmoins une concentration significativement différentes des autres populations. Celles-ci dépassant de plus de 10 fois la valeur de référence CIRE-IDF / ASPITET, elles sont considérées par ICF comme significatives et assimilées à une pollution concentrée. Il s'agit de : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ A16 (0-1 m) dont la teneur en cuivre est de 570 mg/kg</li> <li>▪ B17 (0-1 m) dont la teneur en cuivre est de 986 mg/kg</li> <li>▪ F17 (0-1 m) dont la teneur en cuivre est de 422 mg/kg</li> <li>▪ G11 (0-1 m) dont la teneur en cuivre est de 323 mg/kg</li> <li>▪ H14 (3-4 m) dont la teneur en cuivre est de 719 mg/kg</li> </ul>
<b>BTEX</b>	0,49	Non	Seuil théorique très faible et inférieur au seuil ISDI De fortes anomalies dans les gaz des sols au droit du site étant constatées et une problématique sanitaire devant être considérée, les zones de pollutions concentrées en BTEX seront également étudiées à l'aide des résultats des gaz de sol.
<b>7 PCB</b>	0,02	Non	Seuil théorique très faible et proche de la LQ (0,01 mg/kg) Teneurs inférieures ou proches de la limite de quantification, aucune pollution concentrée n'est donc identifiée.
<b>16 HAP</b>	4,9	Non	Seuil théorique très faible et inférieur au seuil ISDI Une valeur ponctuelle présente néanmoins une concentration significativement différente des autres populations. Celle-ci dépassant de plus de 4 fois la valeur seuil ISDI, elle est considérée par ICF comme significative et assimilée à une pollution concentrée. Il s'agit de G4 (0-1 m) dont la teneur en HAP est de 220 mg/kg dont 3,1 mg/kg de naphtalène.

### 5.1.3. Approche cartographique - Sols

Faisant suite à l'approche statistique menée précédemment, une cartographie des anomalies ponctuelle et concentrées est présentée en figures 49 à 57 pour les paramètres retenus par tranche de 1 m à partir de la surface du sol jusqu'à 7 m de profondeur. Toutes les planches sont fournies y compris celles :

- ne présentant pas de dépassement des seuils ainsi définis,
- dont le nombre de points est insuffisant pour permettre une réelle représentativité graphique.

Les cartographies des teneurs en polluant ont été construites à l'aide de l'outil **STATEA – Plan de Gestion®** selon un maillage usuellement appliqué de 15 x 15 m et selon des tranches de profondeur par pas de 1 m selon la méthode d'interpolation du plus proche voisin.

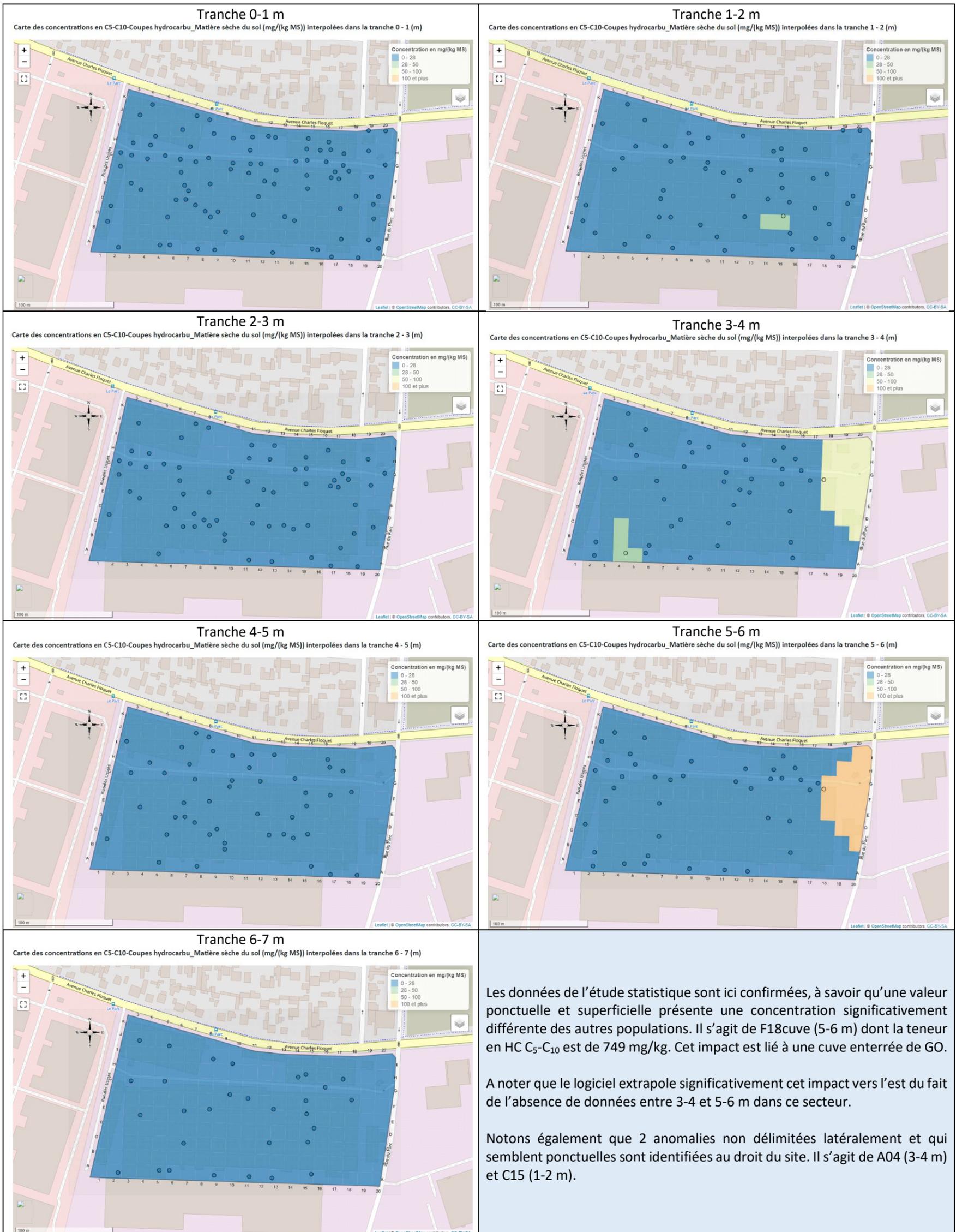
A noter que du fait de la différence de profondeur des sondages et de leur répartition (3 m en partie est du site, là où n'étaient pas prévus de sous-sols et/ou identifiés des sources profondes pour 6,5 m environ ailleurs) sur les tranches les plus profondes (à partir de 3 m), les données sont moins nombreuses et les cartographies perdent en précision. Certaines zones, sont moins bien caractérisées en raison de contraintes d'accès.

Les seuils utilisés pour les cartographies sont les suivants :

Code couleur	Intervalles ETM	Intervalles organiques
	Teneur < LQ du laboratoire	
	LQ du laboratoire ≤ teneur < borne supérieure gamme de valeurs couramment observées dans les sols "ordinaires"	LQ du laboratoire ≤ teneur < 1 <sup>er</sup> seuil de coupure théorique/seuil ISDI
	Seuil CIRE-IDF/ASPITET ≤ teneur < Seuil CIRE-IDF/ASPITET (facteur 10)	1 <sup>er</sup> seuil de coupure théorique/seuil ISDI ≤ teneur < 1 <sup>er</sup> seuil de coupure théorique/seuil ISDI
	teneur > Seuil CIRE-IDF/ASPITET (facteur 10)	seuil de coupure retenu ≤ teneur < valeur remarquable
	-	teneur > valeur remarquable

