

PLAN DE GESTION

RAPPORT

Référence de proposition : 023664 SI MAS 04a

Ancienne référence de dossier : E SE MAS 2020 04497

Rue Saint Just – Allée Gagarine 94 200 IVRY SUR SEINE



SCCV IVRY LOT 9

44-46 rue de la Bienfaisance

75 008 PARIS

PLAN DE GESTION

Rue Saint Just – Allée Gagarine 94 200 IVRY SUR SEINE

| Dossier | Agence | N° prestation | Prestation | N° Pièce | Type Document | Date | Commentaires / version |
|---------|--------|---------------|------------|----------|---------------|------------|------------------------|
| 023664 | SI MAS | 04a | PG | 4 | Rapport | 30/05/2023 | Version provisoire |

| Rédacteurs | Chef de projet | Superviseur |
|---|----------------|----------------|
| Raouf NEKKACHE et Vincent ALÉTRU <i>(spécialisé évaluation des risques)</i>  | Raouf NEKKACHE | Thierry JUMEAU |

DOCUMENTS PRÉCÉDEMMENT RÉALISÉS

| Dossier | Agence | N° prestation | Prestation | N° Pièce | Type Document | Date | Titre / Objet du document |
|------------|--------|---------------|------------|----------|---------------|------------|---|
| 2020 04497 | SE MAS | 01a | DIAG | 1 | Rapport | 23/02/2021 | Diagnostic de l'état des milieux |
| | | 02a | DIAG | 2 | Rapport | 14/10/2022 | Diagnostic complémentaire de l'état des milieux |
| 023664 | SI MAS | 03a | ATTES | 3 | Attestation | 25/10/2022 | Attestation de prise en compte des mesures de gestion de la pollution |

CONDITIONS D'EXPLOITATIONS DU PRÉSENT RAPPORT

L'utilisation de ce rapport doit respecter les conditions d'exploitation des études d'environnement (voir **annexe 10**).

En particulier :

- Cette étude ne constitue pas un certificat de non-pollution.
- Les descriptions lithologiques de ce rapport ne pourront pas être utilisées dans le cadre des études géotechniques.
- La recherche de sources potentielles de pollution se base uniquement sur la visite du site, sur l'historique du site, et les renseignements recueillis auprès des différentes administrations. On ne peut exclure la présence d'une pollution qui serait due à des événements non signalés et non répertoriés (apports de remblais, décharge sauvage, acte de vandalisme...).
- Les investigations ont été réalisées ponctuellement sur le site. Elles ne peuvent fournir une vision continue de l'état du sous-sol, et ne permettent pas d'appréhender la présence de pollution pour des profondeurs supérieures à celles investiguées, ni d'apprécier le risque de pollution lié à des composés autres que ceux recherchés.
- Le rapport a été établi avec les informations disponibles au moment de la rédaction de l'étude et dans l'état actuel des connaissances techniques, juridiques et scientifiques.
- Le rapport et ses annexes forment un document indissociable. Ce document ne peut être exploité que dans son intégralité.

Le présent document ne s'applique pas aux sites pollués :

- Par des substances radioactives ;
- Par des agents pathogènes ;
- Par l'amiante.

De même, les sites dans lesquels se trouvent des engins pyrotechniques sont exclus du champ d'application du présent document.

SOMMAIRE

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | SYNTHESE NON TECHNIQUE..... | 9 |
| 2. | MISSION | 11 |
| 2.1. | CONTEXTE | 11 |
| 2.2. | OBJECTIFS DE L'ETUDE | 11 |
| 2.3. | LIMITE DE LA MISSION..... | 11 |
| 3. | CONTEXTE DU SITE..... | 12 |
| 3.1. | RECHERCHE DE DOCUMENTS ET VISITE DE SITE | 12 |
| 3.2. | CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL | 15 |
| 4. | CARACTERISATION DES ZONES DE POLLUTION CONCENTREE | 17 |
| 4.1. | GENERALITES | 17 |
| 4.2. | CONSTATS DE TERRAIN | 18 |
| 4.3. | ANALYSE STATISTIQUE..... | 19 |
| 4.4. | ANALYSES CARTOGRAPHIQUES..... | 21 |
| 5. | SCHEMA CONCEPTUEL..... | 24 |
| 6. | GESTION DES DEBLAIS DANS LE CADRE DU PROJET..... | 27 |
| 6.1. | ESTIMATION DES VOLUMES DE DEBLAIS | 27 |
| 6.2. | ESTIMATION DES SURCOUTS LIES AU DEBLAIS..... | 29 |
| 7. | MESURES DE GESTION | 30 |
| 7.1. | PRESENTATION DE LA DEMARCHE DE GESTION | 30 |
| 7.2. | TRAVAUX ENVISAGES | 31 |
| 7.3. | ÉVALUATION DU BILAN COUTS / AVANTAGES..... | 38 |
| 8. | CALCUL DES RISQUES SANITAIRES..... | 41 |
| 8.1. | DEMARCHE METHODOLOGIQUE | 41 |
| 8.2. | ÉVALUATION DES DANGERS..... | 41 |
| 8.3. | ÉVALUATION DES EXPOSITIONS | 43 |
| 8.4. | PARAMETRES D'ENTREE | 44 |
| 8.5. | RESULTATS DES CALCULS DE RISQUES..... | 48 |
| 9. | CONTROLE DES TRAVAUX ET RECOLEMENT | 50 |
| 9.1. | MESURES DE CONTROLES DES EXPOSITIONS EN PHASE CHANTIER..... | 50 |
| 9.2. | MESURES DE CONTROLES DES OPERATIONS DE DEPOLLUTION | 50 |
| 9.3. | INFILTRATION DES EAUX PLUVIALES | 51 |
| 9.4. | COMPLEMENT DES OUVRAGES PIEZOMETRIQUES EXISTANTS..... | 51 |
| 9.5. | GESTION DES EAUX SOUTERRAINES POUR LE PROJET | 52 |
| 9.6. | PLAN DE SURVEILLANCE ENVIRONNEMENTALE | 52 |
| 9.7. | CONSERVATION DE LA MEMOIRE - SERVITUDES..... | 52 |

| | |
|---|-----------|
| 10. CONCLUSION RECOMMANDATIONS | 53 |
| 10.1. SYNTHESE..... | 53 |
| 10.2. RECOMMANDATIONS..... | 54 |

LISTE DES TABLEAUX

| | | |
|--------------|--|----|
| Tableau 1 : | Contexte météorologique régional (station de Paris) | 15 |
| Tableau 2 : | Constats de terrain sol..... | 18 |
| Tableau 3 : | Constats de terrain et analyses des gaz du sol | 19 |
| Tableau 4 : | Données statistiques établies pour chaque composé étudié..... | 19 |
| Tableau 5 : | Estimation des volumes de déblais non conforme pour le projet sur un sous-sol | 28 |
| Tableau 6 : | Estimation des surcoûts pour la réalisation du projet sur un niveau de sous-sol..... | 29 |
| Tableau 7 : | Présentation des techniques de dépollution retenues | 32 |
| Tableau 8 : | Scénario 1 : Estimation des volumes pour la purge de la pollution concentrée résiduelle..... | 34 |
| Tableau 9 : | Scénario 1 : Estimation des coûts et surcoûts liés à la purge de la pollution concentrée résiduelle | 34 |
| Tableau 10 : | Mesures de gestion du scenario 1 et les coûts liés..... | 35 |
| Tableau 11 : | Scénario 2 : Estimation des volumes à purger pour la création d'un vide technique | 36 |
| Tableau 12 : | Scénario 1 : Estimation des coûts et surcoûts liés à la purge des matériaux pour la création d'un vide technique 37 | |
| Tableau 13 : | Mesures de gestion du scenario 2 et les coûts liés..... | 37 |
| Tableau 14 : | Bilan coûts / avantages..... | 38 |
| Tableau 15 : | Équations générales du calcul de risques sanitaires..... | 42 |
| Tableau 16 : | Caractéristiques environnementales – Bâtiment sur R-1 | 45 |
| Tableau 17 : | Caractéristiques des bâtiments – Bâtiment sur R-1 | 45 |
| Tableau 18 : | Caractéristiques des usagers du site – Exposition en air intérieur..... | 46 |
| Tableau 19 : | Teneurs maximales retenues | 47 |
| Tableau 20 : | Résultats des calculs de risques sanitaires..... | 48 |

LISTE DES ANNEXES

| | |
|-----------|---|
| ANNEXE 1 | PLAN DE LOCALISATION DU SITE |
| ANNEXE 2 | EXTRAITS DES PLANS DU PROJET |
| ANNEXE 3 | VISITE DE SITE, PLAN DU SITE |
| ANNEXE 4 | PLAN D'IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS |
| ANNEXE 5 | PRÉSENTATION DES ÉQUATIONS DU MODÈLE « JOHNSON & ETTINGER » |
| ANNEXE 6 | CARACTÉRISTIQUES ET TOXICOLOGIE DES SUBSTANCES RETENUES |
| ANNEXE 7 | FEUILLES DE CALCULS DE RISQUES |
| ANNEXE 8 | DISCUSSION SUR LES INCERTITUDES |
| ANNEXE 9 | PRESTATIONS DE SOLER IDE |
| ANNEXE 10 | CONDITIONS D'EXPLOITATION DES ÉTUDES D'ENVIRONNEMENT |

GLOSSAIRE

| | |
|---------|---|
| AEP | : Alimentation en Eau Potable |
| ASPIKET | : Apports d'une Stratification Pédologique pour l'Interprétation des Teneurs en Éléments Traces |
| ARS | : Agence Régionale de Santé |
| BASIAS | : Base de données d'Anciens Sites Industriels et Activités de Service |
| BASOL | : Base de données sur les sites et sols pollués (ou potentiellement pollués) appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif |
| BRGM | : Bureau de Recherches Géologiques et Minières |
| DREAL | : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement |
| DRIEAT | : Direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports |
| DDT | : Direction Départementale des Territoires |
| ICPE | : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement |
| IGN | : Institut Géographique National |
| ISDD | : Installation de Stockage de Déchets Dangereux (classe 1) |
| ISDI | : Installation de Stockage de Déchets Inertes (classe 3) |
| ISDND | : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux (classe 2) |
| ISDI TS | : Installation de Stockage de Déchets Inertes pour Terres Sulfatées |
| NGF | : Nivellement Général de la France |
| PNR | : Parc Naturel Régional |
| PPRI | : Plan de Prévention des Risques d'Inondation |
| VMA | : Valeur Maximale Admissible définie par l'arrêté du 12 décembre 2014 pour l'acceptation en ISDI |
| ZICO | : Zone d'Importance Communautaire pour les Oiseaux |
| ZNIEFF | : Zone Naturelle d'Intérêt Écologique Faunistique et Floristique |

| | |
|-----|--|
| As | : Arsenic |
| Ba | : Baryum |
| Cd | : Cadmium |
| Cr | : Chrome |
| Cu | : Cuivre |
| Hg | : Mercure |
| Mo | : Molybdène |
| Ni | : Nickel |
| Pb | : Plomb |
| Sb | : Antimoine |
| Se | : Sélénium |
| Zn | : Zinc |
| ETM | : Éléments Traces Métalliques, regroupe l'ensemble des composés métalliques ou métalloïdes |

| | |
|------|---|
| BTEX | : Hydrocarbures mono-aromatiques (Benzène Toluène Ethylbenzène Xylènes) |
| COHV | : Composés Organo-Halogénés Volatils |
| HAP | : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques |
| HCT | : Hydrocarbures Totaux (C10-C40) |
| PCB | : PolyChloroBiphényles |
| COT | : Carbone Organique Total |
| CNt | : Cyanures Totaux |

DÉFINITIONS

Site pollué :

- Site présentant un risque pérenne, réel ou potentiel, pour la santé ou l'environnement du fait d'une pollution d'un ou des milieux, résultant de l'activité actuelle ou ancienne.

Pollution :

- Concentration sur sol brut dépassant le niveau de bruit de fond local pour une substance donnée et entraînant un risque pour la santé humaine et/ou l'environnement.

Pollution concentrée :

- Volume de milieu souterrain (sol, eau, gaz) 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.

Pollution diffuse :

- Zone difficile à circonscrire au sein de laquelle les concentrations en une ou plusieurs substances sont supérieures au bruit de fond local.

Pollution résiduelle :

- Substances restant dans le milieu souterrain après un traitement.

1. SYNTHÈSE NON TECHNIQUE

La SCCV IVRY LOT 9 a pour projet l'aménagement du terrain sis : **lot 9, rue Saint Just-Allée Gagarine 94 200 IVRY SUR SEINE.**

Le projet porte sur la réalisation d'un ensemble immobilier sur un niveau de sous-sol avec un espace vert en pleine terre, comprenant une résidence étudiante et une école du numérique.

Le site possède une superficie de 2650 m² et correspond à un terrain nu.

Lors de la première campagne d'investigation en 2020, la partie centrale et Ouest correspondait à un parking goudronné.

La partie Est correspondait à un espace vert.

Aucune source potentielle de pollution n'a été identifiée ou portée à notre connaissance

On note qu'un immeuble de logements était situé en bordure extérieure, le long Ouest du site.

L'immeuble a été démoli en fin d'année 2020.

Des investigations sur les milieux ont été réalisées en 2021 et 2022. Elles ont consisté en la réalisation de 14 sondages de sols jusqu'à 5m de profondeur, 5 piézomètres à 7m de profondeur et 3 piézais à 5m de profondeur.

Les résultats d'analyses mettent en évidence la présence :

- Dans les sols : d'impacts en métaux, en hydrocarbures HCT sur 8 échantillons (540 mg/kg à 15 000 mg/kg), en hydrocarbures HAP sur un échantillon (124,1 mg/kg) ainsi que des anomalies sur des essais de lixiviation (Sb, Mo, FS/SO₄)
- Dans les eaux souterraines recoupées vers 6m de profondeur : de métaux et hydrocarbures HCT en état de traces, d'hydrocarbures HAP sur les 2 ouvrages avec une teneur maximale de 4,1 µg/l sur Pz1, de Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV) sur les 2 ouvrages avec une teneur maximale de 30 µg/l sur Pz2
- Dans les gaz du sol : d'Hydrocarbures (C5-C16) aliphatiques de manière diffuse, avec une teneur maximale de 3997,1 µg/m³ sur Pg1, ainsi que des Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV) de manière diffuse, avec une teneur maximale de 4323,5µg/m³ sur Pg3.

Au total, pour la réalisation du sous-sol, on estime qu'environ **8 400 m³** de terres devront faire l'objet d'évacuation en filières spécifiques.

La prise en charge des matériaux non inertes/pollués en filières spécialisées dans le cadre de la réalisation du sous-sol, est ainsi estimée à environ **600K€ HT** dont un surcoût d'environ **391K€ HT**.

Au regard de l'ensemble des investigations, il a été caractérisé 2 zones de pollution concentrées :

- **une zone située au Nord et représentée par les sondages T7 et Pg3** : pollution concentrée en hydrocarbures HAP dans les sols et en composés cholés (COHV) dans les gaz du sol ;
- **une zone située au Sud et représentée par les sondages T1, T10 et Pg1** : pollution concentrée en hydrocarbures HCT dans les sols et en hydrocarbures aliphatiques dans les gaz du sol.

La réalisation du projet impliquera l'évacuation hors site des déblais d'excavation. Dans ce contexte et au regard des profondeurs de terrassement attendues, une partie des zones de pollutions concentrées des sols seront purgées (T7/0,5-1 et T1/2-3).

Les zones localisées en profondeur (au-delà du futur fond de fouille) devront ainsi faire l'objet d'une gestion spécifique. Il s'agit de la zone de pollution concentrée des sols au droit du sondage T10, de 4m à 5m de profondeur.

La pollution concentrée dans les gaz du sol, identifiée au droit des zones PG1 (hydrocarbures aliphatiques) et PG3 (composés chlorés), devront également faire l'objet de mesures de gestion.

Au regard du contexte du site, du projet, et des zones de pollutions concentrées, les scénarios de gestion suivants sont étudiés :

- **scénario n°1** : Purge supplémentaire des matériaux au droit de la zone T10 pour éliminer la pollution concentrée en hydrocarbures, puis mise en place d'un système de dépressurisation sous membrane (SDSM) au droit du bâtiment. **Le coût pour le scénario 1 est estimé à 123 K€ HT, dont un surcoût à 119 K€ HT.**

- **scénario n°2** : Purge supplémentaire des matériaux :
 - au droit de la zone T10 pour éliminer la pollution concentrée en hydrocarbures ;
 - au droit du futur sous-sol pour la création d'un vide technique ventilé.

Le coût pour le scénario 2 est estimé à 246 K€ HT, dont un surcoût à 226 K€ HT.

Au regard du contexte environnemental et du projet, les niveaux de risques sanitaires évalués avant travaux (sans mesure de gestion) sont inférieurs aux seuils recommandés selon la méthodologie nationale (ERI <10⁻⁵ et QD <1). Les concentrations prédictives à l'intérieur des futurs bâtiments sont inférieures aux Valeurs d'Analyse de la Situation (seuils R1, R2, R3).

L'ensemble de ces éléments et les mesures de gestion envisagées permettent de conclure à la compatibilité de l'état environnemental du site avec l'usage prévu.

Il y aura lieu de mettre à jour cette Analyse des risques sanitaires prédictive par une ARR finale, réalisée sur la base des contrôles de réception après travaux de dépollution.

Afin de maîtriser les impacts environnementaux résiduels, les dispositions suivantes sont à respecter afin de maîtriser les impacts résiduels :

En phase travaux

- Gérer les zones de pollution concentrées ;
- Évacuer en filières spécifiques les terres impactées dans le cadre de la gestion des déblais ;
- Réaliser un suivi et des contrôles des travaux de gestion des pollutions, par un bureau d'études spécialisé.
- Au droit des zones en extérieur, les terrains restant en place seront à recouvrir par un horizon sain (0,3 m de terres saines) ou par un horizon minéralisé : enrobé, dallage... En cas d'un impact résiduel après travaux, dans les terrains restant en place, un grillage avertisseur sera à mettre en place au droit des jardins privatifs ;
- Éviter le passage des réseaux d'eau potable dans des terres polluées du site. Il s'agira de protéger les canalisations existantes par un fourreau limitant la perméation des composés organiques ou de mettre en place des canalisations d'alimentation en eau neuves, avec remblaiement des tranchées par des terres saines drainantes ;
- De réaliser une Analyses des Risques Résiduels finale, sur la base des contrôles des sols et des gaz du sol après travaux de dépollution ;

En phase définitive, au droit des zones impactées :

- Assurer un renouvellement d'air minimal du sous-sol (minium considéré de 0,5 vol/h moyenné sur la journée) ;
- Maintenir un bon état de recouvrement des sols au droit des zones en extérieur ;
- Ne pas réaliser d'infiltration des eaux pluviales au sein des terrains impactés ;
- Interdire tout captage d'eau au droit du site ;
- Interdire la plantation en pleine terre d'arbres fruitiers et/ou de végétaux comestibles.

Il y aura lieu de mettre le site en conformité réglementaire : ouvrages piézométriques...

Par ailleurs, en fonction des impacts résiduels suite aux travaux de dépollution,

- Évaluer de la nécessité d'une surveillance environnementale après la livraison du site.
- Mettre en mémoire le passif du site, afin de prévenir des risques en cas de nouveaux travaux (tranchées, curage, plantation...), par la transmission des dossiers d'ouvrages exécutés et de la présente étude dans les actes notariés. Cette mise en mémoire pourra faire l'objet d'un dossier spécifique de restrictions d'usages ou de servitudes.

2. MISSION

2.1. Contexte

La SCCV IVRY LOT 9 a pour projet l'aménagement du terrain sis : **lot 9, rue Saint Just-Allée Gagarine 94 200 IVRY SUR SEINE.**

Le projet porte sur la réalisation d'un ensemble immobilier sur un niveau de sous-sol avec un espace vert en pleine terre, comprenant une résidence étudiante et une école du numérique. Des extraits du projet sont présentés en **annexe 2**.

Ce site a fait l'objet d'investigations sur les milieux sol, eaux souterraines et gaz du sol en 2021 et en 2022, montrant ainsi la présence de pollutions en composés organiques sur les 3 milieux.

La SCCV IVRY LOT 9 souhaite déterminer la meilleure option de réhabilitation du site au regard du projet envisagé. Dans ce contexte, un Plan de Gestion a été réalisé pour déterminer la meilleure option de réhabilitation du site afin de valider la compatibilité sanitaire du site avec l'usage prévu.

2.2. Objectifs de l'étude

Au regard du contexte de la demande, SOLER IDE a été missionnée pour l'élaboration d'un **Plan de Gestion** associée à un Bilan Coûts / Avantages et une Analyse des Risques sanitaire Résiduel (ARR) prédictive.

La prestation Plan de Gestion a pour objectifs de définir les modalités de réhabilitation d'un site au regard de la maîtrise des sources et des impacts de pollution identifiés. Il s'agit :

- D'étudier différentes options de gestion en vue de l'aménagement futur ;
- De définir le meilleur scénario de réhabilitation, par un bilan coûts / avantages, au regard du projet et des impacts de pollution identifiés ;
- De valider par une Analyse des Risques Résiduels prédictive, les options de gestion retenues, sur un plan sanitaire.

