

Rapport d'étude IDA240467- PG-PCT

Grand Paris Aménagement pour le
compte du GHU Paris
Parc du Pont de Flandre – Bât 0033
11, rue de Cambrai
75 945 Paris Cedex 19

Plan de Gestion (PG)

Plan de Conception de Travaux (PCT)

Ancienne blanchisserie de l'EPS Maison
Blanche
Parc Maison Blanche
Avenue Jean Jaurès
Neuilly-sur-Marne (93)

VOTRE INTERLOCUTEUR
Lucie LECLAIRE
06 46 34 40 67
l.leclaire@iddea-gengis.fr

SIÈGE SOCIAL
289, bd Duhamel du Monceau
45160 Olivet
02 38 25 15 62
contact@iddea-gengis.fr
iddea-gengis.fr



RESTRICTIONS D'USAGE DU RAPPORT

RÉFÉRENCES

Réf. devis :	IDD240264 en version A du 26/11/2024
Réf. du rapport :	IDA240467- PG-PCT
Réf. du client :	Bon de commande n°060 – 20-00291/02/GPAM

CLIENT

Nom et adresse	Grand Paris Aménagement pour le compte du GHU Paris Parc du Pont de Flandre – Bât 0033 11, rue de Cambrai 75945 Paris Cedex
Nom du contact et coordonnées	Mme Olivia AUTRAND 01 87 58 10 91 Olivia.autrand@grandparisamenagement.fr

INTERVENANTS IDDEA

Rédacteur	Tom GERMAIN	
Vérificateur Responsable de projet	Lucie LECLAIRE	
Superviseurs	Stéphanie PORZIO / Julien BENDLER	 

STATUT DU RAPPORT

Version	Date	Détails
C	22.04.2026	MAJ suite remarques GPA
B	17.04.2026	MAJ suite remarques GPA du 24.03.2026 et échanges
A	10.03.2026	Version initiale

CERTIFICATIONS D'IDDEA





Restrictions d'usage du rapport

Ces informations sont soumises à l'exhaustivité et la fiabilité des documents disponibles et consultables, l'existence d'une information « cachée » ou « erronée » est toujours possible. L'exhaustivité et la véracité absolue ne peuvent donc être garanties.

Tous les éléments de ce rapport (cartes, photos, pièces et documents divers, etc.) constituent une seule et même entité indissociable. La responsabilité d'IDDEA ne saurait être engagée par une utilisation, une communication ou une reproduction partielle de ce rapport et annexes sans l'accord préalable d'IDDEA.

Nous restons à la disposition du client pour lui fournir tout renseignement complémentaire qu'il pourrait juger utile concernant les résultats et les conclusions de notre étude.



1. Synthèse non technique de l'étude	11
2. Introduction	17
2.1. Contexte et objectifs	17
2.2. Cadre méthodologique & normatif	18
3. Présentation du site	19
3.1. Description du site et de son environnement	19
3.2. Contexte environnemental et vulnérabilité	22
4. Présentation du projet / Usage retenu	24
5. Synthèses des données	25
5.1. Liste des études à visée environnementale menées sur site	25
5.2. Etude historique et documentaire	26
5.3. Synthèse des investigations réalisées au droit du site et autour du site à l'étude	28
5.4. Schéma conceptuel initial	36
5.4.1. Identification des sources de pollution	36
5.4.2. Les vecteurs de transfert	37
5.4.3. Les cibles	37
5.4.4. Schéma conceptuel	38
6. Cadrage de l'étude – Plan de gestion	43
6.1. Principes généraux	43
6.2. Sources d'informations et référentiels méthodologiques	45
6.3. Contraintes et hypothèses prises en compte dans le cadre de cette étude	45
6.3.1. Hypothèses	45
6.3.2. Contraintes	46
7. Définition des objectifs de réhabilitation – Plan de gestion	46
7.1. Typologies de pollutions en présence	46
7.2. Définition des pollutions concentrées	47
7.2.1. Méthodologie	47
7.2.2. Tétrachloroéthylène (PCE)	48
7.2.3. Synthèse des seuils de coupure définissant les sources concentrées	56
7.3. Etude du potentiel de migration des composés présents dans les eaux souterraines	56



7.4.	Objectifs de réhabilitation retenus	61
8.	Solutions de gestion envisagées – Plan de gestion	64
8.1.	Solutions envisageables pour la gestion des zones de pollution diffuses	64
8.2.	Solutions envisageables pour la gestion des zones de pollution concentrée	66
8.2.1.	Choix des techniques de gestion envisagées.....	66
8.2.2.	Présentation des techniques de gestion envisagées.....	69
8.3.	Limites	76
9.	Bilan coûts/avantages des solutions envisagées – Plan de gestion	77
9.1.	Méthodologie	77
9.2.	Coûts unitaires pris en compte	77
9.2.1.	Scénario 1 : « Oxydation chimique »	77
9.2.2.	Scénario 2 : « Pompage et traitement »	78
9.3.	Limites du Plan de Gestion.....	79
9.4.	Suivis de la qualité de la nappe et des gaz de sols/air ambiant après travaux de réhabilitation	80
9.5.	Synthèse de l'estimation des coûts	80
9.6.	Analyse multicritère	80
9.6.1.	Grille d'analyse	80
9.6.2.	Modalités d'évaluation	82
9.6.3.	Modalités de hiérarchisation des solutions de réhabilitation.....	83
9.6.4.	Résultats et conclusion de l'analyse multicritère	83
10.	Modèle de fonctionnement	85
10.1.	Identification des sources de pollution.....	85
10.2.	Les vecteurs de transfert	85
10.3.	Les cibles	85
10.4.	Schéma conceptuel tenant compte des modes de gestion proposés	86
11.	Compatibilité sanitaire	90
12.	Eléments préalables à la conception des travaux et mise en œuvre des essais (PCT)	92
12.1.	Définition de la zone à traiter	92
12.2.	Choix des stratégies de réhabilitation à étudier.....	93
12.3.	Synthèse des essais pilotes	94
12.3.1.	Préambule.....	94



12.3.2. Implantation des ouvrages.....	94
12.3.3. Réalisation de l'état initial	97
12.3.4. Essais d'injection	99
12.3.5. Essais de pompage-Traitement.....	102
13. Etude d'avant-projet I B120 – Traitement in situ	107
13.1. Présentation générale de la technique retenue.....	107
13.2. Dimensionnement des travaux d'oxydation chimique	107
13.2.1. Dimensionnement du nombre d'ouvrages nécessaires pour l'oxydation chimique.....	107
13.2.2. Perenite des ouvrages	110
13.2.3. Gestion des déblais	110
13.2.4. Dimensionnement de l'efficacité du traitement d'oxydation chimique.....	110
13.2.5. Dispositif de traitement des effluents liquides.....	110
13.3. Planning pour le traitement de la nappe par oxydation chimique.....	111
13.3.1. Préparation administrative, QHSE et technique	112
13.3.2. Installation et Forage des ouvrages d'injection.....	112
13.3.3. Exploitation - Campagne d'injection et Suivi de l'évolution de la qualité des eaux.....	112
13.3.4. Repli et mise en état définitive	113
13.4. Volet réglementaire.....	114
13.5. Principales contraintes recensées pour la mise en œuvre du traitement <i>in situ</i>	115
13.6. Aléas	116
13.7. Evaluation des coûts directs et aléas financiers.....	117
14. Coordination sécurité, suivi et réception des travaux	120
14.1. Coordination de la sécurité au cours du chantier de réhabilitation.....	120
14.2. Emissions, nuisances et environnement	122
14.3. Modalité de suivi des travaux	123
14.3.1. Assistance en phase travaux	123
14.3.2. Reunions.....	124
14.3.3. Suivi en phase travaux / analyses de réception	124
14.4. Réception des travaux	125
15. Surveillance post-travaux	125
15.1. Surveillance	125
15.2. Restrictions d'usages et préconisations	126



**16. Synthèse technique
recommandations**

I

**Conclusions et
127**



Liste des figures

Figure 1 :	Localisation du site à l'étude sur fond de carte IGN (Source : Géoportail – Annotations IDDEA)	20
Figure 2 :	Plan du cadastre du site (Source : cadastre.gouv.fr – Annotations IDDEA)	21
Figure 3 :	Localisation du site d'étude sur fond de vue aérienne (Source : google satellite – Annotations IDDEA).....	22
Figure 4 :	Localisation du possible futur bâtiment sur fond de vue aérienne (Source : Géoportail – Annotations IDDEA).....	24
Figure 5 :	Localisation de la ZAC Maison Blanche et du site à l'étude sur fond de carte IGN (Source : Rapport n°703592-R1 de RSK – Annotations IDDEA).....	27
Figure 6 :	Plan de synthèse des investigations avant les interventions d'IDDEA (Source : Rapport n° A21.2168.A de Tesora – Annotations IDDEA)	33
Figure 7 :	Plan de localisation des ouvrages piézaires et des sondages MIP réalisés par IDDEA sur fond de vue aérienne (Source : Géoportail – Annotations IDDEA)	34
Figure 8 :	Plan de localisation de l'ensemble des piézomètres actuels sur fond de vue aérienne (Source : Géoportail – Annotations IDDEA)	35
Figure 9 :	Schéma conceptuel – Usage industriel	40
Figure 10 :	Schéma conceptuel – Usage de logements avec travailleurs	42
Figure 11 :	Répartition des teneurs en COHV ($\mu\text{g/l}$) dans l'aquifère des calcaires de Saint-Ouen	49
Figure 12 :	Répartition des teneurs en COHV ($\mu\text{g/l}$) dans l'aquifère des Sables de Beauchamp... ..	49
Figure 13 :	Répartition des teneurs en PCE ($\mu\text{g/l}$) dans l'aquifère des Calcaires de Saint-Ouen... ..	51
Figure 14 :	Répartition des teneurs en PCE ($\mu\text{g/l}$) dans l'aquifère des Sables de Beauchamp.....	52
Figure 15 :	Cartographie d'isoconcentration pour le PCE ($\mu\text{g/l}$) dans l'aquifère des Calcaires de Saint-Ouen (Source : google Satellite).....	53
Figure 16 :	Cartographie d'isoconcentration pour le PCE ($\mu\text{g/l}$) dans l'aquifère des Sables de Beauchamp (Source : google Satellite).....	54
Figure 17 :	Diagramme de répartition des PCE dans les ouvrages d'eaux souterraines de l'aquifère des Calcaires de Saint-Ouen et dans les gaz des sols	57
Figure 18 :	Diagramme de répartition des PCE dans les ouvrages d'eaux souterraines de l'aquifère des Sables de Beauchamp et dans les gaz des sols	58
Figure 19 :	Répartition des COHV dans les ouvrages de l'amont à l'aval dans la nappe des Calcaires de Saint-Ouen	60
Figure 20 :	Répartition des COHV dans les ouvrages de l'amont à l'aval dans la nappe des Sables de Beauchamp	60
Figure 21 :	Cartographie des zones de pollution concentrée dans l'aquifère des Calcaires de Saint-Ouen (Source : google Satellite).....	62
Figure 22 :	Cartographie des zones de pollution concentrée dans l'aquifère des Sables de Beauchamp (Source : google Satellite).....	63
Figure 23 :	Schéma de principe du traitement par oxydation in situ (Source : BRGM/RP-58609-FR)	71
Figure 24 :	Schéma de principe du pompage et traitement (source : BRGM - Selectdépoll)	74
Figure 25 :	Diagrammes des résultats de l'analyse multicritères pour chacun des scénarios.....	84
Figure 26 :	Modèle de fonctionnement – Usage industriel	88
Figure 27 :	Modèle de fonctionnement – Usage de logements avec travailleurs	89
Figure 28 :	Plan de localisation des zones de pollution concentrée dans la nappe des Calcaires de Saint-Ouen sur fond de vue aérienne (Source : Géoportail – Annotations IDDEA)	92
Figure 29 :	Plan de localisation des zones de pollution dans la nappe des Sables de Beauchamp sur fond de vue aérienne (Source : Géoportail – Annotations IDDEA)	93
Figure 30 :	Plan de localisation des ouvrages mis en place SARPI Remédiation (Source : SARPI Remédiation)	96
Figure 31 :	Exemple de tube à manchette (Source : SIREG – Tubes d'injection à manchette)	99



Figure 32 :	Evolution des concentrations en COHV dans les eaux souterraines sur la nappe des Calcaires de Saint-Ouen à la suite des essais d'injection (Source : SARPI Remédiation, complété par IDDEA).....	101
Figure 33 :	Evolution des concentrations en COHV dans les eaux souterraines sur la nappe des Sables de Beauchamp à la suite des essais d'injection (Source : SARPI Remédiation, complété par IDDEA).....	101
Figure 34 :	Evolution du niveau d'eau lors des essais par paliers (Source : SARPI Remédiation).....	103
Figure 35 :	Evolution du niveau d'eau lors des essais de pompage longue durée (Source : SARPI Remédiation).....	104
Figure 36 :	Plan d'implantation prévisionnel des ouvrages pour le traitement par oxydation chimique (Source : Géoportail – Annotations IDDEA).....	109
Figure 37 :	Plan d'implantation de la borne à incendie (source : géoportail – Photographie Street view®).....	114

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Contexte environnemental et vulnérabilité du site.....	22
Tableau 2 :	Voies d'exposition potentielles – Usage industriel.....	39
Tableau 3 :	Voies d'exposition potentielles – Usage de logements avec travailleurs.....	41
Tableau 4 :	Tableaux de données statistiques en PCE (µg/l).....	51
Tableau 5 :	Teneurs maximales des terres saines d'apport (en mg/kg MS).....	65
Tableau 6 :	Matrice de possibilités de dépollution pour les polluants organiques.....	67
Tableau 7 :	Principes des réactions d'oxydoréduction.....	69
Tableau 8 :	Caractéristiques sur l'utilisation des différents oxydants du marché (Source : BRGM).....	70
Tableau 9 :	Synthèse des coûts Scénario 1 : « Oxydation chimique ».....	78
Tableau 10 :	Synthèse des coûts Scénario 2 : « Pompage et traitement ».....	79
Tableau 11 :	Voies d'exposition potentielles – Usage industriel.....	86
Tableau 12 :	Voies d'exposition potentielles – Usage de logements avec travailleurs.....	87
Tableau 13 :	Caractéristique des ouvrages créés par SARPI.....	95
Tableau 14 :	Synthèse des résultats de la campagne initiale pour les COHV (Source : SARPI Remédiation).....	98
Tableau 15 :	Caractéristiques des ouvrages d'injection par oxydation chimique.....	108
Tableau 16 :	Caractéristiques des ouvrages de contrôle à ajouter.....	108
Tableau 17 :	Dimensionnement du traitement des eaux souterraines par oxydation chimique (Source SARPI).....	110
Tableau 18 :	Principales contraintes liées à la mise en œuvre du traitement d'oxydation chimique.....	115
Tableau 19 :	Synthèse des aléas.....	116
Tableau 20 :	Estimation des coûts liés au traitement.....	118
Tableau 21 :	Principales mesures de protection collectives.....	120
Tableau 22 :	Principales mesures de protection individuelles.....	121
Tableau 23 :	Nuisances identifiés et moyens de prévention et de réduction adaptés.....	122
Tableau 24 :	Programme analytique et fréquence d'échantillonnage lors du suivi du traitement par oxydation chimique.....	124

Annexes

Annexe 1 :	Ensemble des rapports réalisés sur le site
Annexe 2 :	Grilles d'analyses multi-critères
Annexe 3 :	Analyse des risques résiduels (rapport IDDEA IDA240090-3 version B du 08.10.2024)



AEP	Alimentation Eau Potable
AFNOR	Association Française de Normalisation
AMO	Assistance à Maîtrise d'Ouvrage
ARIA	Analyse, Recherche et Information sur les Accidents
ARR	Analyses des Risques Résiduels
BASIAS	Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Services
BASOL	Sites et sols pollués (SSP) ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif
BRGM	Bureau de Recherche Géologique et Minière
BSS	Base de données du Sous-Sol
BTEX	Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes
CAV	Composés Aromatiques Volatils
CAP	Certificat d'Aptitude Professionnelle
COFRAC	Comité Français d'Accréditation
COHV	Composés Organo-Halogénés Volatils
DICT	Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux
EPS	Etablissement Public de Santé
DNAPL	Dense Non-Aqueous Phase Liquid : fluide constitué de composé(s) organique(s) formant une phase distincte de l'eau ayant une densité supérieure à celle de l'eau et qui migrent vers le fond des aquifères
DOE	Dossier des Ouvrages Exécutés
DT	Déclaration de Travaux
EMM	Eléments Métalliques et Métalloïdes
EPI	Equipement de Protection Individuel
EQRS	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
GHU	Groupe Hospitalier Universitaire
GPA	Grand Paris Aménagement
HC	Hydrocarbures
HCT	Hydrocarbures Totaux
ICPE	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement
IGN	Institut Géographique National
INERIS	Institut National Environnement Industriel et Risques
LNAPL	Light Non-Aqueous Phase Liquid : fluide constitué de composé(s) organique(s) formant une phase distincte de l'eau ayant une densité inférieure à celle de l'eau et qui surnagent sur les nappes et les eaux de surface
LQ	Limite de Quantification
MES	Matières En Suspension
MIP	Membrane Interface Probe
MOA	Maîtrise d'Ouvrage
MOE	Maîtrise d'Œuvre
NF	Norme Française
NGF	Nivellement Général Français
PCE	Tétrachloroéthylène
PG	Plan de Gestion
PID	Détecteur à Photo-Ionisation
RDC	Rez-de-Chaussée
TCE	Trichloroéthylène
TGAP	Taxe Générale sur les Activités Polluantes
TN	Terrain Naturel
TPH	Total Petroleum Hydrocarbon
ZAC	Zone d'Aménagement Concerté
ZNIEFF	Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique



1. Synthèse non technique de l'étude

Contexte

Mandataire : Grand Paris Aménagement pour le compte du GHU Paris (Groupe Hospitalier Universitaire)

Adresse du site : Avenue Jean Jaurès à Neuilly-sur-Marne (93)

Usage actuel du site : Site en friche au droit d'une ancienne blanchisserie et de bâtiments actuellement déconstruits

Contexte de l'étude : Réhabilitation environnementale de l'ancienne blanchisserie de l'EPS Maison Blanche (devenu GHU), Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumise à autorisation dans le cadre de l'aménagement de la ZAC de la Maison Blanche par Grand Paris Aménagement

Usage futur :

- Obligation réglementaire du GHU vis-à-vis de la cessation d'activité de l'ICPE : prise en compte d'un usage industriel,
- Accord contractuel entre le GHU et GPA : Bâtiments avec ou sans sous-sol à usage de logements avec la présence de travailleurs ainsi que jardins privés, espaces verts et espaces publics.

La liste des études déjà réalisées sur le site sont présentées en Annexe 1.

Des travaux de réhabilitation avaient été réalisés sur le site entre 2017 et 2020 avec la réalisation de travaux in-situ sur les gaz des sols (venting) et eaux souterraines (oxydation). Ces travaux n'avaient pu être réceptionnés que partiellement en raison de l'absence d'atteinte des objectifs sur les eaux souterraines. Ainsi des investigations complémentaires ont été réalisées ensuite afin de définir les travaux pouvant être mis en place afin de rendre le site compatible avec les futurs usages (usage industriel dans le cadre de la cessation d'activité et de logements avec travailleurs dans le cadre de l'aménagement).

