

Plan de gestion

Site d'Alfortville (94)

***Préparé pour : Sanofi Aventis Recherche et
Développement***

Projet N° 60643177

8 avril 2021

Rapport final

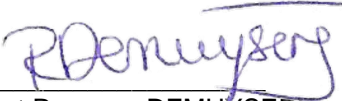

Référence : PAR-RAP-21-24968B

Plan de gestion

8 avril 2021

Site d'Alfortville (94)

Rapport



Préparé par Agnès OLIVIER et Roxanne DEMUYSERE
Chef de projet et responsable d'équipe IRD



Vérifié et approuvé par Bertrand VIDART
Directeur de projet

Fiche de référence

Détails du rapport	
Nom du client :	Sanofi Aventis Recherche et Développement
Nom du contact client :	Corinne LE CAËR, Nelly PETAPERMAL
Numéro de projet :	60643177
Référence de projet SANOFI :	CRVA
Statut :	Rapport final
Préparé par	AECOM France, bureau de Paris 10, place de Belgique 92250 La Garenne-Colombes Tél : +33 (0)1 72 25 91 00
Numéro de référence :	PAR-RAP-21-24968B
Titre du rapport :	Plan de gestion
Date du rapport :	8 avril 2021

Statut du rapport		
Version du rapport	Date	Détails
B	8 avril 2021	Version finale

DROIT D'AUTEUR

© Ce rapport est la propriété d'AECOM France. Toute reproduction ou utilisation non autorisée par toute personne autre que le destinataire est strictement interdite.

AECOM et URS ne formant qu'un seul groupe, les entités juridiques (URS France SAS et AECOM France SARL, toutes deux détenues par AECOM) ont fusionné en mars 2016 (rachat d'AECOM France SARL par URS France SAS) et opèrent à compter du mois de mai 2016 sous le nom d'AECOM France SAS. Les points de contact restent inchangés sauf spécification particulière.

AECOM France SAS - Lieu d'enregistrement au Registre du Commerce : RCS Nanterre 92 - N° RCS : 402 298 624 00113 - Adresse du Siège Social : 10 Place de Belgique - 92250 La Garenne Colombes – France.

TABLE DES MATIERES

RESUME NON TECHNIQUE	6
1. INTRODUCTION.....	8
1.1 Contexte et objectifs de l'étude	8
1.2 Organisation du rapport	9
2. RAPPEL DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DU SITE.....	10
2.1 Contexte géographique	10
2.2 Contexte géologique	11
2.3 Contexte hydrogéologique	12
2.4 Contexte hydrologique	12
2.5 Usage des eaux.....	12
2.5.1 Eaux souterraines	12
2.5.2 Eaux de surface	13
2.6 Contexte écologique	14
2.7 Sensibilité de l'environnement	14
2.7.1 Eaux souterraines	14
2.7.2 Eaux de surface	14
3. CARACTERISATION DE L'ETAT DES MILIEUX.....	15
3.1 Description actuelle du site	15
3.2 Points clés de l'étude historique	15
3.2.1 Périodes d'activité	15
3.2.2 Incidents/accidents.....	16
3.2.3 Cuves et réservoirs enterrés.....	16
3.2.4 Base de données BASIAS.....	17
3.2.5 Base de données BASOL.....	18
3.3 Zones à risque potentiel de pollution identifiées.....	18
3.4 Déroulement et résultats des investigations environnementales.....	19
3.4.1 Programme et déroulement des investigations	19
3.4.2 Résultats des investigations	21
3.4.3 Synthèse des investigations	25
4. SCHEMA CONCEPTUEL	26
4.1 Caractérisation des sources.....	26
4.2 Milieux et voies de transfert	26
4.2.1 Sur site	26
4.2.2 A l'extérieur du site.....	28
4.3 Enjeux à protéger.....	28
4.3.1 Population sur site.....	28
4.3.2 Population hors site.....	28
4.3.3 Milieux naturels	28

4.4	Conclusion du schéma conceptuel	29
5.	MESURES DE GESTION.....	30
5.1	Approche générale.....	30
5.2	Synthèse des principales caractéristiques de la zone source.....	31
5.3	Bilan coûts-avantages	31
5.3.1	Actions de réhabilitation	32
5.3.2	Actions de traitement et/ou de gestion des voies de transfert.....	34
5.3.3	Actions de surveillance des milieux	34
5.3.4	Conservation de la mémoire du site.....	35
5.3.5	Synthèse des mesures de gestion.....	36
6.	ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS (ARR) PREDICTIVE	39
6.1	Modèle conceptuel	39
6.2	Détermination des concentrations d'exposition.....	41
6.2.1	Caractérisation des concentrations sources résiduelles	41
6.2.2	Modélisation des concentrations d'exposition dans l'air intérieur	43
6.3	Quantification des risques sanitaires	46
6.3.1	Méthodologie de sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)	46
6.3.2	Méthodologie de calculs des risques	47
6.3.3	Paramètres d'exposition	49
6.3.4	Résultats des calculs de risques.....	49
6.4	Analyse des incertitudes	50
6.4.1	Modèle conceptuel	51
6.4.2	Caractérisation des concentrations sources résiduelles	51
6.4.3	Modélisation des concentrations dans l'air ambiant	53
6.4.4	Quantification des risques	54
6.4.5	Bilan des incertitudes	55
7.	SYNTHESE DE L'ETUDE.....	56

LISTE DES FIGURES (CORPS DE TEXTE)

Figure A : Schéma conceptuel du site d'Alfortville

Figure B : Diagramme de classification des sols

LISTE DES TABLEAUX (CORPS DE TEXTE)

Tableau A : Zones à risque potentiel de pollution identifiées

Tableau B : Localisation des investigations

Tableau C : Synthèse du programme analytique des investigations

Tableau D : Synthèse des résultats en métaux dans les sols

Tableau E : Mesures piézométriques – 2014 et 2021

Tableau F : Synthèse des principales caractéristiques de la zone source du site

Tableau G : Synthèse du bilan coûts - avantages pour le traitement des sols au droit du site d'Alfortville
pour les différentes techniques envisagées

Tableau H : Paramètres définis par l'US EPA pour un « Sable limoneux »

Tableau I : Paramètres considérés pour le lieu fréquenté par les futurs usagers

Tableau J : Paramètres d'exposition professionnelle considérés

Tableau K : Synthèse des niveaux de risques calculés

LISTE DES FIGURES (HORS TEXTE)

Figure 1 :	Localisation du site
Figure 2 :	Plan du site et des principales installations
Figure 3 :	Localisation des zones à risque potentiel et des investigations
Figure 4 :	Esquisse piézométrique de la nappe alluviale (janvier 2021)
Figure 5 :	Synthèse des principaux résultats analytiques dans les sols
Figure 6 :	Synthèse des principaux résultats analytiques dans les eaux souterraines
Figure 7 :	Emprise estimative de la zone source avérée du site

LISTE DES TABLEAUX (HORS TEXTE)

Tableau 1A :	Résultats d'analyses des sols – mars 2014 et janvier 2021
Tableau 1B :	Résultats d'analyses des sols – mars 2014 - autres paramètres
Tableau 1C :	Résultats d'analyses des sols –janvier 2021 - granulométrie
Tableau 2A :	Résultats d'analyses des eaux souterraines – janvier 2021
Tableau 2B :	Résultats d'analyses des eaux souterraines – avril 2014
Tableau 3 :	Résultats d'analyses des gaz de sol – janvier 2021
Tableau 4 :	Calculs de risques pour une exposition professionnelle par inhalation de vapeurs à l'intérieur d'un bâtiment
Tableau 5 :	Calculs de risques pour une exposition professionnelle par ingestion accidentelle de sol de surface au droit du site

LISTE DES ANNEXES

Annexe A :	Plan de localisation des réseaux d'eau potable
Annexe B :	Méthodologie d'estimation des concentrations d'exposition dans l'air intérieur
Annexe C :	Méthodologie de sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence et toxicologie des composés considérés

RESUME NON TECHNIQUE

Ce rapport constitue le plan de gestion établi par AECOM pour le site de recherche et de développement pharmaceutique SARD situé à Alfortville (94) dans le cadre de la cessation de ses activités et de sa remise en état pour un usage de type industriel. Ce document fait suite à la caractérisation de l'état environnemental du site obtenue à l'issue de différentes investigations menées en 2014 et 2021 et constitue le mémoire décrivant les mesures de réhabilitation prévues sur le site conformément à la méthodologie de gestion des sites et sols pollués pour satisfaire aux obligations réglementaires de SARD en qualité de dernier exploitant.

Synthèse du contexte environnemental

Le contexte environnemental du site a pu être établi de manière satisfaisante sur la base d'une étude historique (réalisée en 2014 et mise à jour en 2020), recensant les zones à risque potentiel de pollution liées aux activités historiques du site, et de deux phases d'investigations environnementales sur site permettant une caractérisation de l'ensemble des milieux pertinents, à savoir les sols, les eaux souterraines et les gaz du sol, au droit de l'ensemble des zones à risque potentiel de pollution identifiées mais également plus globalement à l'échelle du terrain.

Les principaux résultats obtenus au terme de ces deux phases d'investigations peuvent être résumés comme suit :

- un impact en hydrocarbures (HCT C₁₀-C₄₀) a été mis en évidence dans les sols au droit de la zone des anciennes cuves enterrées d'hydrocarbures, située en limite nord-est du site. Cet impact a été délimité latéralement et verticalement (concernant la zone de battement de la nappe) et n'engendre pas de détérioration significative des autres milieux environnementaux (eaux souterraines et gaz du sol) ;
- les remblais du site, principalement dans sa partie ouest, présentent une qualité intrinsèque médiocre, marquée par une présence (modérée) de quelques métaux (principalement plomb, cuivre et zinc), ne traduisant néanmoins pas d'impact *sensu stricto* ;
- aucun impact des sols, des gaz du sol ni des eaux souterraines au droit des autres zones du site et par les autres composés analysés (BTEX, PCB, HAP, COHV, PFC) n'a été constaté.

Schéma conceptuel

Sur la base du contexte environnemental du site et des résultats de ces études de caractérisation environnementale, un schéma conceptuel a été établi. Au regard de l'usage futur envisagé (type industriel ou équivalent), les enjeux à protéger identifiés correspondent aux futurs usagers du site (employés ou visiteurs occasionnels), exposés dans le cadre de leur activité professionnelle.

Les voies de transfert potentielles (et théoriques, au regard du caractère modéré des impacts constatés) identifiées correspondent à :

- la volatilisation puis la migration par diffusion vers la surface de vapeurs de composés volatils provenant des sols, puis leur dilution dans l'air ambiant. La voie d'exposition associée est l'inhalation potentielle de vapeurs par les futurs usagers à l'intérieur ou l'extérieur de bâtiment. Au regard de la nature peu volatile des hydrocarbures constatés dans les sols de la zone source et de l'absence d'impacts dans les gaz du sol, cette voie est jugée peu probable et présentée essentiellement à titre théorique ;

- le contact direct des futurs usagers du site avec les sols de surface (remblais localement de qualité intrinsèque médiocre). Les voies d'exposition associées sont le contact cutané, l'ingestion accidentelle de sol de surface, l'inhalation de particules de sol mises en suspension sous l'effet du vent au droit de zones non recouvertes par des bâtiments, de l'herbe ou des voiries. Il est à noter que cette voie de transfert est usuellement peu pertinente, dans un contexte industriel ou équivalent, du fait du recouvrement de la quasi-totalité du site.

Aussi, du fait de l'absence d'impacts significatifs dans les eaux souterraines en limite aval hydraulique, aucune voie de transfert pertinente vers l'extérieur du site n'a été identifiée.

Mesures de gestion

Dans la perspective de la future libération du site pour de nouveaux usages similaires et afin de satisfaire aux obligations de remise en état environnemental en qualité de dernier exploitant du site de SARD, AECOM recommande de conduire une action ciblée de réhabilitation de la zone source mise en évidence sur son site au droit des anciennes cuves, dont l'objectif global sera de permettre une réduction significative de la masse de composés en présence au sein de la zone source afin de permettre une amélioration de la situation environnementale du site.

Dans ce cadre, les mesures de gestion retenues sur la base du bilan coûts-avantages sont les suivantes :

- la mise en œuvre de travaux de réhabilitation des sols au droit de la zone source mise en évidence sur le site correspondant à la zone des anciennes cuves. Ces travaux comprendront l'excavation des sols impactés et leur traitement hors site en filière agréée, permettant notamment un traitement rapide et définitif de la zone source ;
- la conservation de la mémoire de la pollution résiduelle sur le site *via* la création d'un Secteur d'Information sur les Sols (SIS).

Analyse des Risques Résiduels (ARR) prédictive

Sur la base des données actuellement disponibles et des hypothèses retenues, l'état environnemental actuel des milieux souterrains (sols et/ou eaux souterraines) au droit du site est compatible avec l'usage actuel du site, et donc *a fortiori* l'état résiduel des milieux souterrains, suite à la mise en œuvre des mesures de gestion, sera compatible avec l'usage futur retenu à l'issue du processus de concertation (à savoir de type industriel ou équivalent, similaire à celui exercé par SARD lors de la dernière période d'exploitation).

1. INTRODUCTION

Ce rapport présente le Plan de Gestion établi par AECOM France (AECOM) pour le compte de Sanofi Aventis Recherche et Développement (désigné SARD dans la suite du document), filiale du groupe SANOFI, dans le contexte de la cessation des activités et de la remise en état de son centre de recherche et de développement pharmaceutique d'Alfortville (94) (ci-après le site). Ce site, qui était rattaché au centre de recherche de Vitry-sur-Seine pour former l'établissement « Centre de Recherche de Vitry et Alfortville – CRVA », a hébergé des activités de développement du médicament reposant sur des études de toxicologie, de pharmacologie sécuritaire, de pharmacocinétique et de pharmacologie clinique.

Cette étude a été réalisée pour le compte de SARD conformément à la proposition technique et commerciale d'AECOM référencée PAR-PRO-20-23964C datée du 7 septembre 2020.

1.1 Contexte et objectifs de l'étude

Le site d'Alfortville s'étend sur un terrain d'une superficie totale d'environ 31 000 m², dont l'entrée principale est située au 3 Digue d'Alfortville sur la commune d'Alfortville, dans le département du Val-de-Marne (94). La localisation du site est présentée en **Figure 1**.

Les dernières activités de SARD sur le site d'Alfortville sont soumises à autorisation au titre de la réglementation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), et sont réglementées par un arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter daté du 26 octobre 1989 et de plusieurs arrêtés préfectoraux complémentaires.

Par courrier en date du 2 novembre 2020, SARD a notifié la cessation d'activités du site, effective au 31 janvier 2021. Le processus administratif de cessation totale d'activité et de mise en sécurité est actuellement en cours.

SARD a également initié en date du 19 novembre 2020 le processus de concertation avec les acteurs territoriaux pour la détermination de l'usage futur à prendre en compte pour la remise en état. A l'issue de cette concertation, l'usage futur retenu est un usage futur similaire à la dernière période d'activité, à savoir un usage futur de type industriel.

En 2014, le site avait fait l'objet d'une étude historique et documentaire ainsi que d'un diagnostic des sols et des eaux souterraines dans le contexte d'une démarche pro-active¹. Dans le cadre de la cessation d'activité du site, l'étude historique a été mise à jour en 2020², et un diagnostic environnemental complémentaire a été réalisé en janvier 2021. Ce diagnostic environnemental fait l'objet d'un rapport distinct³ et présente notamment la définition des zones à risque potentiel de pollution identifiées, la présentation des diagnostics environnementaux menés et les conclusions générales quant à l'état environnemental du site.

En complément, et dans le cadre de la cessation d'activité du site, SARD a également mandaté AECOM pour la réalisation d'un plan de gestion, objet du présent rapport. Compte tenu du contexte de cessation d'activité et remise en état du site, ce plan de gestion constitue un mémoire de réhabilitation au sens de l'article R512-39-3 du Code de l'Environnement.

¹ Rapport « Etude historique et documentaire de Phase I » établi par URS, daté du 19 février 2014, et rapport « Investigations de Phase II » établi par URS, daté du 8 janvier 2015.

² Rapport « Dossier de notification de cessation d'activité » établi par AECOM, daté du 16 octobre 2020.

³ Rapport « Synthèse environnementale » établi par AECOM, daté du 19 mars 2021.

L'objectif de ce plan de gestion est de présenter l'état environnemental du site et les différentes options de gestion possibles des sources de pollution, assorties d'un bilan coûts-avantages et d'une Analyse des Risques Résiduels (ARR), conformément aux spécifications de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués.

1.2 Organisation du rapport

A la suite de cette introduction, le rapport est organisé de la façon suivante :

- le Chapitre 2 rappelle le contexte environnemental général du site ;
- le Chapitre 3 synthétise la caractérisation de l'état des milieux sur la base des résultats de l'ensemble des investigations environnementales ;
- le Chapitre 4 présente le schéma conceptuel du site et de son voisinage ;
- le Chapitre 5 présente les mesures de gestion envisagées pour le site et en établit le bilan coûts - avantages ;
- le Chapitre 6 présente l'Analyse des Risques Résiduels (ARR) prédictive ;
- le Chapitre 7 présente la synthèse de cette étude.

2. RAPPEL DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DU SITE

Les informations présentées au sein de ce chapitre sont extraites du rapport AECOM intitulé « Synthèse environnementale » référencé PAR-RAP-20-24184A et daté du 19 mars 2021.

2.1 Contexte géographique

Le site est implanté sur la commune d'Alfortville (94), en bordure de Seine et à proximité du parc d'activités « Val de Seine ». Le terrain est situé à l'angle du Quai de la Révolution et de la Digue d'Alfortville à une altitude moyenne d'environ + 34 m NGF⁴. La localisation du site est présentée sur la **Figure 1**.

Le site occupe une superficie de 31 000 m² sur la parcelle cadastrale AL 49 (3ha 10a) de la commune d'Alfortville. D'après le Plan Local d'Urbanisme (PLU)⁵, la parcelle cadastrale occupée par les installations du site est en zone « UFd », correspondant aux zones d'activités situées au nord-ouest de la digue d'Alfortville, qui sont des espaces à vocation principalement économique. Les constructions et utilisations à destination d'habitation y sont notamment interdites.

Le voisinage immédiat du site comprend notamment :

- au nord-ouest, les entreprises Point P (vente de matériaux de construction aux particuliers et professionnels) et Cedeo (distributeur dans les domaines du sanitaire, du génie climatique et de la plomberie) ;
- au nord-est, un site (terrain vague) anciennement exploité par le Bazar de l'Hôtel de Ville (bâtiments et installations démolis en 2013-2014), puis des immeubles d'habitation ;
- à l'est, une voirie publique, des supports aériens de lignes électriques à haute tension, puis un cimetière communal ;
- au sud, une voirie publique (digue d'Alfortville), puis un dépôt Chronopost au sud-est, le centre d'essai et la station d'interconnexion (gare de triage de collecte et de distribution de gaz naturel) de GRTgaz au sud (ancienne Centrale Gazière d'Alfortville, ce site aurait abrité trois gazomètres par le passé) et le restaurant d'entreprise privé CCAS au sud-ouest ;
- à l'ouest, le Quai de la Révolution puis la Seine, qui s'écoule du sud vers le nord.

Les habitations les plus proches (immeubles) sont situées à environ 80 m au nord de la limite de propriété du site, sur la commune d'Alfortville.

D'après le PLU, le voisinage immédiat du site comprend les zones suivantes : des zones d'activité (« UF ») au nord et au sud du site, des zones d'équipement (« Nb » et « UC ») à l'est du site et une zone à dominante d'habitat collectif (« UBc ») au nord-est.

Il est à noter que le site est localisé en zone inondable.

⁴ NGF : Nivellement Général de la France.

⁵ Date de dernière modification du PLU : octobre 2019.

2.2 Contexte géologique

D'après la carte géologique de Paris au 1/25 000^{ème} (carte n° 183 du BRGM), le contexte géologique dans le secteur d'étude est caractérisé par la présence de dépôts alluvionnaires quaternaires liés à la Seine et surmontant des formations du Tertiaire. Les formations géologiques susceptibles d'être rencontrées au droit du site sont les suivantes, de la plus superficielle à la plus profonde :

- Les formations alluviales du Quaternaire, représentées : (a) en surface par les alluvions modernes constituées d'un complexe d'éléments sableux et argileux où s'intercalent des lits de graviers et de galets calcaires, et (b) plus en profondeur par les alluvions anciennes, comportant notamment des éléments plus grossiers (sables et graviers). Dans la zone d'étude, l'épaisseur des formations alluviales est de l'ordre de 10 m.

Au droit du site, cette formation a été observée, sous une couche de remblais, jusqu'à 8 à 11 m de profondeur.

- Les formations marno-calcaires de Saint-Ouen du Marinésien inférieur, constituées par une série de marnes crème et de bancs calcaires, parfois silicifiés, où s'intercalent des feuillets argileux, sur une épaisseur d'environ 10 m.

Au droit du site, cette formation a été observée à partir de 8 à 11 m de profondeur et sur une dizaine de mètres d'épaisseur.

- Les sables de Beauchamp de l'Auversien, constitués de sables quartzeux verts foncés, bleus, verts ou gris, assez fins et devenant plus argileux à la base. Cette formation, d'une épaisseur d'environ 6 à 7 m, peut renfermer des grès ainsi que quelques couches calcaires.
- Les marnes et caillasses du Lutétien supérieur, constituées d'une série laguno-lacustre, où prédominent au sommet des marnes blanches, plus ou moins argileuses et magnésiennes, alors qu'à la base, les bancs de calcaire siliceux (caillasses) deviennent nombreux. Des feuillets argileux et plusieurs bancs de calcite grenue, cristalline, sans consistance, s'insèrent dans la moitié inférieure de l'assise. L'épaisseur de cette formation est d'environ 10 m.
- Le calcaire grossier du Lutétien supérieur, constitué de bancs massifs, compacts, bien lités et séparés par de minces délits sableux ou marneux. Le calcaire grossier supérieur peut atteindre 8 m d'épaisseur.
- Le calcaire grossier du Lutétien inférieur et moyen, représenté par une série de calcaires grisâtres reposant sur des calcaires glauconieux, ceux-ci parfois très durs, parfois tendres et sableux. L'épaisseur de cette formation est susceptible d'atteindre 12 m.
- Les sables de Cuise, de l'Yprésien.
- Les sables et argiles du Sparnacien, dont les argiles plastiques, constituées d'argiles compactes, grises, noires, jaunes et panachées à la base, dont l'épaisseur peut dépasser 12 m.

Au droit du site, une couche de remblais grossiers et graveleux, localement dans une matrice sablo-limoneuse et/ou argilo-limoneuse, avec présence de différents débris a également été observée jusqu'à une profondeur maximale de 2,5 à 3,5 m selon les sondages.

Par ailleurs, sur une majorité des points de forage, il a été observé sous les remblais une couche d'argile limoneuse, compacte, sèche, verte à marron, d'une épaisseur d'environ 1 m, dont le sommet est rencontré entre 2 et 3,5 m de profondeur maximum. Cette couche d'argile sèche est généralement suivie d'une couche d'argile beige limoneuse, plastique et humide, sur une épaisseur d'environ 1 m, et rencontrée jusqu'à 4,5 à 5 m de profondeur environ

2.3 Contexte hydrogéologique

La première nappe présente et reconnue au droit du site correspond à la nappe alluviale d'accompagnement de la Seine, dont la surface a été observée au droit du site entre environ 1,3 et 4,3 m de profondeur selon les piézomètres et les campagnes, et qui s'écoule en direction du nord-est.

La formation des calcaires de Saint-Ouen est également aquifère, contenant une nappe en connexion avec la nappe alluviale.

Enfin, la formation des marnes et caillasses et calcaire grossier du Lutétien constitue également un important aquifère sur l'ensemble de la région parisienne de par son extension et son épaisseur. Au droit du site, un piézomètre a été installé au sein de la formation du Lutétien. La mesure piézométrique effectuée en janvier 2021 au droit de cet ouvrage indique une profondeur de la surface de l'eau d'environ 5,5 m par rapport au sol mais ne permet pas de déterminer un sens d'écoulement au droit du site. D'après les informations du SIGES (Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines) Seine-Normandie, la nappe du Lutétien est drainée par la Seine, suggérant ainsi un sens d'écoulement, au droit du site, vers la Seine.

2.4 Contexte hydrologique

Deux cours d'eau principaux sont présents dans un rayon de 5 km autour du site :

- la Seine, s'écoulant au plus près à environ 20 m à l'ouest du site du sud vers le nord ; et
- la Marne, s'écoulant au plus près à environ 4 km à l'est du site en direction du nord-ouest pour rejoindre la Seine.

Il est à noter également la présence de 2 plans d'eau dans un rayon d'1 km autour du site, utilisés pour des activités de loisirs :

- le parc interdépartemental des sports, situé à environ 700 m au sud du site ;
- le lac de Créteil, situé à environ 1,8 km à l'est du site.

2.5 Usage des eaux

2.5.1 Eaux souterraines

D'après l'Agence Régionale de Santé d'Ile-de-France, consultée en octobre 2020 pour le département du Val-de-Marne (94), aucun captage d'eau souterraine utilisé pour l'Alimentation en Eau Potable (AEP) n'est situé dans un rayon de 5 km autour du site.

La Banque de données du Sous-Sol (BSS) du BRGM (*InfoterreTM*), consultée en octobre 2020, recense 55 forages situés dans un rayon de 2 km autour du site et situés en rive droite de la Seine :

- les usages de ces ouvrages sont définis pour 24 d'entre eux : 18 à usage industriel, 2 à usage d'irrigation ou d'aspersion et 4 utilisés pour le chauffage (géothermie). Les profondeurs atteintes par ces forages sont comprises entre 5 et 134 m, à l'exception des forages utilisés pour le chauffage dont la profondeur est d'environ 2 000 m ;
- les ouvrages les plus proches sont localisés à environ 100 à 200 m au sud et sud-ouest du site, au droit de l'usine de traitement de gaz naturel de GRTgaz, c'est-à-dire en amont hydraulique du site (d'après le sens d'écoulement déterminé en 2014 et 2021 au droit du site, à savoir vers le nord-est) ;
- les ouvrages les plus proches situés en aval hydraulique du site (au nord-est) sont les suivants :
 - 1 forage situé à 700 m au nord-est du site (référéncé BSS000PJFM), d'une profondeur de 12 m et dont l'usage n'est pas renseigné ;
 - 6 forages situés à environ 1 km en aval sur la commune de Maisons-Alfort : 2 forages profonds utilisés pour le chauffage, 4 forages d'une profondeur comprise entre 19 et 53 m dont l'usage n'est pas renseigné.

Il est à noter que la base de données *InfoterreTM* n'est pas mise à jour régulièrement et ne permet pas de savoir si les ouvrages présents sont encore exploités à la date du présent rapport.

2.5.2 Eaux de surface

D'après l'Agence Régionale de Santé d'Ile-de-France, consultée en octobre 2020 pour le département du Val-de-Marne (94), les prises d'eau superficielle destinées à la production d'eau potable recensées dans un rayon de 5 km autour du site sont les suivantes :

- les prises d'eau de la Seine à Choisy-le-Roi et Orly ;
- la prise d'eau de la Marne à Joinville-le-Pont.

Compte tenu de la position de ces prises d'eau et de leurs périmètres de protection rapprochés (amont hydraulique du site), ces captages ne sont pas considérés comme étant vulnérables vis-à-vis d'une éventuelle pollution issue du site SARD d'Alfortville.

Par ailleurs, aucune activité récréative (aviron, voile, kayak, etc.) n'est recensée sur la Seine au voisinage du site.

D'après la fédération interdépartementale de pêche du 75, 92, 93 et 94, des activités de pêche sont pratiquées sur la Seine dans le Val-de-Marne et en aval. Il convient toutefois de préciser que la commercialisation et la consommation humaine ou animale de tous les poissons prélevés dans la Seine, la Marne, l'Yerres et les canaux (Ourcq, Saint-Denis, Saint-Martin) sont interdites par arrêtés préfectoraux.

2.6 Contexte écologique

Le site SARD d'Alfortville est implanté en milieu à dominante industrielle et d'activité et fortement urbanisé. Aucun(e) zone appartenant au réseau NATURA 2000 (Directive Habitats), Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique (ZNIEFF), réserve naturelle ou parc naturel n'est situé(e) au droit ou à proximité du site.

2.7 Sensibilité de l'environnement

2.7.1 Eaux souterraines

La sensibilité de la ressource en eaux souterraines vis-à-vis d'une source de pollution potentiellement présente sur le site est la combinaison de :

- la vulnérabilité de la nappe (nature de l'aquifère, présence ou absence de couche géologique imperméable, profondeur de la nappe) ;
- la nature des usages de la nappe (industriel, agricole, production d'eau potable, privatif) ainsi que la vulnérabilité des usages (distance, position hydraulique par rapport au site).

Nappe alluviale

La vulnérabilité de la nappe alluviale est considérée comme modérée à élevée, considérant d'une part la faible profondeur de la nappe (rencontrée à moins de 5 m sous la surface du sol) mais d'autre part la présence fréquente d'une couche d'argile à partir de 2 à 3,5 m de profondeur au-dessus des alluvions.

Compte-tenu de la vulnérabilité de la nappe alluviale mais de l'absence de captage d'alimentation en eau potable dans le voisinage du site (données de l'ARS) ou d'autre usage sensible identifié à proximité du site (données *Infoterre*™), la sensibilité environnementale du site vis-à-vis des eaux souterraines est considérée comme faible à modérée.

Aquifère des marno-calcaires de Saint-Ouen et aquifère du Lutétien

La vulnérabilité des eaux souterraines des premiers aquifères sous-jacents (marno-calcaires de Saint-Ouen et Lutétien) est considérée comme faible à modérée compte tenu de leur profondeur plus importante et de l'existence de niveaux moins perméables entre ces formations et la nappe alluviale.

Compte-tenu de la vulnérabilité faible à modérée de ces aquifères et de l'absence de captage d'alimentation en eau potable dans le voisinage du site, la sensibilité environnementale du site vis-à-vis des eaux souterraines pour ces aquifères est considérée comme faible.

2.7.2 Eaux de surface

La vulnérabilité des eaux de surface est considérée comme modérée à élevée compte-tenu de la faible distance de la Seine par rapport au site (20 m), mais *a contrario* de l'ampleur des eaux de surface considérées.

En revanche, étant donné l'absence d'usage sensible répertorié au voisinage et en aval du site, la sensibilité environnementale du site vis-à-vis des eaux de surface est considérée comme faible à modérée.

3. CARACTERISATION DE L'ETAT DES MILIEUX

Les données présentées ci-après sont issues de l'étude historique et documentaire de 2014 et de sa mise à jour réalisée en 2020 dans le cadre de l'élaboration du dossier de notification de cessation d'activité du site.

3.1 Description actuelle du site

Le site occupe une superficie de 31 000 m². Les bâtiments / principales zones d'activités du site sont/étaient les suivantes :

- le bâtiment Claude Bernard, construit en 1989/1990 et situé au centre du site (surface au sol de 5 640 m²), et son extension à l'est (surface au sol de 1 900 m²) aménagée en 2006 et incluant un niveau de sous-sol ;
- les 2 bâtiments réservés à la « zootechnie » situés au nord du bâtiment Claude Bernard (surface au sol de 6 496 m²) ;
- une zone extérieure de stockage de produits chimiques à l'est des bâtiments de zootechnie, comprenant des armoires spécifiques (« conteneurs »), équipées de capacités de rétention ;
- le bâtiment « Energie » (chaudières, poste de transformation électrique, production de froid et groupes électrogènes) (surface au sol d'environ 720 m²), situé sur la partie ouest du site ;
- le restaurant d'entreprise et la salle de sport (surface au sol d'environ 740 m²), situés sur la partie est du site ;
- le poste de garde à l'entrée sud-ouest du site.

A partir de l'entrée principale du site, les bâtiments sont desservis par une voie de circulation périphérique donnant accès aux parkings souterrains, aux quais de chargement / déchargement et aux places de stationnement situées le long du bâtiment principal et de son extension.

En dehors des bâtiments, le site comprend des voies de circulation et de stationnement recouvertes d'enrobés routiers, des zones de livraison et de stockage au niveau des quais de chargement / déchargement situés à l'arrière des zones « zootechnie » et du bâtiment Claude Bernard et de son extension, et des espaces verts.

Le plan du site et la localisation des principales installations sont présentés en **Figure 2**.

Tous les terrains supportant les installations concernées par le présent dossier sont la propriété de SARD.

3.2 Points clés de l'étude historique

3.2.1 Périodes d'activité

Trois périodes distinctes d'occupation du site ont été répertoriées :

- de 1949 à 1969, le site a été exploité par la société Papeteries de France pour la fabrication de papiers et/ou d'emballages ;

- entre 1969 et la fin des années 1980, le site a été exploité par des filiales du groupe Rhône-Poulenc (SPECIA, Orbel, Rhône-Poulenc Labos, Laboratoire Roger Bellon, Laboratoires Adrian Marinier). A cette époque, les terrains actuellement occupés par SARD étaient dédiés aux activités de stockage et de distribution de spécialités pharmaceutiques et de produits d'hygiène (médicaments, cotons, couches, pansements, etc.). Tous les bâtiments présents lors de cette période d'exploitation ont été détruits entre 1987 et 1989, à l'exception du restaurant d'entreprise ;
- depuis la fin des années 1980, le site, rattaché au centre de recherche de Vitry-sur-Seine pour former l'établissement « Centre de Recherche de Vitry et Alfortville – CRVA », héberge des activités de développement du médicament reposant sur des études de toxicologie, de pharmacologie sécuritaire, de pharmacocinétique et de pharmacologie clinique. Ces activités s'exercent dans des laboratoires de recherche, complétés par des zones d'hébergement d'animaux. Des radioéléments y sont utilisés pour les recherches *in vivo* et *in vitro*. D'une manière générale et selon les informations disponibles, les stockages de produits et de déchets dangereux ont été majoritairement réalisés dans des conditions limitant les risques de pollution du sous-sol (présence de rétention, d'un revêtement de sol étanche, etc.).

3.2.2 Incidents/accidents

Dans la nuit du 11 au 12 avril 1986, un incendie a détruit les $\frac{3}{4}$ d'un bâtiment (d'une surface totale au sol d'environ 4 800 m² sur une hauteur de 6,5-7 m) occupé par les sociétés Orbel (stockage/distribution d'articles d'hygiène tels que ouate, couches, pansements, etc.) et Rhône-Poulenc Labos (stockage/distribution de produits pharmaceutiques). Selon le compte-rendu du STIIC émis le 5 mai 1986, les matières / produits / équipements suivants ont été détruits dans l'incendie :

- 3 500 m³ de mouchoirs, cotons, couches, pansements ;
- 1 500 m³ d'équipements médicaux (sondes, etc.) ; et
- 1 000 m³ de médicaments (produits détériorés par l'eau et la chaleur).

L'ensemble du bâtiment sinistré a été démoli en deux temps (partie incendiée détruite le 9 mai 1986, date de fin de travaux / partie restante détruite le 22 août 1986, date de fin des travaux).

Aucun autre incident ou accident susceptible de provoquer une pollution des sols et/ou des eaux souterraines au droit du site n'a été rapporté par le représentant du site.

3.2.3 Cuves et réservoirs enterrés

Deux cuves enterrées de fioul domestique (FOD) de type double enveloppe (volume unitaire de 50 m³) sont actuellement exploitées sur le site. Ces cuves, situées à proximité du bâtiment « Energie » et munies d'un système de détection de fuites, servent à alimenter les chaudières mixtes FOD/gaz de ville et les groupes électrogènes en cas de secours (coupure d'alimentation en électricité ou gaz de ville). Ces cuves ont été installées en 1989, lors du commencement des activités de la société Rhône Poulenc Santé sur le site.

L'aire de dépotage de ces cuves enterrées n'est pas équipée d'une capacité de rétention. Il est à noter que les opérations de remplissage de ces cuves ne sont pas fréquentes (moins d'une fois par an).

En cas de déversement accidentel, les produits répandus sur le sol rejoindraient le réseau d'eaux pluviales du site et seraient acheminés jusqu'à un des deux séparateurs d'hydrocarbures du site. Un kit anti-pollution est entreposé dans la zone afin de confiner les éventuels déversements / coulures accidentels de faibles ampleurs. Aucun incident n'a été rapporté par le représentant du site.

Les représentants du site n'avaient pas connaissance d'autres cuves enterrées actuelles ou historiques (durant la période d'exploitation allant de 1988/1989 jusqu'à ce jour).

Par le passé, selon les dossiers de déclaration transmis par l'ancien exploitant (SPECIA) à l'administration en 1971 et 1975, les cuves enterrées suivantes ont été exploitées sur le site :

- 2 cuves de 20 m³ à simple paroi, situées à proximité de l'ancienne chaufferie et du local entretien, dans la partie nord-est du site. Ces cuves servaient à stocker du fioul pour alimenter les chaudières du site ;
- 1 cuve de 20 m³ de type double enveloppe, située également à proximité de l'ancienne chaufferie et du local entretien, dans la partie nord-est du site. Cette cuve servait également à stocker du fioul pour alimenter les chaudières du site.

Selon les courriers échangés par l'ancien exploitant (SPECIA) et l'administration à la fin des années 1980 (cessation d'activité), quatre cuves enterrées (1×4 m³, 1×10 m³ et 2×30 m³), utilisées pour le stockage de fioul, ont été démantelées et éliminées hors-site. Les volumes ne coïncident pas avec ceux des cuves déclarées à l'administration en 1971 et 1975.

Les attestations de destruction pour des cuves de 1×4 m³, 1×10 m³ et 2×30 m³ ont été adressées à la Préfecture du Val-de-Marne en janvier 1988. Comme précisé dans la lettre émise par l'ancien exploitant (SPECIA) le 4 janvier 1988 et acté par l'administration dans un courrier daté du 3 mars 1988, les cuves de fioul mentionnées ci-dessus ont été vidées, dégazées et démantelées par une société spécialisée (ArmaBessaire et Cie) en 1987.

A défaut de disposer d'une information précise sur le nombre et le volume des cuves anciennement exploitées sur le site dans les années 1970 et 1980, il semblerait que les cuves enterrées de stockage de fioul étaient situées, à cette époque, dans une zone bien délimitée située près du local entretien et de l'ancienne chaufferie.

Aucune information relative à la présence d'éventuelles anciennes cuves enterrées, lors de la période d'exploitation « Papeteries de France » (1949 à 1969), n'a pu être consultée durant l'étude.

3.2.4 **Base de données BASIAS**

Le site d'Alfortville est répertorié dans la base de données BASIAS des anciens sites industriels français, sous les raisons sociales Aventis Pharma (fiche IDF9400381), Aventis Pharma ex Rhône-Poulenc Rorer ex SPECIA (fiche IDF9400043) et Papeteries de France (fiche IDF9403073).

Selon la fiche BASIAS IDF9400381, les activités suivantes étaient réalisées sur le site en 2002 par la société Aventis Pharma :

- Laboratoire de recherche pour des produits pharmaceutiques (avec utilisation de produits organo-halogénés, etc.) ;
- Elaboration et transformation de matière nucléaires ;

- Production de déchets d'activités de soins à risques infectieux et de déchets de laboratoires pharmaceutiques.

Selon le dossier de demande d'autorisation d'exploiter d'avril 1989, le site était occupé, dans les années 1980, par la société SPECIA (filiale du groupe Rhône-Poulenc).

De 1969 à la fin des années 1980, le site a effectivement été exploité par cette société et d'autres filiales du groupe Rhône-Poulenc (Orbel, Rhône-Poulenc Labos, Laboratoire Roger Bellon, Laboratoires Adrian Marinier). A cette époque, les terrains actuellement occupés par SARD étaient dédiés aux activités de stockage et de distribution de spécialités pharmaceutiques et de produits d'hygiène (médicaments, cotons, couches, pansements, etc.). Tous les bâtiments présents lors de cette période d'exploitation ont été détruits entre 1987 et 1989, à l'exception du restaurant d'entreprise.

Selon la fiche BASIAS IDF9400043 (adresse : 20 quai de la Révolution), les activités de la société SPECIA pendant cette période comprenaient :

- « Fabrication de produits pharmaceutiques ». Sur la base des informations consultées dans les archives ICPE du site, il s'agissait uniquement d'activités de stockage de produits pharmaceutiques. Aucune activité de production/synthèse de médicaments n'a été réalisée sur le site depuis 1971 ;
- Exploitation d'un transformateur au pyralène ;
- Dépôt de liquides inflammables.

Avant 1969, le site était exploité par la société Papeteries de France (date de début des activités : 1949). Selon la fiche BASIAS IDF9403073 (Papeteries de France, 18 quai de la Révolution), le site était consacré à la fabrication de papier et de carton (emballages). Environ 10 m³ d'acides étaient stockés sur site. Aucune information supplémentaire n'était disponible.

3.2.5 **Base de données BASOL**

Le site SARD d'Alfortville n'est pas listé dans la base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués (BASOL).

3.3 **Zones à risque potentiel de pollution identifiées**

A la suite de l'étude historique et documentaire réalisée en 2014 et de sa mise à jour en 2020, une liste de zones à risque potentiel de pollution susceptibles d'avoir eu une influence sur la qualité des sols et des eaux souterraines a été identifiée et est présentée dans le tableau ci-après ainsi que sur la **Figure 3**.

Il s'agit principalement de sources de pollution potentielles associées aux activités historiques du site.

Tableau A : Zones à risque potentiel de pollution identifiées

Zones à risque potentiel de pollution identifiées liées aux activités historiques du site :
Activités de l'ancien site industriel « Papeteries de France », spécialisé dans la fabrication de papiers et/ou d'emballages
Ancien transformateur aux PCB
Anciennes cuves enterrées de fioul à simple paroi (partie nord-est du site, démantelées en 1987)
Sols de surface autour de l'entrepôt détruit par un incendie en 1986
Ancien réseau d'eaux usées du site (avant les années 1970)
Zones à risque potentiel de pollution identifiées liées aux activités actuelles du site :
Cuves de fioul enterrées actuelles et réseau enterré associé

Aucun incident de pollution avéré associé aux activités actuelles n'a été identifié sur la base des informations disponibles.

Par ailleurs, le site dispose d'une autorisation d'exercer une activité nucléaire à des fins non médicales, délivrée par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) le 10 avril 2019. Aucun incident associé à une activité nucléaire n'a été rapporté par les représentants du site. Dans le cadre de la cessation d'activité du site SARD d'Alfortville, un dossier de cessation de l'activité nucléaire autorisée a été transmis à l'ASN le 25 juin 2020. Dans ce courrier de notification, il est indiqué que la cessation de toutes les activités soumises à autorisation visées dans la décision d'autorisation de l'ASN est prévue pour le 31 décembre 2020. Un document précisant le devenir de chaque appareil / source détenu(e) ou utilisé(e) dans l'établissement a également été transmis à l'autorité compétente (dans le cadre des opérations de mise en sécurité). Ainsi, cette activité n'a pas été considérée comme présentant un risque de pollution potentielle.

3.4 Déroulement et résultats des investigations environnementales

3.4.1 Programme et déroulement des investigations

Plusieurs campagnes d'investigations ont été menées sur le site entre 2014 et 2021 tel que synthétisé ci-après.

Investigations environnementales de 2014

Dans le cadre d'une démarche pro-active de SARD, une étude historique et documentaire, suivie d'un diagnostic environnemental, ont ainsi été réalisés en 2014 par la société URS (devenue AECOM).

Les investigations de terrain se sont déroulées entre le 24 mars et le 3 avril 2014. Elles ont compris :

- la réalisation de 10 sondages de sol dans l'enceinte du site industriel, entre 3 et 5 m de profondeur, dénommés S1 à S10 ;
- la sélection de 16 échantillons de sol pour analyses en laboratoire ;
- l'installation de 3 piézomètres entre 8 et 10 m de profondeur, dans les alluvions anciennes, dénommés PZ1, PZ2 et PZ3 ;

- le prélèvement d'eau souterraine sur 2 ouvrages existants captant la nappe des alluvions et sur les 3 nouveaux piézomètres, soit 5 échantillons analysés en laboratoire, ainsi que le prélèvement d'eau souterraine sur l'ouvrage installé dans la nappe du Lutétien.

Investigations environnementales complémentaires de 2021

Ces investigations complémentaires ont été réalisées dans le cadre de la cessation d'activité du site avec pour objectif de compléter sa caractérisation environnementale au droit de l'ensemble des zones à risque potentiel de pollution identifiées, mais également plus globalement à l'échelle du site, afin de disposer d'une vision actualisée et jugée raisonnablement exhaustive de son état environnemental.

Elles ont compris :

- la réalisation de 16 sondages de sol à 5 m de profondeur, dénommés SB1 à SB16, et le prélèvement d'échantillons de sol pour analyses en laboratoire ;
- l'installation de 3 piézairs à une profondeur de 1,5 m et le prélèvement d'échantillons de gaz du sol pour analyses en laboratoire ;
- le prélèvement d'échantillons d'eau souterraine pour analyses au droit des 6 piézomètres existants sur site.

Localisation des investigations

La localisation de l'ensemble des investigations initiales et complémentaires est présentée sur la **Figure 3** ainsi que sur le tableau ci-après.

Tableau B : Localisation des investigations

Zones à risque potentiel de pollution	Programme des investigations menées en 2014	Programme des investigations menées en 2021
Ancien transformateur aux PCB	1 sondage : S1	-
Sols de surface autour de l'entrepôt détruit par un incendie en 1986	4 sondages : S2, S3, S4 et S9 1 piézomètre : Pz2	3 sondages (dont 1 dans le vide sanitaire) : SB8, SB10, SB16 2 piézairs : PZA2 et PZA3
Anciennes cuves enterrées d'hydrocarbures	4 sondages : S5, S6bis, S7 et S8 1 piézomètre : Pz3	4 sondages pour délimiter l'impact identifié : SB1, SB2, SB3 et SB4
Cuves de fioul enterrées actuelles (et réseau enterré associé)	-	2 sondages : SB11 et SB12 1 piézair : PZA1
Caractérisation globale du site	1 sondage : S10 1 piézomètre : Pz1	7 sondages : SB5, SB6, SB7, SB9, SB13, SB14, SB15
TOTAL	10 sondages 3 piézomètres	16 sondages 3 piézairs

Programme analytique

Le programme analytique des investigations initiales et complémentaires menées sur le site est synthétisé dans le tableau ci-après.