La présente étude est réalisée en référence à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués mise à jour en avril 2017. La codification de cette méthodologie est donnée par la série des normes NF 31-620-1 à 5 de décembre 2021 portant sur les prestations relatives aux sites et sols pollués.

Au regard du contexte de la demande et des objectifs demandés, SOLER IDE a réalisé la prestation globale de Plan de Gestion (prestation codifiée PG), incluant les prestations élémentaires suivantes :

- Identification des différentes options de gestion et réalisation du bilan coûts / avantages (A330) ;
- Analyse des risques sanitaires (A320).

Les prestations normalisées de SOLER IDE sont présentées en **annexe 9**.

2.3. Limite de la mission

Cette étude ne constitue pas une Étude de Conception (ou Étude de Projet) incluant un dimensionnement de la solution de gestion retenue et présentant un niveau de détail suffisant des postes à faire chiffrer par une entreprise.

Cette mission ne constitue pas une consultation d'entreprises spécialisées pour laquelle il est nécessaire de réaliser un cahier des charges (prestation codifiée B310). Les quantités, les durées ainsi que les coûts indiqués sont des estimations données à titre indicatif, qui pourront être validées lors de la consultation des entreprises. De plus, la liste des scénarios proposés ne peut prétendre être exhaustive.

Compte tenu des connaissances scientifiques actuelles et des incertitudes inhérentes à l'évaluation des risques, l'évaluateur est amené à faire des hypothèses et à prendre des options pour mener à bien son analyse. L'ensemble de ces éléments sera détaillé dans la suite du rapport.

3. CONTEXTE DU SITE

3.1. Recherche de documents et visite de site

3.1.1. Bibliographie – Documentation de référence

Documentation normative :

- Norme ISO 18400-202 « *Investigations préliminaires* » (Octobre 2018).

Documentation générale :

- Banque de données du sous-sol – site internet Infoterre, BRGM ;
- Informations de l'administration concernant une pollution suspectée ou avérée (ex-BASOL) ;
- Anciens sites industriels et activités de service (CASIAS) ;
- Site internet Remonter le temps, IGN ;
- Site internet Géorisques ;
- Carte géologique au 1/50 000ème, BRGM ;
- Carte topographique au 1/25 000ème, IGN ;
- Données climatiques (Météo France).

Documentation spécifique :

- Diagnostic de pollution – SEMOFI, réf : C18-10682, daté du 18/07/2018 ;
- Diagnostic hydrogéologique – SEMOFI, réf : C18-10682 daté du 02/10/2019 ;
- Diagnostic hydrogéologique – SEMOFI, réf : C19-12177 daté du 09/09/2019 ;
- Plans du projet PC (07/2022), phase DCE (non datés, transmis 03/2023) : plan du sous-sol, plan du RDC, plan de masse ;
- Diagnostic de pollution – SOLER ENVIRONNEMENT, réf : E SE MAS 2020 04497 01, daté du 23/02/2021 ;
- Diagnostic complémentaire de pollution – SOLER IDE, réf : 023664 SI MAS 02a, daté du 14/10/2022.

3.1.2. Description de la zone d'étude

La zone d'étude est localisée en partie Est de la commune d'Ivry-sur-Seine.

Dans un rayon de 100 m, la zone d'étude est délimitée par :

- La rue Saint Just puis des logements collectifs, au Nord ;
- Des voies ferrées puis des entrepôts à l'Est ;
- Un terrain nu puis une base de vie de chantier à l'Ouest ;
- Un terrain goudronné et espace vert Sud au Sud.

Le plan de localisation du site est joint en **annexe 1**.

Le site correspond à une partie de la parcelle cadastrale n°78 de la section AM et possède une superficie de 2650 m².

Une visite de site a été réalisée le 21/09/2022 par M. Boukhetir, Technicien. Le site correspond à un terrain nu.

Lors de la première campagne d'investigation en 2020, la partie centrale et Ouest correspondait à un parking goudronné. La partie Est correspondait à un espace vert.

Aucune source potentielle de pollution n'a été identifiée ou portée à notre connaissance lors de cette visite.

On note qu'un immeuble de logements était situé en bordure extérieure, le long Ouest du site. L'immeuble a été démoli en fin d'année 2020.

La fiche de visite de site, avec plan et les photographies du site, est jointe en **annexe 3**.

3.1.3.Synthèse des études précédentes

a) Diagnostic initial de pollution (Semofi 2018)

Un diagnostic de pollution a été réalisé par la société SEMOFI en 2018, au droit de 3 zones de la ZAC GAGARINE-TRUILLOT. Il s'agit de l'OPH Ivry, l'école primaire Joliot Curie et du collège Politzer.

Le site à l'étude (ilot 9) est situé au droit de la zone OPH Ivry, d'une superficie d'environ 33 000 m²

Sur les 16 sondages de sols (nommés A-ST1 à A-ST16) réalisés jusqu'à 6m de profondeur dans la zone OPH Ivry, 2 sondages (A-ST11 et A-ST12) sont localisés sur l'emprise du lot 9 à l'étude.

Au cours des investigations, les formations suivantes ont été rencontrées :

- Remblais hétérogènes de type limons à sables limoneux marron à marron gris, avec ponctuellement des fragments de brique, de verre, de plastique et/ou quelques résidus de brûlage rencontrés de 1 à 3,8m d'épaisseur au droit des sondages A-ST1 à A-ST3 et A-ST5 à A-ST16 ;
- Remblais hétérogènes de comblement du plan d'eau/de la sablière de type limons sableux à sables marron/gris à gris avec fragments de brique et/ou quelques résidus de brûlage rencontrés de 0 à 6m de profondeur au maximum (base des sondages) au droit des sondages A-ST3 à A-ST5 ;
- Alluvions modernes de type argiles à sables marron clair à marron clair, avec ponctuellement des blocs, rencontrés entre 1 et 6m au maximum (base des sondages) au droit des sondages A-ST1, A-ST5 à A-ST16.

Dans la zone OPH Ivry, les résultats d'analyses mettent en évidence :

- des anomalies diffuses en métaux à des teneurs supérieures au fond géochimique francilien ;
- des anomalies diffuses en hydrocarbures (HCT et HAP), avec ponctuellement des teneurs significatives en HCT entre 980 mg/kg et 1530 mg/kg.
- des anomalies généralisées sur les essais de lixiviation, en antimoine et en fraction soluble associée aux sulfates lixiviables.

Sur les 2 sondages réalisés au droit du lot 9 à l'étude, seul le sondage A-ST12 a fait l'objet d'analyses.

Les analyses mettent en évidence :

- des anomalies en métaux dans les remblais, à des teneurs supérieures au fond géochimique francilien ;
- de faibles teneurs en hydrocarbures (HCT et HAP) ;
- des anomalies sur essai de lixiviation (échantillon A-ST12/0,05-1,9), en antimoine et en fraction soluble associée aux sulfates lixiviables.

Une étude hydrogéologique a été réalisée au droit de la ZAC en 2018 par la société SEMOFI.

Les 3 ouvrages piézométriques mettent en évidence des niveaux d'eaux souterraines, entre 5,8m et 6,3m de profondeur, soit entre 27/25 NGF.

b) Diagnostic complémentaire de pollution (SOLER ENVIRONNEMENT 2000)

La campagne d'investigations complémentaire sur les sols a consisté en la réalisation à la tarière mécanique, de 9 sondages jusqu'à 3m de profondeur (nommés T1 à T9), repartis sur l'ensemble du site.

Au cours des investigations, les formations suivantes ont été rencontrées :

- remblais anthropiques : sableux, limoneux et marneux marron plus ou moins foncé avec graviers et traces de briques jusqu'à la fin des sondages ;
- ponctuellement, des marnes plus ou moins sableuse marron à partir d'1m et jusqu'à la fin des sondages.

Des odeurs d'hydrocarbures ont été mises en évidence dans les remblais issus des sondages T7 et T9.

Les résultats d'analyses mettent en évidence :

- des anomalies diffuses de métaux dans les remblais à des teneurs supérieures au fond géochimique francilien ;

- des anomalies diffuses en hydrocarbures (HCT) avec ponctuellement des teneurs significatives : 1300 mg/kg sur l'échantillon T1/0,5-2, à 10 000 mg/kg sur l'échantillon T1/2-3, à 540 mg/kg sur l'échantillon T3/1-2, à 5800 mg/kg sur l'échantillon T7/0,5-1 et à 930 mg/kg sur l'échantillon T7/1-2 ;
- des anomalies diffuses en hydrocarbures polyaromatiques (HAP) avec ponctuellement des teneurs significatives : 75,8 mg/kg sur l'échantillon T2/0-0,5 et à 124,1 mg/kg sur l'échantillon T7/0,5-1. Le naphthalène a été détecté de manière ponctuelle avec une teneur maximale de 1,2 mg/kg sur l'échantillon T7/0,5-1 ;
- ponctuellement, des traces de polychlorobiphényles (jusqu'à 0,076 mg/kg) ;
- sur éluât, des anomalies diffuses en fraction soluble associée aux sulfates lixiviables sur la quasi-totalité des échantillons testés et des anomalies ponctuelles en antimoine mobilisable sur les 2 échantillons de remblais T3/0,1-1 et T9/0,1-0,5.

c) Diagnostic complémentaire de pollution (SOLER IDE 2021)

INVESTIGATIONS SUR LES SOLS :

Au total, 5 sondages de sols (T10, T11, Pg1 à Pg3) ont été réalisés jusqu'à 5m de profondeur.

Au cours des investigations, les formations rencontrées correspondent à des remblais sableux limoneux marron plus ou moins foncé et grisâtre avec graviers, silex et briques jusqu'à la fin des sondages.

De faibles odeurs d'hydrocarbures ont été mises en évidence dans les remblais de surface issus du sondage T11.

Les analyses ont mis en évidence la présence :

- des anomalies en métaux à des teneurs supérieures au fond géochimique local des sols franciliens,
- des anomalies en hydrocarbures (HCT) de manière diffuse, avec des teneurs significatives sur les échantillons T10/1-3 (5400 mg/kg), T10/4-5 (15000 mg/kg) et T11/0-1,75 (1400 mg/kg). Ces teneurs sont supérieures aux valeurs définies par l'arrêté ministériel du 12/12/2014 ;
- de faibles teneurs en hydrocarbures polyaromatiques (HAP) et de manière diffuse, avec une concentration maximale de 14,1 mg/kg. Les teneurs sont inférieures aux valeurs définies par l'arrêté ministériel du 12/12/2014 ;
- de faibles teneurs en polychlorobiphényles (PCB) sur l'échantillon de remblais T10/0,1, à une concentration de 0,98 mg/kg. Cette teneur est inférieure à la valeur définie par l'arrêté ministériel du 12/12/2014 ;
- sur éluât, des anomalies en fraction soluble associée aux sulfates lixiviables sur les 2 échantillons de remblais T10/1-3 et T11/0-1,75, une anomalie en Molybdène lixiviable sur l'échantillon T10/0-1, une anomalie en antimoine lixiviable sur les échantillons T10/0-1 et T11/0-1,75.

INVESTIGATIONS SUR LES EAUX SOUTERRAINES :

2 prélèvements d'eaux souterraines ont été effectués au droit de 2 ouvrages piézométriques (noté Pz1 et Pz2), installé à 8m de profondeur au droit du site en septembre 2022.

Les niveaux d'eaux souterraines ont été mesurés à environ 6,6m de profondeur, soit à environ 27,2 mNGF.

Aucun indice organoleptique suspect n'a été identifié lors des purges et des prélèvements.

Les résultats d'analyses ont mis en évidence la présence des composés suivants :

- de l'arsenic a été mis en évidence avec une faible teneur de 7 µg/l sur Pz1. Cette teneur est inférieure aux valeurs définies pour la production d'eau destinée à la consommation humaine ;
- des hydrocarbures (HCT) en état de traces sur Pz1, avec une teneur de 0,05 mg/l. Cette teneur est inférieure aux valeurs définies pour la production d'eau destinée à la consommation humaine ;
- des hydrocarbures polyaromatiques (HAP) sur Pz1 (4,1 µg/l) et Pz2 (0,22 µg/l). La teneur enregistrée sur Pz1 est supérieure aux valeurs définies pour la production d'eau destinée à la consommation humaine ;
- des composés chlorés volatils (COHV) sur Pz1 (2 µg/l) et Pz2 (30 µg/l). La teneur enregistrée en tétrachloroéthylène sur Pz2 (25 µg/l), est supérieure aux valeurs définies pour la production d'eau destinée à la consommation humaine (10 µg/l).

INVESTIGATIONS SUR LES GAZ DU SOLS :

3 piézairs (PG1 à PG3) ont été implantés jusqu'à 5 m de profondeur.

Les résultats d'analyses mettent en évidence la présence :

- des hydrocarbures TPH (C5-C16) aliphatiques de manière diffuse, avec une teneur maximale de 3997 µg/m³ sur Pg1 ;
- des hydrocarbures aromatiques (CAV) de manière diffuse en teneurs modérées, avec une teneur maximale de 125 µg/m³ sur Pg1 ;
- des composés chlorés volatils (COHV) de manière diffuse, avec une teneur maximale de 4323 µg/m³ sur Pg3. Il s'agit principalement de tétrachloroéthylène.

Les concentrations théoriques calculées dans l'air intérieur (avec un facteur de dilution de 100) sont inférieures aux valeurs d'analyses de la situation.

Le plan d'implantation des investigations est joint en **annexe 4**.

3.2. Contexte environnemental

3.2.1. Topographie

D'après la carte topographique de PARIS, le site étudié se trouve à une cote d'environ +34 NGF.

La localisation de la zone d'étude en coordonnées Lambert II étendu est la suivante :

X : 604 137 m
Y : 2 423 770 m

3.2.2. Météorologie

L'Île-de-France se trouve dans un bassin, en limite des influences océaniques, à l'Ouest et continentales, à l'Est. Les vents dominants soufflent du Sud-Ouest (surtout en hiver et en automne). Les vents du Nord-Est (bise) sont également assez fréquents (notamment en hiver et en été).

D'après les mesures effectuées par la station météorologique de Paris (données de Météo France), les normales annuelles pour la zone d'étude sont les suivantes :

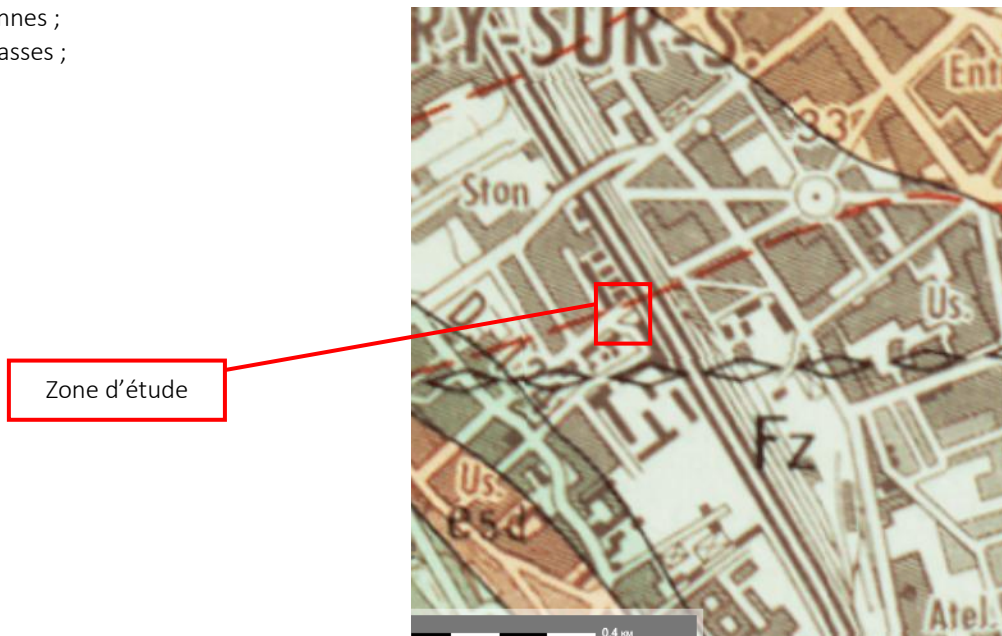
Tableau 1 : Contexte météorologique régional (station de Paris)

| Température normale minimale (°C) | Température normale maximale (°C) | Pluviométrie : hauteur des précipitations (mm) |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| 8,9 | 16,0 | 637,4 |

3.2.3.Géologie

D'après les informations fournies par le BRGM et la carte géologique de PARIS au 1/50 000ème, la succession géologique théoriquement présente au droit du site à l'étude, sous d'éventuels remblais, est la suivante :

- Alluvions modernes ;
- Alluvions anciennes ;
- Marnes et Caillasses ;



Lors de l'étude géotechnique de 2018, la succession lithologique rencontrée a été la suivante :

- des remblais sableux et limoneux brunâtre à noirâtre avec débris jusqu'à environ 10 m de profondeur ;
- des alluvions modernes de sable marneux brunâtre avec passages tourbeux jusqu'à environ 4 m de profondeur ;
- des alluvions anciennes de sable et graviers ocre à jaunâtre jusqu'à environ 12 m de profondeur ;
- des Argile plastiques, bariolées gris-noirâtre et rougeâtre jusqu'à environ 19 m de profondeur ;
- le Marno-calcaire de Meudon constitué de marne calcaire blanchâtre et verdâtre jusqu'à la fin du forage à 21 m de profondeur.

3.2.4.Hydrologie

La zone d'étude est localisée à environ 1 km au Sud et à l'Ouest de la Seine.

Au regard de sa localisation par rapport au site, celle-ci est peu susceptible d'être impactée par l'activité du site.

La commune d'Ivry-sur-Seine est concernée par un Plan de Prévention des Risques d'Inondation par crue à débordement lent de la Seine et de la Marne approuvé en 2007. D'après ce plan, **l'emprise du projet se situe dans les zones réglementaires impliquant des règles d'urbanismes.**

3.2.5.Hydrogéologie

2 ouvrages piézométriques installés à 8m de profondeur au droit du site par la société SOL CONSEIL en septembre 2022, ont permis d'identifier des niveaux d'eaux vers 6,5m de profondeur, soit à environ 27 NGF.

Nous rappelons cependant que des rétentions d'eau ne sont pas à exclure dans les terrains de surface lors de périodes climatiques défavorables, humides ou hivernales.

4. CARACTERISATION DES ZONES DE POLLUTION CONCENTREE

4.1. Généralités

La méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués précise que « *lorsque des pollutions concentrées sont identifiées [...] la priorité consiste d'abord à extraire ces pollutions concentrées, généralement circonscrites à des zones limitées, et non pas à engager des études pour justifier leur maintien en place* ».

La méthodologie fournit la définition d'une pollution concentrée : « *un 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* ».

La méthodologie de gestion des sites et sols pollués préconise donc, en premier lieu, de définir les pollutions concentrées puis d'en rechercher la suppression et enfin de chercher à supprimer leurs impacts.

Le guide « Pollution concentrée », établi par l'UPDS, version d'avril 2016, présente 6 méthodes de détermination des pollutions concentrées (interprétation des constats de terrain, analyse statistique, détermination de la présence d'une phase organique, cartographie fondée sur des méthodes déterministes, bilan massique fondée sur des méthodes déterministes, approche intégrée géostatistique). L'objectif de ces méthodes est de définir un seuil de coupure au-delà duquel une teneur en polluant, au droit du site à l'étude, est considérée comme significative et doit être traitée. Pour un site donné, la définition d'une pollution concentrée doit se faire à partir d'au moins deux de ces méthodes. Dans le cadre de la présente étude, il a été choisi d'appliquer les méthodes suivantes :

- **la méthode des constats de terrain** dont le but est de présenter comment les constats de terrain peuvent apporter des éléments généralement plutôt qualitatifs pour définir une pollution concentrée. Les constats de terrain représentent une pièce maîtresse dans la mesure où ils sont les premiers éléments recueillis lors d'une phase d'investigations de terrain. Ils permettent d'approcher ainsi la réalité du terrain.
- **la méthode statistique** (nuages de points et fréquences cumulées) dont le but est de caractériser la présence d'un éventuel bruit de fond et/ou de valeurs anormales significativement différentes dans la distribution des concentrations. Elle doit donc permettre de rechercher et distinguer les différentes populations de valeurs présentes et, in fine, de proposer un seuil de coupure pour la pollution concentrée, basé sur les différentes populations de valeurs qui auront pu être identifiées.
- **la méthode cartographique** dont le but est de visualiser la répartition spatiale des zones de pollution, en utilisant une technique d'interpolation afin de permettre une interprétation de cette répartition. Cette interprétation doit conduire à la détermination ou non d'une pollution concentrée et d'en estimer ses surfaces et ses volumes.

Remarque : au vu des résultats pertinents des 3 méthodes utilisées pour obtenir un seuil de coupure, la méthode de détermination des pollutions concentrées par bilan massique n'a pas été utilisée.

A première vue, au regard des résultats d'analyses et de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, il peut être retenu comme sources de pollutions concentrées, les familles de substances suivantes présentant de fortes teneurs :

Milieu Sol :

- **Hydrocarbures C10-C40**, avec des teneurs jusqu'à 15 000 mg/kg ;
- **Hydrocarbures HAP**, avec des teneurs jusqu'à 124 mg/kg.