Le Plan de Gestion, présenté ci-après, vise à proposer et évaluer financièrement des mesures de gestion permettant simultanément :

- De gérer les zones de pollutions concentrées ;
- D'assurer la maîtrise des sources résiduelles (risque de transfert) ;
- De garantir la compatibilité sanitaire entre le résiduel et un usage industriel dans le cadre des obligations réglementaires du GHU ;
- De garantir la compatibilité sanitaire entre le résiduel et l'usage futur/le projet d'aménagement.

A la suite du Plan de Gestion, le Plan de Conception de Travaux détaille la solution retenue.



Synthèses des données existantes sur les milieux

- Dans les sols, des concentrations faibles en composés organo-halogénés volatils, notamment le tétrachloroéthylène et quelques anomalies en éléments métalliques et métalloïdes. Absence de pollution concentrée.
- Dans les gaz des sols :
 - ▶ Des quantifications en composés aromatiques volatils, en hydrocarbures aromatiques et aliphatiques ;
 - ▶ Des impacts en composés organo-halogénés volatils.
- Dans les eaux souterraines :
 - ▶ Des impacts en composés organo-halogénés volatils principalement en tétrachloroéthylène dans la nappe des Calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp ;
 - ▶ Extension limitée des impacts en aval ;
 - ▶ Des quantifications en hydrocarbures principalement pour les fractions aliphatiques C₈-C₁₀ avec dépassements ponctuels des seuils de référence.

Aussi, on considérera :

- Des teneurs diffuses en tétrachloroéthylène dans les gaz des sols ;
- Des pollutions concentrées en tétrachloroéthylène dans les eaux souterraines :
 - ▶ Une zone de pollution concentrée sur les deux aquifères (Calcaires de Saint-Ouen et Sables de Beauchamp) autour des ouvrages PZA, PZ_IDA4, Sto1 et Beau3 ;
 - ▶ Une zone de pollution diffuse partant de cette zone de pollution concentrée vers le sud-ouest en accord avec le sens d'écoulement uniquement sur la nappe des Calcaires de Saint-Ouen.

Synthèse du Plan de Gestion

Suivant la méthodologie nationale des Sites et Sols Pollués, les solutions de gestion à définir doivent étudier :

- En premier lieu, l'élimination de la/des pollution(s) concentrée(s)¹ présente(s) sur le site ;
- En second lieu, la maîtrise des impacts sur site et sur l'environnement.

a) Sources de pollution en présence et définition des zones de pollutions concentrées

Aucune pollution concentrée n'a été mise en évidence dans les sols, seules les eaux souterraines sont retenues comme milieu présentant des pollutions concentrées, induisant par transfert un impact des gaz des sols.

La typologie des pollutions concentrées en Composés Organo-Halogénés Volatils et notamment en tétrachloroéthylène est la suivante :

- Environ 550 m² pour la nappe des calcaires de St-Ouen entre 6 et 17 m de profondeur ;
- Environ 740 m² pour la nappe des sables de Beauchamp entre 17 et 30 m de profondeur.

¹ Une pollution concentrée correspond à un volume fini de milieu souterrain au sein duquel les concentrations en une ou plusieurs substances sont significativement supérieures aux concentrations de ces mêmes substances à proximité immédiate de ce volume même en l'absence d'émission dans l'environnement.



b) Risques de migration - Pollutions résiduelles

Au vu de ces différentes informations, la migration du tétrachloroéthylène depuis la nappe vers l'air ambiant est actuellement privilégiée. Aucune source de pollution concentrée dans les sols n'est retrouvée. Un impact historique de la nappe est retenu avec un transfert en profondeur des Composés Organo-Halogénés Volatils, de la nappe des Calcaires de Saint-Ouen vers la nappe des Sables de Beauchamp, avec un transfert diffus. A noter que l'impact au droit de la nappe des Sables de Beauchamp est plus circonscrit dans l'espace, ce qui corrobore l'hypothèse du transfert vertical. Les pollutions concentrées dans ces nappes doivent être limitées pour éviter une diffusion en aval au cours du temps. Avec le choix du traitement par oxydation in situ, l'oxydant agira sur ce panache diffus par l'action de l'écoulement des eaux souterraines et du temps. Toutefois, l'impact résiduel de la nappe et des gaz des sols doit être pris en compte.

Dans ce cadre des mesures constructives doivent être considérées avec la réalisation d'un bâtiment soit sur sous-sol, soit sur vide sanitaire dallé en fond et ventilé mécaniquement.

Par ailleurs, en extérieur, la mise en place de mesures de gestion simple, à savoir le recouvrement des terres par des matériaux d'apport extérieur permettra de s'affranchir de risques liés au contact direct et à l'inhalation de poussières.

c) Objectifs de réhabilitation retenus

Au vu des données, aucun seuil de coupure ne peut être défini sur les eaux souterraines. Les objectifs de réhabilitation peuvent être fixés avec des objectifs qualitatifs et non quantitatifs. Ainsi, au vu de l'emprise d'impact et dans la mesure où les teneurs en aval sont significativement moins élevées, l'objectif d'une amélioration de l'état du milieu eaux souterraines est retenu, sur les 2 nappes : nappe des Calcaires de Saint-Ouen et nappe des Sables de Beauchamp.

d) Compatibilité sanitaire

Au regard des valeurs de référence fixées par la méthodologie d'avril 2017 fixant les niveaux de risque sanitaire dits « acceptables », la qualité du sous-sol est compatible avec la construction :

- De bâtiments à usage industriel sur vide sanitaire ;
- Des bâtiments (logements) sur sous-sol (à usage de parking) ou vide sanitaire ;

Ces 2 aménagements peuvent présenter des aménagements de type voiries, parkings et espaces verts à usage récréatives recouverts.

IDDEA recommande la mise en place d'un vide sanitaire d'une hauteur de 60 cm, dallé en fond (0,1 m d'épaisseur) et ventilé mécaniquement à 1 volume par heure. La modification de ces paramètres devra être validée par la mise à jour des calculs.

Gestion des zones de pollutions concentrées

Plusieurs scénarios de gestion ont été étudiés dans le cadre du Plan de Gestion, pour les différentes zones concentrées en PCE dans les eaux souterraines :

- **Scénario 1** : Oxydation chimique in situ ;
- **Scénario 2** : Pompage et traitement sur site.

Ces scénarios ont été étudiés via un bilan coûts/avantages et une analyse multicritère afin de fournir les éléments pour statuer sur la solution optimale à retenir.

La solution présentant la moins forte contrainte globale et le meilleur compromis est l'oxydation chimique in situ (**Scénario 1 - Oxydation chimique in situ**) et a été étudiée dans le cadre du PCT.



Synthèse du Plan de Conception de Travaux

Programme des essais réalisés et conclusions

Des essais de faisabilité ont été réalisés dans le cadre du plan de conception des travaux, dont les résultats sont présentés ci-après :

Essais	Ouvrages réalisés	Résultats
Pompage (longue durée et par paliers) uniquement dans la nappe des Sables de Beauchamp	Un ouvrage de pompage à 30 m de profondeur	Rayon d'influence jusqu'à 8 m Rayon d'action compris entre 5 et 8 m Débit critique de pompage de 1,9 m ³ /h Transmissivité moyenne de $T \approx 3,2 \times 10^{-4}$ m ² /s pour une perméabilité équivalente de $K \approx 3 \times 10^{-5}$ pour 10,85 m de hauteur crépinée
Injection dans les deux nappes	Cinq ouvrages de surveillance de la nappe du Beauchamp	Rayon d'action de 5 m avec une influence du traitement dans le sens d'écoulement des eaux souterraines pouvant aller jusqu'à 10 m
	Deux ouvrages de surveillance de la nappe des Calcaires de Saint-Ouen	Bonne efficacité à court terme avec un abattement supérieur à 80 % des concentrations en Composés Organo-Halogénés Volatils juste après l'injection
	Un ouvrage d'injection d'oxydant (NaMnO ₄) par tube à manchette	1 à 3 mois à l'issue de l'injection, augmentation après traitement des concentrations vis-à-vis des teneurs initiales post-injection selon les ouvrages et leur position hydrogéologique



Dimensionnement des travaux, synthèse des délais et coûts

Traitement par oxydation chimique in-situ		
Dimensionnement	- Nappe des Calcaires de St-Ouen : surface de 550 m² entre 6 et 17 m de profondeur avec environ 100 kg de Composés Organo-Halogénés Volatils à oxyder soit une masse de permanganate de sodium diluée à 40 % de 1,7 t ; - Nappe des Sables de Beauchamp : surface de 740 m² entre 17 et 30 m de profondeur avec environ 1 t de COHV à oxyder soit une masse de permanganate de sodium diluée à 40 % de 4,6 t.	
Mise en œuvre	Injection : - Mise en place de 8 ouvrages d'injection communs aux deux nappes à 30 m de profondeur avec tubes à manchettes de 6 à 30 m, et 5 ouvrages exclusivement dans la nappe des sables de Beauchamp, 30 m de profondeur avec tubes à manchettes de 17 à 30 m ; - Réalisation de 2 campagnes d'injection à 3 mois d'intervalles ; - Option avec une 3^{ème} injection à 6 mois en cas d'efficacité limitée. Suivi pendant les travaux : - État initial avant chaque campagne d'injection et campagnes mensuelles de suivi.	
Durée du traitement	Total de 14 mois avec : 2 campagnes d'injection d'oxydant sur 6 mois ; - Suivi des eaux souterraines durant les injections (6 mois) et suivi post injection durant 6 mois soit un total de 12 à 13 mois ; - Option pour une 3^{ème} campagne : total de 18 à 19 mois	
Coût des travaux	2 campagnes	Option 3^{ème} campagne
	296 à 325 k€ HT pour 2 campagnes d'injection et en considérant un suivi analytique mensuel sur l'intégralité des piézomètres de contrôle et 6 mois de suivi ensuite	380 à 416 k€ HT pour 3 campagnes d'injection et en considérant un suivi analytique mensuel sur l'intégralité des piézomètres de contrôle et 6 mois de suivi ensuite
	336 à 365 k€ HT avec maîtrise d'œuvre incluse	420 à 456 k€ HT avec maîtrise d'œuvre
	403 à 439 k€ HT avec suivi inclus	487 à 530 k€ HT avec suivi inclus

Gestion des pollutions diffuses

Les diagnostics réalisés et cités ci-dessus ont mis en évidence la présence diffuse en tétrachloroéthylène vers le sud-ouest en accord avec le sens d'écoulement dans la nappe des Calcaires de Saint-Ouen. Avec le choix du traitement par oxydation in situ, l'oxydant agira sur ce panache diffus par l'action de l'écoulement des eaux souterraines et du temps.

La mise en place de mesures constructives, à savoir la mise en place en place d'un sous-sol ou d'un vide sanitaire d'une hauteur de 60 cm, dallé en fond (0,1 m d'épaisseur) et ventilé mécaniquement à 1 volume par heure permettra de garantir la compatibilité sanitaire pour les futurs usagers, au vu des impacts résiduels.



Surveillance et restrictions

Les mesures de surveillance suivantes devront être mises en place :

- Une surveillance de la qualité des eaux souterraines devra être mise en place pendant les travaux de réhabilitation suivant le programme défini dans le présent plan de gestion – plan de conception des travaux ;
- La vérification de la qualité de l'air après réception du bâti est recommandée au travers de la réalisation de 2 campagnes de prélèvements d'air ambiant à deux périodes climatiques distinctes (estivale/hivernale) au droit du vide sanitaire ou du sous-sol en fonction de la configuration, et au rez-de-chaussée simultanément.

En fonction des résultats d'analyses sur les eaux souterraines, la mise en place d'un suivi des eaux souterraines post-travaux pourra être recommandé. Cette recommandation sera évaluée dans le rapport de récolement des travaux de réhabilitation.

Par ailleurs, la surveillance de la qualité des gaz de sols pourra être mise en place à l'issue des travaux lors de 2 campagnes distinctes afin de confirmer les résultats avant-travaux.

Les restrictions d'usages restantes sur site sont :

- En l'absence d'étude complémentaire spécifique l'autorisant, l'utilisation des eaux souterraines n'est pas permise sur site ;
- L'utilisation de l'eau souterraine (ingestion d'eau, arrosage d'un potager), n'a pas été pris en compte dans cette étude. Si ces usages étaient à prendre en compte, une reprise des calculs seraient également à effectuer ;
- Mise en place de canalisations pour l'eau potable en Polyéthylène Haute Densité au sein d'un remblai d'apport propre ou dans des caniveaux techniques béton, ou à défaut, pose de canalisations métalliques ou en matériau anti-contaminant, conformément aux usages sur ce type de site ;
- Absence d'arbres fruitiers ou de potager dans les espaces verts ;
- Recouvrement des zones extérieures par 30 cm de terres saines avec mise en place d'un géotextile ou d'un grillage avertisseur à l'interface terres du site / terres saines ;
- Une conservation de la mémoire du site doit être effectuée, par exemple via les actes de vente futurs ;
- Dans le cas où des terrassements devraient être effectués, le port d'Equipements de Protection Individuels est recommandé et les terres devront être gérées en filière adaptée (des analyses seront à réaliser sur les terres excavées). Les personnes amenées à travailler sur ce chantier de construction devront être informées et disposer des équipements de protection individuelle adaptées aux substances détectées dans les sols. L'intégrité du recouvrement de surface devra ensuite être rétablie ;

Par ailleurs, la réalisation d'une ATTES-ALUR pour tout changement d'usage sera à fournir avec le permis de construire, le site étant une ancienne ICPE.

L'ensemble des mesures mentionnées ci-dessus devra faire l'objet d'une conservation de la mémoire, par exemple via les actes de vente futurs.



2. Introduction

2.1. Contexte et objectifs

Le Groupe Hospitalier Universitaire (GHU) a exploité une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) ayant pour activité une blanchisserie sur l'emprise de l'ancien hôpital de Maison Blanche, sur la commune de Neuilly-sur-Marne (94). Dans ce cadre, le GHU a réalisé une cessation d'activité et les travaux de réhabilitation pour un usage industriel sont de sa responsabilité.

Grand Paris Aménagement est aménageur de la ZAC Maison Blanche (superficie de 58,6 hectares), depuis 2014 et propriétaire des terrains depuis 2016 et a conclu un accord avec le GHU concernant la gestion des pollutions liées aux anciennes activités.

Cette ancienne blanchisserie (localisée au droit de 4 lots dont 2 objets de la présente étude : lots 10C2 et 10C3 pour une superficie d'environ 8 000 m²) a fait l'objet de multiples études environnementales mettant en évidence la présence d'une source concentrée en COHV, liée aux passifs du site. À la suite de ces études comprenant un plan de gestion, un seuil de dépollution de 300 µg/l pour le tétrachloroéthylène (à noter que le seuil sanitaire était à 600 µg/l) a été défini sur les eaux souterraines (aucune source sur les sols n'ayant été mise en évidence). Pour donner suite à ces travaux, une réception partielle a été réalisée, en raison des concentrations supérieures au seuil de dépollution fixé, encore mesurées au droit de 2 lots (10C2 et 10C3), emprise objet de la présente étude.

L'hypothèse était une source de pollution secondaire alimentant encore la nappe. Un arrêt des travaux de dépollution a eu lieu au profit de la réalisation d'investigations complémentaires à proximité d'un ovoïde soupçonné d'être à l'origine de cette source secondaire. Ces sondages complémentaires n'ont pas permis de confirmer que l'ovoïde était bien une source de pollution secondaire.

De nouvelles investigations ont été réalisées par IDDEA en 2024 et 2025 afin de :

- Disposer d'un état des lieux de la qualité des milieux au droit des lots 10C2 et 10C3 qui n'ont pas pu être réceptionnés ;
- Vérifier si la qualité des milieux permet de statuer sur la compatibilité sanitaire des milieux avec l'usage projeté (bâtiment(s) avec ou sans sous-sol) ;
- Définir si la dégradation du milieu gaz des sols est liée à un apport de la nappe et/ou des sols par la réalisation de doublets de piézairs (à deux profondeurs distinctes) ;
- Si la compatibilité sanitaire ne peut être démontrée, de définir les travaux à mettre en œuvre afin de rendre le site compatible avec les usages projetés.

La source sol n'a pu être retrouvée mais une migration des COHV dans le sous-sol a été observée par des sondages MIP et des ouvrages piézomètres plus profonds captant la nappe sous-jacente (nappe des Sables de Beauchamp). Des zones de pollutions concentrées dans les deux aquifères communicants ont été identifiées, une zone de pollution diffuse a été mise en évidence sur la nappe supérieure des Calcaires de Saint-Ouen en accord avec le sens d'écoulement.

L'Analyse des Risques Résiduels a conclu que l'état du site est compatible avec la construction de bâtiments sur sous-sol (logements) et n'est pas compatible avec la construction de bâtiments de logements sans sous-sol ou vide sanitaire. La mise en place d'un vide sanitaire dallé en fond et ventilé mécaniquement serait une mesure constructive permettant la compatibilité sanitaire du bâtiment sans sous-sol.



La réalisation d'un **Plan de gestion**, a pour objectif de statuer sur :

- L'existence de sources de pollutions concentrées dans les eaux souterraines, de définir, le cas échéant, leurs extensions, et d'identifier les meilleures possibilités et modalités, d'un point de vue technico-économique, de traitement de ces impacts ;
- Le risque de transfert des impacts identifiés dans les eaux souterraines par les gaz des sols via le dégazage, et de proposer, le cas échéant, des mesures de gestion permettant de supprimer / maîtriser ce transfert vertical.

Par ailleurs, dans le cadre du **Plan de Conception de Travaux (PCT)**, des essais de faisabilité ont été effectués afin de développer la solution retenue (oxydation in-situ des nappes). Ces essais consistent à la réalisation des essais de pompage dans l'aquifère des Sables de Beauchamp et des essais d'injection d'oxydant dans les aquifères des Calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp.

Le présent rapport constitue le rapport de Plan de Gestion (PG) – Plan de Conception de Travaux (PCT).

2.2. Cadre méthodologique & normatif

La présente mission suit la « Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » définie par le Ministère en charge de l'Environnement, d'avril 2017.

La mission d'IDDEA a été réalisée selon la méthodologie et les normes préconisées par le Ministère en charge de l'Environnement, et en particulier :

- La « Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués », d'avril 2017 ;
- Le *Guide Diagnostic des sites et sols pollués*, v1, BRGM, ADEME, INERIS, d'avril 2023 ;
- Le *Schéma conceptuel et modèle de fonctionnement*, ministère de l'Environnement, v0, 08.02.2007 ;
- Le document *La démarche d'Analyse des Risques Résiduels*, ministère de l'Environnement, v0, 08.02.2007 ;
- La norme AFNOR NF X 31-620 révisée en décembre 2021 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués ». Sur la base des données disponibles et de vos attentes, la présente étude est codifiée selon les offres globales de prestations PG (domaine A) et PCT (domaine B).

La prestation « PG » prestation correspond à une mission de « Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site ». Cette prestation comprend les prestations élémentaires :

- L'identification des options de gestion et bilan coûts/avantages (A330) ;
- Analyse des Enjeux Sanitaires (A320).