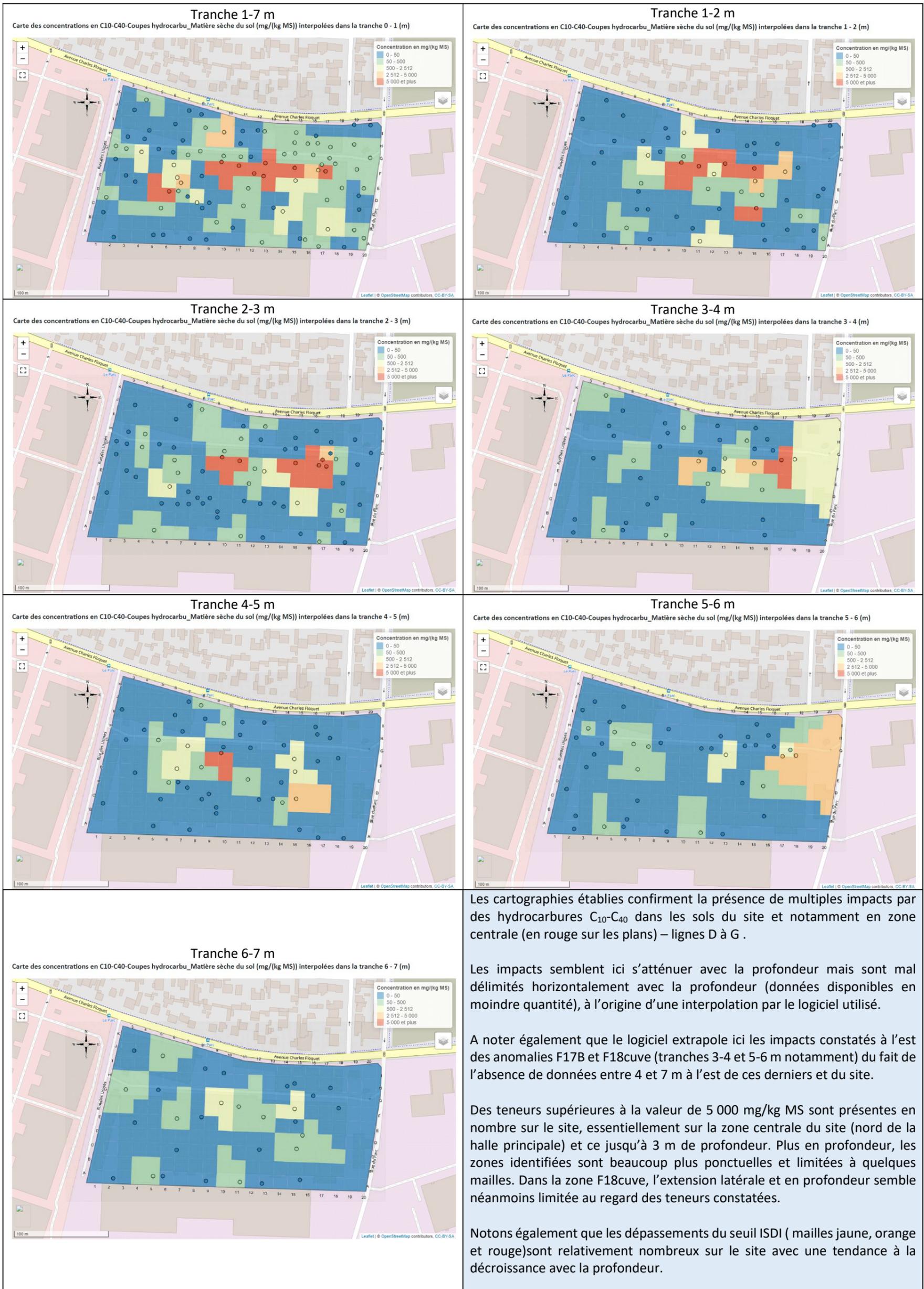
5.1.3.1. Hydrocarbures C5-C10

Figure 49 : Cartographie des impacts en hydrocarbures C5-C10 dans les sols



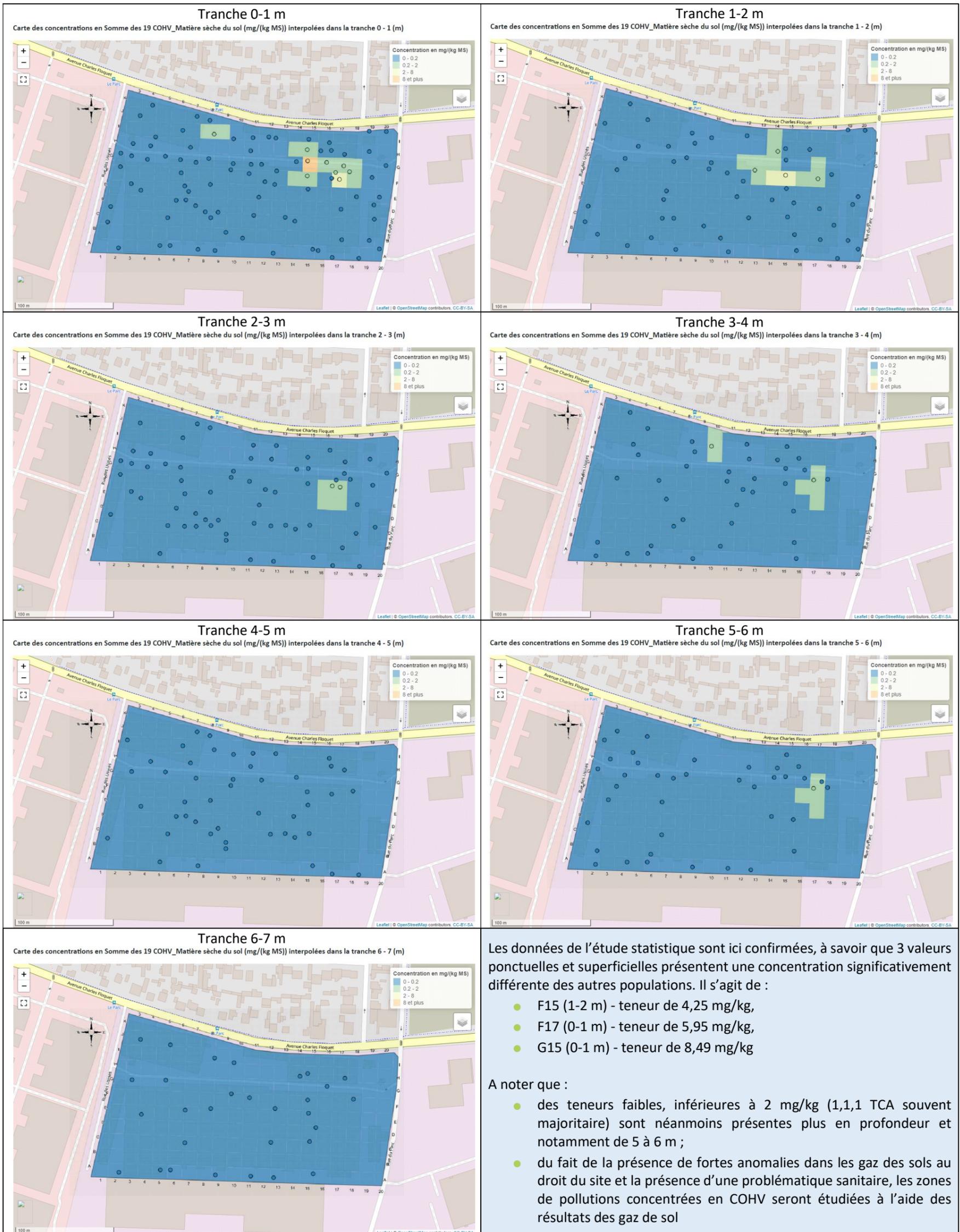
### 5.1.3.2. Hydrocarbures C10-C40

Figure 50 : Cartographie des impacts en hydrocarbures C10-C40 dans les sols



5.1.3.3. COHV

Figure 51 : Cartographie des impacts en COHV dans les sols



5.1.3.4. ETM

5.1.3.4.1. Plomb

Figure 52 : Cartographie des impacts en Plomb dans les sols



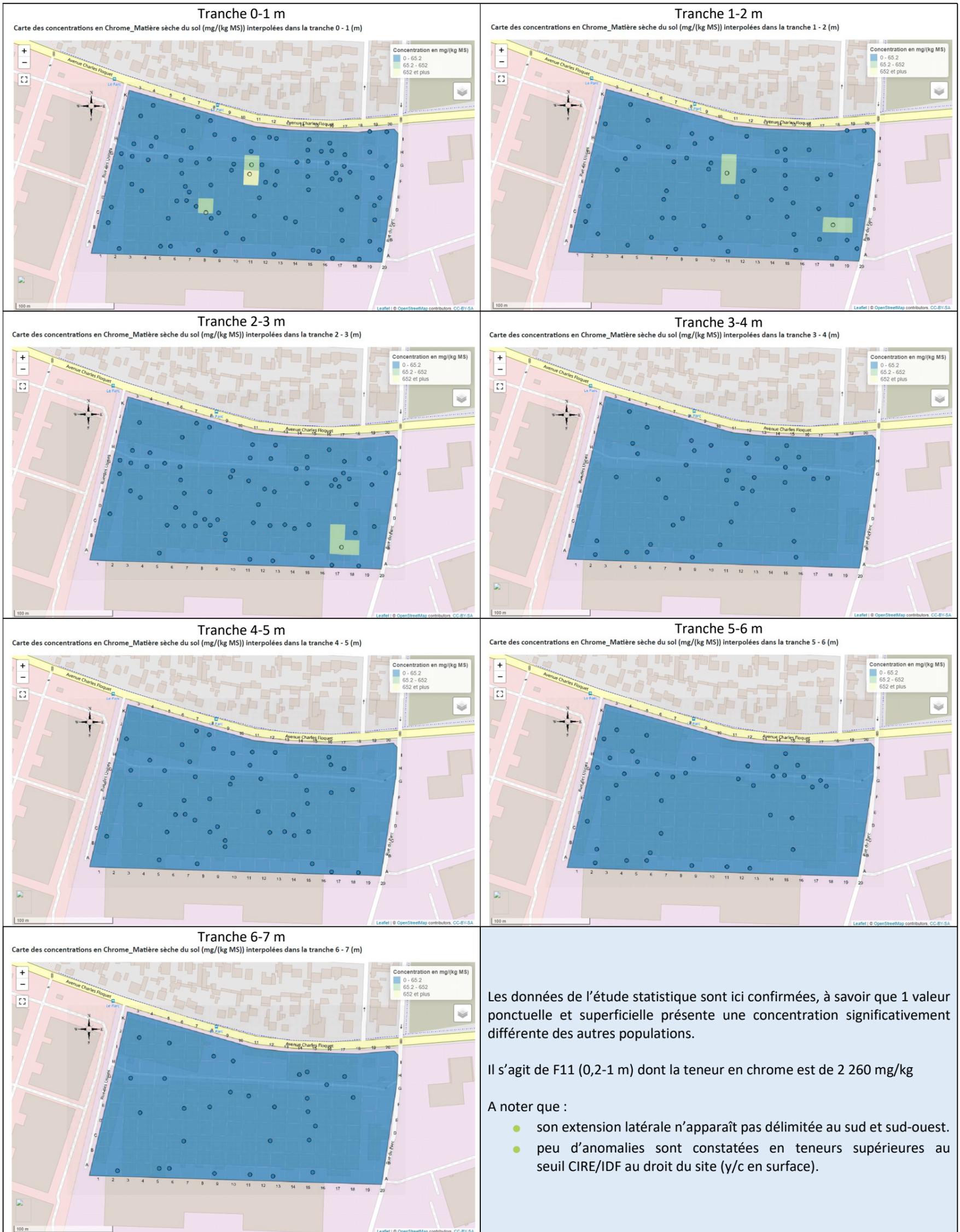
5.1.3.4.2. Zinc

Figure 53 : Cartographie des impacts en Zinc dans les sols



5.1.3.4.3. Chrome

Figure 54 : Cartographie des impacts en Chrome dans les sols



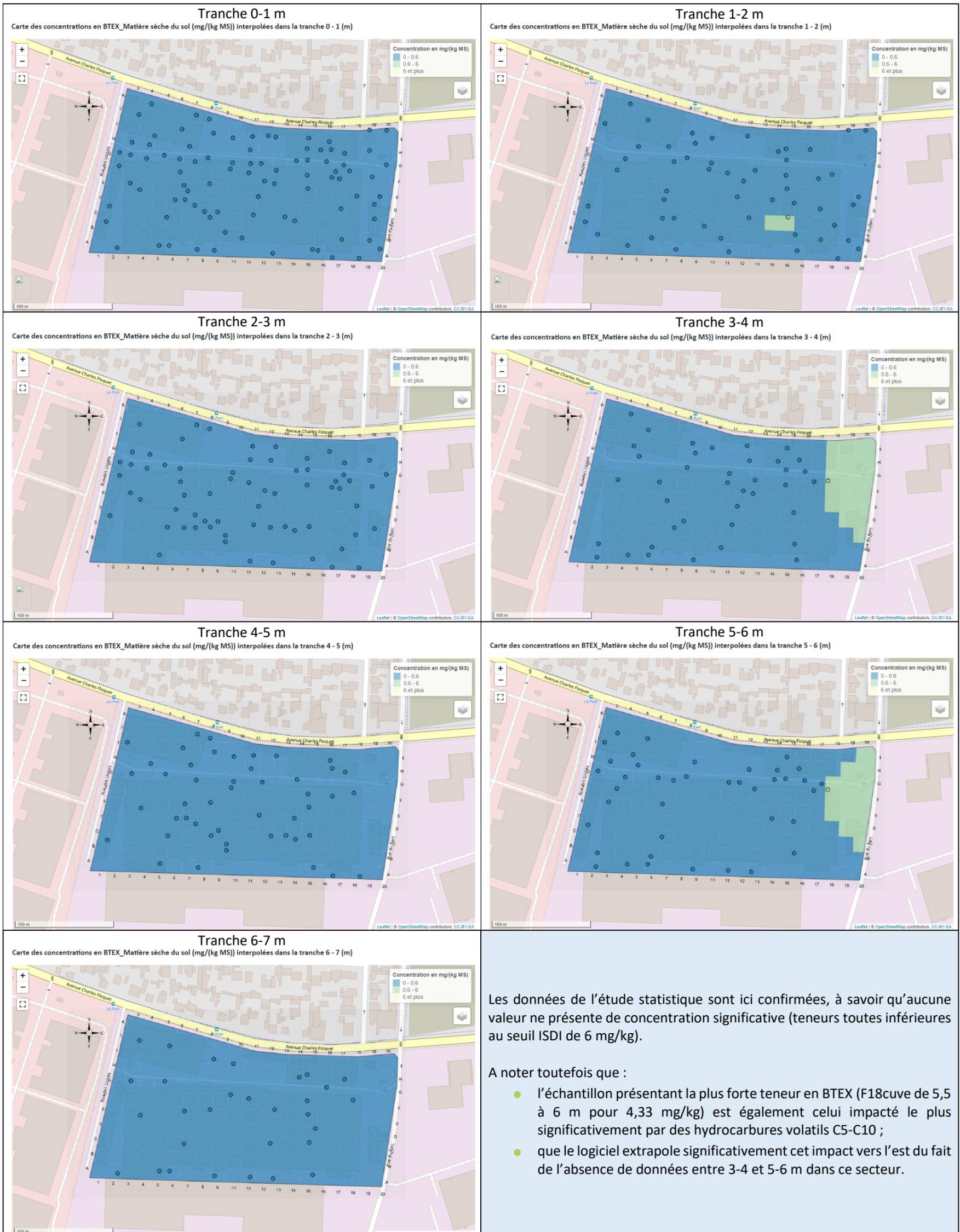
5.1.3.4.4. Cuivre

Figure 55 : Cartographie des impacts en Cuivre dans les sols



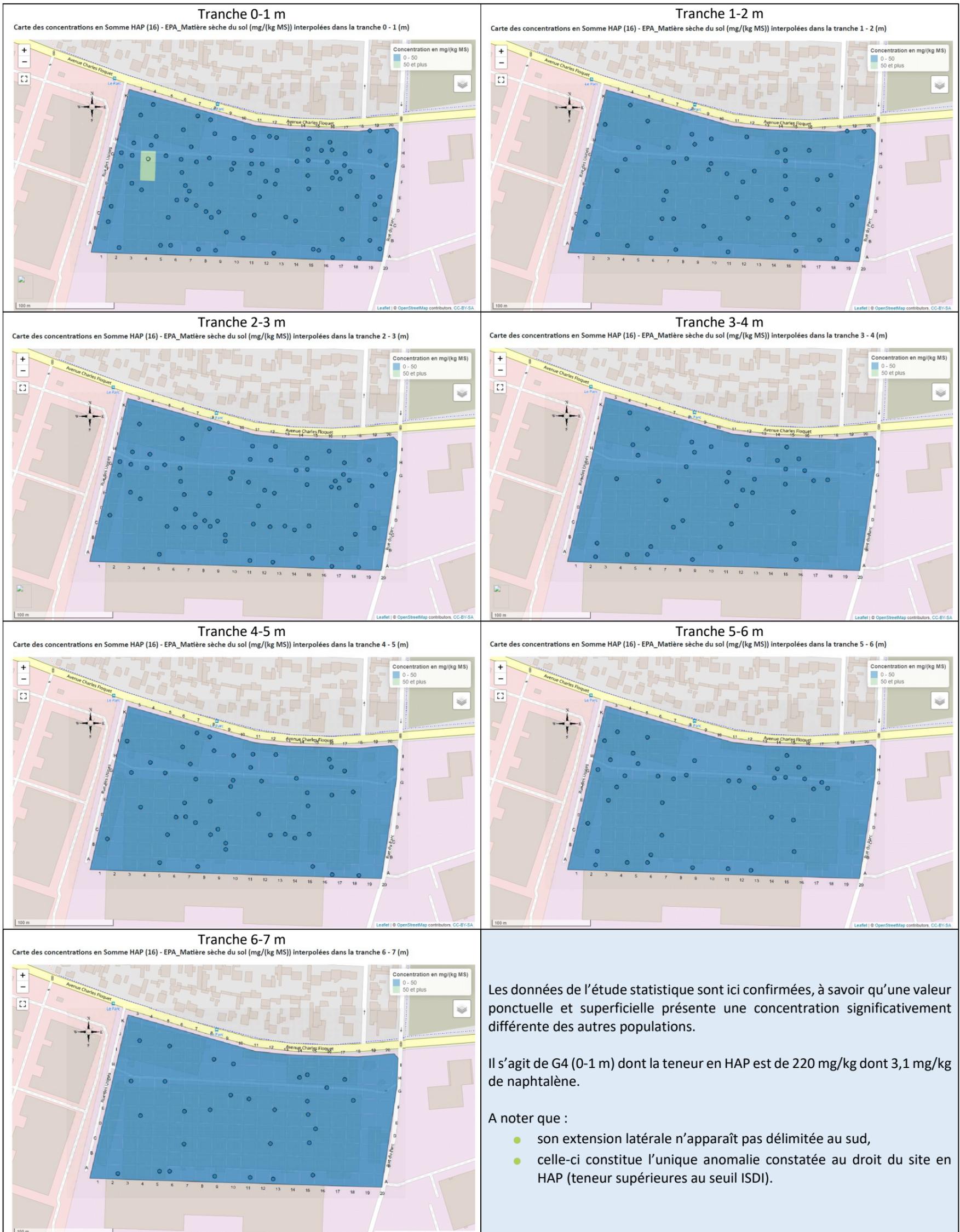
5.1.3.5. BTEX

Figure 56 : Cartographie des impacts en BTEX dans les sols



5.1.3.6. 16 HAP

Figure 57 : Cartographie des impacts en 16 HAP dans les sols



### 5.1.4. Approche pollution concentrée sur la base des gaz du sol

Pour rappel, les COHV, BTEX et hydrocarbures C5-C16 étant des composés volatils, leurs propriétés biochimiques et physico-chimiques les rendent difficiles à détecter dans les sols. Aussi, considérant la présence de fortes anomalies dans les gaz des sols au droit du site (milieu intégrateur des impacts présents en phase adsorbée et gazeuse dans les sols et dissoute dans les eaux souterraines) et d'une problématique sanitaire en lien avec ces anomalies, les zones de pollutions concentrées en COHV, BTEX et hydrocarbures C5-C16 sont ici définies à l'aide des résultats des gaz du sol.

#### Compatibilité sanitaire

Des Concentrations Maximales Admissibles (CMA) ne constituent pas des seuils de réhabilitation mais constituent, en tenant compte de l'avancement des investigations et des travaux de dépollution à envisager, et pour chaque configuration d'aménagement étudiée à ce stade, des valeurs en dessous-desquelles la compatibilité du site est assurée. Il s'agit donc dans un premier temps d'outils d'aide à la décision pour hiérarchiser les constats effectués.

Afin de disposer de CMA provisoires pour les scénarii de réaménagement suivants :

- bâtiments de plain-pied (scénario le plus pénalisant en termes d'exposition sanitaire) à usage Logement, Commerces et Bureaux ;
- bâtiments sur 2 niveaux de sous-sol à usage Logement (usage le plus défavorable) en termes de risques sanitaires.

des pré-calculs de risque sanitaire ont été réalisés. Ces derniers tiennent compte des teneurs maximales mesurées dans les gaz du sol tous piézaires confondus (ouvrages longs et courts) pour les scénarios de Plain-Pied étudiés et uniquement à partir des ouvrages longs pour le scénario sur deux niveaux de sous-sols.

Les CMA provisoires retenues à ce stade sont les suivantes :