Milieu gaz du sol :

- **Hydrocarbures aliphatiques** avec des teneurs jusqu'à 3 997 µg/m³ ;
- **Composés chlorés (COHV)**, avec une teneur en somme à 4 323 µg/m³. Il s'agit essentiellement de tétrachloroéthylène.

Les données utilisées sont celles issues des investigations effectuées par SOLER IDE en 2021 et en 2022.

Concernant le milieu eau souterraines, au regard des teneurs considérées comme pas assez significatives (30 µg/l maximum en COHV et 4,1 µg/l maximum en HAP), aucune source de pollution concentrée n'a été retenue sur ces milieux.

4.2. Constats de terrain

4.2.1. Interprétation des constats des sols

L'objectif de l'interprétation des constats de terrain est de présenter comment ces constats peuvent apporter des éléments, généralement qualitatifs, afin de définir une pollution concentrée. Les constats de terrain représentent une pièce maîtresse dans la mesure où ils sont les premiers éléments recueillis lors d'une phase d'investigations de terrain. Ils permettent d'approcher ainsi la réalité du terrain.

L'interprétation des constats effectués lors des investigations s'appuie notamment sur :

- les indices olfactifs (odeur) ;
- l'observation visuelle des sols (couleur, texture, présence de déchets,...) ;
- les mesures semi quantitatives des composés organiques volatils (COV). Ces mesures sont réalisées à l'aide d'un détecteur PID (détecteur des composés organiques volatils (COVT) par photo-ionisation) et permettent de mesurer le dégazage d'un échantillon de sol, placé dans un sac hermétique et malaxé sommairement.

On note que les odeurs d'hydrocarbures ont été mises en évidence dans les sols. Les teneurs en composés organiques volatils (COV), détectées sur le site à l'aide d'un détecteur PID sont repris dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Constats de terrain sol

| Sondage | Échantillons | Indice organoleptique (couleur suspecte, odeurs) | Mesure COV (PID) |
|---------|--------------|--|---------------------|
| T1 | 0,5-2 m | Remblais marneux sableux marron grisâtre | - |
| | 2-3 m | Remblais marneux sableux marron foncé | - |
| T2 | 0-0,5 m | Remblais marneux marron | - |
| T3 | 1-2 m | Remblais marneux marron | - |
| T7 | 0,5-1 m | Remblais sableux marron, passages noirâtres, odeurs hydrocarbures | - |
| | 1-2 m | Marnes marron | - |
| T10 | 1-3 m | Remblais sableux limoneux marron plus ou moins foncé | - |
| | 4-5 m | Remblais sableux limoneux marron plus ou moins foncé | - |
| T11 | 0-1,75 m | Remblais limoneux sableux grisâtres, odeurs hydrocarbures | 0,2 ppmV |

Les constats de terrain indiquent une présence ponctuelle d'odeurs d'hydrocarbures, avec une faible teneur en PID sur un échantillon de remblais issu du sondage T11.

Sur la base de ces constats de terrain, il peut être considéré la présence de zones de pollution concentrée dans les sols. Il s'agit des zones impactées en hydrocarbures au droit du sondage T7 et T11, principalement dans les remblais et jusqu'à 1,75m de profondeur.

4.2.2. Interprétation des constats de gaz du sol

Lors de la campagne de prélèvements des gaz du sol, des mesures semi-quantitative des composés organiques volatils à l'aide d'un détecteur PID, ont été réalisés à l'entrée des piézaires. Les mesures sont reprises dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Constats de terrain et analyses des gaz du sol

| Piézairs | Mesures COV (ppmV) |
|----------|--------------------|
| Pg1 | 0,3 |
| Pg2 | 0 |
| Pg3 | 0,6 |

Les mesures réalisées au détecteur PID, en début et en fin de purge ne dépassent pas 0,6 ppmV.

Au regard de ces bruits de fond mesurés, il ne peut être considéré la présence de zones de pollution concentrée dans les gaz du sol.

4.3. Analyse statistique

L'objectif de l'analyse statistique est de caractériser la présence d'un éventuel bruit de fond et/ou de valeurs anormales significativement différentes dans la distribution des concentrations des sondages réalisés. L'analyse statistique doit donc permettre de rechercher et distinguer les différentes populations de valeurs présentes ainsi que proposer un seuil de coupure pour la pollution concentrée.

L'analyse statistique proposée s'appuie notamment sur les approches de l'analyse statistique simple des données et de l'analyse des fréquences cumulées.

4.3.1. Dans les sols

En premier lieu, il a été réalisé un analyse statistique simple des résultats pour les différents composés étudiés. Au total, les données de 28 échantillons pour les hydrocarbures (HCT et HAP) ont été utilisées dans la définition des sources de pollutions concentrées. Le tableau ci-dessous reprend à partir des mesures détectées, les données statistiques obtenues.

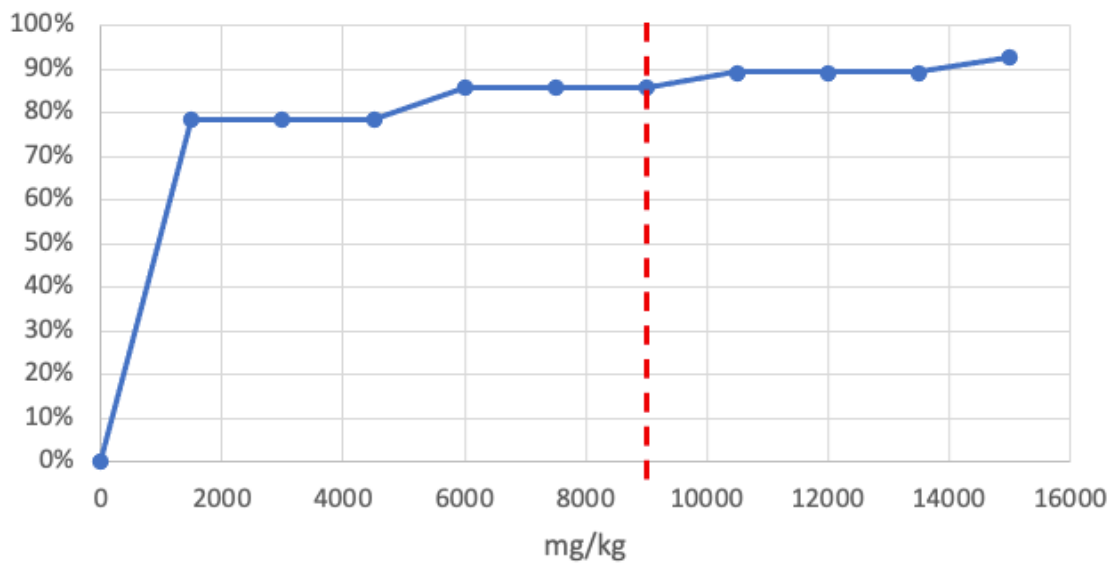
Tableau 4 : Données statistiques établies pour chaque composé étudié

| Composés | Valeur de référence retenue | Valeur minimale rencontrée | Nombre d'échantillons pris en compte | Valeur maximale rencontrée | Moyenne | Médiane | Teneurs > LQ |
|----------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------|-----------|--------------|
| C10-C40 | 500 mg/kg | LQ (20 mg/kg) | 26 | 15000 mg/kg | 1698 mg/kg | 330 mg/kg | 26/28 |
| HAP | 6 mg/kg | 1,2 mg/kg | 28 | 124 mg/kg | 16 mg/kg | 9 mg/kg | 28/28 |

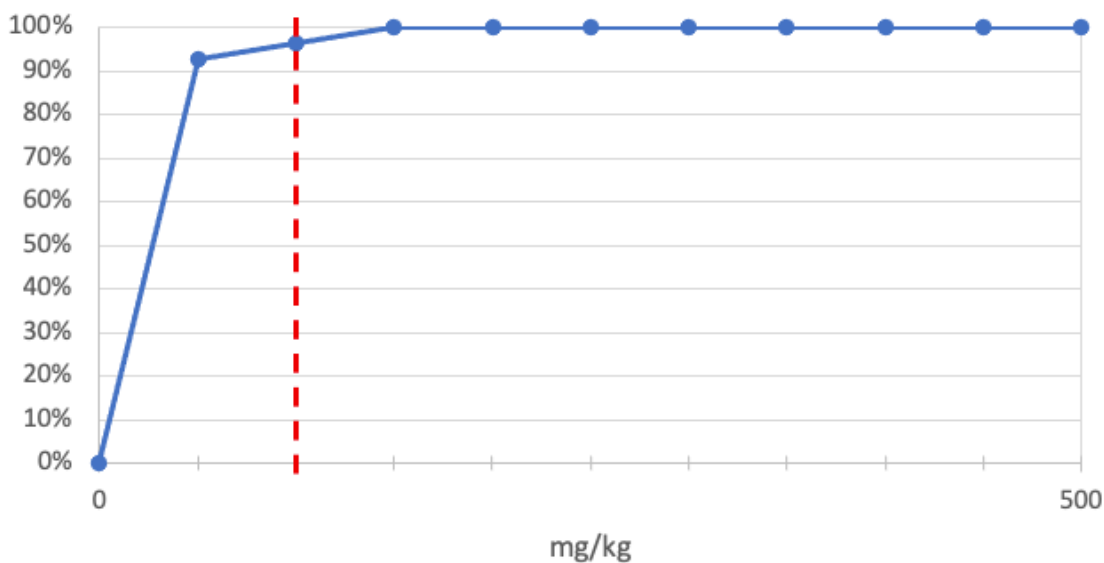
LQ : limite de quantification du laboratoire

Les graphiques des composés étudiés en fréquences cumulées sont présentés ci-dessous :

HCT C10-C40



Hydrocarbures HAP



Au regard de ces graphiques, il ressort que :

- Pour les hydrocarbures totaux (C10-C40), 89 % des échantillons présentent une teneur inférieure à 9 000 mg/kg. Nous retiendrons donc cette valeur comme seuil de coupure.
- Pour les hydrocarbures HAP, 96 % des échantillons présentent une teneur inférieure à 100 mg/kg. Nous retiendrons donc cette valeur comme seuil de coupure.

Par conséquent, sur la base de cette analyse statistique, la valeur limite retenue pour la définition de la pollution concentrée sur les sols est de :

- 9 000 mg/kg pour les hydrocarbures C10-C40 ;
- 100 mg/kg pour les hydrocarbures HAP.

4.3.2. Dans les gaz du sol

3 piézaires (Pg1 à Pg3) ont été implantés au droit du site.

Pour les composés étudiés dans les gaz du sol, les teneurs enregistrées sont reprises dans le tableau ci-dessous :

| Piézaires | Mesures COV (ppmV) | Paramètres analysés | | |
|-----------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | TPH aliphatiques | Composés aromatiques | COHV |
| Pg1 | 0,3 | 3 997 µg/m ³ | 125 µg/m ³ | 24 µg/m ³ |
| Pg2 | 0 | 232 µg/m ³ | 52 µg/m ³ | 457 µg/m ³ |
| Pg3 | 0,6 | 375 µg/m ³ | 81 µg/m ³ | 4 324 µg/m ³ |

Les résultats d'analyses mettent en évidence la présence :

- d'anomalies diffuses en hydrocarbures aliphatiques, à des teneurs faibles à modérées sur Pg2 et Pg3 et à une teneur significative à 3 997 µg/m³ sur Pg1. Une pollution concentrée en hydrocarbures aliphatiques est donc retenue dans les gaz du sol en zone Pg1.
- d'anomalies diffuses de composés aromatiques volatils, avec des teneurs majoritairement équivalentes et en faibles teneurs. Il n'est pas considéré la présence de zones de pollution concentrée pour ce composé ;
- d'anomalie diffuse de composés chlorés (COHV), à des teneurs faibles à modérées sur Pg1 et Pg2 et à une teneur significative à 4 324 µg/m³ sur Pg3. Une pollution concentrée en composés chlorés (COHV) est donc retenue dans les gaz du sol en zone Pg3.

Au regard du faible nombre de données, l'analyse statistique (fréquences cumulées, seuils de coupures...) ne peut être réalisée pour définir les zones de pollution concentrée dans les gaz du sol.

4.4. Analyses cartographiques

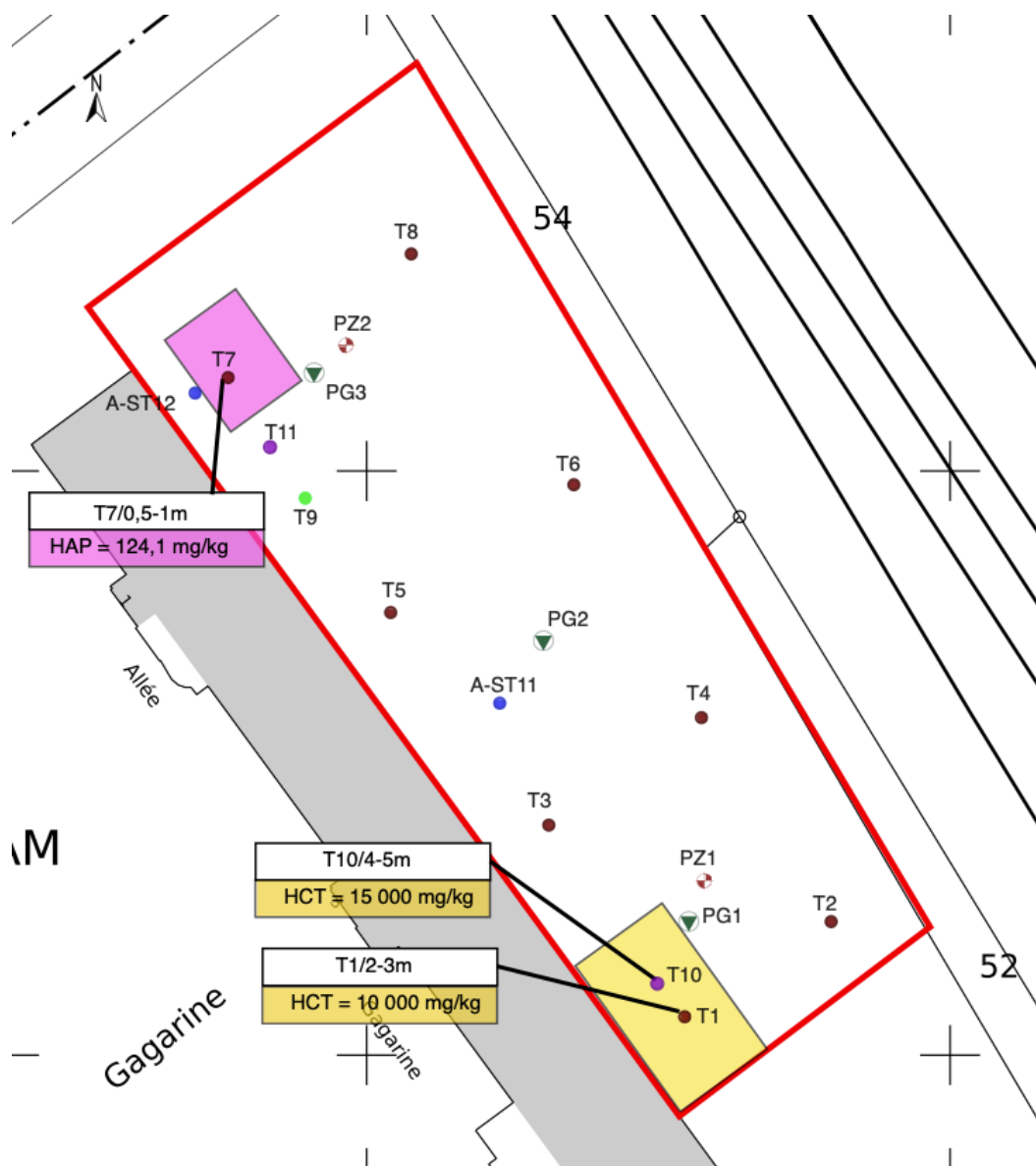
4.4.1. Analyses cartographiques sur les sols

Afin d'étudier la répartition spatiale des impacts identifiés par rapport aux seuils de coupures définis précédemment, il a été établi des cartographies reprenant les sondages et les zones concernées. Cette approche cartographique a pour objectif de mettre en évidence s'il s'agit de zones de pollution concentrées clairement définies dans l'espace ou s'il s'agit de zones diffuses.

D'après l'analyse statistique sur les sols, il a été défini un seuil de pollution concentrée pour les paramètres :

- **Hydrocarbures C10-C40 à 9000 mg/kg.** Les sondages T1 et T10 présentent des concentrations supérieures à ce seuil ;
- **Hydrocarbures HAP à 100 mg/kg.** Le sondage T7 présente des concentrations supérieures à ce seuil.

Cartographie des pollutions concentrées sur les sols (HCT et HAP)

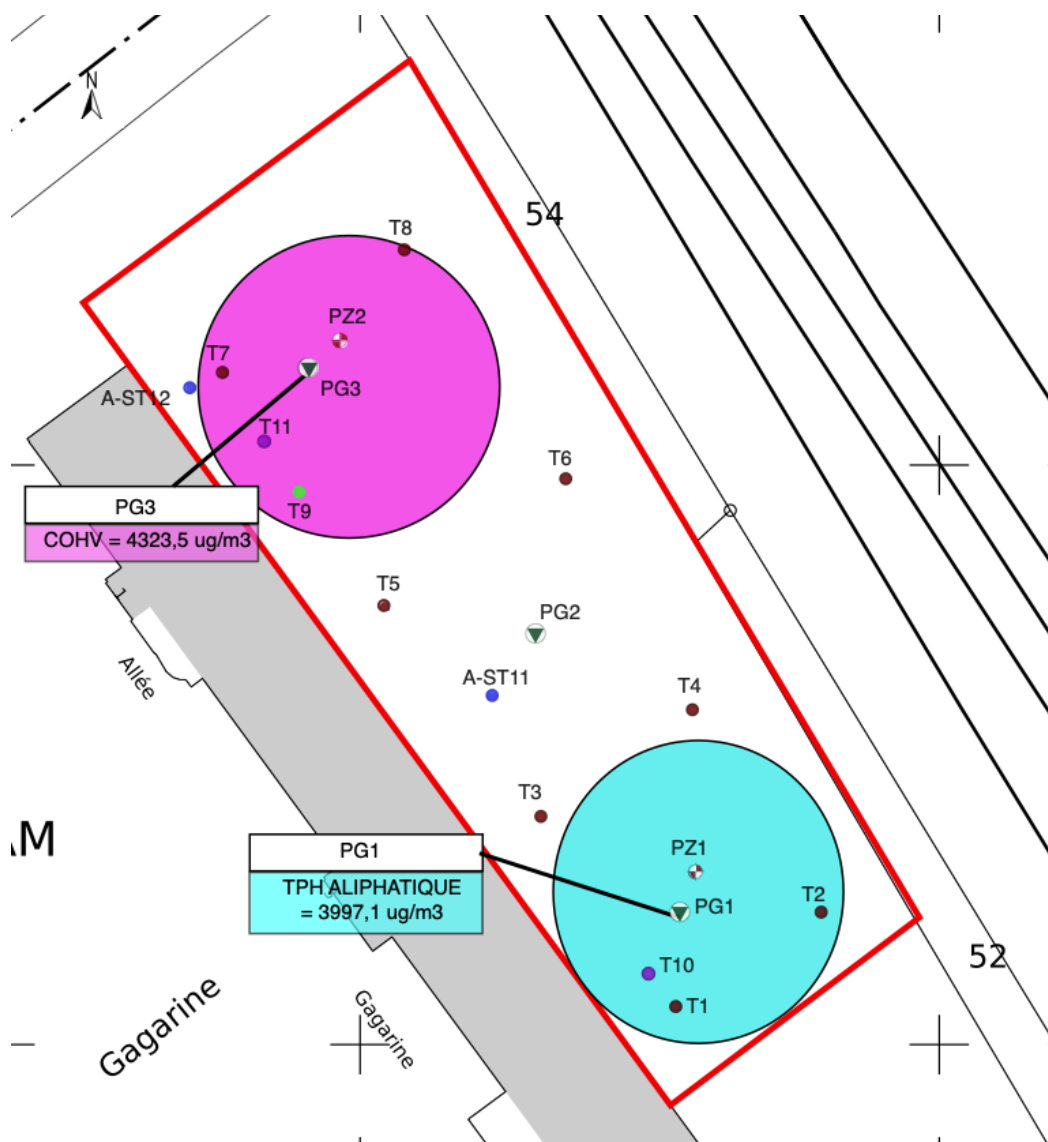


Sur la base des observations et des calculs des seuils de coupure, la cartographie révèle la présence de 2 zones sources de pollution concentrée :

- **Zone 1 située en partie Nord du site** → pollution des sols, identifiée sur le sondage T7 en HAP, entre 0,5m à 1m de profondeur. Cette pollution en HAP au droit de la zone 1 représente approximativement 97 m³. Au regard des profondeurs de terrassement, cette pollution sera purgée lors des excavations pour la réalisation du projet ;
- **Zone 2 située au Sud du site** → pollution des sols, identifiée sur les 2 sondages T1 et T10, en HCT, à partir de 2m et à 5m de profondeur. Cette pollution en HCT au droit de la zone 2 représente approximativement 300 m³. Au regard des profondeurs de terrassement, cette pollution sera purgée partiellement jusqu'à environ 4m de profondeur lors des excavations pour la réalisation du projet.