La prestation « PCT » : Plan de conception des travaux comprend les prestations élémentaires suivantes :

— Etude de conception :

- ▶ « B112 » : Essais pilote de terrain : Réaliser des essais de faisabilité technique à l'échelle d'un pilote de terrain (en vraie grandeur sur une partie du site à traiter) afin notamment d'acquérir des paramètres de dimensionnement spécifiques à (aux) technique(s) retenue(s) dans le plan de gestion ;
- ▶ « B120 » : Etudes d'avant-projet (AP) : Définir et étudier une ou plusieurs solutions techniques à un niveau suffisamment détaillé pour en approcher le coût, la durée, les principales contraintes physiques et environnementales, les performances et la nécessité d'apporter les éléments nécessaires pour établir le cahier des charges des travaux.

3. Présentation du site

Les données présentées en italique dans les chapitres suivants sont issues des différentes études menées par IDDEA, principalement le rapport de diagnostic complémentaire d'IDDEA, référence n°IDA240467_DIAG en version B en date du 09/04/2025.

3.1. Description du site et de son environnement

Le site à l'étude est localisé Avenue Jean Jaurès à Neuilly-sur-Marne (93). Selon la carte de l'Institut Géographique National (IGN) au 1 / 25 000 (Figure 1), et le site internet Géoportail, le site est localisé à une altitude comprise entre + 43 m et + 45 m NGF. Il occupe en partie la parcelle n°171 de la section AR (cf. Figure 2) pour une superficie d'environ 8 000 m².

La localisation du centre de la zone d'étude en coordonnées Lambert 93 est :

- X : 666 852 m ;
- Y : 6 863 048 m.

La zone à l'étude est bordée :

- Au nord par des logements collectifs, des espaces verts et le lac de la Maison Blanche ;
- A l'est par le parc de la Maison Blanche puis des espaces verts et complexes sportifs ;
- Au sud par le parc de la Maison Blanche puis l'avenue Jean-Jaurès (nationale N34) ;
- A l'ouest par le parc de la Maison Blanche puis des logements individuels.

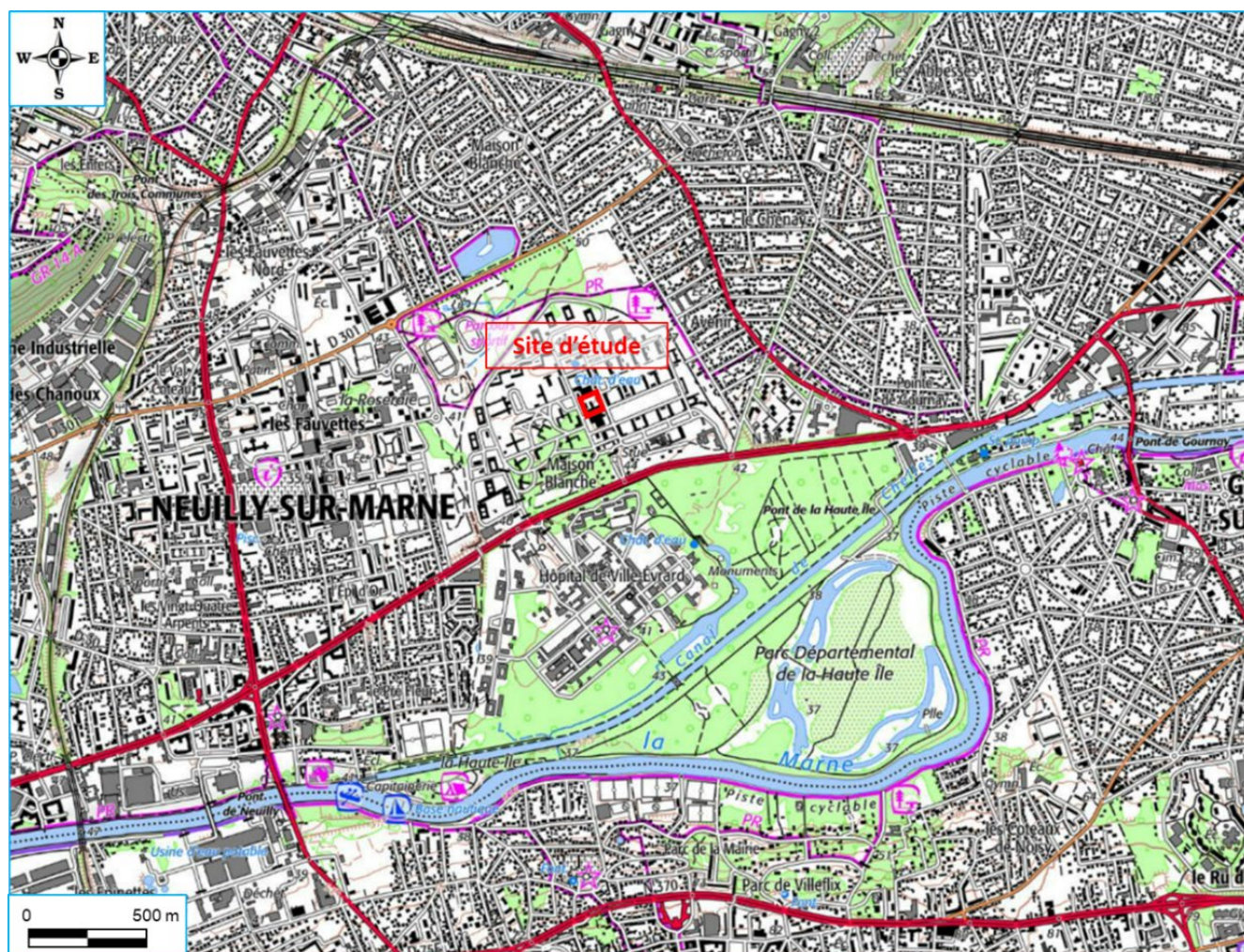


Figure 1 : Localisation du site à l'étude sur fond de carte IGN (Source : Géoportail – Annotations IDDEA)

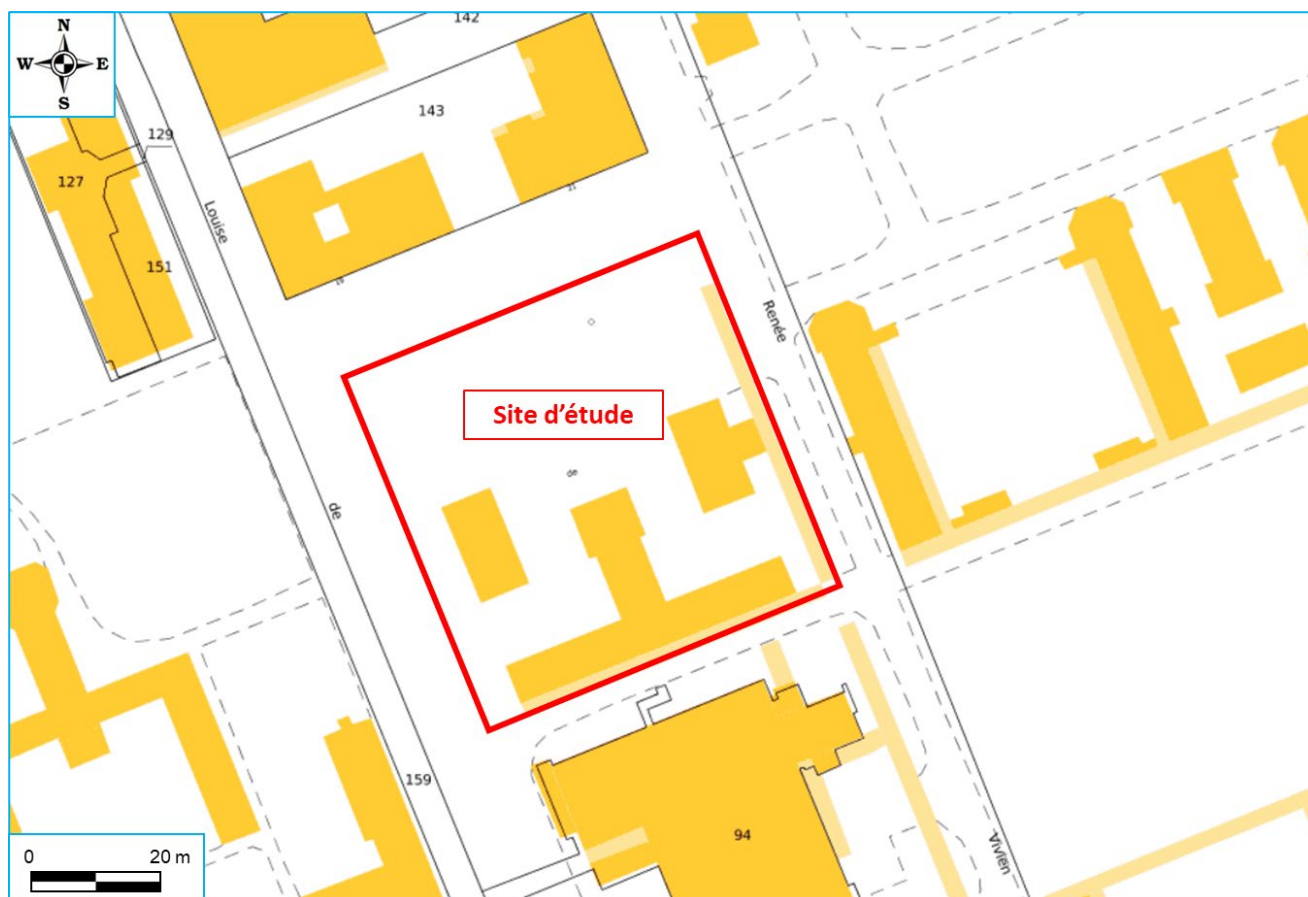


Figure 2 : Plan du cadastre du site (Source : cadastre.gouv.fr – Annotations IDDEA)

A noter que les bâtiments présents sur le cadastre ont été démolis. Le site est actuellement en friche avec la présence de pleine terre ainsi que des résidus d'enrobé, à noter également un décaissé au droit du bâtiment sur la partie centrale-ouest. Les figures ci-dessous présentent le site d'étude sur fond de vue aérienne et des photographies du site.



Figure 3 : Localisation du site d'étude sur fond de vue aérienne (Source : google satellite – Annotations IDDEA)

3.2. Contexte environnemental et vulnérabilité

Le tableau suivant synthétise les informations concernant le contexte environnemental et la vulnérabilité des milieux.

Tableau 1 : Contexte environnemental et vulnérabilité du site

Hydrologie	Le site se trouve à environ 400 m au sud-est du ru traversant le parc du Croissant Vert et à 630 m au sud-est du lac de la Maison Blanche. Le site se trouve également à environ 1 km au nord-ouest du Canal de Chelles et à 1,2 km au nord-ouest de la Marne. Usage des eaux superficielles : • Le ru traversant le parc du Croissant Vert et le lac de la Maison Blanche n'ont aujourd'hui aucun usage particulier ; • La Marne accueille des usages récréatifs et halieutiques ; • Le Canal de Chelles accueille des usages de loisirs, industriels et de transports (navigation). Les eaux superficielles ne sont pas retenues comme vulnérables.
--------------------------	---



Géologie	Les investigations du sous-sol réalisées à travers les différentes études ont mis en évidence, la présence successive et depuis la surface (ponctuellement sous le bitume) : • Des remblais en surface et / ou sables en surface jusqu'à 2 - 3 m de profondeur ; • Des marnes calcaires beiges, à tendances sableuses en surface jusqu'à 14 – 16 m de profondeur, assimilés aux Calcaires de Saint-Ouen ; • Les Sables de Beauchamp gris bleu à partir de 14 - 16 m de profondeur et jusqu'à environ 30 m ; • Marnes et Caillasses au-delà de 30 m.
Hydrogéologie	La nappe des Alluvions de la Marne et du Grand Morin : Les études antérieures mettent en évidence un niveau d'eau de la nappe alluviale entre 5,6 et 6,8 m de profondeur au droit de la zone d'étude. Le sens d'écoulement de la nappe des alluvions de la Marne est dépendant de la topographique du site et est ainsi supposé vers le Sud, soit en direction de la Marne. Cette nappe est en lien hydraulique avec la nappe sous-jacente. Les nappes des calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp et des couches lutétiennes sous-jacentes : Elles sont souvent en communication avec la nappe alluviale. L'aquifère des calcaires de St-Ouen est en communication latérale avec les Alluvions en bordure des coteaux. L'aquifère des Sables de Beauchamp et celui des Marnes et Caillasses forment un aquifère unique dans le secteur étudié : il s'agit d'une nappe semi-captive sous le sommet de la formation de Beauchamp, qui est argileux et semi-perméable. Le mur de la nappe est constitué des Marnes et Caillasses.
Vulnérabilité de la nappe au droit du site	Les nappes sont considérées comme vulnérable au droit du site.
Sensibilité des usages des eaux souterraines en aval hydraulique	D'après les informations fournies par la Délégation Territoriale de la Seine-Saint-Denis de l'Agence Régionale d'Ile-de-France en octobre 2014, aucun captage AEP et périmètres de protection associés n'est identifié au droit de la commune de Neuilly-sur-Marne.
Présence de zones sensibles au droit du site	Les Zones Naturelles Ecologiques Faunistiques et Floristiques (ZNIEFF) à proximité : • Boisements et pelouses de la Maison blanche (n°110020457) : ZNIEFF de type I, d'une superficie totale de 16,55 hectares, est localisée en bordure Nord de la ZAC Maison blanche ; • Plaine inondable de la Haute Ile (n°110020467) : ZNIEFF de type I d'une superficie totale de 166,13 hectares, est localisée en bordure Sud de la ZAC Maison blanche, au niveau de l'avenue Jean Jaurès (route départementale n°934) ; • Coteaux et plateau d'Avron (n°110001754) : ZNIEFF de type I d'une superficie totale de 68,9 hectares, est située à environ 1,5 km au Nord-ouest du centre de la zone d'étude. Au regard des distances et de leurs positions, ces zones protégées ne sont pas considérées comme vulnérables.

4. Présentation du projet / Usage retenu

Dans le cadre des obligations réglementaires du GHU relatives à la cessation d'activité d'une ICPE, l'usage retenu est l'usage industriel.

Dans le cadre des accords entre le GHU et GPA, aménageur de la ZAC, un usage futur résidentiel a été retenu avec la possibilité de travailleurs. A ce stade, le projet d'aménagement au droit des lots 10C2 et 10C3 du Parc de la Maison Blanche pour une superficie d'environ 8 000 m² n'est pas figé. La possibilité de réaliser des bâtiments sur les 3/5ème de l'emprise avec ou sans sous-sol est en étude. Les usages futurs à prendre en compte au droit du site sont les suivants :

- De bâtiments de logements (collectifs) ;
- D'espaces verts avec recouvrement par des terres saines.

Seule une partie au nord-est ne pourra pas être construite, dû à la présence d'un arbre remarquable à conserver.

La figure ci-dessous présente l'emprise possible du futur bâtiment.



Figure 4 : Localisation du possible futur bâtiment sur fond de vue aérienne (Source : Géoportail – Annotations IDDEA)



5. Synthèses des données

5.1. Liste des études à visée environnementale menées sur site

Les différentes études et rapports associés, d'où sont tirés les résultats suivants sont les suivants :

- Diagnostic environnemental : Etude historique et de vulnérabilité – RSK Environnement – Novembre 2014 (rapport n°703592-R1) ;
- Diagnostic environnemental : Investigations de terrain – RSK Environnement - Février 2015 (rapport n°703645-R1) ;
- Diagnostic d'implantation puis de prélèvement de 16 piézomètres réalisés – RSK Environnement - Mars 2015 (rapport n°703645-R2-mars 2015) ;
- Suivis de la qualité des eaux souterraines – RSK Environnement – Campagnes de mars 2015 (rapport n°703645-R2) et d'octobre 2015 (rapport n°703645-R3) ;
- Note de synthèse des résultats des prélèvements d'air intérieur et extérieur – RSK Environnement – Octobre 2015 (rapport n°703645-R4) ;
- Suivis de la qualité des eaux souterraines – RSK Environnement – Campagnes de mars 2016 (rapport n°703918-R1) ;
- Note de synthèse des résultats des sondages MIP – RSK Environnement - Avril 2016 (rapport n°703645-R7) ;
- Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires - RSK environnement, référencé n° 703645-R5 en version 1 en date du 27/11/2015 ;
- Plan de gestion de RSK environnement, référencé n° 703645-R6 en version 1 en date du 04/12/2015 ;
- Etude de faisabilité technique et financière « essais pilote » de RSK environnement, référencé n°703918-R2 en version 0 en date du 22/06/2016 ;
- Plan de gestion au droit de l'ancienne blanchisserie - BURGEAP - Septembre 2016 (rapport n°RESIIF06072-02) ;
- Diagnostic environnemental de la qualité des sédiments de GéauPole, référence n°C.20.OR.254 en version A en date du 30/12/2024 ;
- Dossier des ouvrages exécutés – travaux de dépollution par venting-sparging de Colas environnement, référencé DOE-2018030005-03 en version 1 en date du 26/02/2021 ;
- Rapport diagnostic de pollution des sols de Tesora, référencé n°A21.2168.A en version 1 en date du 22/12/2021 ;
- Rapport du contrôle de la qualité des eaux souterraines de Tesora, référencé n°A23.2508 en version 2 en date du 01/06/2023 ;
- Rapport de suivi de la qualité des eaux souterraines décembre 2022 de RSK environnement, référence n°704737-R1 en version 1 en date du 31/01/2023 ;
- Rapport de diagnostic complémentaire d'IDDEA, référence IDA240090 en version B en date du 30/08/2024 ;
- Rapport de diagnostic complémentaire d'IDDEA, référence n°IDA240090-002 en version B en date du 03/10/2024 ;
- Analyse des risques résiduels d'IDDEA, référence n°IDA240090-003 en version B en date du 08/10/2024 ;
- Rapport de diagnostic complémentaire d'IDDEA, référence n°IDA240467_DIAG en version B en date du 09/04/2025 ;



- Essais de faisabilité de travaux de réhabilitation de SARPI, référence n°U1.25.002.0 en version 3 du 06/03/2026 (seules les données de l'état initial sur les eaux souterraines seront prises en compte dans l'établissement de ce rapport).

5.2. Etude historique et documentaire

Les informations ci-dessous sont extraites du rapport « Etude historique et de vulnérabilité – RSK Environnement – Novembre 2014 (rapport n°703592-R1) ».

D'après les informations recueillies auprès du bureau de l'environnement et des installations classées de la Préfecture et des Archives Départementales de la Seine-Saint-Denis, trois ICPE (anciennes ou actuelles) sont recensées au droit de la ZAC :

- Dossier ICPE n°93 R 25 00084 D : société HURBAIN ;
- Dossier ICPE n°93 R 25 00129 D : SPC Agencement Spécialisé ;
- Dossier ICPE n°93 R 25 00070 D : hôpital Maison blanche.

Notre site d'étude est concerné par le dossier ICPE n°93 R 25 00070 D : hôpital Maison blanche, et principalement les activités liées à la blanchisserie/buanderie : Activités soumises à Déclaration :

- Ancienne rubrique n°91 (actuellement n°2340) : blanchisseries, laveries de linge à l'exclusion du nettoyage à sec visé par la rubrique 2345 (anciennement : buanderie, blanchisserie dont la capacité de lavage de linge exprimé en linge sec est supérieure à 100 kg mais inférieure ou égale à 1 000 kg : 500 kg) ;
- Ancienne rubrique n°251 (actuellement n°1175) : emploi ou stockage de liquides organohalogénés pour la mise en solution, l'extraction, etc., à l'exclusion du nettoyage à sec visé par la rubrique 2345, du nettoyage, dégraissage, décapage de surfaces visés par la rubrique 2564 et des substances.