**Concentrations Maximales Admissibles provisoires dans les gaz du sol**

Substances	Bâtiments de plain-pied (PP)		Bâtiments sur deux niveaux de sous-sol (R-2)
	Logements (µg/m <sup>3</sup> )	Commerces / bureaux (µg/m <sup>3</sup> )	Logements (µg/m <sup>3</sup> )
fraction aliphat. >C5-C6	3 565	3 565	24 201
fraction aliphat. >C6-C8	4 290	8 030	18 439
fraction aliphat. >C8-C10	24 201	59 740	24 201
fraction aliphat. >C10-C12	18 439	33 066	18 439
fraction aliphat. >C12-C16	931	931	931
fraction aromat. >C8-C10	4 264	9 725	4 264
fraction aromat. >C10-C12	3 556	3 556	3 556
fraction aromat. >C12-C16	931	931	931
para- et métaxylène	1 770	1 770	24 201
o-Xylène	820	820	70,58
Dichloroéthane 1.1-	1 717	10 000	2 575,50
Dichloroéthane 1.2-	520,20	-	520,20
Dichloroéthène 1.1	50 051	400 000	46 439
Trichloroéthane. 1.1.1-	125 240	-	125 240
Trichloroéthane. 1.1.2-	180,73	1 000	207,50
Trichloroéthylène	1 926	4 500	1 926
Tétrachloroéthylène	2 205	-	2 205

### **Problématique constatée au droit du site**

Les résultats d'analyse des gaz des sols concernant les piézaires présentant au moins un dépassement d'une CMA provisoire sont rappelés au tableau page suivante.

En première approche, 7 ouvrages présentent des teneurs susceptibles de remettre en question l'usage futur du site sans traitement des gaz du sol complémentaire.

Ainsi, sur la base des données disponibles actuellement, 7 zones nécessiteraient un traitement des gaz du sol visant à rétablir la compatibilité du site avec l'usage projeté. Ces dernières sont indiquées en Figure 58.

### **Extension en surface et profondeur**

Les pollutions concentrées identifiées sur la base des gaz du sol concernent autant des ouvrages courts (ouvrages PzA4, PzE4 et PzH16) que profonds (PzA15, PzH14, PzH17 et PzI8).

Aussi, dans la mesure où le lien de causalité est parfois difficilement à faire entre la qualité des sols ou des eaux souterraines et des gaz du sol pour les COHV et les HC C5-C16, des investigations complémentaires devront être réalisées à proximité des 8 zones identifiées (délimitation latérale et en profondeur).

Notons par ailleurs, comme l'illustrent les cartes de répartitions des teneurs préalablement présentées au chapitre 4.12.4 que certaines teneurs sont anormalement élevées par rapport à celles constatées sur les autres ouvrages :

- pour les HC C5-C16 (associés aux BTEX) en PzA15 et PzAE4, et de manière moindre PzA4, situés sur deux zones distinctes, au sud-est et sud-ouest, dont les extensions restent incertaines,
- pour les COHV en PzAH14, PzAH16, PzAH17 situés au nord est du site et d'autres part PzI8, situés au nord-ouest.

### **Lots concernés**

A noter également que les anomalies gaz rappelées ci-avant et assimilées à des pollutions concentrées concernent la majorité des lots prévus dans le cadre du réaménagement du site.