L'ensemble des zones de pollutions concentrées identifiées représentent donc un volume approximatif d'environ 400 m³. Il réside une incertitude sur la profondeur de la pollution concentrée en hydrocarbures HCT, au regard de l'impact mis en évidence à la fin du sondage T10, à 5m de profondeur.

4.4.2. Analyses cartographiques sur les gaz du sol



La cartographie révèle la présence de 2 zones sources de pollution concentrée en gaz du sol :

- **Zone Pg1** → pollution concentrée en hydrocarbures aliphatiques ;
- **Zone Pg3** → pollution concentrée en composés chlorés (COHV).

Ainsi, 2 zones de pollution concentrée sont mises en évidence dans les sols et les gaz du sol :

- une zone située au Nord et représentée par les sondages T7 et Pg3 : pollution concentrée en hydrocarbures HAP dans les sols et en composés cholés (COHV) dans les gaz du sol ;
- une zone située au Sud et représentée par les sondages T1, T10 et Pg1 : pollution concentrée en hydrocarbures HCT dans les sols et en hydrocarbures aliphatiques dans les gaz du sol.

5. SCHEMA CONCEPTUEL

Au regard des résultats des investigations sur les différents milieux, l'établissement du schéma conceptuel doit permettre de présenter sous forme graphique, un état factuel de l'état de pollution des milieux et des voies d'exposition potentielles aux pollutions détectées.

Un site ou un milieu pollué présente un risque sanitaire pour les usagers du site seulement si les trois éléments suivants sont présents simultanément :

- La présence d'une ou des **sources de pollution** mobilisables ;
- La présence de **voies de transfert** par l'intermédiaire des sols, des eaux, des gaz ;
- La présence de **populations cibles (voie d'exposition)** et/ou de ressources à protéger.

Le schéma conceptuel doit, d'une manière générale, permettre de préciser l'existence et les relations entre ces trois facteurs.

Les données recueillies à partir des investigations sur les milieux permettent de retenir les informations suivantes :

Rappel du projet :

Le projet porte sur la réalisation d'un ensemble immobilier sur un niveau de sous-sol avec un espace vert en pleine terre, comprenant une résidence étudiante et d'une école du numérique.

Sources de pollutions identifiées :

Au regard de l'ensemble des investigations réalisées, il est identifié les pollutions et anomalies suivantes :

- dans les sols, la présence de **2 zones de pollutions concentrées en hydrocarbures C10-C40 ou en HAP**, ainsi que la présence d'anomalies en métaux ;
- dans les eaux souterraines, recoupées vers environ 6,6m de profondeur, la présence d'un impact en hydrocarbures HAP sur Pz1 et en composés chlorés (COHV) sur l'ouvrage PZ2 ;
- dans les gaz du sol, la présence de **2 zones de pollutions concentrées en hydrocarbures aliphatiques et en composés chlorés (COHV)**.

Voies de transfert :

- la voie de transfert **par migration via les sols par percolation** est retenue en raison de la présence de 2 zones de pollutions concentrées aux hydrocarbures ainsi que de métaux lixiviables dans les sols (molybdène et antimoine), s'étendant jusqu'à la nappe ;
- la voie de transfert par migration **via les eaux souterraines** est retenue au regard de la présence d'une pollution en composés organiques dans les eaux souterraines au droit du site ;
- la voie de transfert **via les gaz du sol** est retenue en raison de la présence de pollution concentrée en composés volatils (hydrocarbures et composés chlorés) dans les gaz du sol.

Cibles (Voies d'exposition) :

En l'état actuel du site, aucune cible n'a été retenue dans la mesure où le site correspond à un terrain nu inoccupé ;

En l'état futur du site, les cibles seront les futurs résidents et usagers du site à l'intérieur des locaux et à l'extérieur au droit des espaces verts.

En l'état actuel, les voies d'exposition potentielles des cibles sont présentées ci-dessous :

- la **voie d'exposition par ingestion ou par contact direct prolongé avec les sols** est retenue, dans la mesure où les sols de surface présentent des anomalies en métaux et des pollutions en hydrocarbures (HCT et HAP), en l'absence de recouvrement ;
- la **voie d'exposition par ingestion ou par contact direct avec les eaux souterraines** n'est pas retenue. Aucun usage « sensible » direct pour les eaux souterraines n'est constaté (alimentation en eau, irrigation...). Les voies d'exposition par contact cutané et ingestion d'eau souterraine ne seront donc pas considérées ;
- la **voie d'exposition par inhalation** est retenue au regard de la présence de composés volatils mesurés dans les gaz du sol à des teneurs significatives.

En phase projet, les voies d'exposition potentielles des cibles sont présentées ci-dessous :

- la **voie d'exposition par ingestion ou par contact direct prolongé avec les sols** est retenue, dans la mesure où les sols de surface sont contaminés par des métaux et des composés organiques (HCT et HAP) et en l'absence de recouvrement ;
- la **voie d'exposition par ingestion ou par contact direct avec les eaux souterraines** n'est pas retenue. Aucun usage « sensible » direct pour les eaux souterraines n'est envisagé (alimentation en eau, irrigation...). Les voies d'exposition par contact cutané et ingestion d'eau souterraine ne seront donc pas considérées ;
- la **voie d'exposition par inhalation** est retenue au regard de la présence de composés volatils identifiés dans les gaz du sol à des teneurs significatives ;
- la **voie de transfert par migration de composés organiques au travers des canalisations d'adduction en eau potable**, et donc par contact direct avec de l'eau du robinet potentiellement contaminée n'a pas été envisagée. Dans le cadre du projet, il s'agira de canalisations neuves, avec remblaiement des tranchées par des terres saines drainantes.

Ressources à protéger :

La nappe des alluvions, rencontrée à quelques mètres de profondeur au droit de la zone d'étude, est en continuité hydraulique avec le réseau hydrographique local (la Seine) et est donc une cible potentielle à la pollution. Il y a donc lieu de protéger cette ressource.

Le schéma conceptuel présenté ci-après permet d'illustrer les voies d'exposition possibles en fonction des voies de transfert possibles des polluants identifiées. Il s'agit d'un schéma conceptuel établi selon l'état des connaissances actuelles du site. Ce schéma pourra être modifié en fonction de l'acquisition de nouvelles informations.

Schéma conceptuel : Etat initial
Terrain nu

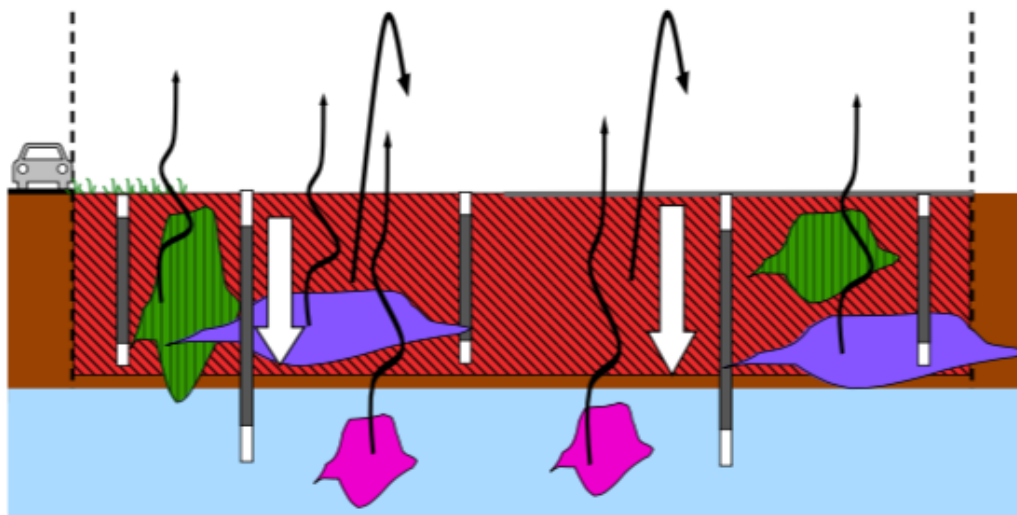
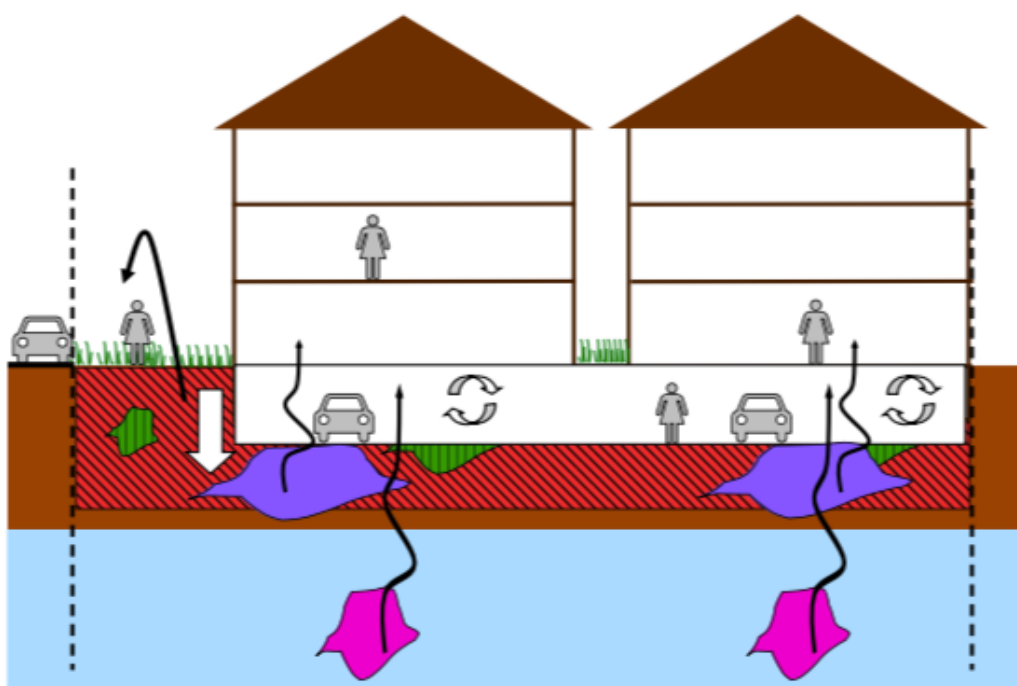


Schéma conceptuel : Etat projet
Résidence étudiante et école du numérique



Légende :

Sources de pollutions :

- Remblais avec anomalies en métaux
- Pollution concentrée en hydrocarbures (HCT et HAP) dans les sols
- Pollution concentrée en hydrocarbures et COHV dans les gaz du sol
- Impact en hydrocarbures et en COHV dans la nappe

Voies d'exposition/transfert :

- Ingestion et contact.
- Mobilisation
- Volatilisation et inhalation
- Absence de transfert
- Accumulation de vapeurs/odeurs

6. GESTION DES DEBLAIS DANS LE CADRE DU PROJET

Le projet porte sur la réalisation d'un ensemble immobilier sur un niveau de sous-sol avec un espace vert en pleine terre, comprenant une résidence étudiante et d'une école du numérique.

- le futur RdC est situé entre 33,64 et 33,99 NGF.
- le futur R-1 est situé entre 29,93 NGF et 30,59 NGF.
- le futur espace vert en pleine terre est situé entre 30,99 NGF et 33,64 NGF.

Le volume estimé concerne le volume des déblais non inertes identifié, à prendre en charge lors des travaux d'excavations pour la réalisation du niveau d'infrastructures.

Les teneurs détectées lors des investigations sont comparées aux valeurs réglementaires suivantes :

- Arrêté du 12/12/2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les Installations de Stockages de Déchets Inertes (ISDI) ;
- Décision du Conseil n° 2003/33/CE du 19/12/2002 établissant des critères et des procédures d'admission des déchets dans les décharges

Il est rappelé que chaque Centre possède un Arrêté Préfectoral d'exploitation. Les valeurs d'acceptation peuvent donc varier en fonction de la filière qui sera retenue dans le cadre des travaux.

Au regard des pratiques actuelles des ISDI, la présence d'indice de pollution notable (couleur, odeurs...) et/ou la présence de matériaux exogènes en trop grande proportion dans les sols (débris, déchets, mâchefers, blocs...) peut impliquer un refus d'acceptation en ISDI et donc l'obligation d'une évacuation en filière spécifique. De ce fait, l'acceptation des terres reste spécifique à chaque centre.

Une partie des déblais nécessitera une gestion spécifique. Les filières envisageables au regard des anomalies détectées dans les sols sont les suivantes :

| Code | Filière | Matériaux acceptés |
|---------|--|--|
| ISDI | Installation de stockage de déchets inertes | Déchets inertes au sens de l'arrêté du 12/12/2014 |
| ISDI TS | Installation de stockage de déchets inertes pour terres sulfatées (comblement de carrière) | Terres non inertes présentant uniquement des anomalies en fraction soluble et sulfates sur lixiviat avec un ratio SO4>50% FS |
| ISDI A | Installation de stockage de déchets inertes aménagée | Terres non inertes présentant uniquement des anomalies sur lixiviat jusqu'à 3x les seuils ISDI pour certains paramètres |
| PF | Plateforme | Plateforme de (pré)traitement, de regroupement et/ou de transit |
| ISDND | Installation de stockage de déchets non dangereux | Terres non inertes relevant de la codification déchets non dangereux |

6.1. Estimation des volumes de déblais

Le calcul des quantités est établi en fonction des hypothèses suivantes :

- Plans du projet non datés (plan du sous-sol, plan du RdC, plan de masse) ;
- Superficie de la zone d'étude : 2 650 m² ;
- Superficie estimée du sous-sol : 2 220 m² ;
- Profondeur de terrassement : ~4 m/sol ;
- Volume évalué est un volume de terres en place (hors foisonnement) ;
- Densité des terres : 1,8 tonne/m³ ;
- Extrapolation de l'analyse d'un échantillon à l'ensemble de la maille ;
- Extrapolation de l'analyse à la couche du dessus ou du dessous (en cas d'absence d'analyse) au regard des critères organoleptiques et de la description lithologique.

Les tableaux ci-après présentent la synthèse des volumes et tonnages non conformes aux critères d'acceptation en ISDI identifiés pour le projet.

Tableau 5 : Estimation des volumes de déblais non conforme pour le projet sur un sous-sol

| Réf sondage | Couche analysée | | Épaisseur concernée | Surface (m2) | Lithologie | Volume non conforme (m3) | Teneurs non conformes ISDI | | Filière envisagée |
|-------------|-----------------|------|---------------------|--------------|--|--------------------------|--|---|-------------------|
| | Début | Fin | | | | | Sols Bruts | Lixiviats | |
| T1 | 0 | 2 | 2 | 150 | Remblais marneux marron plus ou moins foncé, briques | 300 | HCT (1300 mg/kg) | FS/SO4 (13000-8200 mg/kg) | PF |
| | 2 | 3 | 1 | | Remblais marneux marron plus ou moins foncé, briques | 150 | HCT (10 000 mg/kg) | FS/SO4 (10000-6900 mg/kg) | PF |
| | 3 | 4 | 1 | | Extrapolation T1/2-3 | 150 | NA : Extrapolation T1/2-3 | | PF |
| T2 | 0 | 0,5 | 0,5 | 195 | Remblais marneux marron, briques | 97,5 | HAP (75,8 mg/kg) | FS/SO4 (8400-5600 mg/kg) | PF |
| | 0,5 | 2 | 1,5 | | Remblais sableux marron, graviers, briques | 292,5 | Conforme | FS/SO4 (21000-13000 mg/kg) | ISDI TS |
| | 2 | 3 | 1 | | Remblais sableux marron, graviers, briques | 195 | NA : Extrapolation T2/0,5-2 | | ISDI TS |
| | 3 | 4 | 1 | | Extrapolation T2/0,5-2 | 195 | NA : Extrapolation T2/0,5-2 | | ISDI TS |
| T3 | 0,1 | 1 | 0,9 | 300 | Remblais sableux marneux marron plus ou moins foncé, graviers, briques | 270 | Conforme | FS/SO4 (23000-13000 mg/kg) Sb (0,08 mg/kg) | ISDI AMÉNAGÉE |
| | 1 | 2 | 1 | | Remblais marneux marron, briques | 300 | HCT (540 mg/kg) | FS/SO4 (21000-13000 mg/kg) | PF |
| | 2 | 3 | 1 | | Remblais marneux sableux marron foncé, briques | 300 | Conforme | FS/SO4 (8800-6000 mg/kg) | ISDI TS |
| | 3 | 4 | 1 | | Extrapolation T3/2-3 | 300 | NA : Extrapolation T3/2-3 | | ISDI TS |
| T4 | 0,1 | 1 | 0,9 | 225 | Remblais sableux marneux marron, briques | 202,5 | Conforme | FS/SO4 (21000-13000 mg/kg) | ISDI TS |
| | 1 | 2 | 1 | | Remblais sableux marron, briques | 225 | NA : Extrapolation T4/0,1-1 | | ISDI TS |
| | 2 | 3 | 1 | | Remblais marneux sableux marron, briques | 225 | Conforme | FS/SO4 (4300-1800 mg/kg) | ISDI AMÉNAGÉE |
| | 3 | 4 | 1 | | Extrapolation T4/2-3 | 225 | NA : Extrapolation T4/2-3 | | ISDI AMÉNAGÉE |
| T5 | 0,1 | 1 | 0,9 | 250 | Remblais marneux marron foncé, briques | 225 | Conforme | FS/SO4 (23000-13000 mg/kg) | ISDI TS |
| | 1 | 3 | 2 | | Marne sableuse marron | 500 | Conforme | FS/SO4 (18000-11000 mg/kg) | ISDI TS |
| | 3 | 4 | 1 | | Extrapolation T5/1-3 | 250 | NA : Extrapolation T5/1-3 | | ISDI TS |
| T6 | 0 | 2 | 2 | 255 | Remblais argileux marron grisâtre, briques | 510 | Conforme | FS/SO4 (8400-5500 mg/kg) | ISDI TS |
| | 2 | 3 | 1 | | Marne marron | 255 | Conforme | FS/SO4 (20000-13000 mg/kg) | ISDI TS |
| | 3 | 4 | 1 | | Extrapolation T6/2-3 | 255 | NA : Extrapolation T6/2-3 | | ISDI TS |
| T7 | 0,1 | 0,5 | 0,4 | 195 | Remblais sableux marron, passages noirâtres, odeurs HC | 78 | Conforme | FS/SO4 (5200-3200 mg/kg) | PF |
| | 0,5 | 1 | 0,5 | | Remblais sableux noirâtres, odeurs HC | 97,5 | HCT (5800 mg/kg) HAP (124,1 mg/kg) | FS/SO4 (23000-13000 mg/kg) | PF |
| | 1 | 2 | 1 | | Sable marron clair, passages noirâtres | 195 | HCT (930 mg/kg) | FS/SO4 (18000-11000 mg/kg) | PF |
| | 2 | 3 | 1 | | Sable marron | 195 | NA : Extrapolation T7/1-2 | | PF |
| | 3 | 4 | 1 | | Extrapolation T7/2-3 | 195 | NA : Extrapolation T7/1-2 | | PF |
| T8 | 0,1 | 1 | 0,9 | 355 | Remblais sableux marneux marron grisâtre, briques | 319,5 | Conforme | FS/SO4 (22000-14000 mg/kg) | ISDI TS |
| | 1 | 2 | 1 | | Marne marron foncé | 355 | NA : Extrapolation T8/0,1-1 | | ISDI TS |
| | 2 | 3 | 1 | | Remblais marneux marron, briques | 355 | Conforme | FS/SO4 (21000-13000 mg/kg) | ISDI TS |
| | 3 | 4 | 1 | | Extrapolation T8/2-3 | 355 | NA : Extrapolation T8/2-3 | | ISDI TS |
| T10 | 0 | 1 | 1 | 150 | Remblais sableux marron et grisâtre | 150 | Conforme | Mo (0,65 mg/kg) Sb (0,12 mg/kg) | ISDI AMÉNAGÉE |
| | 1 | 3 | 2 | | Remblais sableux marron | 300 | HCT (5400 mg/kg) | FS/SO4 (11000-4000 mg/kg) | PF |
| | 3 | 4 | 1 | | Remblais sableux marron foncé | 150 | NA : Extrapolation T10/4-5 (HCT=15000 mg/kg) | | PF |
| T11 | 0 | 1,75 | 1,75 | 145 | Remblais sableux marron foncé à grisâtre | 253,75 | HCT (1400 mg/kg) | FS/SO4 (22000-13000 mg/kg) Sb (0,28 mg/kg) | PF |

À ce stade des études et au regard de l'emprise du futur sous-sol, on estime que près de 8 400 m³ de terres devront faire l'objet d'une évacuation en filières spécifiques selon la répartition suivante :

- ISDI TS : 5 089 m³ ;
- ISDI AMÉNAGÉE : 870 m³ (1 566 tonnes) ;
- PF : 2 461 m³ (4 430 tonnes).

Nous rappelons que les limites de ces estimations sont les suivantes :

- Hors terrassements supplémentaires pour talutage, fondations, décapage zone de pleine terre ;
- Hors éventuels coûts des remblaiements.

Les estimations de volume ont été considérées depuis la cote du terrain naturel (~34 NGF) jusqu'aux cotes de fond de fouille. Elles ne prennent pas en compte les terrassements complémentaires au-delà de ce fond de fouille, notamment pour la gestion des pollutions, pour réaliser les fondations (grue, pieux, longrines...) et pour la réalisation des fosses diverses (ascenseur, fosse hydrocarbures...).