A noter que le site à l'étude n'est pas référencé dans les bases de données BASIAS, BASOL, SEVESO et ARIA.

Selon les documents consultés en Préfecture, l'hôpital Maison blanche a utilisé dans le cadre de la blanchisserie, un volume de perchloroéthylène estimé à 1 100 l au droit de deux zones de nettoyage à sec :

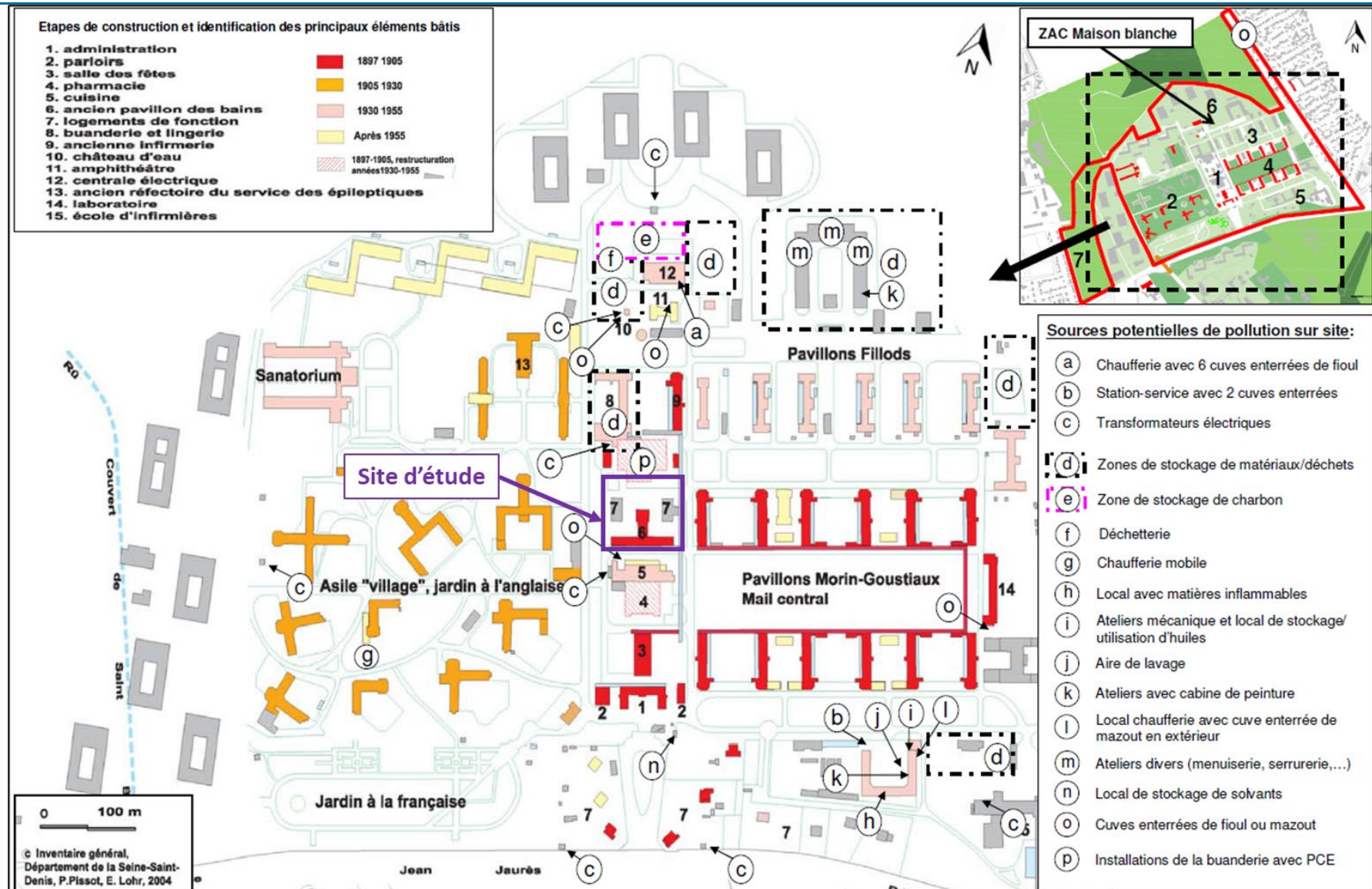
- La première zone est localisée à l'aplomb du sous-sol de la sous-station de chauffage de la blanchisserie ;
- La seconde à quelques mètres à l'Est.

Historiquement, les produits employés dans le nettoyage à sec étaient l'essence, le pétrole et le benzène jusqu'au début du XX^{ème} siècle, puis le tétrachlorure de carbone (ou tétrachlorométhane) jusqu'au dans les années 1920. Ce dernier a ensuite été substitué par le trichloroéthylène (TCE) puis par le tétrachloroéthylène (PCE) après la Seconde Guerre mondiale.

La figure suivante présente une synthèse des sources de pollution identifiées sur la ZAC par RSK.



PLAN DE GESTION - PCT





5.3. Synthèse des investigations réalisées au droit du site et autour du site à l'étude

Etude	Investigations réalisées	Résultats	Interprétation
Investigations de terrain – RSK Environnement - Février 2015 (rapport n°703645-R1) / ZAC Maison Blanche	<u>Sols au droit du site :</u> 4 sondages de sols au carottier à 2 m de profondeur	Des traces (entre 0,1 et 0,77 mg/kg MS) de COHV ont été mesurées au droit des sondages S32 et S34.	Absence d'impact en COHV dans les sols au droit de la blanchisserie
Diagnostic d'implantation puis de prélèvement de 16 piézomètres réalisés en mars 2015 (rapport n°703645-R2) / ZAC Maison Blanche	<u>Eaux souterraines sur l'ensemble de la ZAC :</u> Pose de 16 piézomètres entre 6 et 13,43 m de profondeur (nappe des Calcaires de Saint-Ouen) dont 9 ouvrages (Pz1 à Pz9) avec prélèvements pour le réseau de surveillance piézométrique et environnemental, et 7 ouvrages à des fins géotechniques (Pz10 à Pz16)	Sens d'écoulement de la nappe des Calcaires de Saint-Ouen orienté vers le Sud/Sud-est, soit en direction de la Marne Impact en PCE au droit de Pz5 (440 µg/l) en aval hydraulique de l'ancienne blanchisserie Traces de PCE au droit de Pz9 (aval hydraulique du site), Pz6 (latéral hydraulique du site), Pz2 (amont hydraulique du site) Traces de TCE et cis et trans 1,2-Dichloroéthylène en Pz1 (amont hydraulique du site)	L'impact en PCE dans les eaux souterraines semble provenir de l'exploitation de l'ancienne blanchisserie. L'impact semble être présent principalement en aval hydraulique du site.
Suivi de la qualité des eaux souterraines – RSK Environnement – Campagne d'octobre 2015 (rapport n°703645-R3) / ZAC Maison Blanche	<u>Eaux souterraines sur l'ensemble de la ZAC :</u> Pose de 13 piézomètres entre 9,45 et 12,10 m de profondeur (nappe des Calcaires de Saint-Ouen) et prélèvements associés	Concentration significative en PCE confirmé au droit du piézomètre Pz4 situé à proximité immédiate de l'ancienne blanchisserie ainsi qu'au niveau de Pz22 (amont hydraulique immédiat) Concentrations significatives en PCE en latéral/amont hydraulique de l'ancienne blanchisserie au droit de Pz20, Pz21 et Pz23 Absence d'impact en PCE au droit des piézomètres Pz5, Pz17, Pz18, Pz19, Pz26 et Pz27, situés en aval hydraulique de l'ancienne blanchisserie Léger impact en PCE uniquement au droit du piézomètre Pz14 localisé en aval hydraulique Traces de TCE au droit de Pz1, Pz29, Pz25 Traces de chloroforme au droit de Pz26	L'impact en PCE dans les eaux souterraines au droit de l'ancienne blanchisserie semble s'étendre en amont (Pz22) et en latéral hydraulique de la blanchisserie (Pz20 et Pz21) mais à des concentrations moindres. Le seul produit de dégradation du PCE mesuré dans les eaux souterraines est le TCE. Il est présent au droit de Pz1, Pz25 et Pz29 en latéral hydraulique du site.
Note de synthèse des résultats des prélèvements d'air intérieur et extérieur – RSK Environnement – Octobre 2015 (rapport n°703645-R4) / Ancienne Blanchisserie	<u>Gaz des sols au droit et au nord du site :</u> 4 piézairs (Pza1 à Pza4) à 3,5 m de profondeur et prélèvements associés	Concentrations de 8 545 µg/m³ (au droit de Pza1) et 112 751 µg/m³ (au droit de Pza3). A l'exception du piézair Pza3 où une faible teneur en PCE a été mesurée (23,6 µg/m³), le PCE est l'unique composé détecté parmi les COHV Impact en hydrocarbures au droit du piézair le plus impacté en PCE (Pza3)	L'impact en PCE dans les gaz du sol est présent au droit de la zone de nettoyage à sec. Il y a une diminution des teneurs en s'éloignant de la zone de nettoyage à sec.
Suivi de la qualité des eaux souterraines – RSK Environnement – Campagnes de mars 2016 (rapport n°703918-R1) / ZAC Maison Blanche	<u>Eaux souterraines sur l'ensemble de la ZAC :</u> 26 prélèvements d'eaux souterraines sur des ouvrages déjà existants sur site (nappe des Calcaires de Saint-Ouen)	Impact significatif en PCE confirmé au droit des piézomètres Pz4 et de Pz22 Présence de teneurs en PCE en latéral/amont hydraulique immédiat de l'ancienne blanchisserie, au droit de Pz21 et Pz23, et dans une moindre mesure en aval hydraulique, au droit de Pz18 et Pz24 Traces en TCE uniquement au droit des piézomètres Pz1 (amont hydraulique), Pz25 et Pz29 (latéral/aval hydraulique) Non quantification ou à faible concentrations de COHV au droit des piézomètres Pz2, Pz3, Pz10, Pz7, Pz8, Pz9, Pz12, Pz17, Pz28, Pz5, Pz6, Pz14, Pz19, Pz20, Pz26 et Pz27.	Le panache principal de pollution en PCE semble ainsi s'étendre majoritairement en amont et aval immédiat de l'ancienne blanchisserie
Note de synthèse des résultats des sondages MIP – RSK Environnement - Avril 2016 (rapport n°703645-R7) / Ancienne Blanchisserie	<u>Sols au droit du site et son environnement immédiat (nord et ouest) :</u> 14 sondages MIP à des profondeurs comprises entre 10 et 13,5 m	Signaux forts au droit de MIP 7 et 9 respectivement entre 5 et 12 m et entre 7 et 11 m de profondeur, en aval immédiat de l'ancienne blanchisserie Signaux faibles au droit de MIP3 (8,2- 13 m), MIP5 (4-5,3 et 7,8-9,8 m) et MIP6 (3-5,1 m) et (6,5-10 m)	Présence d'une zone source au niveau du sondage MIP1 entre 2 et 11 m de profondeur, avec une extension principale du panache vers MIP7 et MIP9 soit en aval hydraulique immédiat de la blanchisserie.



Etude	Investigations réalisées	Résultats	Interprétation																							
L'étude de faisabilité technique et financière « essais pilote » - RSK environnement (rapport n°703918-R2) / Ancienne Blanchisserie	<u>Eaux souterraines au droit de l'ancienne blanchisserie :</u> 4 prélèvements d'eaux souterraines (nappe des Calcaires de Saint-Ouen) sur des ouvrages (Pz4, Pz21, Pz22 et Pz23) déjà existants sur site, avant et post test pilote <u>Gaz des sols au droit de l'ancienne blanchisserie :</u> 4 prélèvements des gaz des sols sur des ouvrages (Pza1 à Pza4) déjà existants sur site, avant et post test pilote	<u>Eaux souterraines :</u> Les concentrations en PCE restent dans la même gamme de valeur au droit de Pz4 et Pz21, avec une augmentation au droit de Pz22, une légère diminution au droit de Pz23. <u>Gaz des sols :</u> Avant test pilote, les COHV ont été détectés significativement au droit de Pza1, Pza3 et Pza4 avec des teneurs en somme respectives de 4 364, 45 455 et 2 545 µg/m³. Après test pilote, les COHV en somme au droit de Pza1, Pza3 et Pza4, sont à des concentrations respectives de 3 455, 100 000 et 5 455 µg/m³.	<u>Eaux souterraines :</u> Les résultats confirment les tendances observées du panache de pollution en PCE s'étendant majoritairement en amont et aval immédiat de l'ancienne blanchisserie <u>Gaz des sols :</u> Des concentrations globalement similaires pour les piézairs Pza1 et Pza2 (piézairs les plus éloignés de la zone source) sont observé sur les deux campagnes. Les ouvrages Pza3 et Pza4 (à proximité immédiate de de la zone source), les teneurs observées post test pilote sont nettement supérieures à celles identifiées avant test pilote. Malgré le fait que le rayon d'influence du test pilote n'atteignait pas ces ouvrages, il est possible que la perturbation créée par ces travaux ait remobilisée des vapeurs dans le sol.																							
	Installation d'un réseau de 6 puits pour les tests pilote Ces 6 puits ont été répartis en deux rangées : - La rangée A, formée de 3 puits profonds installés jusqu'à environ 15 m de profondeur : un puits d'extraction (nommé EWA) et deux puits d'observations (nommés OB1A et OB2A), - La rangée B, composée de 3 puits peu profonds, installés jusqu'à environ 5,5 m de profondeur : un puits d'extraction (EWB) et deux puits d'observations (OB1B et OB2B). Test SVE sur EWB / sur OB2B Essai de pompage et test DPE sur EWA Test DPE sur EWA et SVE sur OB2B Mise en place d'une unité pilote et réalisation de tests de faisabilité de techniques de dépollution in situ comprenant des essais l'extraction des gaz du sol sur les puits superficiels (i.e. SVE : Soil Vapor Extraction), de tests d'extraction double phase dans les puits profonds (eaux souterrains et gaz du sol - i.e. DPE : Dual Phase Extraction), ainsi qu'un essai de pompage des eaux dans les puits profonds	<u>Les résultats des essais de faisabilité ont montré :</u> - Des rayons d'influence de la dépression autour des puits d'extraction de 2,7 m dans les couches superficielles non saturées et de 2,4 m dans la zone saturée ; - Un débit d'extraction d'air maximal compris entre 80 et 100 m³/h atteint pour une dépression au puits comprise entre 20 et 40 kPa ; - Un taux d'extraction des COV calculé pour l'ensemble des essais avec des valeurs comprises entre 0,06 et 0,1 g/m³ ; - Une quantité totale de COV (principalement du PCE) extraits pendant les essais pilote SVE de 94 grammes sur une période de 28 heures, soit une moyenne de 3,3 g/h ; - Un rayon d'influence du rabattement de la nappe de l'ordre de 32 mètres autour du puits de pompage des eaux souterraines ; - Un rabattement maximal de 1,48 m observé au puits de pompage EWA pour un débit de pompage moyen de 3,4 m³/h ; - Une perméabilité hydraulique de 2.10⁻⁵m/sec ; - Une quantité maximale de PCE extraits lors du pompage de la nappe de 158 grammes équivalent à une valeur moyenne de 1,8g/h ; - Une masse totale minimum d'environ 50 kg de PCE dans la zone source à dépolluer.	Au vu des résultats des tests pilote, RSK préconise les solutions suivantes pour la dépollution du site : <table><tr><th rowspan="2"></th><th colspan="2">Zone non saturée</th><th colspan="2">Zone saturée</th></tr><tr><th>Option 1</th><th>Option 2</th><th>Option 1</th><th>Option 2</th></tr><tr><td>Technique de dépollution</td><td>Venting ou SVE (Soil Vapour Extraction)</td><td>Excavation, évacuation des sols pollués superficiels et remblaiement. Surface totale (~3600 m³) Hotspots (~1200 m³)</td><td>Rabattement et Extraction double phases ou DPE (Dual Phases Extraction)</td><td>Réduction chimique In situ et Biodégradation</td></tr><tr><td>Estimation des coûts</td><td>140 K€ - 260 K€</td><td>490 K€ - 910 K€ 182 K€ - 338 K€</td><td>315 K€ - 585 K€</td><td>210 K€ - 390 K€</td></tr><tr><td>Estimation de durée de travaux</td><td>9 mois</td><td>3 à 5 mois ¹ 1 à 2 mois ¹</td><td>13 à 17 mois</td><td>12 à 15 mois ²</td></tr></table>		Zone non saturée		Zone saturée		Option 1	Option 2	Option 1	Option 2	Technique de dépollution	Venting ou SVE (Soil Vapour Extraction)	Excavation, évacuation des sols pollués superficiels et remblaiement. Surface totale (~3600 m³) Hotspots (~1200 m³)	Rabattement et Extraction double phases ou DPE (Dual Phases Extraction)	Réduction chimique In situ et Biodégradation	Estimation des coûts	140 K€ - 260 K€	490 K€ - 910 K€ 182 K€ - 338 K€	315 K€ - 585 K€	210 K€ - 390 K€	Estimation de durée de travaux	9 mois	3 à 5 mois ¹ 1 à 2 mois ¹	13 à 17 mois
	Zone non saturée		Zone saturée																							
	Option 1	Option 2	Option 1	Option 2																						
Technique de dépollution	Venting ou SVE (Soil Vapour Extraction)	Excavation, évacuation des sols pollués superficiels et remblaiement. Surface totale (~3600 m³) Hotspots (~1200 m³)	Rabattement et Extraction double phases ou DPE (Dual Phases Extraction)	Réduction chimique In situ et Biodégradation																						
Estimation des coûts	140 K€ - 260 K€	490 K€ - 910 K€ 182 K€ - 338 K€	315 K€ - 585 K€	210 K€ - 390 K€																						
Estimation de durée de travaux	9 mois	3 à 5 mois ¹ 1 à 2 mois ¹	13 à 17 mois	12 à 15 mois ²																						