Tableau C : Synthèse du programme analytique des investigations

Analyses	SOLS		EAUX SOUTERRAINES		GAZ DU SOL
	Nombre d'analyses de sol en 2014	Nombre d'analyses de sol en 2021	Nombre d'analyses d'eaux souterraines en 2014	Nombre d'analyses d'eaux souterraines en 2021	Nombre d'analyses de gaz du sol en 2021
Composés métalliques	8	36 + 12 analyses sur éluât	6	5	-
Carbone Organique Total (COT)	16	12	5	-	-
Hydrocarbures totaux (C ₅ -C ₁₀ et C ₁₀ -C ₄₀ - HCT)	15	49 + 12 analyses HCT C ₁₀ -C ₄₀	4 + 1 analyse HCT C ₁₀ -C ₄₀	6	-
Hydrocarbures C ₅ -C ₁₆ avec distinction aliphatiques et aromatiques selon la méthode « TPH Working Group » (TPH)	-	-	-	-	4
Composés aromatiques volatils : BTEX	11	61	6	6	4
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) (16 composés)	11	61	5	6	4 (naphtalène)
Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV)	8	49	6	6	4
Composés perfluorés (PFC)				5	
Polychlorobiphényles (PCB) (7 composés)	9	12			
Indice phenol	8 analyses sur brut	12 analyses sur éluât	5		
Cyanures libres et totaux	8		5		
Fluorures, chlorures et sulfates (sur éluât)		12			
Dioxines et furanes	3				
Granulométrie		2			

Composés métalliques : arsenic, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc et baryum en 2014 et 2021 avec également en 2014 : cobalt, molybdène, méthyl mercure, sélénium et vanadium

Composés métalliques sur éluât : antimoine, arsenic, baryum, cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc, molybdène et sélénium

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes

COHV : recherche de 18 composés en 2014 et 16 composés en 2021 (non liés aux activités historiques du site)

3.4.2 Résultats des investigations

Sur les sols

Les résultats d'analyses des échantillons de sol sont présentés dans les **Tableaux 1A à 1C** ainsi que sur la **Figure 5**.

Métaux

Le tableau ci-après présente une analyse des principaux résultats dans les sols pour les métaux.

Tableau D : Synthèse des résultats en métaux dans les sols

A titre informatif *								
MÉTAUX (mg/kg)	Sols "ordinaires"	Anomalies naturelles modérées	Maximum mesuré		Nb détections / Nb analyses	Nb analyses > sols 'ordinaires'	Nb analyses > anomalies modérées	90 ^{ème} percentile
Arsenic	1 à 25	30 à 60	22,9	S2 (0,5 - 1,5 m)	44/44	0	0	16
Baryum	-	-	420	SB12 (0,5 – 1 m)	40/44			161
Cadmium	0,05 à 0,45	0,7 à 2	1,01	S9 (0,4 – 1 m)	34/44	5	0	0,538
Chrome	10 à 90	90 à 150	47	SB15 (3 – 4 m)	44/44	0	0	40,8
Cuivre	2 à 20	20 à 62	302	S2 (0,5 - 1,5 m)	43/44	15	4	53,6
Mercure	0,02 à 0,1	0,15 à 2,3	2,19	S9 (0,4 – 1 m)	18/44	18	0	0,89
Plomb	9 à 50	60 à 90	848	S4 (1,5 – 2 m)	31/44	15	9	332
Nickel	2 à 60	60 à 130	29	SB12 (2 - 2,5 m)	44/44	0	0	24
Zinc	10 à 100	100 à 250	490	SB12 (0,5 – 1 m)	43/44	16	2	196

* Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France). Données issues du programme ASPITET de l'INRA

Les résultats obtenus lors des deux phases d'investigations mettent en évidence la présence de concentrations plus élevées localement en certains métaux, il s'agit du plomb, du cuivre et du zinc. Ces concentrations plus élevées ont été identifiées dans les remblais, entre 1 et 3 m de profondeur environ, sur la moitié ouest du site. Les concentrations diminuent nettement avec la profondeur, dans le terrain naturel.

Le calcul du 90^{ème} percentile de ces teneurs montre néanmoins qu'il s'agit de pics ponctuels de concentrations non représentatifs de la majorité des teneurs (le plomb présentant néanmoins plusieurs concentrations significatives).

Par ailleurs, des teneurs en mercure et en cadmium ont excédé très légèrement et localement les valeurs des sols ordinaires, considérées à titre indicatif, et majoritairement dans les remblais. Ces teneurs ne sont pas jugées significatives. Il convient de noter que le méthylmercure (partie volatile du mercure), analysé en 2014, n'avait pas été détecté.

Hydrocarbures (HCT)

Les HCT ont principalement été détectés au droit de la zone des anciennes cuves enterrées située au nord-est du site. Les concentrations maximales mesurées en HCT C₁₀-C₄₀ ont été de 6 270 mg/kg pour l'échantillon S5 entre 3,8 et 4,5 m de profondeur, 2 950 mg/kg pour l'échantillon S6bis entre 3,8 et 4,5 m de profondeur et 2 500 mg/kg pour l'échantillon SB1 entre 4,2 et 4,6 m de profondeur. Les concentrations mesurées en HCT C₅-C₁₀, fractions plus volatiles, ont été nettement plus faibles et jugées peu significatives (maximum de 180 mg/kg en S5 (3,8-4,5 m)). Ces teneurs en HCT C₁₀-C₄₀ sont généralement associées aux observations de terrain décrites précédemment, comprenant des mesures PID plus élevées, des odeurs et/ou la présence d'une couleur noire des sables, habituellement jaunes.

Cet impact a été globalement délimité horizontalement par des sondages pour lesquels les HCT n'ont pas été détectés ou l'ont été à des teneurs non significatives (S8, S7, SB2, SB3 et SB4). Il n'a pas été possible de réaliser des sondages plus au nord du fait de la proximité immédiate de la limite de site, constituant une limite technique, néanmoins le sondage S6bis situé au nord-ouest du sondage le plus impacté (S5) a montré une décroissance significative des concentrations, suggérant également une nette atténuation latérale de l'impact dans cette direction.

Verticalement, cet impact est situé dans la zone de battement de la nappe (la surface piézométrique de la nappe a été rencontrée à 3,99 m/pvc et 4,13 m/pvc au droit du piézomètre PZ3 respectivement en avril 2014 et janvier 2021). Les analyses des échantillons collectés au-dessus et en dessous des échantillons impactés, ainsi que les observations de terrain, n'ont pas mis en évidence d'impact plus en surface ni en profondeur.

Au droit du reste du site, notamment au droit des cuves de fioul enterrées actuelles et leur réseau de distribution, aucun impact n'a été observé, les HCT ayant été soit non détectés soit détectés à des concentrations non significatives.

Autres composés

Les teneurs mesurées pour les autres composés analysés dans les sols (HAP, BTEX, COHV, PCB, phénols, dioxines, furanes, cyanures libres et totaux) sont restées faibles à modérées et n'ont pas mis en évidence d'impacts.

Granulométrie

L'analyse granulométrique des échantillons collectés dans les remblais a montré une lithologie de type « sable limoneux » pour les remblais situés entre 0 et 1 m.

Sur les eaux souterraines

Piézométrie au droit du site

Les mesures piézométriques effectuées le 12 janvier 2021, ainsi que les mesures précédentes (avril 2014), sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau E : Mesures piézométriques – 2014 et 2021

Nappe	Piézomètre	Cote du repère PVC (m NGF)	3 avril 2014			12 janvier 2021		
			Profondeur de la nappe / PVC (m)	Profondeur du piézomètre (m)	Cote de la nappe (m NGF)	Profondeur de la nappe / PVC (m)	Profondeur du piézomètre (m)	Cote de la nappe (m NGF)
Alluviale	PZ1	32,51	2,68	8,22	29,83	2,82	8,3	29,69
	PZ2	34,02	4,15	10,13	29,87	4,30	10,23	29,72
	PZ3	33,82	3,99	9,85	29,83	4,13	9,8	29,69
	Pz Nappe	31,19	1,31	5,17	29,88	1,44	5,17	29,75
	Pz Chaufferie	33,84	3,99	8,09	29,85	4,07	7,41	29,77
Lutétien	PL	-	-	-	-	5,53	62	-

Une interprétation du sens d'écoulement des eaux souterraines est présentée en **Figure 4**. En janvier 2021, le sens d'écoulement de la nappe alluviale est globalement orienté vers le nord-est, en cohérence avec le sens d'écoulement qui avait été observé en avril 2014.

Résultats analytiques pour les eaux souterraines

Les résultats d'analyses des échantillons d'eau souterraine collectés en janvier 2021 sont présentés dans le **Tableau 2A**, et ceux d'avril 2014 dans le **Tableau 2B**. Les résultats sont présentés ci-après par composé ainsi que sur la **Figure 6**.

Métaux

En avril 2014, les résultats d'analyses en métaux avaient mis en évidence de légers dépassements, à titre indicatif, des normes de qualité pour l'arsenic au droit de PzChaufferie ($69 \mu\text{g/L} > 10 \mu\text{g/L}$), PZ1 ($47 \mu\text{g/L}$) et PZ3 ($16 \mu\text{g/L}$), du nickel et du plomb au droit de PzChaufferie (respectivement 36 et $14 \mu\text{g/L}$, supérieures aux critères de 20 et $10 \mu\text{g/L}$), les concentrations les plus élevées étant mesurées en amont hydraulique du site (PzChaufferie).

En janvier 2021, seul PZ3 a présenté un léger dépassement pour l'arsenic ($16 \mu\text{g/L}$). Un dépassement pour le nickel a également été observé en PzChaufferie ($90 \mu\text{g/L}$).

Ces résultats ne mettent pas en évidence d'impacts du site par les métaux sur les eaux souterraines.

Hydrocarbures (HCT)

En mars 2014 et janvier 2021, les HCT n'ont pas été détectés ou ont été détectés à des concentrations faibles. Les concentrations maximales ont été mesurées en PZ3, situé au droit des anciennes cuves enterrées au droit du sondage le plus impacté (S5) ; les concentrations sont néanmoins faibles : $239 \mu\text{g/L}$ en 2014 et $120 \mu\text{g/L}$ en 2021, pour les HCT C₁₀-C₄₀.

Autres composés

Lors des campagnes d'avril 2014 et janvier 2021, les autres composés analysés (BTEX, HAP, COHV) n'ont pas été détectés ou l'ont été à des concentrations faibles, et, à titre indicatif, inférieures aux normes de qualité lorsqu'elles existent.

Concernant les composés perfluorés, le PFOS et le PFOA ont été détectés au droit des 5 piézomètres de la nappe des alluvions à des concentrations relativement similaires sur l'ensemble des piézomètres, hormis pour le PFOS au droit de l'ouvrage PzChaufferie, situé en amont hydraulique, dont la teneur est un peu plus élevée. Les valeurs mesurées sont, à titre indicatifs, du même ordre de grandeur voire inférieures aux références de qualité disponibles aux Etats-Unis ou en Europe.

Ces résultats ne mettent pas en évidence d'impacts du site par ces composés sur les eaux souterraines de la nappe des alluvions.

Sur les gaz du sol

Les résultats des investigations menées en janvier 2021 sur les gaz du sol ont mis en évidence les principaux éléments suivants :

- au droit de l'ouvrage PZA1, situé au droit des anciennes cuves enterrées, certains BTEX et COHV ont été détectés à des concentrations relativement faibles, de respectivement $0,085 \text{ mg/m}^3$ pour les BTEX et un maximum de $1,2 \text{ mg/m}^3$ pour le TCE ;
- au droit de l'ouvrage PZA2 situé dans la zone de livraison et au droit de l'ancien bâtiment incendié, quelques BTEX et COHV ont également été détectés, en concentrations moindres (traces). Les autres composés, dont les HCT C₆-C₁₆ et le naphtalène, n'ont pas été détectés ;
- au droit de l'ouvrage PZA3 situé au droit de l'ancien bâtiment incendié et en aval des cuves enterrées actuelles, aucun composé n'a été détecté.

Ces résultats sont cohérents avec les mesures PID quasiment nulles relevées au droit des ouvrages lors des prélèvements, ne suggérant pas la présence de COV dans les gaz du sol.

Les résultats d'analyses des échantillons de gaz du sol sont présentés dans le **Tableau 3**.

Pour rappel, au regard des données météorologiques collectées auprès de la station Météo France de l'aéroport d'Orly, située à 12,6 km du site, avant, pendant et après la campagne, les prélèvements ont été réalisés dans des conditions dépressionnaires, plus favorables à la volatilisation des composés organiques volatils présents dans le sous-sol, mais avec des températures relativement faibles et un temps humide.

3.4.3 **Synthèse des investigations**

Les principaux résultats obtenus au terme de ces deux phases d'investigations peuvent être résumés comme suit :

- un impact en hydrocarbures (HCT C₁₀-C₄₀) a été mis en évidence dans les sols au droit de la zone des anciennes cuves enterrées d'hydrocarbures, située en limite nord-est du site. Cet impact a été délimité latéralement et verticalement (concernant la zone de battement de la nappe) et n'engendre pas de détérioration significative des autres milieux environnementaux (eaux souterraines et gaz du sol) ;
- les remblais du site, principalement dans sa partie ouest, présentent une qualité intrinsèque médiocre, marquée par une présence (modérée) de quelques métaux (principalement plomb, cuivre et zinc), ne traduisant néanmoins pas d'impact *sensu stricto* ;
- aucun impact des sols, des gaz du sol ni des eaux souterraines au droit des autres zones du site et par les autres composés analysés (BTEX, PCB, HAP, COHV, PFC) n'a été constaté.

4. SCHEMA CONCEPTUEL

Ce chapitre présente le schéma conceptuel du site, consistant à établir, sur la base des résultats des diagnostics environnementaux, dont une synthèse a été présentée au chapitre précédent, un bilan factuel de l'état environnemental des milieux au droit du site en vue de servir de support d'une part à la définition des mesures de gestion, et d'autre part à l'Analyse des Risques Résiduels.

D'après la méthodologie de gestion des sites et sols pollués, le schéma conceptuel doit permettre d'appréhender l'état des pollutions des milieux et des voies d'exposition potentielles au regard des activités actuelles et/ou envisagées sur le site et des usages constatés hors site. Le schéma conceptuel a pour objectif de préciser :

- les « sources de pollution » ;
- les milieux et les voies de transfert ;
- les enjeux à protéger et les voies d'exposition potentielles.

Ces éléments sont présentés successivement dans les paragraphes ci-après.

4.1 Caractérisation des sources

Les investigations réalisées au droit du site ont principalement mis en évidence l'existence d'un impact modéré en hydrocarbures (HCT, essentiellement fractions C₁₀-C₄₀ modérément à faiblement volatiles) dans les sols au droit de la zone d'anciennes cuves enterrées en limite nord-est du site. Cet impact a été constaté à une profondeur comprise entre 3,8 et 4,5 m environ, au sein de sables et au droit de la zone de battement de la nappe des alluvions dont la surface piézométrique se situe vers 4 m de profondeur. Au droit de cette zone, aucune phase flottante n'a été observée et les eaux souterraines ne présentent qu'un faible impact en HCT dissous. Aucun impact n'a été observé par ailleurs dans les gaz du sol.

Cet impact dans les sols apparaît correctement délimité verticalement et horizontalement.

Les investigations réalisées ont également mis en évidence la présence de métaux dans les remblais sur la moitié ouest du site, principalement du plomb, ainsi que, dans une moindre mesure, du cuivre et du zinc. La présence de métaux est vraisemblablement liée à une qualité intrinsèque médiocre des remblais plutôt qu'aux activités du site. Dans les eaux souterraines, l'arsenic et le nickel ont présenté localement des teneurs légèrement supérieures aux normes de qualité des eaux souterraines, mais aucun impact lié aux activités du site n'a été mis en évidence.

Hormis ces deux constats, aucun impact significatif n'a été identifié dans les sols, les eaux souterraines et les gaz du sol.

4.2 Milieux et voies de transfert

Les milieux et voies de transfert potentiels identifiés au regard du contexte environnemental, des résultats des diagnostics environnementaux et de l'usage futur envisagé pour le site sont présentés ci-après en distinguant la problématique sur site de celle à l'extérieur du site.

4.2.1 *Sur site*

Les milieux de transfert identifiés au droit du site sont les sols et les gaz du sol.

Les éventuelles voies de transfert potentielles associées aux impacts identifiés sont les suivantes :

- la volatilisation puis la migration par diffusion vers la surface de vapeurs de composés volatils provenant des sols, puis leur dilution dans l'air à l'intérieur ou l'extérieur de bâtiments. Cette voie est cependant jugée faible (et n'est présentée qu'à titre théorique) au regard de la nature peu ou pas volatile des impacts identifiés (fractions peu volatiles de HCT, d'ailleurs non détectés dans les gaz du sol de la zone des anciennes cuves, métaux non volatils) et des teneurs uniquement traces mesurées pour les autres composés plus volatils ;
- le contact direct avec les sols de surface, présentant des teneurs (modérées) en métaux ainsi que quelques substances organiques rencontrées à l'état de traces, au droit de zones non recouvertes par des bâtiments, des voiries ou de l'herbe. Il est à noter que dans la configuration actuelle du site, cette voie est peu pertinente du fait de la présence d'une couverture généralisée des remblais sur le site hors bâtiments, soit par des voiries (enrobé ou dalle béton), soit par de la terre végétale, hormis de rares bordures restreintes de sols où la terre végétale semble absente.

En revanche, les voies de transfert suivantes n'ont pas été jugées pertinentes :

- la lixiviation des composés identifiés dans les sols sous l'action des eaux météoriques dans les zones non recouvertes, puis leur migration vers la nappe sous-jacente. Cette voie semble en effet peu pertinente du fait de l'absence d'impact des eaux souterraines par les métaux identifiés dans les remblais et plus généralement par les autres composés constatés dans les sols ;
- le prélèvement et l'usage des eaux souterraines. En effet, les eaux souterraines ne sont pas utilisées au droit du site, notamment dans les zones des anciennes cuves ;
- la migration des composés identifiés dans les sols vers d'éventuelles canalisations d'eau potable installées au droit du site. Au regard de la localisation et de la nature des impacts identifiés, d'une part, et de la localisation du réseau d'eau potable (cf. **Annexe A**), d'autre part, ce dernier n'est pas en contact avec les sols impactés ;
- la migration des composés identifiés dans les eaux souterraines vers d'éventuelles canalisations d'eau potable enterrées installées au droit du site. Au regard de la profondeur de la nappe (environ 4 m sous la surface du sol au droit de la zone impactée en HCT dans les sols, profondeur supérieure à la profondeur à laquelle les canalisations sont susceptibles d'être présentes), il apparaît improbable que des réseaux d'alimentation soient en contact avec les eaux souterraines, qui de plus ne présentent pas d'impact significatif ;
- le transfert des composés identifiés dans les sols (et les eaux souterraines de manière théorique) vers les racines de légumes et d'arbres fruitiers, compte tenu de l'absence de pratiques agricoles ou maraichères dans un contexte industriel ou équivalent.

4.2.2 A l'extérieur du site

Au regard du contexte environnemental et des résultats des investigations environnementales, qui n'ont pas montré d'impact particulier des eaux souterraines au droit des anciennes cuves enterrées situées en bordure aval hydraulique du site, les eaux souterraines ne constituent pas un milieu de transfert pertinent vers l'extérieur du site.

Les envols de sols depuis le site n'ont également pas été retenus. En effet, ceux-ci sont principalement recouverts, hors bâtiments, par des voiries (enrobé ou dalle béton) ou de la terre végétale engazonnée, limitant ainsi l'envol de particules de sol à l'extérieur du site.

4.3 Enjeux à protéger

Conformément à la méthodologie française de gestion des sites et sols pollués, ce paragraphe présente les récepteurs potentiels susceptibles d'être affectés directement ou indirectement par les sources de pollution. Il s'agit des populations, des usages des milieux et de l'environnement, ainsi que des ressources naturelles.

4.3.1 Population sur site

L'usage futur retenu pour le site étant de type industriel ou équivalent, les enjeux à protéger sur le site correspondent aux futurs usagers du site, exposés dans le cadre de leur activité professionnelle, population constituée exclusivement d'adultes.

Au regard des voies de transfert identifiées sur site, les voies d'exposition potentielles (théoriques) des futurs usagers du site sont :

- l'inhalation de vapeurs en provenance des milieux souterrains (sol et gaz du sol) à l'intérieur et/ou l'extérieur de bâtiments ;
- l'ingestion accidentelle de sol de surface ;
- l'inhalation de particules de sol de surface ; et
- le contact cutané avec les sols de surface.

4.3.2 Population hors site

Au regard de l'absence de voies de transfert identifiées et jugées pertinentes, aucune population à l'extérieur du site n'a été identifiée comme enjeu à protéger.

4.3.3 Milieux naturels

Compte tenu de la vulnérabilité modérée à élevée de la nappe alluviale mais de l'absence de captage d'alimentation en eau potable (données de l'ARS) ou d'autre usage sensible identifié dans le voisinage du site, et notamment l'absence d'ouvrages à moins de 700 m du site (données *Infoterre*™), la sensibilité environnementale du site vis-à-vis des eaux souterraines est considérée comme faible à modérée.

Compte tenu de la vulnérabilité faible à modérée des aquifères sous-jacents (marno-calcaires de Saint-Ouen et Lutétien) et de l'absence de captage d'alimentation en eau potable dans le voisinage du site, la sensibilité environnementale du site vis-à-vis des eaux souterraines pour ces aquifères est considérée comme faible à modérée.

Compte tenu de l'absence d'impact significatif des eaux souterraines observé au droit du site, ces dernières ne sont pas jugées comme un enjeu pertinent.

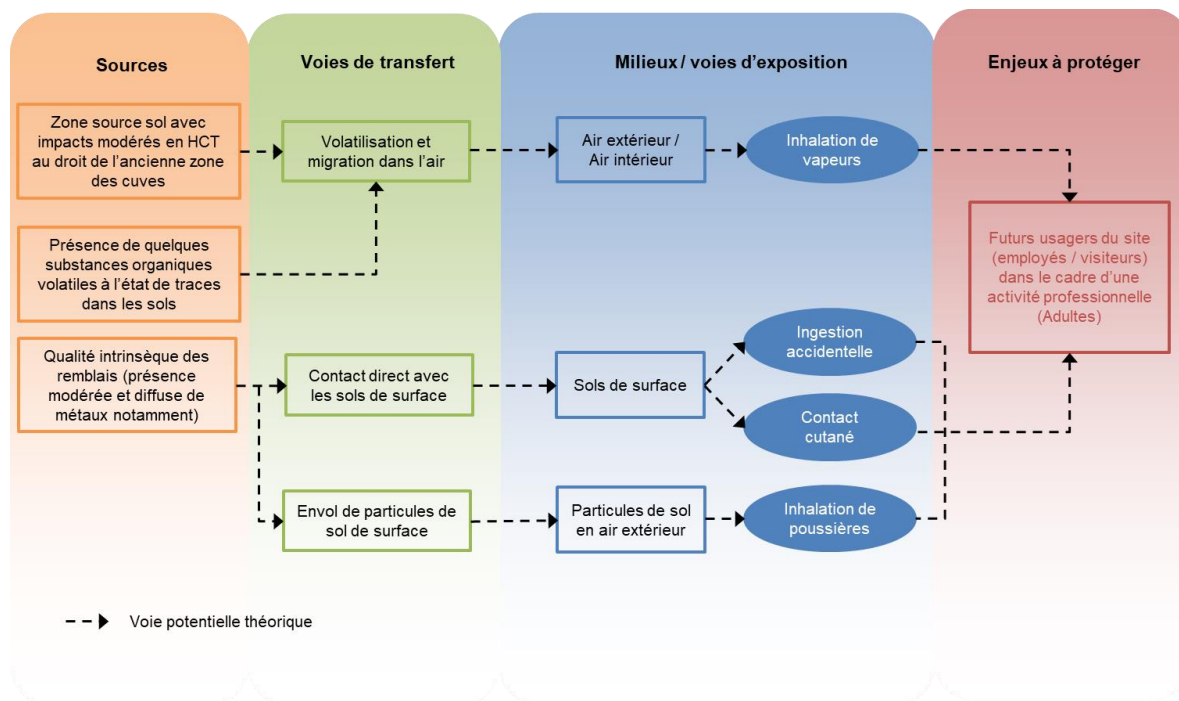
Etant donné l'absence d'usage sensible des eaux de surface (la Seine) répertorié au voisinage et en aval du site, la sensibilité environnementale du site vis-à-vis des eaux de surface est considérée de faible à modérée. Les eaux souterraines n'étant pas considérées comme un milieu de transfert pertinent, les eaux de surface potentiellement en lien avec celles-ci ne sont pas considérées comme un enjeu pertinent.

Enfin, au regard de l'absence de milieux naturels protégés au droit ou à proximité du site (cf. Chapitre 2.6), ces derniers ne sont pas considérés comme un enjeu pertinent.

4.4 Conclusion du schéma conceptuel

Le schéma conceptuel présenté sur la figure ci-après synthétise les voies de transfert et d'exposition ainsi que les enjeux à protéger jugés pertinents au droit et au voisinage du site, compte tenu d'un usage comparable à la dernière période d'exploitation du site (industriel/tertiaire).

Figure A : Schéma conceptuel du site d'Alfortville



5. MESURES DE GESTION

Pour rappel, suite à la cessation de ses activités, SARD doit remettre en état le site pour le rendre compatible avec un usage futur comparable à celui de la dernière période d'activité, de type industriel.

Dans cette perspective, afin de satisfaire aux obligations de remise en état environnemental en qualité de dernier exploitant du site, au titre de la législation sur les installations classées pour la protection de l'environnement et en conformité avec la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, AECOM préconise de conduire une action ciblée de réhabilitation de la zone source mise en évidence sur son site au droit des anciennes cuves, faisant suite aux constats effectués lors des investigations environnementales. L'objectif de cette réhabilitation sera de placer le site dans un état tel qu'il ne puisse durablement porter atteinte aux intérêts environnementaux et sanitaires mentionnés à l'article L. 511-1 du Code de l'environnement.

5.1 Approche générale

La méthodologie de gestion des sites et sols pollués met l'accent sur l'importance de l'identification des sources et, le cas échéant, de leur traitement suite à une évaluation des paramètres technico-économiques régissant la faisabilité de cette opération, en veillant à privilégier : (1) dans un premier temps, les actions sur les sources de pollution, identifiées comme étant les zones les plus concentrées en polluants ; (2) dans un second temps, la désactivation des voies de transfert (mesures de confinement par exemple) ; voire (3) une action sur les cibles au travers de dispositifs juridiques (restrictions d'usage, servitudes, etc.).

Dans ce cadre, le plan de gestion doit identifier l'ensemble des options envisageables pour le site compte tenu de la typologie des impacts identifiés et du schéma conceptuel établi, chaque approche devant être évaluée sur la base des critères d'appréciation suivants :

- la faisabilité et la pertinence technique ;
- l'efficacité attendue et les coûts associés ;
- les aspects de développement durable et de bilan environnemental.

Dans ce contexte, il convient de privilégier des actions de traitement de la zone source identifiée sur le site plutôt que des actions de désactivation de voies de transfert, en adéquation avec les spécifications méthodologiques.

Dans le cas d'une pollution historique, telle que sur le site SARD d'Alfortville, il s'agit d'atteindre un niveau optimum de restauration des milieux et de sécurisation des usages, tout « en évitant de mobiliser des ressources inutilement démesurées au regard des intérêts à protéger ».

Ainsi, au regard du schéma conceptuel établi, il apparaît que l'approche pour le plan de gestion relatif au site d'Alfortville peut reposer d'une manière générale sur :

- prioritairement, des actions de réduction significative des concentrations à la source, par traitement ciblé de la zone source identifiée ; et
- dans un second temps, la mise en place de restrictions d'usage, *via* le dispositif de création de Secteurs d'Information sur les Sols (SIS), en vue notamment d'encadrer de futurs réaménagements.

Cette approche est en adéquation avec l'objectif mentionné dans les textes réglementaires, qui spécifient que la maîtrise des impacts d'un site doit participer « à la démarche globale d'amélioration continue des milieux ». Elle s'inscrit ainsi dans le cadre de la protection globale de la ressource en eau et de l'amélioration de sa qualité.

5.2 Synthèse des principales caractéristiques de la zone source

Les investigations environnementales menées en 2014 et 2021 ont donc permis de mettre en évidence la présence d'une zone d'impact significatif mais localisée en HCT C₁₀-C₄₀ dans les sols et d'en préciser les principales caractéristiques, synthétisées ci-après :

- La surface potentielle de cette zone source est évaluée à environ 100 m², définie selon l'approche suivante (Cf. Figure 7) :
 - pour ses limites ouest, sud et est, par la mi-distance entre les sondages présentant des impacts et les sondages peu ou pas impactés ;
 - pour sa limite nord, par la limite aval de la zone d'investigations possibles (et de travaux possibles dans le futur), qui correspond à une zone d'exclusion technique du fait de la bordure du site.
- L'épaisseur de cette zone d'impact est évaluée à 2 m, estimée localisée entre 3 et 5 m de profondeur selon des hypothèses conservatrices.

La synthèse des principales caractéristiques de cette zone source est présentée dans le tableau ci-après :

Tableau F : Synthèse des principales caractéristiques de la zone source du site

Zone source	Nature des impacts	Chiffres clés
Zone d'impact « anciennes cuves » Sondages SB1, S5 et S6bis	➤ Impacts en HCT C₁₀-C₄₀ : teneur maximale de 6 270 mg/kg	Surface estimée à environ 100 m² avec une épaisseur moyenne de sols impactés d'environ 2 m soit un volume potentiel (enveloppe travaux) estimé à environ 200 m³

Le bilan coûts-avantages présenté dans les paragraphes suivants porte donc sur la gestion environnementale de cette zone source.

Pour rappel, les autres constats effectués sur le site, dont la qualité médiocre de ses remblais en partie ouest, n'appellent pas d'actions particulière hormis des mesures de précaution lors de futurs éventuels travaux de réaménagement, et seront à considérer au chapitre portant sur la conservation de la mémoire.

5.3 Bilan coûts-avantages

Le présent volet vise à mieux appréhender les différentes mesures de gestion pouvant être envisagées pour le site et leurs avantages et inconvénients potentiels comparés, afin *in fine* d'aboutir à la sélection de l' (des) approche(s) jugée(s) offrir le meilleur compromis pour la gestion environnementale future du site.

Conformément aux différents axes présentés ci-avant, sont distinguées dans ce volet :

- les actions de réhabilitation de la zone source ;
- les actions de traitement et/ou de gestion des voies de transfert ;
- les actions de surveillance des milieux ;
- les mesures de contrôle des usages sur site.

5.3.1 Actions de réhabilitation

Au regard (1) de la typologie de la zone source mise en évidence à l'échelle du site (caractérisées par des impacts pour la plupart relativement peu profonds), (2) de son accessibilité facilitée au regard de sa localisation au droit du parking du site et (3) de la nature des impacts (composés peu à pas volatils), l'action principale de réhabilitation pourra reposer sur :

- une excavation des sols impactés ; puis
- leur élimination hors site en filières de traitement adaptées et/ou leur traitement sur site par biodégradation stimulée ; et enfin
- le remblaiement de la zone par les matériaux traités et/ou par des remblais d'apport sains.

Au regard de la nature des impacts (hydrocarbures présentant une composante significative de fractions lourdes) et compte tenu de ces indications, aucune approche alternative pertinente par traitement *in situ* n'apparaît en effet réaliste, du moins en phase avec la dynamique dans laquelle SARD souhaite s'inscrire pour mener la libération du site.

Cette approche présente de surcroît pour principal avantage de permettre un traitement relativement rapide et définitif de la zone source, par élimination directe des sols impactés, ainsi qu'une gestion plus maîtrisée (avec un moindre aléa) du traitement par rapport à des techniques *in situ*.

5.3.1.1 Excavation et traitement hors site

Au regard de l'objectif global des travaux de réhabilitation, l'action principale de réhabilitation pourrait reposer sur une excavation des sols impactés et sur leur élimination hors site en filière de traitement adaptée puis sur le remplacement sur site des matériaux excavés et éliminés par des remblais d'apport sains (et, le cas échéant, des matériaux excavés caractérisés compatibles), dûment caractérisés avant emploi.

Cette approche présenterait pour principal avantage de permettre un traitement rapide et définitif de la source, par élimination directe des sols impactés, et de traiter directement, par excavation des sols en contenant le cas échéant, d'éventuelles phases pures (non observées cependant lors des investigations). Pour rappel, aucun impact significatif n'a été relevé au droit des eaux souterraines au droit du site et notamment au cœur de la zone source identifiée.

Compte tenu des concentrations maximales observées dans les sols au droit de la zone source lors des différentes phases d'investigations, l'évacuation des terres impactées pourrait être envisagée *a priori* en filière d'élimination de type biocentre. Plusieurs exutoires existent en Ile-de-France et sont susceptibles d'accueillir les terres provenant du site.

En revanche, cette approche présente plusieurs inconvénients :

- un coût plus élevé, comme détaillé ci-après dans le bilan coûts - avantages ;
- la nécessité éventuelle de dispositifs de confortement en bordure de fouille (*a minima* en limite de site) afin d'accroître la stabilité des terrains, au regard de la présence de la nappe à une profondeur d'environ 4 m au sein de terrains alluvionnaires constitués majoritairement de sables, argiles et graviers (cette présence de l'eau souterraine à faible profondeur est également susceptible de constituer une limite technique vis-à-vis de la profondeur d'excavation) ;
- la nécessité d'opérations d'évacuation de terres, induisant un trafic de camions aux abords du site susceptible d'engendrer des nuisances sonores et olfactives sur le voisinage et apparaissant dans une certaine mesure préjudiciables au bilan environnemental global du chantier.

Ainsi, sur un plan environnemental, il convient de noter qu'une approche par évacuation des sols impactés (environ 200 m³ soit environ 360 tonnes en considérant une densité moyenne de 1,8) et remblaiement par des terres d'apport d'origine extérieure serait susceptible de générer environ 1 à 1,5 tonnes d'émissions d'équivalent CO₂, l'équivalent en émissions de CO₂ étant estimé à environ 50 g de CO₂ par km/tonne pour un camion de plus de 25 tonnes de charge utile (d'après la Mission Interministérielle de l'Effet de Serre – MIES -, « Maîtriser le changement climatique », Paris, 1999). Ce bilan est calculé en supposant une quinzaine de rotations de camions de 25 tonnes sur une distance de 35 à 40 km pour les évacuations en biocentre (biocentres de Suez à Gennevilliers et de Biogénie à Echarcon) et de 25 à 40 km pour les apports de terres de remblai (carrières de Seine-et-Marne).

Il est important de noter que, si les investigations conduites jusqu'à ce jour ont permis d'identifier et de délimiter dans les grandes lignes la zone source présente sur site, la répartition fine des teneurs au sein de la zone source sera déterminée par re-caractérisation directe, par lots, des terres excavées. L'approche retenue serait ainsi la suivante :

- excavation des terres au sein de l'enveloppe travaux définie, englobant la zone d'extension potentielle des impacts ;
- caractérisation des sols extraits au fur et à mesure de l'excavation, sur la base des paramètres organoleptiques et des mesures PID, puis caractérisation analytique par lots de volume réduit afin de confirmer les teneurs en hydrocarbures.

5.3.1.2 Excavation et traitement sur site

Toujours selon une approche par excavation des sols impactés, une alternative à l'évacuation hors site des terres pourrait consister à les traiter sur site. La principale technique de traitement des terres envisageable sur site est la biodégradation naturelle « *on site* ». Elle consiste à excaver les terres et à les stocker en andains ou tertres qui, une fois amendés, font l'objet d'une aération par brassage mécanique (biotertres) ou ventilation forcée (biopiles ventilées) en vue de stimuler la dégradation aérobie des hydrocarbures.

Cette technique est *a priori* adaptée dans la mesure où les principaux composés à traiter sont des hydrocarbures.

Cette approche alternative offrirait un avantage économique probable, en s'affranchissant des évacuations hors site et en visant une réutilisation directe, en remblai, des terres excavées après traitement, et permettrait également de limiter les transports de terres, réduisant ainsi les émissions de CO₂ et les nuisances.

Néanmoins, cette technique se heurte à deux inconvénients majeurs :

- la nature potentiellement inondable du site en cas de crue de la Seine (le PPRI de la Marne et de la Seine approuvé le 12 novembre 2007 situant le site en zone inondable pour une crue de Seine de type 1910, avec une submersion comprise entre 1 et 2 m), et les risques associés d'entraînement des terres en cas de stockage de longue durée en surface ;
- le délai de traitement (un traitement sur site des terres représentant typiquement une durée annuelle à pluri-annuelle). La durée prévisionnelle de traitement, sur la base des retours d'expérience obtenus sur des chantiers similaires, est généralement de l'ordre de 24 à 36 mois. Ce délai pourrait ainsi se révéler peu compatible avec les aléas de crues de la Seine ainsi qu'avec la dynamique de cession foncière du site souhaitée par SARD.

De surcroît, cette approche nécessite une superficie suffisante pour mener à bien le traitement. Au regard de la configuration du site et de la zone à traiter, il serait nécessaire de dédier la majorité du parking actuel du personnel pour le traitement.

5.3.2 Actions de traitement et/ou de gestion des voies de transfert

Comme indiqué ci-avant, les voies de transfert identifiées dans le cadre du schéma conceptuel du site paraissent limitées, notamment au regard de l'absence d'impacts observés dans les eaux souterraines et les gaz du sol ainsi que de la nature peu à pas volatile des composés en présence.

Par ailleurs, les actions de réhabilitation envisagées par excavation viseront à permettre une amélioration directe, immédiate et très significative de la qualité environnementale des milieux au droit du site.

De ce fait, aucune approche complémentaire spécifique de gestion des transferts résiduels n'est envisagée au droit du site.

5.3.3 Actions de surveillance des milieux

Pour rappel, le site n'est pas soumis à une surveillance réglementaire spécifique des milieux, incluant les eaux souterraines et les gaz du sol. Aucun impact significatif n'a d'ailleurs été observé lors des investigations au sein des milieux eaux souterraines et gaz du sol.

De plus, et comme développé au Chapitre 6 ci-après, sur la base des mesures de gaz du sol réalisées, l'état environnemental du site est actuellement et par conséquent sera, suite à la mise en œuvre de mesures de gestion complémentaires, compatible avec l'usage actuel ou futur (activités industrielles), en considérant la configuration actuelle du site.

Ainsi, il n'est pas envisagé d'actions particulières de surveillance des milieux, jugées non nécessaires dans le contexte du site. A la demande de la DREAL lors de la réunion du 12 janvier 2021, il est donc prévu de combler l'ensemble des ouvrages de surveillance du site dans les règles de l'art à l'issue des travaux de réhabilitation.

En revanche, un suivi spécifique sera mis en œuvre pendant les travaux, portant sur les perturbations potentiellement induites sur les milieux et le voisinage, et intégrant notamment la qualité de l'air ambiant, les poussières et le bruit en limite de site.

5.3.4 **Conservation de la mémoire du site**

En complément des différentes actions de gestion environnementale envisagées, telles que présentées ci-avant, la création d'un Secteur d'Information sur les sols (SIS) est également proposée pour le site d'Alfortville.

Définition et objectifs des SIS :

A la demande du Ministère en charge de l'environnement, le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) a rédigé un guide méthodologique à l'intention des services de l'État et des producteurs de données concernés spécifiant les modalités de définition et de création des SIS.

Il y est indiqué qu'au regard de l'article L.125-6 du code de l'environnement, les SIS constituent des terrains où la connaissance de la pollution des sols justifie, notamment en cas de changement d'usage, la réalisation d'études de sols et la mise en place de mesures de gestion de la pollution pour préserver la sécurité, la santé ou la salubrité publique et l'environnement.

Les SIS ont ainsi pour objectifs :

- la prévention des dangers ou inconvénients pour la santé, la sécurité, la salubrité publique, l'agriculture, la protection de la nature et de l'environnement ;
- l'information des parties intéressées (par exemple voisinage, propriétaire, aménageur potentiel futur, etc.) afin de garantir la prise en considération des contraintes liées à l'état du sous-sol pour les interventions et aménagements futurs ;
- la pérennisation dans le temps de l'information relative à ces contraintes.

Ainsi, à la différence des mesures de Servitudes d'Utilité Publique (SUP) qui ont pour objet d'imposer des restrictions d'usage sur un site pollué, l'élaboration de SIS vise à imposer des règles et un cadre normatif à la dépollution.

Afin d'assurer l'information pérennisée dans le temps des servitudes, la liste des SIS est actée par voie d'arrêté préfectoral au périmètre départemental. Les collectivités doivent annexer les SIS aux Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) après notification de l'arrêté préfectoral. De plus, l'État publie ces SIS sur un portail national www.georisques.gouv.fr. Les terrains placés en SIS font par ailleurs l'objet d'obligation d'information de l'acquéreur et du locataire (article R 126-26 du code de l'environnement).

Cas du site d'Alfortville

Dans le cas du site d'Alfortville, il peut être envisagé l'élaboration de SIS en vue d'encadrer d'éventuels réaménagements futurs, notamment en vue de veiller à ce que l'aménageur tienne pleinement compte de l'ensemble des données environnementales à disposition dans le cadre du réaménagement du site. Cette mesure apparaît d'autant plus pertinente dans le cas du site d'Alfortville, que l'aménagement futur précis du site n'est pas connu à cette date.

5.3.5 Synthèse des mesures de gestion

Le tableau en page suivante présente la synthèse du bilan coûts - avantages pour le traitement des sols au droit du site d'Alfortville pour les différentes techniques envisagées.

Pour l'ensemble des solutions de traitement envisagées, décrites ci-avant, les coûts associés correspondent à une enveloppe estimative préliminaire, et seront affinés, pour celle(s) retenue(s), lors de la future consultation des entreprises de travaux.

Les hypothèses utilisées n'ont pas vocation à constituer une étude de dimensionnement *sensu stricto*. Les éléments de dimensionnement, ainsi que les coûts définitifs de mise en œuvre des mesures de gestion, pourront être acquis au terme d'une phase de consultation des entreprises spécialisées en réhabilitation des sites pollués.

Tableau G : Synthèse du bilan coûts - avantages pour le traitement des sols au droit du site d'Alfortville pour les différentes techniques envisagées

SCENARI DE TRAITEMENT DES ZONES SOURCES									
Approche / technique envisagée	Principes	Durée estimée	Coûts estimés TOTAL	Études / investigations préalables et coûts estimés	Coûts estimés traitement	Coûts estimés AMO et surveillance pendant traitement	Coûts estimés surveillance après traitement	Avantages majeurs	Inconvénients principaux
Excavation et évacuation hors site des sols impactés	<ul style="list-style-type: none"> - Excavation des sols jusqu'à environ 5 m sous blindage ou talutage (volume estimatif 500 m³ et masse estimative 900 tonnes) sans rabattement de nappe - Tri à l'avancement et stockage temporaire en lots pour re-caractérisation analytique avant évacuation / remblaiement - Élimination directe des sols impactés (volume estimatif 200 m³ et masse estimative 360 tonnes) en filières extérieures adaptées (biocentre, ISDND, etc.) - Remblaiement par les terres caractérisées compatibles et par des matériaux sains d'apport extérieur 	<ul style="list-style-type: none"> - Préparation, excavation, remblaiement et repli : 1 à 2 mois - Pas de surveillance post-travaux 	200 à 345 k€	<ul style="list-style-type: none"> - Eventuel maillage systématique de sondages pour pré-tri préalable des volumes et des filières - Eventuelle étude géotechnique préalable 15 à 40 k€	120 à 195 k€	65 à 110 k€	0 k€	<ul style="list-style-type: none"> - Approche adaptée à la typologie des composés - Solution rapide (1 à 2 mois environ) - Retrait direct de la source permettant de limiter la pollution résiduelle - Permet la gestion d'une éventuelle phase pure par élimination directe - Caractéristiques du site pleinement compatibles (espace disponible et absence d'activité / de contrainte spécifique) 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût élevé - Nuisances liées aux travaux d'excavation et à la circulation de poids lourds - Bilan environnemental (CO₂) défavorable - Retrait temporaire de la couverture de la zone par dalle bétonnée : odeurs et risque de lessivage accru des composés au sein de la zone non saturée vers la nappe
Excavation et traitement sur site des sols impactés (Hypothèse traitement et réutilisation de l'ensemble des terres excavées)	<ul style="list-style-type: none"> - Excavation des sols (mêmes hypothèses que précédemment) - Tri à l'avancement et stockage temporaire en lots pour re-caractérisation analytique avant traitement / remblaiement - Traitement sur site des sols impactés - Remblaiement par les terres caractérisées compatibles, les terres traitées et, si nécessaire, par des matériaux sains d'apport extérieur 	<ul style="list-style-type: none"> - Préparation, excavation, remblaiement et repli : 1 à 2 mois - Traitement sur site 10 à 18 mois - Pas de surveillance post-travaux 	180 à 300 k€	<ul style="list-style-type: none"> - Eventuel maillage systématique de sondages pour pré-tri préalable des volumes et des filières - Eventuelle étude géotechnique préalable 25 à 40 k€	100 à 165 k€	55 à 95 k€	0 k€	<ul style="list-style-type: none"> - Approche adaptée à la typologie des composés - Retrait des sources permettant de limiter la pollution résiduelle - Permet la gestion d'une éventuelle phase pure par élimination directe - Optimisation des coûts d'évacuation et d'apport de terres - Optimisation du bilan environnemental (CO₂) 	<ul style="list-style-type: none"> - Site localisé en zone inondable avec risque d'entraînement des terres en cas de stockage de longue durée en surface - Délai important - Nuisances liées aux travaux d'excavation et à la circulation de poids lourds - Retrait temporaire majoré dans le temps de la couverture de la zone par dalle bétonnée : odeurs et risque de lessivage accru des composés au sein de la zone non saturée vers la nappe

Sur la base de ce bilan coûts - avantages, au regard des aspects financiers présentés ci-avant et des arguments développés au fil de ce plan de gestion, l'approche jugée la plus favorable d'un point de vue technique et économique pour la zone source du site d'Alfortville consiste en l'excavation et le traitement hors site des terres impactées.