Nous rappelons qu'il s'agit d'une estimation non contractuelle qui devra être validée dans le cadre d'un marché par l'entreprise et par la réalisation d'un plan de terrassements.

Nous rappelons que les critères retenus pour l'acceptation des terres en filière, toutes catégories confondues, sont différents d'un centre de stockage à l'autre et que, de ce fait, l'acceptation des terres reste spécifique à chaque centre.

6.2. Estimation des surcoûts liés au déblais

Une estimation des coûts et surcoûts a été établie à partir des estimations de volumes non conformes ISDI.

Au regard des pratiques actuelles, les coûts du transport et stockage des déblais sont les suivants :

- | | |
|---|-----------------------|
| • Installation de stockage de déchets inertes (ISDI) : | 25€ HT/m ³ |
| • Installations de Stockage de Déchets Inertes TS (ISDI TS) : | 45€ HT/m ³ |
| • Installation de stockage de déchets inertes aménagée (ISDI A) | 45€ HT/t |
| • Plateforme de regroupement (PF) : | 70€ HT/t |

Le surcoût correspond à la différence entre le coût d'évacuation en filière spécifique et celui d'évacuation en filière classique (ISDI) si les terres ne présentaient pas d'anomalies.

Le coût et surcoût liés à la prise en charge des déblais non conformes ISDI, relevant de la Maîtrise d'Ouvrage sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau 6 : Estimation des surcoûts pour la réalisation du projet sur un niveau de sous-sol

| Filières | Volume (m3) | Masse (t) 1,8 t/m3 | Coût unit. (€) | Coût filière spécifique (€ HT) | Surcoût (€ HT) |
|----------------------|--------------|-----------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|
| ISDI TS | 5 089 | - | 45 E/m3 | 229 005 | 101 800 |
| ISDI Aménagée | 870 | 1 566,00 | 40 E/t | 62 640 | 40 900 |
| PLATEFORME | 2 461 | 4 430 | 70 E/t | 310 086 | 248 600 |
| Totaux | 8 420 | 5 996 | - | 601 731 | 391 300 |

Le coût lié à la prise en charge des déblais non conforme ISDI pour la réalisation du futur sous-sol est estimé à environ 600 K€ HT, dont un surcoût d'environ 391 K€ HT.

Ce calcul de surcoût ne comprend pas :

- Le surcoût éventuel lié à un refus en ISDI des remblais ne présentant pas de non-conformité analytique mais présentant des indices organoleptiques défavorables (couleur, odeur, débris...) ;
- Le surcoût éventuel lié à l'augmentation des prix unitaires : par augmentation de la TGAP ou du coût du transport qui est fonction de la localisation particulière du chantier ;
- Le surcoût éventuel d'une entreprise générale par l'application d'un coefficient lié à la sous-traitance ;
- Le coût éventuel d'un remblaiement ;
- Les opérations de pré-traitement éventuelles effectuées sur site avant évacuation des déblais (criblage, brassage...) ;
- Le coût du suivi des travaux par une Maîtrise d'Œuvre spécifique.

7. MESURES DE GESTION

7.1. Présentation de la démarche de gestion

D'après la méthodologie de gestion des sites et sols pollués, le Plan de Gestion doit identifier l'ensemble des options envisageables pour le site compte tenu de la typologie des impacts identifiés, tout en tenant compte de la compatibilité entre le projet et les niveaux de risques sanitaires.

Les solutions techniques seront considérées envisageables en fonction de leur domaine d'application, et leur adéquation avec :

- Les contraintes du site ;
- Les caractéristiques des impacts identifiés ;
- L'efficacité attendue de la solution technique retenue.

Ainsi la méthodologie qui a été menée pour la définition du programme de réhabilitation a reposé sur les critères suivants :

- Protection de l'environnement et de la santé publique : l'option retenue doit efficacement remplir un rôle de protection de l'environnement et de la santé ;
- Faisabilité technique : l'option doit être techniquement réalisable de tout point de vue (ressources, mise en œuvre, atteinte des objectifs fixés) ;
- Efficacité à long terme : la solution doit être acceptable sur le long terme dans le cadre d'une gestion durable de l'environnement ;
- Réglementation : la technique de réhabilitation doit être légalement acceptable sans objection des administrations ;
- Mise en œuvre : la solution de réhabilitation doit avoir un impact ou générer les nuisances les plus faibles ou raisonnables possibles pendant sa mise en œuvre, sur le milieu environnemental, sur les opérateurs, sur l'activité en cours du site et son voisinage ;
- Coûts : le coût de réhabilitation doit être en adéquation avec les enjeux.

Le Plan de Gestion est donc défini sur la base du bilan coûts / avantages en veillant à privilégier :

- Dans un premier temps, les actions pour la maîtrise des zones sources de pollution identifiées comme étant les zones les plus concentrées en polluants ;
- Dans un deuxième temps, les actions pour la réduction des expositions, par la désactivation des voies de transfert.

Le Plan de Gestion présente le scénario d'aménagement le mieux adapté accompagné des contraintes techniques éventuelles à mettre en place (contraintes techniques, dispositions constructives...).

Une Analyse des Risques Sanitaires prédictive a été réalisée dans la suite du rapport afin de valider sur le plan sanitaire les mesures de gestion envisagées en fonction des usages considérés.

7.2. Travaux envisagés

La méthodologie de gestion des sites et sols pollués préconise, en premier lieu, de rechercher la suppression des sources de pollution, notamment les zones de « pollution concentrée ». Dans un second temps, il y a lieu de rechercher à maîtriser les impacts.

Le projet porte sur la réalisation d'un ensemble immobilier sur un niveau de sous-sol avec un espace vert en pleine terre, comprenant une résidence étudiante et d'une école du numérique.

Dans le cadre du projet, il y a lieu de procéder aux travaux suivants :

- Traiter ou maîtriser les zones de pollution concentrées (sol et gaz du sol) ;
- Maîtriser les risques sanitaires résiduels par la maîtrise des impacts résiduels.

7.2.1. Contraintes, incertitudes et données

a) Liées au contexte environnemental du site

La concentration la plus élevée en hydrocarbures (HCT) a été mise en évidence en fin de sondage T10, entre 4m à 5m de profondeur. À ce stade des études, il existe donc des incertitudes sur la profondeur de la pollution concentrée en hydrocarbures (HCT) au droit du sondage T10.

b) Liées aux techniques de dépollution

Dans le cadre du Plan de Gestion, il est indiqué les délais prévisionnels pour permettre un traitement *in situ* efficace des pollutions identifiées :

- Délais de préparation, mise à disponibilité du matériel et mise en place des installations (1 à 3 mois selon les techniques *in situ*) ;
- Délais de traitement proprement dit ;
- Délais de maintien des installations en place : après l'arrêt du traitement pour le suivi de « l'effet rebond ». En fonction des résultats du suivi, une éventuelle phase de reprise du traitement et suivi « d'effet rebond » pourra être engagée. Ainsi, durant cette période (pouvant s'étaler sur plusieurs mois), les installations devront être maintenues accessibles et exploitables (afin de reprendre une phase de traitement).

Dans le cadre des excavations, le soutènement de la fouille sera indispensable, ainsi que le remblaiement contrôlé de la fouille. A ce stade, il peut être envisagé :

- un talutage (impliquant la réduction de la zone accessible)
- la mise en place de soutènement / blindage provisoire (type panneaux coulissants, palplanches...)
- la réalisation d'une tranchée blindée (par voile perdu...).

La réalisation de terrassement profond pour la purge des pollutions concentrées nécessite l'avis du géotechnicien afin de valider les soutènements à mettre en œuvre.

En cas de présence d'eau, il sera nécessaire de mettre en place d'un dispositif d'épuisement d'eau en fond de fouille.

7.2.2. Techniques de dépollution envisageables

Les techniques de dépollution sont présentées dans le tableau ci-après. Ces techniques sont issues du site selecdepol.fr.

Tableau 7 : Présentation des techniques de dépollution retenues

| Techniques <i>in situ</i> | | Milieu Sol, gaz | Milieu Nappe | Retenu | Argumentaire principal |
|--|---|--------------------|-----------------|--------|--|
| Méthodes physiques par évacuation de la pollution | Ventilation de la zone non saturée (= venting) | Sol, gaz | - | X | Terrains adaptés, technique adaptée à la pollution mise en évidence |
| | Extraction double phase | Gaz | Nappe | | Inadapté à la pollution (hydrocarbures faiblement volatils) |
| | Barbotage in situ (= sparging) | Sol, gaz | Nappe | | Inadapté au contexte urbain et nappe peu profonde |
| | Pompage et traitement | - | Nappe | | Peu adapté au contexte (nappe alluviale peu profonde) |
| | Pompage / écrémage | - | Nappe | | Inadapté, absence de flottant observé sur les eaux souterraines |
| Méthodes physiques par piégeage de la pollution | Confinement par couverture et étanchéification | Sol, gaz | - | X | Adapté en fonction de l'étendue de la pollution |
| | Confinement vertical | - | Nappe | | Inadapté au milieu Sol et au caractère hydrogéologique sensible du site |
| | Piège hydraulique ou confinement hydraulique | - | Nappe | | Inadapté au milieu Sol et au caractère hydrogéologique sensible du site |
| | Solidification/stabilisation in situ | Sol | - | | Inadapté à la problématique de pollution |
| Méthodes chimiques | Lavage in situ | Sol, gaz | - | | Inadapté à la problématique de pollution |
| | Oxydation chimique in situ (ISCO) | Sol, gaz | Nappe | | Inadapté à la problématique de pollution |
| | Réduction chimique in situ (ISCR) | Sol, gaz | Nappe | | Inadapté à la problématique de pollution |
| Méthodes thermiques | Vitrification | Sol | - | | Inadapté à la problématique de pollution |
| | Désorption thermique in situ | Sol, gaz | Nappe | | Inadapté vu le caractère hydrogéologique sensible du site |
| Méthodes biologiques | Biodégradation in situ dynamisée | Sol, gaz | Nappe | | Inadapté aux objectifs d'élimination de zone concentrée |
| | Bioventing | Sol, gaz | - | | Inadapté en technique d'élimination de zone concentrée |
| | Biosparging (= barbotage in situ, dynamisé) | Sol, gaz | Nappe | | Inadapté en technique d'élimination de zone concentrée |
| | Atténuation naturelle contrôlée | Sol, gaz | Nappe | | Inadapté aux objectifs d'élimination de zone concentrée |
| | Phytoremédiation | Sol | - | | Inadapté aux objectifs d'élimination de zone concentrée |
| Autres | Barrières perméables réactives | - | Nappe | | Inadapté aux objectifs d'élimination de zone concentrée |
| | Electroremédiation | Sol | - | | Inadapté aux objectifs d'élimination de zone concentrée |
| Techniques <i>sur site</i> ou <i>hors site</i> | | Milieu Sol, gaz | Milieu Nappe | Retenu | Argumentaire principal |
| Méthodes physiques par évacuation de la pollution | Excavation des sols et élimination en centres de stockage des déchets | Sol | - | X | Adapté aux objectifs, mais nécessite un surcreusement en profondeur au-delà du fond de fouille du projet |
| | Tri granulométrique | Sol | - | | Inadapté à la problématique de pollution |
| | Lavage à l'eau | Sol | - | | Inadapté à la problématique de pollution |
| Méthodes physiques par piégeage de la pollution | Encapsulation | Sol | - | | Inadapté à la problématique de pollution |
| | Solidification / stabilisation | Sol | - | | Inadapté à la problématique de pollution |
| Méthodes chimiques | Mise en solution et extraction chimiques | Sol | - | | Peu pertinent au regard des objectifs |
| | Oxydation et réduction chimiques | Sol | - | | Peu pertinent au regard des objectifs |
| Méthodes thermiques | Incineration, pyrolyse | Sol | - | | Peu pertinent au regard des objectifs |
| | Désorption thermique | Sol | - | | Peu pertinent au regard des objectifs |
| | Vitrification | Sol | - | | Peu pertinent au regard des objectifs |
| Méthodes biologiques | Bioréacteur | Sol | - | | Peu pertinent au regard des objectifs |
| | Biotertre | Sol | - | | Peu pertinent au regard des objectifs |
| | Compostage, Landfarming | Sol | - | | Peu pertinent au regard des objectifs |

7.2.3.Scénarios de dépollution

La réalisation du projet impliquera l'évacuation hors site des déblais d'excavation. Dans ce contexte et au regard des profondeurs de terrassement attendues, une partie des zones de pollutions concentrées des sols seront purgées (T7/0,5-1 et T1/2-3).

Les zones localisées en profondeur (au-delà du futur fond de fouille) devront ainsi faire l'objet d'une gestion spécifique. Il s'agit de la zone de pollution concentrée des sols au droit du sondage T10, de 4m à 5m de profondeur.

La pollution concentrée dans les gaz du sol, identifiée au droit des zones PG1 (hydrocarbures aliphatiques) et PG3 (composés chlorés), devront également faire l'objet de mesures de gestion.

Au regard du contexte du site, du projet, et des zones de pollutions concentrées, les scénarios de gestion suivants sont étudiés :

- **scénario n°1** : Purge supplémentaire des matériaux au droit de la zone T10 pour éliminer la pollution concentrée en hydrocarbures, puis mise en place d'un système de dépressurisation sous membrane (SDSM) au droit du bâtiment ;
- **scénario n°2** : Purge supplémentaire des matériaux :
 - au droit de la zone T10 pour éliminer la pollution concentrée en hydrocarbures ;
 - au droit du futur sous-sol pour la création d'un vide technique ventilé.

7.2.4.Scénario n°1 : Purge supplémentaire des matériaux au droit de la zone T10 pour éliminer la pollution concentrée en hydrocarbures, puis mise en place d'un système de dépressurisation sous membrane (SDSM) au droit du bâtiment

Le scénario de gestion envisagé porte en premier lieu sur la purge de la zone de pollution des sols. Il consiste en :

- la purge par excavation de la zones de pollution concentrée résiduelle jusqu'à 1m de profondeur sous le futur fond de fouille au droit du sondage T10 ;
- l'évacuation des terres purgées directement hors site en filières adaptées ;
- le remblaiement contrôlé de la fouille, par des matériaux sains.

En fin d'excavation, d'une manière générale, des échantillons en fond et flancs de fouille seront prélevés et analysés afin de vérifier les teneurs résiduelles.

Il s'agit de la méthode la plus simple, la plus radicale et la plus rapide pour supprimer une source de pollution.

Le schéma de principe de l'excavation (source : site selecdepol.fr) est présenté ci-après.

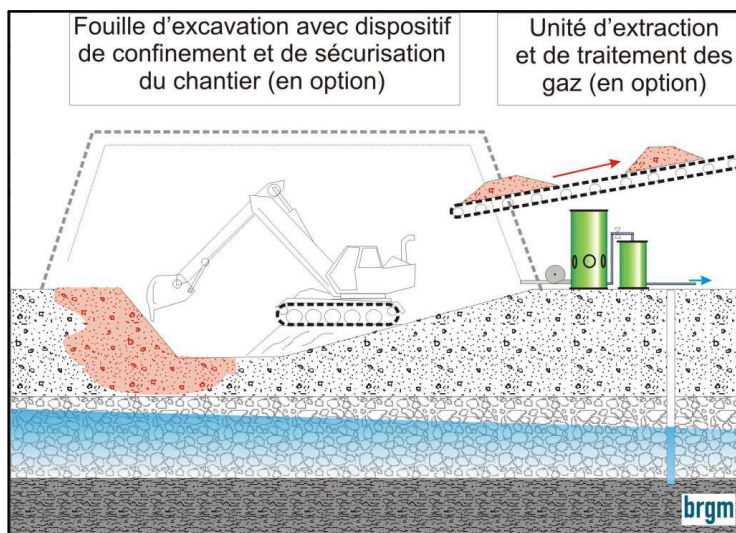


Schéma de principe de l'excavation des sols

Les moyens nécessaires à cette opération sont les suivants :

- mise à disposition d'une pelle mécanique ;
- mise à disposition de véhicules de transports habilités à contenir des déchets (camions-bennes) ;
- la réalisation d'éventuelles aires de stockage provisoires étanches de terres polluées ;
- la réalisation d'un éventuel soutènement de la fouille (par talutage, blindage provisoire...) ;
- la mise en place d'un éventuel dispositif de confinement (tente) en cas de présence d'odeurs importantes.

Le tableau ci-dessous indique le calcul des volumes des zones sources résiduelle à purger.

Tableau 8 : Scénario 1 : Estimation des volumes pour la purge de la pollution concentrée résiduelle

| Zone source à traiter | Surface | Hauteur* | Volume à excaver | Tonnage | Filière |
|-----------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|---------|-------------------------|
| Zone T10 | 150 m ² | 1 m (de 4m à 5m de profondeur) | 150 m ³ | 270 t | Biocentre ou plateforme |

* Le présent scénario est étudié en considérant un terrassement jusqu'à environ 4m pour la création du projet

Les coûts liés à la prise en charge des zones purgées sont présentés ci-dessous, auxquels il convient d'ajouter les coûts de travaux supplémentaires : terrassements, remblaiement et compactage :

Tableau 9 : Scénario 1 : Estimation des coûts et surcoûts liés à la purge de la pollution concentrée résiduelle

| Description des travaux | Coût unitaire estimé | Quantité estimée | Coût estimé | Surcoût estimé |
|---|----------------------|--------------------|-------------|----------------|
| Évacuation en filières spécifiques des déblais de pollution concentrée résiduelle au droit de la zone T10 | 70 €/t | 270 t | 18 900 € HT | 15 200 € HT |
| Remblaiement et compactage avec des terres saines | 30 €/m ³ | 150 m ³ | 4 500 € HT | 4 500 € HT |
| Total | | | 23 400 € HT | 19 700 € HT |

Le coût lié à la gestion de la zone résiduelle de pollution concentrée est estimé à environ **23 K € HT** dont un surcoût d'environ **19 K € HT**

Les limites des estimations sont les suivantes :

- Hors élimination, et démantèlement des éventuels ouvrages existants (cuve, fosses...) ;
- Hors zones situées hors site ;
- Hors surcoût éventuel lié à l'augmentation des prix unitaires, par augmentation de la TGAP ou du coût du transport en fonction de la localisation du chantier ;
- Hors opération de prétraitements effectués sur site avant évacuation des déblais (criblage, brassage...) ;
- Hors réalisation d'investigations complémentaires ;
- Hors surcoût éventuel d'une entreprise générale par l'application d'un coefficient lié à la sous-traitance ;
- Hors incidence sur le planning ;
- Hors coûts de suivi de travaux par une Maîtrise d'œuvre spécifique (environ 10 à 15% du montant des travaux) ;
- Hors surcoût éventuel pour la mise en place d'une tente de protection contre les odeurs ;
- Hors coût de démolition de dalles bétons existantes.

Nous rappelons qu'il s'agit d'une estimation non contractuelle qui devra être validée dans le cadre d'un marché par l'entreprise et par la réalisation d'un plan de terrassements.

De plus, une pollution concentrée en composés volatils a été mise en évidence dans la partie Nord et Sud du site, au droit de PG1 (en hydrocarbures) et PG3 (en composés chlorés).

La mise en place d'une géomembrane étanche, constituera une barrière contre le passage de gaz toxique dans les futurs bâtiments.

Le principe de cette technique est de créer une dépression sous une membrane étanche, mise en place à la surface du sol, afin d'aspirer les vapeurs de polluants volatils remontant du sol (qu'elles proviennent d'une pollution volatile présente dans les sols et/ou les eaux souterraines) avant qu'elles ne pénètrent dans le bâtiment. Ces polluants volatils sont ensuite rejetés à l'atmosphère au-dessus du bâtiment (idéalement après un traitement).

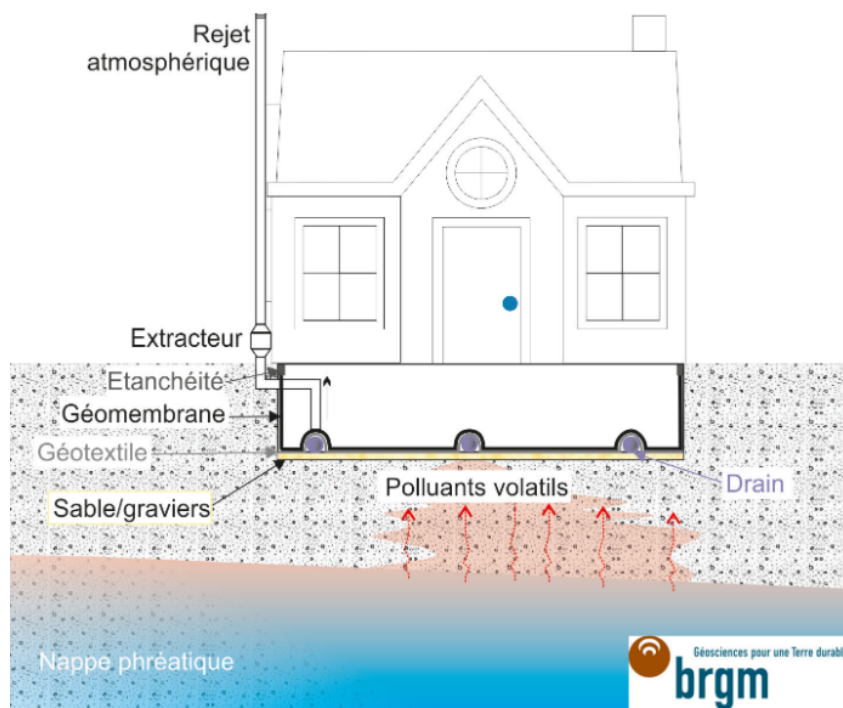


Schéma de principe d'un Système de Dépressurisation sous Membrane

Le coût lié à la mise en place d'une géomembrane étanche est d'environ 50€/m².