Etude	Investigations réalisées	Résultats	Interprétation
Plan de gestion au droit de l'ancienne blanchisserie - BURGEAP - Septembre 2016 (rapport n°RESIIF06072-02) / Ancienne Blanchisserie	<u>Sols au droit de l'ancienne blanchisserie :</u> 4 sondages au carottier sous gaine entre 14 et 16 m de profondeur, et prélèvements associés <u>Eaux souterraines au droit de l'ancienne blanchisserie :</u> Mise en place d'un piézomètre (Pz BGP) à 16,45 m de profondeur (nappe des Calcaires de Saint-Ouen) avec 3 prélèvements associés (à 8 / 12 / 16 m de profondeur) 3 prélèvements d'eaux souterraines sur des ouvrages (Pz1, Pz2 et Pz3) hors site	<u>Sols :</u> La présence de PCE au droit des 4 sondages réalisés à faible teneur, avec un maximum au droit du sondage dans la zone saturée, à 6,5 m de profondeur (6,1 mg/kg MS). La plupart des quantifications restent proches de la limite de quantification. La teneur PID maximale de 49 ppm n'est associée qu'à une teneur relative faible de 6,1 mg/kg en PCE (M1(6,5-7)). Les teneurs PID ne sont pas corrélées aux teneurs en PCE. <u>Eaux souterraines :</u> Un impact en PCE est retrouvé au droit de l'ouvrage Pz BGP, les concentrations retrouvées à 8, 12 et 16 m de profondeur sont du même ordre de grandeur (2 200 à 2 300 µg/l). Les ouvrages hors site (Pz1, Pz2 et Pz3) présentent des quantifications en PCE à des concentrations non significatives comprises entre 0,1 et 3,5 µg/L.	<u>Sols :</u> Ces résultats sont non révélateurs d'une source sol concentrée. On constate toutefois des teneurs plus élevées au-dessus du niveau de la nappe et des teneurs en profondeur non linéaires (lorsque les données apparaissent dans les fiches), en effet des teneurs sont nulles au PID puis une quantification est observée plus profonde en zone saturée. <u>Eaux souterraines :</u> Les concentrations à différentes profondeurs n'indiquent pas la présence d'une phase pure dans les eaux souterraines. L'absence de produit de dégradation, la présence de nitrates, nitrites et sulfates suggère la présence de conditions aérobie dans les eaux souterraines au droit de l'ancienne blanchisserie, indiquant un milieu inadéquat pour l'activation des mécanismes de biodégradation du PCE.
Dossier des ouvrages exécutés – travaux de dépollution par venting-sparging de COLAS environnement, référence DOE-2018030005-03 en version 1 en date du 26/02/2021 / Ancienne blanchisserie	La contamination des sols et principalement des eaux souterraines en COHV a été traitée par Venting/Sparging. En complément, des injections gravitaires d'oxydant chimique (solution à base de permanganate de potassium) ont été réalisées S25, S26, S27, Pz30, S11, S14 et Pi1.	COLAS Environnement a réalisé des travaux de dépollution par venting/sparging et oxydation chimique in situ entre août 2018 et août 2020. Les lots 10B-5 et 10C-1 ont pu être réceptionnés et libérés en avance respectivement en mai 2019 et février 2020. Les travaux ont duré jusqu'en novembre 2020 au droit des zones 10C-2 et 10C-3. Les travaux de réhabilitations sur les lots 10C-2 et 10C-3 n'ont pas pu être réceptionnés, notamment à cause d'ouvrages présentant des concentrations supérieures aux objectifs de dépollution, l'ouvrage PzB pour le lot 10C-3 et l'ouvrage PzC pour le lot 10C-2. Les travaux réalisés n'ont concerné que la nappe des Calcaires de Saint-Ouen et ne recouvre qu'une partie des zones de pollution retrouvées dans les études ultérieures. Bien que les injections d'oxydant aient été réalisées par injection gravitaire, les résultats démontrent une certaine efficacité de la technique mise en œuvre.	
Diagnostic environnemental de la qualité des sédiments de GéauPole, référence n°C.20.OR.254 en version A en date du 30/12/2024 / Au droit des canalisations en place (ancien ovoïde) au droit du site	<u>Sédiments dans les canalisations en place (ancien ovoïde) au droit du site :</u> 11 prélèvements d'échantillons de sédiments	Aucun composé volatil n'a été détecté par les mesures in-situ. Des quantifications généralisées en HCT, avec 2 échantillons présentant des teneurs plus élevées. Des traces en BTEX, en HAP et en PCB. Des traces ponctuelles en COHV dont TCE. Des anomalies et quantifications en EMM.	Les concentrations rencontrées ne sont pas révélatrices d'une source de pollution concentrée au droit des réseaux investigués, et ne mettant pas en évidence l'impact en COHV. Ainsi, elles ne sont pas retenues comme source de pollution primaire pour l'ovoïde
Diagnostic de pollution des sols - Tesora – Décembre 2021 – (rapport n°A21.2168.A) / Au droit du site	<u>Sols au droit du site :</u> 10 sondages MIP jusqu'à 8,4 à 11 m de profondeur 6 sondages géoprobe (G1 à G6) jusqu'à 8 à 9,6 m de profondeur Investigations présentées en Figure 6	La présence de fortes anomalies au droit du sondage MIP4 (6,4 – 7) en début de zone saturée MIP6 présentait également des anomalies 2 fois moins importantes que MIP4. MIP9 et MIP8 présentent également des anomalies, mais moins conséquentes. Les autres sondages ne mettaient pas en évidence la présence de composés halogénés, ou dans de très faibles quantifications. Les analyses mettent en évidence des teneurs relativement faibles en PCE dans les sols, avec des teneurs comprises entre 0,07 et 3,1 mg/kg MS et un maximum au droit de G6 (9,3-9,6). Des mesures PID ont mis en évidence des teneurs significatives en surface des sondages G1 et G2 (70 à 250 ppm) jusqu'à maximum 0,4 m. Ces relevés ne sont pas corrélés aux données analytiques avec des teneurs inférieures ou de l'ordre de grandeur de la limite de quantification.	Les anomalies rencontrées en COHV sont observées dans les sols en zone saturée, en faibles concentrations et de façon diffuse. Aucune source concentrée en COHV n'a été mise en évidence. Ces résultats ne mettent pas en évidence la présence d'une source concentrée dans les sols.



Etude	Investigations réalisées	Résultats	Interprétation
Rapport de suivi de la qualité des eaux souterraines - RSK environnement - Décembre 2022 (rapport °704737-R1) / Au droit du site	<u>Eaux souterraines au droit du site :</u> 5 prélèvements d'eaux souterraines (nappe des Calcaires de Saint-Ouen) dans des ouvrages (EWA, PzA, PzB, PzC et PzE) déjà existants	Un impact significatif en PCE sur les ouvrages prélevés avec des teneurs comprises entre 505 et 3 130 µg/l.	Les résultats mettent en évidence une augmentation par rapport aux dernières campagnes de suivi réalisées à la suite des travaux de dépollution en novembre 2020. Cette augmentation peut être due à la présence d'une source secondaire potentielle, alimentant la nappe.
Rapport du contrôle de la qualité des eaux souterraines – Tesora – Juin 2023 – (rapport n°A23.2508) / Au droit du site	<u>Eaux souterraines au droit du site :</u> 4 prélèvements d'eaux souterraines (nappe des Calcaires de Saint-Ouen) dans des ouvrages (PzA, PzB, PzC et PzE) déjà existants	Une diminution des concentrations en PCE sur les ouvrages prélevés par rapport la campagne de décembre de 2022 avec des teneurs comprises entre 160 et 2500 µg/l.	Les concentrations en PCE mesurées au cours de la présente campagne sont inférieures à celles obtenues pour la campagne de décembre 2022, elles restent globalement du même ordre de grandeur, à l'exception de l'ouvrage PzC. L'hypothèse d'une source secondaire alimentant la nappe reste envisageable.
Rapport de diagnostic complémentaire – IDDEA – Aout 2024 (rapport n°IDA240090) / Au droit du site	<u>Sols au droit du site :</u> 8 sondages entre 1,5 et 3,5 m de profondeur à l'aide d'un carottier sous gaine, au droit des futurs piézairs avec des prélèvements de sol face aux crépines. <u>Eaux souterraines au droit du site et environnement immédiat :</u> 8 prélèvements d'eaux souterraines (nappe des Calcaires de Saint-Ouen) dans des ouvrages déjà en place <u>Gaz des sols au droit du site (au droit du futur bâtiment) :</u> Mise en place de 8 piézairs à 1,5 m de profondeur et prélèvements associés	<u>Sols :</u> Aucune quantification en COHV. <u>Eaux souterraines :</u> Des quantifications et impacts en PCE principalement sur les ouvrages au droit du site d'étude, avec une diminution des concentrations par rapports aux campagnes antérieures. Les ouvrages les plus impactés sont EWA (1 100 µg/l), PZA (1 200 µg/l), PZB (490 µg/l) et PZC (610 µg/l). Des quantifications en hydrocarbures aliphatiques C ₈ -C ₁₀ , en corrélation proportionnellement avec les teneurs en PCE. <u>Gaz des sols :</u> Des quantifications en PCE sur l'ensemble des ouvrages avec un impact au droit de Pza2 (ouvrages à proximité de EWA, PzB et PzA). Traces et quantifications en hydrocarbures aromatiques et en BTEX à des concentrations non significatives. Des quantifications en hydrocarbures aliphatiques uniquement au droit de Pza2.	A l'image des campagnes d'investigations des sols antérieures, aucune source sol concentrée n'a été mise en évidence. Les concentrations dans les eaux souterraines sont en légère augmentation, avec une zone concentrée en partie centrale du site. La campagne de gaz des sols met en évidence une problématique liée à la présence de PCE sur l'ensemble du site.
Rapport de diagnostic complémentaire – IDDEA – Octobre 2024 (rapport n°IDA240090-002) / Au droit du site	<u>Sols au droit du site :</u> 21 sondages entre 1,5 et 3,5 m de profondeur à l'aide d'un carottier sous gaine, au droit des futurs piézairs avec des prélèvements de sol face aux crépines. <u>Eaux souterraines au droit du site et environnement immédiat :</u> 8 prélèvements d'eaux souterraines (nappe des Calcaires de Saint-Ouen) dans des ouvrages déjà en place <u>Gaz des sols au droit du site :</u> Mise en place de 21 piézairs soit à 1,5 m de profondeur soit à 3,5 m de profondeur, 29 prélèvements de gaz des sols dont 8 dans des ouvrages déjà existants	<u>Sols :</u> Le PCE est quantifié uniquement à une faible teneur au droit de l'échantillon Pz10 (1-1,5). <u>Eaux souterraines :</u> Quantifications et impacts en PCE principalement sur les ouvrages au droit du site d'étude, avec une augmentation des concentrations par rapport à la campagne précédente. Quantifications en hydrocarbures aliphatiques C ₈ -C ₁₀ , notamment au droit des ouvrages EWA, PZA, et PZC. <u>Gaz des sols :</u> Quantifications et impacts en PCE sur l'ensemble des ouvrages (à l'exception de ouvrages profonds Pza6, Pza12b et Pz19b), les ouvrages Pza1, Pza2, Pza4, Pza9, Pza10, Pza13, Pz16 et Pza21a présentent des impacts, les concentrations sont globalement plus élevées lors de cette campagne estivale. Quantifications non significatives en hydrocarbures aromatiques et aliphatiques sur 21 des 29 ouvrages, et en BTEX sur l'ensemble des ouvrages. Quantifications ponctuelles sur les autres COHV à des concentrations non significatives.	A l'image des campagnes d'investigations des sols antérieures, aucune source sol concentrée n'a été mise en évidence. Les concentrations dans les eaux souterraines restent globalement du même ordre de grandeur malgré une augmentation des concentrations. Les impacts sur les gaz des sols ne sont pas corrélés avec la profondeur des ouvrages. Les impacts sont principalement retrouvés en partie nord du site et sud-ouest, avec les doublets Pza1/Pza9, Pza2/Pza10 et Pza4/Pza13.



Etude	Investigations réalisées	Résultats	Interprétation
Rapport de diagnostic complémentaire – IDDEA – Mars 2025 (rapport n°IDA240467_DIAG) / Au droit du site	<u>Sols au droit du site :</u> 9 sondages de sols à la MIP couplée à la haute pression, entre 12 et 19 m de profondeur (jusqu'à refus) Implantation selon les résultats de la synthèse documentaire <u>Eaux souterraines au droit du site et environnement immédiat :</u> Pose de 6 piézomètres entre 15 m (3 ouvrages - nappe des Calcaires de Saint-Ouen) et 20 m (3 ouvrages - nappe des Sables de Beauchamp) de profondeur et prélèvements associés Prélèvements d'eau dans 13 piézomètres dont 7 déjà existants avec des prélèvements en haut et fond Relevé de niveau d'eau sur les ouvrages disponibles sur site et hors site pour établissement de la carte piézométrique <u>Gaz des sols au droit du site :</u> Prélèvements de gaz des sols dans 29 piézairs déjà existants L'ensemble des investigations réalisées par IDDEA a présenté dans les Figure 7 et Figure 8	<u>Sols :</u> Une diminution de perméabilité entre 2 et 6 m, également sous le niveau de la nappe (6 m/sol) soit entre 8 et 12 m de profondeur, à partir de 16 m la baisse de perméabilité observée couplée à une hausse de la conductivité semble indiquer un changement de lithologie (passage dans les sables marno-argileux de Beauchamp). Sur l'axe Mip_IDDEA01 – 04 – 07 : les COHV semblent migrer en profondeur en allant vers le sud Sur l'axe Mip_IDDEA02 – 05 – 08 : les COHV semblent présent à partir de 12 m et jusqu'à la base du sondage Mip_IDDEA08 Sur l'axe Mip_IDDEA03 – 06 – 09 : les COHV sont présent entre 0 et 1 m (Mip_IDDEA09) puis semblent migrer vers le nord, où potentiellement retrouvés en surface entre 1 et 2 m et dans la nappe entre 7 et 8 m au droit Mip_IDDEA06. Pour le sondage Mip_IDDEA03 en partie nord le panache semble s'étaler en profondeur retrouvé entre 10 et 19 m. <u>Eaux souterraines :</u> Le tétrachloroéthylène est quantifié sur tous les ouvrages à l'exception PZ25 et PZ_IDA2 avec 11 dépassements (sur 13) du seuil de réhabilitation fixé à 300 µg/l (dans le plan de gestion de RSK en 2016) au droit de EWA, PZA (surface et fond), PZB (surface et fond), PZC (surface et fond), PZ_IDA4 et PZ_IDA6 (surface et fond) et 5 dépassements du seuil sanitaire fixé à 600 µg/l (dans le plan de gestion de RSK en 2016) au droit de EWA (fond), PZA (surface et fond), PZC (surface) et PZ_IDA4. Seul l'ouvrage PZ_IDA4 au centre du site captant la nappe Sables de Beauchamp présente un impact en COHV, les deux ouvrages (PZ_IDA2 et IDA5) captant la nappe Sables de Beauchamp ne sont pas impactés. Des quantifications sur les hydrocarbures aliphatiques sur 7 ouvrages et 13 prélèvements, les fractions C₈-C₁₀ sont majoritairement quantifiées. Lors de cette campagne, les sommes des hydrocarbures présentent 10 dépassements, sur 6 ouvrages distincts, du référentiel des eaux de consommation de l'arrêté du 30 décembre 2022 au droit des ouvrages EWA (fond et surface), PZA (fond et surface), PZC (fond), PZ_IDA4 et PZ_IDA6 (fond et surface). <u>Gaz des sols :</u> Quantifications non significatives et ponctuelles en hydrocarbures et en Benzène. Quantifications ponctuelles, en Trichloroéthylène et en Trichlorométhane, à des concentrations non significatives. Quantifications en tétrachloroéthylène sur l'ensemble des ouvrages (à l'exception de Pza18a), des impacts au droit des ouvrages Pza2, Pza9 et Pza12a pour cette campagne.	Des concentrations en tétrachloroéthylène inférieures aux campagnes antérieures dans les eaux souterraines, supérieures au seuil de réhabilitation défini dans le plan de gestion établi par RSK au droit de 4 ouvrages. Pour les nouveaux ouvrages, seul l'ouvrage profond PZ_IDA4 captant la nappe des Sables de Beauchamp présente un dépassement du seuil de réhabilitation, cet ouvrage est situé au centre du site à proximité des impacts connus. Les résultats des eaux souterraines entre prélèvements de fond et de surface sur les ouvrages concernés ne présentent pas une nette différence, avec des concentrations restant dans la même gamme de valeurs. Cependant, le doublet PZ_IDA1 (15 m) et PZ_IDA2 (20 m) captant des nappes différentes indique l'absence de quantification en tétrachloroéthylène sur l'ouvrage profond PZ_IDA2 (20 m) et la présence sur l'ouvrage court PZ_IDA1. Ainsi le transfert vers la nappe sous-jacente semble limité dans l'espace. Au regard des résultats des gaz des sols en fonction des profondeurs, aucune tendance ne se dégage réellement : les impacts sont aussi bien retrouvés à 1,5 et 3,5 m de profondeur, la contribution de la nappe n'est pas clairement mise en évidence.

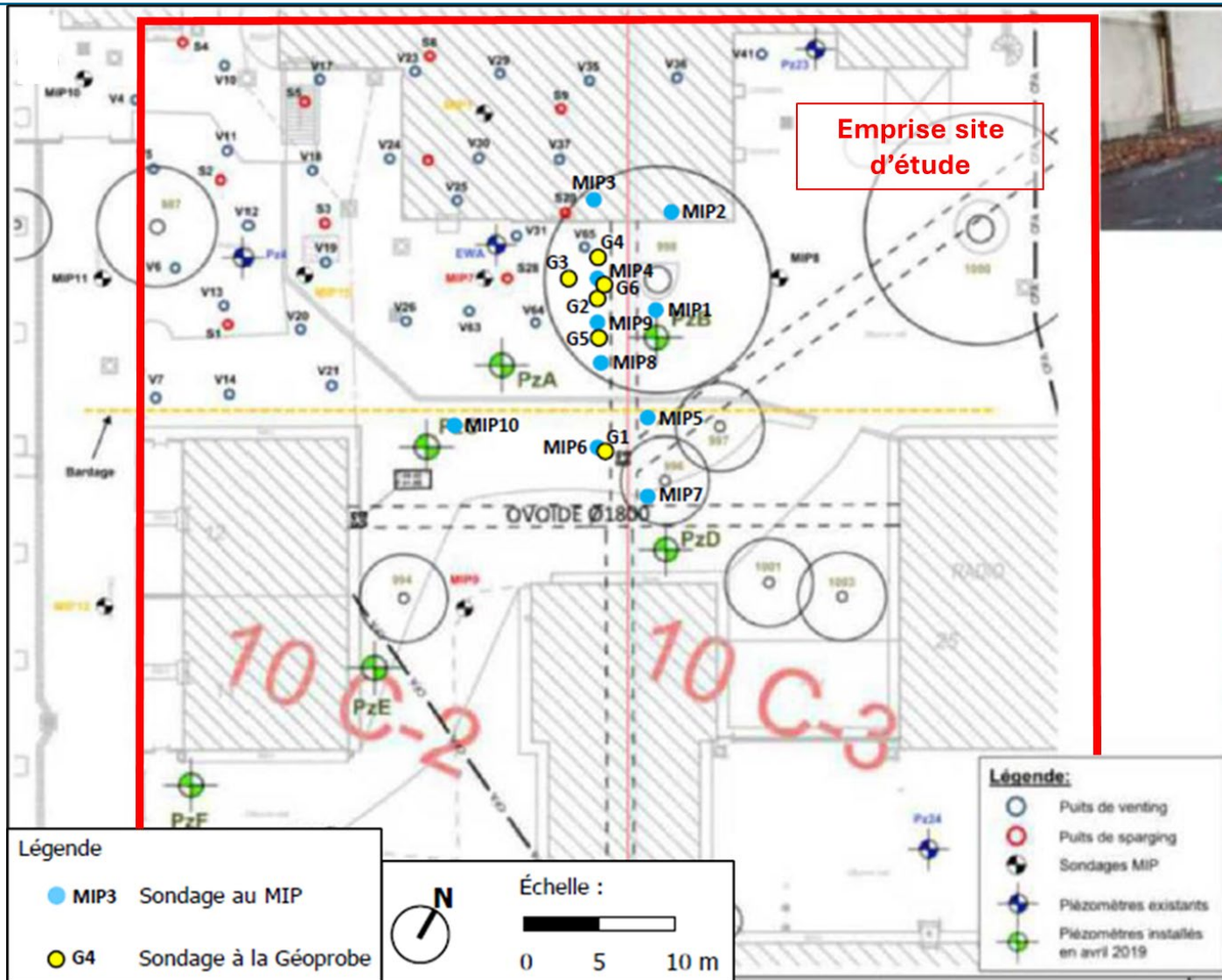


Figure 6 : Plan de synthèse des investigations avant les interventions d'IDDEA (Source : Rapport n° A21.2168.A de Tesora – Annotations IDDEA)



Figure 7 : Plan de localisation des ouvrages piézairs et des sondages MIP réalisés par IDDEA sur fond de vue aérienne (Source : Géoportail – Annotations IDDEA)



Figure 8 : Plan de localisation de l'ensemble des piézomètres actuels sur fond de vue aérienne (Source : Géoportail – Annotations IDDEA)



5.4. Schéma conceptuel initial

5.4.1. IDENTIFICATION DES SOURCES DE POLLUTION

Les zones de pollution mises en évidence au droit du site lors des investigations réalisées sur les sols/eaux/gaz sont :

- Dans les sols :
 - ▶ Des concentrations faibles en COHV (PCE) ;
 - ▶ Quelques anomalies en EMM.
- Dans les gaz des sols :
 - ▶ Des quantifications en BTEX, hydrocarbures aromatiques et aliphatiques lors de la campagne estivale peu ou pas retrouvées lors de la campagne hivernale ;
 - ▶ Des quantifications en COHV principalement en PCE avec des dépassements du seuil R1 pour l'air ambiant, après estimation par facteur de dilution, au droit des ouvrages à travers les différentes campagnes Pza1, Pza2, Pza4, Pza9, Pza10, Pza11a, Pza13, Pza16 et Pza21a, corrélées aux activités passées de la blanchisserie. Ces impacts sont localisés en partie nord du site et sud-ouest, avec les doublets Pza1/Pza9, Pza2/Pza10 et Pza4/Pza13, à proximité des piézomètres EWA, PZA et PZB impactés. Il est à noter que les concentrations sont nettement inférieures lors de la campagne hivernale, en accord avec les conditions météorologiques.
- Dans les eaux souterraines :
 - ▶ Des quantifications en COHV dont des impacts généralisés en PCE au droit de l'emprise du site d'étude (Lots 10C2 et 10C3) avec l'absence d'impact en extérieur avec :
 - ... Une zone centrale impactée sur les deux aquifères (Calcaires de Saint-Ouen et Sables de Beauchamp) autour des ouvrages PZA, PZ_IDA4, Sto1 et Beau3 ;
 - ... Une zone de pollution diffuse partant du centre vers le sud-ouest en accord avec le sens d'écoulement uniquement sur la nappe des Calcaires de Saint-Ouen.
 - ▶ Des quantifications en hydrocarbures principalement pour les fractions aliphatiques C₈-C₁₀ avec dépassements ponctuels des seuils de référence, principalement sur la nappe des Calcaires de Saint-Ouen.