En effet, le gain économique qui découlerait d'un traitement des terres sur site apparaît limité au regard de la faible quantité de terres à évacuer et au regard des contraintes associées. Les coûts fixes liés à l'excavation et au tri et des terres restent en effet les mêmes avec un traitement des terres sur site, auxquels s'ajoutent également des coûts liés au suivi du traitement sur plusieurs mois.

Par ailleurs, une approche par excavation et traitement hors site des terres permettrait une libération relativement rapide de la zone et offrirait de surcroît l'avantage d'un retrait définitif de la zone source avec une meilleure maîtrise des aléas (tant vis-à-vis de la durée que des perspectives d'abattement).

Du fait que l'état environnemental du site soit d'ores et déjà compatible avec l'usage futur dans sa configuration actuelle, l'enjeu principal guidant l'approche de réhabilitation correspond à l'obtention d'une réduction significative de la masse de composés en présence au sein des sols et non à l'atteinte de seuils de réhabilitation définis.

6. ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS (ARR) PREDICTIVE

Afin d'évaluer la compatibilité de la qualité résiduelle des milieux au droit du site, à la suite de la mise en œuvre des mesures de gestion retenues présentées au Chapitre 5, une Analyse des Risques Résiduels (ARR) prédictive a été menée en application de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués du Ministère en charge de l'environnement, mise à jour en avril 2017. Cette ARR a pour vocation d'évaluer quantitativement les risques sanitaires potentiels liés aux expositions résiduelles en intégrant les principales caractéristiques du site et de l'usage futur pressenti.

L'ARR a compris les étapes suivantes :

- l'établissement d'un modèle conceptuel, après mise en œuvre des mesures de gestion spécifiant les sources et concentrations résiduelles, les voies d'exposition et de transfert ainsi que les populations ;
- l'estimation de l'exposition des populations ;
- l'évaluation des risques sanitaires, incluant la détermination de la toxicité des substances auxquelles peuvent être exposées les populations.

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 sont prises en compte.

6.1 Modèle conceptuel

Un usage futur comparable à la dernière période d'activité est actuellement envisagé, soit industriel ou équivalent. Les futurs usagers seront ainsi constitués exclusivement d'adultes, amenés à fréquenter le site dans le cadre de leurs activités professionnelles. Il est à noter que la présente ARR a considéré que le site pouvait faire l'objet d'un réaménagement dans le cadre de son usage futur (mise en place de bâtiments selon une nouvelle configuration, mise à nu des remblais en surface, etc.).

Sur la base du schéma conceptuel (cf. Chapitre 4) et considérant les mesures de gestion retenues (cf. Chapitre 5), les voies de transfert (théoriques) pertinentes sont :

- la volatilisation des composés volatils présents de façon résiduelle dans les milieux souterrains vers la surface puis leur dilution dans l'air extérieur et intérieur des futurs bâtiments. La voie associée est l'exposition par inhalation potentielle de vapeurs provenant des sols et/ou des eaux souterraines des futurs usagers dans un contexte industriel ou équivalent à l'intérieur et/ou à l'extérieur de bâtiments ;
- le contact direct des futurs usagers avec les sols de surface au droit de zones non recouvertes par des bâtiments ou des voiries (il est supposé à titre conservateur que les futurs travaux de réaménagement du site pourraient entraîner la mise à nu de certains sols de surface en cas de retrait local de la couverture). Les voies associées sont l'exposition des futurs usagers par contact cutané, par ingestion accidentelle de sol de surface et par inhalation de particules de sol de surface dans un contexte industriel ou équivalent au droit de zones non recouvertes par d'éventuels futurs bâtiments et/ou des voiries.

Il convient de rappeler que du fait de l'absence d'impacts significatifs dans les eaux souterraines en limite aval hydraulique, aucune voie de transfert pertinente vers l'extérieur du site n'a été identifiée.

Par ailleurs, il convient de préciser que :

- l'exposition par inhalation de vapeurs en extérieur pouvant être considérée négligeable par rapport à celle en intérieur, elle n'est pas évaluée de manière quantitative dans la suite de l'étude. En effet, pour l'exposition en intérieur, les concentrations d'exposition dans l'air ambiant et le temps de présence sont plus importants (phénomène de concentration des vapeurs dans le bâtiment et présence permanente des usagers au cours de la journée) que pour une exposition à l'extérieur (dilution des vapeurs dans l'air ambiant, présence occasionnelle des usagers) ;
- concernant le contact direct, la voie d'exposition par contact cutané ne peut faire l'objet d'une évaluation selon la méthodologie actuellement en vigueur. En effet, la note d'information de la Direction Générale de la Santé (DGS) et de la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014⁶ précise que : « *[les pétitionnaires], ne doivent, en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR [Valeurs Toxicologiques de Référence] pour la voie cutanée, envisager aucune transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire* ». De plus, le taux d'ingestion de particules de sol étant plus important que celui associé à l'inhalation de particules, l'exposition par inhalation de poussières de sol est considérée négligeable devant celle par ingestion de sol de surface. Ainsi, dans le cadre de l'évaluation du contact direct avec les sols de surface, seule la voie d'exposition par ingestion accidentelle de sol de surface est évaluée de manière quantitative dans la présente ARR ;
- les populations susceptibles de fréquenter de manière occasionnelle le site (visiteurs, service de ménage, etc.) étant moins exposées que les personnes qui seront présentes de manière régulière (employés), elles ne sont également pas retenues pour l'évaluation quantitative dans la suite de l'étude ;
- les risques liés à l'exposition des travailleurs de chantier qui pourraient être amenés à intervenir de manière ponctuelle sur le site et sur des durées limitées, notamment dans le cadre de travaux de construction en cas de réaménagement du site pour son usage futur, ne sont pas évalués dans la présente étude. En effet, il convient de souligner que, dans le cas d'une potentielle exposition directe aux sols sous-jacents, une analyse des risques professionnels⁷ des travailleurs devra être effectuée afin de définir les mesures d'hygiène et de sécurité adaptées que devront respecter les travailleurs (notamment les équipements de protection collective/individuelle).

Au regard de ces éléments, les deux scénarios évalués quantitativement dans la présente ARR sont :

- **Scénario 1** : l'exposition des futurs usagers du site par inhalation potentielle de vapeurs provenant des sols et/ou des eaux souterraines à l'intérieur d'un bâtiment, dans le cadre d'une exposition professionnelle ;

⁶ Note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

⁷ Cette évaluation est menée par l'employeur, conformément au Code du Travail (article L4121).

- **Scénario 2** : l'exposition des futurs usagers du site par ingestion accidentelle de sol de surface, dans le cadre d'une exposition professionnelle.

6.2 Détermination des concentrations d'exposition

Les voies d'exposition évaluées dans la présente ARR sont :

- l'inhalation potentielle de vapeurs provenant des sols et/ou des eaux souterraines à l'intérieur d'un bâtiment ; et
- l'ingestion accidentelle de sol de surface.

Pour chacune de ces voies d'exposition, les méthodologies mises en œuvre pour la détermination des concentrations d'exposition sont les suivantes :

- pour l'exposition par inhalation de vapeurs : les concentrations d'exposition dans l'air intérieur ont été modélisées à l'aide d'un modèle analytique développé par l'US EPA (United-States Environmental Protection Agency) à partir des équations de Johnson & Ettinger (J&E, 1991⁸). Ce modèle calcule des concentrations en vapeurs dans l'air intérieur à partir des concentrations résiduelles mesurées dans les milieux souterrains (sols, eaux souterraines ou gaz du sol). La méthodologie générale d'estimation des concentrations d'exposition à l'intérieur d'un bâtiment est présentée en **Annexe B** ;
- pour l'exposition par ingestion accidentelle de sol de surface : les concentrations mesurées dans les sols de surface rencontrés au droit du site constituent directement les concentrations d'exposition sans qu'aucun calcul de transfert ne soit nécessaire. Les calculs de risques prennent donc en compte uniquement les facteurs d'exposition décrivant les personnes exposées.

6.2.1 Caractérisation des concentrations sources résiduelles

La qualité du sous-sol au droit du site peut être appréciée sur la base de l'ensemble des résultats des investigations ayant permis l'acquisition de données. Celles-ci sont disponibles pour :

- le milieu « Sol » par la foration de 26 sondages en mars 2014 et janvier 2021, ainsi que le prélèvement et l'analyse de 78 échantillons ;
- le milieu « Eau souterraine » via 2 campagnes ponctuelles réalisées en mars 2014 et janvier 2021 au droit de 5 piézomètres installés au droit du site (PZ1 à PZ3, PZChaufferie et PZNappe), qui ont permis le prélèvement d'échantillons des eaux de la nappe alluviale au sein de ces ouvrages ;
- le milieu « Gaz du sol », par l'installation de 3 piézairs en janvier 2021 et le prélèvement d'échantillons au niveau de ces ouvrages.

⁸ Johnson & Ettinger, 1991. Heuristic model for predicting the intrusion rate of contaminant vapors into buildings. Environ. Sci. Technology, 25 :1445-1452.

6.2.1.1 Exposition par inhalation de vapeurs (Scénario 1)

Dans la présente ARR, les données disponibles pour le milieu « Gaz du sol » ont été privilégiées, dans la mesure où elles permettent d'intégrer la volatilisation provenant des sols et/ou des eaux souterraines et que l'utilisation des concentrations mesurées dans les gaz du sol permet de réduire les incertitudes liées à la modélisation en s'affranchissant d'une à plusieurs étapes par rapport à celle effectuée à partir des sols et/ou des eaux souterraines.

Les concentrations d'exposition dans l'air intérieur ont été évaluées par modélisation à partir des résultats analytiques issus des prélèvements de gaz du sol effectués en janvier 2021 au droit des 3 piézajais (PZA1 à PZA3) implantés en janvier 2021 au droit de la zone source identifiée au droit du site (PZA1), ainsi que des principales zones à risques potentiel de pollution supposées pouvoir présenter des substances volatiles (PZA2 et PZA3). Les échantillons de gaz du sol prélevés ont fait l'objet d'analyses pour une large gamme de composés organiques volatils, dont ceux liés aux activités exercées sur le site et/ou identifiés lors des investigations menées dans les sols et/ou les eaux souterraines en 2014 et 2021, à savoir les HCT C₅-C₁₆, les BTEX, les COHV et le naphthalène (seul HAP volatil). L'ensemble des composés détectés au moins une fois dans les échantillons de gaz du sol prélevés a été considéré dans la présente ARR. Selon une approche conservatrice, pour chaque composé détecté, les concentrations retenues correspondent aux teneurs maximales mesurées en janvier 2021 dans les échantillons de gaz du sol prélevés au droit des piézajais PZA1 à PZA3.

Les concentrations prises en compte pour chaque composé détecté dans les gaz du sol selon la méthodologie présentée ci-avant sont détaillées dans le **Tableau 4**.

6.2.1.2 Exposition par ingestion accidentelle de sol de surface (Scénario 2)

Pour la voie d'exposition par ingestion accidentelle de sol de surface, la qualité résiduelle des sols de surface du site a été appréciée sur la base des échantillons prélevés dans les remblais du site (soit environ entre 0 et 2 m de profondeur par rapport à la surface du sol).

Ainsi, pour évaluer la qualité résiduelle des sols de surface, ont été considérés l'ensemble des résultats analytiques provenant d'échantillons de sol prélevés jusqu'à une profondeur maximale de 2 m lors des investigations menées en mars 2014 et en janvier 2021.

Pour cette voie d'exposition, l'ensemble des composés analysés détectés au moins une fois dans les échantillons pris en compte, à savoir les HCT C₅-C₄₀, les BTEX, les HAP, les COHV, les PCB, les métaux ainsi que les dioxines et furanes, a été considéré.

Compte tenu du nombre d'échantillons considérés (24 échantillons) et considérant qu'une personne travaillant en extérieur sera amenée à se déplacer sur l'ensemble du site, les concentrations résiduelles retenues pour les sols de surface correspondent aux moyennes des concentrations mesurées dans les échantillons de sol pris en compte. Les moyennes sont, en effet, considérées comme suffisamment représentatives de la qualité résiduelle des sols de surface au droit du site. A titre conservateur, les moyennes des teneurs ont été calculées en considérant une concentration égale à la limite de quantification du laboratoire pour les échantillons dans lesquels les composés ne sont pas détectés.

Par ailleurs, les métaux dont les teneurs résiduelles maximales sont inférieures au bruit de fond géochimique national (à savoir les gammes de concentrations couramment observées dans les « sols ordinaires » en France, publiées en août 2004 par l'Institut National de Recherche Agronomique) ne sont pas retenus. Ainsi, l'arsenic, le cadmium, le chrome et le nickel n'ont pas été pris en compte pour les calculs.

Concernant les HCT, en l'absence d'information sur la nature (aliphatique ou aromatique) des coupes détectées dans les sols, les fractions ont été assimilées à des aromatiques, plus pénalisantes en termes de toxicité. L'approche suivie est par conséquent majorante.

Les concentrations prises en compte pour chaque composé sélectionné dans les sols de surface selon la méthodologie présentée ci-avant sont détaillées dans le **Tableau 5**.

6.2.2 Modélisation des concentrations d'exposition dans l'air intérieur

Outre les concentrations sources retenues dans les milieux souterrains, les principales données nécessaires à la modélisation des concentrations d'exposition dans l'air intérieur pour la voie d'exposition par inhalation de vapeurs sont :

- les caractéristiques des sols ;
- les paramètres physico-chimiques des composés identifiés ;
- les caractéristiques du lieu d'exposition des futurs usagers.

Ces données sont décrites dans les paragraphes suivants.

6.2.2.1 Caractéristiques des sols

Profondeur de la source « Gaz du sol »

Les gaz du sol ont été prélevés au droit des piézaires crépinés entre 1 et 1,5 m de profondeur par rapport à la surface du sol. Pour la modélisation des concentrations d'exposition, la source « gaz du sol » a été considérée présente directement sous la dalle du futur bâtiment, selon un niveau d'approche majorant. En effet, la présence de composés organiques volatils, même de façon résiduelle, ne peut être exclue dans le premier mètre de sol par rapport à la surface.

Paramètres liés au type de sol

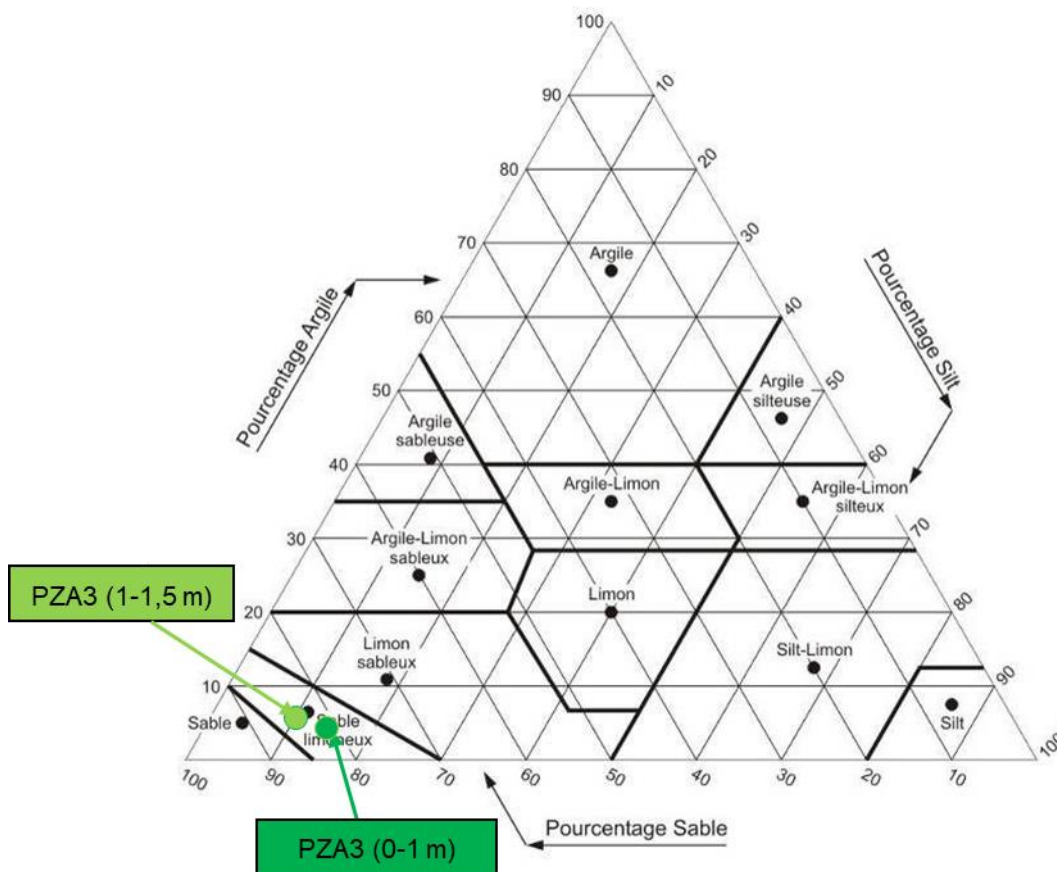
Les propriétés physiques des sols (porosité, taux d'humidité, densité) interviennent dans les équations de Johnson & Ettinger, utilisées pour modéliser les concentrations d'exposition par inhalation. Dans ce contexte, une classification des sols basée sur des critères granulométriques a été définie par l'US Soil Conservation Service (US Soil Conservation Service Classification Chart, Nielson and Rogers, 1990). Pour chaque type de sol de cette classification (voir diagramme ci-après), des valeurs moyennes des paramètres d'entrée du modèle ont été définies.

Le type de sol déterminant pour la modélisation est celui situé entre la profondeur de la source considérée et le niveau du sol. Dans le cadre de la présente étude, les caractéristiques physiques des sols sur le site ont été définies d'après :

- les observations effectuées lors des travaux de terrain, qui ont globalement montré la présence de remblais sablo-graveleux à sablo-limoneux jusqu'à environ 1 à 2,5 m de profondeur ;

- les analyses granulométriques effectuées en janvier 2021 sur les 2 échantillons de sol prélevés au droit du piézair PZA3 entre 0 et 1 m de profondeur et entre 1 et 1,5 m de profondeur respectivement. Les résultats de ces analyses sont repris dans le **Tableau 1C** et illustrés sur le diagramme ci-après, ont mis en évidence la présence de remblais dans une matrice de type « **Sable limoneux** ».

Figure B : Diagramme de classification des sols



Source : US Soil Conservation Service Classification ("Documentation for EPA's implementation of the Johnson & Ettinger Model to evaluate site specific vapor intrusion into buildings", US Environmental Protection Agency, Version 6.0, September 2017)

Ainsi, les terrains au droit du site ont été caractérisés dans la modélisation par un sol de type « **Sable limoneux** », pour caractériser les remblais situés directement sous le radier du bâtiment, selon une approche majorante.

Les paramètres définis par défaut par l'US EPA⁹ pour ce type de sol sont présentés dans le tableau ci-après.

⁹ Documentation for EPA's implementation of the Johnson & Ettinger Model to evaluate site specific vapor intrusion into buildings", US EPA, Version 6.0, September 2017

Tableau H : Paramètres définis par l'US EPA pour un « Sable limoneux »

Paramètre	Sable limoneux
Porosité totale	39,0 %
Teneur en eau volumique	7,6 %
Densité du sol	1,62 g/cm ³

6.2.2.1 Paramètres physico-chimiques des composés

Les paramètres physico-chimiques des composés conditionnent leur volatilité et donc leur capacité à migrer dans la zone non saturée. Les données physico-chimiques reprises dans les fiches de données toxicologiques et environnementales de l'Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques (INERIS) ont été considérées prioritairement. Le **Tableau B1** en fin d'**Annexe B** présente les paramètres utilisés pour les différents composés considérés.

6.2.2.2 Caractéristiques du lieu d'exposition des futurs usagers

La modélisation des concentrations d'exposition en air intérieur nécessite un certain nombre de paramètres pour caractériser les lieux fréquentés par les usagers. En l'absence d'informations sur les caractéristiques des futurs bâtiments qui seront implantés au droit du site, certains paramètres (taille du bâtiment, largeur des fissures de la dalle) définis par défaut dans le modèle de l'US EPA et correspondant à une maison de plain-pied ont été utilisés. Les caractéristiques du lieu d'exposition considéré en intérieur sont résumées dans le tableau ci-après.

Tableau I : Paramètres considérés pour le lieu fréquenté par les futurs usagers

Paramètre	Bâtiment à usage industriel ou équivalent
Taille du bâtiment	
longueur (m)	15 ⁽¹⁾
largeur (m)	10 ⁽¹⁾
hauteur (m)	2,5 ⁽²⁾
Epaisseur de la dalle béton (cm)	15 ⁽²⁾
Largeur des fissures (cm)	0,3 ⁽¹⁾
Taux de renouvellement de l'air (h ⁻¹)	1 ⁽³⁾
$Q_{soil}^{(4)} / Q_{building}^{(5)}$	0,003 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Paramètres par défaut du modèle Johnson & Ettinger (US EPA, septembre 2017), usuellement utilisés pour modéliser les espaces intérieurs des habitations.

⁽²⁾ Hypothèse pénalisante pour un local à usage professionnel, en particulier dans le cas de l'accueil d'activités industrielles.

⁽³⁾ Valeur minimale réglementaire pour un local à usage professionnel.

⁽⁴⁾ Flux de vapeurs vers le bâtiment.

⁽⁵⁾ Taux de ventilation du bâtiment.

6.3 Quantification des risques sanitaires

La quantification des risques sanitaires a été réalisée sur la base des concentrations modélisées dans l'air intérieur pour la voie d'exposition par inhalation de vapeurs et de celles rencontrées dans les sols superficiels pour la voie d'exposition par ingestion accidentelle de sol de surface, des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) qui permettent de quantifier la toxicité des substances et des paramètres d'exposition.

6.3.1 Méthodologie de sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)

Les substances évaluées peuvent avoir deux types d'effets toxicologiques :

- les effets à seuil, définis comme des effets survenant au-delà d'une certaine dose d'exposition à un composé donné. En dessous de cette dose, il n'y a pas d'effet sur la santé. Au-delà de cette dose, l'apparition d'un effet sanitaire chronique est possible. La VTR s'exprime différemment suivant la voie d'exposition de l'organisme. Pour une exposition par inhalation, la VTR, appelée Concentration Admissible dans l'Air (CAA), s'exprime en masse de substance par mètre cube d'air inhalé ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) et correspond à la concentration tolérable de produit dans l'air ambiant à laquelle un individu, y compris sensible, peut être exposé sans constat d'effets néfastes. Pour une exposition par ingestion, la VTR correspond à une dose ($\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$) et se nomme Dose Journalière Admissible (DJA) ;
- les effets sans seuil, définis comme des effets qui peuvent apparaître quelle que soit la dose reçue. La probabilité de survenue d'un effet croît avec la dose. Ces effets peuvent être de type cancérogène ou mutagène. La VTR s'exprime alors en Excès de Risque Unitaire (ERU) qui correspond à la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un effet s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance. Pour une exposition par inhalation, la VTR s'exprime en l'inverse de la concentration dans l'air, soit en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ et correspond à l'ERU_i (Excès de Risque Unitaire par Inhalation). Pour une exposition par ingestion, la VTR s'exprime en l'inverse d'une dose $[(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}]$ et correspond à l'ERU_o (Excès de Risque Unitaire par voie Orale).

Les VTR sont recherchées auprès d'organismes français de référence (ANSES¹⁰ et INERIS) et dans les bases de données internationales (IRIS¹¹ de l'US EPA, ATSDR¹², OMS¹³, Santé Canada, RIVM¹⁴, OEHHA¹⁵, EFSA¹⁶) et sont sélectionnées en accord avec la note d'information de la DGS et de la DGPR n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014¹⁷.

Elles sont recherchées à la fois pour les effets à seuil et les effets sans seuil. Lorsqu'il existe des effets à seuil et sans seuil pour une même substance, les deux VTR sont retenues afin de mener les évaluations pour chaque type d'effet.

¹⁰ Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail.

¹¹ Integrated Risk Information System, US EPA.

¹² Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

¹³ Organisation Mondiale de la Santé.

¹⁴ Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (National Institute of Public Health and the Environment).

¹⁵ Office of Environmental Health Hazard Assessment.

¹⁶ Autorité européenne de sécurité des aliments (European Food Safety Authority).

¹⁷ Note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

Pour les voies d'exposition considérées, les VTR définitives sont privilégiées par rapport aux VTR provisoires. Les VTR correspondant à une exposition chronique (caractérisée par une durée d'exposition généralement supérieure à un an et une administration réitérée de faibles doses) sont également privilégiées, car elles sont cohérentes avec les durées d'exposition généralement considérées dans les ARR.

La méthodologie globale de sélection des VTR ainsi que la toxicologie des composés traceurs des risques sont détaillées en **Annexe C**. Les VTR retenues pour une exposition chronique par inhalation et ingestion ainsi que les pouvoirs cancérogènes sont présentés dans les tableaux en fin de cette annexe.

6.3.2 Méthodologie de calculs des risques

Les calculs de risque ont été réalisés, en considérant indépendamment les effets à seuil et les effets sans seuil.

6.3.2.1 Estimation du risque pour les effets à seuil

Pour les effets à seuil, le risque est exprimé par un Quotient de Danger (QD) calculé en fonction de :

- la Concentration Moyenne dans l'Air (CMA) et la Concentration Admissible dans l'Air (CAA) pour une exposition par inhalation, exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- la Dose Journalière d'Exposition (DJE) et la Dose Journalière Admissible (DJA) pour une exposition par ingestion, exprimées en $\text{mg}/\text{kg}/\text{jour}$.

Ainsi le QD est calculé de la manière suivante :

- pour une exposition par inhalation :

$$\text{QD} = \text{CMA} / \text{CAA}$$

Avec :

$$\text{CMA} = \text{C}_{\text{air}} \times \frac{\text{EF} \times \text{FE} \times \text{T}}{365 \times 24 \times \text{T}_m}$$

Où :

C_{air} : Concentration modélisée dans l'air intérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

EF : Fréquence d'exposition : nombre de jours par an d'exposition (j/an)

FE : Durée d'exposition journalière : nombre d'heures d'exposition par jour (h/j)

T : Durée d'exposition (an)

T_m : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (an)

- pour une exposition par ingestion :

$$QD = DJE / DJA$$

Avec :

$$DJE = C_{sol} \times \frac{T_{ing} \times EF \times T}{365 \times M \times T_m}$$

Où :

C_{sol} : Concentration mesurée dans les sols (mg/kg)

T_{ing} : Quantité de sol ingérée par jour (mg/j)

M : Masse corporelle (kg)

Il convient de noter que dans le cadre de cette étude, un facteur de bioaccessibilité de 100 % a été supposé dans le calcul de la DJE pour chacun des composés considérés. Cette hypothèse constitue une approche majorante, étant donné qu'en pratique seule une fraction du composé présente dans les sols peut potentiellement être « absorbée » dans l'organisme d'un individu (au regard de sa forme dans les sols, libre ou complexée).

Pour les effets à seuil, l'exposition moyenne est calculée sur la durée effective d'exposition, soit $T = T_m$.

Les QD sont calculés pour chaque substance. Selon un premier niveau d'approche, les QD calculés pour les différents composés ont été additionnés. Cette approche est majorante, car toutes les substances n'ont pas les mêmes mécanismes d'action et les mêmes organes-cibles. Si nécessaire, une approche plus fine, consistant à sommer les QD pour des organes-cibles identiques, peut être suivie.

Conformément à la méthodologie française, la valeur de référence pour le QD est 1. Une valeur du QD supérieure à 1 montre la nécessité d'une analyse plus approfondie afin de quantifier un risque éventuel.

6.3.2.2 Estimation du risque pour les effets sans seuil

Aucune valeur seuil ne pouvant être déterminée pour ces effets, le risque de développer un effet néfaste en raison de l'exposition à un composé est calculé pour un récepteur sous la forme d'un Excès de Risque Individuel (ERI), en fonction de l'Excès de Risque Unitaire pour l'Inhalation (ERU_i) ou de l'Excès de Risque Unitaire pour la voie Orale (ERU_o), de la manière suivante :

- pour une exposition par inhalation : $ERI = CMA \times ERU_i$;
- pour une exposition par ingestion : $ERI = DJE \times ERU_o$.

La CMA et la DJE sont calculées selon les équations présentées précédemment. Pour les effets sans seuil, T_m est assimilé à la durée de la vie entière (par convention, $T_m = 70$ ans).

Comme pour les quotients de danger, les excès de risque individuels sont calculés pour chaque substance. Les excès de risque individuel sont sommés pour l'ensemble des substances considérées.

Conformément à la méthodologie française, la valeur de référence pour l'ERI est de 10^{-5} (soit, à ce niveau d'exposition, une probabilité calculée de 1 sur 100 000 de développer un effet sans seuil). Une valeur supérieure à 10^{-5} montre la nécessité d'une analyse plus approfondie afin de quantifier un risque éventuel.

6.3.3 Paramètres d'exposition

Les paramètres d'exposition retenus dans le cadre d'une exposition professionnelle, représentatifs de la population française, sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau J : Paramètres d'exposition professionnelle considérés

Paramètre	Exposition professionnelle
Durée d'exposition journalière (FE) (h/j)	8 ⁽¹⁾
Fréquence d'exposition (EF) (j/an)	220 ⁽²⁾
Durée d'exposition (T) (an)	30 ⁽³⁾
Durée de vie (T_m) (an)	70 ⁽³⁾
Taux d'ingestion de sol (T_{Ing}) (mg/j)	16,7 ⁽⁴⁾
Masse corporelle (M) (kg)	61 ⁽⁵⁾

⁽¹⁾ Durée légale du travail en France.

⁽²⁾ Exposition de 5 jours sur 7, pendant 44 semaines (incluant jours fériés et RTT).

⁽³⁾ Valeurs conventionnellement utilisées dans les ARR.

⁽⁴⁾ Taux d'ingestion quotidien conservateur de 50 mg/j considéré par l'INERIS, ajusté afin de prendre en compte le fait que les employés ne sont présents sur site qu'un tiers de leur journée (soit un taux d'ingestion de sol de 50 mg réparti sur une période de 8 heures sur 24 heures).

⁽⁵⁾ Statistiques descriptives de la masse corporelle déclarée (hommes + femmes). Pour les adultes : masse corporelle moyenne tous âge et sexe confondus (InVS¹⁸, 2012)¹⁹.

6.3.4 Résultats des calculs de risques

Les niveaux de risques potentiels ont été quantifiés, selon la méthodologie et les hypothèses présentées ci-avant, pour l'exposition des futurs employés du site par inhalation potentielle de vapeurs provenant des sols et/ou des eaux souterraines à l'intérieur d'un bâtiment, ainsi que par ingestion accidentelle de sol de surface.

Les résultats des calculs de risques sont présentés en détail dans les **Tableaux 4 et 5**. Le tableau ci-après présente une synthèse de ces résultats.

¹⁸ Institut national de Veille Sanitaire, actuellement Santé Publique France.

¹⁹ Rapport InVS de 2012 intitulé « Synthèse des travaux du Département de Santé Environnement de l'Institut de Veille Sanitaire sur les variables humaines d'exposition ».

Tableau K : Synthèse des niveaux de risques calculés

Scénario	Niveaux de risques pour une exposition professionnelle	
	Effet à seuil $\sum QD$	Effet sans seuil $\sum ERI$
Inhalation de vapeurs en intérieur (Scénario 1)	0,001	$3,4.10^{-7}$
Ingestion accidentelle de sol de surface (Scénario 2)	0,080	$2,3.10^{-7}$
Cumul des scénarios	0,081	$5,7.10^{-7}$
<i>Valeur de référence</i>	1	$1,0.10^{-5}$

Ce tableau indique que les sommes des niveaux de risques calculés pour chacun des scénarios, ainsi qu'en cumul, sont inférieures aux valeurs de référence de 1 et 10^{-5} pour les effets à seuil et pour les effets sans seuil respectivement.

Ainsi, sur la base des données actuellement disponibles et des hypothèses détaillées précédemment, l'état environnemental actuel des milieux souterrains (sols et/ou eaux souterraines) au droit du site est compatible avec l'usage actuel du site, et donc *a fortiori* l'état résiduel des milieux souterrains, suite à la mise en œuvre des mesures de gestion, sera compatible avec l'usage futur retenu (à savoir de type industriel ou équivalent, similaire à celui exercé par SARD lors de la dernière période d'exploitation).

Il est en outre rappelé que l'évaluation de l'exposition par inhalation de vapeurs a été menée sur la base des teneurs maximales mesurées dans les gaz du sol prélevés dans le cadre d'une unique campagne de prélèvement (janvier 2021), et qu'elle ne prend donc notamment pas en compte l'amélioration de la qualité des milieux souterrains attendue au droit de la zone des anciennes cuves suite à la réalisation des travaux de réhabilitation envisagés.

6.4 Analyse des incertitudes

Cette section présente une analyse des incertitudes selon la méthodologie en vigueur. Le but de cette analyse est d'évaluer les incertitudes associées aux calculs de risques.

Les principales étapes de l'évaluation des risques sont :

- l'établissement du modèle conceptuel ;
- la caractérisation des concentrations sources résiduelles ;
- l'estimation des concentrations d'exposition dans l'air intérieur ;
- la quantification des risques.

Les incertitudes associées à chaque étape sont discutées dans les paragraphes suivants.

6.4.1 **Modèle conceptuel**

Le modèle conceptuel a été élaboré sur la base du schéma conceptuel présenté dans le Chapitre 4, de l'usage futur pressenti, des teneurs résiduelles laissées en place dans les sols suite à la mise en œuvre des mesures de gestion, ainsi que celles mesurées dans les eaux souterraines. Au regard de l'usage futur, l'exposition professionnelle par inhalation potentielle de vapeurs à l'intérieur et/ou à l'extérieur d'un bâtiment constitue le scénario d'exposition le plus pertinent.

En complément et en dépit du fait que dans le cadre de l'usage futur retenu (usage industriel ou équivalent comparable à celui de la dernière période d'activité), les surfaces sont usuellement recouvertes par des voiries, des bâtiments et/ou des zones enherbées, l'exposition professionnelle par contact direct avec les sols de surface a également été considérée selon le principe de précaution, dans le cas notamment d'un découverture local du site. En effet, à ce titre, il est à préciser qu'actuellement le site est quasi entièrement recouvert par des voiries et/ou des bâtiments.

Concernant l'exposition par inhalation de vapeurs, seule l'exposition en intérieur a été évaluée quantitativement. En effet, du fait de concentrations d'exposition et d'un temps de présence moins importants, l'exposition en extérieur est considérée négligeable devant celle en intérieur.

Concernant l'exposition par contact direct, seule l'ingestion accidentelle de sol de surface a été évaluée de manière quantitative. Le contact cutané n'a pas été évalué au regard de la méthodologie actuelle qui précise : « *[les pétitionnaires] ne doivent, en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR [Valeur Toxicologique de Référence] pour la voie cutanée, envisager aucune transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire* ». De plus, l'exposition par inhalation de poussières de sol n'a également pas été évaluée quantitativement, car usuellement négligeable au regard notamment du taux d'ingestion de particules de sol qui est plus important que celui d'inhalation.

Par ailleurs, considérant que les personnes amenées à être présentes de manière occasionnelle au droit du site (visiteurs, service de ménage notamment) présentent des durées d'exposition plus faibles que celles des employés du site, ces derniers correspondent aux populations retenues dans la présente ARR.

6.4.2 **Caractérisation des concentrations sources résiduelles**

6.4.2.1 **Exposition par inhalation de vapeurs (Scénario 1)**

Les concentrations d'exposition dans l'air intérieur ont été modélisées à partir des concentrations mesurées dans les gaz du sol prélevés en janvier 2021 au droit des 3 piézajais implantés au droit du site.

Dans la présente ARR, les données de qualité des gaz du sol ont été privilégiées, du fait que la mesure directe dans le milieu de transfert (gaz du sol) permet d'intégrer les vapeurs de composés provenant à la fois des sols et/ou des eaux souterraines et de réduire les incertitudes en s'affranchissant d'une étape de modélisation par rapport à une approche fondée sur l'utilisation des résultats des analyses réalisées sur les sols et les eaux souterraines. Aussi, quelle que soit la zone évaluée, d'une manière générale, il convient également de souligner le caractère conservateur de l'utilisation d'un modèle d'estimation des concentrations d'exposition.

Concernant les données de caractérisation du sous-sol, il est à noter que celles-ci englobent essentiellement la zone source identifiée au droit du site (PZA1), ainsi que d'autres zones supposées à risque par rapport aux activités exercées au droit du site et ayant mis en œuvre des substances volatiles (PZA2 et PZA3). Les échantillons de gaz du sol prélevés ont été analysés pour les principaux composés organiques volatils mis en évidence dans les sols et/ou les eaux souterraines au droit du site, à savoir les HCT volatils C₅-C₁₆, les BTEX, le naphthalène (seul HAP volatil) et les COHV. Ainsi le programme analytique mis en œuvre apparaît adapté.

Les calculs de risques ayant été menés à partir des teneurs maximales mesurées dans 3 échantillons de gaz du sol prélevés en janvier 2021 au droit des piézaires PZA1 à PZA3, l'approche suivie est considérée comme majorante. A ce titre, il convient de préciser que la qualité des gaz du sol a été évaluée à partir d'une unique campagne de prélèvements.

Or, les concentrations dans les gaz du sol pouvant varier notamment en fonction des conditions météorologiques (pression atmosphérique, pluviométrie, etc.), la prise en compte de ces données analytiques peut être accompagnée d'un certain nombre d'incertitudes (la campagne de janvier 2021 a été menée dans des conditions météorologiques moyennement favorables au dégazage des produits volatils présents dans le sous-sol : conditions dépressionnaires ascendantes avant et pendant la campagne). Toutefois, il convient de noter que les niveaux de risques ont été calculés à partir des teneurs mesurées actuellement dans les gaz du sol, notamment sans tenir compte de l'amélioration attendue dans les sols suite à la mise en œuvre des mesures de gestion, et indirectement dans les gaz du sol. En particulier, le piézair présentant les teneurs globalement les plus élevées dans les gaz du sol (PZAA1) est implanté au droit de la zone des anciennes cuves où sont envisagées des mesures de gestion (excavation de terres impactées au droit des sondages SB1, S5 et S6bis). L'approche retenue est par conséquent jugée conservatrice.

6.4.2.2 Exposition par ingestion accidentelle de sol de surface (Scénario 2)

La qualité résiduelle des sols de surface du site a été appréciée sur la base de 24 échantillons de sol prélevés jusqu'à une profondeur maximale de 2 m dans les terres (constituées essentiellement de remblais) restant en place au droit du site à l'issue de la mise en œuvre des mesures de gestion. A ce titre, il convient de préciser que du fait du recouvrement actuel de la quasi-totalité du site, les sols de surface sont susceptibles d'être rencontrés, dans le cas du retrait des épaisseurs de bitume et des dalles actuellement en place, à partir d'une profondeur variant de 0,1 à 1 m par rapport à la surface.

Les échantillons de sol pris en compte ont été analysés pour une large gamme de composés, dont notamment ceux en lien avec les activités exercées sur le site et identifiés lors des investigations antérieures, à savoir les métaux, les HCT C₅-C₄₀, les BTEX, les HAP, les COHV, les PCB, les dioxines/furanes, le phénol et les cyanures.

Pour la voie d'exposition par ingestion accidentelle de sol de surface, les calculs de risques ont été effectués en considérant les moyennes des teneurs mesurées dans les échantillons de sol prélevés dans les terres laissées en place et situées entre 0 et 2 m de profondeur. Compte tenu de la superficie du site (31 000 m²), du nombre d'échantillons pris en compte, du fait que cette voie d'exposition est retenue selon une approche très sécuritaire dans un contexte industriel ou équivalent, et considérant qu'une personne travaillant en extérieur sera amenée à se déplacer sur l'ensemble des parties extérieures du site, l'utilisation de la moyenne des teneurs mesurées dans l'ensemble des échantillons pris en compte est considérée plus représentative.

Il est néanmoins à noter que la prise en compte des teneurs maximales mesurées dans ces échantillons de sol engendrerait des niveaux de risques (QD et ERI respectifs de 0,24 et $8,7 \cdot 10^{-7}$) jusqu'à un ordre de grandeur plus élevés que ceux calculés avec les moyennes (QD et ERI respectifs de 0,08 et $2,3 \cdot 10^{-7}$), mais ne seraient néanmoins pas de nature à modifier les conclusions de cette étude.

Concernant les HCT, en l'absence d'information sur la nature (aliphatique ou aromatique) des coupes détectées, celles-ci ont été assimilées à des aromatiques, plus pénalisantes en termes de toxicité. Là encore, l'approche suivie est considérée majorante. A titre informatif, les HCT ne contribuant qu'à environ 0,9 % des niveaux de risques calculés pour les effets à seuil, la prise en compte d'une autre répartition ne serait pas de nature à modifier de manière significative les conclusions de cette étude.

6.4.3 Modélisation des concentrations dans l'air ambiant

Pour le Scénario 1, les concentrations d'exposition par inhalation de vapeurs ont été simulées à partir d'un modèle estimant les transferts de composés directement depuis le milieu de transfert (gaz du sol) jusque vers le milieu d'exposition (air intérieur). Le modèle utilisé est basé sur les équations de Johnson & Ettinger.

Dans le cas de la présente étude, des paramètres spécifiques au site ont été pris en compte en application du principe de spécificité s'ils étaient disponibles. Pour les paramètres non mesurables, ceux par défaut du modèle ou provenant de la littérature ont été utilisés. Une analyse de cette caractérisation est présentée dans les paragraphes qui suivent.

Les principaux paramètres nécessaires au modèle sont :

- les caractéristiques des sols, qui constituent le milieu de transfert, et les eaux souterraines ;
- les paramètres physico-chimiques des composés modélisés ;
- les caractéristiques des lieux d'exposition.

6.4.3.1 Caractéristiques des sols

Profondeur des sources

Profondeur du milieu « Gaz du sol »

Les teneurs mesurées dans les gaz du sol ont été considérées directement (à 1 cm) sous le radier des futurs bâtiments. L'approche suivie est par conséquent majorante.

Type de sol

Le type de sol utilisé dans les modélisations pour caractériser les sols présents depuis la surface jusqu'à la profondeur de la source « gaz du sol » ont été définis sur la base des analyses granulométriques réalisées au niveau d'échantillons de sol prélevés dans les remblais au droit du site lors des investigations de janvier 2021. Ils correspondent ainsi à un « Sable limoneux » jusqu'à environ 1,5 m de profondeur. L'approche suivie est considérée adaptée pour caractériser les remblais.

6.4.3.2 Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques des composés caractérisent leur potentiel migratoire. Les paramètres utilisés dans la présente étude ont été vérifiés et mis à jour selon l'évolution des connaissances en la matière, grâce à la consultation de bases de données diverses. Les données proposées par l'INERIS dans ses fiches de données toxicologiques et environnementales ont été privilégiées par rapport à toute autre, car elles ont fait l'objet d'une étude critique de la part de cet institut.

Il est considéré que les valeurs des paramètres physico-chimiques utilisées pour l'évaluation des risques sont adaptées.

6.4.3.3 Caractéristiques du lieu d'exposition

Les paramètres du lieu d'exposition utilisés pour l'évaluation de l'exposition par inhalation de vapeurs en intérieur sont les valeurs par défaut proposées par le modèle de l'US EPA, représentatifs d'une maison de plain-pied, utilisées dans le cadre d'une approche majorante pour définir des locaux accueillant des activités industrielles ou équivalentes.

Concernant le taux de renouvellement d'air, la valeur minimale réglementaire (1 h^{-1}) pour des locaux professionnels a été considérée, selon une approche majorante. Il convient de noter que cette valeur est pénalisante pour des bâtiments accueillant des activités industrielles qui sont généralement mieux ventilés que des locaux à usage tertiaire.

Par ailleurs, les concentrations modélisées dans l'air intérieur et donc les niveaux de risques calculés sont directement proportionnels à ce paramètre, ainsi qu'à la taille des pièces modélisées.

6.4.4 Quantification des risques

Les incertitudes concernant l'évaluation des risques sont associées aux paramètres d'exposition retenus pour chaque scénario et aux VTR utilisées.

6.4.4.1 Paramètres d'exposition

De manière générale, les paramètres d'exposition correspondent à des valeurs usuellement considérées pour les ARR (nombre d'années d'exposition et durée de vie notamment) ou sont fondés sur des paramètres spécifiques à la population française (masse corporelle, durée légale du travail, taux d'ingestion de sol).

Ainsi, conformément au principe de spécificité, la durée légale définie par le Code du Travail français, soit une durée journalière de 8 heures par jour pendant 220 jours par an, a été retenue.

Par ailleurs, pour la voie d'exposition par ingestion accidentelle de sol (Scénario 2), a été retenu un taux d'ingestion de sol recommandé par le guide du Ministère en charge de l'Environnement « Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » d'avril 2017 (50 mg/jour pour les adultes, ajusté au temps de travail sur site). Il est néanmoins à noter que la prise en compte d'un taux d'ingestion de 50 mg/jour non ajusté engendrerait des niveaux de risques (QD et ERI respectifs de 0,24 et $6,8 \cdot 10^{-7}$) pour le Scénario 2 plus élevés d'un facteur 3 environ à ceux calculés dans le cadre de la présente ARR (QD et ERI respectifs de 0,08 et $2,3 \cdot 10^{-7}$), mais ne seraient néanmoins pas de nature à modifier les conclusions de cette étude. En complément, pour l'exposition par ingestion, il a été supposé que 100 % des composés retenus peuvent potentiellement être « disponibles » c'est-à-dire non complexés ou liés à la matrice sol et pouvant être extraits par les fluides digestifs de l'organisme d'un individu. Cette approche est jugée sécuritaire.