Le coût pour le projet pour une emprise total du futur sous-sol (2 200 m²) représente donc environ **100 000€ HT**.

Le tableau ci-dessous présente les mesures de gestion du scénario 1 et les coûts liés :

Tableau 10 : Mesures de gestion du scénario 1 et les coûts liés

| SCENARIO 1 | Coût (€ HT) | Surcoût (€ HT) |
|--|--------------|----------------|
| PURGE DE LA POLLUTION CONCENTRÉE RÉSIDUELLE DANS LA ZONE T10 (de 4m à 5m) PUIS REMBLAIEMENT PAR DES TERRES SAINES | 23 400 | 19 700 |
| MISE EN PLACE D'UNE GÉOMEMBRANE ÉTANCHE | 100 000 | 100 000 |
| Total | 123 400 € HT | 119 700 € HT |

Le surcoût global du scénario n°1, est estimé, en première approche, à environ 119 K €HT.

7.2.5.Scénario n°2 : Purge supplémentaire des matériaux pour l'élimination de la pollution concentrée résiduelle au droit du sondage T10 et pour la création d'un vide technique ventilé

Comme détaillé dans le scénario 1, le scénario 2 intègre également la purge de la zone de pollution concentrée résiduelle jusqu'à 1m de profondeur sous le futur fond de fouille au droit du sondage T10.

Le coût lié à la gestion de la zone résiduelle de pollution concentrée est estimé à environ **18 K € HT** dont un surcoût d'environ **15 K € HT**.

De plus, une pollution concentrée en composés volatils a été mise en évidence dans la partie Nord et Sud du site, au droit de PG1 (en hydrocarbures) et PG3 (en composés chlorés).

La mise en place d'un vide technique, constituera une barrière contre le passage de gaz toxique dans les futurs bâtiments.

La création d'un vide-sanitaire (partiel ou total, ce dernier assurant généralement une meilleure protection) à la base d'un bâtiment permet de créer un volume d'air tampon dans lequel les polluants volatils provenant du sol vont pouvoir se diluer, diminuant d'autant les polluants pénétrant à l'intérieur du bâtiment. Cette dilution ne peut évidemment avoir lieu qu'avec un **vide technique suffisamment ventilé**.

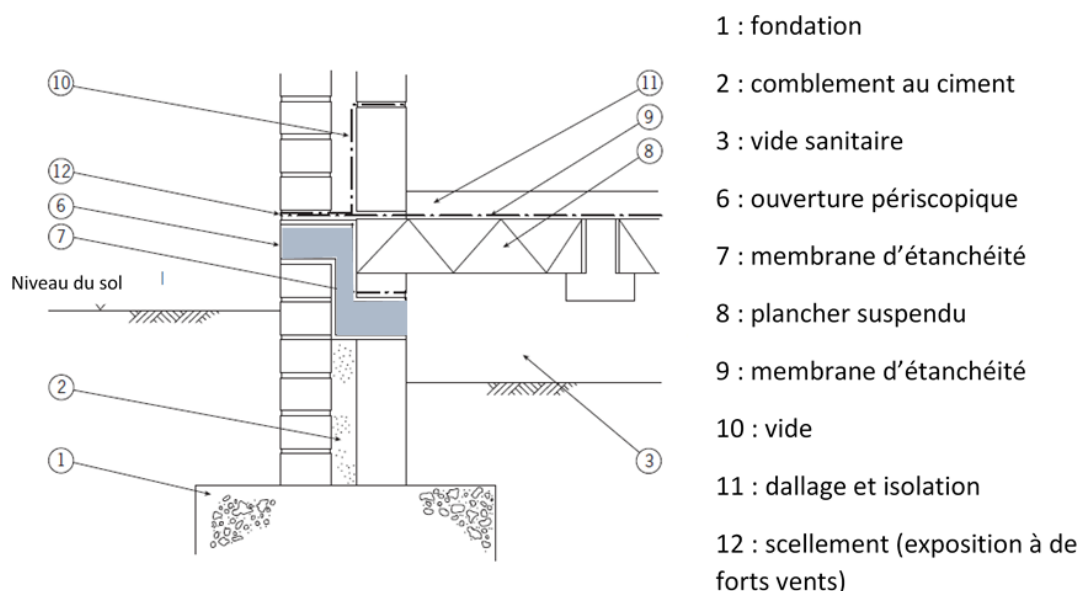


Schéma de principe d'un vide sanitaire

Un sur-terrassement de 0,3 minimum à partir du futur fond de fouille, sur une superficie totale estimée à environ 2 200 m² au droit du futur sous-sol sera donc nécessaire pour créer le vide technique.

Le tableau ci-dessous indique le calcul des volumes à purger pour la création du vide technique.

Tableau 11 : Scénario 2 : Estimation des volumes à purger pour la création d'un vide technique

| Surface | Hauteur | Volume à excaver | Tonnage | Filière |
|---------------------|--------------|--------------------|---------|----------|
| 2200 m ² | 0,3m minimum | 660 m ³ | 1188 t | ISDI TS* |

* L'horizon pour la création du vide technique sous l'emprise du futur sous-sol n'a pas été investigué. Il sera considéré une évacuation des matériaux en décharge pour terre sulfatée (ISDI TS), au regard des anomalies généralement rencontrées en profondeur.

Les coûts liés à la prise en charge des déblais sont présentés ci-dessous :

Tableau 12 : Scénario 1 : Estimation des coûts et surcoûts liés à la purge des matériaux pour la création d'un vide technique

| Description des travaux | Superficie | Quantité estimée | Coût unitaire estimé | Coût estimé | Surcoût estimé |
|--|----------------------|--------------------|----------------------|-------------|----------------|
| Évacuation des déblais en filière spécifique ISDITS sur 0,3m minimum, pour la création du vide technique | 2 200 m ² | 660 m ³ | 45 €/m ³ | 29 700 € HT | 13 200 € HT |

Le coût lié à la purge des matériaux pour la création d'un vide technique sur minimum 0,3m est estimé à environ **29 K € HT** dont un surcoût d'environ **13 K € HT**.

Le coût lié à la construction du vide technique est d'environ 90 €/m². Le coût pour le projet pour une emprise de 2 200 m² représente donc **198 000€**.

Le tableau ci-dessous présente les mesures de gestion du scenario 2 et les coûts liés :

Tableau 13 : Mesures de gestion du scenario 2 et les coûts liés

| SCENARIO 2 | Coût (€ HT) | Surcoût (€ HT) |
|---|--------------|----------------|
| PURGE DE LA POLLUTION CONCENTRÉE RÉSIDUELLE DANS LA ZONE T10 (de 4m à 5m) | 18 900 | 15 200 |
| EVACUATION DES DEBLAIS EN FILIERE SPECIFIQUE ISDITS SUR 0,3M MINIMUM, POUR LA CREATION DU VIDE TECHNIQUE | 29 700 | 13 200 |
| CONSTRUCTION D'UN VIDE TECHNIQUE VENTILÉ | 198 000 | 198 000 |
| Total | 246 600 € HT | 226 400 € HT |

Le surcoût global du scénario n°2, est estimé en première approche à environ 226 K € HT.

7.3. Évaluation du bilan coûts / avantages

Le bilan coûts / avantages correspond à la comparaison multicritère des options de gestion envisageables pour l'élaboration d'un scénario optimisé. Chaque option de gestion présente des avantages et des inconvénients. Compte tenu des scénarios de gestion identifiés, la démarche suivante se base sur une approche coûts / avantages prenant en compte les critères d'appréciation suivants :

- Les mesures de nature techniques, notamment les rendements de dépollution attendus ;
- Les coûts économiques correspondants ;
- Les perspectives du développement durable et de bilan environnemental global ;
- Les enjeux au regard du projet d'aménagement.

L'analyse coûts / avantages est vouée à évoluer dans le temps, en fonction des données sur la connaissance du site et l'évolution du projet. En cas de nouvelles informations, elles seront intégrées dans le Plan de Gestion et discutées dans le bilan coûts / avantages.

Le tableau en page suivante présente les coûts associés à chaque technique de réhabilitation, les avantages et les contraintes correspondants :

Tableau 14 : Bilan coûts / avantages

| | | Scénario 1 : Purge supplémentaire des matériaux au droit de la zone T10 pour éliminer la pollution concentrée en hydrocarbures, puis mise en place d'un système de dépressurisation sous membrane | |
|--------------------------------------|---------------|--|---|
| Technique | Surcoûts | 119 K€ HT | |
| | | Critères | Commentaires |
| Excavation et évacuation en filière | Avantages | Technique | Technique relativement simple à mettre en œuvre |
| | | | Retrait de la totalité des zones de pollution concentrée dans les sols |
| | | | Libération relativement rapide de la zone permettant la réalisation du projet |
| | Inconvénients | Environnementaux | Supprime le risque de remobilisation des pollutions dans le futur par le retrait total des sources concentrées. Surface disponible importante pour stockage de terres propres avant remblaiement |
| | | Sociaux-économiques | Réutilisation des déblais du projet pour remblaiement sur site |
| | | Environnementaux | Bilan carbone important par les rotations de camions. Importants volumes à gérer. Bruyant et poussiéreux |
| SDSM (Géomembrane étanche sous bâti) | Avantages | Environnementaux | Limite les transports routiers : bilan carbone limité Production limitée de déchets Absence de nuisances |
| | | Technique | Technique relativement simple à mettre en œuvre Aucune modification du profil géologique du site |
| | Inconvénients | Environnement | Aucun traitement de la pollution en profondeur |
| | | Économiques | Mise en œuvre difficile pour assurer une étanchéité complète |

| Scénario 2 : Purge supplémentaire des matériaux pour éliminer la pollution concentrée au droit de la zone T10 et au droit du futur sous-sol pour la création d'un vide technique ventilé | | | |
|--|-------------------|---------------------|---|
| Technique | Surcoûts | 226 K€ HT | |
| | | Critères | Commentaires |
| Excavation et évacuation en filière | Avantages | Technique | Technique relativement simple à mettre en œuvre |
| | | | Retrait de la totalité des zones de pollution concentrée dans les sols |
| | | | Libération relativement rapide de la zone permettant la réalisation du projet |
| | | Environnementaux | Supprime le risque de remobilisation des pollutions dans le futur par le retrait total des sources concentrées. Surface disponible importante pour stockage de terres propres avant remblaiement |
| | | Sociaux-économiques | Réutilisation des déblais du projet pour remblaiement sur site |
| | Inconvénients | Environnementaux | Bilan carbone important par les rotations de camions. Importants volumes à gérer. Bruyant et poussiéreux |
| | | Technique | Avis géotechnique après modification des sols |
| | | Sociaux-économiques | Coût de traitement élevé |
| Création vide sanitaire ventilé | Avantages | Environnementaux | Supprime le risque de remobilisation des pollutions dans le futur par le retrait de supplémentaire de matériaux pollués sous le fond de fouille |
| | | Technique | Technique relativement simple à mettre en œuvre Libération rapide de la zone permettant la réalisation du projet Garantie sur les teneurs résiduelles |
| | Points à examiner | Technique | Validation par un géotechnicien et nécessité de mettre en place des mesures de confortement de la fouille (difficulté d'emprise, de technicité, de maintien, ...). |
| | Inconvénients | Environnement | Impacts carbone important par les rotations de camions et amplification du trafic routier. Volume supplémentaire de matériaux à gérer. |
| | | Économiques | Coût supplémentaire lié à la mise en filières des matériaux et à la construction d'un vide sanitaire |

Les scénarios envisagés sont valides du point de vue du risque sanitaire. Les calculs de risques sanitaires montrent des niveaux de risques sanitaires acceptables pour le futur usage du site.

Les coûts indiqués ci-avant ne tenant pas compte des coûts et/ou surcoûts suivants :

- Liés aux éventuelles études complémentaires ;
- Liés à la fourniture et au port d'équipements de protection individuelle (gants, masques à cartouches et/ou à poussières...) et/ou collective dans le cadre de ces opérations ;
- Liés à une élévation générale des prix du marché ou de la considération de critères d'acceptation spécifiques à un centre ou à un groupement d'installations de traitement ou d'enfouissement particulier ;
- Liés aux études géotechniques et hydrogéologiques à mettre en œuvre (notamment concernant la nature des remblais d'apport extérieur, soutènement, talutage, ...) ;
- Les mesures permettant d'assurer une portance du terrain après travaux ;
- Liés aux démolitions et/ou de démantèlement d'ouvrages, d'installations et d'équipements existants au droit des zones concernées ;
- Liés à la poursuite ou à la mise en surveillance éventuelle du site (qualité des eaux souterraines, gaz souterrains...) ;
- Liés à la réalisation d'un Plan de Conception des Travaux (PCT) ;
- Liés à la gestion des eaux d'exhaures ou d'épuisement de fouille, en phase chantier ;
- Liés aux dispositions supplémentaires permettant la réalisation des travaux de dépollution simultanément à l'avancement du chantier ;
- Liés aux incidences des travaux de dépollution sur le planning d'avancement du chantier ;
- Liés au suivi des travaux par une Maîtrise d'Œuvre spécifique.

Le présent Plan de Gestion présente plusieurs options de gestion des pollutions, et **ne constitue pas une phase de conception du projet.**

8. CALCUL DES RISQUES SANITAIRES

8.1. Démarche méthodologique

L'Analyse des enjeux sanitaire (prestation A320) permet d'évaluer les risques sanitaires pour l'homme, liés à présence de polluants, dans des situations d'expositions chroniques, à long terme.

L'Analyse des enjeux sanitaire est mise en œuvre lorsque les informations disponibles sur un site ne permettent pas de conclure de façon simple sur l'existence d'un risque sanitaire et sur les modalités de maîtrise de ce risque. Elle est réalisée selon la démarche suivante :

- Le rappel du contexte de gestion ;
- La collecte et l'analyse des données (investigations réalisés, projet, mesures de gestion...) ;
- L'évaluation des dangers (données toxicologiques et propriétés physico-chimiques) ;
- L'identification des cibles possibles et l'évaluation des expositions probables (schéma conceptuel) ;
- La caractérisation des risques sanitaires (identification et quantification) ;
- Les commentaires sur les résultats de l'étude.

L'objectif est de s'assurer de la compatibilité de l'état environnemental du site avec la situation actuelle ou avec le projet. En fonction du contexte, les calculs de risques sanitaires sont réalisés :

- Dans une situation en l'état (avant toute mesure de gestion) : Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) ;
- Selon le projet et l'état résiduel attendu : Analyse des Risques Résiduels (ARR), prédictive ;
- Selon l'état constaté après travaux : Analyse des Risques Résiduels (ARR), en fin de travaux.

Pour cette étude, il s'agit d'une **Analyse des Risques sanitaires Résiduels (ARR) prédictive**.

Les principes de précaution et de proportionnalité sont observés dans le cadre de cette étude et, conformément au principe de spécificité, les données propres au site sont utilisées lorsqu'elles sont disponibles. En leur absence, des données issues de la littérature, référencées dans cette étude, ont été prises en compte.

Compte tenu des connaissances scientifiques actuelles et des incertitudes inhérentes à l'évaluation des risques, l'évaluateur est amené à faire des hypothèses et à prendre des options pour mener à bien son analyse. L'ensemble de ces éléments sera détaillé dans la suite du chapitre.

8.2. Évaluation des dangers

8.2.1. Propriétés physico-chimiques des substances

Les propriétés physico-chimiques des substances permettent de déterminer leur comportement dans l'environnement et sont un des critères de sélection pour les composés à retenir dans l'évaluation des risques. Ces propriétés sont listées à partir de plusieurs bases de données internationales :

- **La pression de vapeur** : elle indique la tendance d'un composé à se volatiliser depuis la phase libre (phase flottante) ;
- **La constante d'Henry** : elle indique la tendance d'un composé à se volatiliser depuis la phase aqueuse (phase dissoute) ;
- **Les coefficients d'adsorption** :
 - Le Kow, coefficient de partition octanol/eau, indique la tendance du composé à être hydrophile ou hydrophobe ;
 - Le Koc, coefficient d'adsorption sur la matière organique.

8.2.2.Toxicologie des substances, relations dose-effet

La toxicité d'une substance dépend de la concentration du composé, de la durée et de la voie d'exposition de l'organisme humain (et des organes cibles). Pour chaque substance, différents types d'effets sont possibles (selon les recommandations du Ministère de la Santé) :

- **Substances ayant des effets non cancérogènes**, les experts s'accordent sur l'existence d'une dose seuil nécessaire à la manifestation de l'effet sanitaire. Une valeur toxicologique de référence (VTR) **à seuil** est donc à utiliser par le pétitionnaire.
- **Substances ayant des effets cancérogènes mutagènes ou génotoxiques**, les experts s'accordent sur leur mode d'action sans seuil. Une valeur toxicologique de référence (VTR) **sans seuil** est donc la seule utilisable par le pétitionnaire. Dans ce cas, la valeur toxicologique de référence (VTR) doit s'exprimer sous forme d'un excès de risque unitaire.
- **Substances ayant des effets cancérogènes non génotoxiques**, sous réserve que ceux-ci aient été démontrés, il est admis qu'il existe une dose seuil. Une valeur toxicologique de référence (VTR) **à seuil** est donc à utiliser par le pétitionnaire, valeur à privilégier sur l'éventuelle existence d'une valeur sans seuil.

Ainsi, il est indiqué dans la suite du rapport :

- **Substances à seuil d'effet** : chronique à seuil et/ou cancérigène à seuil ;
- **Substances sans seuil d'effet** : chronique sans seuil et/ou cancérigène sans seuil.

a) Sélection des valeurs toxicologiques de référence

La sélection des valeurs toxicologiques de référence (VTR) a été réalisée selon les recommandations du ministère de la Santé, du 30 mai 2006, actualisées le 31/10/2014 (réf. DGS/EA1/DGPR/2014/307). Les organismes de références (INERIS, ANSES...) mettent régulièrement à jour le choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR).

Concernant les hydrocarbures (fractions aliphatiques et aromatiques), les valeurs de référence sont issues des études toxicologiques recensées par l'US EPA, en particulier le Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group (dans le document « Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series », Volume 4, 1997).

b) Outils d'évaluation des risques

Le risque sanitaire est évalué par le calcul :

- D'un quotient de danger théorique (QD) pour les substances à seuil d'effets ;
- D'un excès de risque individuel théorique (ERI), pour les substances sans seuil d'effet.

Pour chaque voie d'exposition, les calculs sont réalisés en fonction :

- De la concentration inhalée théorique (CI) pour l'inhalation de gaz (en mg/m³) ;
- De la dose journalière d'exposition théorique (DJE) pour l'ingestion, le contact cutané ou l'inhalation de poussières (en mg/kg/j) ;
- De la valeur toxicologique de référence (VTR) retenue pour la substance testée et la voie d'exposition (inhalation, ingestion ou contact cutané).

Tableau 15 : Équations générales du calcul de risques sanitaires

| | Voies d'expositions | |
|--------------------------------|------------------------|-----------------------|
| | Ingestion | Inhalation |
| Substances à seuil d'effets | QD = DJE / VTR | QD = CI / VTR |
| Substances sans seuil d'effets | ERI = DJE * VTR | ERI = CI * VTR |

c) Critères d'acceptabilité des risques sanitaires

Dans notre étude, il a été pris en compte systématiquement les effets cancérigènes et non cancérigènes, lorsqu'ils existent. Tous les modes d'exposition seront traités en effets chroniques, correspondant à de longues durées d'expositions (supérieures à 7 ans pour l'US-EPA, supérieures à 1 an pour l'ATSDR).

Le cumul des effets entre voies et substances sera réalisé selon la méthodologie suivante :

- **Effets à seuil** : addition des quotients de danger (QD) pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible. Par précaution, en première approche, la sommation globale des quotients de danger sera réalisée ;
- **Effets sans seuil** : addition de tous les excès de risques individuels (ERI).

Conformément à la méthodologie nationale issue des circulaires de 2007, les seuils suivants sont retenus :

- **Pour les substances à seuil d'effets**, le quotient de danger théorique (QD) doit être inférieur à 1. L'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue lorsque la valeur du QD est supérieure à 1.
- **Pour les substances sans seuil d'effet**, l'excès de risque individuel théorique (ERI) doit être inférieur à 10^{-5} . Le seuil 10^{-5} correspond à la probabilité d'apparition d'un cas supplémentaire de cancer sur une population de 100 000 personnes exposées.