Dans les eaux souterraines les impacts sont principalement liés au tétrachloroéthylène, avec une corrélation dans les gaz des sols, présentant également des teneurs inférieures lors de la campagne hivernale (cohérent avec une campagne hivernale, peu favorable aux dégazages).

Les teneurs observées hors site sont de l'ordre du résiduel, aucune pollution concentrée n'est constatée en dehors du site d'étude et de ses abords immédiats.



5.4.2. LES VECTEURS DE TRANSFERT

Les vecteurs de migration potentiels des substances polluantes mises en évidence dans les milieux investigués sont les suivants :

- L'air ambiant via les gaz des sols ;
- La nappe superficielle (nappe des Calcaires de Saint-Ouen) et nappe sous-jacente (nappe des Sables de Beauchamp) en lien hydraulique.

5.4.3. LES CIBLES

Le schéma conceptuel ci-après a été élaboré pour les usages décrits au paragraphe 4. Ainsi, les cibles prises en compte sont :

- Pour l'usage industriel :
 - ▶ Les travailleurs (adultes) ;
- Pour l'usage de logements :
 - ▶ Les futurs résidents (adultes ou enfants) ;
 - ▶ Les visiteurs (adultes et enfants) ;
 - ▶ De possibles travailleurs (adultes).

Au vu du contexte hydrogéologique et des données disponibles, l'exposition des cibles sensibles recensées situées en aval hydraulique du site à des composés provenant du site n'est pas vraisemblable car aucun impact significatif n'a été identifié hors emprise du site et ses abords immédiats.



5.4.4. SCHEMA CONCEPTUEL

Les aménagements suivants ont été pris en compte pour l'élaboration du schéma conceptuel :

- Pour l'usage industriel :
 - ▶ Un bâtiment de plain-pied ;
 - ▶ Des espaces verts et parkings extérieurs ;
- Pour l'usage de logement :
 - ▶ Bâtiment à usage de logements de plain-pied ou potentiellement sur un niveau de sous-sol à usage de parking souterrain ;
 - ▶ Espaces verts et jardins privatifs avec recouvrement par des terres saines ;
 - ▶ Voiries/espaces bitumés ou bétonnés.

La mise en place de potagers et d'arbres fruitiers n'est pas retenue dans le cadre des futurs aménagements.

Les tableaux ci-après listent les voies d'exposition possibles identifiées d'après les informations intégrées dans le présent rapport.

Les Figure 9 et Figure 10 présentent les schémas conceptuels qui peuvent être élaborés à partir des informations disponibles à ce jour.



Tableau 2 : Voies d'exposition potentielles – Usage industriel

Source	Vecteur	Cible	Voie d'exposition	Commentaire
Sol Anomalies en EMM et quantifications en COHV Dans les eaux souterraines Des quantifications en COHV dont des impacts généralisés en PCE et des quantifications en HC aliph, dans les 2 premières nappes (Saint-Ouen et Beauchamp)	Air du sol puis air ambiant	Les travailleurs	Inhalation de vapeurs	Retenue
	Sol Porté main-bouche		Ingestion de sol	Non retenu
	Vent		Inhalation de poussières de sol	Retenue au droit des espaces verts
	Gaz des sols	Les travailleurs Populations travaillant ou logeant en aval hydraulique du site	Perméation à travers les canalisations	Retenue au regard des concentrations mises en évidence dans les gaz des sols
	Eaux météoriques lixiviant les sols vers la nappe superficielle		Ingestion d'eau	Non retenue
			Ingestion de végétaux arrosés avec l'eau de la nappe superficielle	
			Inhalation de vapeurs	Retenue au regard des concentrations mises en évidence dans les eaux souterraines et les gaz des sols Les teneurs hors emprise décroissent rapidement et sont résiduelles

Remarque : la circulaire du 31 octobre 2014² préconise de ne pas transposer de VTR voies orale ou respiratoire à la voie cutanée. Aucune quantification des niveaux de risque sanitaire ne pouvant être établie à ce jour, cette voie d'exposition n'est donc pas évoquée ci-dessus.

² Circulaire n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations de risque sanitaire dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

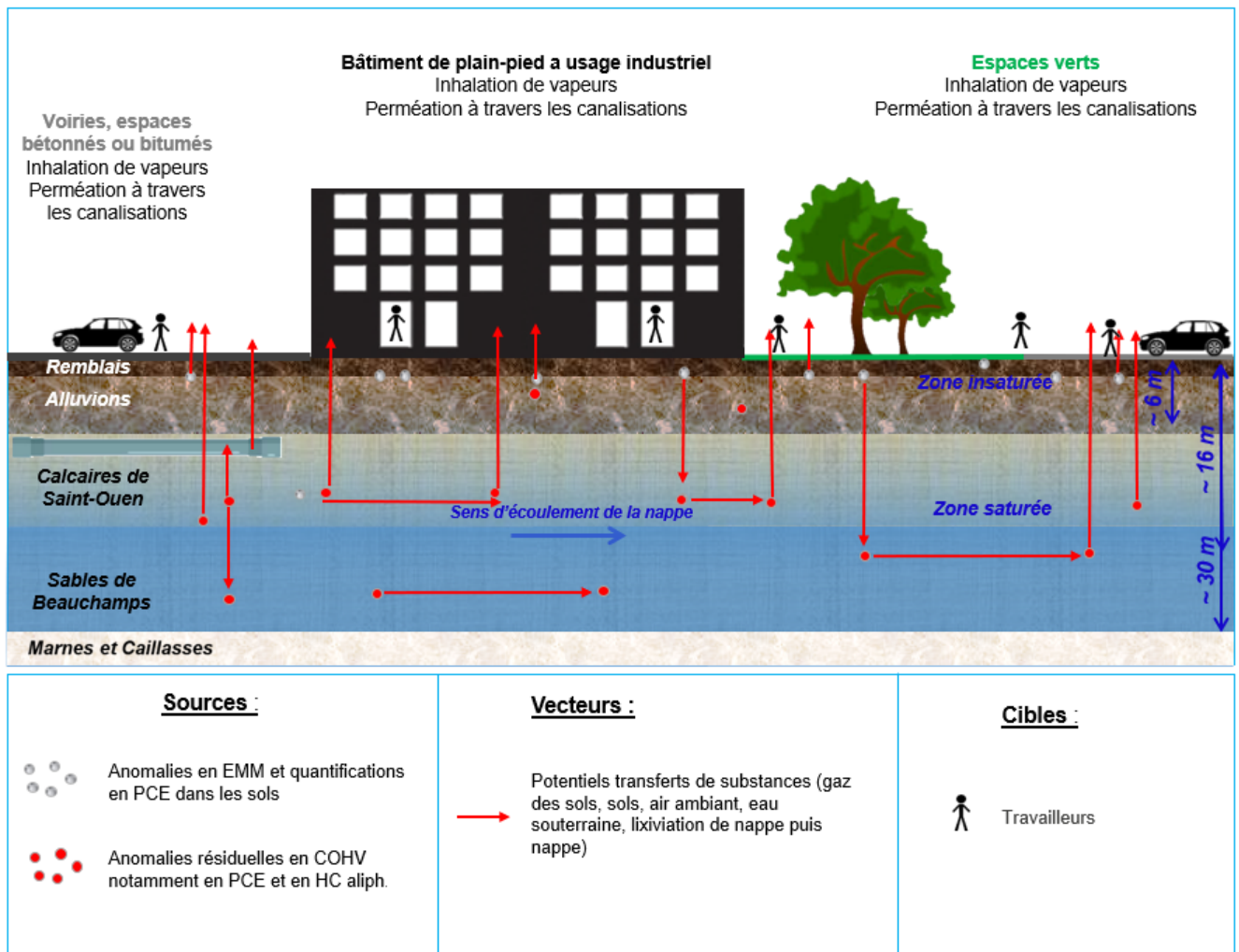


Figure 9 : Schéma conceptuel – Usage industriel



Tableau 3 : Voies d'exposition potentielles – Usage de logements avec travailleurs

Source	Vecteur	Cible	Voie d'exposition	Commentaire
Sol Anomalies en EMM et quantifications en COHV Dans les eaux souterraines Des quantifications en COHV dont des impacts généralisés en PCE et des quantifications en HC aliph, dans les 2 premières nappes (Saint-Ouen et Beauchamp)	Air du sol puis air ambiant	Les futurs résidents (adultes et enfants), les travailleurs et les usagers	Inhalation de vapeurs	Retenue
	Sol Porté main-bouche		Ingestion de sol	Non retenues car recouvrement par des terres saines prévu dans le cadre du projet
	Vent		Inhalation de poussières de sol	
	Gaz des sols	Les futurs résidents (adultes et enfants), les travailleurs et les usagers Les futurs résidents (adultes et enfants), les travailleurs et les usagers Populations travaillant ou logeant en aval hydraulique du site	Perméation à travers les canalisations	Retenue au regard des concentrations mises en évidence dans les gaz des sols
	Eaux météoriques lixiviant les sols vers la nappe superficielle		Ingestion d'eau	Non retenue, car non prévu dans le cadre du projet
			Ingestion de végétaux arrosés avec l'eau de la nappe superficielle	
			Inhalation de vapeurs	Retenue au regard des concentrations mises en évidence dans les eaux souterraines et les gaz des sols Les teneurs hors emprise décroissent rapidement et sont résiduelles

Remarque : la circulaire du 31 octobre 2014³ préconise de ne pas transposer de VTR voies orale ou respiratoire à la voie cutanée. Aucune quantification des niveaux de risque sanitaire ne pouvant être établie à ce jour, cette voie d'exposition n'est donc pas évoquée ci-dessus.

³ Circulaire n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations de risque sanitaire dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

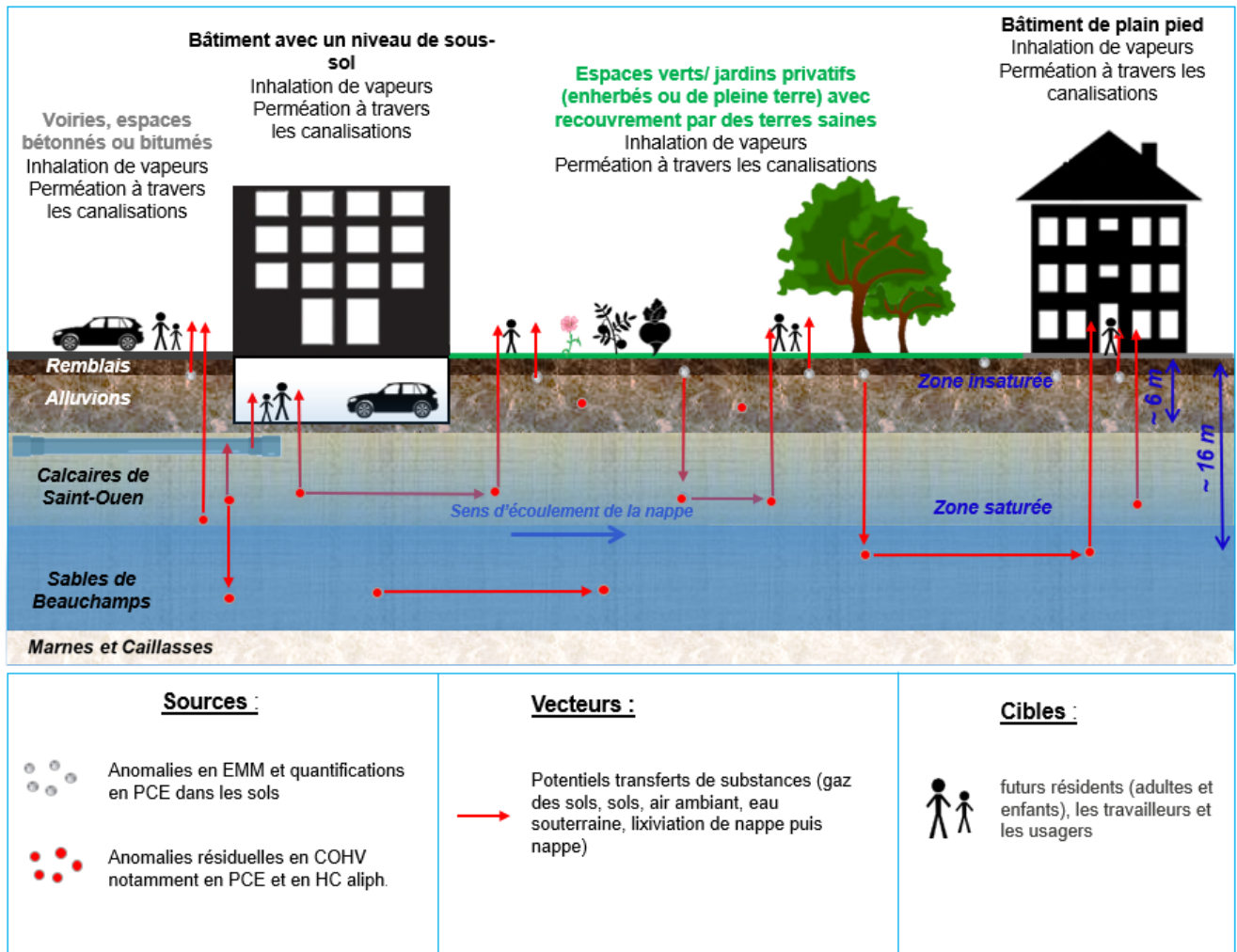


Figure 10 : Schéma conceptuel – Usage de logements avec travailleurs



6. Cadrage de l'étude – Plan de gestion

6.1. Principes généraux

Conformément aux préconisations émises par le Ministère en charge de l'Environnement au travers des annexes 2 et 3 de la note ministérielle « Sites et sols pollués - Modalité de gestion et de réaménagement des sites pollués » du 19 avril 2007, notre démarche de gestion vise à faire ressortir la pertinence des scénarios de gestion des sols pollués dans le cadre des usages futurs.

Le Plan de gestion a pour but :

- De gérer les sources de pollution vis-à-vis des autres milieux (maîtrise de la source) ;
- De rendre compatible la zone d'étude avec les usages prévus dans le cadre du projet d'aménagement.

Cette étude s'attachera à préciser la/les solutions de traitement des sources de pollution, à partir d'une démarche argumentée, permettant de garantir une maîtrise de celles-ci. Les éventuelles mesures compensatoires associées (surveillance, servitudes, ...) sont également développées dans cette étude.

Conformément à la politique de gestion des sites potentiellement pollués (Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués », d'avril 2017), le plan de gestion est élaboré selon les deux principes suivants :

- L'examen et la gestion du risque, plus que l'attachement au niveau de pollution intrinsèque ;
- La gestion du site en fonction de l'usage qui lui est réservé.

Suivant la méthodologie nationale des Sites et Sols Pollués, les solutions de gestion à identifier doivent étudier :

- En premier lieu, la gestion de la source de pollution, atteint généralement par le traitement de la pollution concentrée présente sur le site ;
- En second lieu, a minima, la maîtrise des impacts sur site (compatibilité sanitaire avec l'usage futur) et sur l'environnement (maîtrise des vecteurs de transfert).

L'identification des différentes options de gestion possibles établies par IDDEA respecte le cadrage suivant :

- Recherche et traitement des sources de pollution afin d'en assurer la maîtrise ainsi que celle de leurs impacts sanitaire et environnemental ;
- Gestion du site en prenant en compte le bilan environnemental global ;
- Justification des choix techniques retenus selon des critères explicites, argumentés et transparents.



Notre démarche de gestion au droit du site de l'ancienne blanchisserie localisé sur la commune de Neuilly-sur-Marne (93) s'articule donc autour des points suivants :

1. L'application de mesures de gestion adaptées aux propriétés physico-chimiques des polluants, des conditions géologiques et hydrogéologiques particulières du site ;
2. La hiérarchisation des options techniques de gestion sur la base d'un bilan coûts/avantages au regard de l'usage projeté, du bilan environnemental global des aspects économiques.

L'ensemble des éléments collectés lors des études antérieures sera repris dans la détermination et l'évaluation des options techniques de réhabilitation de la zone d'étude.

Le processus du plan de gestion est un processus itératif et progressif qui est susceptible d'évoluer au fil de l'acquisition de données.



6.2. Sources d'informations et référentiels méthodologiques

Les éléments suivants ont servi à l'élaboration de cette étude :

- Rapports cités au paragraphe 5.1 ;
- Note ministérielle « Sites et sols pollués - Modalité de gestion et de réaménagement des sites pollués » du 8 février 2007 et sa mise à jour du 19 avril 2017 et ses annexes 2 et 3 (« Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués. Comment identifier un site (potentiellement) pollué. Comment gérer un problème de site pollué » et « Les outils en appui aux démarches de gestion. Les documents utiles pour la gestion des sites pollués ») ;
- Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, définie par le ministère en charge de l'Environnement, d'avril 2017 ;
- Guide de l'ADEME sur l'élaboration des bilans coûts-avantages adaptés aux contextes de gestion des sites et sols pollués, de mars 2017 ;
- Rapport BRGM « Quelles techniques pour quels traitements – Analyses coûts bénéfiques » en date de Juin 2010 ;
- Guide UPDS « Travaux du GT Pollution Concentrée » de décembre 2014 ;
- Rapport ADEME Expertises Guide technique projet ESTRAPOL, 2019, Essais de faisabilité de traitement de sols pollués ;
- Norme NF EN ISO 24212 Octobre 2024 « Technique de dépollution appliquée aux site pollués ».