SUBSTANCES	UNITES	CMA Logements PP	CMA Commerces / bureaux PP	CMA Logements avec 2 SS	Profondeur crépine	PzaA4	PzaA15	PzaE4	PZaH14	PZaH16	PzaH17	PzaI8
					Futur aménagement	1-1,5 m	5,5-6,5 m	1-1,5 m	5,5-6,5 m	1-1,5 m	5,5-6,5 m	5,5-6,5 m
						Espace vert	Voirie	Espace vert	Limite bâtiment avec sous-sol	Bâtiment avec sous-sol	Limite bâtiment avec sous-sol	Bâtiment avec sous-sol
<b>TPH</b>												
fraction aliphat. >C5-C6	µg/m3	3 565	3 565	3 565		<165	2 701	973	3 565	978	<904	<803
fraction aliphat. >C6-C8	µg/m3	4 290	8 030	4 290		392	303 790	8 030	4 290	2 282	3 316	1 140
fraction aliphat. >C8-C10	µg/m3	24 201	59 740	24 201		24 201	295 429	59 740	<642	<931	<904	1 004
fraction aliphat. >C10-C12	µg/m3	18 439	33 066	18 439		18 439	281 494	33 066	1 098	<931	<904	1 654
fraction aliphat. >C12-C16	µg/m3	931	931	931		573	635	<278	<642	<931	<904	<803
fraction aromat. >C8-C10	µg/m3	4 264	9 725	4 264		4 264	409 699	9 725	<642	<931	<904	<803
fraction aromat. >C10-C12	µg/m3	3 556	3 556	3 556		3 556	21 656	3 223	<642	<931	<904	<803
fraction aromat. >C12-C16	µg/m3	931	931	931		278	<279	<278	<642	<931	<904	<803
<b>BTEX</b>												
para- et méta-xylène	µg/m3	1 770	1 770	24 201		576	78 874	1 770	131	<37,26	127	80,28
o-Xylène	µg/m3	820	820	820		308	66 332	820	46,24	<18,63	26,21	18,46
<b>COHV</b>												
1,1-Dichloroéthylène	µg/m3	50 051,54	400 000	46 439,00		<3,29	<5,57	5 474	464 391	750 773	300 018	214 355
1,1-Dichloroéthane	µg/m3	1 717,00	10 000	2 575,00		22,72	<5,57	87,53	4 232	17 884	25 755	1 622
1,2-Dichloroéthane	µg/m3	520,20	-	520,2		<3,29	<5,57	<5,56	2 601	742	64,16	393
1,1,1-Trichloroéthane	µg/m3	125 240,80	-	125 240,00		275	15,58	1 075	283 879	611 028	200 614	626 204
1,1,2-Trichloroéthane	µg/m3	180,73	1 000	207,5		<3,29	<5,57	<5,56	2 075	2 711	<18,07	<16,06
Trichloroéthylène	µg/m3	1 926,80	4 500	1 926,80		1 860	56,30	269	19 268	12 575	1 735	1 951
Tétrachloroéthylène	µg/m3	2 205	-	2 205		75,24	14,49	131	6 615	4 415	1 066	776

Tableau 45 : Résultats d'analyse des gaz des sols concernant les piézaires présentant au moins un dépassement d'une CMA provisoire

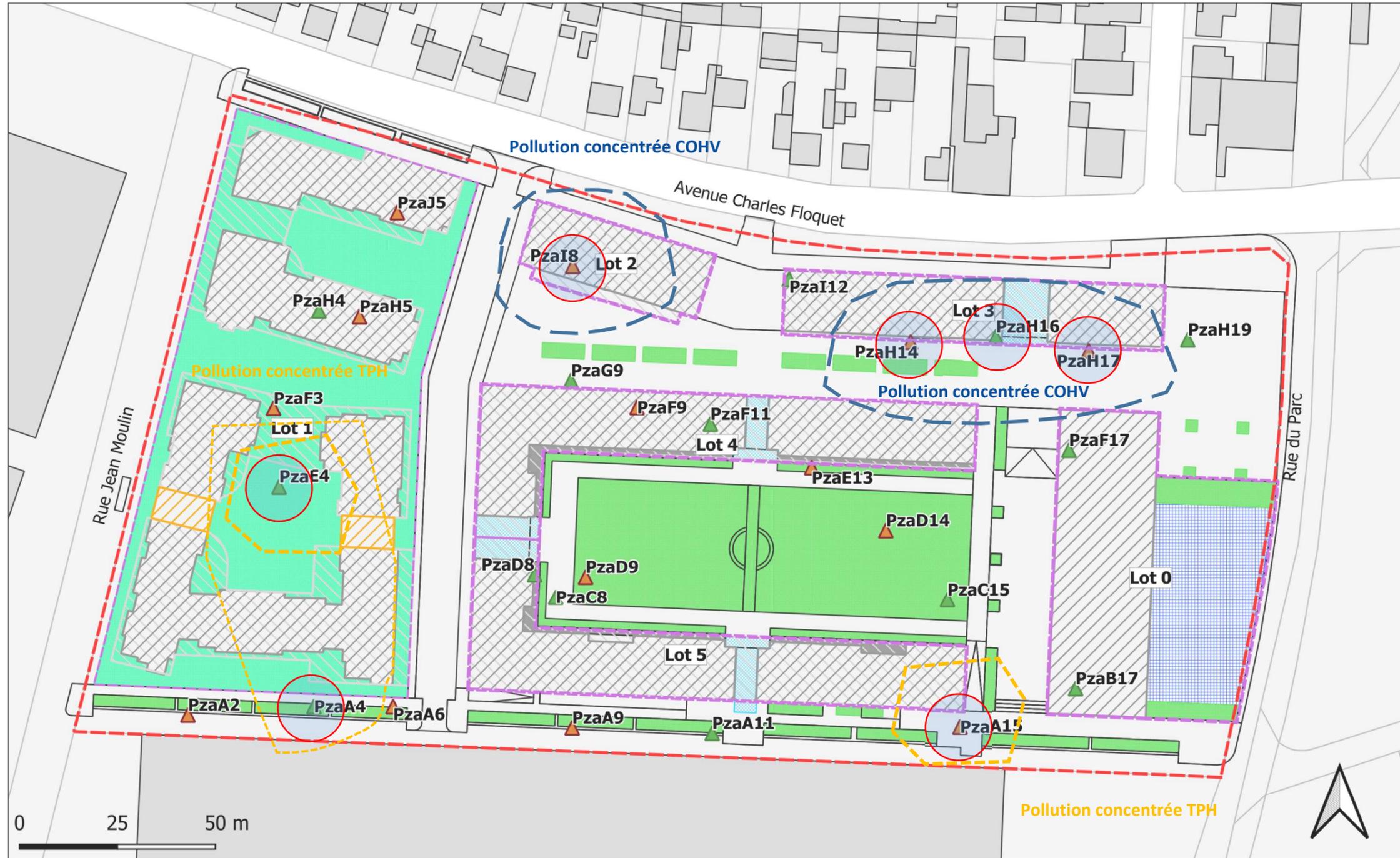


Figure 58 : Plan de localisation des anomalies gaz assimilées à des pollutions concentrées sur fond des principales orientations du projet d'aménagement

### 5.1.5. Bilan massique

L'objectif du bilan massique réalisé ci-après est d'appréhender la masse de polluant au sein du milieu souterrain et le volume de sol associé. Il permet donc, au-delà de la concentration caractérisée, de définir la quantité de polluant présent dans les sols.

Le calcul du bilan massique nécessite une densité d'investigations suffisante. 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, ici : 1,8) ;
- carte topographique précise et repérage des sondages en coordonnées.

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.

Seuls les Hydrocarbures C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> présentent les caractéristiques statistiques et cartographiques d'une pollution concentrée. Aussi, en se basant sur le seuil statistique défini préalablement (2 500 mg/kg), un calcul global des masses d'HC C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> présents a été réalisé à l'échelle globale du site. Le graphe ci-dessous présente les proportions (en %) pour les paramètres suivants :

- volume de terres impactés pour chaque classe de concentration,
- masse de polluants HC C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub> correspondant à chaque classe de concentration.

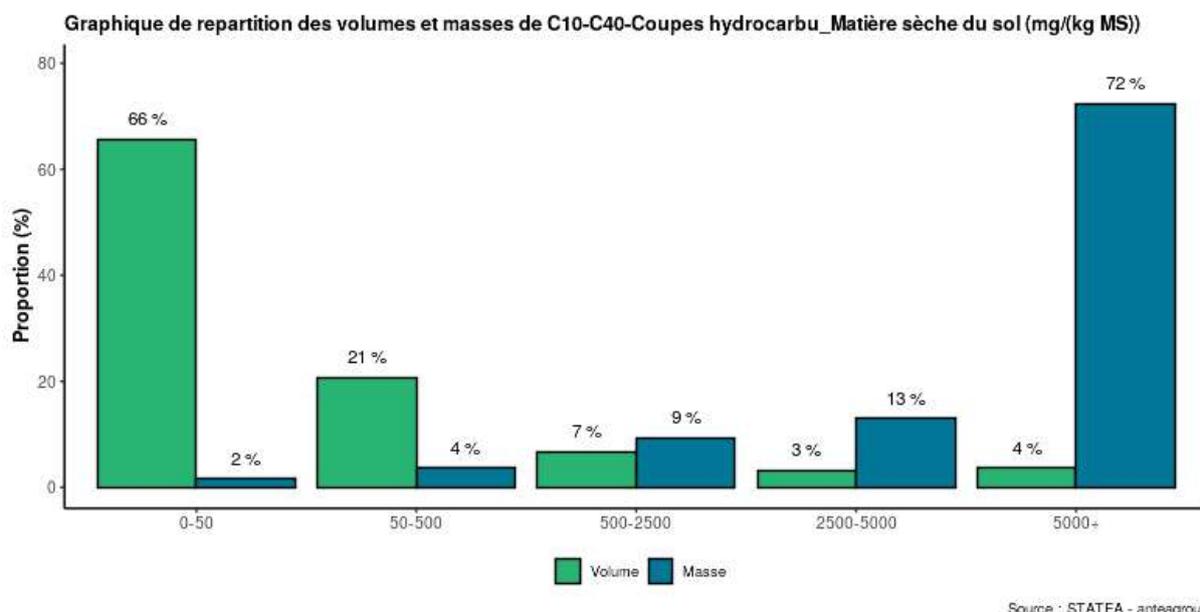


Figure 59 : Histogramme du bilan massique pour les HCT C10-C40

En considérant le seuil de 2 500 mg/kg défini préalablement, 7 % (19 400 m<sup>3</sup>) du volume de terre investigué (0-7 m) contient 85 % (372 tonnes d'hydrocarbures) de la masse en HC C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>.

Ce volume et cette masse sont toutefois à nuancer, en effet comme indiqué au §5.1.3.2 notamment sur la tranche entre 5 et 6 m une extrapolation importante de pollution concentrée est effectuée par le modèle en absence de donnée à l'est du site. Sur cette tranche, du fait d'une seule analyse (F18cuve

– 4 170 mg/kg) un volume de 3 700 m<sup>3</sup> environ (comprenant 17 tonnes d'hydrocarbures) est considéré comme présentant des concentrations supérieures à 2 500 mg/kg.

A l'inverse, aucune analyse n'est disponible plus en profondeur sur ce même ouvrage alors que les indices et concentrations sont notables au-delà de 6 m de profondeur et susceptibles de migrer en profondeur. Bien qu'une origine extérieure des hydrocarbures flottant (de type huile) identifiés localement en zone de battement de nappe à 10 m de profondeur ne puisse être exclue, il est probable qu'il existe localement un cône d'imprégnation sur les horizons de 7 à 10 m à l'origine de cet impact.

Quoi qu'il en soit, ces données confirment que le premier seuil de coupure à 2 500 mg/kg est pertinent car il représente 85 % de la masse d'hydrocarbures C10-C40. Ce seuil de coupure est conforme au principe de Pareto, qui consiste usuellement, en sites et sols pollués, à ce qu'un volume de sol inférieur ou égale à 20 % du volume total contienne 80 % ou plus de la pollution globale du site.