8.3. Évaluation des expositions

8.3.1.Éléments de l'évaluation

Pour la quantification des expositions potentielles, les éléments suivants sont examinés :

- Les valeurs sources au point d'émission ;
- Les modalités de transfert et les éventuels phénomènes d'auto-atténuation dans le milieu naturel, ces derniers pouvant être la dégradation des polluants et/ou leur rétention par le sol ;
- L'estimation des expositions probables des populations sur site en milieu ouvert ou fermé, suivant les différentes voies d'exposition (inhalation, consommation d'eau, ingestion d'aliments, contact direct...) ;
- L'évaluation du caractère tolérable du risque basé sur la comparaison entre :
 - Les niveaux d'exposition prévisible pour les riverains et usagers du site ;
 - Les valeurs d'exposition environnementale de référence pour les effets chroniques et/ou cancérigènes.

8.3.2.Scénarios étudiés

Au regard des teneurs quantifiées et du projet, les milieux et modes d'exposition retenus sont : **l'air intérieur des bâtiments**, par l'inhalation de composés volatils en provenance des gaz du sol.

Dans le cadre du projet, la voie par ingestion ou par contact direct prolongé avec les sols n'est pas considérée : les terrains du site seront recouverts par un horizon sain et pérenne.

Au regard du contexte et de la dilution par le vent, l'exposition en air extérieur ne sera pas retenue.

On étudiera de façon simplifiée pour le modèle, les scénarios d'expositions pénalisant suivants :

- résidence étudiante, espace co-working / fab lab, et école du numérique, édifiés sur sous-sol, fréquentés par les résidents (adultes), les employés et usagers ;
- hôtel édifié sur sous-sol, fréquentés par les employés et usagers ;
- en sous-sol : des parkings avec local vélos et locaux techniques, fréquentés par les résidents (adultes), les employés et usagers.

8.3.3. Exposition par inhalation de vapeurs

Pour la voie d'exposition par inhalation, les concentrations estimées des substances dans l'air respiré, sont calculées à partir des concentrations mesurées dans les sols et les eaux souterraines. Il est reconnu que les modélisations de transferts de vapeurs issues des sols et des eaux sont surestimées par rapport aux mesures directes des gaz du sol.

La modélisation des expositions par inhalation est réalisée à partir des équations de Millington et Quirk, et de l'équation de Fick.

Les calculs des concentrations des substances dans l'air intérieur ont été réalisés à partir du modèle de Johnson et Ettinger (version 3.1, 02/2004). L'intérêt de ce modèle est qu'il simule le transport de vapeurs par diffusion et par convection vers l'air intérieur des bâtiments, en considérant qu'il existe des fissures « théoriques » dans le plancher bas du bâtiment.

Les équations de ce modèle sont présentées en **annexe 5**.

Dans les bâtiments, on considère qu'une partie des composés volatils accumulés dans les niveaux bas peut impacter l'air intérieur des niveaux supérieurs. Selon l'étude citée par l'INERIS nous retiendrons un taux de transfert de 52 %, correspondant au maximum des mesures pour des « planchers béton ».

Selon « l'étude des modèles d'évaluation de l'exposition et des risques liés aux sols pollués - modélisation du transfert de vapeurs du sous-sol ou du vide sanitaire vers l'air intérieur » par l'INERIS (réf DRC-05-57278-DESP/R03a, 15/04/2005), la moyenne du taux de transfert du vide sanitaire au RdC est mesurée à 9,6 %. Certains modèles de transfert (HESP et CSOIL) ont retenu par défaut un taux de transfert de 10 %. La valeur retenue de 52% (maximum des mesures pour des « planchers béton ») est donc sécuritaire.

Un risque sanitaire est ensuite calculé pour chaque valeur d'exposition théorique.

8.4. Paramètres d'entrée

Les paramètres permettant d'estimer les concentrations dans l'air sont déterminés à partir des données de terrain, des caractéristiques du site (bâtiments, usages...), et des données issues de la littérature pour les paramètres non mesurés.

a) Type de sol

Au niveau du futur fond de fouille (vers 3,5 m/sol), Les terrains sont formés par des remblais hétérogènes (sable plus ou moins limoneux) reposant sur des alluvions limoneuses ou sableuses.

Dans le cadre des modèles d'expositions (Johnson & Ettinger, RISC...), les types de sols correspondent à la classification US Soil Conservation Service (fraction de sol < 2mm). Dans une démarche sécuritaire, le type de sol sera défini par celui le plus pénalisant (plus perméable). Il s'agit de sol de type sable limoneux « loamy sand ».

b) Dimensions du bâtiment

Pour les calculs des risques sanitaires, la configuration des bâtiments est simplifiée. On considère un bâtiment édifié sur R-1 reposant sur une dalle de béton de 20 cm d'épaisseur et de dimensions de 10x10m (100 m²). La hauteur libre du R-1 est de 3,5m sous plafond.

La prise en compte de la dimension envisagée des bâtiments est étudiée dans l'étude de sensibilité.

c) Taux de ventilation

On considère le taux de renouvellement d'air moyenné sur la journée :

- résidence étudiante et hôtel : 0,5 vol/h de type ventilation naturelle en logements ;
- espace co-working / fab lab, et école du numérique : 1,0 vol/h de type ventilation mécanique en bureaux ;
- parkings au R-1 : 0,5 vol/h de type ventilation naturelle en logements.

d) Exposition en air intérieur

Tableau 16 : Caractéristiques environnementales – Bâtiment sur R-1

| Paramètres | | Valeur | Justification |
|---|----------------|--|--|
| Température sol / eau | Ts | 10°C | Valeur J&E par défaut (pénalisant) |
| Type de sol | - | « LS » | Valeur J&E pour un sol type « loamy sand » |
| Porosité du sol | θ | 0,390 cm ³ /cm ³ | |
| Teneur en eau résiduelle | θ_w | 0,076 cm ³ /cm ³ | |
| Teneur en air maximal | θ_{air} | 0,314 cm ³ /cm ³ | Valeur calculée d'après les données J&E |
| Densité du sol | ρ | 1,62 g/cm ³ | Valeur J&E pour un sol type « loamy sand » |
| Perméabilité (intrinsèque) des sols aux vapeurs | Ki | 1,62.10 ⁻¹² m ² | Valeur J&E pour un sol type « loamy sand » |
| Profondeur de la source gaz du sol | Lg | 3,3 m/RdC | Présence de la source gaz directement sous le plancher bas du bâtiment |

Tableau 17 : Caractéristiques des bâtiments – Bâtiment sur R-1

| Paramètres | | Valeur | Justification |
|--|------------|------------------------|--|
| Dimensions du bâtiment (longueur et largeur) : | Lb, Wb | 10x10m | Hypothèses arrondies pour le modèle |
| Profondeur du bâtiment (fondations) : | LF | 3,3 m/RdC | |
| Hauteur de l'espace clos (h. sous plafond) : RdC | Hb | 2,8 m | |
| Taux de renouvellement d'air intérieur : | ER | 0,5 vol/h | Valeur estimée de ventilation (en continu) |
| Épaisseur du plancher bas : R-1 | Lcrack | 20 cm | Hypothèse |
| Épaisseur des fissures théoriques à la limite plancher / mur | w | 0,1 cm | Valeur J&E par défaut |
| Ratio ouvertures / surface de dalle | n | 1,72.10 ⁻⁴ | Valeur calculée par le modèle |
| Gradient de pression (entre sol et bâtiment) : | ΔP | 40 g/cm-s ² | Valeur estimée pour un bâtiment sur sous-sol |

Tableau 18 : Caractéristiques des usagers du site – Exposition en air intérieur

| Paramètres | | Valeur | Justification |
|--|-------------|---|--|
| Temps moyen : risque cancérigène risque non cancérigène | ATc ATnc | 70 ans durée d'expositions | recommandations INERIS : durée de la vie selon durées d'expositions |
| Durée d'expositions : - résidents adultes - employés | ED | 30 ans 42 ans | recommandations INERIS et US EPA durée du travail |
| Fréquence des expositions au RdC : <u>résidence étudiants :</u> - résidents adultes - employés <u>hôtel, activités, école du numérique :</u> - employés | EF | 251 j/an (24h/24) 69 j/an (24h/24) 69 j/an (24h/24) | recommandations CIBLEX et INVS 16,5 h/j, 365 j/an 7,5 h/j, 220 j/an 7,5 h/j, 220 j/an |
| Fréquence des expositions au R-1 : parkings - résidents adultes - employés | EF | 7,6 j/an (24h/24) 4,6 j/an (24h/24) | 0,5 h/j, 365 j/an 0,5h/j, 220 j/an |

Par convention, les cibles « enfants » correspondent aux jeunes enfants (0-6 ans), les plus exposés.

e) Substances retenues

La sélection des substances à retenir pour l'évaluation des risques d'exposition est réalisée à partir des critères suivants :

- Les concentrations mesurées dans les différents milieux (sol, eau, air interstitiel) ;
- La représentativité des impacts détectés dans les différents milieux ;
- Les propriétés physico-chimiques des composés ;
- La classe de cancérogénicité et les valeurs toxicologiques de référence des substances.

f) Teneurs maximales retenues

Dans le cadre de cette étude, les teneurs retenues sont les **teneurs maximales détectées dans les gaz du sol**. Il est reconnu que la prise en compte des gaz du sol permet de se placer dans des conditions plus réalistes pour la modélisation de transferts de vapeurs issues directement des milieux sol et eaux souterraines.

Les fractions hydrocarbures ont été regroupées selon la répartition des valeurs toxicologiques de référence disponibles. Les limites de quantification du laboratoire (LQ) ont été retenues comme minima pour les composés non détectés.

Tableau 19 : Teneurs maximales retenues

| Paramètres | GAZ DU SOL (Pg1 à Pg3) | | Sélection pour l'ARR prédictive |
|-----------------------------------|---------------------------|------|------------------------------------|
| | µg/m ³ | réf. | |
| Hydrocarbures aliphatiques | | | |
| Aliphatiques C5-C6 | 93 | PG1 | retenu |
| Aliphatiques >C6-C8 | 1 378 | PG1 | retenu |
| Aliphatiques >C8-C10 | 2 191 | PG1 | retenu |
| Aliphatiques >C10-C12 | 335 | PG1 | retenu |
| Aliphatiques >C12-C16 | 191 | NQ | retenu |
| Hydrocarbures aromatiques | | | |
| Aromatiques C6-C7 | 24 | PG1 | non retenu (voir benzène) |
| Aromatiques >C7-C8 | 24 | PG1 | non retenu (voir toluène) |
| Aromatiques >C8-C10 | 81 | PG1 | retenu |
| Aromatiques >C10-C12 | 22 | PG1 | retenu |
| Aromatiques >C12-C16 | 38 | NQ | retenu |
| Hydrocarbures aromatiques | | | |
| Benzène | 24 | PG1 | retenu |
| Toluène | 24 | PG1 | retenu |
| Ethylbenzène | 7 | PG1 | retenu |
| Xylènes | 34 | PG1 | retenu |
| Cumène | 2 | NQ | retenu |
| Ethyltoluènes | 15 | PG1 | non retenu (pas de VTR) |
| 1,3,5-Triméthylbenzène | 5 | PG1 | retenu |
| 1,2,4-Triméthylbenzène | 15 | PG1 | retenu |
| Naphtalène | 2 | NQ | retenu |
| COHV | | | |
| Tetrachlorométhane | 2 | NQ | retenu |
| Trichlorométhane | 19 | PG2 | retenu |
| Dichlorométhane | 2 | NQ | retenu |
| Tetrachloroéthylène | 4 197 | PG3 | retenu |
| Trichloroéthylène | 69 | PG3 | retenu |
| cis 1,2-Dichloroéthylène | 6 | PG3 | retenu |
| Chlorure de vinyle | 2 | NQ | retenu |
| 1,1,1-Trichloroéthane | 24 | PG3 | retenu |
| 1,1-Dichloroéthane | 15 | PG3 | retenu |
| 1,1-Dichloroéthylène | 3 | PG3 | retenu |

LQ : Limite de Quantification.

g) Valeurs toxicologiques de référence retenues

Les valeurs toxicologiques retenues sont présentées en **annexe 6** avec les caractéristiques des substances retenues.

8.5. Résultats des calculs de risques

Dans le cadre d'une évaluation des risques sanitaires, pour chaque substance, les concentrations sont calculées au point d'exposition à partir du milieu : gaz du sol ». Les concentrations calculées au point d'exposition sont ensuite utilisées pour le calcul des risques liés à cette substance.

Selon la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, les concentrations estimées dans l'air intérieur sont comparées aux **valeurs d'analyse de la situation (R1, R2, R3)**.

- la **valeur R1** correspond par ordre de priorité : aux valeurs réglementaires disponibles, les valeurs cibles ou repères du HCSP, les valeurs guides de qualité d'air intérieur de l'ANSES, et à défaut, les valeurs sélectionnées par l'INERIS ;
- la **valeur R2** correspond par ordre de priorité : aux valeurs réglementaires, aux seuils d'action définis par le HCSP, et à défaut, les valeurs sélectionnées par l'INERIS ;
- la **valeur R3** correspond aux valeurs « court terme » sélectionnées par l'INERIS.

Pour l'ensemble des scénarios, les concentrations calculées par modélisation au point d'exposition ne montrent aucun dépassement des valeurs d'analyse de la situation (R1, R2, R3).

Les tableaux ci-après présentent les résultats des calculs des risques sanitaires (ERI et QD) réalisés scénario par scénario, en distinguant les cibles adultes et enfants. Les calculs de risques ont été comparés aux valeurs recommandées par la méthodologie nationale : valeur de 10^{-5} pour les effets sans seuil et valeur de 1 pour les effets à seuil. Les résultats détaillés des calculs sont fournis en **annexe 7**.

Tableau 20 : Résultats des calculs de risques sanitaires

| Scénarios \ Seuils | Résidents adultes | | Employés | |
|--------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| | Substances sans seuil ERI | Substances à seuil QD | Substances sans seuil ERI | Substances à seuil QD |
| | $< 10^{-5}$ | < 1 | $< 10^{-5}$ | < 1 |
| Logements / hôtel au RdC | $9,09.10^{-8}$ | $1,64.10^{-3}$ | $3,48.10^{-8}$ | $4,50.10^{-4}$ |
| Parkings au R-1 | $5,29.10^{-9}$ | $9,57.10^{-5}$ | $4,47.10^{-9}$ | $5,77.10^{-5}$ |

| Scénarios \ Seuils | Employés | |
|--------------------|---------------------------|-----------------------|
| | Substances sans seuil ERI | Substances à seuil QD |
| | $< 10^{-5}$ | < 1 |
| Activités au RdC | $1,74.10^{-8}$ | $2,25.10^{-4}$ |
| Parkings au R-1 | $4,47.10^{-9}$ | $5,77.10^{-5}$ |

Au regard du contexte environnemental et du projet, les niveaux de risques sanitaires évalués avant travaux (sans mesure de gestion) sont inférieurs aux seuils recommandés selon la méthodologie nationale (ERI $< 10^{-5}$ et QD < 1). Les concentrations prédictives à l'intérieur des futurs bâtiments sont inférieures aux Valeurs d'Analyse de la Situation (seuils R1, R2, R3).

L'ensemble de ces éléments et les mesures de gestion envisagées permettent de conclure à la compatibilité de l'état environnemental du site avec l'usage prévu.

Il y aura lieu de mettre à jour cette Analyse des risques sanitaires prédictive par une ARR finale, réalisée sur la base des contrôles de réception après travaux de dépollution.

La discussion sur les incertitudes des calculs des risques est présentée en **annexe 8**. Pour affiner l'évaluation des incertitudes, une étude de sensibilité des principaux paramètres intervenant dans le calcul de risque a été réalisée. La variation des principaux paramètres de façon pessimiste a confirmé l'acceptabilité du risque sanitaire.

L'absence de risque sanitaire n'exclut pas de possibles nuisances olfactives (odeurs).

9. CONTROLE DES TRAVAUX ET RECOLEMENT

Nous recommandons que le Maître d’Ouvrage soit assisté par un BET spécialisé pour assurer la maîtrise d’œuvre de dépollution.

Un Cahier des Charges (CCTP) sera à rédiger pour expliciter les objectifs de dépollution et de réhabilitation du site. Il comprendra, entre autres, toutes les mesures de précautions nécessaires en phase chantier.

9.1. Mesures de contrôles des expositions en phase chantier

La réalisation de projets ou travaux pouvant comporter un contact direct ou indirect (par le biais de poussières notamment) avec les terrains contaminés devra être précédée d’une évaluation des risques par l’entreprise.

Cette évaluation définira, en conformité avec la réglementation en vigueur, les mesures de prévention qui seront mises en œuvre lors des travaux, de manière à protéger :

- la santé et la sécurité des travailleurs ;
- l’environnement et notamment les sols, les eaux souterraines et superficielles, la qualité de l’air ;
- la sécurité des riverains et la santé publique.

Des consignes d’hygiène et sécurité (plan de prévention) devront être mises en place préalablement au commencement de travaux sollicitant le sol et le sous-sol, et en cas de fortes émanations d’odeurs en phase travaux (liés aux mouvements de terres...). A noter que le chiffrage des travaux de dépollution n’intègre pas la mise en place d’une tente de dépollution pour éviter les nuisances des odeurs sur le voisinage.

L’entreprise veillera à limiter les expositions du personnel en phase travaux.

L’entreprise limitera au maximum l’envol des poussières par un arrosage des terres, un bâchage des camions, un nettoyage des voies et chaussées...

En raison de la présence de polluants, les entreprises limiteront au maximum le contact direct avec les terres et les eaux souterraines afin d’éviter tout risque d’ingestion ou de contact cutané avec des milieux pollués. Il s’agira en particulier du port de gants et masques (anti-poussières, protection contre les polluants volatils).

En cas de fortes odeurs au niveau d’une fouille, des équipements de protection respiratoire spécifiques (masque à cartouche, ventilation assistée) devront également être mis à la disposition des travailleurs exposés.

Ces préconisations seront indiquées et prise en compte dans le cadre du PGC et des PPSPS des entreprises.

9.2. Mesures de contrôles des opérations de dépollution

9.2.1. Gestion des terres

La traçabilité des terres excavées, des mouvements de terres et des terres d’apport, devront être assurées pendant toute la durée des travaux, à savoir :

- les filières d’évacuation des terres impactées ;
- la provenance (zones d’extraction) des terres utilisables pour le remblaiement ;
- les zones de stockages provisoires éventuels ;
- les zones de remblaiement.

Les déblais de terrassement, réalisés dans les zones contaminées, devront être triés selon leurs caractéristiques physico-chimiques, et orientés vers des centres de valorisation, de traitements ou des filières autorisées de stockage.

Si le chantier nécessite la réalisation d'une aire de stockage temporaire, l'assise de l'aire de stockage provisoire sera une plateforme étanche, balisée, et réalisée de manière à :

- éviter tout risque de mélange avec des terres saines ;
- prévenir tout risque d'infiltration ou d'écoulement d'eaux polluées hors de son emprise ;
- éviter de générer des lixiviats par percolation d'eaux pluviales à travers les terres polluées ;
- identifier les matériaux (stockés en tas, en andains ou en merlons), en lots séparés et balisés.

Un protocole de gestion des terres polluées sera défini de manière à contrôler l'état des terrains excavés, afin de déterminer la filière de traitement ou de stockage adéquate.

Conformément à la méthodologie nationale, un suivi de la bonne application des mesures préconisées sera mis en œuvre par un BET spécialisé. Ce suivi, réalisé par une entité indépendante des prestataires en charge des opérations de dépollution, comprendra notamment :

- le contrôle de la bonne exécution des travaux de mise en sécurité du site ;
- le suivi du chantier de traitement des zones sources concentrées. Ce suivi pourra inclure, en fonction de la nature des travaux envisagés, la gestion des terres excavées (approbation des filières et lieux d'évacuation envisagés par l'entreprise en charge de la dépollution, le suivi des excavations et la traçabilité des terres), l'atteinte des objectifs de réhabilitation fixés ;
- le bilan des volumes et tonnages, des traitements mis en œuvre ;
- les contrôles de l'état du site à réception.

9.2.2. Récolement et fin de travaux de dépollution

En fin de travaux, un contrôle du respect des objectifs de réhabilitation sera effectué. De plus, un rapport de récolement sera établi. Celui-ci reprendra le bilan de toutes les opérations concernant la gestion des terres polluées ainsi que le traitement *in situ*, en particulier :

- le récapitulatif du déroulement des opérations de réhabilitation ;
- le bilan des opérations de traitement *in situ* ou sur site et les analyses de contrôle ;
- les documents de traçabilité et d'élimination des déchets et terres polluées ;
- la cartographie des zones réhabilitées associées aux valeurs finales ;
- les éléments nécessaires à l'instauration des restrictions d'usage.

En fin de travaux, il y aura lieu de contrôler la qualité des sols et des gaz du sol en fond de fouille, et de garder en mémoire l'état de pollution résiduel du site après travaux.

Si les teneurs mesurées sont supérieures aux teneurs initiales considérées, une Analyse des Risques sanitaires Résiduels finale devra être réalisée afin de vérifier la compatibilité entre l'état des milieux et l'usage du site.

9.3. Infiltration des eaux pluviales

Dans le cas où l'élimination de la zone de pollutions concentrées n'est pas totale, il conviendra d'éviter toute infiltration des eaux pluviales au droit des zones impactées afin d'empêcher toute migration de la pollution plus en profondeur. La mise en place d'un revêtement peu perméable en surface de ces zones pourrait être une solution (enrobé, béton,...).