6.3. Contraintes et hypothèses prises en compte dans le cadre de cette étude

6.3.1. HYPOTHESES

L'ensemble des solutions est dimensionné à partir des données disponibles et des contraintes particulières du site connues au moment de l'élaboration de l'étude.

La qualité globale des terrains est extrapolée à partir des données ponctuelles recueillies au droit des sondages réalisés. Toutefois, la présence d'une anomalie d'extension limitée et non identifiée lors des différentes campagnes réalisées ne peut être exclue sur l'emprise du site.

Le Plan de Gestion prend en compte le traitement des zones de pollution concentrées afin de les maîtriser (gestion du risque de mobilité des composés en présence) et d'obtenir une amélioration de l'état des milieux.

L'aspect lié aux éventuelles contraintes géotechniques n'est pas pris en compte dans cette étude.

Les problématiques liées à l'éventuelle présence d'amiante dans les sols ne sont pas prises en compte dans la présente étude.

On notera ici que l'ensemble des coûts indiqués dans ce rapport sont présentés hors niveaux de sous-traitance, entreprise générale et augmentations liées à l'évolution de la TGAP.



6.3.2. CONTRAINTES

En première approche, IDDEA a identifié un certain nombre d'aspects/contraintes à prendre en compte en phase travaux :

- La présence d'un réseau de galerie au droit du site ;
- La conservation d'un arbre remarquable en partie nord-est du site ;
- Une topographie du site inégale liée à la démolition des anciens bâtiments ;
- La présence de plantes invasives, notamment la renouée du Japon, pour lesquelles des prescriptions en phase chantier pourront être émises ;
- L'emprise étudiée est bordée au nord par des habitations occupées, ayant vue sur le chantier et sensibles aux nuisances sonores.

7. Définition des objectifs de réhabilitation – Plan de gestion

7.1. Typologies de pollutions en présence

Il est observé sur le site étudié :

- Dans les sols :
 - ▶ Des concentrations jugées faibles en COHV (PCE) ;
 - ▶ Quelques anomalies en EMM.
- Dans les gaz des sols :
 - ▶ Des quantifications en BTEX, hydrocarbures aromatiques et aliphatiques lors de la campagne estivale peu ou pas retrouvées lors de la campagne hivernale ;
 - ▶ Des quantifications en COHV principalement en PCE avec des dépassements du seuil R1 pour l'air ambiant, après estimation par facteur de dilution, au droit des ouvrages suivants à travers les différentes campagnes ; Pza1, Pza2, Pza4, Pza9, Pza10, Pza11a, Pza13, Pza16 et Pza21a, corrélées aux activités passées de la blanchisserie. Ces impacts sont localisés en partie nord du site et sud-ouest, avec les doublets Pza1/Pza9, Pza2/Pza10 et Pza4/Pza13, à proximité des piézomètres EWA, PZA et PZB impactés. Il est à noter que les concentrations sont nettement inférieures lors de la campagne hivernale, en accord avec les conditions météorologiques.
- Dans les eaux souterraines :
 - ▶ Des quantifications en COHV dont des impacts généralisés en PCE au droit de l'emprise du site d'étude (Lots 10C2 et 10C3) avec l'absence d'impact significatif en extérieur avec une zone centrale autour de l'ouvrage PZ_IDA4 / Sto1 / PZA plus impactée ;
 - ▶ Des quantifications en hydrocarbures principalement pour les fractions aliphatiques C₈-C₁₀ avec dépassements ponctuels des seuils de référence.



Aussi, on considérera :

- L'absence de pollution dans les sols. La source sol n'a jamais été localisée malgré la multitude d'études réalisées et que les teneurs mises en évidence dans les sols ne sont pas en adéquation avec les concentrations relevées dans les eaux souterraines et les gaz des sols, ainsi le milieu sol n'est pas retenu dans le cadre de la présente étude ;
- Des teneurs diffuses en TCE dans les gaz des sols, notamment en partie nord et sud-ouest du site sans qu'une source sol soit mise en évidence ;
- Des pollutions concentrées en TCE dans les eaux souterraines en partie centrale. Pour cette typologie de pollution, les objectifs de réhabilitation définis in-fine sont ensuite basés sur :
 - ▶ Une analyse du potentiel de mobilité des composés en présence (risque de transfert vers les eaux souterraines), (cf. paragraphe 7.3) ;
 - ▶ Une analyse des enjeux sanitaires (cf. paragraphe 11).

7.2. Définition des pollutions concentrées

Une pollution concentrée correspond à un volume fini de milieu souterrain au sein duquel les concentrations en une ou plusieurs substances sont significativement supérieures aux concentrations de ces mêmes substances à proximité immédiate de ce volume même en l'absence d'émission dans l'environnement.

Cette étape consiste donc à distinguer la pollution considérée comme concentrée sur laquelle les enjeux de gestion seront orientés.

Dans le cadre de notre étude, au vu des teneurs dans les sols, seul le milieu eau souterraine permet de définir des pollutions concentrées. La présence d'une source de pollution concentrée dans les sols n'a jamais été observée. Pour les gaz des sols, sans qu'avec les données actuelles la corrélation puisse être établie, l'apport de la nappe dans la dégradation des gaz des sols est retenu, ainsi la pollution de la nappe constitue la pollution concentrée qui ensuite impacte les gaz des sols. A noter toutefois que les teneurs dans les eaux souterraines ne sont pas en corrélation avec les teneurs dans les gaz des sols.

7.2.1. METHODOLOGIE

Les seuils de coupure sont établis à partir, individuellement ou conjointement, des approches suivantes :

- Interprétation des observations et données de terrain ;
- L'analyse statistique élémentaire des résultats (percentiles, moyenne, médiane, diagramme de fréquences cumulées) ;
- L'interprétation cartographique des données ;
- La réalisation d'un bilan massique pour le milieu sol, non concerné ici.

L'objectif de cette interprétation est la définition de seuils de pollution concentrée. Il ne s'agit pas à ce stade de définir des seuils de réhabilitation mais de déterminer un seuil de coupure théorique au-dessus duquel il serait intrinsèquement intéressant de traiter les eaux souterraines en retirant un maximum de la masse de polluant tout en ne traitant qu'un volume des eaux souterraines limité.



Remarque : Il est à noter que ces seuils sont indépendants de la mobilité des polluants, des techniques de réhabilitation disponibles, des usages et aménagements actuels ou futurs du site, des objectifs de qualité des milieux, des risques sanitaires et des aspects financiers.

Il est également à noter que la définition de seuil de coupure n'est pertinente qu'avec un nombre de données suffisantes.

Une fois les seuils de coupure calculés, des objectifs de réhabilitation, tenant compte des différents paramètres d'exclusion cités précédemment, seront ensuite définis. Ils pourront être identiques ou adaptés sur la base de l'expérience d'IDDEA notamment dans le choix des données d'entrée, des emprises à considérer et en fonction de la pertinence des calculs.

L'analyse statistique simplifiée

L'analyse des données obtenues lors des investigations permet de réaliser des diagrammes de fréquences cumulées et ainsi de mettre en évidence une ou plusieurs ruptures de pente afin de déterminer les gammes de concentrations qui distinguent pollution concentrée, pollution diffuse et zone non impactée.

Pour établir les graphiques, les teneurs inférieures aux limites de quantification du laboratoire ont été prises égales à zéro.

La représentation cartographique

Les données collectées lors des différents diagnostics ont été utilisées pour réaliser des courbes d'iso-concentrations pour chaque aquifère au droit du site.

Ces courbes ont été tracées par la méthode d'interpolation du voisin naturel

Le bilan massique

Le bilan massique est utilisé pour statuer sur les seuils de coupure définissant les sources de pollution concentrées sur les sols, il convient de croiser ces premières interprétations avec une étude de la répartition des impacts dans les sols du site au travers d'un bilan massique. Afin de déterminer la masse de polluant supposément présente dans la zone insaturée du site, des interpolations des données aux endroits non échantillonnés ont été réalisées. Cette méthodologie n'est pas adaptée sur le milieu eaux souterraines, des estimations de flux massiques de relargage (pareto-eau) existent sur les sites pour lesquels des transects ont été réalisés, ce qui n'est pas pertinent ici.

Dans le cadre de notre étude, les teneurs dans les sols en COHV sont à l'état de traces sans qu'une répartition spatiale puisse être définie, avec des teneurs dans les sols qui ne sont pas en cohérence avec les teneurs PID/MIP notamment. Ainsi, la réalisation d'un bilan massique méthodologiquement acceptable ne peut être réalisée, les incertitudes étant trop importantes.

7.2.2. TETRACHLOROETHYLENE (PCE)

Les différentes campagnes d'investigations ont mis en évidence que le PCE est le composé très majoritaire pour les COHV. Les figures ci-dessous présentent une répartition des COHV sur les campagnes d'investigations de 2025 (par IDDEA lors du diagnostic complémentaire et SARPI lors de l'état initial aux essais pilotes) pour chaque aquifère.

Ainsi ce composé est retenu comme marqueur représentatif de l'impact en COHV.

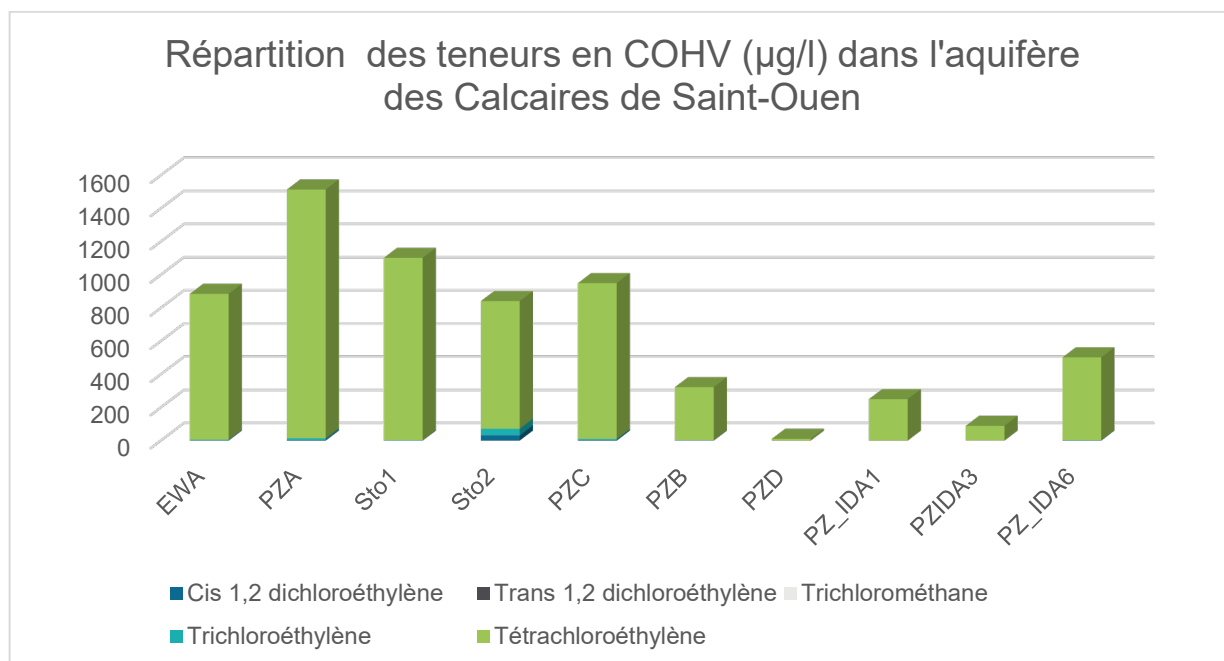


Figure 11 : Répartition des teneurs en COHV ($\mu\text{g/l}$) dans l'aquifère des calcaires de Saint-Ouen

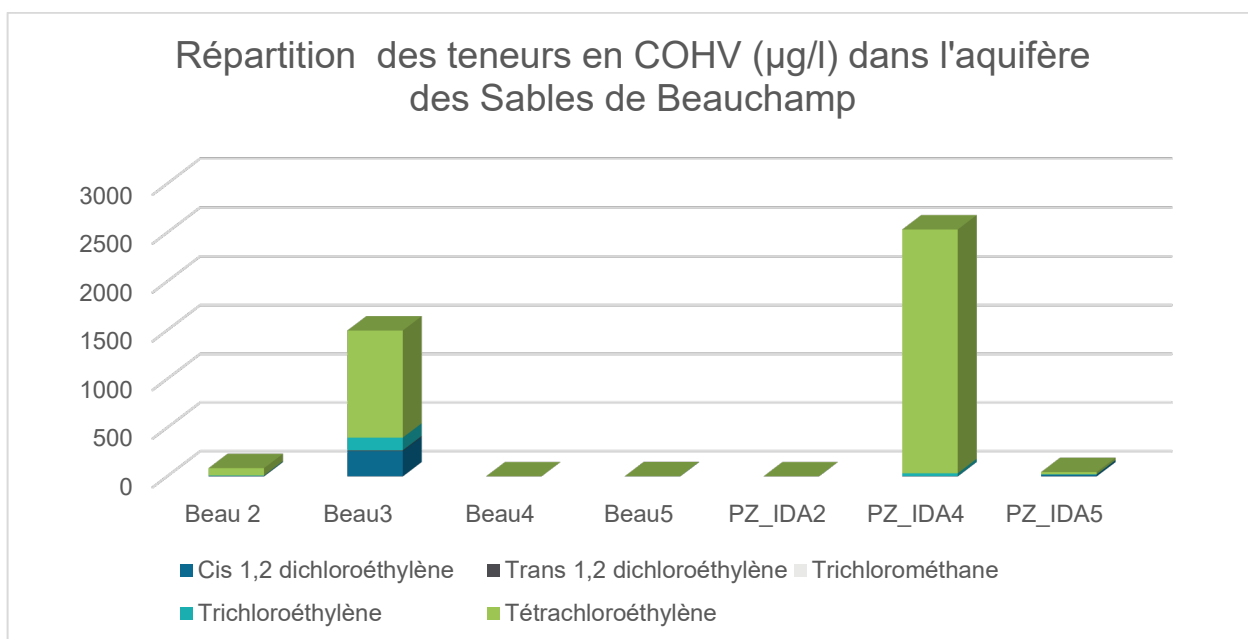


Figure 12 : Répartition des teneurs en COHV ($\mu\text{g/l}$) dans l'aquifère des Sables de Beauchamp



7.2.2.1. Observation de terrain

Les observations de terrain ont révélé à travers les différentes études, successivement et depuis la surface (ponctuellement sous le bitume) :

- Des remblais en surfaces et ou sables en surface jusqu'à 2 - 3 m de profondeur ;
- Des marnes calcaires beiges, à tendances sableuses en surface jusqu'à 14 – 16 m de profondeur, correspondant au Calcaires de Saint-Ouen, la zone saturée est atteinte à partir de 6 m de profondeur ;
- Les Sables de Beauchamp gris bleu à partir de 14 - 16 m de profondeur jusqu'à 30 m de profondeur, au toit des Marnes et Caillasses.

Aucun indice organoleptique suspect (couleur/odeur/texteure particulière ou présence d'éléments anthropiques dans l'échantillon) n'a été relevé lors des investigations.

Le niveau de dégazage du sous-sol a été évalué sur le site par des mesures réalisées au PID, jusqu'à 250 ppm.

Les prélèvements d'eaux souterraines n'ont mis en évidence aucun indice organoleptique suspect (couleur/odeur/texteure particulière).

7.2.2.2. Analyse statistique simple

Les ouvrages sélectionnés pour l'analyse statique sont les ouvrages au droit du site ou dans l'environnement immédiat ayant un état représentatif et avec une colonne d'eau suffisante. Les données sélectionnées pour la réalisation de l'analyse statistique sont issues des campagnes réalisées par IDDEA en février 2025 et de l'état initial avant pilote mené par SARPI Remédiation en septembre 2025. Dans le cas où un ouvrage a fait l'objet de plusieurs prélèvements la concentration la plus élevée a été retenue.

Les données antérieures à 2025 ne sont pas retenues car le nombre d'ouvrages était plus faible, voire absent dans la nappe du Beauchamp. Par ailleurs les données antérieures aux premiers travaux de réhabilitation ne peuvent être représentatives de l'état actuel, les travaux ayant permis une baisse des concentrations dans la nappe des Calcaires de St Ouen.

Les principales données statistiques des concentrations mesurées en PCE à travers les 2 aquifères étudiés (Calcaire de Saint-Ouen et Sables de Beauchamp) sont présentées dans le tableau ci-dessous.



Tableau 4 : Tableaux de données statistiques en PCE (µg/l)

Stat	Valeur
Dans l'aquifère des Calcaires de Saint-Ouen	
Min	11
Max	1500
Moyenne	635,9
Percentiles (25)	267,5
Percentiles (50)	635
Percentiles (75)	925
Percentiles (80)	972
Percentiles (90)	1140
Percentiles (95)	1320
Dans l'aquifère des Sables de Beauchamp	
Min	<Limite de Quantification
Max	2500
Moyenne	52,7
Percentiles (25)	1
Percentiles (50)	23
Percentiles (75)	588
Percentiles (80)	895
Percentiles (90)	1660
Percentiles (95)	2080

Les figures ci-dessous présentent une répartition des teneurs en PCE pour chacun des aquifères.