6.4.4.2 Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) utilisées pour les calculs de risques sont des valeurs spécifiques à la voie d'exposition étudiée dans la mesure où ces dernières étaient disponibles. Les VTR sont établies pour l'ensemble de la population dont les personnes sensibles (enfants, personnes âgées, etc.) et sont considérées comme étant les valeurs les plus adaptées, correspondant aux meilleures données disponibles dans l'état actuel des connaissances.

Les VTR utilisées sont recueillies auprès d'organismes français de référence (ANSES et INERIS) et des bases de données internationales (OMS, IRIS, ATSDR, RIVM, OEHHA, Santé Canada et EFSA) et sont sélectionnées selon une approche en respect avec la méthodologie française (note d'information de la DGS et de la DGPR n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014).

6.4.5 Bilan des incertitudes

Les principales incertitudes accompagnant les résultats des calculs de risques sont liées à l'utilisation de la modélisation pour évaluer notamment les concentrations dans l'air intérieur.

Aux incertitudes évaluées dans les paragraphes précédents peuvent également s'ajouter celles liées aux connaissances techniques du moment, comme par exemple la validité des valeurs toxicologiques de référence. Ces incertitudes ne sont cependant pas quantifiables.

L'approche suivie pour les calculs de risques est basée sur les informations spécifiques au site (qualité des gaz du sol, type de sol) ou à défaut d'hypothèses représentatives (durée légale du travail, masse corporelle, taux d'ingestion de sol, utilisation des teneurs moyennes mesurées dans les sols de surface pour le Scénario 2) voire majorantes (prise en compte de l'exposition par contact direct dans un contexte professionnel, utilisation des teneurs maximales mesurées dans les gaz du sol pour le Scénario 1, nombre d'année d'exposition).

7. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE

Ce rapport constitue le plan de gestion établi par AECOM pour le site de recherche et de développement pharmaceutique SARD situé à Alfortville (94) dans le cadre de la cessation de ses activités et de sa remise en état afin de le rendre compatible avec un usage futur de type industriel. À ce titre, il constitue le mémoire de réhabilitation établi conformément à l'article R512-39-3 du Code de l'Environnement au titre des obligations réglementaires de SARD.

Ce document fait suite à la caractérisation de l'état environnemental du site obtenue à l'issue des différentes investigations menées en 2014 (dans le cadre d'une démarche pro-active de SARD) et 2021 (dans la perspective de la libération du site). Conformément à la méthodologie de gestion des sites et sols pollués, le plan de gestion consiste ainsi (1) à synthétiser les aspects environnementaux liés à la qualité des différents milieux environnementaux au droit du site, (2) à statuer sur la compatibilité de l'état des milieux avec les usages présents sur le site, (3) à en déduire le schéma conceptuel pour le site, (4) à présenter les mesures de gestion envisagées pour le site et à en évaluer la pertinence selon un bilan coûts – avantages et enfin (5) à présenter l'analyse prédictive des risques résiduels faisant suite à la mise en œuvre de ces mesures de gestion.

Synthèse du contexte environnemental

D'après les informations obtenues lors de l'étude historique mise à jour en 2020, le site SARD d'Alfortville, occupant une surface de 31 000 m² dans une zone à dominante industrielle et d'activité, abrite depuis la fin des années 1980 des activités de développement du médicament. Auparavant, il a été exploité de 1949 à 1969 par la société Papeteries de France pour la fabrication de papiers et/ou d'emballages puis, de 1969 à la fin des années 1980, par des filiales du groupe Rhône-Poulenc pour des activités de stockage et de distribution de spécialités pharmaceutiques et de produits d'hygiène. SARD a cessé l'ensemble de ses activités sur le site au 31 janvier 2021. Le processus administratif de cessation totale d'activité est actuellement en cours.

Cette étude historique a permis d'identifier les zones à risque potentiel de pollution, associées aux activités historiques du site. Il est important de noter qu'aucun incident de pollution avéré associé aux activités actuelles n'a été identifié sur la base des informations disponibles.

Suite à cette mise à jour de l'étude historique, un diagnostic environnemental complémentaire a été réalisé en janvier 2021 en vue de parachever la première phase de diagnostic environnemental menée en 2014. Ces nouvelles investigations ont ainsi eu pour objectif de compléter la caractérisation environnementale au droit de l'ensemble des zones à risque potentiel de pollution identifiées sur le site, mais également plus globalement à l'échelle du terrain, afin de disposer d'une vision actualisée et jugée raisonnablement exhaustive de son état environnemental. Lors de ces deux phases de reconnaissances, l'ensemble des milieux pertinents ont été caractérisés, à savoir les sols, les eaux souterraines et les gaz du sol.

Les principaux résultats obtenus au terme de ces deux phases d'investigations peuvent être résumés comme suit :

- un impact en hydrocarbures (HCT C₁₀-C₄₀) a été mis en évidence dans les sols au droit de la zone des anciennes cuves enterrées d'hydrocarbures, située en limite nord-est du site. Cet impact a été délimité latéralement et verticalement (concernant la zone de battement de la nappe) et n'engendre pas de détérioration significative des autres milieux environnementaux (eaux souterraines et gaz du sol) ;
- les remblais du site, principalement dans sa partie ouest, présentent une qualité intrinsèque médiocre, marquée par une présence (modérée) de quelques métaux (principalement plomb, cuivre et zinc), ne traduisant néanmoins pas d'impact *sensu stricto* ;
- aucun impact des sols, des gaz du sol ni des eaux souterraines au droit des autres zones du site et par les autres composés analysés (BTEX, PCB, HAP, COHV, PFC) n'a été constaté.

Schéma conceptuel

Sur la base du contexte environnemental du site et des résultats de ces études de caractérisation environnementale, un schéma conceptuel a été réalisé en vue de servir de support à la définition des mesures de gestion.

L'usage futur étant de type industriel ou équivalent, les enjeux à protéger identifiés correspondent aux futurs usagers du site (employés ou visiteurs occasionnels), exposés dans le cadre de leur activité professionnelle, population constituée exclusivement d'adultes.

Les voies de transfert potentielles (théoriques compte tenu des constats effectués) identifiées correspondent à :

- la volatilisation puis la migration par diffusion vers la surface de vapeurs de composés volatils provenant des sols, puis leur dilution dans l'air ambiant. La voie d'exposition associée est l'inhalation potentielle de vapeurs dans l'air à l'intérieur ou l'extérieur de bâtiments par les usagers du site exposés dans un contexte professionnel. Cette voie est jugée faible (et n'est présentée qu'à titre théorique), au regard de la nature peu ou pas volatile des impacts en HCT identifiés et de la présence d'autres substances organiques uniquement à l'état de traces dans le milieu de transfert (gaz du sol) ;
- le contact direct des usagers du site avec les sols de surface. Les voies d'exposition associées sont le contact cutané, l'ingestion accidentelle de sol de surface, l'inhalation de particules de sol mises en suspension sous l'effet du vent au droit de zones non recouvertes par des bâtiments, de l'herbe ou des voiries. Il est à noter que cette voie de transfert est usuellement peu pertinente, dans un contexte industriel ou équivalent, du fait du recouvrement de la quasi-totalité du site.

Par ailleurs, du fait de l'absence d'impacts significatifs dans les eaux souterraines en limite aval hydraulique, aucune voie de transfert pertinente vers l'extérieur du site n'a été identifiée.

Mesures de gestion

Dans le cadre de sa cessation d'activités, afin de satisfaire aux obligations de remise en état environnemental en qualité de dernier exploitant du site, au titre de la législation sur les installations classées pour la protection de l'environnement et en conformité avec la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, AECOM préconise de conduire une action ciblée de réhabilitation de la zone source mise en évidence sur son site au droit des anciennes cuves.

L'objectif de cette réhabilitation sera de placer le site dans un état tel qu'il ne puisse durablement porter atteinte aux intérêts environnementaux et sanitaires mentionnés à l'article L. 511-1 du Code de l'environnement.

L'approche de gestion envisagée est en adéquation avec l'objectif mentionné dans les textes réglementaires de 2017 relatifs à la méthodologie de gestion des sites et sols pollués, qui spécifient que la maîtrise des impacts d'un site doit participer « à la démarche globale d'amélioration continue des milieux ».

L'enjeu principal guidant l'approche de réhabilitation correspond ainsi à l'obtention d'une réduction significative de la masse de composés en présence au sein des sols au droit de la zone source et non à l'atteinte de seuils de réhabilitation définis.

Dans ce cadre, considérant un usage futur identique ou similaire à l'usage actuel, et au regard des conclusions du schéma conceptuel, les mesures de gestion retenues sur la base du bilan coûts-avantages sont les suivantes :

- la mise en œuvre de travaux de réhabilitation des sols au droit de la zone source mise en évidence sur le site correspondant à la zone des anciennes cuves. Ces travaux comprendront l'excavation des sols impactés et leur traitement hors site en filière agréée, cette approche permettant notamment un traitement rapide et définitif de la zone source ;
- la conservation de la mémoire de l'état environnemental résiduel du site *via* la création d'un Secteur d'Information sur les Sols (SIS).

Analyse des Risques Résiduels (ARR) prédictive

Afin d'évaluer l'incidence potentielle de l'exposition liée à la qualité résiduelle des milieux au droit du site avec l'usage futur pressenti, suite à la mise en œuvre des mesures de gestion, une Analyse des Risques Résiduels (ARR) prédictive a été menée en application de la méthodologie de gestion des sites et sols pollués. Cette ARR a pour vocation d'évaluer quantitativement les risques sanitaires potentiels liés aux expositions résiduelles, en intégrant les principales caractéristiques du site et de l'usage futur envisagé.

Au terme du modèle conceptuel, deux scénarios ont été évalués de manière quantitative :

- l'exposition potentielle de futurs usagers par inhalation de vapeurs provenant des sols et/ou des eaux souterraines à l'intérieur d'un bâtiment de plain-pied, dans un contexte professionnel ;

Il convient de préciser que l'exposition par inhalation de vapeurs en extérieur étant considérée négligeable par rapport à celle en intérieur, elle n'a pas fait l'objet d'une évaluation quantitative.

Selon une approche conservatrice, les niveaux de risques ont été quantifiés à partir des teneurs maximales mesurées dans les échantillons de gaz du sol prélevés en janvier 2021.

- l'exposition potentielle des futurs usagers par contact direct avec les sols de surface, *via* l'ingestion accidentelle de sol de surface, dans un contexte professionnel.

Dans le cadre d'une approche raisonnablement réaliste, les niveaux de risque ont été calculés sur la base des moyennes des concentrations mesurées dans les échantillons de sol prélevés dans les remblais (soit entre 0 et 2 m de profondeur). Il convient par ailleurs de préciser que l'exposition par contact direct et celle par inhalation de particules de sols n'ont également pas fait l'objet d'une évaluation quantitative, car respectivement n'ont été évaluables selon la méthodologie actuellement en vigueur et négligeable par rapport à celle par ingestion de sol.

À partir de ces hypothèses, les sommes des niveaux de risques calculés pour chacune des voies d'exposition (exposition professionnelle par inhalation potentielle de vapeurs en intérieur et ingestion accidentelle de sol de surface) ainsi qu'en cumul sont inférieures à la fois pour les effets à seuil et pour les effets sans seuil aux valeurs de référence de 1 et 10^{-5} respectivement.

Ainsi, sur la base des données actuellement disponibles et des hypothèses retenues, l'état environnemental actuel des milieux souterrains (sols et/ou eaux souterraines) au droit du site est compatible avec l'usage actuel du site, et donc *a fortiori* l'état résiduel des milieux souterrains, suite à la mise en œuvre des mesures de gestion, sera compatible avec l'usage futur retenu pour la remise en état (à savoir de type industriel ou équivalent, similaire à celui exercé par SARD lors de la dernière période d'exploitation).

LIMITATIONS DU RAPPORT

AECOM France a préparé ce rapport pour l'usage exclusif de Sanofi Aventis Recherche et Développement conformément à la proposition commerciale d'AECOM France n° PAR-A601-20-21525 référencée n° PAR-PRO-20-23964C selon les termes de laquelle nos services ont été réalisés. Le contenu de ce rapport peut ne pas être approprié pour d'autres usages, et son utilisation à d'autres fins que celles définies dans la proposition d'AECOM France, par Sanofi Aventis Recherche et Développement ou par des tiers, est de l'entière responsabilité de l'utilisateur. Sauf indication contraire spécifiée dans ce rapport, les études réalisées supposent que les sites et installations continueront à exercer leurs activités actuelles sans changement significatif. Les conclusions et recommandations contenues dans ce rapport sont basées sur des informations fournies par le personnel du site et les informations accessibles au public, en supposant que toutes les informations pertinentes ont été fournies par les personnes et entités auxquelles elles ont été demandées. Les informations obtenues de tierces parties n'ont pas été vérifiées par AECOM, sauf mention contraire dans le rapport.

Lorsque des investigations ont été réalisées, le niveau de détail requis pour ces dernières a été limité pour atteindre les objectifs fixés par le contrat. Les résultats des mesures effectuées peuvent varier dans l'espace ou dans le temps, et des mesures de confirmation doivent par conséquent être réalisées si un délai important est observé avant l'utilisation de ce rapport.

Lorsque des évaluations de travaux ou de coûts nécessaires pour réduire ou atténuer un passif environnemental identifié dans ce rapport sont effectuées, elles sont basées sur les informations alors disponibles et sont dépendantes d'investigations complémentaires ou d'informations pouvant devenir disponibles. Les coûts sont par conséquent sujets à variation en-dehors des limites citées. Lorsque des évaluations de travaux ou de coûts nécessaires pour une mise en conformité ont été réalisées, ces évaluations sont basées sur des mesures qui, selon l'expérience d'AECOM, pourraient généralement être négociées avec les autorités compétentes selon la législation actuelle et les pratiques en vigueur, en supposant une approche proactive et raisonnable de la part de la direction du site.

FIGURES



Extrait de la carte IGN N° 2314OT, Paris 2003

NORD



LOCALISATION DU SITE

AECOM
AECOM France

Bureau de Paris
10, place de Belgique
92250 La Garenne-Colombe

Titre

PLAN DE GESTION

Lieu

ALFORTVILLE (94)

Client

SANOFI AVENTIS RECHERCHE
ET DEVELOPPEMENT (SARD)

Echelle 1/25 000

Format A4

Date MARS 2021

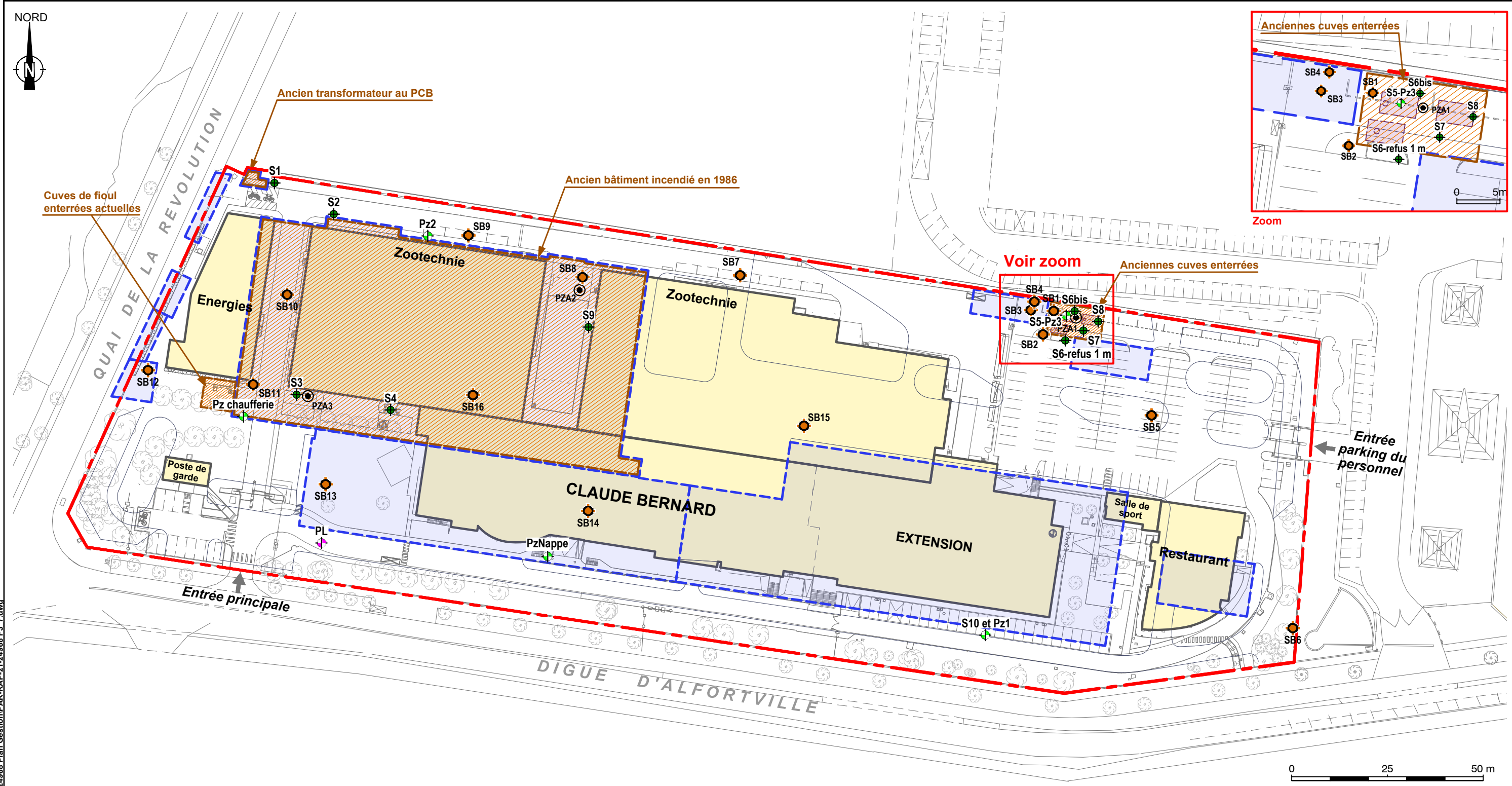
Proj. 60643177

Ref. PAR-RAP-21-24968

Dess. JFJ

Vérif. AGO

FIGURE 1



C:\Data\Sanofi Aventis\Alfortville 60643171900 CAD GIS\PAR-RAP-21-24968 Plan Gestion\PAR-RAP-21-24968 F3 7.dwg

Légende :

Emprises au sol d'anciens bâtiments/installations

Zones à risque potentiel de pollution

Limite du site

Piézomètre nappe alluviale (PZ1, PZ2 et PZ3 installés en mars 2014. Pz nappe et Pz chaufferie pré-existants)

Piézomètre nappe Lutétien (installé en mars 2014)

Sondages de sol réalisés en 2014 (10)

Investigations 2021 :

Sondages de sol (16)

Piézaires (3)

AECOM
AECOM France

Siège social
10, place de Belgique
92250 La Garenne-Colombes

LOCALISATION DES ZONES A RISQUE POTENTIEL DE POLLUTION ET DES INVESTIGATIONS

Titre

PLAN DE GESTION

Lieu

ALFORTVILLE (94)

Cliant

SANOFI AVENTIS RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT (SARD)

Ech. 1/1 000

Date MARS 2021

Proj. 60643177

Ref. PAR-RAP-21-24968

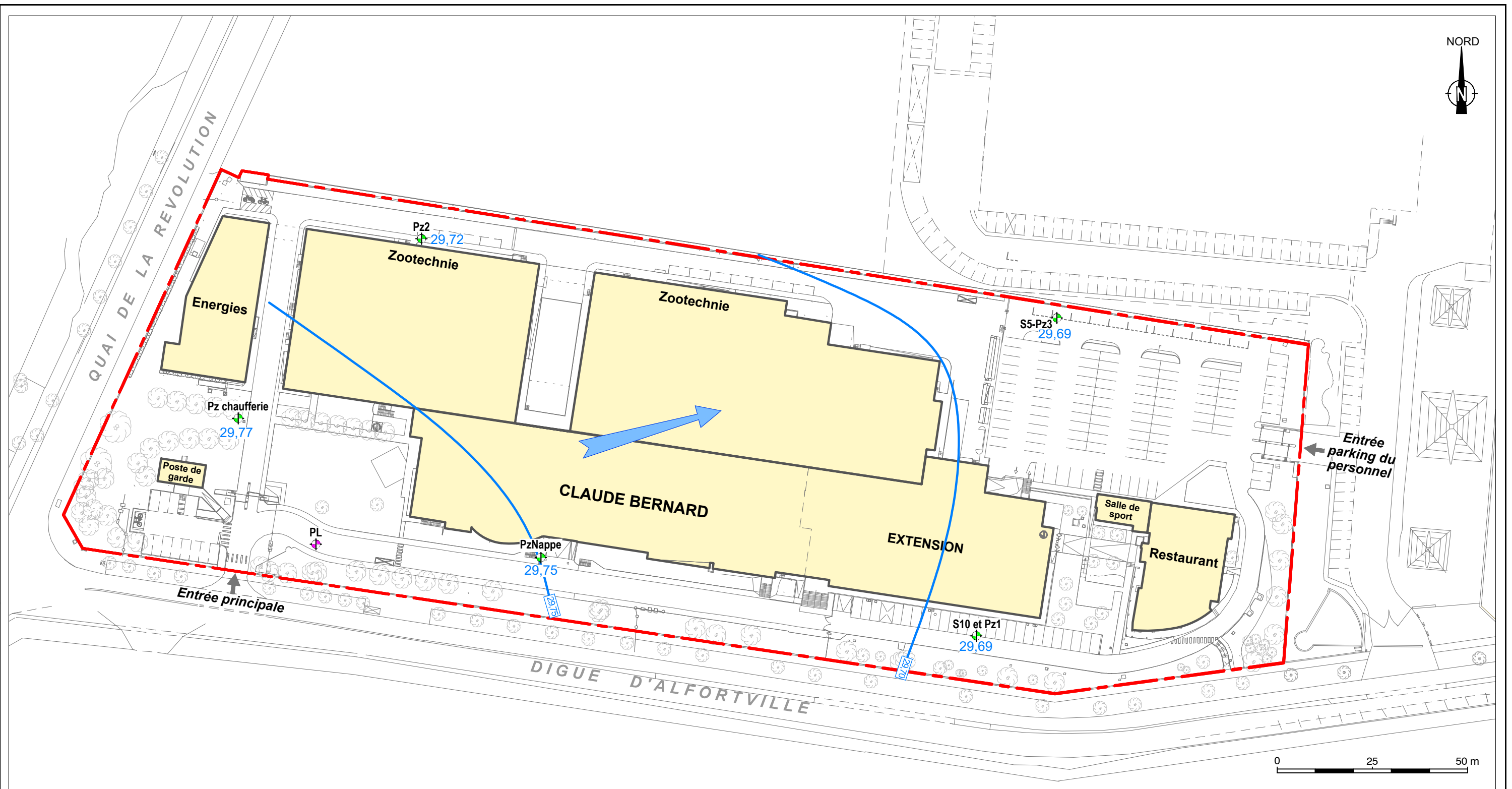
Dess. JFJ

Vérif. AGO

Format A3

FIGURE 3

C:\Data\Sanofi Aventis Alfortville 60643171900 CAD GIS\PAR-RAP-21-24968 Plan Gestion\PAR-RAP-21-24968 F3 7.dwg



Légende :	
	Piézomètre nappe alluvions anciennes
	Piézomètre nappe Lutétien
	Niveaux piézométriques statiques (m NGF)
	Isopièzes interprétées (m NGF)
	Sens d'écoulement interprété des eaux souterraines
	Limite du site

ESQUISSE PIEZOMETRIQUE DE LA NAPPE ALLUVIALE (JANVIER 2021)			
 AECOM France Siège social 10, place de Belgique 92250 La Garenne-Colombes	Titre	PLAN DE GESTION	
	Lieu	ALFORTVILLE (94)	
	Client	SANOFI AVENTIS RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT (SARD)	
		Ech. 1/1 000	Format A3
		Date MARS 2021	
		Proj. 60643177	
		Ref. PAR-RAP-21-24968	
		Dess. JFJ	Vérif. AGO
		FIGURE 4	

Sondage	SB10	SB10	SB10
Profondeur	1,1-5	2,5-3	3,5-4
arsenic	19	10	11
baryum	120	110	79
cadmium	0,39	0,35	0,35
chrome	26	42	25
cuivre	24	55	8,8
mercure	0,38	0,36	<0,05
plomb	80	210	13
nickel	16	14	17
zinc	100	140	70
HCT C ₁₅ -C ₂₀	<20	26	<20
chloration de vinyle	<0,02	0,03	<0,02
Somme 16 HAP	0,63	6,40	0,45

Sondage	S1
Profondeur	0,5-1
HCT C ₁₅ -C ₂₀	263

Sondage	S2	S2
Profondeur	0,5-1,5	2-3
arsenic	22,9	13,1
baryum	131	134
cadmium	0,44	<0,40
chrome	14,1	19,5
cuivre	302	25,3
mercure	0,54	0,26
plomb	394	26,9
nickel	9,14	14,3
zinc	224	83,2
molybdène	1,33	<1,00
vanadium	15	24
trichloroéthylène	0,05	<0,05
Somme 16 HAP	1,83<x<2,08	<0,800

Sondage	SB9	SB9	SB9
Profondeur	1-1,7	2,5-3	3,5-4
arsenic	12	11	6,0
baryum	110	81	40
cadmium	0,34	0,22	0,21
chrome	23	22	13
cuivre	28	22	4,1
mercure	0,68	0,44	<0,05
plomb	71	44	<10
nickel	17	14	9,1
zinc	110	84	29
trichloroéthylène	0,21	0,12	<0,02
Somme 16 HAP	1,2	0,62	<0,16

Sondage	SB8	SB8	SB8
Profondeur	1,1-5	2,2-5	3,5-4
arsenic	6,8	16	14
baryum	76	170	65
cadmium	0,23	0,41	0,32
chrome	12	36	28
cuivre	13	38	7,7
mercure	0,85	0,86	<0,05
plomb	160	83	14
nickel	7,2	22	20
zinc	200	180	67
trichloroéthylène	0,45	0,39	<0,02
dichlorométhane	0,02	<0,02	<0,02
Somme 16 HAP	1,7	0,72	<0,16

Sondage	S9
Profondeur	0,4-1
arsenic	14
baryum	284
cadmium	1,01
chrome	23,1
cuivre	197
mercure	2,19
plomb	332
nickel	21,3
zinc	451
HCT C ₁₅ -C ₂₀	221,0
trichloroéthylène	1,44
Somme 16 HAP	2,22<x<2,42

Sondage	SB7	SB7	SB7
Profondeur	1,2-1,8	2,75-3,5	4,5-5
arsenic	11	17	6,0
baryum	130	130	47
cadmium	0,21	0,42	0,29
chrome	21	38	19
cuivre	35	14	5,6
mercure	0,12	<0,05	<0,05
plomb	42	24	<10
nickel	15	24	12
zinc	69	110	40
trichloroéthylène	0,18	<0,02	<0,02
HCT C ₁₅ -C ₂₀	90	<20	<20
Somme 16 HAP	9,8	<0,16	<0,16

Sondage	SB15	SB15	SB15
Profondeur	2,2-5	3-4	4,5-5
arsenic	14	16	4,7
baryum	160	120	36
cadmium	0,34	0,32	0,2
chrome	26	47	9,6
cuivre	70	9,0	10,0
mercure	0,35	<0,05	<0,05
plomb	82	21	14
nickel	20	29	7
zinc	140	93	38
HCT C ₁₅ -C ₂₀	150	<20	23
trichloroéthylène	0,05	<0,02	<0,02
Somme 16 HAP	9,0	<0,16	<0,16

Sondage	S3	S3	S3
Profondeur	1,2-1,8	2,2-5	
arsenic	7,1	14,7	
baryum	123	246	
cadmium	12,3	24,9	
chrome	19,4	11,1	
cuivre	0,48	<0,10	
mercure	279	23,2	
plomb	8,85	19,1	
nickel	120	68,1	
molybdène	1,94	<1,00	
vanadium	17,3	32,4	
HCT C ₁₅ -C ₂₀	109	<15,0	
Somme 16 HAP	2,69<x<2,94	<0,800	

Sondage	SB12	SB12	SB12
Profondeur	0,5-1	2,2-5	3,5-4
arsenic	8	15	5,6
baryum	420	150	40
cadmium	0,55	0,51	<0,2
chrome	16	46	11
cuivre	16	12	3,2
mercure	0,96	<0,05	<0,05
plomb	330	23	<10
nickel	11	29	7,8
zinc	490	110	23
HCT C ₁₅ -C ₂₀	21	<20	<20
Somme 16 HAP	1,9	<0,16	<0,16

Sondage	SB11	SB11	SB11
Profondeur	1,1-5	3,3-5	4,5-5
arsenic	10	16	7
baryum	160	150	31
cadmium	0,22	0,42	0,22
chrome	16	45	15
cuivre	110	12	3,8
mercure	0,59	<0,05	<0,05
plomb	470	23	<10
nickel	10	27	8,1
zinc	120	120	29
dichlorométhane	0,03	<0,02	<0,02
Somme 16 HAP	42	<0,16	<0,16

Sondage	SB13	SB13	SB13
Profondeur	2,2-5	3,3-5	4,5-5
arsenic	9,1	14	6,0
baryum	79	130	37
cadmium	0,28	0,39	0,2
chrome	21	38	15
cuivre	8,4	11	4,7
mercure	0,71	6,1	4,7
plomb	84	10	<10
nickel	7,26	14	11
zinc	84	38	29
vanadium	16,4	0,19	
éthylbenzène	0,19		
HCT C ₁₅ -C ₂₀	150		
Somme 16 HAP	0,44	<0,16	<0,16

Sondage	S4
Profondeur	1,5-2
arsenic	7,59
baryum	69
chrome	13,7
cuivre	23,8
mercure	0,71
plomb	848
nickel	7,26
zinc	84
vanadium	16,4
éthylbenzène	0,19
HCT C ₁₅ -C ₂₀	150
Somme 16 HAP	3,23<x<3,38

Sondage	SB16	SB16	SB16
Profondeur	2,2-5	3-4	4,5-5
arsenic	15	8,1	4,9
baryum	150	49	35
cadmium	0,71	0,21	0,22
chrome	36	18	15
cuivre	48	6,1	4,7
mercure	0,4	<0,05	<0,05
plomb	84	<10	<10
nickel	25	14	11
zinc	130	38	29
HCT C ₁₅ -C ₂₀	31	<20	<20
Somme 16 HAP	1,70	<0,16	<0,16

Sondage	SB14	SB14	SB14
Profondeur	2,2-5	3-4	4,5-5
arsenic	16	8,7	5,4
baryum	150	67	47
cadmium	0,38	0,33	0,24
chrome	37	18	18
cuivre	40	6,4	5,5
mercure	0,40	<0,05	<0,05
plomb	100	10	<10
nickel	23	15	13
zinc	130	40	36
HCT C ₁₅ -C ₂₀	70	<20	<20
Somme 16 HAP	0,93	<0,16	<0,16

Sondage	S10
Profondeur	1,4-2,4
arsenic	5,86
baryum	16,6
chrome	5,9
cuivre	6,08
plomb	6,53
nickel	5,13
zinc	27,2
vanadium	9,35

Sondage	SB1	SB1	SB1
Profondeur	2,5-3	3-4	4,2-6
HCT C ₁₅ -C ₂₀	<20	<20	2,900
HCT C ₁₅ -C ₂₀	<20	<20	<20
Somme 16 HAP	<0,16	<0,16	<0,16

Sondage	S6bis	S6bis	S6bis
Profondeur	3,8-4,5	4,5-5	
HCT C ₁₅ -C ₂₀	9,6<x<11,6	<4,00	
HCT C ₁₅ -C ₂₀	2,950	<15,0	
Somme 16 HAP	4,71<x<5,11	<0,800	

- Légende :**
- Emprises au sol d'anciens bâtiments/installations
 - Zones à risque potentiel de pollution
 - Limite du site

- Piézomètre nappe alluviale (PZ1, PZ2 et PZ3 installés en mars 2014. Pz nappe et Pz chaufferie pré-existants)
- Piézomètre nappe Lutétien (installé en mars 2014)
- Sondages de sol réalisés en 2014 (10)

Investigations 2021 :

- Sondages de sol (16)
- Piézais (3)

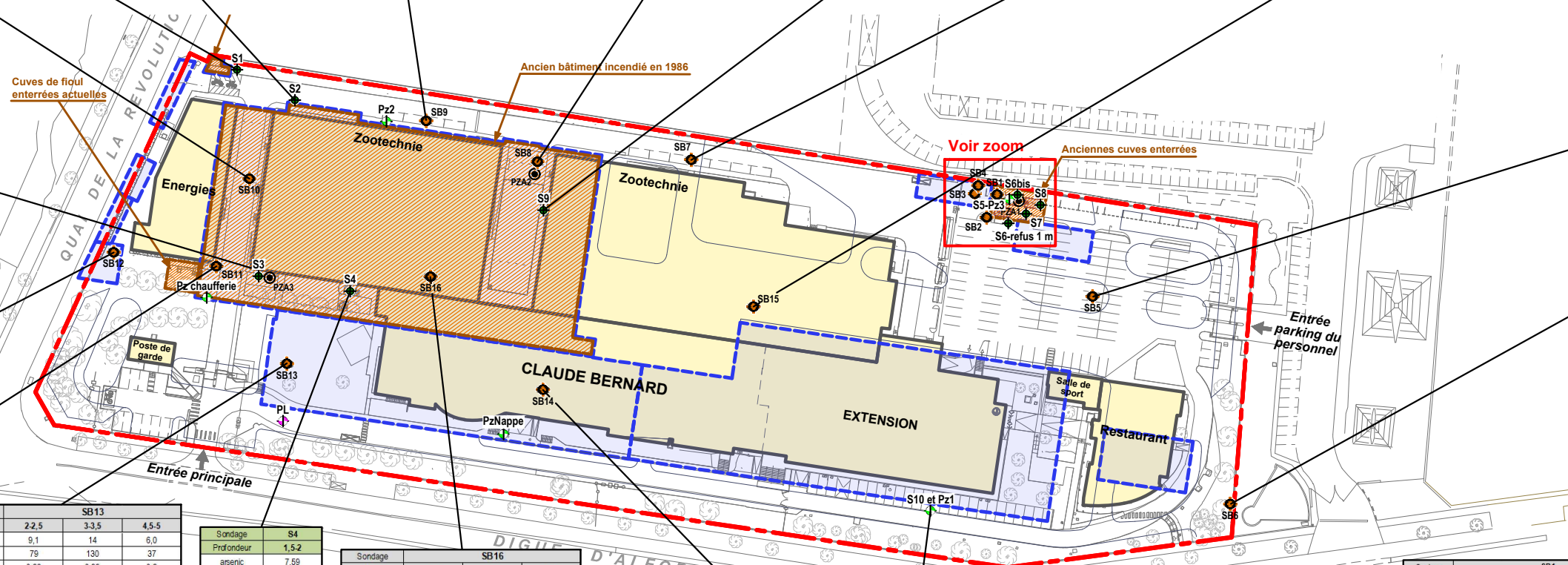
Sondage	Sx
Profondeur	mètre
Composé	teneur en mg/kg

0,5 : Pour les métaux, valeur supérieure à la gamme des concentrations "Sols ordinaires"
 0,5 : Pour les métaux, valeur supérieure à la gamme des concentrations "Anomalies naturelles modérées"
 0,5 : Pour les hydrocarbures, valeur supérieure aux critères de l'arrêté du 12 décembre 2014

- : Non analysé
 Seuls les principaux composés détectés au moins une fois sont présentés



0 37,5 75 m



SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX RESULTATS ANALYTIQUES DANS LES SOLS

AECOM
 AECOM France

Siège social
 10, place de Belgique
 92250 La Garenne-Colombes

Titre **PLAN DE GESTION**

Lieu **ALFORTVILLE (94)**
 Client **SANOFI AVENTIS RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT (SARD)**

Ech. **1/1 500** Format **A3**
 Date **MARS 2021**
 Proj. **60643177**
 Ref. **PAR-RAP-21-24968**
 Dess. **JFJ** Vérif. **AGO**
FIGURE 5

C:\Data\Sanofi Aventis Alfortville 60643171900 CAD GIS\PAR-RAP-21-24968 Plan Gestion\PAR-RAP-21-24968 F3 7.dwg

Composé	PzChaufferie	
	avr.-14	janv.-21
arsenic	69	10
baryum	141	49
nickel	36	90
plomb	14	<2
cobalt	10,3	-
molybdène	4,1	-
sélénium	6,71	-
vanadium	21	-
zinc	30	16
naphtalène	0,01	<0,1
Somme 16 HAP	0,01<x<0,16	<0,57
HCT C ₁₀ -C ₄₀	39	<20
cis-1.2-dichloroéthène	-	1,1
PFOS total (ng/l)	-	260
PFOA total (ng/l)	-	7,3

Composé	PZ2	
	avr.-14	janv.-21
baryum	116	40
nickel	13	18
cobalt	3,04	-
molybdène	1,05	-
vanadium	2,13	-
naphtalène	0,02	<0,1
Somme 16 HAP	0,02<x<0,17	<0,57
PFOS total (ng/l)	-	12
PFOA total (ng/l)	-	2,3

Composé	PZ3	
	avr.-14	janv.-21
arsenic	16	16
baryum	129	86
nickel	7	4,9
cobalt	7,5	-
molybdène	1,5	-
vanadium	2,03	-
naphtalène	0,1	<0,1
Somme 16 HAP	0,47<x<0,56	<0,57
HCT C ₁₀ -C ₄₀	239	120
trichloroéthylène	-	0,25
cis-1.2-dichloroéthène	-	0,19
PFOS total (ng/l)	-	28
PFOA total (ng/l)	-	26

Composé	PL	
	avr.-14	janv.-21
cuivre	10	<2
baryum	32	6,8
molybdène	0,125	-
vanadium	7	-
zinc	30	<10
HCT C ₁₀ -C ₄₀	50	<20

Composé	PzNappe	
	avr.-14	janv.-21
arsenic	8	-
cuivre	10	-
baryum	143	-
nickel	11	-
plomb	10	-
cobalt	13,8	-
molybdène	1,42	-
sélénium	2,75	-
vanadium	14,9	-
zinc	40	-
naphtalène	0,02	<0,1
benzo(a)pyrène	0,04	<0,01
Somme 16 HAP	0,43<x<0,47	<0,57
HCT C ₁₀ -C ₄₀	38	<20
trichloroéthylène	-	0,16
PFOS total (ng/l)	-	19
PFOA total (ng/l)	-	7,7

Composé	PZ1	
	avr.-14	janv.-21
arsenic	47	1,1
cuivre	<10	15
baryum	74,4	74
cobalt	0,81	-
molybdène	1,02	-
vanadium	0,42	-
zinc	<20	13
naphtalène	0,04	<0,1
Somme 16 HAP	0,04<x<0,19	<0,57
trichloroéthylène	-	0,19
PFOS total (ng/l)	-	49
PFOA total (ng/l)	-	11

Légende :

- Piézomètre nappe alluvions anciennes
- Piézomètre nappe Lutétien
- Limite du site

Points de prélèvement	X
Date	campagne
Composé	teneur en µg/L (hors PFOS et PFOA)

Seuls les composés détectés au moins une fois sont présentés
en gras grisé : Concentration supérieure aux limites de qualité définies dans le guide d'évaluation de l'état des eaux souterraines - juillet 2019

- : non analysé

AECOM
AECOM France

Siège social
10, place de Belgique
92250 La Garenne-Colombes

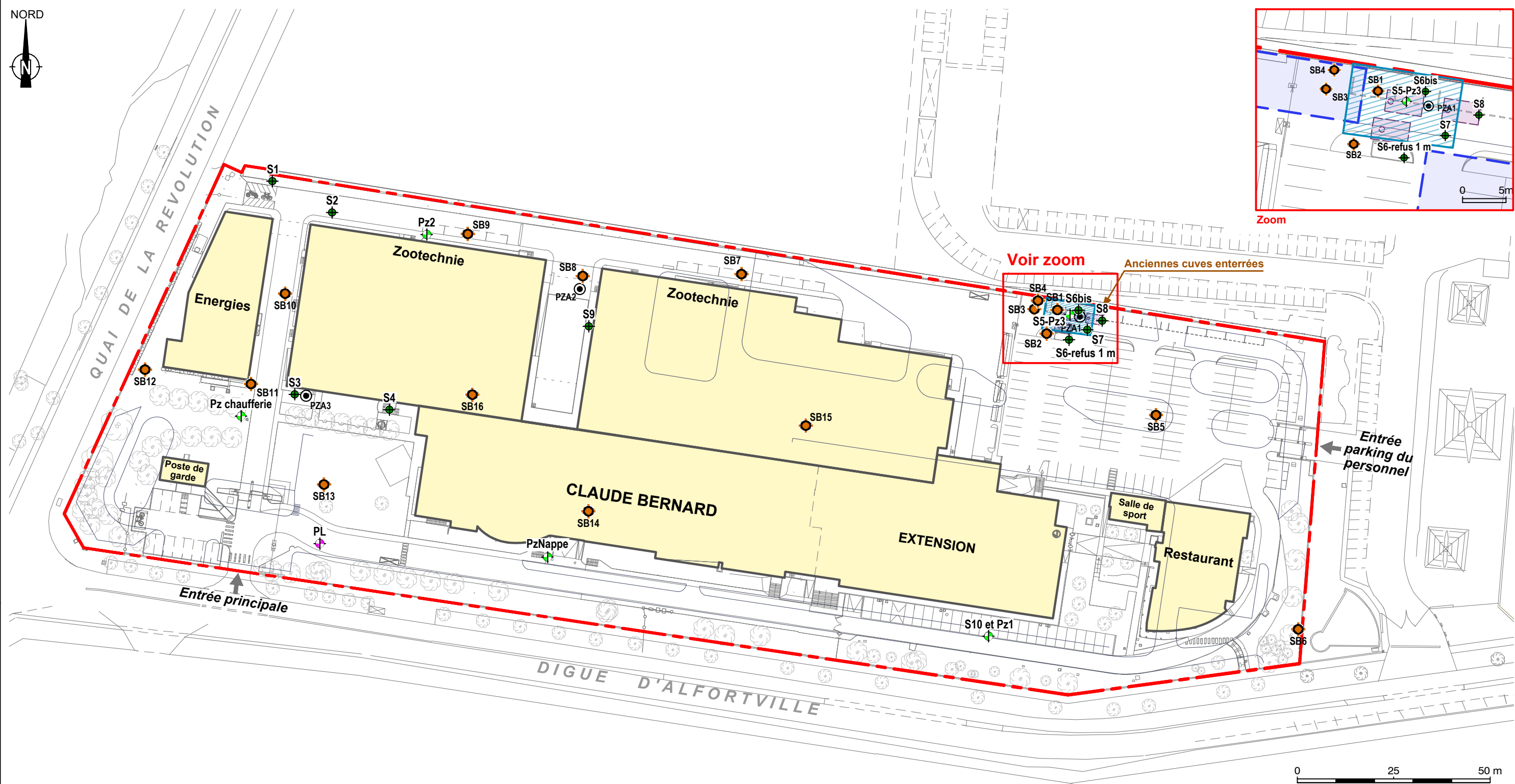
SYNTHESE DES PRINCIPAUX RESULTATS ANALYTIQUES DANS LES EAUX SOUTERRAINES

Titre **PLAN DE GESTION**
Lieu **ALFORTVILLE (94)**
Client **SANOFI AVENTIS RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT (SARD)**

Ech. **1/1 000** Format **A3**
Date **MARS 2021**
Proj. **60643177**
Ref. **PAR-RAP-21-24968**
Dess. **JFJ** Vérif. **AGO**
FIGURE 6



C:\Data\Sanofi Aventis\Alfortville 60643171900 CAD GIS\PAR-RAP-21-24968 F3 7.dwg



Légende :

--- Limite du site

Emprise estimative de la zone source en hydrocarbures (100 m²)

- Piézomètre nappe alluviale (PZ1, PZ2 et PZ3 installés en mars 2014. Pz nappe et Pz chaufferie pré-existants)
- Piézomètre nappe Lutétien (installé en mars 2014)
- Sondages de sol réalisés en 2014 (10)

Investigations 2021 :

- Sondages de sol (16)
- Piézais (3)

EMPRISE ESTIMATIVE DE LA ZONE SOURCE DU SITE

AECOM
AECOM France

Siège social
10, place de Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **PLAN DE GESTION**
Lieu **ALFORTVILLE (94)**
Client **SANOFI AVENTIS RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT (SARD)**

Ech. 1/1 000	Format A3
Date MARS 2021	
Proj. 60643177	
Ref. PAR-RAP-21-24968	
Dess. JFJ	Vérif. AGO
FIGURE 7	