## 6. Schéma conceptuel

*Le schéma conceptuel d'un site consiste à établir, sur la base des données existantes, un bilan factuel de l'état environnemental des milieux.*

*D'après la méthodologie de gestion des sites et sols pollués du MEDDE, il doit permettre d'appréhender l'état de pollution des milieux et des voies d'exposition au regard d'un aménagement.*

*Il a pour objectifs de préciser :*

- *les **sources de pollution** contenant des substances susceptibles de générer un impact,*
- *les différents **milieux de transfert** des substances vers un point d'exposition,*
- *les **cibles** situées au point d'exposition.*

Les sources de pollution, milieux de transfert et cibles sont présentés pour l'usage futur projeté dans les paragraphes ci-dessous.

### 6.1.1. Etat actuel de fonctionnement

#### Sources de pollution :

Les sources de pollutions retenues sont rappelées au chapitre précédent.

Les milieux pouvant être influencés sont les sols, les gaz du sol et les eaux souterraines.

#### Cibles d'exposition potentielles :

Les cibles d'exposition potentielles à considérer sont les usagers du site (employés, adultes).

#### Modes de transfert possibles et voies d'exposition :

Le tableau ci-dessous présente les scénarii d'exposition pertinents (scénarii potentiels) à ce stade du diagnostic. Il pose les hypothèses de travail sur lesquelles se fondent les choix de conclusion de ce diagnostic du site et/ou des recommandations d'investigations ultérieures.

**Tableau 46 : Scénarii d'exposition retenus – usage actuel**

	Modalités d'exposition	Voies d'exposition pour les adultes
Ingestion de sols de surface	Sols majoritairement recouverts de dalle béton	Retenue (en cas d'absence de terre végétale saine ou de dalle béton)
Inhalation de poussières		
Contact cutané avec les sols		
Ingestion indirecte de végétaux aériens et/ou racinaires autoproduits	Absence de potagers	Non retenue
Ingestion d'eau de nappe	Absence de puits sur site	Non retenue
Ingestion d'eau du robinet	Conduites AEP au droit de la zone d'étude non prises en compte	Non retenue
Inhalation de composés volatils issus du sol ou des eaux souterraines dans l'air intérieur de bâtiments	Forts impacts identifiés dans les gaz du sol (tant sur les ouvrages courts que longs) pour les COHV, TPH et de manière moindre les BTEX.	Retenue
Inhalation de composés volatils issus du sol dans l'air extérieur	Aération naturelle de l'espace extérieur (dilution) et temps d'exposition faible (moins de 2 heures par jour)	Non retenue

Compte tenu des résultats obtenus et des données existantes, le schéma conceptuel pour l'usage actuel du site est présenté en figures ci-après.

En l'état actuel de fonctionnement, un seul mode de transfert influant significativement sur la compatibilité a été identifié sur site. Il s'agit de la volatilisation des composés volatils. En effet, les sols sont recouverts, y compris les espaces extérieurs qui sont végétalisés.

En outre, un transfert vertical est très probablement présent au droit du site en zone non saturée vers les eaux souterraines puis horizontalement notamment via les eaux souterraines.

Hors site, en l'absence d'ouvrage (a minima en limite de site) permettant de confirmer que le panache en dissous (COHV notamment) ne sort pas du site à l'aval hydraulique, le transfert de polluant par migration depuis les eaux souterraines est retenu.

Le modèle de fonctionnement du site dans son état actuel est présenté ci-après.

*NB : l'étude de la compatibilité du site avec son usage actuel ne fait pas partie du champ de la présente mission et donc du présent rapport.*

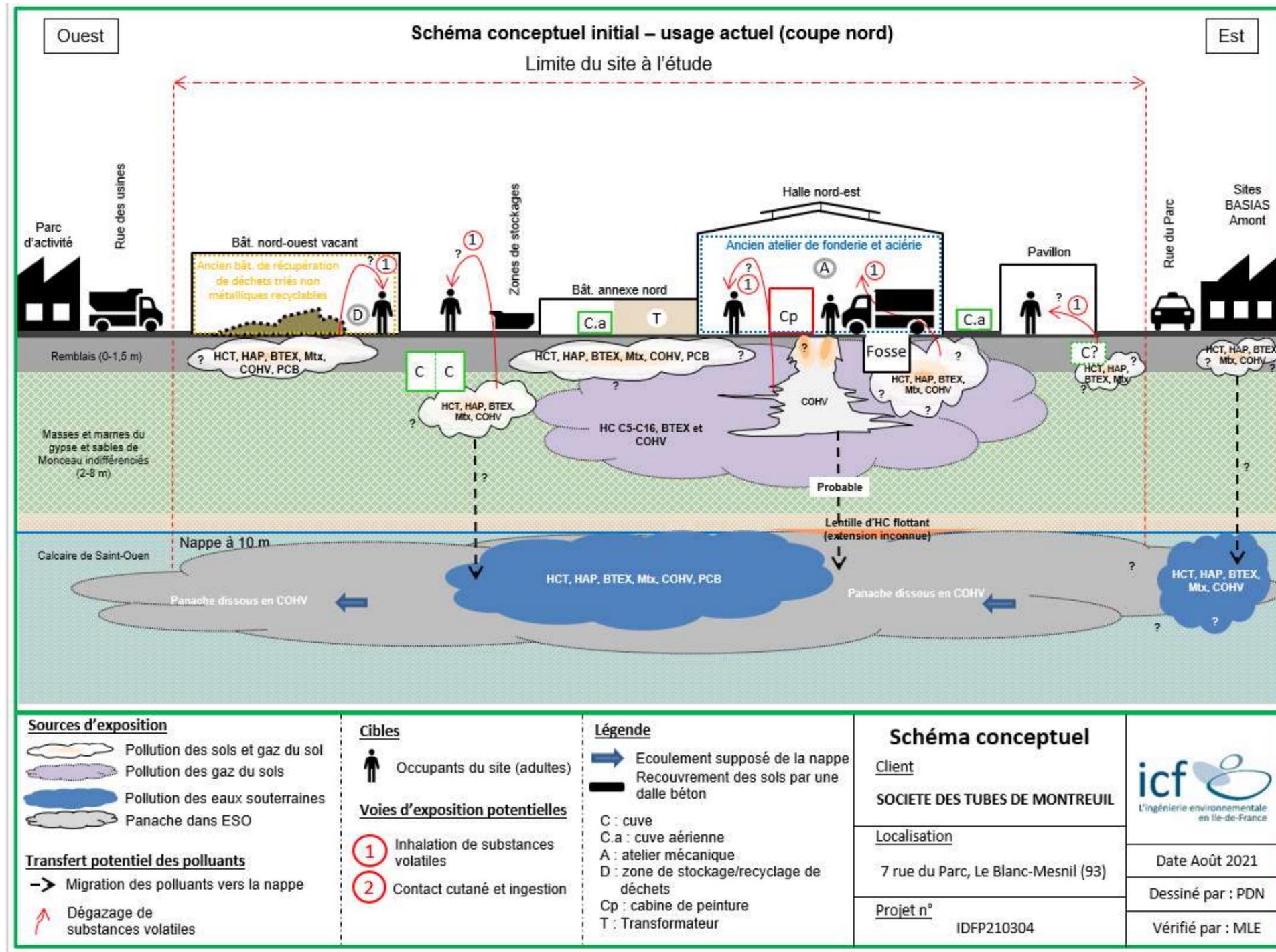


Figure 60 : Schéma conceptuel pour l'usage actuel – secteur nord

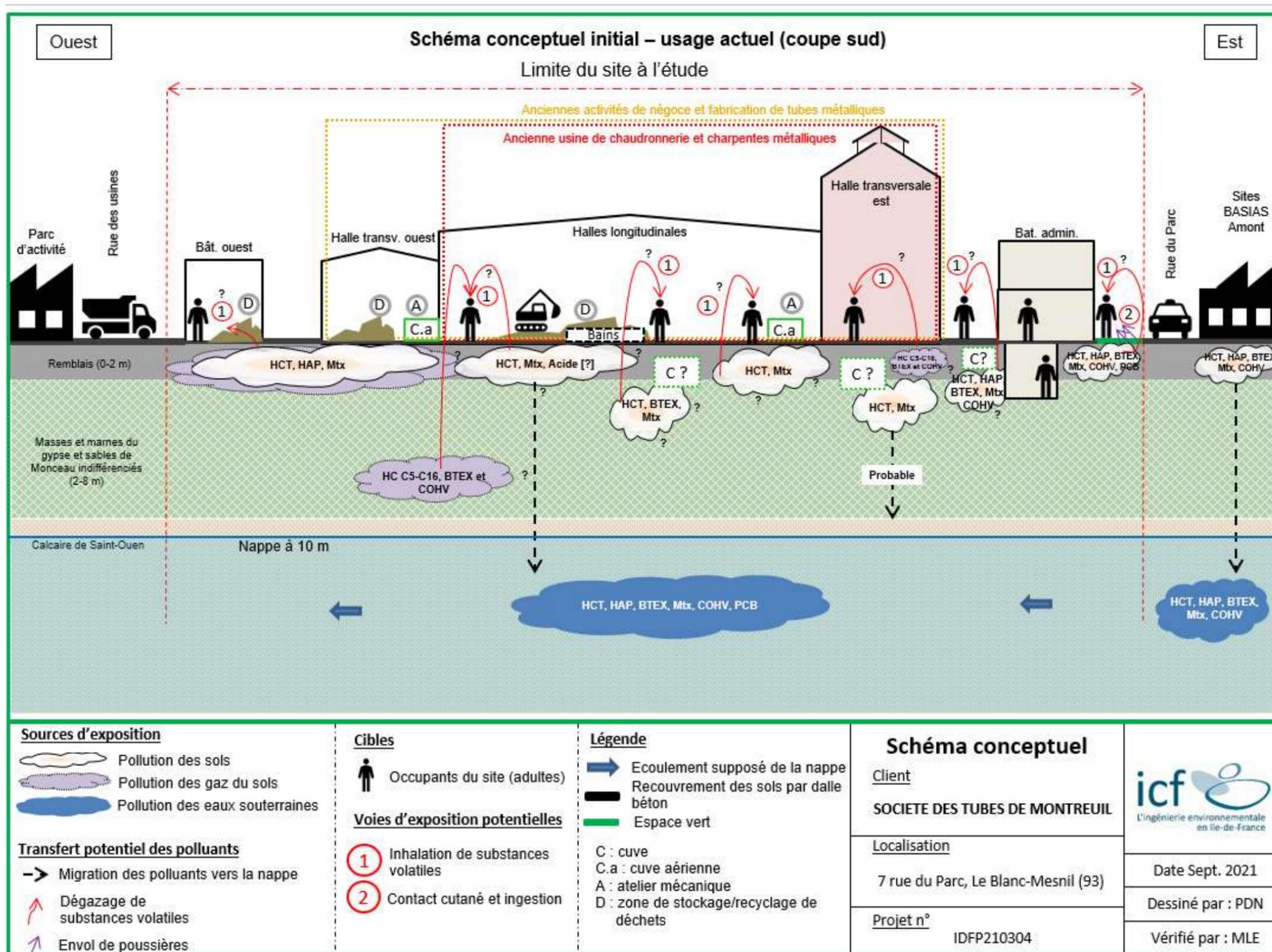


Figure 61 : Schéma conceptuel pour l'usage actuel – secteur sud

## 6.1.2. Etat futur projeté

### Sources de pollution :

Les sources de pollution identifiées sont similaires en l'absence de traitement.  
Les milieux pouvant être influencés sont les sols, les gaz du sol et les eaux souterraines.