9.4. Comblement des ouvrages piézométriques existants

Les piézomètres doivent faire l'objet d'une déclaration auprès de la DRIEAT, d'après le Code de l'Environnement (art. R214-1 relatif à la création d'installations, ouvrages, travaux et activités, autrement dénommés IOTA). Il conviendra également de décider de leur sort après intervention : maintien pour surveillance ou comblement.

Dans le cas où il serait décidé d'abandonner les ouvrages, ils devront être comblés dans les règles de l'art selon les prescriptions de l'arrêté du 11/09/2003 et de la norme NF X 10-999 (Avril 2007).

9.5. Gestion des eaux souterraines pour le projet

Il y aura lieu de vérifier, en cas de nécessité de rabattement de nappe, que les eaux d'exhaures soient conformes aux critères d'acceptation en réseau d'assainissement.

À noter que la réalisation d'un prélèvement des eaux souterraines et d'un rejet nécessite des autorisations administratives particulières (loir sur l'eau, arrêté de déversement, convention de rejet...).

Les résultats d'analyses ont mis ponctuellement en évidence un impact des eaux souterraines en hydrocarbures (uniquement sur la première campagne de prélèvement). Par précaution, il y aura lieu d'interdire tout captage d'eau au droit du site.

9.6. Plan de surveillance environnementale

Au regard du caractère sensible du site situé en périmètre éloigné d'un captage d'eau, nous recommandons de suivre la qualité des eaux souterraines, sur la durée du chantier, avec au minimum 2 campagnes par an (hautes et basses eaux).

En fonction des impacts résiduels suite aux travaux de dépollution, il s'agira d'évaluer de la nécessité d'une surveillance environnementale après la livraison du site.

9.7. Conservation de la mémoire - servitudes

Pour un site donné, l'outil le mieux adapté pour s'assurer dans le temps de l'adéquation de l'usage du site avec le niveau de pollution résiduelle, est la mise en place de servitudes. Les servitudes applicables aux sites pollués ont pour but de :

- restreindre l'occupation ou l'utilisation anormale du milieu ;
- permettre la surveillance et la maintenance des installations après traitement pour assurer leur pérennité ;
- transmettre l'information sur les précautions à prendre pour éviter de remobiliser une pollution.

La présence d'un impact résiduel après travaux peut conduire à la mise en place de restrictions d'usage, telles que :

- au droit des zones en extérieur, les terrains superficiels devraient être recouverts soit par un horizon minéralisé (enrobé, béton...), soit par grillage avertisseur (ou géotextile), puis par des terres saines (au minimum 30 cm). Il y aura lieu de maintenir un bon état de recouvrement des sols au droit de cette zone afin de ne pas remanier les terres impactées ;
- interdire tout usage « sensible » des eaux souterraines.

En cas de pollution résiduelle, une cartographie précise des zones présentant des impacts résiduels et les dispositifs définitifs devra être établie. L'ensemble de ces éléments doit faire l'objet d'un dossier de servitudes qui sera porté aux actes notariés afin de garantir une pérennité de l'information concernant la pollution résiduelle du site.

10. CONCLUSION RECOMMANDATIONS

10.1.Synthèse

10.1.1.Contexte

La SCCV IVRY LOT 9 a pour projet l'aménagement du terrain sis : **lot 9, rue Saint Just-Allée Gagarine 94 200 IVRY SUR SEINE.**

Le projet porte sur la réalisation d'un ensemble immobilier sur un niveau de sous-sol avec un espace vert en pleine terre, comprenant une résidence étudiante et une école du numérique.

Le site possède une superficie de 2650 m² et correspond à un terrain nu.

Lors de la première campagne d'investigation en 2020, la partie centrale et Ouest correspondait à un parking goudronné.

La partie Est correspondait à un espace vert.

Aucune source potentielle de pollution n'a été identifiée ou portée à notre connaissance

On note qu'un immeuble de logements était situé en bordure extérieure, le long Ouest du site.

L'immeuble a été démoli en fin d'année 2020.

10.1.2.Synthèse des études précédentes

Des investigations sur les milieux ont été réalisées en 2021 et 2022. Elles ont consisté en la réalisation de 14 sondages de sols jusqu'à 5m de profondeur, 5 piézomètres à 7m de profondeur et 3 piézairs à 5m de profondeur.

Les résultats d'analyses mettent en évidence la présence :

- Dans les sols : d'impacts en métaux, en hydrocarbures HCT sur 8 échantillons (540 mg/kg à 15 000 mg/kg), en hydrocarbures HAP sur un échantillon (124,1 mg/kg) ainsi que des anomalies sur des essais de lixiviation (Sb, Mo, FS/SO4)
- Dans les eaux souterraines recoupées vers 6m de profondeur : de métaux et hydrocarbures HCT en état de traces, d'hydrocarbures HAP sur les 2 ouvrages avec une teneur maximale de 4,1 µg/l sur Pz1, de Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV) sur les 2 ouvrages avec une teneur maximale de 30 µg/l sur Pz2
- Dans les gaz du sol : d'Hydrocarbures (C5-C16) aliphatiques de manière diffuse, avec une teneur maximale de 3997,1 µg/m³ sur Pg1, ainsi que des Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV) de manière diffuse, avec une teneur maximale de 4323,5µg/m³ sur Pg3.

10.1.3.Mesures de gestion des sols pollués

Au total, pour la réalisation du sous-sol, on estime qu'environ **8 400 m³** de terres devront faire l'objet d'évacuation en filières spécifiques.

La prise en charge des matériaux non inertes/pollués en filières spécialisées dans le cadre de la réalisation du sous-sol, est ainsi estimée à environ **600K€ HT** dont un surcoût d'environ **391K€ HT**.

Au regard de l'ensemble des investigations, il a été caractérisé 2 zones de pollution concentrées :

- **une zone située au Nord et représentée par les sondages T7 et Pg3** : pollution concentrée en hydrocarbures HAP dans les sols et en composés cholés (COHV) dans les gaz du sol ;
- **une zone située au Sud et représentée par les sondages T1, T10 et Pg1** : pollution concentrée en hydrocarbures HCT dans les sols et en hydrocarbures aliphatiques dans les gaz du sol.

La réalisation du projet impliquera l'évacuation hors site des déblais d'excavation. Dans ce contexte et au regard des profondeurs de terrassement attendues, une partie des zones de pollutions concentrées des sols seront purgées (T7/0,5-1 et T1/2-3).

Les zones localisées en profondeur (au-delà du futur fond de fouille) devront ainsi faire l'objet d'une gestion spécifique. Il s'agit de la zone de pollution concentrée des sols au droit du sondage T10, de 4m à 5m de profondeur.

La pollution concentrée dans les gaz du sol, identifiée au droit des zones PG1 (hydrocarbures aliphatiques) et PG3 (composés chlorés), devront également faire l'objet de mesures de gestion.

Au regard du contexte du site, du projet, et des zones de pollutions concentrées, les scénarios de gestion suivants sont étudiés :

- **scénario n°1** : Purge supplémentaire des matériaux au droit de la zone T10 pour éliminer la pollution concentrée en hydrocarbures, puis mise en place d'un système de dépressurisation sous membrane (SDSM) au droit du bâtiment. **Le coût pour le scénario 1 est estimé à 123 K€ HT, dont un surcoût à 119 K€ HT.**
- **scénario n°2** : Purge supplémentaire des matériaux :
 - au droit de la zone T10 pour éliminer la pollution concentrée en hydrocarbures ;
 - au droit du futur sous-sol pour la création d'un vide technique ventilé.

Le coût pour le scénario 2 est estimé à 246 K€ HT, dont un surcoût à 226 K€ HT.

Au regard du contexte environnemental et du projet, les niveaux de risques sanitaires évalués avant travaux (sans mesure de gestion) sont inférieurs aux seuils recommandés selon la méthodologie nationale (ERI <10⁻⁵ et QD <1). Les concentrations prédictives à l'intérieur des futurs bâtiments sont inférieures aux Valeurs d'Analyse de la Situation (seuils R1, R2, R3).

L'ensemble de ces éléments et les mesures de gestion envisagées permettent de conclure à la compatibilité de l'état environnemental du site avec l'usage prévu.

Il y aura lieu de mettre à jour cette Analyse des risques sanitaires prédictive par une ARR finale, réalisée sur la base des contrôles de réception après travaux de dépollution.

Le présent Plan de Gestion présente plusieurs options de gestion des pollutions, et **ne constitue pas une phase de conception du projet.**

10.2.Recommandations

10.2.1.Situation administrative du site vis-à-vis du Code de l'Environnement

Les piézomètres conservés suite aux investigations doivent faire l'objet d'une déclaration auprès de la DRIEAT, d'après le Code de l'Environnement (art. R214-1 relatif à la création d'installations, ouvrages, travaux et activités, autrement dénommés IOTA).

Dans le cas où il serait décidé d'abandonner les ouvrages, ils devront être comblés dans les règles de l'art selon les prescriptions de l'arrêté du 11/09/2003 et de la norme NF X 10-999 (Avril 2007).

10.2.2.Dispositions particulières

Afin de maîtriser les impacts environnementaux résiduels, les dispositions suivantes sont à respecter afin de maîtriser les impacts résiduels :

En phase travaux

- Gérer les zones de pollution concentrées ;
- Évacuer en filières spécifiques les terres impactées dans le cadre de la gestion des déblais ;
- Réaliser un suivi et des contrôles des travaux de gestion des pollutions, par un bureau d'études spécialisé.
- Au droit des zones en extérieur, les terrains restant en place seront à recouvrir par un horizon sain (0,3 m de terres saines) ou par un horizon minéralisé : enrobé, dallage... En cas d'un impact résiduel après travaux, dans les terrains restant en place, un grillage avertisseur sera à mettre en place au droit des jardins privatifs ;
- Éviter le passage des réseaux d'eau potable dans des terres polluées du site. Il s'agira de protéger les canalisations existantes par un fourreau limitant la perméation des composés organiques ou de mettre en place des canalisations d'alimentation en eau neuves, avec remblaiement des tranchées par des terres saines drainantes ;
- De réaliser une Analyses des Risques Résiduels finale, sur la base des contrôles des sols et des gaz du sol après travaux de dépollution ;

En phase définitive, au droit des zones impactées :

- Assurer un renouvellement d'air minimal du sous-sol (minium considéré de 0,5 vol/h moyenné sur la journée) ;
- Maintenir un bon état de recouvrement des sols au droit des zones en extérieur ;
- Ne pas réaliser d'infiltration des eaux pluviales au sein des terrains impactés ;
- Interdire tout captage d'eau au droit du site ;
- Interdire la plantation en pleine terre d'arbres fruitiers et/ou de végétaux comestibles.

Il y aura lieu de mettre le site en conformité réglementaire : ouvrages piézométriques...

Par ailleurs, en fonction des impacts résiduels suite aux travaux de dépollution,

- Évaluer de la nécessité d'une surveillance environnementale après la livraison du site.
- Mettre en mémoire le passif du site, afin de prévenir des risques en cas de nouveaux travaux (tranchées, curage, plantation...), par la transmission des dossiers d'ouvrages exécutés et de la présente étude dans les actes notariés. Cette mise en mémoire pourra faire l'objet d'un dossier spécifique de restrictions d'usages ou de servitudes.

Cette étude a été menée sur la base des connaissances actuelles de l'état du site, du projet de réaménagement, et des connaissances scientifiques. Toute modification du projet, ou tout nouvel élément apporté, pourra modifier les conclusions de cette étude.

ANNEXES

| | |
|-----------|---|
| ANNEXE 1 | PLAN DE LOCALISATION DU SITE |
| ANNEXE 2 | EXTRAITS DES PLANS DU PROJET |
| ANNEXE 3 | VISITE DE SITE, PLAN DU SITE |
| ANNEXE 4 | PLAN D'IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS |
| ANNEXE 5 | PRÉSENTATION DES ÉQUATIONS DU MODÈLE « JOHNSON & ETTINGER » |
| ANNEXE 6 | CARACTÉRISTIQUES ET TOXICOLOGIE DES SUBSTANCES RETENUES |
| ANNEXE 7 | FEUILLES DE CALCULS DE RISQUES |
| ANNEXE 8 | DISCUSSION SUR LES INCERTITUDES |
| ANNEXE 9 | PRESTATIONS DE SOLER IDE |
| ANNEXE 10 | CONDITIONS D'EXPLOITATION DES ÉTUDES D'ENVIRONNEMENT |

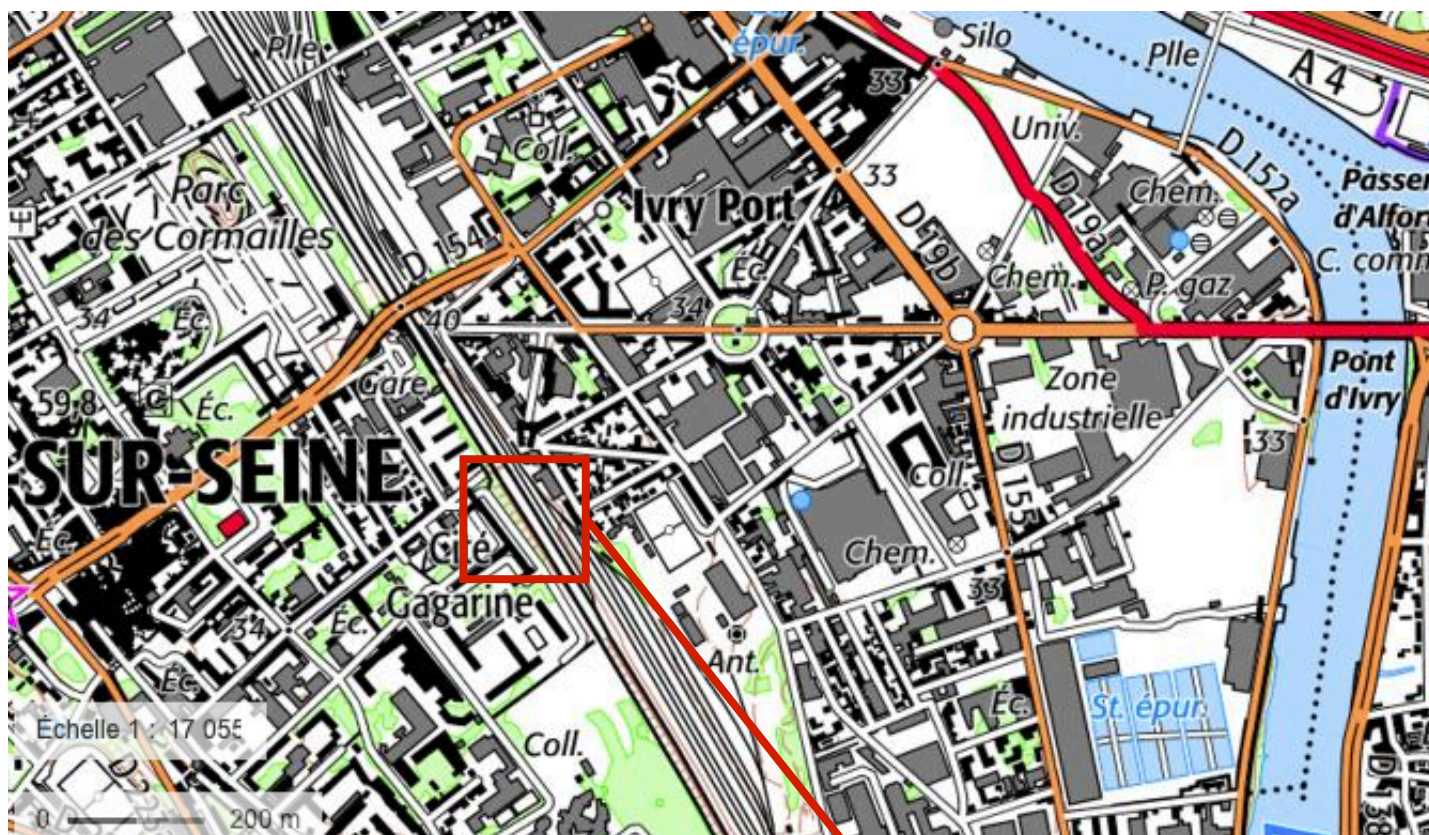
ANNEXE 1 PLAN DE LOCALISATION DU SITE

LOCALISATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

N° dossier : E SE MAS 2020.04497

Chantier : IVRY SUR SEINE

Mission : DIAG



Source: Carte IGN, Géoportail

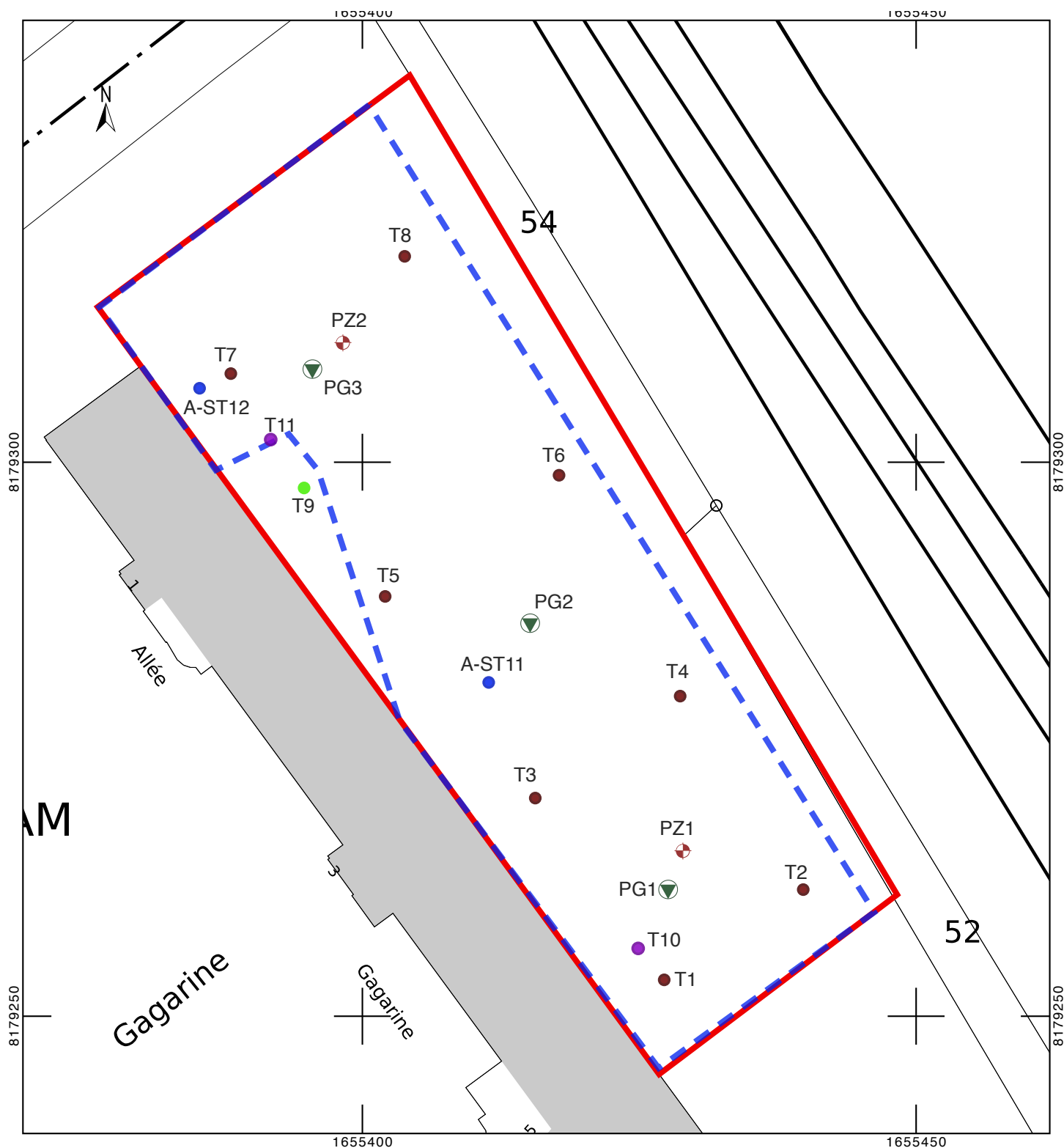
Zone d'étude



ANNEXE 2 EXTRAITS DES PLANS DU PROJET

ANNEXE 3 VISITE DE SITE, PLAN DU SITE

ANNEXE 4 PLAN D'IMPLANTATION DES INVESTIGATIONS



Légende :

Emprise de la zone d'étude

Emprise du futur sous-sol R-1

Tx : Sondages à la tarière mécanique réalisés en 2021 :

● (3m) ● (2m)

● A-STx : Sondages SEMOFI (2018)

Investigations complémentaires proposées :

⊕ Pzx : Ouvrage piézométrique (7m)

▼ Pgx : Piézomètres (5m)

● Tx : Sondages de sols (5m)

Echelle : 1/500

**ANNEXE 5 PRÉSENTATION DES ÉQUATIONS DU MODÈLE
« JOHNSON & ETTINGER »**

**ANNEXE 6 CARACTÉRISTIQUES ET TOXICOLOGIE DES SUBSTANCES
RETENUES**

ANNEXE 7 FEUILLES DE CALCULS DE RISQUES

ANNEXE 8 DISCUSSION SUR LES INCERTITUDES

| |
|---|
| ANNEXE 9 PRESTATIONS DE SOLER IDE |
|---|

ANNEXE 10 CONDITIONS D'EXPLOITATION DES ÉTUDES D'ENVIRONNEMENT