TABLEAUX

Tableau 1A: Résultats d'analyses des sols - mars 2014 et janvier 2021

Paramètre analysé	N° CAS	A titre informatif: Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France) ⁽¹⁾ Sols "ordinaires"Anomalies naturelles modérées		A titre informatif : Seuils ISDI déchets inertes ⁽²⁾	Incertitude de mesure du laboratoire (analyses 2021)	Localisation		Transforma teur PCB	Ancien bâtiment incendié en 1986														Cuves de fioul actuelles										
						Nom / description d'échantillon:			S1 0,5 - 1	S2 0,5 - 1,5	S2 2 - 3	S3 1,2 - 1,8	S3 2 - 2,5	S4 1,5 - 2	S9 0,4 - 1	SB8 1 - 1,5	SB8 2 - 2,5	SB8 3,5 - 4	SB8BIS Naturel	SB10 1 - 1,50	SB10 2,5 - 3	SB10 3,5 - 4	SB16 2 - 2,5	SB16 3 - 4	SB16 4,5 - 5	SB16BIS Remblai	SB11 1 - 1,5	SB11 3 - 3,5	SB11 4,5 - 5	SB11BIS Natruel	SB12 0,5 - 1	SB12 2 - 2,5	SB12 3,5 - 4
Lithologie		Remblai	Remblai	Argile	Remblai	Argile	Remblai		Remblai	Remblai	Remblai	Argile (50%) limon (50%)	Argile (50%) limon (50%)	Remblai	Remblai	Argile (50%) limon (50%)	Remblai	Argile	Argile (70%) limon (30%)	Remblai	Remblai	Argile (70%) limon (30%)	Argile (70%) limon (30%)	Argile (70%) limon (30%)	Remblai	Argile (50%) limon (50%)	Argile (50%) limon (50%)						
Unité	LQ (2021)																																
Matière sèche				>30	7.6	%	-																										
matière sèche							-																										
Matières organiques							-																										
COT		-	-	30000	30	%	mg/kg MS	<2000	84 300	14400	8830	9310	8160	6690	42600																		
pH							-																										
température pour mes. pH		-	-	-	-		°C	<1																									
pH (KCl)		-	-	-	0.85	%	-	-																									
METEAUX							-																										
arsenic	7440-38-2	1 à 25	30 à 60	-	41	%	mg/kg MS	<1		22,9	13,1	7,1	14,7	7,59	14	6,8	16	14		19	10	11	15	8,1	4,9		10	16	7		8	15	5,6
baryum	7440-39-3	-	-	-	18	%	mg/kg MS	<20		131	134	123	246	69	284	76	170	65		120	110	79	150	49	35		160	150	31		420	150	40
cadmium	7440-43-9	0.05 à 0.45	0.7 à 2	-	57	%	mg/kg MS	<0.2		0,44	<0.40	<0.40	<0.40	<0.40	1,01	0,23	0,41	0,32		0,39	0,35	0,35	0,71	0,21	0,22		0,22	0,42	0,22		0,55	0,51	<0.2
chrome	7440-47-3	10 à 90	90 à 150	-	25	%	mg/kg MS	<1		14,1	19,5	12,3	24,9	13,7	23,1	12	36	28		26	42	25	36	18	15		16	45	15		16	46	11
cuivre	7440-50-8	2 à 20	20 à 62	-	25	%	mg/kg MS	<1		302	25,3	19,4	11,1	23,8	197	13	38	7,7		24	55	8,8	48	6,1	4,7		110	12	3,8		16	12	3,2
mercure	7439-97-6	0,02 à 0,1	0,15 à 2,3	-	27	%	mg/kg MS	<0,05		0,54	0,26	0,48	<0.10	0,71	2,19	0,85	0,86	<0.05		0,38	0,36	<0.05	0,4	<0.05	<0.05		0,59	<0.05	<0.05		0,96	<0.05	<0.05
plomb	7439-92-1	9 à 50	60 à 90	-	16	%	mg/kg MS	<10		394	26,9	279	23,2	848	332	160	83	14		80	210	13	84	<10	<10		470	23	<10		330	23	<10
nickel	7440-02-0	2 à 60	60 à 130	-	54	%	mg/kg MS	<1		9,14	14,3	8,85	19,1	7,26	21,3	7,2	22	20		16	14	17	25	14	11		10	27	8,1		11	29	7,8
zinc	7440-66-6	10 à 100	100 à 250	-	19	%	mg/kg MS	<10		224	83,2	120	68,1	84	451	200	180	67		100	140	70	130	38	29		120	120	29		490	110	23
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (BTEX)							-																										
benzène	71-43-2	-	-	-	16	%	mg/kg MS	<0,02		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
toluène	108-88-3	-	-	-	14	%	mg/kg MS	<0,02		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
éthylbenzène	100-41-4	-	-	-	12	%	mg/kg MS	<0,02		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0,19	<0.05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
orthoxyène	95-47-6	-	-	-	15	%	mg/kg MS	<0,02		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
para- et métaxyène	179601-23-1	-	-	-	15	%	mg/kg MS	<0,02		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	
xylènes	-	-	-	-	-		mg/kg MS	<0,04		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	
BTEX totaux	-	-	-	6	-		mg/kg MS	<0,02		<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0.25	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)							-																										
naphtalène	91-20-3	-	-	-	31	%	mg/kg MS	<0,01		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,06	<0,01	0,02	<0,01	0,03	0,06	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	
acénaphthylène	208-96-8	-	-	-	31	%	mg/kg MS	<0,01		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0,09	<0.05	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,08	<0,01	0,03	<0,01	0,11	0,24	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	
acénaphthène	83-32-9	-	-	-	46	%	mg/kg MS	<0,01		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
fluorène	86-73-7	-	-	-	40	%																											

Tableau 1A: Résultats d'analyses des sols - mars 2014 et janvier 2021

Paramètre analysé	N° CAS	A titre informatif: Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France) ⁽¹⁾ Sols "ordinaires" Anomalies naturelles modérées		A titre informatif : Seuils ISDI déchets inertes ⁽²⁾	Incertitude de mesure du laboratoire (analyses 2021)	Localisation		Anciennes cuves enterrées																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
								Nom / description d'échantillon:		S5 3,8 - 4,5	S5 4,5 - 5	S6 bis 3,8 - 4,5	S6 bis 4,5 - 5	S7 1,8 - 2	S7 4,5 - 5	S8 1 - 1,5	S8 3,5 - 4,5	SB1 2,5 - 3	SB1 3 - 4	SB1 4,20 - 4,6	SB1 4,75 - 5	SB2 1 - 1,5	SB2 2,5 - 3	SB2 3 - 4	SB2BIS remblai	SB2BIS Naturel	SB3 1 - 1,50	SB3 2,5 - 3	SB3 3 - 4	SB4 1,5 - 2	SB4 2,5 - 3	SB4 3 - 4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
						Lithologie		Sable	Sable	Sable	Sable	Remblai	Sable	Remblai	Sable	Argile	Sable	Sable	Sable	Remblai	Argile	Sable	Remblai	Sable	Remblai	Limon (60%) sable (40%)	Sable	Remblai	Limon (60%) sable (40%)	Sable																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
						Unité	LQ (2021)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Matière sèche				>30	7.6	%	-																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Matières organiques																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

Paramètre analysé	N° CAS	A titre informatif: Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France) ⁽¹⁾ Sols "ordinaires"Anomalies naturelles modérées		A titre informatif : Seuils ISDI déchets inertes ⁽²⁾	Incertitude de mesure du laboratoire (analyses 2021)	Localisation		Anciennes cuves enterrées																						
								Nom / description d'échantillon:		S5 3,8 - 4,5	S5 4,5 - 5	S6 bis 3,8 - 4,5	S6 bis 4,5 - 5	S7 1,8 - 2	S7 4,5 - 5	S8 1 - 1,5	S8 3,5 - 4,5	SB1 2,5 - 3	SB1 3 - 4	SB1 4,20 - 4,6	SB1 4,75 - 5	SB2 1 - 1,5	SB2 2,5 - 3	SB2 3 - 4	SB2BIS remblai	SB2BIS Naturel	SB3 1 - 1,50	SB3 2,5 - 3	SB3 3 - 4	SB4 1,5 - 2
						Lithologie		Sable	Sable	Sable	Sable	Remblai	Sable	Remblai	Sable	Argile	Sable	Sable	Sable	Remblai	Argile	Sable	Remblai	Sable	Remblai	Limon (60%) sable (40%)	Sable	Remblai	Limon (60%) sable (40%)	Sable
						Unité LQ (2021)																								
LIXIVIATION																														
Lixiviation 24h - NF-EN-12457-2		-	-	-	-	-	-																							
date de lancement		-	-	-	-	-	-																							
L/S		-	-	-	-	-	ml/g	<0,02																						
pH final ap. lix.		-	-	-	0.4	%	-																							
température pour mes. pH		-	-	-	-		°C	-																						
conductivité (25°C) ap. lix.		-	-	-	3.8	%	µS/cm	-																						
ELUAT COT																														
COD, COT sur éluat		-	-	500	19	%	mg/kg MS	<5																						
ELUAT METAUX																														
antimoine	7440-36-0	-	-	0,06	38	%	mg/kg MS	<0,039																						
arsenic	7440-38-2	-	-	0,5	24	%	mg/kg MS	<0,05																						
baryum	7440-39-3	-	-	20	30	%	mg/kg MS	<0,05																						
cadmium	7440-43-9	-	-	0,04	32	%	mg/kg MS	<0,004																						
chrome	7440-47-3	-	-	0,5	26	%	mg/kg MS	<0,01																						
cuivre	7440-50-8	-	-	2	34	%	mg/kg MS	<0,05																						
mercure	7439-97-6	-	-	0,01	28	%	mg/kg MS	<0,0005																						
plomb	7439-92-1	-	-	0,5	33	%	mg/kg MS	<0,1																						
molybdène	7439-98-7	-	-	0,5	25	%	mg/kg MS	<0,05																						
nickel	7440-02-0	-	-	0,4	34	%	mg/kg MS	<0,1																						
sélénium	7782-49-2	-	-	0,1	26	%	mg/kg MS	<0,039																						
zinc	7440-66-6	-	-	4	33	%	mg/kg MS	<0,2																						
ELUAT COMPOSES INORGANIQUES																														
fraction soluble		-	-	4 000	28	%	mg/kg MS	<500																						
ELUAT PHENOLS																														
Indice phénol		-	-	1	22	%	mg/kg MS	<0,1																						
ELUAT DIVERSES ANALYSES CHIMIQUES																														
fluorures	16984-48-8	-	-	10	28	%	mg/kg MS	<2																						
chlorures	16887-00-6	-	-	800	24	%	mg/kg MS	<10																						
sulfate	14808-79-8	-	-	1 000	18	%	mg/kg MS	<10																						

<0,01 : Valeur inférieure à la limite de quantification (LQ) du laboratoire

Investigations de 2014

Investigations de 2021

Références :

(1) Teneurs totales en éléments traces dans les - Gammes de valeurs "ordinaires" et d'anomalies naturelles :
Gammes de valeurs couramment observées dans les sols "ordinaires" de toutes granulométrie et gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées et d'anomalies fortes
Données issues du programme ASPITET de l'INRA (Apport d'une Stratification Pédologique pour l'interprétation des Teneurs en Eléments Traces de l'INRA)

0,5 Pour les métaux, valeur supérieure à la gamme des concentrations "Sols ordinaires"

0,5 Pour les métaux, valeur supérieure à la gamme des concentrations "Anomalies naturelles modérées"

(2) Arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations de stockage de déchets inertes (ISDI) et installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517
Les critères ISDI sont fournis à titre indicatifs par exemple pour aider à l'évaluation de filières d'élimination en cas de travaux, il ne s'agit en aucun cas de critère permettant d'évaluer des impacts ou de critères sanitaires

0,5 Valeur supérieure aux critères de l'arrêté du 12 décembre 2014 (pour les échantillons analysés pour le pack analytiques "ISDI")

Tableau 1A: Résultats d'analyses des sols - mars 2014 et janvier 2021

Paramètre analysé	N° CAS	A titre informatif: Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France) ⁽¹⁾		A titre informatif : Seuils ISDI déchets inertes ⁽²⁾	Incertitude de mesure du laboratoire (analyses 2021)	Localisation		Caractérisation globale du site																																		
		Nom / description d'échantillon:				S10 1,4 - 2,4	SB5 2 - 2,5	SB5 3 - 3,5	SB5 4 - 4,8	SB5BIS Naturel	SB6 1 - 1,50	SB6 2 - 3	SB6 3,5 - 4	SB6 4,5 - 5	SB6BIS remblai	SB7 1,2 - 1,80	SB7 2,75 - 3,50	SB7 4,5 - 5	SB7BIS remblai	SB9 1 - 1,70	SB9 2,5 - 3	SB9 3,5 - 4	SB9BIS remblai	SB13 2 - 2,5	SB13 3 - 3,5	SB13 4,5 - 5	SB13BIS remblai	SB14 2 - 2,5	SB14 3 - 4	SB14 4,5 - 5	SB14BIS Naturel	SB15 2 - 2,5	SB15 3 - 4	SB15 4,5 - 5	SB15BIS Naturel							
																																				Lithologie						
																																				Unité	LQ (2021)					
Matière sèche				>30	7.6	%	-			80,2	79,1	91,6	86,4		89,5	87,9	90,7	91,5		86,4	78,4	80,7	80,5		77,1	80,6	85,7		83,8	81,4	81,8	82,8		83,6	81,3	78,6	79,9		79,6	80,1	83,8	82,9
Matières organiques		-	-	30000	30	%	mg/kg MS	<2000	2270				2400					46000				30000				17000				24000					5700					11000		
COT																																										
pH																																										
température pour mes. pH		-	-	-	-		°C	<1					19																													
pH (KCl)		-	-	-	-	0.85	%	-	-				8,3																													
METALLIQUES																																										
arsenic	7440-38-2	1 à 25	30 à 60	-	41	%	mg/kg MS	<1	5,86	5,6	19	6,3			4,8	8,4	5,8			11	17	6			12	11	6		9,1	14	6		16	8,7	5,4		14	16	4,7			
baryum	7440-39-3	-	-	-	18	%	mg/kg MS	<20	16,6	<20	150	<20			<20	53	<20			130	130	47			110	81	40		79	130	37		150	67	47		160	120	36			
cadmium	7440-43-9	0.05 à 0.45	0.7 à 2	-	57	%	mg/kg MS	<0.2	<0.40	<0.2	0,61	<0.2			<0.2	0,24	<0.2			0,21	0,42	0,29			0,34	0,22	0,21		0,28	0,39	0,2		0,38	0,33	0,24		0,34	0,32	0,2			
chrome	7440-47-3	10 à 90	20 à 150	-	25	%	mg/kg MS	<1	5,9	14	42	7,1			17	17	7,6			21	38	19			23	22	13		21	38	15		37	18	18		26	47	9,6			
cuivre	7440-50-8	2 à 20	20 à 62	-	25	%	mg/kg MS	<1	6,08	2,9	42	2,3			3,3	6,5	2,5			35	14	5,6			28	22	4,1		8,4	11	4,7		40	6,4	5,5		70	9	10			
mercure	7439-97-6	0,02 à 0,1	0,15 à 2,3	-	27	%	mg/kg MS	<0.05	<0.10	<0.05	0,85	<0.05			<0.05	<0.05	<0.05			0,12	<0.05	<0.05			0,68	0,44	<0.05		<0.05	<0.05	<0.05											
plomb	7439-92-1	9 à 50	60 à 90	-	16	%	mg/kg MS	<10	6,53	<10	77	<10			<10	<10	<10			42	24	<10			71	44	<10		13	21	<10		100	10	<10		82	21	14			
nickel	7440-02-0	2 à 60	60 à 130	-	54	%	mg/kg MS	<1	5,13	6,2	24	5,3			5,7	11	6,3			15	24	12			17	14	9,1		16	23	9,6		23	15	13		20	29	7			
zinc	7440-66-6	10 à 100	100 à 250	-	19	%	mg/kg MS	<10	27,2	11	240	15			<10	44	15			69	110	40			110	84	29		44	89	31		130	40	36		140	93	38			
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (BTX)																																										
benzène	71-43-2	-	-	-	16	%	mg/kg MS	<0.02	<0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	
toluène	108-88-3	-	-	-	14	%	mg/kg MS	<0.02	<0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
éthylbenzène	100-41-4	-	-	-	12	%	mg/kg MS	<0.02	<0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
orthoxylène	95-47-6	-	-	-	15	%	mg/kg MS	<0.02	<0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
para- et méta-xylène	79601-23-1	-	-	-	15	%	mg/kg MS	<0.02	<0.05	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02		
xylènes		-	-	-	-		mg/kg MS	<0.04		<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		
BTX totaux		-	-	6	-		mg/kg MS	<0.02	<0.25	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10		
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)																																										
naphtalène	91-20-3	-	-	-	31	%	mg/kg MS	<0.01	<0.05	<0.01	0,07	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0,08	<0.01	<0.01	0,13		<0.01	0,01	<0.01	0,02	<0.01	<0.01	<0.01	0,03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
acénaphthylène	208-96-8	-	-	-	31	%	mg/kg MS	<0.01	<0.05	<0.01	0,2	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0,33	<0.01	<0.01	0,31		0,01	<0.01	<0.01	0,02	<0.01	<0.01	<0.01	0,03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
acénaphthène	83-32-9	-	-	-	46	%	mg/kg MS	<0.01	<0.05	<0.01	0,13	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		<0.04	<0.01	<0.01	0,01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,02	<0.01	<0.01	<0.01			
fluorène	86-73-7	-	-	-	40	%	mg/kg MS	<0.01	<0.05	<0.01	0,2	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0,06	<0.01	<0.01	0,07		<0.01	<0.01	<0.01	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	0,01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,05	<0.01	<0.01	<0.01		
phénanthrène	85-01-8	-	-	-	32	%	mg/kg MS	<0.01	<0.05	<0.01	3,3	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0,18	<0.01	<0.01	0,28		0,08	0,04	<0.01	0,1	0,05	<0.01	<0.01	0,19	0,04	<0.01	<0.01	0,01	0,62	0,01	<0.01	<0.01		
anthracène	120-12-7	-	-	-	34	%	mg/kg MS	<0.01	<0.05	<0.01	0,49	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0,11	<0.01	<0.01	0,12		0,02	0,01	<0.01	0,03	<0.01	<0.01	<0.01	0,04	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0,23	<0.01	<0.01	<0.01		
fluoranthène	206-44-0	-	-	-	22	%	mg/kg MS	<0.01	<0.05	<0.01	5,7	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0,8	<0.01	<0.01	0,85		0,18	0,08	<0.01	0,35	0,08	<0.01	<0.01	0,35	0,15	<0.01	<0.01	0,02	1,6	0,02	<0.01	<0.01		
pyrène	129-00-0	-	-	-	33	%	mg/kg MS	<0.01	<0.05	<0.01	4,3	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		2	<0.01	<0.01	1,8		0,15	0,07	<0.01	0,29	0,06	<0.01	<0.01	0,33	0,14	<0.01	<0.01	0,02	1,2	0,01	<0.01	<0.01		
benzo(a)anthracène	56-55-3	-	-	-	39	%	mg/kg MS	<0.01	<0.05	<0.01	2,6	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0,99	<0.01	<0.01	0,98		0,12	0,05	<0.01	0,19	0,05	<0.01	<0.01	0,21	0,1	<0.01	<0.01	0,02	0,97	0,01	<0.01	<0.01		
chrysène	218-01-9	-	-	-	30	%	mg/kg MS	<0.01	<0.05	<0.01	2,7	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		1	<0.01	<0.01	0,88		0,09	0,04	<0.01	0,15	0,04	<0.01	<0.01	0,21	0,09	<0.01	<0.01	<0.01	0,69	<0.01	<0.01	<0.01		
benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	-	-	28	%	mg/kg MS	<0.01	<0.05	<0.01	2,3	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0,73	<0.01	<0.01	0,7		0,12	0,06	<0.01	0,19	0,04	<0.01	<0.01	0,21	0,1	<0.01	<0.01	0,01	0,82	<0.01	<0.01	<0.01		
benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	-	-	39	%	mg/kg MS	<0.01	<0.05	<0.01	1,2	<0.01	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0,37	<0.01	<0.01																				

0.01 : Valeur inférieure à la limite de quantification (LQ) du laboratoire

Investigations de 2014	Investigations de 2021
<p><u>Références :</u></p> <p>(1) Teneurs totales en éléments traces dans les - Gammes de valeurs "ordinaires" et d'anomalies naturelles : Gammes de valeurs couramment observées dans les sols "ordinaires" de toutes granulométrie et gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées et d'anomalies fortes Données issues du programme ASPITET de l'INRA (Apport d'une Stratification Pédologique pour l'interprétation des Teneurs en Eléments Traces de l'INRA)</p> <p>0.5 Pour les métaux, valeur supérieure à la gamme des concentrations "Sols ordinaires" 0.5 Pour les métaux, valeur supérieure à la gamme des concentrations "Anomalies naturelles modérées" (2) Arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations de stockage de déchets inertes (ISDI) et installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517 Les critères ISDI sont fournis à titre indicatifs par exemple pour aider à l'évaluation de filières d'élimination en cas de travaux, il ne s'agit en aucun cas de critère permettant d'évaluer des impacts ou de critères sanitaires <u>0.5_Valeur supérieure aux critères de l'arrêté du 12 décembre 2014 (pour les échantillons analysés pour le pack analytiques "ISDI")</u></p>	

Tableau 1A: Résultats d'analyses des sols - mars 2014 et janvier 2021

Paramètre analysé	N° CAS	A titre informatif: Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France) ⁽¹⁾ Sols "ordinaires"Anomalies naturelles modérées		A titre informatif : Seuils ISDI déchets inertes ⁽²⁾	Incertitude de mesure du laboratoire (analyses 2021)	Localisation		Ensemble du site						Zones potentielles de contamination				Caractérisation globale					
						Nom / description d'échantillon:																	
																						Lithologie	
						LQ (2021)																	
Matière sèche				>30	7.6	%	-																
Matières organiques																							
COT		-	-	30000	30	%	mg/kg MS	<2000	145 000	S8 1 - 1,5	26/28			145 000	S8 1 - 1,5	18/20		46000	SB6BIS remblai	8/8			
pH																							
température pour mes. pH (KCl)		-	-	-	-		°C	<1	20	SB6BIS remblai	12/12			19,9	SB8BISNaturel	5/5		20	SB6BIS remblai	7/7	-		
		-	-	-	0.85	%	-	-	9	SB6BIS remblai	12/12			8,6	SB2BISNaturel	5/5		8,9	SB6BIS remblai	7/7			
METAUX																							
arsenic	7440-38-2	1 à 25	30 à 60	-	41	%	mg/kg MS	<1	22,9	S2 0,5 - 1,5	44/44	0	0	16	22,9	S2 0,5 - 1,5	22/22	16	19	SB5 3 - 3,5	22/22	16	
baryum	7440-39-3			-	18	%	mg/kg MS	<20	420	SB12 0,5 - 1	40/44			161	420	SB12 0,5 - 1	22/22	238,4	160	SB15 2 - 2,5	18/22	150	
cadmium	7440-43-9	0.05 à 0.45	0.7 à 2	-	57	%	mg/kg MS	<0,2	1,01	S9 0,4 - 1	34/44	5	0	0,538	1,01	S9 0,4 - 1	17/22	0,614	0,61	SB5 3 - 3,5	17/22	0,402	
chrome	7440-47-3	10 à 90	90 à 150	-	25	%	mg/kg MS	<1	47	SB15 3 - 4	44/44	0	0	40,8	46	SB12 2 - 2,5	22/22	41,4	47	SB15 3 - 4	22/22	38	
cuivre	7440-50-8	2 à 20	20 à 62	-	25	%	mg/kg MS	<1	302	S2 0,5 - 1,5	43/44	15	4	53,6	302	S2 0,5 - 1,5	21/22	110	70	SB15 2 - 2,5	22/22	39,5	
mercure	7439-97-6	0,02 à 0,1	0,15 à 2,3	-	27	%	mg/kg MS	<0,05	2,19	S9 0,4 - 1	18/44	18	0	0,89	2,19	S9 0,4 - 1	12/22	0,95	0,85	SB5 3 - 3,5	6/22	0,765	
plomb	7439-92-1	9 à 50	60 à 90	-	16	%	mg/kg MS	<10	848	S4 1,5 - 2	31/44	15	9	332	848	S4 1,5 - 2	18/22	416,8	100	SB14 2 - 2,5	13/22	81	
nickel	7440-02-0	2 à 60	60 à 130	-	54	%	mg/kg MS	<1	29	SB12 2 - 2,5	44/44	0	0	24	29	SB12 2 - 2,5	22/22	24,7	29	SB15 3 - 4	22/22	23,9	
zinc	7440-66-6	10 à 100	100 à 250	-	19	%	mg/kg MS	<10	490	SB12 0,5 - 1	43/44	16	2	196	490	SB12 0,5 - 1	22/22	221,6	240	SB5 3 - 3,5	21/22	130	
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (BTEX)																							
benzène	71-43-2	-	-	-	16	%	mg/kg MS	<0,02	<		0/72				<		0/43		<		0/29		
toluène	108-88-3	-	-	-	14	%	mg/kg MS	<0,02	<		0/72				<		0/43		<		0/29		
éthylbenzène	100-41-4	-	-	-	12	%	mg/kg MS	<0,02	0,19		1/72				0,19	S4 1,5 - 2	1/43		<		0/29		
orthoxyène	95-47-6	-	-	-	15	%	mg/kg MS	<0,02	<		0/72				<		0/43		<		0/29		
para- et métaxyène	179601-23-1	-	-	-	15	%	mg/kg MS	<0,02	<		0/72				<		0/43		<		0/29		
xylènes		-	-	-	-		mg/kg MS	<0,04	<		0/61				<		0/33		<		0/28		
BTEX totaux		-	-	6	-		mg/kg MS	<0,02	<		0/72				<		0/43		<		0/29		
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)																							
naphtalène	91-20-3	-	-	-	31	%	mg/kg MS	<0,01	2,54	S5 3,8 - 4,5	18/72			0,18	2,54	S5 3,8 - 4,5	11/43	0,31	0,13	SB7BISremblai	7/29	0,10	
acénaphthylène	208-96-8	-	-	-	31	%	mg/kg MS	<0,01	2,28	S5 3,8 - 4,5	19/72			0,45	2,28	S5 3,8 - 4,5	12/43	0,86	0,33	SB7 1,2 - 1,80	7/29	0,32	
acénaphthène	83-32-9	-	-	-	46	%	mg/kg MS	<0,01	0,36	S5 3,8 - 4,5	9/72			0,26	0,36	S5 3,8 - 4,5	6/43	0,30	0,13	SB5 3 - 3,5	3/29	0,11	
fluorène	86-73-7	-	-	-	40	%	mg/kg MS	<0,01	2,199	S5 3,8 - 4,5	13/72			1,40	2,199	S5 3,8 - 4,5	7/43	1,85	0,2	SB5 3 - 3,5	6/29	0,14	
phénanthrène	85-01-8	-	-	-	32	%	mg/kg MS	<0,01	4,6	SB11 1 - 1,5	32/72			1,89	4,6	SB11 1 - 1,5	20/43	2,04	3,3	SB5 3 - 3,5	12/29	0,59	
anthracène	120-12-7	-	-	-	34	%	mg/kg MS	<0,01	1,4	SB11 1 - 1,5	22/72			0,61	1,4	SB11 1 - 1,5	14/43	0,89	0,49	SB5 3 - 3,5	8/29	0,31	
fluoranthène	206-44-0	-	-	-	22	%	mg/kg MS	<0,01	7,9	SB11 1 - 1,5	34/72			1,48	7,9	SB11 1 - 1,5	22/43	1,13	5,7	SB5 3 - 3,5	12/29	1,53	
pyrène	129-00-0	-	-	-	33	%	mg/kg MS	<0,01	6,3	SB11 1 - 1,5	33/72			1,96	6,3	SB11 1 - 1,5	21/43	0,96	4,3	SB5 3 - 3,5	12/29	1,98	
benzo(a)anthracène	56-55-3	-	-	-	39	%	mg/kg MS	<0,01	3,4	SB11 1 - 1,5	30/72			1,05	3,4	SB11 1 - 1,5	18/43	0,90	2,6	SB5 3 - 3,5	12/29	0,99	
chrysène	218-01-9	-	-	-	30	%	mg/kg MS	<0,01	2,7	SB5 3 - 3,5	30/72			1,02	2,4	SB11 1 - 1,5	20/43	0,56	2,7	SB5 3 - 3,5	10/29	1,17	
benzo(b)fluoranthène	205-99-2	-	-	-	28	%	mg/kg MS	<0,01	2,9	SB11 1 - 1,5	29/72			0,83	2,9	SB11 1 - 1,5	18/43	0,65	2,3	SB5 3 - 3,5	11/29	0,82	
benzo(k)fluoranthène	207-08-9	-	-	-	39	%	mg/kg MS	<0,01	1,4	SB11 1 - 1,5	27/72			0,42	1,4	SB11 1 - 1,5	17/43	0,34	1,2	SB5 3 - 3,5	10/29	0,49	
benzo(a)pyrène	50-32-8	-	-	-	41	%	mg/kg MS	<0,01	3,2	SB11 1 - 1,5	29/72			1,22	3,2	SB11 1 - 1,5	18/43	0,69	2,3	SB5 3 - 3,5	11/29	1,30	
dibenzo(ah)anthracène	53-70-3	-	-	-	36	%	mg/kg MS	<0,01	0,66	SB11 1 - 1,5	24/72			0,26	0,66	SB11 1 - 1,5	15/43	0,17	0,35	SB5 3 - 3,5	9/29	0,29	
benzo(ghi)peryène	191-24-2	-	-	-	22	%	mg/kg MS	<0,01	3,7	SB11 1 - 1,5	30/72			0,84	3,7	SB11 1 - 1,5	19/43	0,54	1,5	SB5 3 - 3,5	11/29	0,85	
indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5	-	-	-	22	%	mg/kg MS	<0,01	3,2	SB11 1 - 1,5	29/72			0,67	3,2	SB11 1 - 1,5	18/43	0,48	1,5	SB5 3 - 3,5	11/29	0,68	
Somme des HAP (16) - EPA		-	-	50	49	%	mg/kg MS	<0,16	42	SB11 1 - 1,5	25/72			12,92	42	SB11 1 - 1,5	15/43	11,56	29	SB5 3 - 3,5	10/29	11,72	
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (COHV)																							
tétrachloroéthylène	127-18-4	-	-	-	20	%	mg/kg MS	<0,02	<		0/57				<		0/35		<		0/22		
trichloroéthylène	79-01-6	-	-	-	18	%	mg/kg MS	<0,02	1,44	S9 0,4 - 1	10/57				1,44	S9 0,4 - 1	6/35		0,21	SB9 1 -1,70	4/22		
1,1-dichloroéthane	75-35-4	-	-	-	29	%	mg/kg MS	<0,02	<		0/57				<		0/35		<		0/22		
cis-1,2-dichloroéthène	156-59-2	-	-	-	19	%	mg/kg MS	<0,02	<		0/57				<		0/35		<		0/22		
trans-1,2-dichloroéthylène	156-60-5	-	-	-	26	%	mg/kg MS	<0,02	<		0/57				<		0/35		<		0/22		
totaux (cis,trans) 1,2-dichloroéthènes	540-59-0	-	-	-			mg/kg MS	<0,04	<		0/49				<		0/28		<		0/21		
chlorure de vinyle	75-01-4	-	-	-	64	%	mg/kg MS	<0,02	0,03	SB10 2,5 - 3	1/57				0,03	SB10 2,5 - 3	1/35		<		0/22		
1,1,1-trichloroéthane	71-55-6	-	-	-	21	%	mg/kg MS	<0,02	<		0/57				<		0/35		<		0/22		
1,2-dichloroéthane	107-06-2	-	-	-	21	%	mg/kg MS	<0,02	<		0/57				<		0/35		<		0/22		
tétrachlorométhane	56-23-5	-	-	-	21	%	mg/kg MS	<0,02	<		0/57				<		0/35		<		0/22		
chloroforme	67-66-3	-	-	-	19	%	mg/kg MS	<0,02	<		0/57				<		0/35		<		0/22		
1,2-dichloropropane	78-87-5	-	-	-	22	%	mg/kg MS	<0,02	<		0/49		</										

Paramètre analysé	N° CAS	A titre informatif: Teneurs totales en éléments traces dans les sols (France) ⁽¹⁾ Sols "ordinaires"Anomalies naturelles modérées		A titre informatif : Seuils ISDI déchets inertes ⁽²⁾	Incertitude de mesure du laboratoire (analyses 2021)	Localisation		Ensemble du site						Zones potentielles de contamination				Caractérisation globale			
						Nom / description d'échantillon:															
						Lithologie															
						Unité	LQ (2021)	Valeur max	Localisation du max	Nb détections / Nb analyses	Métaux: Nb > sols 'ordinaires'	Métaux: Nb > anomalies modérées	90ème percentile	Valeur max	Localisation du max	Nb détections / Nb analyses	90ème percentile	Valeur max	Localisation du max	Nb détections / Nb analyses	90ème percentile
LIXIVIATION																					
Lixiviation 24h - NF-EN-12457-2		-	-	-	-	-	-														
date de lancement		-	-	-	-	-	-														
L/S		-	-	-	-	ml/g	<0,02														
pH final ap. lix.		-	-	-	0.4	%	-	9,8	SB14BISNaturel	12/12			10,02	SB2BISRemblai			10,01	SB9BISremblai			
température pour mes. pH		-	-	-	-	°C	-	18,71	SB2BISRemblai	12/12			8,6	SB2BISNaturel	5/5		9,8	SB14BISNaturel	7/7		
conductivité (25°C) ap. lix.		-	-	-	3.8	%	-	2290	SB9BISRemblai	12/12			18,71	SB2BISRemblai	5/5		18,5	SB6BIS remblai	7/7		
						µS/cm	-						486	SB16BISRemblai	5/5		2290	SB9BISRemblai	7/7		
ELUAT COT																					
COD, COT sur éluat		-	-	500	19	%	mg/kg MS	<5	23	SB16BISRemblai	12/12		23	SB16BISRemblai	5/5		23	SB7BISRemblai	7/7		
ELUAT METAUX																					
antimoine	7440-36-0	-	-	0,06	38	%	mg/kg MS	<0,039	0,096	SB2BISremblai	2/12		0,096	SB2BISremblai	1/5		0,059	SB7BISRemblai	1/7		
arsenic	7440-38-2	-	-	0,5	24	%	mg/kg MS	<0,05	0,34	SB7BISremblai	2/12		0,06	SB2BISRemblai	1/5		0,34	SB7BISRemblai	1/7		
baryum	7440-39-3	-	-	20	30	%	mg/kg MS	<0,05	0,33	SB2BISremblai	11/12		0,33	SB2BISremblai	5/5		0,24	SB9BISRemblai	6/7		
cadmium	7440-43-9	-	-	0,04	32	%	mg/kg MS	<0,004	<		0/12		<		0/5		<		0/7		
chrome	7440-47-3	-	-	0,5	26	%	mg/kg MS	<0,01	0,14	SB2BISremblai	4/12		0,14	SB2BISremblai	2/5		0,038	SB7BISRemblai	2/7		
cuivre	7440-50-8	-	-	2	34	%	mg/kg MS	<0,05	0,089	SB7BISremblai	1/12		<		0/5		0,089	SB7BISRemblai	1/7		
mercure	7439-97-6	-	-	0,01	28	%	mg/kg MS	<0,0005	0,0007	SB7BISremblai	1/12		<		0/5		0,0007	SB7BISRemblai	1/7		
plomb	7439-92-1	-	-	0,5	33	%	mg/kg MS	<0,1	<		0/12		<		0/5		<		0/7		
molybdène	7439-98-7	-	-	0,5	25	%	mg/kg MS	<0,05	0,12	SB16BISRemblai	7/12		0,12	SB16BISRemblai	2/5		0,082	SB13BISremblai	5/7		
nickel	7440-02-0	-	-	0,4	34	%	mg/kg MS	<0,1	<		0/12		<		0/5		<		0/7		
sélénium	7782-49-2	-	-	0,1	26	%	mg/kg MS	<0,039	<		0/12		<		0/5		<		0/7		
zinc	7440-66-6	-	-	4	33	%	mg/kg MS	<0,2	<		0/12		<		0/5		<		0/7		
ELUAT COMPOSES INORGANIQUES																					
fraction soluble		-	-	4 000	28	%	mg/kg MS	<500	22700	SB9BISremblai	12/12		3400	SB11BISNatruel	5/5		22700	SB9BISremblai	7/7		
ELUAT PHENOLS																					
Indice phénol		-	-	1	22	%	mg/kg MS	<0,1	<		0/12		<		0/5		<		0/7		
ELUAT DIVERSES ANALYSES CHIMIQUES																					
fluorures	16984-48-8	-	-	10	28	%	mg/kg MS	<2	13	SB2BISremblai	11/12		13	SB2BISremblai	4/5		10	SB7BISRemblai	7/7		
chlorures	16887-00-6	-	-	800	24	%	mg/kg MS	<10	440	SB2BISremblai	11/12		440	SB2BISremblai	5/5		230	SB9BISRemblai	6/7		
sulfate	14808-79-8	-	-	1 000	18	%	mg/kg MS	<10	14000	SB9BISremblai	12/12		1610	SB16BISRemblai	5/5		14000	SB9BISRemblai	7/7		

<0,01 : Valeur inférieure à la limite de quantification (LQ) du laboratoire

Investigations de 2014

Investigations de 2021

Références :

(1) Teneurs totales en éléments traces dans les - Gammes de valeurs "ordinaires" et d'anomalies naturelles :
Gammes de valeurs couramment observées dans les sols "ordinaires" de toutes granulométrie et gamme de valeurs observées dans le cas d'anomalies naturelles modérées et d'anomalies fortes
Données issues du programme ASPITET de l'INRA (Apport d'une Stratification Pédologique pour l'interprétation des Teneurs en Eléments Traces de l'INRA)

0,5 Pour les métaux, valeur supérieure à la gamme des concentrations "Sols ordinaires"

0,5 Pour les métaux, valeur supérieure à la gamme des concentrations "Anomalies naturelles modérées"

(2) Arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations de stockage de déchets inertes (ISDI) et installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517
Les critères ISDI sont fournis à titre indicatifs par exemple pour aider à l'évaluation de filières d'élimination en cas de travaux, il ne s'agit en aucun cas de critère permettant d'évaluer des impacts ou de critères sanitaires

0,5 Valeur supérieure aux critères de l'arrêté du 12 décembre 2014 (pour les échantillons analysés pour le pack analytiques "ISDI")

Tableau 1B : Résultats d'analyses des sols - mars 2014 - autres paramètres

Paramètres	Localisation	Transfo PCB	Ancien bâtiment incendié en 1986						Anciennes cuves antérieures								Témoin
	Nom / description d'échantillon	S1 0,5 - 1	S2 0,5 - 1,5	S2 2 - 3	S3 1,2 - 1,8	S3 2 - 2,5	S4 1,5 - 2	S9 0,4 - 1	S5 3,8 - 4,5	S5 4,5 - 5	S6 bis 3,8 - 4,5	S6 bis 4,5 - 5	S7 1,8 - 2	S7 4,5 - 5	S8 1 - 1,5	S8 3,5 - 4,5	S10 1,4 - 2,4
	Lithologie	Remblai	Remblai	Argile	Remblai	Argile	Remblai	Remblai	Sable	Sable	Sable	Sable	Remblai	Sable	Remblai	Sable	Sable
	Unité																
Analyses diverses																	
Indice phénol	mg/kg MS		<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50								<0.50
Cyanures libres	mg/kg MS		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5								<0.5
Cyanures totaux	mg/kg MS		<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5								<0.5
Métaux																	
Cobalt	mg/kg MS		<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	<1.01	<1.00								<1.00
Molybdène	mg/kg MS		1,33	<1.00	1,94	<1.00	<1.00	3,1	<1.00								<1.00
Méthylmercure	mg/kg MS		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02								<0.02
Sélénium	mg/kg MS		<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.0	<10.1	<10.0								<10.0
Vanadium	mg/kg MS		15	24	17,3	32,4	16,4	26,4	8,89								9,35
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS - Autres composés																	
1,1,2-trichloroéthane	mg/kg MS		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20								<0.20
1,1-dichloroéthane	mg/kg MS		<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10								<0.10
1,2-Dibromoéthane	mg/kg MS		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05								<0.05
Bromochlorométhane	mg/kg MS		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20								<0.20
Bromodichlorométhane	mg/kg MS		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20								<0.20
Dibromochlorométhane	mg/kg MS		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20								<0.20
Dibromométhane	mg/kg MS		<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20								<0.20
Dioxines - PCDD/F (17)																	
2,3,7,8-TCDD	ng/kg MS				< 0.49				< 0.45								< 0.44
1,2,3,7,8-PeCDD	ng/kg MS				< 0.66				< 0.60								< 0.58
1,2,3,4,7,8-HxCDD	ng/kg MS				< 1.32				< 1.19								< 1.16
1,2,3,6,7,8-HxCDD	ng/kg MS				< 1.32				< 1.19								< 1.16
1,2,3,7,8,9-HxCDD	ng/kg MS				< 1.32				< 1.19								< 1.16
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	ng/kg MS				2,99				< 1.34								< 1.31
OCDD	ng/kg MS				12,90				< 5.48								6,24
2,3,7,8-TCDF	ng/kg MS				< 0.88				< 0.80								< 0.78
1,2,3,7,8-PeCDF	ng/kg MS				< 1.21				< 1.10								< 1.07
2,3,4,7,8-PeCDF	ng/kg MS				< 1.21				< 1.10								< 1.07
1,2,3,4,7,8-HxCDF	ng/kg MS				< 1.10				< 1.0								< 0.97
1,2,3,6,7,8-HxCDF	ng/kg MS				< 1.10				< 1.0								< 0.97
1,2,3,7,8,9-HxCDF	ng/kg MS				< 1.10				< 1.0								< 0.97
2,3,4,6,7,8-HxCDF	ng/kg MS				< 1.10				< 1.0								< 0.97
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ng/kg MS				2,87				< 1.29								< 1.26
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ng/kg MS				< 1.04				< 0.95								< 0.92
OCDF	ng/kg MS				< 8.77				< 7.96								< 7.76
Dioxines et Furanes TEQ (OMS 1998) sans LQ	ng/kg MS				0,06				ND								0,00
Dioxines et Furanes TEQ (OMS 1998) avec LQ	ng/kg MS				2,81				2,52								2,46
Somme des dioxines (OMS 2005 PCDD/F- TEQ) sans LQ	ng/kg MS				0,06				ND								0,00
Somme des dioxines (OMS 2005 PCDD/F- TEQ) avec LQ	ng/kg MS				2,55				2,28								2,22
I-TEQ (NATO/CCMS) sans LQ	ng/kg MS				0,07				ND								0,01
I-TEQ (NATO/CCMS) avec LQ	ng/kg MS				2,50				2,23								2,18

<0,01 : Valeur inférieure à la limite de quantification (LQ) du laboratoire

Tableau 1C: Résultats d'analyses des sols - janvier 2021 - Granulométrie

Paramètre analysé	Incertitude de mesure du laboratoire	Unité	LQ	Bâtiment incendié et anciennes cuves enterrées	
				ARR1 (0 - 1)	ARR2 (1-1,5)
				Remblai	Remblai
matière sèche	7.6 %	% massique	-	89,2	89,4
calcite	46 %	% MS	<0,2	24	35
Matières organiques					
matières organiques	30 %	% MS	<0,5	2,1	2,8
GRANULOMETRIE					
parties min. <2µm	25 %	% fract. min.	<1	4,4	4,3
parties min. <20µm	-	% fract. min.	<1	7,7	8,8
parties min. <50µm	48 %	% fract. min.	<1	15	12
parties min. <210µm	35 %	% fract. min.	<1	50	40
parties min. <2mm	30 %	% fract. min.	<1	76	73
Composition des terrains					
Argile (< 2 µm)	- -	% fract. min.		5,8%	5,9%
Limon (2 - 50 µm)	- -	% fract. min.		13,9%	10,5%
Sable (50 µm - 2 mm)	- -	% fract. min.		80,3%	83,6%
Type de sol				Sable limoneux	Sable limoneux

Tableau 2A: Résultats d'analyses des eaux souterraines - janvier 2021

						Nappe du Lutétien	Nappe alluviale				
Paramètre analysé	N° CAS	Unité	NQ/Valeurs seuils d'évaluation de la qualité des eaux souterraines ⁽¹⁾	Incertitude de mesure du laboratoire	LQ		Amont hydraulique		Latéral hydraulique	Aval hydraulique	
							PL	PzChaufferie	PzNappe	PZ1	PZ2
METAUX											
arsenic	7440-38-2	µg/l	10	9,4 %	<1	<1	10	#	1,1	<1	16
baryum	7440-39-3	µg/l	700	6,2 %	<5	6,8	49	#	74	40	86
cadmium	7440-43-9	µg/l	5	7 %	<0,2	<0,2	<0,2	#	<0,2	<0,2	<0,2
chrome	7440-47-3	µg/l	50	4,2 %	<1	<1	<1	#	<1	<1	<1
cuivre	7440-50-8	µg/l	2 000	4,4 %	<2	<2	<2	#	15	<2	<2
mercure	7439-97-6	µg/l	1	29 %	<0,05	<0,05	<0,05	#	<0,05	<0,05	<0,05
plomb	7439-92-1	µg/l	10	3,6 %	<2	<2	<2	#	<2	<2	<2
nickel	7440-02-0	µg/l	20	4,2 %	<3	<3	90	#	<3	18	4,9
zinc	7440-66-6	µg/l	5 000	6,2 %	<10	<10	16	#	13	<10	<10
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS (BTX)											
benzène	71-43-2	µg/l	1	34 %	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
toluène	108-88-3	µg/l	700	31 %	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
éthylbenzène	100-41-4	µg/l	300	33 %	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
orthoxyène	95-47-6	µg/l	-	29 %	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
para- et métaxyène	179601-23-1	µg/l	-	31 %	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
xyènes		µg/l	500	-	<0,4	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40
BTX totaux		µg/l	-	-	<1	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)											
naphthalène	91-20-3	µg/l	-	23 %	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
acénaphthylène	208-96-8	µg/l	-	23 %	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
acénaphthène	83-32-9	µg/l	-	21 %	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
fluorène	86-73-7	µg/l	-	23 %	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
phénanthrène	85-01-8	µg/l	-	21 %	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
anthracène	120-12-7	µg/l	-	23 %	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
fluoranthène	206-44-0	µg/l	-	31 %	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
pyrène	129-00-0	µg/l	-	24 %	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
benzo(a)anthracène	56-55-3	µg/l	-	33 %	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
chrysène	218-01-9	µg/l	-	32 %	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
benzo(b)fluoranthène	205-99-2	µg/l	-	54 %	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
benzo(k)fluoranthène	207-08-9	µg/l	-	43 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
benzo(a)pyrène	50-32-8	µg/l	0,01	44 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
dibenzo(ah)anthracène	53-70-3	µg/l	-	56 %	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
benzo(ghi)peryène	191-24-2	µg/l	-	49 %	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5	µg/l	-	53 %	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Somme des HAP (10) VROM		µg/l	-	53 %	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Somme des HAP (16) - EPA		µg/l	-	56 %	<0,57	<0,57	<0,57	<0,57	<0,57	<0,57	<0,57
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (COHV)											
tétrachloroéthylène	127-18-4	µg/l	10	32 %	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
trichloroéthylène	79-01-6	µg/l	10	28 %	<0,1	<0,1	<0,1	0,16	0,19	<0,1	0,25
1,1-dichloroéthène	75-35-4	µg/l	-	42 %	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
cis-1,2-dichloroéthène	156-59-2	µg/l	50	26 %	<0,1	<0,1	1,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,19
trans-1,2-dichloroéthylène	156-60-5	µg/l	-	33 %	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
chlorure de vinyle	75-01-4	µg/l	0,5	42 %	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
1,1,1-trichloroéthane	71-55-6	µg/l	-	30 %	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
1,2-dichloroéthane	107-06-2	µg/l	3	26 %	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
tétrachlorométhane (tetrachlorure de carbone)	56-23-5	µg/l	4	34 %	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
chloroforme (trichlorométhane)	67-66-3	µg/l	2,5	27 %	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
dichlorométhane (chlorure de méthylène)	75-09-2	µg/l	-	27 %	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
1,2-dichloropropane	78-87-5	µg/l	40	27 %	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
trans-1,3-dichloropropène	10061-02-6	µg/l	20	48 %	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
cis-1,3-dichloropropène	10061-01-5	µg/l	-	36 %	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
bromoforme	75-25-2	µg/l	100	24 %	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
hexachlorobutadiène	87-68-3	µg/l	0,6	42 %	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
HYDROCARBURES TOTAUX (HCT)											
fraction C5-C6		µg/l	-	31 %	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
fraction C6-C8		µg/l	-	31 %	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
fraction C8-C10		µg/l	-	31 %	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
fraction C10-C12		µg/l	-	36 %	<5	<5	<5	<5	<5	<5	7
fraction C12-C16		µg/l	-	36 %	<5	<5	<5	<5	<5	<5	30
fraction C16-C21		µg/l	-	36 %	<5	<5	<5	<5	<5	<5	50
fraction C21-C40		µg/l	-	36 %	<5	<5	<5	<5	<5	<5	35
Hydrocarbures Volatils C5-C10		µg/l	-	31 %	<30	<30	<30	<30	<30	<30	<30
hydrocarbures totaux C10-C40		µg/l	-	36 %	<20	<20	<20	<20	<20	<20	120
PFC: composés perfluorés											
PFOS (acide perfluorooctane sulfonique)											
PFOS linear		ng/l	-	voir bordereau d'analyses			210	6,4	36	6	10
PFOS branched		ng/l	-				50	13	13	5,5	18
PFOS total		ng/l	-				260	19	49	12	28
PFOA (acide perfluorooctanoïque)											
PFOA linear		ng/l	-	voir bordereau d'analyses			5,8	6	9,6	1,9	20
PFOA branched		ng/l	-				1,5	1,7	1,7	0,44	5,8
PFOA total		ng/l	-				7,3	7,7	11	2,3	26

<0,02 : Valeur inférieure à la limite de quantification (LQ) du laboratoire

: Echantillon non analysé en raison d'une dégradation durant le transport

en gras : Concentration supérieure aux limites de qualité définie dans le guide d'évaluation de l'état des eaux souterraines - juillet 2019.