### Cibles d'exposition potentielles :

Les cibles d'exposition potentielles à considérer sont les futurs usagers du site (adultes employés des commerces, adultes et enfants résidents).

### Modes de transfert possibles et points d'exposition :

Le tableau ci-dessous présente les scénarii d'exposition pertinents (scénarii potentiels) pour l'usage futur projeté.

**Tableau 47 : Scénarii d'exposition retenus – usage futur projeté**

	Modalités d'exposition	Voies d'exposition pour les adultes	Voies d'exposition pour les enfants (0-6 ans)
Ingestion de sols de surface	Si présence de sols non revêtus	Non retenue	Retenue (en cas d'absence de recouvrement par de l'enrobé, des dalles, ou des terres saines (30 cm <i>a minima</i> ))
Inhalation de poussières		Retenue (en cas d'absence de recouvrement par de l'enrobé, des dalles, ou des terres saines (30 cm <i>a minima</i> ))	
Contact cutané avec les sols			
Ingestion indirecte de végétaux aériens et/ou racinaires autoproduits	En première approche, aucun jardin potager ou arbre fruitier n'a été considéré	Non retenue	Non retenue
Ingestion d'eau de nappe	Absence de puits sur site	Non retenue	Non retenue
Ingestion d'eau du robinet	Conduites d'eau enterrées sur site systématiquement mis en place dans des tranchées constituées de matériaux sains	Non retenue	Non retenue
Inhalation de composés volatils issus du sol ou des eaux souterraines dans l'air intérieur de bâtiments	Forts impacts identifiés dans les gaz du sol (tant sur les ouvrages courts que longs) pour les COHV, TPH et de manière moindre les BTEX.	Retenue	Retenue
Inhalation de composés volatils issus du sol dans l'air extérieur	Aération naturelle de l'espace extérieur (dilution)	Non retenue	Non retenue

En l'état futur de fonctionnement, les modes de transfert identifiés sur site sont similaires à ceux de l'état actuel. Le mode de transfert influant le plus sur la compatibilité sanitaire est toujours la volatilisation des composés volatils. En effet, les sols seront recouverts, y compris les espaces extérieurs qui feront l'objet d'apport des terres saines et seront végétalisés.

Hors site, en l'absence d'ouvrage (*a minima* en limite de site) permettant de confirmer que le panache en dissous (COHV notamment) ne sort pas du site à l'aval hydraulique, le transfert de polluant par migration depuis les eaux souterraines reste retenu.

Le modèle de fonctionnement du site dans son état futur projeté (hors travaux de réhabilitation) est présenté ci-après.

Compte tenu des résultats obtenus et des données existantes, le schéma conceptuel pour l'usage futur projeté est présenté en figures ci-après.

Figure 62 : Schéma conceptuel pour l'usage actuel – secteur nord

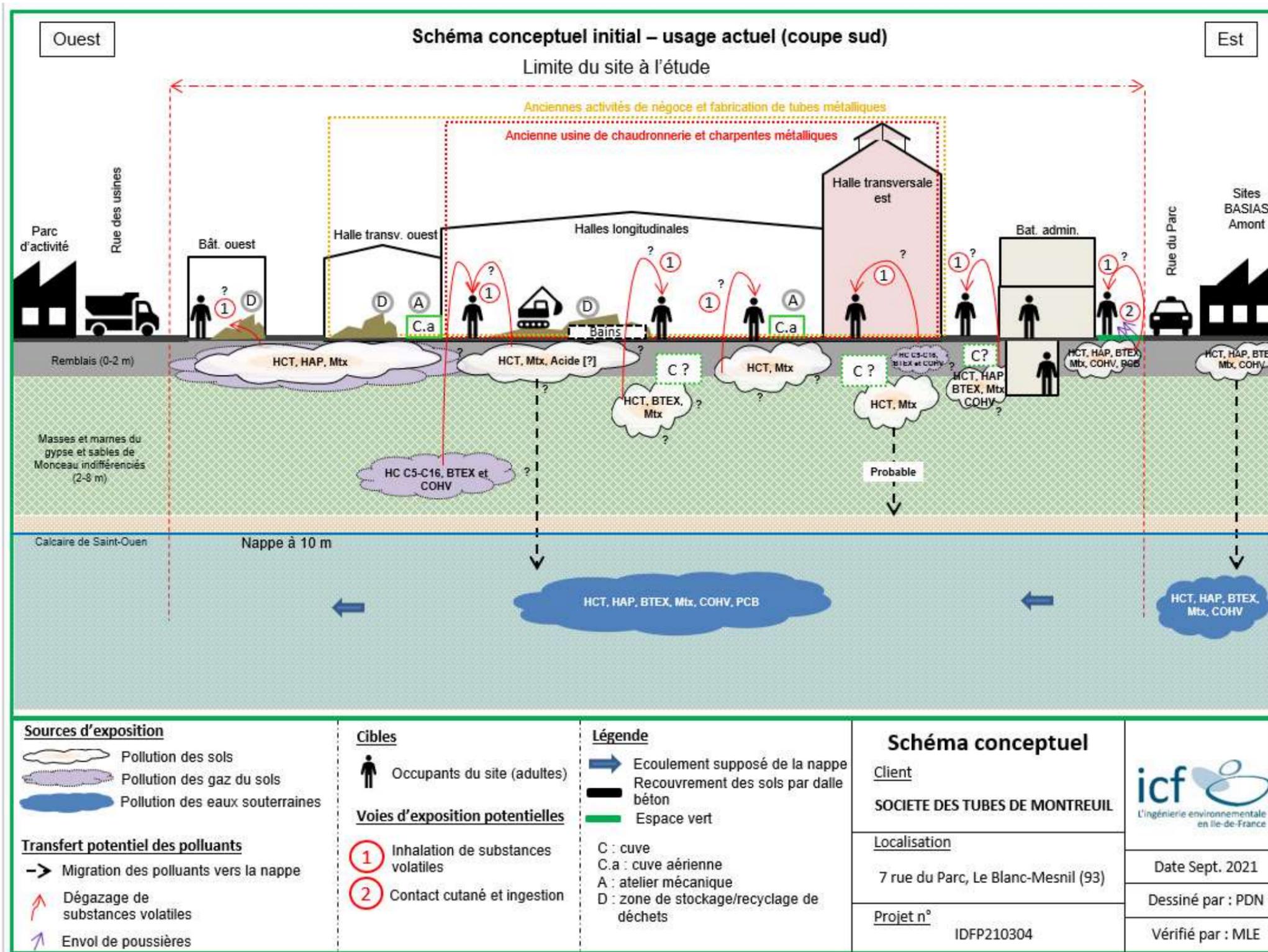
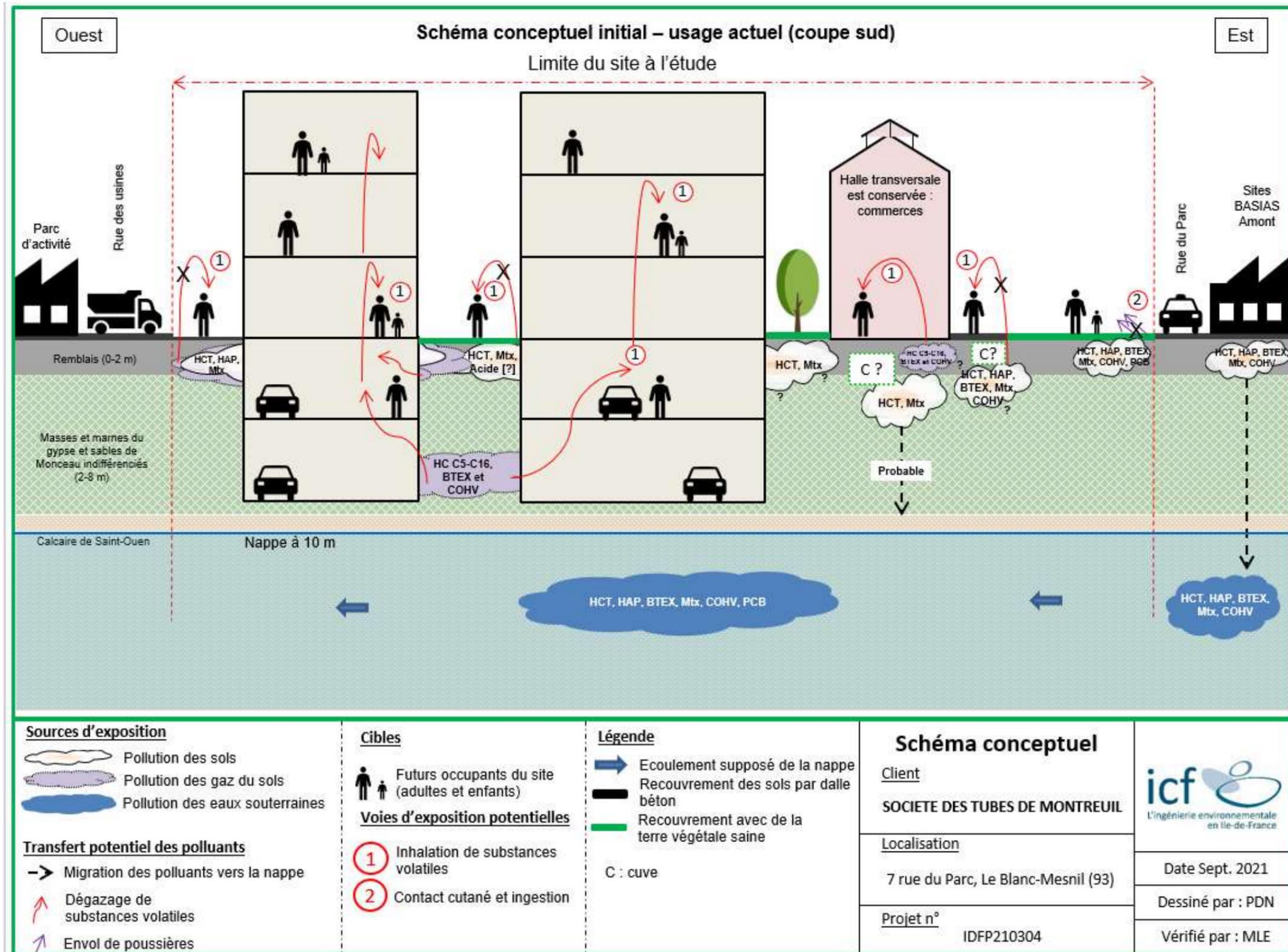


Figure 63 : Schéma conceptuel pour l'usage actuel – secteur sud



## 7. Conclusions

Dans le cadre du projet d'aménagement du site *sis* 7 rue du parc au Blanc-Mesnil (93), la société des Tubes de Montreuil (STM) a missionné ICF pour la réalisation d'une étude historique et documentaire dans l'objectif de réaliser des investigations exhaustives pour la constitution d'un plan de gestion des sources de pollutions passées ou actuelles du site en lien avec son projet.

Le projet d'aménagement actualisé (plan de masse en date du 14/07/2021), prévoit la création d'un quartier mixte composé de plusieurs bâtiments d'habitations, commerces/activités sur 2 niveaux de sous-sols ainsi que des équipements et espaces extérieurs. Il s'inscrit dans un projet d'ensemble plus large ayant vocation à reconvertir un espace industriel en un nouveau quartier.