Références:

(1) A titre exclusivement indicatif, les valeurs suivantes sont indiquées:

NQ: Norme de Qualité ou Valeur Seuil définie dans l'Annexe 1 du guide d'évaluation de l'état des eaux souterraines établi par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire en juillet 2019

Tableau 2B: Résultats d'analyses des eaux souterraines - avril 2014

Paramètre analysé	Unité	NQ/Valeurs seuils d'évaluation de la qualité des eaux souterraines ⁽¹⁾	Nappe du Lutétien	Nappe alluviale				
			PL	Amont hydraulique		Latéral hydraulique	Aval hydraulique	
				PzChaudferrie	PzNappe	PZ1	PZ2	PZ3
COT	µg/l	-		4300	2500	2100	3700	17000
Indice phénol	µg/l	-		<10	<10	<10	<10	<10
Cyanures	µg/l	50		<10	<10	<10	<10	<10
	µg/l	50		<10	<10	<10	<10	<10
Métaux	Arsenic	10	<5	69	8	47	<5	16
	Cadmium	5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Chrome	50	<5	<5	<5	<5	<5	<5
	Cuivre	2 000	10	<10	10	<10	<10	<10
	Nickel	20	<5	36	11	<5	13	7
	Plomb	10	<5	14	10	<5	<5	<5
	Baryum	700	32	141	143	74,4	116	129
	Cobalt	-	<5	10,3	13,8	0,81	3,04	7,5
	Molybdène	70	0,125	4,1	1,42	1,02	1,05	1,53
	Sélénium	10	<10	6,71	2,75	<0,50	<0,50	<0,50
	Vanadium	-	7	21	14,9	0,42	2,13	2,03
	Zinc	5 000	30	30	40	<20	<20	<20
	Mercure	1	<0,21	<0,30	<0,20	<0,32	<0,34	<0,30
	Méthylmercure	-		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
BTEX	Benzène	1	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	Toluène	700	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
	Ethylbenzène	300	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
	Orthoxylène	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
	Para- et métaxylène	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
	Xylènes	500	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
	BTEX total	-	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
COHV	1,2-dichloroéthane	3	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	1,1-dichloroéthène	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	Cis-1,2-dichloroéthène	50	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	Trans 1,2-dichloroéthylène	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	Dichlorométhane	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	Tétrachlorure de carbone	4	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
	Tétrachloroéthylène	10	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
	Trichloroéthylène	10	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
	Bromochlorométhane	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	1,1,1-trichloroéthane	-	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	1,1,2-trichloroéthane	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	Dibromométhane	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	Bromodichlorométhane	-	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
	Dibromochlorométhane	100	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	1,2-Dibromoéthane	0,4	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00	<1,00
	Chloroforme	2,5	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00	<2,00
	Chlorure de vinyle	0,5	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
	Bromoforme	100	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
HAP	Naphtalène	-		0,01	0,02	0,04	0,02	0,1
	Acénaphthylène	-		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
	Acénaphthène	-		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,08
	Fluorène	-		<0,01	0,06	<0,01	<0,01	<0,01
	Phénanthrène	-		<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,02
	Anthracène	-		<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
	Pyrène	-		<0,01	0,06	<0,01	<0,01	0,01
	Benzo(a)anthracène	-		<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01
	Chrysène	-		<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01
	dibenzo(ah)anthracène	-		<0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Fluoranthène	-		<0,01	0,06	<0,01	<0,01	<0,01
	Benzo(a)pyrène	0,01		<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01
	Benzo(b)fluoranthène	-		<0,01	0,07	<0,01	<0,01	<0,01
	Benzo(k)fluoranthène	-		<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01
	benzo(ghi)peryène	-		<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01
	Indéno(1 2 3-cd)pyrène	-		<0,01	0,03	<0,01	<0,01	<0,01
	Somme des 4 HAP ⁽⁷⁾	-		<0,01	0,16	<0,01	<0,01	<0,01
	Somme des 6 HAP ⁽⁸⁾	-		<0,01	0,26	<0,01	<0,01	<0,01
	Somme des HAP (16) - EPA	-		0,01<x<0,16	0,43<x<0,47	0,04<x<0,19	0,02<x<0,17	0,47<x<0,56
	Fraction C5 - C8	-		<30,0	<30,0	<30,0	<30,0	<30,0
	Fraction C8 - C10	-		<30,0	<30,0	<30,0	<30,0	<30,0
HCT	Hydrocarbures volatils C5-C10	-		<60,0	<60,0	<60,0	<60,0	<60,0
	Fraction C10 - C16	-	<8	19	9	<8	<8	168
	Fraction C16 - C22	-	<8	<8	<8	<8	<8	54
	Fraction C22 - C30	-	24	<8	9	<8	<8	15
	Fraction C30 - C40	-	14	<8	11	<8	<8	<8
	Indice hydrocarbures (C10-C40)	1 000	50	39	38	<30	<30	239

<0,02 : Valeur inférieure à la limite de quantification (LQ) du laboratoire

en gras : Concentration supérieure aux limites de qualité définie dans le guide d'évaluation de l'état des eaux souterraines - juillet 2019.

Références:

(1) A titre exclusivement indicatif, les valeurs suivantes sont indiquées:

NQ: Norme de Qualité ou Valeur Seuil définie dans l'Annexe 1 du guide d'évaluation de l'état des eaux souterraines établi par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire en juillet 2019

Tableau 3: Résultats d'analyses des gaz du sol - janvier 2021

Paramètre analysé	Unité	N° CAS	Incertitude de mesure du laboratoire	Anciens bâtiment incendié en 1986		Anciennes cuves enterrées	Blanc de transport
				PZA3	PZA2	PZA1	PB
Volume prélevé (l)				16,48	16,49	16,49	-
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS - Zone de mesure							
benzène	mg/m3	71-43-2	11 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,16
toluène	mg/m3	108-88-3	11 %	<0,01	0,007	0,032	<0,1
éthylbenzène	mg/m3	100-41-4	13 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,2
orthoxyène	mg/m3	95-47-6	12 %	<0,01	<0,01	0,012	<0,1
para- et métaoxyène	mg/m3	179601-23-1	13 %	<0,01	<0,01	0,039	<0,2
xylènes	mg/m3		13 %	<0,02	<0,02	0,051	<0,30
BTEX totaux	mg/m3		12 %	<0,05	<0,05	0,085	<0,76
naphtalène	mg/m3	91-20-3	22 %	<0,02	<0,02	<0,02	<0,25
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS - Zone de contrôle							
benzène	mg/m3	71-43-2	11 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
toluène	mg/m3	108-88-3	11 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
éthylbenzène	mg/m3	100-41-4	13 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,2
orthoxyène	mg/m3	95-47-6	12 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
para- et métaoxyène	mg/m3	179601-23-1	13 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,2
xylènes	mg/m3		13 %	<0,02	<0,02	<0,02	<0,30
BTEX totaux	mg/m3		12 %	<0,04	<0,04	<0,04	<0,70
naphtalène	mg/m3	91-20-3	22 %	<0,02	<0,02	<0,02	<0,25
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (COHV) - Zone de mesure							
1,2-dichloroéthane	mg/m3	107-06-2	13 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
1,1-dichloroéthane	mg/m3	75-35-4	13 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
cis-1,2-dichloroéthane	mg/m3	156-59-2	14 %	<0,01	<0,01	0,010	<0,12
trans-1,2-dichloroéthylène	mg/m3	156-60-5	11 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,12
dichlorométhane	mg/m3	75-09-2	14 %	<0,03	<0,03	<0,03	<0,5
1,2-dichloropropane	mg/m3	78-87-5	12 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,12
tétrachloroéthylène	mg/m3	127-18-4	12 %	<0,01	0,010	0,024	<0,1
tétrachlorométhane	mg/m3	56-23-5	10 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
1,1,1-trichloroéthane	mg/m3	71-55-6	10 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
trichloroéthylène	mg/m3	79-01-6	12 %	<0,01	1,335	1,213	<0,12
chloroforme	mg/m3	67-66-3	12 %	<0,01	<0,01	0,049	<0,1
chlorure de vinyle	mg/m3	75-01-4	29 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,12
hexachlorobutadiène	mg/m3	87-68-3	19 %	<0,06	<0,06	<0,06	<1
trans-1,3-dichloropropène	mg/m3	10061-02-6	11 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
cis-1,3-dichloropropène	mg/m3	10061-01-5	10 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,12
bromoforme	mg/m3	75-25-2	18 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
COMPOSES ORGANO HALOGENES VOLATILS (COHV) - Zone de contrôle							
1,2-dichloroéthane	mg/m3	107-06-2	13 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
1,1-dichloroéthane	mg/m3	75-35-4	13 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
cis-1,2-dichloroéthane	mg/m3	156-59-2	14 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
trans-1,2-dichloroéthylène	mg/m3	156-60-5	11 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
dichlorométhane	mg/m3	75-09-2	14 %	<0,03	<0,03	<0,03	<0,5
1,2-dichloropropane	mg/m3	78-87-5	12 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
tétrachloroéthylène	mg/m3	127-18-4	12 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
tétrachlorométhane	mg/m3	56-23-5	10 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
1,1,1-trichloroéthane	mg/m3	71-55-6	10 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
trichloroéthylène	mg/m3	79-01-6	12 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
chloroforme	mg/m3	67-66-3	12 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
chlorure de vinyle	mg/m3	75-01-4	29 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
hexachlorobutadiène	mg/m3	87-68-3	19 %	<0,06	<0,06	<0,06	<1
trans-1,3-dichloropropène	mg/m3	10061-02-6	11 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
cis-1,3-dichloropropène	mg/m3	10061-01-5	10 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
bromoforme	mg/m3	75-25-2	18 %	<0,01	<0,01	<0,01	<0,1
HYDROCARBURES TOTAUX (HCT) - Zone de mesure							
fraction aromat. >C6-C7	mg/m3		4.4 %	<1,21	<1,21	<1,21	<20
fraction aromat. >C7-C8	mg/m3		3 %	<1,21	<1,21	<1,21	<20
fraction aromat. >C8-C10	mg/m3		11 %	<0,61	<0,61	<0,61	<10
fraction aromat. >C10-C12	mg/m3		23 %	<0,61	<0,61	<0,61	<10
fraction aromat. >C12-C16	mg/m3		26 %	<0,61	<0,61	<0,61	<10
fraction aliphat. >C5-C6	mg/m3		31 %	<1,21	<1,21	<1,21	<20
fraction aliphat. >C6-C8	mg/m3		18 %	<1,21	<1,21	<1,21	<20
fraction aliphat. >C8-C10	mg/m3		44 %	<1,21	<1,21	<1,21	<20
fraction aliphat. >C10-C12	mg/m3		43 %	<1,21	<1,21	<1,21	<20
fraction aliphat. >C12-C16	mg/m3		77 %	<1,21	<1,21	<1,21	<20
HYDROCARBURES TOTAUX (HCT) - Zone de contrôle							
fraction aromat. >C6-C7	mg/m3		4.4 %	<0,61	<0,61	<0,61	<10
fraction aromat. >C7-C8	mg/m3		3 %	<0,61	<0,61	<0,61	<10
fraction aromat. >C8-C10	mg/m3		12 %	<0,30	<0,30	<0,30	<5,0
fraction aromat. >C10-C12	mg/m3		23 %	<0,61	<0,61	<0,61	<10
fraction aromat. >C12-C16	mg/m3		26 %	<0,61	<0,61	<0,61	<10
fraction aliphat. >C5-C6	mg/m3		31 %	<0,61	<0,61	<0,61	<10
fraction aliphat. >C6-C8	mg/m3		18 %	<0,61	<0,61	<0,61	<10
fraction aliphat. >C8-C10	mg/m3		44 %	<0,61	<0,61	<0,61	<10
fraction aliphat. >C10-C12	mg/m3		43 %	<0,61	<0,61	<0,61	<10
fraction aliphat. >C12-C16	mg/m3		77 %	<0,61	<0,61	<0,61	<10

Tableau 4 : Calculs de risques pour une exposition professionnelle par inhalation de vapeurs à l'intérieur d'un bâtiment

Composés		Concentrations retenues dans les gaz du sol ⁽¹⁾ <i>mg/m³</i>	Concentrations modélisées dans l'air intérieur <i>µg/m³</i>	Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)		Niveaux de risques	
				CAA <i>µg/m³</i>	ERU _i <i>(µg/m³)⁻¹</i>	Effets à seuil (QD)	Effets sans seuil (ERI)
BTEX	Toluène	0,032	9,3E-02	1,9E+04	-	9,8E-07	-
	Xylènes	0,051	1,5E-01	1,0E+02	-	3,0E-04	-
COHV	Cis-1,2-Dichloroéthylène	0,010	2,9E-02	6,0E+01	-	9,6E-05	-
	Tétrachloroéthylène	0,024	7,1E-02	4,0E+02	2,6E-07	3,6E-05	1,6E-09
	Trichloroéthylène	1,335	3,9E+00	3,2E+03	1,0E-06	2,5E-04	3,4E-07
	Chloroforme	0,049	1,4E-01	6,3E+01	-	4,6E-04	-
				TOTAL		1,1E-03	3,4E-07
				<i>Valeur de référence</i>		1,0	1,0E-05

⁽¹⁾ Teneurs maximales mesurées dans les échantillons de gaz du sol prélevés en janvier 2021 au droit des piézajirs PZA1 à PZA3.

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes
COHV : Composés Organo-Halogénés Volatils

CAA : Concentration Admissible dans l'Air
ERU_i : Excès de Risque Unitaire pour la voie par Inhalation

QD : Quotient de Danger
ERI : Excès de Risque Individuel

Paramètre	Unité	Exposition professionnelle
Fréquence Journalière d'exposition	h/jour	8
Fréquence annuelle d'exposition	jours/an	220
Durée d'exposition totale	années	30
Durée de vie	années	70

Tableau 5 : Calculs de risques pour une exposition professionnelle par ingestion accidentelle de sol de surface au droit du site

Composés		Concentrations retenues dans les sols de surface ⁽¹⁾ mg/kg	Dose Journalière d'Exposition (DJE) mg/kg/jour	Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)		Niveaux de risques	
				DJA mg/kg/jour	ERU _i (mg/kg/jour) ⁻¹	Effets à seuil (QD)	Effets sans seuil (ERI via active)
Métaux⁽²⁾	Baryum (Ba)	149,1	2,5E-05	2,0E-01	-	1,2E-04	-
	Cuivre (Cu)	70,4	1,2E-05	1,5E-01	-	7,7E-05	-
	Mercure (Hg)	0,69	1,1E-07	5,7E-04	-	2,0E-04	-
	Molybdène (Mo)	1,67	2,8E-07	6,0E-05	-	4,6E-03	-
	Plomb (Pb)	273,9	4,5E-05	6,3E-04	8,5E-03	7,2E-02	1,6E-07
	Vanadium	16,89	2,8E-06	2,0E-03	-	1,4E-03	-
	Zinc (Zn)	181,4	3,0E-05	3,0E-01	-	1,0E-04	-
BTEX	Ethylbenzène	0,03	5,7E-09	9,7E-02	1,1E-02	5,9E-08	2,7E-11
HAP	Naphtalène	0,04	6,1E-09	2,0E-02	1,2E-01	3,0E-07	3,1E-10
	Acénaphtylène	0,07	1,2E-08	-	1,0E-03	-	5,2E-12
	Acénaphène	0,03	5,6E-09	6,0E-02	1,0E-03	9,3E-08	2,4E-12
	Fluorène	0,05	7,7E-09	4,0E-02	1,0E-03	1,9E-07	3,3E-12
	Phénanthrène	0,44	7,2E-08	4,0E-02	1,0E-03	1,8E-06	3,1E-11
	Anthracène	0,14	2,3E-08	3,0E-01	1,0E-02	7,8E-08	1,0E-10
	Fluoranthène	0,80	1,3E-07	4,0E-02	1,0E-03	3,3E-06	5,6E-11
	Pyrène	0,77	1,3E-07	3,0E-02	1,0E-03	4,2E-06	5,4E-11
	Benzo(a)anthracène	0,47	7,8E-08	-	1,0E-01	-	3,3E-09
	Chrysène	0,38	6,2E-08	-	1,0E-02	-	2,7E-10
	Benzo(b)fluoranthène	0,42	6,9E-08	-	1,0E-01	-	2,9E-09
	Benzo(k)fluoranthène	0,20	3,3E-08	-	1,0E-01	-	1,4E-09
	Benzo(a)pyrène	0,47	7,7E-08	3,0E-04	1,0E+00	2,6E-04	3,3E-08
	Dibenzo(ah)anthracène	0,11	1,8E-08	-	1,0E+00	-	7,7E-09
	Benzo(ghi)peryène	0,40	6,6E-08	3,0E-02	1,0E-02	2,2E-06	2,8E-10
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,37	6,1E-08	-	1,0E-01	-	2,6E-09
COHV	Trichloroéthylène	0,26	4,2E-08	5,0E-04	7,8E-04	8,4E-05	1,4E-11
	Dichlorométhane	0,05	8,1E-09	6,0E-03	2,0E-03	1,4E-06	7,0E-12
HCT⁽³⁾	Fraction >C ₁₀ - C ₁₆	7,2	1,2E-06	4,0E-02	-	3,0E-05	-
	Fraction >C ₁₆ - C ₂₂	28,9	4,8E-06	3,0E-02	-	1,6E-04	-
	Fraction >C ₂₂ - C ₃₀	55,9	9,2E-06	3,0E-02	-	3,1E-04	-
	Fraction >C ₃₀ - C ₄₀	44,8	7,4E-06	3,0E-02	-	2,5E-04	-
PCB	Polychlorobiphényles (7 congénères) ⁽⁴⁾	0,035	5,7E-09	2,0E-05	2,0E+00	5,7E-04	9,8E-09
Dioxines/furanes	PCDD/F, exprimés en I-TEQ	0,0000024	3,9E-13	2,9E-07	-	1,4E-06	-
			TOTAL			8,0E-02	2,3E-07
			Valeur de Référence			1,0	1,0E-05

⁽¹⁾ Moyenne des teneurs mesurées dans les échantillons de sol prélevés entre 0 et 2 m de profondeur au droit du site, lors des investigations menées en mars 2014 et janvier 2021.

⁽²⁾ Pour les métaux, n'ont été considérés que les composés dont les teneurs sont supérieures au bruit de fond géochimique national (gamme de concentrations couramment observées dans les « sols ordinaires » en France).

⁽³⁾ En l'absence d'information sur la nature des HCT, les fractions >C₁₀-C₁₆, >C₁₆-C₂₂, >C₂₂-C₃₀ et >C₃₀-C₄₀ ont été assimilées aux coupes aromatiques respectives >C₁₀-C₁₂ et >C₁₆-C₂₅, plus pénalisantes en termes de toxicité.

⁽⁴⁾ Pour les PCB, la DJA et l'ERU_i s'appliquant aux PCB totaux, un facteur 2 a été appliqué à la teneur en PCB dans le calcul du QD et de l'ERI (ANSES).

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

COHV : Composés Organo-Halogénés Volatils

HCT : Hydrocarbures Totaux

PCB : Polychlorobiphényles

DJA : Dose Journalière Admissible

ERU_i : Excès de Risque Unitaire pour la voie orale

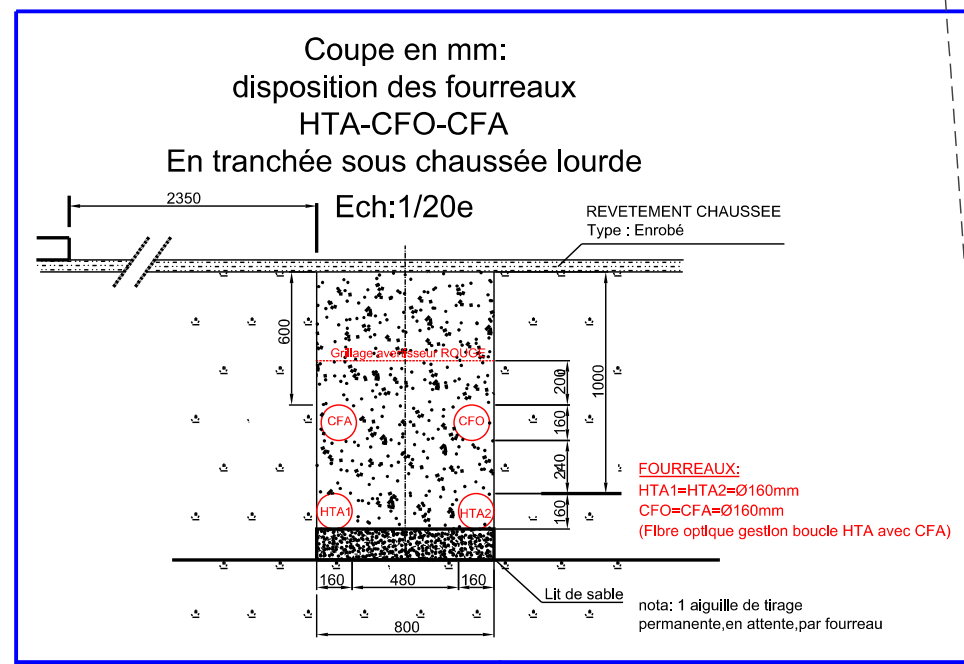
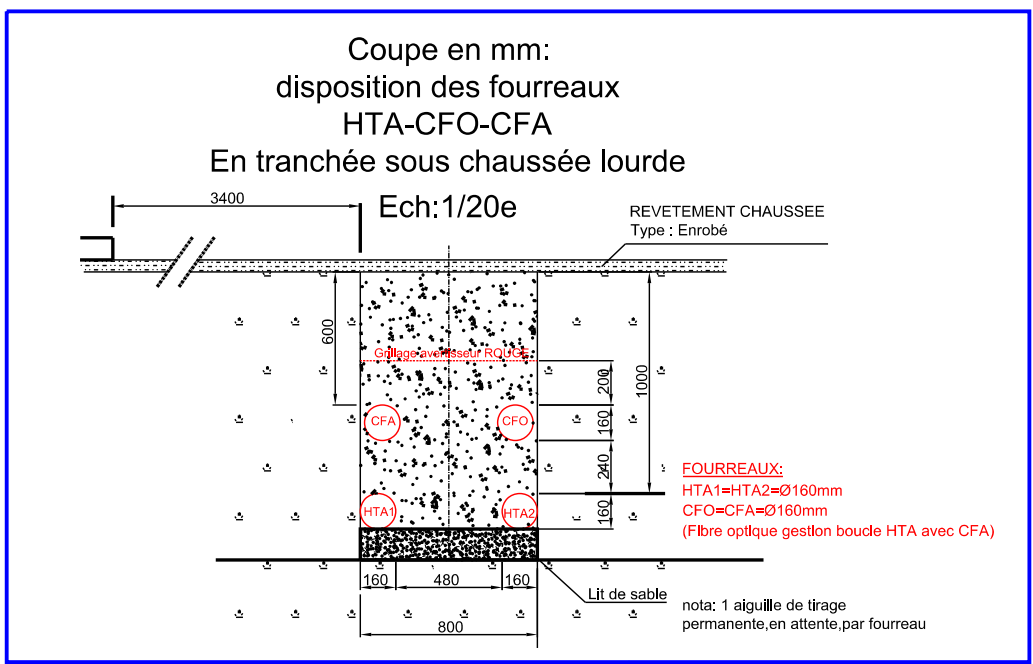
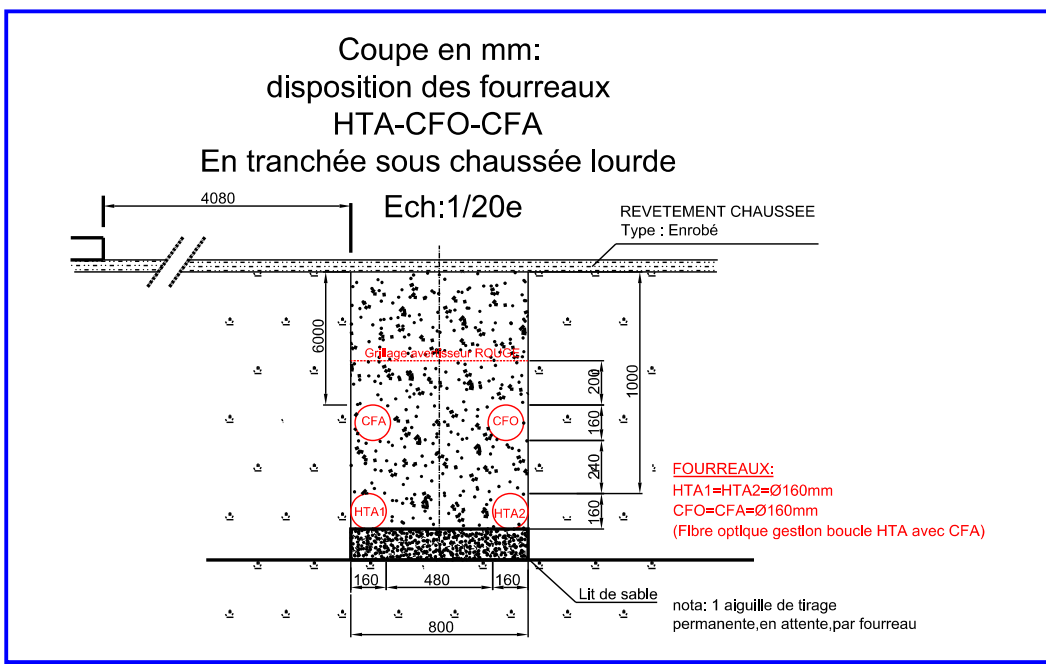
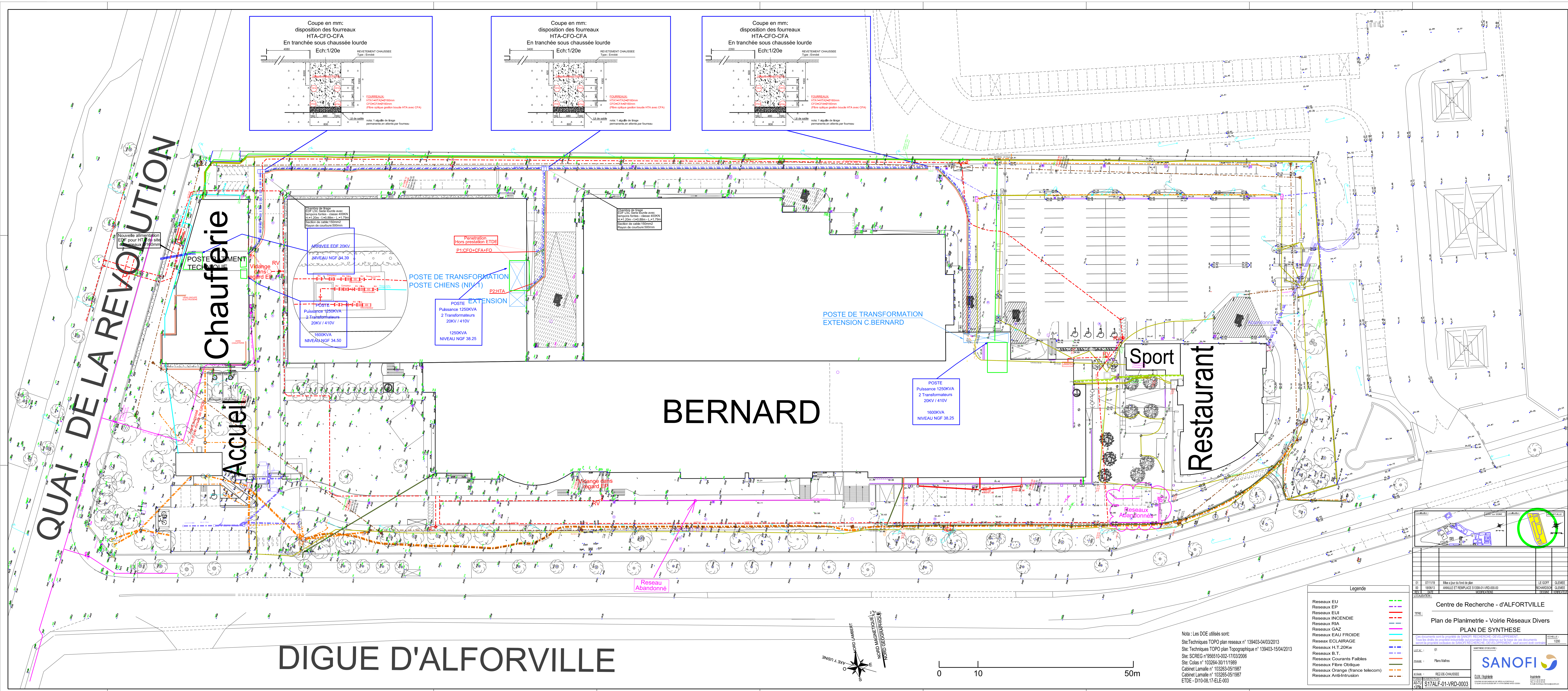
QD : Quotient de Danger

ERI : Excès de Risque Individuel

Paramètre	Unité	Exposition professionnelle
Taux d'ingestion de sol	mg/jour	16,7
Fréquence annuelle d'exposition	jours/an	220
Masse corporelle	kg	61
Durée d'exposition totale	années	30
Durée de vie	années	70

ANNEXES

Annexe A : Plan de localisation des réseaux d'eau potable



Legende

- Relevé EU
- Relevé EP
- Relevé ECU
- Relevé INCENDIE
- Relevé RIA
- Relevé GAZ
- Relevé EAU FROIDE
- Relevé ECLAIRAGE
- Relevé HT 20Kw
- Relevé B.T.
- Relevé Courants Faibles
- Relevé Fibre Optique
- Relevé Orange (France Telecom)
- Relevé Anti-Intrusion

Titre: Centre de Recherche - d'ALFORTVILLE
Plan de Planimétrie - Voirie Réseaux Divers
PLAN DE SYNTHÈSE

Sanofi

Notas: Les DOE utilisés sont:
Site: Techniques TOPO plan réseaux n° 139403-04/03/2013
Site: Techniques TOPO plan Topographique n° 139403-15/04/2013
Site: SORIS n° 958510-02-17/03/2006
Site: Cote n° 103284-30/11/1989
Cabinet Lamalle n° 103283-05/1987
ETDE - D10-08.11-ELE-003

Annexe B : Méthodologie d'estimation des concentrations d'exposition dans l'air intérieur

TABLE DES MATIERES

1.	INTRODUCTION.....	2
2.	PREDICTION DES CONCENTRATIONS DANS L'AIR INTERIEUR	2

1. INTRODUCTION

Le modèle analytique utilisé pour simuler les concentrations d'exposition par inhalation de vapeurs est basé sur les équations de Johnson & Ettinger (1991)¹, élaboré par l'US EPA (2003)² et de l'ASTM (American Society for Testing and Materials)³. Ces équations modélisent la migration verticale par diffusion des vapeurs de polluants remontant de la zone source (sols et/ou eaux souterraines) ou du milieu de transfert (gaz du sol) vers la surface.

Cette approche est cohérente avec la méthodologie des études de risque approuvée par le groupe de travail mené par le Ministère en charge de l'environnement.

La modélisation permet de prédire les concentrations dans l'air ambiant en provenance des eaux souterraines et/ou des sols non saturés ou bien des gaz du sol. Les concentrations modélisées sont ensuite utilisées pour calculer les risques potentiels auxquels sont exposés les récepteurs.

La méthodologie suivie pour le calcul des concentrations d'exposition est détaillée ci-dessous.

2. PREDICTION DES CONCENTRATIONS DANS L'AIR INTERIEUR

Les concentrations d'exposition sont modélisées sur la base des informations suivantes :

- les concentrations dans la ou les sources (concentrations détectées dans les gaz du sol) ;
- les caractéristiques du sol (par exemple : porosité, perméabilité, type de sol), obtenues par mesure sur site au cours des investigations ou dans la littérature ;
- les propriétés physico-chimiques des composés ayant trait à leur comportement dans l'environnement et leur potentiel de migration (par exemple : solubilité, volatilité, diffusivité dans l'air et l'eau) ;
- les caractéristiques du milieu d'exposition où se trouve le récepteur, par exemple la structure du bâtiment pour un scénario d'exposition en intérieur.

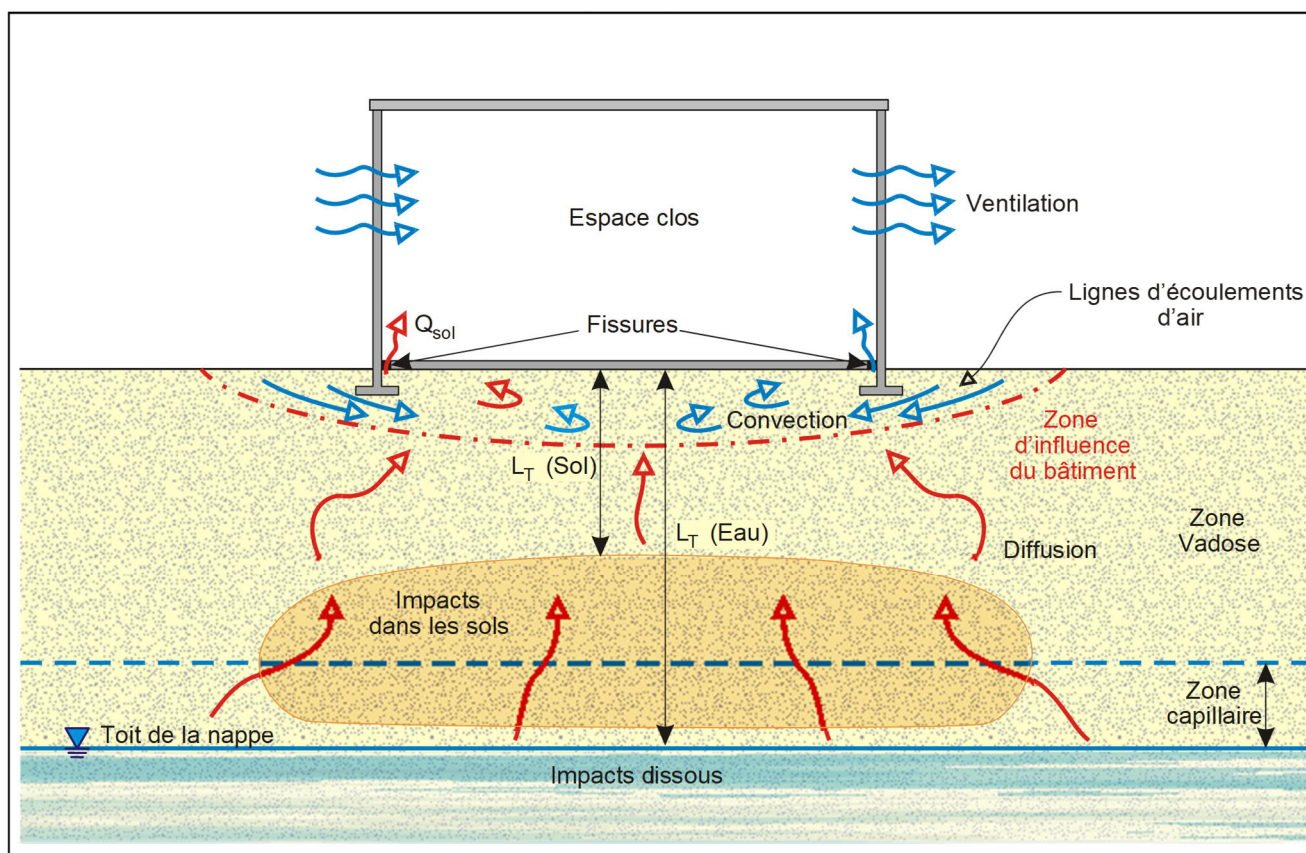
Les équations utilisées pour le calcul des concentrations d'exposition sont détaillées ci-dessous.

¹ Johnson & Ettinger, 1991. Heuristic model for predicting the intrusion rate of contaminant vapours into buildings. Environ. Sci. Technology, 25 :1445-1452.

² US EPA, juin 2003. Evaluating subsurface vapor intrusion into buildings.

³ ASTM, November 1995. Standard guide for risk-based corrective action applied at petroleum release sites. Edition 1739-95.

Le modèle simule la migration unidimensionnelle des vapeurs en provenance du sol par diffusion et convection. Il calcule les concentrations en composés dans l'air ambiant intérieur en tenant compte des caractéristiques de la source, de la zone non saturée du sol



et du bâtiment. Un schéma montrant le fonctionnement du modèle est présenté ci-après.

Les vapeurs des composés migrent par diffusion à travers la zone capillaire et la zone non saturée du sol, puis par convection à travers les fissures entre la dalle de plancher et les murs et fondations du bâtiment et dans le bâtiment lui-même.

Le transport par diffusion est en grande partie contrôlé par les caractéristiques du sol et les propriétés physico-chimiques des composés. Le transport par convection est principalement dû à la différence de pression entre l'atmosphère de l'intérieur du bâtiment et celle du sol au-dessous. Cette différence de pression est liée aux effets du vent, aux émissions de cheminée et au chauffage.

Les sources sont, dans cette étude, les concentrations dans les gaz du sol et sont considérées comme des sources permanentes et finies. Autrement dit, l'atténuation, la dégradation et la dilution des composés ne sont pas prises en compte.

Le détail des termes de convection et de diffusion utilisés dans le modèle pour estimer les concentrations dans l'air intérieur sur la base des concentrations sources vapeurs n'est pas présenté dans ce rapport, en raison de leur complexité. Ces termes sont disponibles dans la notice d'utilisation du modèle établie par l'US EPA (document référencé plus haut).

Les hypothèses principales et les limites du modèle de Johnson & Ettinger pour la modélisation des vapeurs en air intérieur sont les suivantes :

1. Les vapeurs des composés migrent à l'intérieur du bâtiment principalement par les fissures situées à la jointure entre la dalle de plancher et les murs ou fondations ;
2. Le transport des composés par convection a lieu principalement dans la zone d'influence du bâtiment et les vitesses de migration diminuent rapidement en s'éloignant de ce dernier ;
3. La diffusion est le terme dominant du transport des vapeurs entre la source de contamination et la zone d'influence du bâtiment ;
4. Toutes les vapeurs issues de la source au droit du bâtiment entrent dans celui-ci, sauf si les murs et la dalle de plancher sont parfaitement étanches aux vapeurs ;
5. Dans le plan horizontal, les propriétés du sol sont égales et homogènes dans toutes les directions ;
6. Les composés ont une distribution homogène dans toute la zone impactée ;
7. La zone impactée au droit du bâtiment est plus étendue que l'emprise du bâtiment au sol ;
8. Les mouvements convectifs de l'eau souterraine dans la colonne de sol au droit du bâtiment (évaporation ou infiltration) et la dispersion mécanique ne sont pas considérés dans l'estimation de la migration des vapeurs ;
9. Le modèle ne prend pas en compte les processus de transformations tels que la biodégradation ou l'hydrolyse ;
10. Il est possible de considérer l'atténuation au cours du temps de la source par conservation de la masse (source finie) ;
11. La couche de sol en contact avec le plancher du bâtiment est isotrope en terme de perméabilité ;
12. Le taux de renouvellement d'air dans le bâtiment et la différence de pression dynamique entre l'intérieur du bâtiment et la surface du sol sont constants.