Considérant les données de l'étude historique et documentaire, encore en cours de dépouillement ou en attente de consultation lors des investigations de juin/juillet 2021 et consolidées depuis, le site dispose d'un passif complexe et évolutif. En effet :

- il est recensé dans les bases de données BASIAS sous les numéros IDF9305295 et IDF9301896 pour des activités de :
  - Récupération de déchets triés non métalliques recyclables ;
  - Fabrication d'éléments en métal ;
  - Fabrication de tubes, tuyaux, profilé et creux et accessoires en acier ;
  - Dépôt de liquide inflammable.
- il a régulièrement évolué au cours du temps / de son exploitation et semble avoir :
  - dans un premier temps, été occupé par des ateliers de fonderie et aciérie des années 1915 à 1925 environ (halle nord-est) ;
  - dans un second temps, été repris en 1925 et occupé par usine de chaudronnerie et charpente métallique qui couvre la quasi-totalité de l'emprise du site ;
  - dans un troisième temps, été occupé à partir des années 1962 par une activité industrielle de :
    - négoce de tubes d'acier,
    - fabrication de tubes métalliques,
    - récupération de déchets triés non métalliques recyclables.
  - dans un dernier temps, été occupé depuis 2001 par diverses sociétés locatrices exerçant des activités diverses de traitement de déchets, ateliers mécaniques, stockage de matériaux de construction, stockage de matériel et autres.
- de multiples sources et activités potentiellement polluantes ont été identifiées au droit de ce dernier au cours du temps, dont notamment :
  - des remblais éventuels mis en place lors de l'aménagement des bâtiments,
  - de nombreuses cuves de fioul, gasoil ou hydrocarbures (enterrées ou aériennes),
  - des transformateurs,
  - des ateliers de fonderie et aciérie incluant des fours,
  - une chaudronnerie de grosses et petites œuvres,
  - des zones de découpage de tubes et feuillards,
  - une station d'épuration,
  - des bacs/bains à huiles ou d'acides,
  - des ateliers mécaniques,
  - des zones d'application de peinture.

Au regard de cet historique complexe, il existe une forte probabilité que soient présentes d'autres zones sources non référencées via les sources documentaires disponibles.

Dans ce cadre, ICF est intervenu en juin et juillet 2021 pour réaliser des investigations portant sur les milieux sols, gaz du sol et eaux souterraines conformément aux premières informations disponibles de l'étude historique et sur la base des hypothèses remises concernant les futurs aménagements envisagés.

Au total, ont été réalisés :

- 113 sondages (pour 121 prévisionnels) entre 3 et 8 mètres de profondeur maximum, du 09/06/2021 au 02/07/2021 à la tarière mécanique ou au carottier portatif en fonction des possibilités d'accès et des investigations à mener ;
- 4 piézomètres complémentaires (Pz4, Pz5, Pz6 et Pz7) les 17 et 18 juin 2021 afin de compléter le réseau piézométrique existant (réseau initialement constitué de Pz1, Pz2 et Pz3 mais dont seul Pz3 s'est avéré fonctionnel) ;
- 28 piézaires (courts et profonds) au droit de sondages sols réalisés.

Les analyses de sol, gaz du sol et des eaux souterraines avaient pour but de :

- définir l'état de pollution du site (sols, eaux souterraines et gaz du sol) au droit des zones accessibles et sources de pollution identifiées préalablement à la phase d'investigations et qui ont pour certaines pu être précisées en cours de mission ;
- conclure sur l'état des milieux investigués, les mesures correctives possibles à apporter, les préconisations.

Les terrains rencontrés lors des sondages sont majoritairement :

- des remblais limoneux bruns localement gris/noirs, parfois graveleux et/ou des sables jaunâtres ou marnes beiges jusqu'à 1 à 2 m de profondeur environ ;
- des marnes beiges/jaunes et limons sableux jusqu'à 8 m de profondeur (prof. maximale des sondages) localement verts/verdâtres (tout particulièrement entre 4 et 6 m de profondeur environ).

Aucun niveau d'eau n'a été rencontré lors de la foration. Des traces d'humidité ponctuelles ont néanmoins été observées localement :

- entre 5 et 6,5 m de profondeur au droit de 13 des sondages ;
- entre 1 et 3 à 5 m de profondeur au droit de 12 des sondages.

Globalement, il a été mis en évidence :

- dans les sols :
  - présence de composés volatils dans les sols du site, sur une trentaine de points (5 et 50 ppm, ne décroissant pas toujours avec la profondeur) pour partie associés à des couleurs ou odeurs de type hydrocarbures notamment et à relier aux sources potentielles de pollution historiques ou actuelles identifiées à proximité,
  - 18 anomalies significatives, notamment en hydrocarbures lourds et plus ponctuellement en métaux, COHV (1,1,1 trichloroéthane), BTEX, HAP et PCB ;
  - des dépassements ponctuels sur éluats des seuils fixés par l'arrêté ministériel du 12/12/2014.
- dans les gaz du sol :
  - de concentrations en hydrocarbures volatils (majoritairement aliphatiques) relativement variables et dont les fortes teneurs concernent 7 ouvrages situés au sud-est (1 ouvrage), à l'ouest (1 ouvrage) et ponctuellement au droit ou à proximité de sources historiques (5 ouvrages) ;

- de fortes teneurs en BTEX limitées à 3-4 ouvrages tous situés en zone sud-ouest et sud-est et dont la répartition est corrélable aux plus fortes concentrations en HC volatils ;
- de concentrations relativement variables en COHV (correspondant selon les ouvrages à des chloroéthènes et chloroéthanes (1,1,1 trichloroéthane et composés de dégradations), dont 4 significatives (supérieures à 100 mg/m<sup>3</sup>) toutes situées au nord du site, en cohérence avec la localisation des impacts identifiés sur les eaux souterraines, complété du PzaH16 (situé au droit de l'ancien atelier de fonderie et aciérie et à proximité immédiate de la cabine de peinture).
- dans les eaux souterraines :
  - une nappe d'écoulement ouest nord-ouest, avec un niveau d'eau stabilisé entre 9 et 10 m de profondeur,
  - de 7 cm de flottant en Pz7 (situé en amont mais à proximité de zones où les sols sont notablement impactés sur les trois premiers mètres) associé à 1,91 mg/kg d'HC C10-C40 dissous, correspondant à un produit lourd (C<sub>22</sub>-C<sub>30</sub>) ;
  - de concentrations significatives en COHV et notamment 1,1,1 trichloroéthane (solvant usuel de dégraissage et ses composés de dégradation) en Pz7 et Pz5 (situé plus en aval) à l'origine d'un panache susceptible de sortir du site latéralement en limite nord et à l'ouest en aval hydraulique.

La définition des emprises de pollution concentrée présentes au droit du site a été définie en se basant sur les résultats de minimum deux méthodes de détermination (analyse statistique, calcul du bilan massique, interprétation cartographique).

### **Pollutions concentrées**

A l'issue de l'analyse statistique, ont été mis en évidence :

- des anomalies ponctuelles assimilées à des pollutions concentrées sol en :
  - 1 point (F18cuve : 5,5-6 m) pour les hydrocarbures C5-C10 ;
  - 3 points (F15 : 1-2 m, F17 : 0-1 m et G15 : 0-1 m) pour les COHV ;
  - 1 point (G4 : 0-1 m) pour les HAP ;
  - 6 points (A16 : 0-1 m, B17 : 0-1 m, F11 : 0,2-1 m, F17 : 0-1 m, G11 : 0-1 m et H14 : 3-4 m) pour les métaux (plomb, zinc, chrome et cuivre) ;
- un seuil de pollution concentrée de 2 500 mg/kg pour les hydrocarbures C10-C40 qui correspond à 85 % de la masse des hydrocarbures et à 7 % du volume.

Ce volume et cette masse sont toutefois à nuancer, car une extrapolation importante de pollution concentrée est effectuée par le modèle en absence de donnée à l'est du site sur et au delà de 7m de profondeur. Sur la tranche 5-6m, du fait d'une seule analyse un volume de 3 700 m<sup>3</sup> environ (comprenant 17 tonnes d'hydrocarbures) est considéré comme présentant des concentrations supérieures à 2 500 mg/kg. A l'inverse, aucune analyse n'est disponible plus en profondeur alors que :

  - les indices et concentrations sont notables au-delà de 6 m de profondeur sur cette zone susceptibles de migrer en profondeur,
  - des hydrocarbures flottant de type huile sont identifiés à 10 m de profondeur en zone de battement de nappe, laissant suspectée une zone d'imprégnation à minima localement sur les horizons de 7 à 10 m.

Les COHV, BTEX et hydrocarbures C5-C16 étant des composés volatils, leurs propriétés biochimiques et physico-chimiques les rendent difficiles à détecter dans les sols. Aussi, considérant la présence de fortes anomalies dans les gaz des sols au droit du site (milieu intégrateur des impacts présents en phase adsorbée et gazeuse dans les sols et dissoute dans les eaux souterraines) et d'une

problématique sanitaire en lien avec ces anomalies, des zones de pollutions concentrées en COHV, BTEX et hydrocarbures C5-C16 ont également été étudiées à l'aide des résultats des gaz du sol.

Afin de disposer de Concentrations Maximales Admissibles (CMA) provisoires pour les scénarii de réaménagement suivants :

- bâtiments de plain-pied (scénario le plus pénalisant en termes d'exposition sanitaire) à usage Logement, Commerces et Bureaux ;
- bâtiments sur 2 niveaux de sous-sol à usage Logement (usage le plus défavorable) en termes de risques sanitaires.

des pré-calculs de risque sanitaire ont été réalisés.

Sept zones ont été identifiées comme présentant des teneurs susceptibles de remettre en question l'usage futur du site sans traitement des gaz du sol.

Dans la mesure où le lien de causalité est parfois difficilement à faire ou inexistant entre la qualité dégradée constatée des sols, des eaux souterraines et des gaz du sol et des sources ou anomalies, des investigations complémentaires devront être réalisées au droit du site.

Ces dernières devront notamment porter sur :

- les sols, via un maillage plus régulier centré sur les impacts déjà identifiés et les zones au droit desquelles des sources potentielles sont identifiées mais n'ont pu à ce jour faire l'objet d'investigations et sources concentrées non délimitées ;
- les eaux souterraines, dans le but de délimiter le panache en COHV identifié et l'extension de la lentille de flottant, sa mobilité et réalimentation,
- les gaz du sol, via la réalisation d'ouvrages courts et profonds (à 2 niveaux) permettant d'étudier et de délimiter en 3 dimensions les sources concentrées gaz du sol en hydrocarbures volatils, BTEX et COHV.

En outre, le plan de gestion des sources de pollutions concentrées passées ou actuelles du site en lien avec le projet d'aménagement fait l'objet d'un rapport séparé.

Seront également abordés dans le cadre du Plan de gestion :

- la qualité des déblais en lien avec le projet d'aménagement, les filières possibles d'évacuation et les coûts associés pour chacun des lots et aménagements ;
- l'analyse des enjeux sanitaires (rapport d'ARR prédictive) traitant dans le détail de :
  - l'acceptabilité du projet en termes de risques sanitaires ;
  - la hiérarchisation des substances, sources et voies de transfert qui contribuent au risque en priorité ;
  - l'identification des populations et les enjeux associés.

## Observations sur l'utilisation du rapport

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

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

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

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

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

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

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



# ANNEXES

- Annexe I : Abréviations générales
- Annexe II : Normes de prélèvement et d'échantillonnage
- Annexe III : Fiches de suivi de sondages et prélèvements des sols
- Annexe IV : Tableau de synthèse des résultats d'analyses des sols
- Annexe V : Bordereaux d'analyses des sols
- Annexe VI : Coupes techniques des piézomètres
- Annexe VII : Fiches de prélèvement des eaux souterraines
- Annexe VIII : Bordereaux d'analyses des eaux souterraines
- Annexe IX : Coupes techniques des piézaires
- Annexe X : Fiches de prélèvement des gaz du sol
- Annexe XI : Bordereaux d'analyses des gaz du sol

## Annexe I : **Abréviations générales**

ENVIRONNEMENT	
AEI	Alimentation en Eau Industrielle
AEP	Alimentation en Eau Potable
FT	Flore Totale
ICPE	Installation Classée Pour l'Environnement
NGF	Nivellement Général de la France
NPHE	Niveau des Plus Hautes Eaux
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
ZNIEFF	Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique
ZNS	Zone Non Saturée
ZS	Zone Saturée

INSTITUTIONS	
ADEME	Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie
AFNOR	Association Française de Normalisation
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
COFRAC	COMité FRANçais d'ACcréditation
DRIEE	Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Energie (spécifique IDF)
DREAL	Direction Régionales de l'Environnement, de L'Aménagement et du Logement
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
UE	Union Européenne
UPDS	Union des Professionnels des entreprises de Dépollution de sites
USEPA	United States Environmental Protection Agency

ETUDES DE RISQUES	
ARR	Analyse des Risques Résiduels
BW	Body Weight (Poids corporel)
CE	Concentration d'Exposition
DJA	Dose Journalière Admissible
DJE	Dose Journalière d'Exposition
ED	Durée d'Exposition
EDR	Evaluation Détaillées de Risques
EQRS	Etude Quantitative de Risques Sanitaires
EF	Fréquence d'Exposition
ERI	Excès de Risque Individuel de cancer
ERS	Evaluation des Risques Sanitaires
ERU	Excès de Risque Unitaire
ESR	Evaluation Simplifiée des Risques
ET	Temps d'Exposition
F	Fraction du temps d'exposition
GMS	Groundwater Modeling System

ETUDES DE RISQUES	
IR	Indice de Risque
JE	Johnson & Ettinger (Modèle)
LOAEL	Lowest-Observed-Adverse-Effect-Level
NAF	Facteur d'Atténuation Naturelle
NOAEL	No-Observed-Adverse-Effect-Level
RAIS	Risk Assessment Information System
RBCA	Risk-Based Corrective Action
Rfc	Reference Concentration
SF	Slope Factor
TPHCWG	Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group
VF	Facteur de Volatilisation
VLE	Valeur Limite d'Exposition
VME	Valeur Moyenne d'Exposition
VTR	Valeurs Toxicologiques de Référence

SUBSTANCES, ELEMENTS & COMPOSES	
As	Arsenic
BTEX	Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes
CA	Charbon Actif
CAV	Composé Aromatique Volatil
Cd	Cadmium
CN	Cyanures
COHV	Composés Organo-Halogénés Volatils
Cr	Chrome
Cu	Cuivre
Foc	Fraction de carbone organique
FOD	fioul domestique (fuel oil domestic)
GO	GasOil
H2S	hydrogène sulfuré
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HCT	Hydrocarbures Totaux
Hg	Mercuré
LQ	Limite de quantification
MS	Matière Sèche
Ni	Nickel
OHV	Composés Halogénés volatils
Pb	Plomb
PCB	Polychlorobiphényles
PEHD	Polyéthylène haute densité
PP	Polypropylène
Ppm	Partie par million
PVC	Polychlorure de vinyle
Zn	Zinc

<b>MARCHES PUBLICS</b>	
<i>AE</i>	Acte d'engagement
<i>AMO</i>	Assistance à Maître d'ouvrage
<i>BPE</i>	Bilan Prévisionnel d'exploitation
<i>CCAG</i>	Cahier des Clauses Administratives Générales
<i>CCAP</i>	Cahier des Clauses Administratives Particulières
<i>CCTG</i>	Cahier des Clauses Techniques Générales
<i>CCTP</i>	Cahier des Clauses Techniques Particulières
<i>DCE</i>	Dossier de Consultation des Entreprises
<i>DROC</i>	Déclaration réglementaire d'ouverture de chantier
<i>EPERS</i>	Elément pouvant entraîner la responsabilité solidaire du fabricant
<i>MOE</i>	Maître d'œuvre
<i>OPC</i>	Ordonnancement, Pilotage et Coordination
<i>PFD</i>	Programme Fonctionnel Détaillé
<i>PGC</i>	Plan Général de Coordination
<i>PGCSPS</i>	Plan Général de Coordination en matière de Sécurité et Protection de la santé
<i>PPE</i>	Planning Prévisionnel d'Exécution
<i>PPSPS</i>	Plan Particulier de Sécurité et de Protection
<i>PRM</i>	Personne responsable du marché
<i>PUC</i>	Police Unique Chantier.
<i>VRD</i>	Voirie, Réseaux Divers

<b>INTERVENTION SUR SITE ET TRAVAUX DE DEPOLLUTION</b>	
<i>ADR</i>	arrêté relatif au transport des Marchandises dangereuses par route
<i>ATEX</i>	ATmosphère EXplosible
<i>BRH</i>	Brise Roche Hydraulique
<i>BSD</i>	Bordereau de Suivi des Déchets
<i>CAP</i>	Certificat d'Acceptation Préalable
<i>CATOX</i>	CATalytic OXYdation
<i>DAP</i>	Demande d'Admission Préalable
<i>DIB</i>	Déchets Industriels Banals
<i>DICT</i>	Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux
<i>DIS</i>	Déchets Industriels Spéciaux
<i>DT</i>	Déclaration de Travaux
<i>DTQD</i>	Déchets Toxiques en Quantité Dispersée
<i>EPC</i>	Equipement de Protection Collective
<i>EPI</i>	Equipement de Protection Individuelle
<i>ISCO</i>	In-Situ Chemical Oxydation
<i>ISDI</i>	Installation de Stockage de Déchets Inertes
<i>ISDND</i>	Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux
<i>ISDD</i>	Installation de Stockage de Déchets Dangereux
<i>FDS</i>	Fiche de Données de Sécurité
<i>MASE</i>	Manuel d'Amélioration de la Sécurité des Entreprises
<i>PID</i>	Détecteur à photoionisation
<i>SVE</i>	Soil Venting Extraction
<i>TN</i>	Terrain Naturel

## Annexe II : Normes de prélèvement et d'échantillonnage

## Normes de prélèvements et d'échantillonnage

ICF applique les normes de prélèvement et d'échantillonnage suivantes :

<p><b>MILIEU SOL</b></p>	<p><b>Les prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols sont réalisés selon les normes :</b></p> <p><b>NF ISO 18400-100</b> « Qualité du sol - Echantillonnage - Partie 100 : Lignes directrices pour la sélection des normes d'échantillonnage », Mai 2017  <b>NF ISO 18400-101</b> « Qualité du sol - Echantillonnage - Partie 101 : Cadre pour la préparation et l'application d'un plan d'échantillonnage », Juillet 2017  <b>NF ISO 18400-102</b> « Qualité du sol - Echantillonnage - Partie 102 : Choix et application des techniques d'échantillonnage », Décembre 2017  <b>NF ISO 18400-103</b> « Qualité du sol - Echantillonnage - Partie 103 : Sécurité, Décembre 2017  <b>NF ISO 18400-105</b> « Qualité du sol - Echantillonnage - Partie 105 : Emballage, transport, stockage et conservation des échantillons », Décembre 2017  <b>NF ISO 18400-106</b> « Qualité du sol - Echantillonnage - Partie 106 : Contrôle de la qualité et assurance de la qualité », Décembre 2017  <b>NF ISO 18400-107</b> « Qualité du sol - Echantillonnage - Partie 107 : Enregistrement et notification », Décembre 2017  <b>NF ISO 18400-201</b> « Qualité du sol - Echantillonnage - Partie 201 : Prétraitement physique sur le terrain », Décembre 2017  <b>NF ISO 18512</b> « Qualité du sol : Lignes directrices relatives au stockage des échantillons de sol à long et à court termes », Octobre 2007  <b>NF ISO 11504</b> « Qualité du sol : Evaluation de l'impact du sol contaminé avec des hydrocarbures pétroliers », Septembre 2017  <b>NF EN ISO 19258</b> « Qualité du sol : Recommandations pour la détermination des valeurs de fond », Septembre 2018</p>
<p><b>MILIEU EAUX SOUTERRAINES</b></p>	<p><b>Les prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines sont réalisés selon les normes :</b></p> <p><b>NF X 31 614</b> « Qualité du sol – Méthode de détection et de caractérisation des pollutions - Réalisation d'un forage de contrôle ou de suivi de la qualité de l'eau souterraine au droit et autour d'un site potentiellement pollué », Décembre 2017  <b>NF X 31 615</b> « Qualité des sols – Méthodes de détection, de caractérisation et de surveillance des pollutions en nappe dans le cadre des sites pollués ou potentiellement pollués - Prélèvement et échantillonnage des eaux souterraines dans des forages de surveillance pour la détermination de la qualité des eaux souterraines », Décembre 2017  <b>NF EN ISO 5667-11</b> « Qualité de l'eau – Echantillonnage – Partie 11 : Lignes directrices pour l'échantillonnage des eaux souterraines », Avril 2009  <b>NF EN ISO 5667-22</b> « Qualité de l'eau – Echantillonnage – Partie 22 : Lignes directrices pour la conception et l'installation de points d'échantillonnage des eaux souterraines », Août 2010  <b>L'abandon d'ouvrage de surveillance est réalisé en référence à la norme :</b>  <b>NF X 10 999</b> « Forage d'eau et de géothermie – Réalisation, suivi et abandon d'ouvrages de captage ou de surveillance des eaux souterraines réalisés par forages », Août 2014</p>
<p><b>MILIEU GAZ DU SOL</b></p>	<p><b>Les prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les échantillons de gaz du sol sont réalisés selon la norme :</b></p> <p><b>NF ISO 18400-204</b> « Qualité du sol – Echantillonnage – Partie 204 : lignes directrices pour l'échantillonnage des gaz du sol », Juillet 2017</p>

Annexe III : **Fiches de suivi de sondages et prélèvements des  
sols**

Annexe IV : **Tableau de synthèse des résultats d'analyses des sols**

## Annexe V : **Bordereaux d'analyses des sols**

## Annexe VI : **Coupes techniques des piézomètres**

## Annexe VII : **Fiches de prélèvement des eaux souterraines**

## Annexe VIII : **Bordereaux d'analyses des eaux souterraines**

## Annexe IX : **Coupes techniques des piézairs**

## Annexe X : **Fiches de prélèvement des gaz du sol**

## Annexe XI : **Bordereaux d'analyses des gaz du sol**



Références :



Gennevilliers



Portées  
communiquées  
sur demande