Annexe B - Tableau B1 : Paramètres physico-chimiques des composés considérés pour la modélisation des concentrations d'exposition dans l'air ambiant

Composés		CAS	Coefficient de partage carbone organique	Coefficient de diffusivité dans l'air	Coefficient de diffusivité dans l'eau	Solubilité	Constante de Henry	Constante de Henry	Température de référence constante de Henry	Température d'ébullition	Température critique	Enthalpie de vaporisation au point d'ébullition	Références
			K _{oc}	D _a	D _w	S	H'	H	T _R	T _B	T _C	DH _{v,b}	
			(cm ³ /g)	(cm ² /s)	(cm ² /s)	(mg/L)	(-)	(atm·m ³ /mol)	°C	(°K)	(°K)	(cal/mol)	
BTEX	Toluène	108-88-3	1,00E+02	8,70E-02	8,60E-06	5,15E+02	2,72E-01	6,64E-03	25	383,75	591,79	7,93E+03	INERIS
	Xylènes totaux	1330-20-7	1,57E+02	6,95E-02	7,80E-06	1,51E+02	3,07E-01	7,48E-03	25	412,25	617,05	8,52E+03	INERIS
COHV	cis-1,2-Dichloroéthylène	156-59-2	3,55E+01	7,36E-02	1,13E-05	3,50E+03	1,65E-01	4,02E-03	25	333,35	544,00	7,19E+03	INERIS
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	2,47E+02	7,20E-02	8,20E-06	1,50E+02	7,46E-01	1,82E-02	25	394,15	620,20	8,29E+03	INERIS
	Trichloroéthylène	79-01-6	1,11E+02	7,90E-02	9,10E-06	1,07E+03	4,22E-01	1,03E-02	25	359,86	544,20	7,51E+03	INERIS
	Chloroforme	67-66-3	6,00E+01	1,04E-01	1,00E-05	8,20E+03	1,55E-01	3,79E-03	25	334,45	536,40	6,99E+03	INERIS

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes
COHV : Composés Organo-Halogénés Volatils

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
TPH-WG : Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group

Annexe B - Tableau B1 : Paramètres physico-chimiques des composés considérés pour la modélisation des concentrations d'exposition dans l'air ambiant

Composés		CAS	Coefficient de partage carbone organique	Coefficient de diffusivité dans l'air	Coefficient de diffusivité dans l'eau	Solubilité	Constante de Henry	Constante de Henry	Température de référence constante de Henry	Température d'ébullition	Température critique	Enthalpie de vaporisation au point d'ébullition	Références
			K _{oc}	D _a	D _w	S	H'	H	T _R	T _B	T _C	DH _{v,b}	
			(cm ³ /g)	(cm ² /s)	(cm ² /s)	(mg/L)	(-)	(atm·m ³ /mol)	°C	(°K)	(°K)	(cal/mol)	
BTEX	Toluène	108-88-3	1,00E+02	8,70E-02	8,60E-06	5,15E+02	2,72E-01	6,64E-03	25	383,75	591,79	7,93E+03	INERIS
	Xylènes totaux	1330-20-7	1,57E+02	6,95E-02	7,80E-06	1,51E+02	3,07E-01	7,48E-03	25	412,25	617,05	8,52E+03	INERIS
COHV	cis-1,2-Dichloroéthylène	156-59-2	3,55E+01	7,36E-02	1,13E-05	3,50E+03	1,65E-01	4,02E-03	25	333,35	544,00	7,19E+03	INERIS
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	2,47E+02	7,20E-02	8,20E-06	1,50E+02	7,46E-01	1,82E-02	25	394,15	620,20	8,29E+03	INERIS
	Trichloroéthylène	79-01-6	1,11E+02	7,90E-02	9,10E-06	1,07E+03	4,22E-01	1,03E-02	25	359,86	544,20	7,51E+03	INERIS
	Chloroforme	67-66-3	6,00E+01	1,04E-01	1,00E-05	8,20E+03	1,55E-01	3,79E-03	25	334,45	536,40	6,99E+03	INERIS

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes
COHV : Composés Organo-Halogénés Volatils

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
TPH-WG : Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group

Annexe B - Tableau B1 : Paramètres physico-chimiques des composés considérés pour la modélisation des concentrations d'exposition dans l'air ambiant

Composés		CAS	Coefficient de partage carbone organique	Coefficient de diffusivité dans l'air	Coefficient de diffusivité dans l'eau	Solubilité	Constante de Henry	Constante de Henry	Température de référence constante de Henry	Température d'ébullition	Température critique	Enthalpie de vaporisation au point d'ébullition	Références
			K _{oc}	D _a	D _w	S	H'	H	T _R	T _B	T _C	DH _{v,b}	
			(cm ³ /g)	(cm ² /s)	(cm ² /s)	(mg/L)	(-)	(atm·m ³ /mol)	°C	(°K)	(°K)	(cal/mol)	
BTEX	Toluène	108-88-3	1,00E+02	8,70E-02	8,60E-06	5,15E+02	2,72E-01	6,64E-03	25	383,75	591,79	7,93E+03	INERIS
	Xylènes totaux	1330-20-7	1,57E+02	6,95E-02	7,80E-06	1,51E+02	3,07E-01	7,48E-03	25	412,25	617,05	8,52E+03	INERIS
COHV	cis-1,2-Dichloroéthylène	156-59-2	3,55E+01	7,36E-02	1,13E-05	3,50E+03	1,65E-01	4,02E-03	25	333,35	544,00	7,19E+03	INERIS
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	2,47E+02	7,20E-02	8,20E-06	1,50E+02	7,46E-01	1,82E-02	25	394,15	620,20	8,29E+03	INERIS
	Trichloroéthylène	79-01-6	1,11E+02	7,90E-02	9,10E-06	1,07E+03	4,22E-01	1,03E-02	25	359,86	544,20	7,51E+03	INERIS
	Chloroforme	67-66-3	6,00E+01	1,04E-01	1,00E-05	8,20E+03	1,55E-01	3,79E-03	25	334,45	536,40	6,99E+03	INERIS

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes
COHV : Composés Organo-Halogénés Volatils

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
TPH-WG : Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group

Annexe C : Méthodologie de sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence et toxicologie des composés considérés

TABLE DES MATIERES

1.	INTRODUCTION.....	2
2.	DEFINITIONS ET METHODOLOGIE GLOBALE DE CHOIX DES VTR.....	3
2.1	Définitions des effets toxicologiques.....	3
2.2	Définitions des VTR	3
2.3	Méthodologie de choix des VTR.....	4
2.4	Cas particuliers	8
2.4.1	Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques	8
2.4.2	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	8
2.5	Sources consultées	9
3.	CLASSIFICATION DES SUBSTANCES SELON LEUR POTENTIEL CANCEROGENE, MUTAGENE ET REPROTOXIQUE.....	12
3.1	Classification harmonisée des substances cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR).....	12
3.2	Autres classifications	14
3.2.1	Classement du CIRC.....	14
3.2.2	Classement de l'US EPA.....	15
4.	EFFETS SUR LA SANTE DES COMPOSES TRACEURS DES RISQUES	16
4.1	Métaux	16
4.1.1	Molybdène	16
4.1.2	Plomb	17
4.1.3	Vanadium.....	19
4.2	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	21
4.2.1	Benzo(a)pyrène.....	21
4.2.2	Dibenzo(a,h)anthracène	22
4.3	Autres	23
4.3.1	Trichloroéthylène (TCE)	23
4.3.2	Polychlorobipényls (PCB)	25

1. INTRODUCTION

La présente annexe fournit dans les paragraphes ci-après les éléments suivants :

- les définitions des types d'effets toxicologiques des substances et des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) les caractérisant ;
- la méthodologie de sélection des VTR, ainsi que les valeurs retenues (cf. tableaux en fin d'annexe) ;
- les différentes classifications existantes du potentiel cancérogène des substances ;
- le détail de la toxicologie des substances traceurs des risques de l'étude.

2. DEFINITIONS ET METHODOLOGIE GLOBALE DE CHOIX DES VTR

2.1 Définitions des effets toxicologiques

Les substances évaluées peuvent avoir deux types d'effets toxicologiques :

- les « **effets à seuil** », pour lesquels il existe une concentration en dessous de laquelle l'exposition ne produit pas d'effet et pour lesquels au-delà d'une certaine dose, des dommages apparaissent dont la gravité augmente avec la dose absorbée ;
- les « **effets sans seuil** » pour lesquels il existe une probabilité, même infime, qu'une seule molécule pénétrant dans l'organisme provoque des effets néfastes pour cet organisme. Ces dernières substances sont, pour l'essentiel, des substances génotoxiques¹ pouvant avoir des effets cancérogènes ou dans certains cas reprotoxiques.

Certaines substances peuvent avoir à la fois des effets à seuil et des effets sans seuil.

2.2 Définitions des VTR

Les **Valeurs Toxicologiques de Référence** (VTR) sont des indices permettant d'établir une relation quantitative, entre une exposition à une substance chimique et un effet sanitaire. Elles sont spécifiques d'une substance, d'une durée d'exposition et d'une voie d'exposition. Leur construction diffère en fonction de l'hypothèse formulée ou des données acquises sur les mécanismes d'action toxique de la substance.

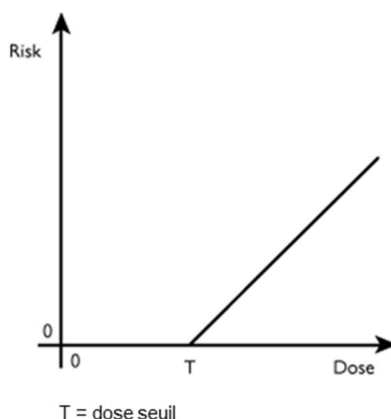
Aussi, de même que les effets, il est défini deux types de VTR :

- les VTR « à seuil de dose » ;
- les VTR « sans seuil de dose ».

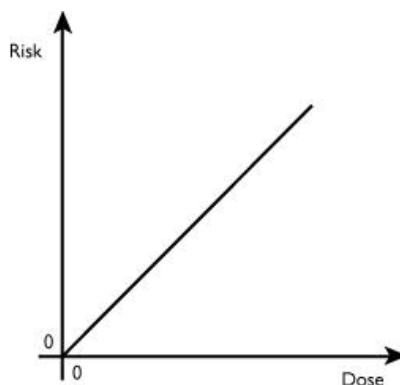
Les VTR « à seuil de dose » s'expriment pour une exposition par voie orale comme des Doses Journalières Admissibles (DJA, mg/kg/j) ou pour une exposition par inhalation comme des Concentrations Admissibles dans l'Air (CAA, µg/m³) applicables à l'homme. Ces seuils sont issus d'expérimentations animales, d'études épidémiologiques ou d'essais de toxicologie clinique. Ils sont habituellement dérivés à partir d'un niveau d'exposition sans effet observé (NOEL : No Observed Effect Level) ou sans effet néfaste observé (NOAEL : No Observed Adverse Effect Level), ou bien du niveau d'exposition le plus faible ayant entraîné un effet (LOEL : Lowest Observed Effect Level) ou un effet néfaste (LOAEL : Lowest Observed Adverse Effect Level).

Ces niveaux de référence correspondent à des niveaux d'exposition sans risque appréciable d'effets néfastes pour l'homme. Ces effets peuvent être illustrés par le graphique suivant :

¹ Se dit d'un agent physique ou chimique qui provoque des anomalies chromosomiques ou géniques dans l'ADN. Les agents génotoxiques peuvent être mutagènes (c'est-à-dire provoquant des mutations chromosomique ou génique), mais aussi clastogène (pouvant rompre un chromosome en plusieurs fragments) ou encore aneugène (ou aneuploïde, provoquant des anomalies chromosomiques).



Les VTR « sans seuil de dose » s'expriment comme un Excès de Risque Unitaire (ERU) pour une exposition par voie orale ($ERU_o, (mg/kg/j)^{-1}$) ou par inhalation ($ERU_i, (\mu g/m^3)^{-1}$). Il s'agit de la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu a de développer l'effet (par exemple, un cancer) s'il est exposé à 1 unité de dose ou de concentration de la substance toxique pendant sa vie entière. Ces effets peuvent être illustrés par le graphique ci-après :



Les VTR sont établies pour l'ensemble de la population, qui comprend des récepteurs sensibles tels que les enfants ou les personnes âgées.

2.3 Méthodologie de choix des VTR

Les VTR sont sélectionnées en accord avec la note d'information de la Direction Générale de la Santé (DGS) et de la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014².

Elles sont recherchées à la fois pour les effets à seuil et les effets sans seuil. Lorsqu'il existe des effets à seuil et sans seuil pour une même substance, les deux VTR sont retenues afin de mener les évaluations pour chaque type d'effet. Toutefois, pour les substances pour lesquelles les experts ont démontré de façon consensuelle qu'elles présentent des effets cancérogènes non génotoxiques, une VTR à seuil est à privilégier par rapport à une VTR sans seuil, sous réserve que cette VTR soit spécifique aux effets cancérogènes à seuil ou qu'elle protège des effets cancérogènes (dans le cas d'une VTR déjà existante pour d'autres types d'effets à seuil, par exemple).

² Note d'information DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués, abrogeant la circulaire DGS/SD7B/2006/234 du 30 mai 2006.

La sélection des VTR est effectuée en cohérence avec la voie et la durée d'exposition considérées. Ainsi, aucune transposition voie à voie (par exemple transposition d'une VTR pour la voie orale en une VTR pour la voie par inhalation) ni pour une durée d'exposition à une autre (par exemple transposition d'une VTR aiguë en une VTR chronique) n'est réalisée. Par ailleurs, comme indiqué dans la note d'information du 31 octobre 2014 : « *[les pétitionnaires] ne doivent, en l'absence de procédures établies pour la construction de VTR pour la voie cutanée, envisager aucune transposition à cette voie de VTR disponibles pour les voies orale ou respiratoire* ». Aucune VTR pour la voie d'exposition par contact cutané n'est donc retenue.

Il est à noter que les VTR correspondant à une exposition chronique (caractérisée par une durée d'exposition généralement supérieure à un an et une administration répétée de faibles doses) sont privilégiées car elles sont cohérentes avec les durées d'exposition généralement considérées dans les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

Les VTR sont en premier lieu recherchées auprès de l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES). Il est à noter que l'ANSES a deux approches :

- soit elle construit des VTR sur la base d'études toxicologiques,
- soit elle sélectionne des VTR émanant de bases de données reconnues internationalement.

Conformément à la note du 31 octobre 2014, les VTR construites par l'ANSES sont retenues en priorité, même si des VTR plus récentes sont proposées dans les autres bases de données.

A défaut, si pour une substance une expertise collective nationale a été menée et a abouti à une sélection approfondie parmi les VTR disponibles, cette sélection sera retenue, sous réserve que l'expertise considérée ait été réalisée après la parution de la VTR la plus récente. A ce jour, les organismes effectuant régulièrement des expertises nationales sont l'ANSES et l'INERIS³.

Sinon, les VTR sont recherchées dans des bases de données internationales reconnues et sélectionnées selon la hiérarchisation recommandée dans la note d'information du 31 octobre 2014. Ainsi, sont retenues les VTR les plus récentes :

- en priorité, parmi les trois bases de données suivantes :
 - l'IRIS⁴ de l'US EPA⁵ (Etats-Unis) ;
 - l'ATSDR⁶ (Etats-Unis) ;
 - l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) ; et,
- à défaut, parmi les quatre bases de données suivantes :

³ Institut National de l'Environnement industriel et des Risques – Portail des Substances Chimiques.

⁴ Integrated Risk Information System, US EPA

⁵ United-States Environmental Protection Agency

⁶ Agency for Toxic Substances and Disease Registry

- Santé Canada (Health Canada) ;
- le RIVM⁷ (agence nationale de l'environnement des Pays-Bas) ;
- l'EPA⁸ de Californie (OEHHA⁹) ;
- l'EFSA¹⁰.

Pour la voie et la durée d'exposition considérées, les VTR définitives sont privilégiées par rapport aux VTR provisoires.

Le logigramme suivant synthétise la méthodologie présentée ci-avant pour la sélection des VTR pour les effets à seuil et sans seuil.

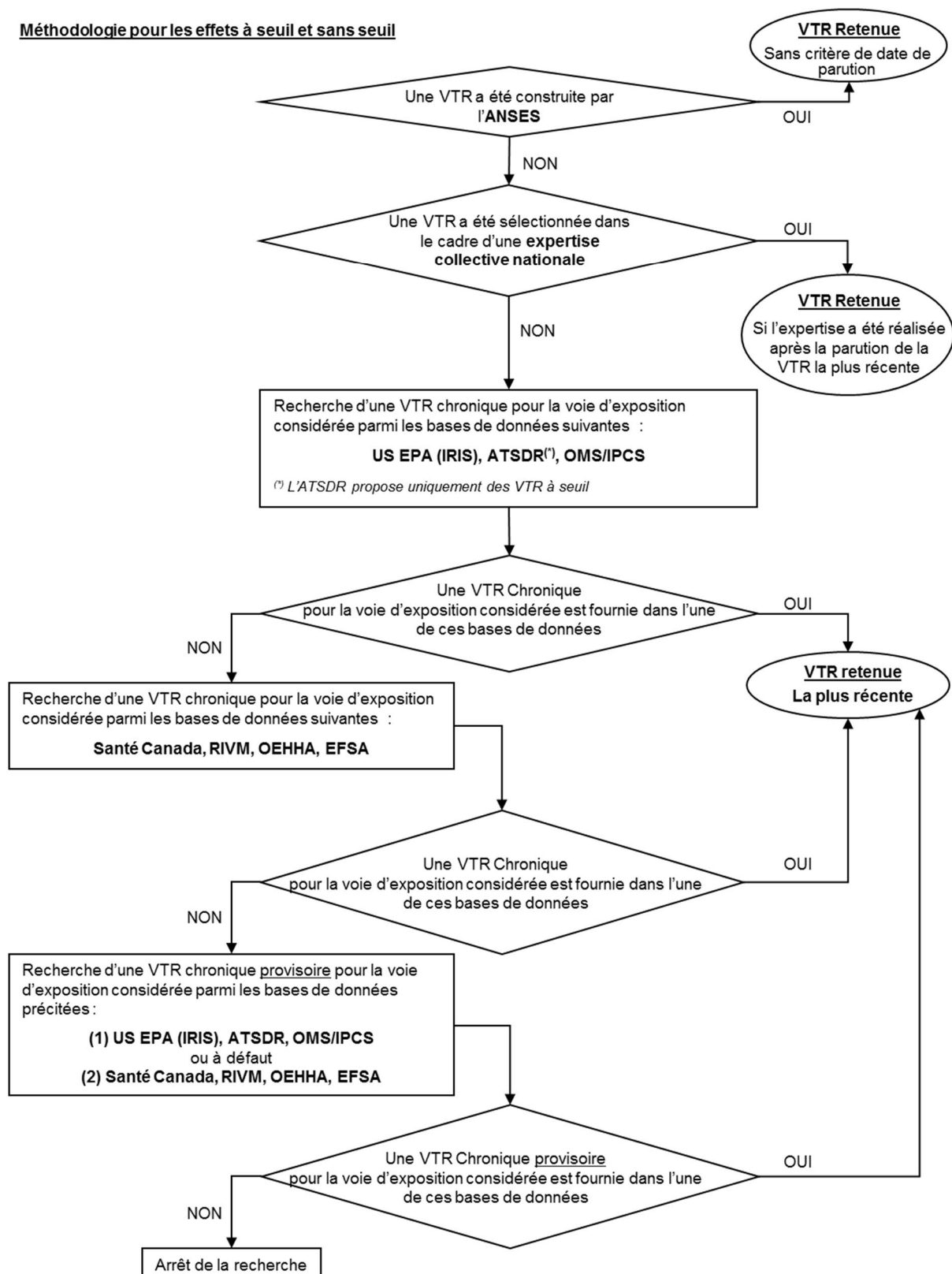
⁷ Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (National Institute of Public Health and the Environment)

⁸ Environmental Protection Agency

⁹ Office of Environmental Health Hazard Assessment

¹⁰ Autorité européenne de sécurité des aliments (European Food Safety Authority)

Méthodologie pour les effets à seuil et sans seuil



2.4 Cas particuliers

2.4.1 *Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques*

Il n'existe pas de valeurs toxicologiques pour les hydrocarbures totaux (HCT) et les mélanges d'hydrocarbures (tels que le gasoil, le fioul domestique, etc.).

Des coupes aliphatiques et aromatiques ont été définies pour les hydrocarbures C₅ à C₃₅ par le Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group (TPH-WG). Cet organisme, créé en 1993, est un groupe de travail regroupant des experts industriels, des chercheurs et des membres de l'US EPA, dont le but est le développement d'outils scientifiques pour déterminer des seuils de dépollution dans le cadre de la protection de la santé humaine pour les sites contaminés par les hydrocarbures.

Des valeurs toxicologiques pour ces coupes d'hydrocarbures sont proposées par le TPH-WG dans le document « TPHWG Series, Volume 5, Human Health Risk-Based Evaluation of Petroleum Release Sites: Implementing the Working Group Approach » (juin 2009), et par le RIVM (qui utilise essentiellement les études du TPHWG). Ces VTR sont utilisées pour les hydrocarbures assimilables aux coupes du TPH-WG et ne possédant pas de VTR propres. Il faut noter qu'elles ne concernent que les effets à seuil des hydrocarbures.

2.4.2 *Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)*

Pour les effets sans seuil des HAP, dans le cas où l'ANSES n'a pas construit de VTR, le choix des VTR est basé sur les propositions faites par l'INERIS dans son document de décembre 2003, mis à jour en 2006¹¹. Dans ce document, l'INERIS conseille de prendre en compte les ERU spécifiquement définis pour le **benzo(a)pyrène** (BaP) et d'y appliquer des Facteurs d'Equivalent Toxique (FET). Le principe des FET est fondé sur les hypothèses selon lesquelles l'organe cible et l'activité toxique sont identiques pour chaque molécule apparentée et qu'il n'y a pas d'interaction toxicocinétique, ni toxicodynamique. Ces FET permettent donc d'estimer le potentiel toxique d'un HAP par rapport au HAP de référence qu'est le BaP.

Ainsi, l'ERU d'un HAP est déterminé sur la base de l'ERU du BaP et du FET du HAP selon la formule suivante :

$$ERU_{HAP} = FET_{HAP} \times ERU_{BaP}$$

Cette approche fait l'objet d'un consensus en France et est donc suivie dans le cadre de cette méthodologie.

Les FET retenus par l'INERIS concernent 19 HAP dont les 16 HAP de la liste US EPA. Ils sont présentés dans le tableau ci-après. Pour les autres HAP, la sélection des VTR est effectuée selon la méthodologie présentée au chapitre 2.3.

¹¹ INERIS, « Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs) - Évaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérogènes : Approche substance par substance (facteurs d'équivalencetoxique - FET) et approche par mélanges - Évaluation de la relation dose-réponse pour des effets non cancérogènes : Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) », rapport INERIS-DRC-03-47026-ETSC-BDo-N°03DR177.doc – Version 1-3, 18 décembre 2003 (mise jour le 3 janvier 2006).

HAP	FET proposé par l'INERIS
Acénaphène*	0,001
Acénaphthylène*	0,001
Anthracène*	0,01
Benzo(a)anthracène*	0,1
Benzo(a)pyrène*	1
Benzo(b)fluoranthène*	0,1
Benzo(g,h,i)pérylène*	0,01
Benzo(k)fluoranthène*	0,1
Chrysène*	0,01
Coronène	0,001
Cyclopenta(a,c)pyrène	0,1
Dibenzo(a,c)anthracène	0,1
Dibenzo(a,h)anthracène*	1
Fluoranthène*	0,001
Fluorène*	0,001
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène*	0,1
Naphtalène*	0,001
Phénanthrène*	0,001
Pyrène*	0,001

*HAP de la liste US EPA

Les ERU retenus pour le BaP sont choisis selon la méthodologie de sélection des VTR précédemment exposée (chapitre 2.3) et sont les suivants :

- pour l'inhalation, l'ERU_i de $6,0 \cdot 10^{-4} \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}^{-1}$ proposé par l'IRIS (US-EPA) en janvier 2017¹² ;
- pour l'ingestion, l'ERU_o de $1,0 \text{ (mg/kg/j)}^{-1}$ également proposé par l'IRIS (US-EPA) en janvier 2017¹³.

2.5 Sources consultées

Les sources suivantes (documents et sites internet) ont été consultées pour la recherche et la sélection des VTR

- ANSES :
 - <http://www.anses.fr/> ;
 - <https://www.anses.fr/fr/content/liste-des-valeurs-toxicologiques-de-r%C3%A9f%C3%A9rence-vtr-construites-par-l%E2%80%99anses> ;
 - <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-toxicologiques-de-r%C3%A9f%C3%A9rence-vtr> ;

¹² A titre indicatif, dans le document de l'INERIS relatif aux HAP, la VTR proposée par l'OEHA en 1993 ($1,1 \cdot 10^{-3} \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)}^{-1}$) était retenue. Ce document étant antérieur à la parution de l'ERU_i de l'IRIS de janvier 2017, la VTR de l'OEHA n'est plus retenue.

¹³ A titre indicatif, dans le document de l'INERIS relatif aux HAP, la VTR proposée par le RIVM en 2001 ($0,20 \text{ (mg/kg/j)}^{-1}$) était retenue. Ce document étant antérieur à la parution de l'ERU_o de l'IRIS de janvier 2017, la VTR du RIVM n'est plus retenue.

- INERIS :
 - <https://substances.ineris.fr/fr/> ;
 - <https://substances.ineris.fr/fr/page/21> ;
 - Rapport Ineris – 177741 – 2035498 – v1.0. Bilan des choix de VTR disponibles sur le portail des substances chimiques de l'INERIS. 28/01/2020 ;
 - Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs), Rapport final 18 décembre 2003 (mise à jour 3 janvier 2006) ;
- IRIS (US EPA) :
 - <http://www.epa.gov/IRIS/> ;
 - <https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/atoz.cfm> ;
- ATSDR : <https://wwwn.cdc.gov/TSP/MRLS/mrlsListing.aspx> ;
- OMS :
 - Guidelines for air quality, WHO, Geneva 2000 (2nd edition) ;
 - WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment ;
 - WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants, 2010 ;
 - Guidelines for drinking-water quality, WHO, 2017 (4th edition incorporating the first addendum) ;
 - <http://www.who.int/ipcs/publications/cicad/en/> ;
 - <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/search.aspx> ;
 - <http://www.inchem.org/pages/jecfa.html> ;
 - <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/en/> (pesticides) ;
 - <http://www.inchem.org/pages/ehc.html> ;
- Santé Canada (Health Canada) :
 - http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/psl1-lsp1/index_f.html ;
 - http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/psl2-lsp2/index_f.html ;
 - Rapport " L'évaluation des risques pour les sites contaminés fédéraux au Canada, Partie II : Valeurs toxicologiques de référence (VTR) de Santé Canada et paramètres de substances chimiques sélectionnées", version 2.0, 2010 ;
 - Rapport "Concentrations/doses journalières admissibles et concentrations/doses tumorigènes des substances d'intérêt prioritaire calculées en fonction de critères sanitaires", 1996 ;

- RIVM :
 - <http://www.rivm.nl/en/> ;
 - RIVM Report 711701025, Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risks levels, March 2001 (<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701025.pdf>) ;
 - RIVM Report 711701092, Re-evaluation of some human-toxicological maximum permissible risks levels earlier evaluated in the period 1991-2001, July 2009 (<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701092.html>) ;
- OEHHA :
 - Air Toxic Hot Spots Risk Assessment Guidelines, Part II : Technical Support Document for Cancer Potency Factors, May 2009 ;
 - <https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/classic/toxics/healthval/contable.pdf> ;
 - <http://www.oehha.ca.gov/risk/ChemicalDB/index.asp> ;
 - <http://www.oehha.ca.gov/air/allrels.html> ;
- EFSA : <http://www.efsa.europa.eu/fr/> ;
- TPH-WG : TPHWG Series, Volume 5, Human Health Risk-Based Evaluation of Petroleum Release Sites : Implementing the Working GROUP Approach", June 1999.

3. CLASSIFICATION DES SUBSTANCES SELON LEUR POTENTIEL CANCEROGENE, MUTAGENE ET REPROTOXIQUE

3.1 Classification harmonisée des substances cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR)

Lors du sommet de Rio de Janeiro, en juin 1992, il a été décidé de mettre en place un **Système Global Harmonisé** (SGH) pour la classification et l'étiquetage des substances dangereuses et de leurs mélanges. La Communauté Européenne a largement contribué à ce processus conduit par les Nations Unies qui a abouti en 2004.

Le règlement CE n° 1272/2008 (règlement CLP¹⁴) du 16 décembre 2008 modifié, relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives n° 67/548/CEE et n° 1999/45/CE et modifiant le règlement (CE) n° 1907/2006, définit les modalités d'application du SGH au niveau des différents pays de la Communauté Européenne¹⁵.

Le règlement CLP définit de nouveaux pictogrammes de danger, des mentions de danger (H...) destinées à remplacer les phrases de risque (R...), ainsi que des conseils de prudence (P...) destinés à remplacer les phrases de sécurité (S...).

Le règlement CLP précise par ailleurs les modalités de transition entre les règles de classification et d'étiquetage définies par les directives précédentes et les règles que le règlement met en place. Il convient de préciser que cette phase de transition pour les substances et les mélanges est achevée (depuis le 1^{er} juin 2015).

Le règlement européen n° 1907/2006 du 18 décembre 2006 modifié, concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH¹⁶), est entré en vigueur le 1^{er} juillet 2007.

Substances cancérogènes

Dans la classification pour la cancérogénicité, les substances sont réparties entre deux catégories 1 et 2, et la catégorie 1 est sous divisée en deux catégories 1A et 1B.

Ces différentes catégories sont définies ci-dessous :

- Catégorie 1A : substances dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est avéré, la classification dans cette catégorie s'appuyant largement sur les données humaines ;
- Catégorie 1B : substances dont le potentiel cancérogène pour l'être humain est supposé, la classification dans cette catégorie s'appuyant largement sur les données animales ;
- Catégorie 2 : substances dont la capacité d'induire des cancers chez l'homme est suspectée.

¹⁴ L'abréviation CLP vient de la dénomination abrégée internationale de ce règlement : Classification, Labelling and Packaging.

¹⁵ Les règlements communautaires sont directement applicables, sans nécessiter de transposition, en droit national.

¹⁶ Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals.

Substances mutagènes

Par « mutation », on entend un changement permanent affectant la quantité ou la structure du matériel génétique d'une cellule. Le terme « mutation » désigne à la fois les changements génétiques héréditaires qui peuvent se manifester au niveau phénotypique et les modifications sous-jacentes de l'ADN lorsque celles-ci sont connues.

Le terme « mutagène » désigne les agents qui augmentent la fréquence des mutations dans des populations de cellules et/ou d'organismes.

Les termes plus généraux « génotoxique » et « génotoxicité » se réfèrent aux agents ou processus qui modifient la structure, le contenu informationnel ou la séparation de l'ADN, et notamment ceux qui endommagent l'ADN en interférant avec le processus de réplication ou altérant la réplication.

Dans la classification pour la mutagenicité des cellules germinales¹⁷, les substances sont réparties entre deux catégories 1 et 2, et la catégorie 1 est sous divisée en deux catégories 1A et 1B. Ces différentes catégories sont définies ci-dessous :

- Catégorie 1A : substances dont la capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains est avérée ;
- Catégorie 1B : substances dont la capacité d'induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains est présumée ;
- Catégorie 2 : substances préoccupantes du fait qu'elles pourraient induire des mutations héréditaires dans les cellules germinales des êtres humains.

Substances toxiques pour la reproduction

La « toxicité pour la reproduction » se traduit par des effets néfastes sur la fonction sexuelle et la fertilité des hommes et des femmes adultes, ainsi que par des effets indésirables sur le développement de leurs descendants.

Elle est divisée en deux grandes catégories d'effets :

- effets néfastes sur la fonction sexuelle et la fertilité,
- effets néfastes sur le développement des descendants (dont les effets sur ou *via* l'allaitement).

Les substances classées pour des effets néfastes sur la fonction sexuelle et la fertilité sont réparties entre deux catégories 1 et 2, et la catégorie 1 est sous divisée en deux catégories 1A et 1B.

- Catégorie 1A : substances dont la toxicité pour la reproduction humaine est avérée, la classification d'une substance dans la catégorie 1A s'appuie largement sur des études humaines ;
- Catégorie 1B : substances présumées toxiques pour la reproduction humaine, la classification d'une substance dans la catégorie 1B s'appuie largement sur des données provenant d'études animales. Ces données doivent démontrer clairement un

¹⁷ Cellule destinée à la reproduction de l'organisme, par opposition aux cellules végétatives chargées des fonctions de relation et de nutrition.

effet néfaste sur la fonction sexuelle et la fertilité ou sur le développement en l'absence d'autres effets toxiques, ou, si d'autres effets toxiques sont observés, que l'effet toxique sur la reproduction n'est pas considéré comme une conséquence secondaire non spécifique à ces autres effets toxiques. Toutefois, s'il existe des informations relatives au mécanisme des effets et mettant en doute la pertinence de l'effet pour l'être humain, une classification dans la catégorie 2 peut être plus appropriée ;

- Catégorie 2 : substances suspectées d'être toxiques pour la reproduction humaine. Une substance est classée dans la catégorie 2 quand des études humaines ou animales ont donné des résultats — éventuellement étayés par d'autres informations — qui ne sont pas suffisamment probants pour justifier une classification de la substance dans la catégorie 1, mais qui font apparaître un effet indésirable sur la fonction sexuelle et la fertilité ou sur le développement. Une étude peut comporter certaines failles rendant les résultats moins probants, auquel cas une classification dans la catégorie 2 pourrait être préférable. Les effets doivent avoir été observés en l'absence d'autres effets toxiques ou, si d'autres effets toxiques sont observés, il est considéré que l'effet toxique sur la reproduction n'est pas une conséquence secondaire non spécifique à ces autres effets toxiques.

Les effets sur ou via l'allaitement sont regroupés dans une catégorie distincte. Il est reconnu que, pour de nombreuses substances, les informations relatives aux effets néfastes potentiels sur la descendance *via* l'allaitement sont lacunaires. Cependant, les substances dont l'incidence sur l'allaitement a été démontrée ou qui peuvent être présentes (y compris leurs métabolites) dans le lait maternel en quantités suffisantes pour menacer la santé du nourrisson, sont classées et étiquetées en vue d'indiquer le danger qu'elles représentent pour les enfants nourris au sein. Cette classification peut s'appuyer sur :

- des résultats d'études menées sur des êtres humains, montrant qu'il existe un danger pour les bébés durant la période de l'allaitement, et/ou ;
- des résultats d'études menées sur une ou deux générations d'animaux, démontrant sans équivoque l'existence d'effets néfastes sur les descendants, transmis par le lait, ou d'effets néfastes sur la qualité du lait, et/ou ;
- des études sur l'absorption, le métabolisme, la distribution et l'excrétion, indiquant que la substance est probablement présente à des teneurs potentiellement toxiques dans le lait maternel.

3.2 Autres classifications

3.2.1 Classement du CIRC

Le CIRC est le Centre International de Recherche sur le Cancer (IARC, en anglais : International Agency for Research on Cancer).

- Groupe 1 : l'agent (ou le mélange) est cancérogène pour l'homme, preuves suffisantes de l'effet cancérogène chez l'homme ;
- Groupe 2A : l'agent (ou le mélange) est probablement cancérogène pour l'homme, preuves suffisantes de l'effet cancérogène chez l'animal mais preuves insuffisantes ou pas de preuve de l'effet cancérogène chez l'homme ;

- Groupe 2B : l'agent (ou le mélange) est peut-être cancérigène pour l'homme, preuves limitées de l'effet cancérigène chez l'animal et données insuffisantes ou pas de données pour l'homme ;
- Groupe 3 : l'agent (ou le mélange) est inclassable quant à sa cancérigénicité pour l'homme, pas de preuve d'effet cancérigène sur l'homme ;
- Groupe 4 : l'agent (ou le mélange) n'est probablement pas cancérigène pour l'homme.

3.2.2 **Classement de l'US EPA**

- Groupe A : substance cancérigène pour l'homme, preuves évidentes de l'effet cancérigène de la substance, notamment établies par des études épidémiologiques ;
- Groupe B : substance probablement cancérigène pour l'homme : preuves suffisantes de l'effet cancérigène du composé chez l'animal de laboratoire, mais preuves limitées de l'effet cancérigène de la molécule chez l'homme (groupe B1) ou peu ou pas de données chez l'homme (groupe B2) ;
- Groupe C : cancérigène possible pour l'homme, preuves limitées du pouvoir cancérigène de la molécule chez l'animal et peu ou pas de données chez l'homme ;
- Groupe D : substance ne pouvant être classée quant à sa cancérigénicité pour l'homme, données inadéquates chez l'homme et l'animal pour confirmer ou réfuter la cancérigénicité du composé chez l'homme ;
- Groupe E : substance non cancérigène pour l'homme. Ce groupe est utilisé pour les composés qui ne présentent aucun effet cancérigène sur au moins deux tests adéquats chez deux espèces d'animaux différents ou sur une étude épidémiologique et des études chez l'animal. Cette désignation ne peut être prise comme une conclusion définitive.

Le classement présenté a été établi selon la classification (guideline) de l'US-EPA de 1986.

Trois autres classifications ont été développées en 1996, 1999 et 2005. Ces nouvelles classifications n'utilisent plus une notation alphabétique mais se font par un bref résumé qui apporte des informations complémentaires notamment sur les voies d'exposition et des précisions sur la qualité des données utilisées pour l'évaluation de la substance.

La majorité des substances ont été évaluées avant 1996 et par conséquent à partir de la classification de 1986. Depuis, la réévaluation des substances ou l'évaluation des nouvelles substances sont réalisées à partir des nouvelles classifications.

4. EFFETS SUR LA SANTE DES COMPOSES TRACEURS DES RISQUES

Sont présentées dans cette annexe uniquement les traceurs des risques pour une exposition chronique par inhalation de vapeurs et/ou par ingestion, à savoir les composés qui contribuent à plus de 1 % du cumul des niveaux de risques calculés pour les effets à seuil et/ou pour les effets sans seuil.

L'évaluation des risques liés à ces composés étant relative à une exposition sur le long terme, seuls les effets engendrés suite à une exposition chronique sont présentés dans ces sections.

4.1 Métaux

4.1.1 Molybdène

Source : HSDB¹⁸, Molybdenum, National Library of Medicine ; Molybdène, Lenntech

N°CAS : 7439-98-7

Le molybdène n'existe pas sous forme métallique dans la nature, il est complexé dans des minerais dont le plus courant dans la croûte terrestre est la molybdénite (MoS₂). La concentration dans les sols de la croûte terrestre est évaluée en moyenne à 2 mg de molybdène par kg de sol.

Ce métal est utilisé dans des alliages à caractéristiques très spécifiques, tels que ceux utilisés pour les électrodes de l'industrie du verre, des pièces dans certains armements militaires, des pièces aéronautiques ou de l'industrie automobile. Il est également utilisé comme catalyseur lors de l'affinage du pétrole et comme pigment dans des peintures.

Devenir dans l'organisme

Les composés du molybdène solubles dans l'eau sont facilement absorbés dans les poumons et le tractus gastro-intestinal, contrairement aux composés insolubles dans l'eau.

Le molybdène est ensuite distribué dans tout le corps avec des niveaux élevés généralement trouvés dans le foie, les reins, la rate et les os. Des études suggèrent que 25 à 50% d'une dose administrée par voie orale est excrétée dans les urines, ainsi que de petites quantités excrétées par la bile.

Effets systémiques

Basé sur des expériences sur des animaux, le molybdène et ses composés sont fortement toxiques. Des preuves du dysfonctionnement du foie avec une hyperbilirubinémie ont été rapportées chez les ouvriers chroniquement exposés dans une usine soviétique de Mo-Cu. En outre, des signes ont été trouvés chez les ouvriers d'usine et parmi les habitants vivant dans des régions riches en molybdène en Arménie. Les caractéristiques principales étaient des douleurs communes dans les genoux, les mains, les pieds, des déformations articulaires, de l'érythème, et de l'œdème.

¹⁸ Hazardous Substances Data Bank

Effets cancérogènes

Aucune étude sur une exposition chronique au molybdène et ses éventuels effets sans seuil n'est disponible.

Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction et le développement

Aucune étude n'a été trouvée concernant des effets néfastes sur la reproduction suite à une exposition au molybdène élémentaire ou aux composés du molybdène.

4.1.2 Plomb

Sources : INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales, version 4-1, juillet 2016 ; ATSDR, Toxicological Profile, August 2020

N°CAS : 7439-92-1

Le plomb et ses composés sont présents dans de nombreux secteurs industriels. Traditionnellement, le plomb est utilisé dans les imprimeries, la métallurgie et la production de batteries électriques. Il est également utilisé pour divers produits, tels que : les munitions, les alliages, l'enrobage de câbles, les produits extrudés, les feuilles de plomb (protection contre les rayonnements), les soudures, la céramique, les masses de lestage, les tuyaux, les réservoirs. Afin de réduire l'exposition de la population au plomb, son utilisation dans l'essence, les tuyaux d'alimentation en eau potable et les peintures a été proscrite.

Le plomb est présent naturellement dans le sol, l'air, l'eau et les différents compartiments de la chaîne trophique (plantes, animaux, ...). Le plomb présent dans l'environnement est soit à l'état métallique, soit combiné avec d'autres éléments, tels que le carbone, l'oxygène et le soufre. Les trois principaux minerais du plomb sont le carbonate de plomb, le sulfure de plomb et le sulfate de plomb. Les principales sources naturelles d'émissions atmosphériques en plomb sont les éruptions volcaniques. Toutefois, les émissions naturelles sont négligeables par rapport aux émissions anthropiques. Le trafic automobile constituait par le passé la principale source d'émission de plomb. Toutefois, un important effort de réduction de l'utilisation de carburants contenant du plomb a été mené et désormais les sources d'émissions industrielles sont devenues la majeure source d'émission anthropique. Les principales industries émettrices de plomb sont les fonderies, les usines de production et de retraitement de batteries, les usines chimiques et les chantiers de démolition d'immeubles anciens, comportant de la peinture et des tuyaux contenant du plomb.

Le plomb existe principalement sous la forme inorganique (Pb^{2+} et ses composés) par opposition à sa forme organique (essentiellement tétra-alkyl de plomb). Les sources d'exposition, professionnelle ou environnementale correspondent à des risques spécifiques liés d'une part à l'état physique dans lequel se trouve le plomb et d'autre part à la spéciation du métal.

Devenir dans l'organisme

Le plomb pénètre dans l'organisme essentiellement par voie digestive et par voie pulmonaire. La principale voie d'absorption est digestive. Dans ce cas, la biodisponibilité du plomb dépend de sa solubilité dans le tractus intestinal. En effet, pour être absorbé il doit être transformé en sel hydrosoluble. Plusieurs auteurs s'accordent à donner des taux d'adsorption par voie orale chez l'adulte compris entre 5 et 10 % pour des consommations journalières de 0,1 à 0,4 mg. Chez l'enfant, les taux d'adsorption digestive sont beaucoup

plus élevés que chez l'adulte. Ils sont de l'ordre de 20 % chez les enfants âgés d'une dizaine d'années et voisins de 50 % chez les enfants de moins de 2 ans.

Le plomb atmosphérique peut exister sous forme de vapeurs, de gaz ou de particules. Les vapeurs et gaz, après migration jusqu'aux alvéoles pulmonaires, passent dans le sang. Les particules métalliques les plus grosses sont éliminées des voies respiratoires hautes par le tapis muco-ciliaire puis dégluties. Les plus fines diffusent à travers la muqueuse des voies aériennes profondes et passent dans le sang. Le taux de déposition des particules inhalées est de l'ordre de 30 à 50 % et dépend de la taille des particules et de la ventilation pulmonaire. Une étude a montré que 20 à 30 % du plomb inhalé étaient absorbés. En ce qui concerne le plomb organique, environ 60 à 80 % seraient absorbés par les poumons.

Effets systémiques

Par inhalation et ingestion

Il apparaît que le plomb absorbé par inhalation et par ingestion modifierait le fonctionnement cellulaire et perturberait des voies métaboliques et différents processus physiologiques. Les voies d'exposition par inhalation et ingestion sont souvent indiscernables dans les études toxicologiques sur l'homme. Ainsi, les effets du plomb sont généralement identifiés à partir d'une mesure de dose interne (plombémie dans le sang).

Les intoxications chroniques sévères au plomb (plombémie plus de 1 500 µg/L) se traduisent chez l'adulte par une encéphalopathie saturnique grave. Les intoxications moins importantes (plombémie inférieure à 1 000 µg/L) conduisent à des troubles neurologiques (irritabilité, troubles du sommeil, anxiété, perte de mémoire, confusion et sensation de fatigue), observés chez l'adulte et chez l'enfant. A partir de symptômes similaires, des relations de type dose-réponse ont pu être observées sur des travailleurs répartis en fonction de leur taux de plombémie en trois groupes correspondant à de faibles (environ 200 µg/L), moyennes (de 210 à 400 µg/L) ou de fortes expositions (de 410 à 800 µg/L). Les sujets les plus exposés présentent également une diminution des capacités de raisonnement et des performances visuo-motrices. Les études ont montré que l'exposition au plomb chez l'enfant peut conduire à des conséquences à long terme au niveau du développement du système nerveux central.

Un des effets classiques du plomb est l'anémie. L'anémie, qui résulte de l'effet du plomb sur la lignée érythrocytaire, est généralement peu sévère et assez tardive. Cette anémie est généralement non décelable pour des niveaux d'exposition assez faible (plombémie inférieure à 400 µg/L).

Des études épidémiologiques réalisées en milieu professionnel, où l'exposition par inhalation prédomine, ont mis en évidence une surmortalité par insuffisance rénale, liée à une exposition chronique à des concentrations atmosphériques élevées en plomb. Pour la population générale, certaines études suggèrent que des niveaux d'exposition au plomb plus faibles pourraient avoir des effets négatifs sur la fonction rénale.

Le système cardio-vasculaire, la glande thyroïde, les os et le système immunitaire peuvent également être affectés lors d'une exposition au plomb.

Par contact cutané

Aucune étude concernant les effets sur la santé chez l'homme ou l'animal après une exposition par contact cutané au plomb n'a été trouvée.

Effets cancérogènes

Chez l'homme, une conjonction de données indique qu'une exposition professionnelle chronique pourrait être associée à un risque accru de cancer bronchique ou du rein (pour des expositions de longue durée). D'autres analyses réalisées toujours en milieu professionnel ont rapporté de légers excès de cancers pulmonaires chez les sujets dont la plombémie avait dépassé 200 µg/L.

Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction et le développement

Les études conduites chez l'homme montrent que l'exposition au plomb à long terme (6 à 10 ans, plombémie supérieure à 400 µg/L) provoque une réduction de la production de spermatozoïdes et perturbe la sécrétion d'hormones sexuelles (plombémie supérieure à 600 µg/L). Pour les femmes, une baisse de la fécondité a pu être associée à un groupe de femmes présentant des plombémies comprises entre 290 et 500 µg/L.

4.1.3 Vanadium

Sources : INERIS, *Fiche de données toxicologiques et environnementales*, version n°2-3, mars 2012 ; WHO¹⁹ *Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, Vanadium, 2000* ; WHO, *Environmental Health Criteria n°81, 1988*

N°CAS : Vanadium : 7440-62-2

Pentaoxyde de vanadium : 1314-62-1

Le vanadium est un métal grisâtre et ubiquitaire. Il est sous différents états d'oxydation -1, 0, +2, +3, +4 et +5. Les états d'oxydation +3, +4, +5 sont les plus communs. L'état d'oxydation +4 est le plus stable. Le pentaoxyde de vanadium (V₂O₅) est la forme commerciale la plus commune.

Le cycle biochimique du vanadium est caractérisé par un relargage naturel dans l'atmosphère, l'eau et la terre, et par des sources anthropogéniques. Globalement, les sources d'exposition au vanadium dues à des phénomènes naturels apparaissent beaucoup plus importantes que les sources anthropiques.

Le vanadium sous forme métallique n'existe pas naturellement. Sa production est liée à celles d'autres métaux comme le fer, l'uranium, le titane et l'aluminium. Le vanadium est principalement utilisé dans la métallurgie. Il est également employé comme métal non ferreux dans la construction d'avions et dans les technologies spatiales.

La métallurgie est la principale source anthropique de vanadium dans l'air ambiant, suivie par la combustion du brut, du pétrole résiduel et du charbon. La concentration moyenne de vanadium en milieu urbain est estimée à 0,05 - 0,18 µg/m³.

Devenir dans l'organisme

La principale voie de contamination de l'homme au vanadium est la nourriture. En milieu rural elle contribue à plus de 80 % de l'apport total en vanadium. Il a été estimé que l'apport total en vanadium par ingestion est de 20 µg alors que celui par inhalation est pour les milieux urbain et rural respectivement de 1,5 µg et 0,2 µg.

¹⁹ World Health Organization

Le taux d'adsorption pulmonaire des divers composés du vanadium n'a pas été déterminé, toutefois celui-ci a été estimé à environ 25 % pour les formes solubles du vanadium. Le vanadium absorbé est transporté par le plasma pour être largement distribué dans les tissus. Les principaux organes où le vanadium se concentre sont le foie, les reins, les poumons, les testicules, la rate et les os. Le vanadium est principalement excrété dans les urines mais également dans les fèces.

Effets Systémiques

Par inhalation

L'exposition aiguë et chronique a largement été décrite chez les ouvriers d'entreprise de production utilisant du vanadium. La plupart des symptômes cliniques reportés sont l'irritation du système respiratoire par le vanadium.

En effet, de nombreuses études montrent que les principaux effets sur le système respiratoire sont le fait d'une exposition aiguë ou chronique au pentoxyde de vanadium. Il s'agit principalement d'irritation de la partie haute du tractus respiratoire. Seule une étude présentant des concentrations en vanadium importantes (1 mg/m^3) a rapporté des effets plus sévères tels que des bronchites et des pneumonies.

D'autres effets systémiques ont été rapportés : dérangements nerveux, symptômes neurasthéniques ou végétatifs, tremblements occasionnels, palpitation du cœur, changements hématologiques. Toutefois, les évidences sont insuffisantes pour généraliser ces symptômes à une exposition au vanadium. Effectivement, une exposition des travailleurs à de faibles concentrations en pentoxyde de vanadium ($0,01$ à $0,04 \text{ mg/m}^3$) durant 10 mois, précédée d'une exposition pendant 11 ans ($0,2$ à $0,5 \text{ mg/m}^3$) n'a engendré aucun effet pathologique au niveau hématologique, mais également au niveau des fonctions respiratoires. Toutefois, cette exposition a causé des irritations du système respiratoire.

Par ingestion

L'effet de l'ingestion de vanadium, ou de ses composés, sur les caries dentaires ainsi que sur le cholestérol n'est pas établi avec certitude.

Les données chez l'homme relatives aux effets du vanadium sur le foie et sur les reins sont insuffisantes. Les expérimentations menées chez les animaux montrent que l'injection sub-cutanée de composés du vanadium engendre des modifications du foie en termes d'acides gras et des albuminérias.

Par contact cutané

Il existe peu de données rapportant un effet toxique du vanadium lors de l'exposition par la voie dermique. Des dermatites eczémateuses ont été observées chez des travailleurs exposés à des particules contenant du pentoxyde de vanadium.

Effets cancérogènes

Chez 49 salariés exposés professionnellement au pentoxyde de vanadium, une analyse des altérations de l'ADN a été effectuée sur les leucocytes sanguins ou les lymphocytes. Les concentrations sériques de vanadium mesurées sont comprises entre $2,18$ et $46,3 \text{ } \mu\text{g/L}$. Aucune altération de l'ADN n'a été détectée par le test des comètes. Cette étude ne révèle pas non plus de stress oxydatif mesuré à l'aide de la 8-hydroxy-2'deoxyguanosine (adduit à l'ADN) utilisée comme marqueur.

Aucune étude n'a démontré, à ce jour, une relation entre une exposition au vanadium et des cas de cancer.

Une étude d'inhalation de dérivés pentavalents du vanadium a montré une augmentation de l'incidence des cancers broncho-alvéolaires chez les souris mâles et femelles et chez les rats mâles.

Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction et le développement

Aucune donnée n'est disponible chez l'homme concernant des effets génotoxiques ou sur la reproduction et le développement.

Il existe seulement de faibles indications sur les possibles effets mutagènes des composés du vanadium. En effet, les résultats des études de mutations effectuées sur les bactéries sont controversés.

Les preuves des effets spermato-toxiques et gonado-toxiques du vanadium doivent être corroborées. Des effets très légers sur le développement ont été observés chez le rat, et une étude n'a montré aucun effet sur la reproduction, la fertilité ou la lactation après gavage au vanadium.

4.2 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

4.2.1 Benzo(a)pyrène

Source : INERIS, Fiche de données toxicologiques et environnementales, version n°2-3, décembre 2019

N°CAS : 50-32-8

Le benzo(a)pyrène entre dans la fabrication de produits étalons. Il est utilisé en très faibles quantités dans certains laboratoires d'analyse ou de toxicologie.

Le benzo(a)pyrène est présent dans les combustibles fossiles. Il est également formé lors de combustions incomplètes puis rejeté dans l'atmosphère où il est présent majoritairement dans la phase particulaire du fait de sa tension de vapeur extrêmement faible. Dans l'atmosphère, la phase vapeur dépasse rarement 10 % de la concentration totale en benzo(a)pyrène. Les sources naturelles d'émission sont les éruptions volcaniques et les feux de forêts. Le benzo(a)pyrène est également synthétisé par des plantes, des bactéries et des algues.

Sa présence dans l'environnement est d'autre part d'origine anthropique : raffinage du pétrole, du schiste, utilisation du goudron, du charbon, du coke, du kérosène, sources d'énergie et de chaleur, revêtements routiers, fumée de cigarette, échappement des machines à moteur thermique, huiles moteur, carburants, aliments fumés ou grillés au charbon de bois, huiles, graisses, margarines, etc.

Devenir dans l'organisme

Par inhalation, l'absorption est rapide, mais dépend de la forme sous laquelle le benzo(a)pyrène est administré et plus spécifiquement de la taille des particules sur lesquelles il est adsorbé.

Le benzo(a)pyrène est rapidement distribué dans les différents organes internes en quelques minutes à quelques heures. Du fait de sa forte liposolubilité, le benzo(a)pyrène est stocké

dans les glandes mammaires et les autres organes riches en graisses. Il est ensuite progressivement relargué dans la circulation sanguine.

Effets systémiques

Aucune donnée relative aux effets de du benzo(a)pyrène chez l'homme n'est disponible, hormis d'éventuels effets cutanés. Les études rapportées chez l'animal ne concernent pas les effets suite à une exposition par inhalation.

Effets cancérogènes

Les études rapportées dans la littérature ne permettent pas de conclure quant au caractère cancérogène du benzo(a)pyrène à lui seul chez l'homme. Chez l'animal, le benzo(a)pyrène induit des tumeurs chez de nombreuses espèces animales par les trois voies d'exposition possibles : pulmonaire, orale et cutanée. Les effets rapportés correspondent à une action à la fois locale et systémique.

Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction et le développement

D'après la bibliographie, aucune étude n'a été effectuée chez l'homme pour rechercher un éventuel effet du benzo(a)pyrène sur la reproduction.

Chez l'animal, le benzo(a)pyrène passe la barrière placentaire (rat et souris). Il est embryotoxique chez la souris. Une administration intra-péritonéale pendant la deuxième moitié de la gestation induit chez les nouveaux-nés une augmentation de l'incidence des adénomes pulmonaires et des papillomes de la peau. D'autres études sur le rat et la souris montrent une toxicité sur la reproduction, dépendant de la souche, de la voie d'administration et des niveaux de doses administrées.

4.2.2 Dibenzo(a,h)anthracène

Source : INERIS, *Fiche de données toxicologiques et environnementales*, version n°2-1, juillet 2006

N°CAS : 53-70-3

Excepté pour la recherche, il n'existe pas d'utilisation connue du dibenzo(a,h)anthracène.

Le dibenzo(a,h)anthracène est présent dans les combustibles fossiles. Les principales sources anthropiques de dibenzo(a,h)anthracène dans l'environnement sont les fumées d'échappement des moteurs diesel. Les quantités d'aérosol de dibenzo(a,h)anthracène libéré dans l'atmosphère sont respectivement de 8,3 µg et de 0,33 µg par kilomètre parcouru pour des automobiles munies et non munies d'un pot d'échappement catalytique.

La fumée de cigarette, les échappements de moteurs à essence, la fumée des chaudières au charbon et des fours à coke, les huiles usagées et les goudrons sont également responsables de la présence de dibenzo(a,h)anthracène dans l'environnement.

Devenir dans l'organisme

Chez l'homme, aucune étude spécifique concernant le devenir dans l'organisme du dibenzo(a,h)anthracène n'est disponible. Chez l'animal, peu de données sont disponibles sur le devenir dans l'organisme du dibenzo(a,h)anthracène. Les données existantes concernent la voie orale.

Effets systémiques

Aucune étude ne permet d'évaluer spécifiquement les effets induits par le dibenzo(a,h)anthracène chez l'homme.

Chez l'animal, aucune étude ne traite des effets pouvant être induits par une exposition chronique par voie pulmonaire au dibenzo(a,h)anthracène.

Effets cancérogènes

Aucune étude spécifique au dibenzo(a,h)anthracène n'est disponible chez l'homme. Aucune étude concernant l'effet cancérogène du dibenzo(a,h)anthracène par voie pulmonaire n'est disponible chez l'animal.

Chez la souris, l'exposition au dibenzo(a,h)anthracène par voie orale entraîne l'apparition d'adénomes et carcinomes pulmonaires et de carcinomes mammaires chez les femelles.

Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction et le développement

Concernant les effets génotoxiques, une étude *in vivo* réalisée chez des hamsters chinois a montré que le dibenzo(a,h)anthracène induisait des échanges de chromatides sœurs mais pas d'aberration chromosomique. Par contre, la plupart des études *in vitro* montrent que le dibenzo(a,h)anthracène induit une détérioration de l'ADN et des mutations.

Chez l'homme, aucune étude ne traite de l'effet du dibenzo(a,h)anthracène sur la reproduction et le développement et ceci quelle que soit la voie d'exposition. Aucune étude concernant l'effet du dibenzo(a,h)anthracène par voie pulmonaire ou cutanée sur la reproduction ou le développement n'a été réalisée chez l'animal.

4.3 Autres

4.3.1 Trichloroéthylène (TCE)

Sources : INERIS, *Fiche de données toxicologiques et environnementales*, version n°4-2, septembre 2017 ; ATSDR, *Toxicological Profile*, September 2019

N°CAS : 79-01-6

La principale utilisation du trichloroéthylène est le dégraissage des pièces métalliques. Excellent solvant pour l'extraction des graisses, huiles, matières grasses, cires, goudrons etc., il est également utilisé dans l'industrie textile pour le nettoyage du coton, de la laine et dans la fabrication des adhésifs, des lubrifiants, des peintures, des vernis, des pesticides.

Le trichloroéthylène entre également dans la fabrication de produits pharmaceutiques, de retardateurs chimiques d'inflammation et d'insecticides.

Le trichloroéthylène dans l'environnement est uniquement d'origine anthropique.

Devenir dans l'organisme

La voie respiratoire est la voie d'absorption principale du trichloroéthylène. L'absorption pulmonaire est rapide et le taux d'absorption est proportionnel à la concentration, la durée d'exposition et la fréquence respiratoire. Chez l'homme, plusieurs études ont montré que 37 à 64 % du trichloroéthylène inhalé était métabolisé, le reste étant éliminé par l'expiration.

Après passage dans le sang, le trichloroéthylène se répartit dans tout l'organisme, particulièrement au niveau du foie et des graisses. Il est également capable de passer la barrière placentaire.

Effets systémiques

De nombreuses études ont été menées sur des travailleurs exposés au trichloroéthylène. Elles présentent certaines insuffisances, notamment une absence de données sur les niveaux d'exposition et sur l'existence d'éventuels facteurs confondants. Dans certains cas, il n'y avait pas de groupe témoin, ce qui rend l'établissement d'une relation de cause à effet délicate. La plupart de ces études font mention de symptômes similaires à ceux décrits lors d'une exposition aiguë, à savoir : céphalées, léthargie, somnolence, anesthésie, vertiges, nausées et vomissements, pour des concentrations comprises entre 270 et 540 mg/m³. Une intolérance à l'alcool caractérisée par une rougeur transitoire affectant le visage et le cou a été également fréquemment observée.

Plusieurs études se sont intéressées aux effets possibles sur le foie et le rein. Une hépatite aiguë s'est développée chez une femme exposée à des concentrations de 40 à 800 ppm durant plusieurs années. Une légère altération de la fonction hépatique a été notée chez 64 travailleurs exposés au trichloroéthylène à des concentrations de 93 à 743 ppm. Par contre, aucune hépatotoxicité n'a été observée chez 289 travailleurs anglais présentant des symptômes neurologiques liés au trichloroéthylène et chez 12 travailleurs réalisant des opérations de dégraissage dans une usine de Paris. Une légère atteinte rénale a été notée chez des travailleurs exposés au trichloroéthylène mais également à d'autres produits chimiques.

Quelques cas spécifiques de lésions cutanées (irritation, érythème, maculopapules, ...) sur le visage ou le corps ont été décrits chez des travailleurs exposés au trichloroéthylène gazeux ou liquide.

Effets cancérogènes

Les différentes études épidémiologiques réalisées n'ont pu établir clairement un lien entre exposition par inhalation au trichloroéthylène et cancer. De plus, chez l'homme le lien entre l'exposition par voie orale au trichloroéthylène et l'incidence des cancers est controversé. Par contre, dans une étude de cohorte en Finlande, une augmentation significative des cancers du foie, de l'estomac et des tissus lymphopoïétiques a été montrée.

Le trichloroéthylène est cependant cancérogène pour le rat et la souris par voie orale et par inhalation, les tumeurs sont induites en des sites différents selon l'espèce et la voie d'exposition. On retrouve notamment des tumeurs hépatiques, rénales, pulmonaires ainsi que des lymphomes.

Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction et le développement

L'effet du trichloroéthylène sur la fertilité n'a pas été étudié. Quelques études peu détaillées font état de plaintes concernant des baisses de libido ou de performances sexuelles chez des hommes exposés au trichloroéthylène et également une incidence accrue de désordres menstruels chez des femmes qui auraient été exposées à des concentrations relativement élevées en trichloroéthylène. Toutefois, ces rapports ne donnent pas suffisamment de détails pour permettre d'évaluer la pertinence de ces observations.

Aucun effet sur les fonctions de reproduction n'a été observé chez les personnes exposées au trichloroéthylène *via* l'eau de boisson.

Concernant l'effet tératogène, aucun lien n'a été clairement établi avec l'exposition au trichloroéthylène par inhalation ou par voie orale.

4.3.2 Polychlorobiphényles (PCB)

Sources : AFSSA, Données récentes sur l'évaluation des dangers liés à la présence de PCB dans l'alimentation, décembre 2002. INERIS, Fiches de données toxicologiques et environnementales, Version n° 2-1, 8 novembre 2005.

Les "PCB" ou polychlorobiphényles sont des composés aromatiques chlorés.

Les polychlorobiphényles (PCB) forment un groupe de polluants ubiquitaires et persistants dont la toxicité varie en fonction du nombre d'atomes de chlore et de la conformation des molécules dans l'espace (209 congénères).

Certains congénères de PCB (les plus fortement chlorés) sont proches des dioxines par leur mode d'action (capacité à se lier au même récepteur cellulaire (Ah) et sont appelés PCB dioxine-like (PCB-DL). Parmi ceux-ci, 12 sont considérés comme les plus toxiques (4 ortho : 77, 81, 126 et 169 ; et 8 non-ortho : 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167 et 189).

Les autres PCB sont des PCB non dioxine-like (PCB-NDL).

Plusieurs congénères de PCB sont appelés PCB indicateurs car ils représentent près de 80 % des PCB totaux : le plus souvent les 118, 138, 153 et 180 mais aussi les 28, 52 et 101 (tous sauf le PCB 118 sont des PCB-NDL).

Les PCB sont uniquement d'origine anthropique. Des produits commerciaux correspondant à des mélanges complexes de certaines catégories d'isomères ont été synthétisés et commercialisés sous les noms d'Aroclor, de Clophen, d'Askarel ou encore de Pyralène. Le pourcentage pondéral de chlore peut varier de 21 % à 68 %. Parmi les qualités les plus répandues, les Aroclors 1242, 1248, 1254 et 1260 contiennent respectivement environ 42 %, 48 %, 54 % et 60 % de chlore.

Les propriétés thermiques, d'isolant électrique et d'ininflammabilité des PCB ont conduit à leur utilisation notamment comme fluide caloporteur, pour l'isolation électrique et le refroidissement des transformateurs et des condensateurs électriques. Bien que la production des PCB soit interdite depuis 1985 aux Etats-Unis et 1987 en France, des quantités importantes ont été rejetées dans l'environnement. Les PCB ont en commun une grande stabilité chimique et physique et une faible biodégradabilité, en particulier les composés les plus chlorés. Ces propriétés expliquent qu'ils s'accumulent le long de la chaîne alimentaire. Le transfert le long de la chaîne alimentaire dépend de la capacité de chacun des organismes à métaboliser ou non ces composés.

Selon la position et le nombre de chlore substitué, les propriétés physico-chimiques mais aussi toxicologiques des congénères diffèrent. Les molécules les moins chlorées sont les plus solubles et les moins volatiles. Leur lipophilie augmente avec le degré de chloration et la position des chlores.

L'absorption des PCB dépend de la voie d'exposition. La principale source d'exposition professionnelle est l'inhalation. Pour la population générale, la voie principale d'exposition est la nourriture contaminée (poisson, lait, produits laitiers, légumes, viandes). L'absorption des PCB peut également se produire par voie cutanée. Le solvant dans lequel sont solubilisés les PCB joue dans ce cas un rôle déterminant. Cependant, les seules études disponibles apprécient la rétention dans la peau, pas l'absorption proprement dite.

Bien que les PCB aient été trouvés dans l'ensemble des tissus, c'est dans le tissu adipeux et les matrices riches en lipides que les taux les plus importants ont pu être mesurés. Du fait de sa forte teneur en graisse, le lait maternel peut accumuler de grandes quantités de PCB. Il existe également un passage transplacentaire de PCB.

Le métabolisme des PCB se réalise au niveau du foie, par l'intermédiaire des cytochromes P-450. D'une façon générale, plus le degré de chloration des PCB augmente, plus le taux de métabolisation diminue. L'élimination des PCB et de leurs métabolites se fait principalement par les fèces. Chez les mammifères, le lait représente également une voie d'élimination substantielle. Les demi-vies d'élimination (valeurs médianes) de PCB peu chlorés (Aroclor 1242) et plus chlorés (Aroclor 1254) ont été déterminées à 2,6 et 4,8 ans respectivement.

Effets systémiques

L'un des effets évidents de l'exposition aux composés chlorés est l'acné chlorique. Le chloracné est aussi associée à des effets oculaires comme hypersécrétion des glandes Meibomian, une pigmentation anormale de la conjonctive chez les travailleurs exposés. Ces effets oculaires continuent souvent après la cessation de l'exposition constituant en quelque sorte un effet retard.

Des troubles gastro-intestinaux correspondant à une diminution significative de l'appétit, une perte de poids et des symptômes tels que l'anorexie, des nausées, des vomissements et des douleurs abdominales ont été décrits chez des travailleurs exposés aux PCB. Les PCB peuvent également entraîner des troubles hépatiques se caractérisant par une augmentation des taux sériques d'enzymes hépatiques ou des changements de l'ultrastructure hépatique.

Les PCB peuvent altérer le système immunitaire, notamment les niveaux de lymphocytes T et leurs dérivés, ainsi que la réponse antigène-anticorps.

Des effets neuro-comportementaux ont été observés chez des enfants exposés aux PCB. Des études cliniques et épidémiologiques chez des sujets fortement exposés aux PCB ont révélé des diminutions de quotient intellectuel, des capacités mnésiques et d'apprentissage, des fonctions neuromusculaires, des capacités visuelles et de reconnaissance d'objet. Des avancées récentes dans la connaissance des mécanismes cellulaires ont permis de mettre en évidence l'interaction de certains PCB avec le métabolisme du calcium et leurs actions sur les messagers secondaires impliqués dans le fonctionnement et le développement des neurones.

Un certain nombre de PCB ont été reconnus comme perturbateurs endocriniens. Ils ont montré en particulier des effets oestrogéniques en agissant soit directement, soit par l'intermédiaire de leurs métabolites méthyl-sulfonylés et hydroxylés sur la synthèse, la sécrétion, le transport et l'excrétion des hormones ou sur la fixation sur les récepteurs correspondants. Différentes études épidémiologiques suggèrent également un lien entre l'exposition aux PCB et des anomalies des hormones thyroïdiennes.

Effets cancérogènes

Les effets cancérogènes des PCB chez l'homme ont été évalués par des études rétrospectives sur des travailleurs exposés et par des études cas-témoins au cours d'expositions environnementales, ceci en examinant les associations entre les teneurs en PCB dans le sérum ou le tissu adipeux et l'occurrence de cancers.

Plusieurs études de mortalité suggèrent que des expositions professionnelles aux PCB sont associées avec les cancers de certains tissus, en particulier le foie, le tractus biliaire, l'intestin

et la peau (mélanomes). Les études cas-témoins dans la population générale ne sont pas concluantes sur les relations entre exposition aux PCB et risques de lymphomes non-hodgkiniens ou de cancer du sein. Dans ce cas, il a cependant été noté une relation entre teneur des tissus cancéreux en PCB et cancer du sein.

L'ensemble des données examinant la relation entre cancers et expositions aux PCB souffre de limitations méthodologiques.

Les études expérimentales *in vitro* et *in vivo* réalisés chez l'animal montrent le rôle de certains PCB dans la promotion tumorale.

Effets génotoxiques – Effets sur la reproduction

Les PCB ne sont pas classés mutagènes par le CLP.

Les PCB n'ont également pas été classés par le CLP concernant leurs effets sur la reproduction.

Des études chez l'animal et des études épidémiologiques ont montré que les PCB pouvaient avoir des effets sur la reproduction mais ces effets sont à rapprocher de leurs effets oestrogéniques. Une augmentation des avortements spontanés, des cycles menstruels irréguliers ou une baisse de la fécondabilité ont ainsi été observés chez des femmes exposées. Une baisse de la fertilité masculine pourrait également être associée à une exposition à des PCB.

Annexe C - Tableau C1 - Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) pour une exposition chronique par inhalation
Sources consultées en février 2021

Composé		CAS	VTR pour les effets à seuil				VTR pour les effets sans seuil				
			CAA <i>µg/m³</i>	Facteur d'incertitude	Effet critique	Référence	Argumentation du choix de VTR selon la hiérarchisation de la note d'information de la DGS/DGPR du 31/10/2014 ⁽¹⁾	ERU _i <i>(µg/m³)⁻¹</i>	Effet critique	Référence	Argumentation du choix de VTR selon la hiérarchisation de la note d'information de la DGS/DGPR du 31/10/2014 ⁽¹⁾
BTEX	Toluène	108-88-3	19 000	5	Effets neurologiques (troubles de la vision des couleurs)	ANSES, 06/2017 (5 ppm), pour les effets neurotoxiques du toluène Avis de l'ANSES d'octobre 2017	Niveau 1 : Choix de la CAA de l'ANSES	-		Absence d'ERU _i	
	Xylènes	1330-20-7	100	300	Effets neurologiques - Altération de la coordination motrice (test du rotarod)	IRIS, 02/2003 Avis de l'ANSES de septembre 2020	Niveau 2 : Choix de la CAA recommandée par l'ANSES (2020)	-		Absence d'ERU _i	
COHV	Cis-1,2-Dichloroéthylène	156-59-2	60	3 000	Effets hépatiques et pulmonaires	RIVM, 07/2009	Niveau 4 : Seule CAA disponible	-		Absence d'ERU _i	
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	400	30	Diminution de la vision des couleurs	ANSES, 03/2017 Avis de l'ANSES de juillet 2018	Niveau 1 : Choix de la CAA de l'ANSES	2,6E-07	Carcinomes et adénomes hépatocellulaires	IRIS, 02/2012 Avis de l'ANSES d'avril 2013 et expertise de l'INERIS de février 2014	Niveau 2 : Choix de l'ERU _i recommandé par l'ANSES (2013) et l'INERIS (2014)
	Trichloroéthylène	79-01-6	3 200	75	Effets rénaux	ANSES, 06/2018 Avis de l'ANSES de juillet 2018	Niveau 1 : Choix de la CAA de l'ANSES	1,0E-06	Carcinome rénal	ANSES, 06/2018 Avis de l'ANSES de juillet 2018	Niveau 1 : Choix de l'ERU _i de l'ANSES
	Chloroforme	67-66-3	63	100	Effets cancérogènes non génotoxiques : prolifération cellulaire dans les tubes rénaux proximaux	ANSES/AFSSET, 04/2009 Avis de l'ANSES de juin 2009 révisé en décembre 2017	Niveau 1 : Choix de la CAA de l'ANSES		-	ANSES/AFSSET, 04/2009 Avis de l'ANSES/AFSSET de juin 2009 révisé en décembre 2017	Niveau 2 : Expertises de l'ANSES (2009 et 2017) L'AFSSET (actuellement ANSES), dans son rapport d'avril 2009 révisé en juin 2017, affirme que : "Les données de génotoxicité disponibles indiquent que ni le chloroforme ni ses métabolites n'apparaissent en mesure d'interagir directement avec l'ADN. [...] Conformément aux conclusions du rapport d'expertise collective, l'Afsset propose, pour protéger des effets cancérogènes du chloroforme par inhalation, une VTR à seuil fondée sur des effets critiques précurseurs du cancer. ". L'utilisation d'un ERU n'est donc plus justifiée pour le chloroforme.

- : Donnée non disponible

CAA : Concentration Admissible dans l'Air

ERU_i : Excès de Risque Unitaire pour l'Inhalation

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes

COHV : Composés Organo-Halogénés Volatils

⁽¹⁾ Selon la hiérarchisation de la note d'information de la DGS/DGPR du 31 octobre 2014 :

Niveau 1 : " il est recommandé au pétitionnaire de sélectionner en premier lieu les VTR construites par l'ANSES même si des VTR plus récentes sont proposées par les autres bases de données ".

Niveau 2 : "si pour une substance une expertise nationale a été menée et a abouti à une sélection approfondie parmi les VTR disponibles, alors le prestataire devra retenir les VTR correspondantes, sous réserve que cette expertise ait été réalisée postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente parmi les trois bases de données : US-EPA [IRIS], ATSDR et OMS"

Niveau 3 : "le pétitionnaire sélectionnera la VTR la plus récente parmi les trois bases de données : US-EPA [IRIS], ATSDR et OMS"

Niveau 4 : "le pétitionnaire utilisera la dernière VTR proposée par Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA"

Annexe C - Tableau C2 : Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) pour une exposition chronique pour la voie orale
Sources consultées en février 2021

Composé		CAS	VTR pour les effets à seuil				Argumentation du choix de VTR selon la hiérarchisation de la note d'information de la DGS/DGPR du 31/10/2014 ⁽¹⁾	ERU _o (mg/kg/jour) ⁻¹	VTR pour les effets sans seuil		
			DJA mg/kg/jour	Facteur d'incertitude	Effet critique	Référence			Effet critique	Référence	Argumentation du choix de VTR à seuil selon la hiérarchisation de la note d'information de la DGS/DGPR du 31/10/2014 ⁽¹⁾
Métaux	Baryum (Ba)	7440-39-3	0,2	300	Effets rénaux	ATSDR 08/2007 pour des sels solubles Expertise de l'INERIS de 2015	Niveau 2 : Choix de la CAA recommandée par l'expertise de l'INERIS (2015).			-	Absence d'ERU _o
	Cuivre (Cu)	7440-50-8	0,15	-	Effets hépatotoxiques et gastriques	EFSA, 2018 Expertise de l'INERIS de 2019	Niveau 2 : Choix de la DJA recommandée par l'expertise de l'INERIS (2019)			-	Absence d'ERU _o
	Mercuré (Hg)	7439-97-6	0,00057	100	-	EFSA, 2012 (4 µg/kg/semaine) Choix de l'ANSES dans son expertise de septembre 2016 ("Etude de l'Alimentation Totale Infantile - Tome 2 - Partie 2 : Composés inorganiques")	Niveau 2 : Choix de la DJA recommandée par l'expertise de l'ANSES (2016)			-	Absence d'ERU _o
	Molybdène (Mo)	7439-98-7	0,00006	300	Effets rénaux	ATSDR, 05/2020	Niveau 3 : Choix de la DJA de l'ATSDR plus récente que celle de l'IRIS			-	Absence d'ERU _o
	Plomb (Pb)	7439-92-1	6,3E-04	-	Effets neurotoxiques	EFSA, 2010 Avis de l'ANSES de janvier 2013 n°2011-SA-0219 relatif "aux effets du plomb sur la santé associés à des plombémies inférieures à 100 µg/l" pour l'enfant et l'adulte Expertise de l'INERIS de 2016	Niveau 2 : Choix de la DJA recommandée par les expertises de l'ANSES (2012) et de l'INERIS (2016)	8,5E-03	Cancers rénaux	OEHTA, 10/2000, Toxicity Criteria Database Expertise de l'INERIS de 2013	Niveau 2 : Choix de l'ERU _o recommandé par l'expertise de l'INERIS (2013)
	Vanadium (V)	7440-62-2	0,002	1000	Effets sur le développement	RIVM, 07/2009, valeur provisoire	Niveau 4 : Seule DJA disponible			-	Absence d'ERU _o
	Zinc (Zn)	7440-66-6	0,3	3	Effets hématologiques	ATSDR, 09/2005	Niveau 3 : Choix de la DJA de l'ATSDR plus récente que celles de l'IRIS et de l'OMS			-	Absence d'ERU _o
BTEX	Ethylbenzène	100-41-4	0,097	-	Effets rénaux et hépatiques	OMS, 2003, (Guidelines of Drinking Water-Quality (GDWQ), 2017)	Niveau 3 : Choix de la DJA de l'OMS plus récente que celle de l'IRIS	1,1E-02	Cancers hépatiques, rénaux et pulmonaires	OEHTA, 11/2007, Toxicity Criteria Database	Niveau 4 : Seul ERU _o disponible
HAP	Naphtalène	91-20-3	0,02	3 000	Perte de 10% du poids des rats mâles	IRIS, 09/1998 Expertise de l'INERIS de 2014	Niveau 2 : Choix de la DJA recommandée par l'expertise de l'INERIS (2014)	1,2E-01	Adénome de l'épithéliome respiratoire et neuroblastome de l'épithéliome olfactif	OEHTA, 2011, Toxicity Criteria Database Expertise de l'INERIS, 2014	Niveau 2 : Choix de l'ERU _o recommandé par l'expertise de l'INERIS (2014)
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	3,0E-04	300	Effets sur le développement : changements neurocomportementaux	IRIS, 01/2017 Expertise de l'INERIS de 2018	Niveau 2 : Choix de la DJA recommandée par l'expertise de l'INERIS (2018). A noter qu'il s'agit de la seule DJA disponible.	1,0E+00	Tumeurs de l'estomac antérieur, de l'oesophage, de la langue et du larynx	IRIS, 01/2017 Expertise de l'INERIS, 2018	Niveau 2 : Choix de l'ERU _o recommandé par l'expertise de l'INERIS (2018)
	Acénaphthylène	208-96-8			-	-	Absence de DJA	1,0E-03	-		
	Acénaphthène	83-32-9	0,06	3 000	Hépatotoxicité	IRIS, 11/1990 Expertise de l'INERIS de 2018	Niveau 2 : Choix de la DJA recommandée par l'INERIS (2018). A noter qu'il s'agit de la seule DJA disponible.	1,0E-03	-		
	Fluorène	86-73-7	0,04	3 000	Diminution des érythrocytes, de l'hémoglobine et de l'hématocrite	IRIS, 11/1990 Expertise de l'INERIS de 2018	Niveau 2 : Choix de la DJA recommandée par l'INERIS (2018)	1,0E-03	-		
	Phénanthrène	85-01-8	0,04	3 000	Diminution du poids corporel	RIVM, 03/2001 Expertise de l'INERIS de 2018	Niveau 2 : Choix de la DJA recommandée par l'INERIS (2018). A noter qu'il s'agit de la seule DJA disponible.	1,0E-03	-		
	Anthracène	120-12-7	0,3	3 000	Pas d'effet observé	IRIS, 09/1990 Expertise de l'INERIS de 2018	Niveau 2 : Choix de la DJA recommandée par l'INERIS (2018)	1,0E-02	-		
	Fluoranthène	206-44-0	0,04	3 000	Néphrotoxicité	IRIS, 09/1990 Expertise de l'INERIS de 2018	Niveau 2 : Choix de la DJA recommandée par l'INERIS (2018). A noter qu'il s'agit de la seule DJA disponible.	1,0E-03	-		
	Pyrène	129-00-0	0,03	3 000	Effets néphrotoxiques	Santé Canada, 2010 Expertise de l'INERIS de 2018	Niveau 2 : Choix de la DJA recommandée par l'INERIS (2018)	1,0E-03	-		
	Benzo(a)anthracène	56-55-3			-	-	Absence de DJA	1,0E-01	-		
	Chrysène	218-01-9			-	-	Absence de DJA	1,0E-02	-		
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2			-	-	Absence de DJA	1,0E-01	-		
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9			-	-	Absence de DJA	1,0E-01	-		
	Dibenzo(ah)anthracène	53-70-3			-	-	Absence de DJA	1,0E+00	-		
	Benzo(ghi)peryène	191-24-2	0,03	1 000	Néphrotoxicité	RIVM, 03/2001 Expertise de l'INERIS de 2018	Niveau 2 : Choix de la DJA recommandée par l'expertise de l'INERIS (2018)	1,0E-02	-		
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5			-	-	Absence de DJA	1,0E-01	-		
COHV	Trichloroéthylène	79-01-6	0,0005	10/100/100	Effets immunologiques chez l'adulte et immunotoxicité sur les fœtus (souris : augmentation des malformations cardiaques fœtales (rats)	IRIS, 09/2011 Expertise de l'INERIS de 2014	Niveau 2 : Expertise de l'INERIS de 2014. A noter que la DJA de l'ATSDR de juin 2019 est la même que la DJA provisoire de 2014 prise en compte dans l'expertise de l'INERIS de 2014.	7,8E-04	Cancer du rein	OMS, 2005 L'ERU _o de l'OMS est retenu par l'ANSES dans son avis de février 2016, pour les cas de dépassement de la limite de qualité française du trichloroéthylène dans l'eau potable. L'INERIS, dans son expertise de 2014, retient l'ERU _o de Santé Canada, toutefois, son choix est basé sur la comparaison des seules VTR de l'IRIS et de Santé Canada (celles de l'OMS et de l'OEHTA ne sont pas évaluées). L'ERU _o de l'IRIS est écarté par les deux organismes. Ainsi, malgré le contexte particulier de l'étude de l'ANSES, l'ERU _o de l'OMS est retenu pour évaluer les effets sans seuil du trichloroéthylène par ingestion, du fait notamment de l'organisme émetteur de l'avis (ANSES) et de son caractère plus récent (2016).	Niveau 2 : Expertise de l'ANSES de 2016
	Dichlorométhane	75-09-2	0,006	30	Effets hépatiques	IRIS, 11/2011		2,0E-03	Adénomes et carcinomes hépatocellulaires	IRIS, 11/2011	
HCT	Aliphatiques >C ₁₀ -C ₁₆	-	0,1	1 000	Troubles hépatiques et hématologiques	RIVM, 03/2001, valeur provenant du TPH-WG (1997)	Niveau 4 : Seule DJA disponible			-	Absence d'ERU _o
	Aliphatiques >C ₁₆ -C ₃₅	-	2	100	Granulomes hépatiques	RIVM, 03/2001, valeur provenant du TPH-WG (1997)	Niveau 4 : Seule DJA disponible			-	Absence d'ERU _o
	Aromatiques >C ₉ -C ₁₆	-	0,04	100	Diminution du poids du corps, augmentation du poids du foie et des reins	RIVM, 03/2001, valeur provenant du TPH-WG (1997)	Niveau 4 : Seule DJA disponible			-	Absence d'ERU _o
	Aromatiques >C ₁₆ -C ₂₅	-	0,03	1 000	Néphrotoxicité	RIVM, 03/2001, valeur provenant du TPH-WG (1997)	Niveau 4 : Seule DJA disponible			-	Absence d'ERU _o
PCB	Polychlorobiphényles	1336-36-3	2,0E-05	300	Augmentation du poids du foie et effets immunologiques (diminution de la réponse des anticorps)	OMS, 2003, CICAD n°55 (valeur pour un mélange de PCB, dérivée de la dose tolérable pour l'Arochlor 1254) La valeur s'applique aux PCB totaux.	Niveau 3 : Choix de la DJA de l'OMS	2,0E+00	Tumeurs du foie : adénomes hépatocellulaires, carcinomes, cholangiomes, cholango-carcinomes	IRIS, 10/1996, "risque et persistance élevés", upper-bound slope factor La valeur s'applique aux PCB totaux.	Niveau 3 : Choix de l'ERU _o le plus pénalisant parmi ceux proposés par l'IRIS - Il est noté que les ERU _o de l'OEHTA sont identiques.
Dioxines/furanes	PCDD/F, exprimés en I-TEQ	1746-01-6	2,9E-07	30	Diminution significative de la concentration en spermatozoïdes	EFSA, 2018 (TDI de 2,10 ⁻⁵ µg I-TEQ/kg/semaine) Expertise de l'INERIS de décembre 2019	Niveau 2 : Choix de la DJA recommandée par l'expertise de l'INERIS (2019)	-	-	Le mécanisme d'action cancérigène des dioxines est non génotoxique. L'ensemble de la communauté scientifique, y compris les experts de l'US-EPA, est d'accord. Cela conduit à reconnaître un seuil de toxicité en dessous duquel l'exposition n'a pas de conséquences néfastes pour l'organisme. Aussi, seule une VTR à seuil est retenue et la VTR sans seuil proposée par l'OEHTA n'est pas prise en compte. Dans son expertise de 2019, l'INERIS propose de ne pas retenir de VTR pour des effets sans seuil, en l'absence d'effets génotoxiques. Ainsi, seule une VTR à seuil est retenue et la VTR sans seuil proposée par l'OEHTA n'est pas prise en compte.	Niveau 2 : Expertise de l'INERIS de 2019, en accord avec d'autres expertises internationales.

- : Donnée non disponible
DJA : Dos Journalière Admissible
ERU_o : Excès de Risque Unitaire pour la voie orale

⁽¹⁾ Selon la hiérarchisation de la note d'information de la DGS/DGPR du 31 octobre 2014 :

Niveau 1 : " Il est recommandé au pétitionnaire de sélectionner en premier lieu les VTR construites par l'ANSES même si des VTR plus récentes sont proposées par les autres bases de données ".

Niveau 2 : "si pour une substance une expertise nationale a été menée et a abouti à une sélection approfondie parmi les VTR disponibles, alors le prestataire devra retenir les VTR correspondantes, sous réserve que cette expertise ait été réalisée postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente parmi les trois bases de données : US-EPA [IRIS], ATSDR et OMS"

Niveau 3 : "le pétitionnaire sélectionnera la VTR la plus récente parmi les trois bases de données : US-EPA [IRIS], ATSDR et OMS "

Niveau 4 : "le pétitionnaire utilisera la dernière VTR proposée par Santé Canada, RIVM, l'OEHTA ou l'EFSA "

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes
HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
COHV : Composés Organo-Halogénés Volatils
HCT : Hydrocarbures Totaux
PCB : Polychlorobiphényles

Annexe C - Tableau C3 : Pouvoirs cancérigènes des substances considérées
Sources consultées en février 2021

Composé		CAS	Pouvoir cancérigène					
			IRIS / EPA				IARC	UE
			Guidelines, 1986	Proposed Guidelines, 1996	Revised Draft Guidelines, 1999	Guidelines, 2005		
Métaux	Baryum (Ba)	7440-39-3	D (Not classifiable as to human carcinogenicity)	Not likely to be carcinogenic to humans	-	-	-	-
	Cuivre (Cu)	7440-50-8	D (Not classifiable as to human carcinogenicity)	-	-	-	-	-
	Mercuré (Hg)	7439-97-6	D (Not classifiable as to human carcinogenicity)	-	-	-	3	R1B
	Molybdène (Mo)	7439-98-7	-	-	-	-	-	-
	Plomb (Pb)	7439-92-1	B2 (Probable human carcinogen - based on sufficient evidence of carcinogenicity in animals)	-	-	-	2B	R1A
	Vanadium (V)	7440-62-2	-	-	-	-	-	-
	Zinc (Zn)	7440-66-6	D (Not classifiable as to human carcinogenicity)	-	Data are inadequate for an assessment of human carcinogenic potential	Inadequate information to assess carcinogenic potential	-	-
BTEX	Toluène	108-88-3	-	-	-	Inadequate information to assess carcinogenic potential	3	R2
	Ethylbenzène	100-41-4	D (Not classifiable as to human carcinogenicity)	-	-	-	2B	-
	Xylènes	1330-20-7	-	-	Data are inadequate for an assessment of human carcinogenic potential	-	3	-
HAP	Naphtalène	91-20-3	C (Possible human carcinogen)	Carcinogenic potential cannot be determined	-	-	2B	C2
	Benzo(a)pyrène	50-32-8	-	-	-	Carcinogenic to humans	1	C1B / M1B / R1B
	Acénaphthylène	208-96-8	D (Not classifiable as to human carcinogenicity)	-	-	-	-	-
	Acénaphthène	83-32-9	-	-	-	-	3	-
	Fluorène	86-73-7	D (Not classifiable as to human carcinogenicity)	-	-	-	3	-
	Phénanthrène	85-01-8	D (Not classifiable as to human carcinogenicity)	-	-	-	3	-
	Anthracène	120-12-7	D (Not classifiable as to human carcinogenicity)	-	-	-	3	-
	Fluoranthène	206-44-0	D (Not classifiable as to human carcinogenicity)	-	-	-	3	-
	Pyrène	129-00-0	D (Not classifiable as to human carcinogenicity)	-	-	-	3	-
	Benzo(a)anthracène	56-55-3	B2 (Probable human carcinogen - based on sufficient evidence of carcinogenicity in animals)	-	-	-	2B	C1B
	Chrysène	218-01-9	B2 (Probable human carcinogen - based on sufficient evidence of carcinogenicity in animals)	-	-	-	2B	C1B / M2
	Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	B2 (Probable human carcinogen - based on sufficient evidence of carcinogenicity in animals)	-	-	-	2B	C1B
	Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	B2 (Probable human carcinogen - based on sufficient evidence of carcinogenicity in animals)	-	-	-	2B	C1B
	Dibenzo(ah)anthracène	53-70-3	B2 (Probable human carcinogen - based on sufficient evidence of carcinogenicity in animals)	-	-	-	2A	C1B
	Benzo(ghi)pérylène	191-24-2	D (Not classifiable as to human carcinogenicity)	-	-	-	3	-
	Indéno(1,2,3-cd)pyrène	193-39-5	B2 (Probable human carcinogen - based on sufficient evidence of carcinogenicity in animals)	-	-	-	2B	-
COHV	Cis-1,2-Dichloroéthylène	156-59-2	-	-	-	Inadequate information to assess carcinogenic potential	-	-
	Tétrachloroéthylène	127-18-4	-	-	-	Likely to be carcinogenic to humans	2A	C2
	Trichloroéthylène	79-01-6	-	-	-	Carcinogenic to humans	1	C1B / M2
	Chloroforme	67-66-3	B2 (Probable human carcinogen - based on sufficient evidence of carcinogenicity in animals)	-	Likely to be carcinogenic to humans	-	2B	C2 / R2
	Dichlorométhane	75-09-2	-	-	-	Likely to be carcinogenic to humans	2A	C2
HCT	Aliphatiques >C ₅ -C ₈	-	-	-	-	-	-	-
	Aliphatiques >C ₈ -C ₁₆	-	-	-	-	-	-	-
	Aliphatiques >C ₁₆ -C ₃₅	-	-	-	-	-	-	-
	Aromatiques >C ₅ -C ₉	-	-	-	-	-	-	-
	Aromatiques >C ₉ -C ₁₆	-	-	-	-	-	-	-
	Aromatiques >C ₁₆ -C ₃₅	-	-	-	-	-	-	-
PCB	Polychlorobiphényles	1336-36-3	B2 (Probable human carcinogen - based on sufficient evidence of carcinogenicity in animals)	-	-	-	1	-
Dioxines/furanes	PCDD/F, exprimés en I-TEQ	1746-01-6	-	-	-	-	1	-

- : Donnée non disponible

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes
HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
COHV : Composés Organo-Halogénés Volatils
HCT : Hydrocarbures Totaux
PCB : Polychlorobiphényles

Définitions des classifications du pouvoir cancérigène d'une substance :

Classement européen CLP (Classification, Labelling and Packaging) :

Catégorie C1A ou M1A ou R1A : substances dont le potentiel cancérigène, mutagène ou toxique pour la reproduction pour l'être humain est avéré.
Catégorie C1B ou M1B ou R1B: substances dont le potentiel cancérigène, mutagène ou toxique pour la reproduction pour l'être humain est supposé.
Catégorie C2 ou M2 ou R2 : substances dont le potentiel cancérigène, mutagène ou toxique pour la reproduction pour l'être humain est suspectée.

OMS (CIRC/IARC) :

Groupe 1 : l'agent (ou le mélange) est cancérigène pour l'homme, preuves suffisantes de l'effet cancérigène chez l'homme.
Groupe 2A : l'agent (ou le mélange) est probablement cancérigène pour l'homme, preuves suffisantes de l'effet cancérigène chez l'animal mais preuves insuffisantes ou pas de preuve de l'effet cancérigène chez l'homme.
Groupe 2B : l'agent (ou le mélange) est peut-être cancérigène pour l'homme, preuves limitées de l'effet cancérigène chez l'animal et données insuffisantes ou pas de données pour l'homme.
Groupe 3 : l'agent (ou le mélange) est inclassable quant à sa cancérigénicité pour l'homme, pas de preuve d'effet cancérigène sur l'homme.
Groupe 4 : l'agent (ou le mélange) n'est probablement pas cancérigène pour l'homme.

US EPA (Guidelines, 1986) :

Classe A : substance cancérigène pour l'homme, preuves évidentes de l'effet cancérigène de la substance, notamment établies par des études épidémiologiques.
Classe B : substance probablement cancérigène pour l'homme : preuves suffisantes de l'effet cancérigène du composé chez l'animal de laboratoire, mais preuves limitées de l'effet cancérigène de la molécule chez l'homme (groupe B1) ou peu ou pas de données chez l'homme (groupe B2).
Classe C : cancérigène possible pour l'homme, preuves limitées du pouvoir cancérigène de la molécule chez l'animal et peu ou pas de données chez l'homme.
Classe D : substance ne pouvant être classée quant à sa cancérigénicité pour l'homme, données inadéquates chez l'homme et l'animal pour confirmer ou réfuter la cancérigénicité du composé chez l'homme.
Classe E : substance non cancérigène pour l'homme. Ce groupe est utilisé pour les composés qui ne présentent aucun effet cancérigène sur au moins deux tests adéquats chez deux espèces d'animaux différents ou sur une étude épidémiologique et des études chez l'animal. Cette désignation ne peut être prise comme une conclusion définitive.