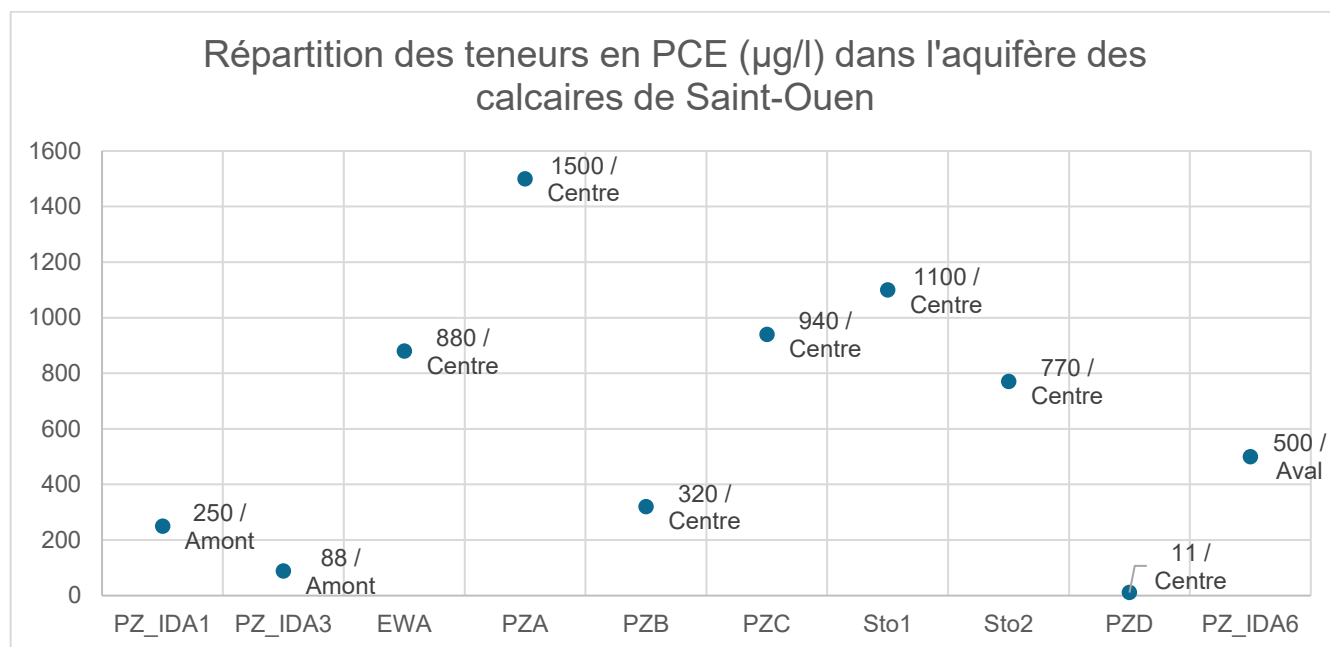


Figure 13 : Répartition des teneurs en PCE (µg/l) dans l'aquifère des Calcaires de Saint-Ouen⁴

⁴ Centre signifie la zone de pollution la plus représentative

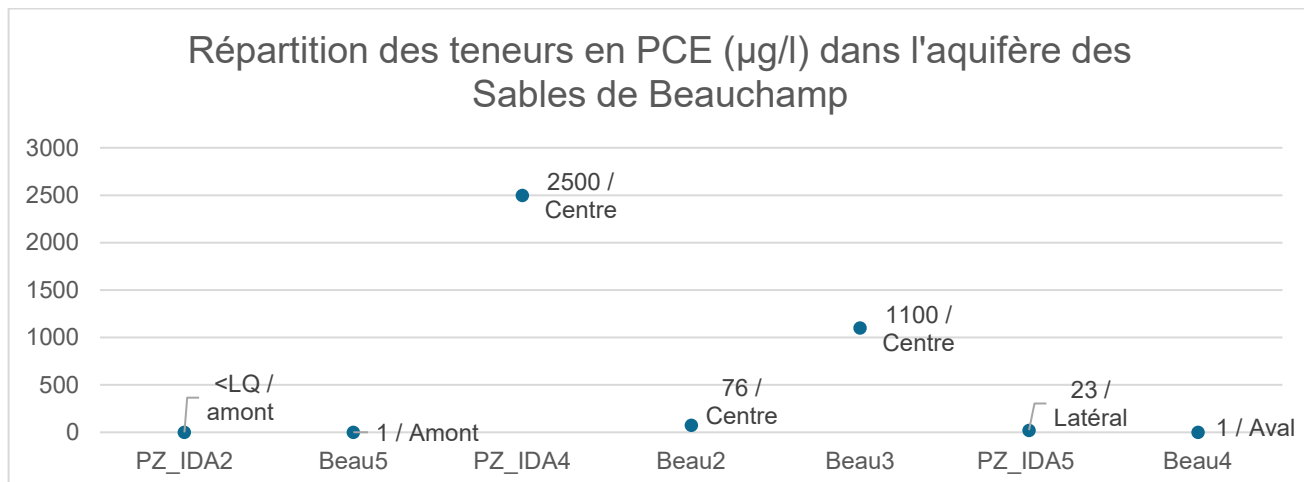


Figure 14 : Répartition des teneurs en PCE ($\mu\text{g/l}$) dans l'aquifère des Sables de Beauchamp

Les résultats ne mettent pas évidence de teneurs significativement plus élevées dans la nappe des Calcaires de St Ouen. Pour le Beauchamp la teneur à 2500 $\mu\text{g/l}$ est significativement plus élevée, toutefois le nombre de données n'est statistiquement pas représentative, ne permettant pas de définir de seuil.

7.2.2.3. Cartographies d'iso-concentrations

Les figures suivantes cartographient les concentrations PCE (carte d'iso-concentration) au droit du site pour les 2 aquifères étudiés (Calcaire de Saint-Ouen et Sables de Beauchamp) à l'aide d'une interpolation de pondération par l'inverse de la distance (ou en anglais IDW Inverse Distance Weighting).



Figure 15 : Cartographie d'isoconcentration pour le PCE (µg/l) dans l'aquifère des Calcaires de Saint-Ouen (Source : google Satellite)

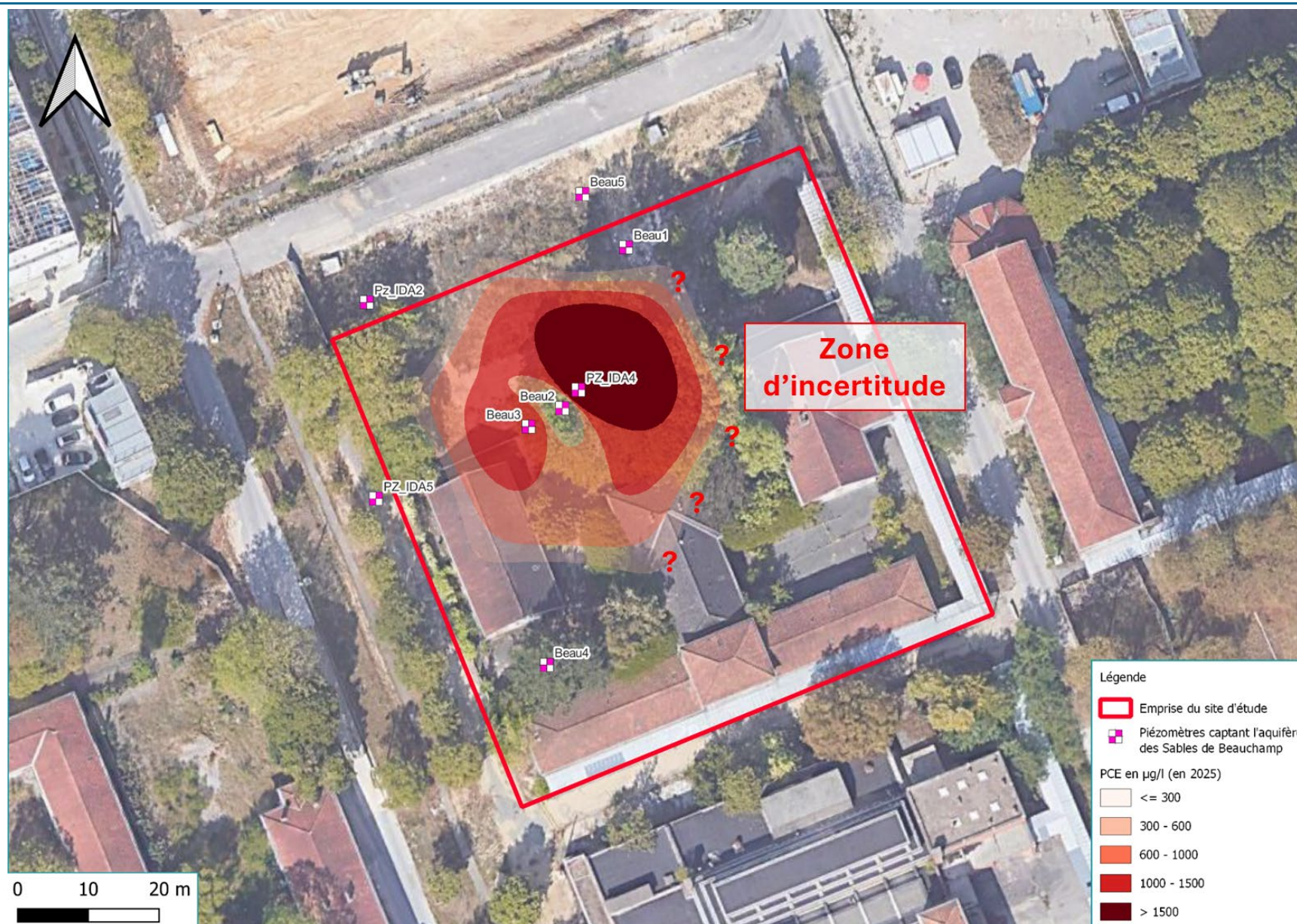


Figure 16 : Cartographie d'isoconcentration pour le PCE (µg/l) dans l'aquifère des Sables de Beauchamp (Source : google Satellite)



Concernant l'interprétation cartographique, on notera qu'il existe des zones blanches entraînant des dérives et des incertitudes. En effet, s'agissant d'un modèle mathématique d'interpolation, le manque de données provoque des zones blanches anormalement étendues qui pourraient être ajustées par la réalisation d'investigations complémentaires.

De plus en l'absence de données sur la nappe des Sables de Beauchamp sur la partie est du site d'étude, deux ouvrages factices théoriquement non impactés ont été pris en compte pour la réalisation de cette interprétation cartographie. La zone d'incertitude est toutefois présentée.

7.2.2.4. Synthèse

Les analyses statistiques et les cartographiques ont mis en évidence des concentrations en PCE plus élevées localisées à proximité de l'ouvrage PZ_IDA4 au droit de l'aquifère des Sables de Beauchamp. Un transfert de l'impact de la nappe des Calcaires de St Ouen vers la nappe des Sables de Beauchamp est mis en évidence avec des teneurs plus élevées dans la nappe sous-jacente au droit de la zone la plus impactée, avec toutefois des impacts en aval plus limités dans cette nappe.



7.2.3. SYNTHÈSE DES SEUILS DE COUPURE DÉFINISSANT LES SOURCES CONCENTRÉES

Au vu des données, aucun seuil de coupure ne peut être défini sur les eaux souterraines.

7.3. Etude du potentiel de migration des composés présents dans les eaux souterraines

IDDEA a effectué un travail de synthèse de l'ensemble des résultats des campagnes de suivi des eaux souterraines menées depuis 2015 sur l'ensemble des ouvrages disponibles (et en état) au droit du site, afin de prendre en compte ces éléments dans l'élaboration des objectifs de réhabilitation finaux. En parallèle, des campagnes des gaz des sols ont été établies par la mise en place d'ouvrage à différentes profondeurs pour le besoin du projet d'aménagement.

Ces campagnes de gaz des sols mettent en évidence des concentrations en PCE élevées non systématiquement corrélées aux concentrations les plus élevées présentes dans les eaux souterraines, notamment en partie nord-ouest et sud-ouest du site.

De plus, au vu des résultats sur les gaz des sols, aucune répartition nette des teneurs en profondeur n'est observée, les teneurs les plus élevées (toutes campagnes confondues) peuvent se retrouver à la fois en surface (1-1,5 m) ou en profondeur (3-3,5 m), ainsi l'hétérogénéité des milieux peut engendrer des variabilités de transfert engendrant des teneurs non homogènes.

Les figures ci-dessous présentent à titre indicatif des diagrammes de répartition des PCE dans les ouvrages d'eaux souterraines pour chacun des aquifères ainsi que dans les gaz des sols pour les ouvrages les plus proches. Pour les gaz des sols, les teneurs les plus élevées ont été prises en compte (dans la mesure où 2 à 3 campagnes ont été réalisées). Les zones en pointillés séparent les ouvrages sur les eaux souterraines et sur les gaz des sols dans une même zone. Les différentes zones étant séparées par un trait plein.

Ainsi il est mis en évidence une absence de corrélation entre les teneurs dans les gaz des sols et dans les eaux souterraines, les impacts dans les gaz des sols ne sont pas proportionnellement liés à l'impact dans les eaux souterraines.

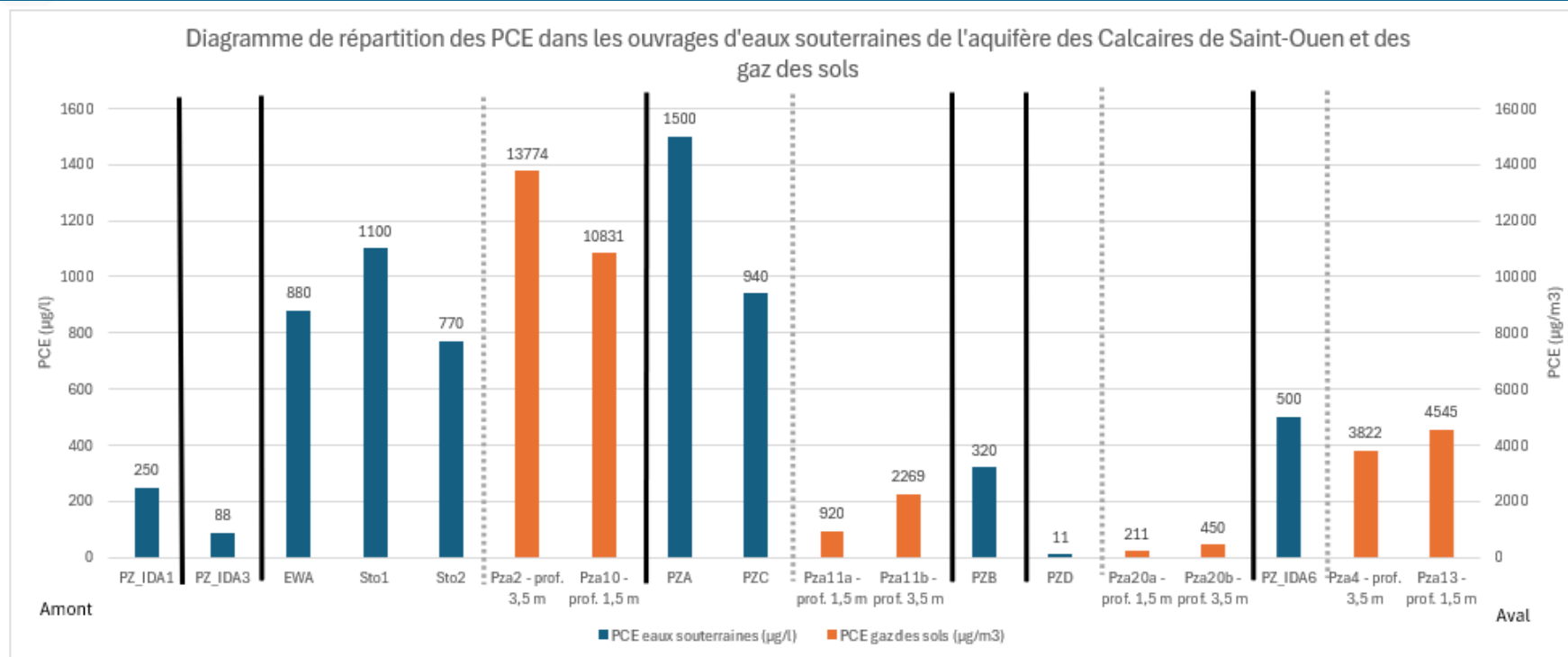


Figure 17 : Diagramme de répartition des PCE dans les ouvrages d'eaux souterraines de l'aquifère des Calcaires de Saint-Ouen et dans les gaz des sols

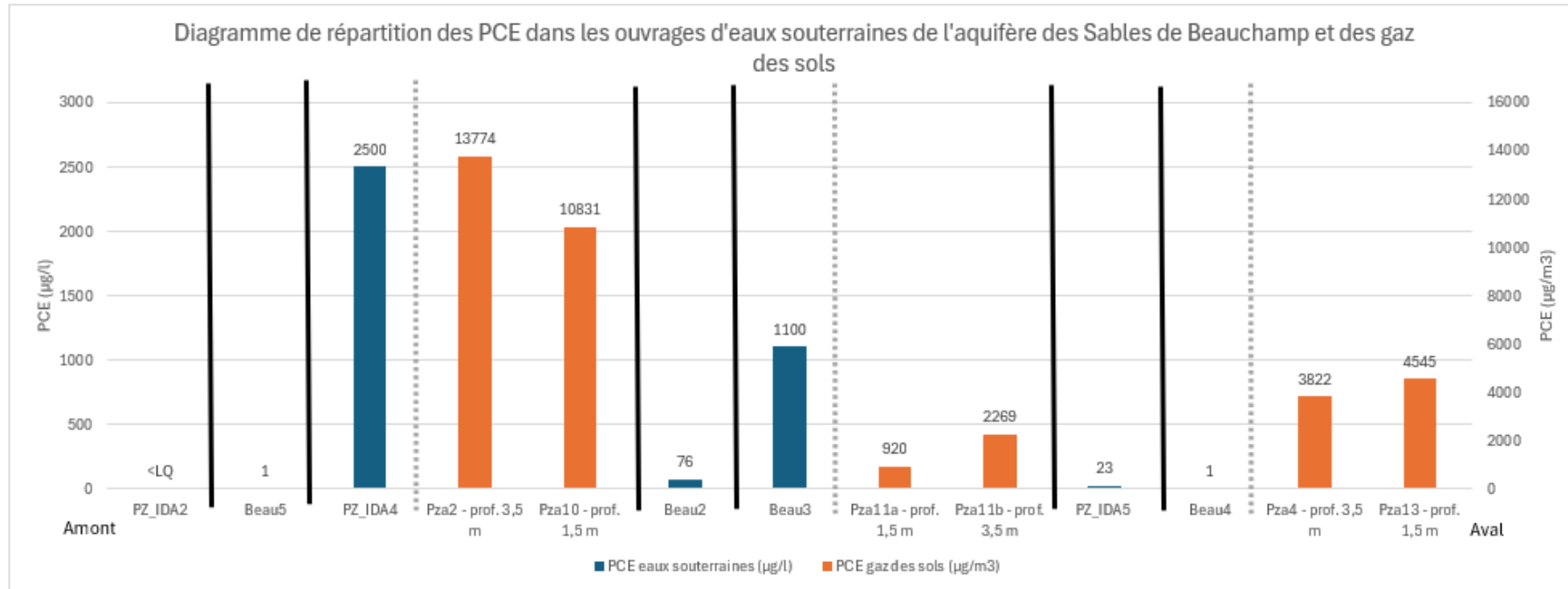


Figure 18 : Diagramme de répartition des PCE dans les ouvrages d'eaux souterraines de l'aquifère des Sables de Beauchamp et dans les gaz des sols



Toutefois, au vu de ces différentes informations, la migration des COHV depuis la nappe vers l'air ambiant est actuellement privilégiée, aucune source de pollution concentrée dans les sols n'ayant été retrouvée. Un impact historique de la nappe est retenu avec un transfert en profondeur des COHV, de la nappe des Calcaires de Saint-Ouen vers la nappe des Sables de Beauchamp, avec un transfert diffus. A noter que l'impact au droit de la nappe des Sables de Beauchamp est plus circonscrit dans l'espace, ce qui corrobore l'hypothèse du transfert vertical. Les pollutions concentrées dans ces nappes doivent être limitées pour éviter une diffusion en aval au cours du temps.

Les figures suivantes présentent les répartitions de teneurs dans les différentes nappes ainsi que les répartitions des chlorés par ouvrages. Plus spécifiquement dans le Beauchamp, seuls les 3 ouvrages présentant les teneurs les plus élevées sont présentées pour la répartition des chlorés, les teneurs des autres ouvrages étant trop faibles pour avoir des données représentatives.

La répartition des chlorés de la zone de pollution concentrée met en évidence une faible dégradation du PCE dans la nappe des Calcaires de Saint-Ouen mais un début de dégradation dans la nappe des Sables de Beauchamp, corroborant l'hypothèse d'un transfert vertical. De plus cette répartition tant à confirmer que la pollution concentrée est bien au niveau de PZ_IDA4.

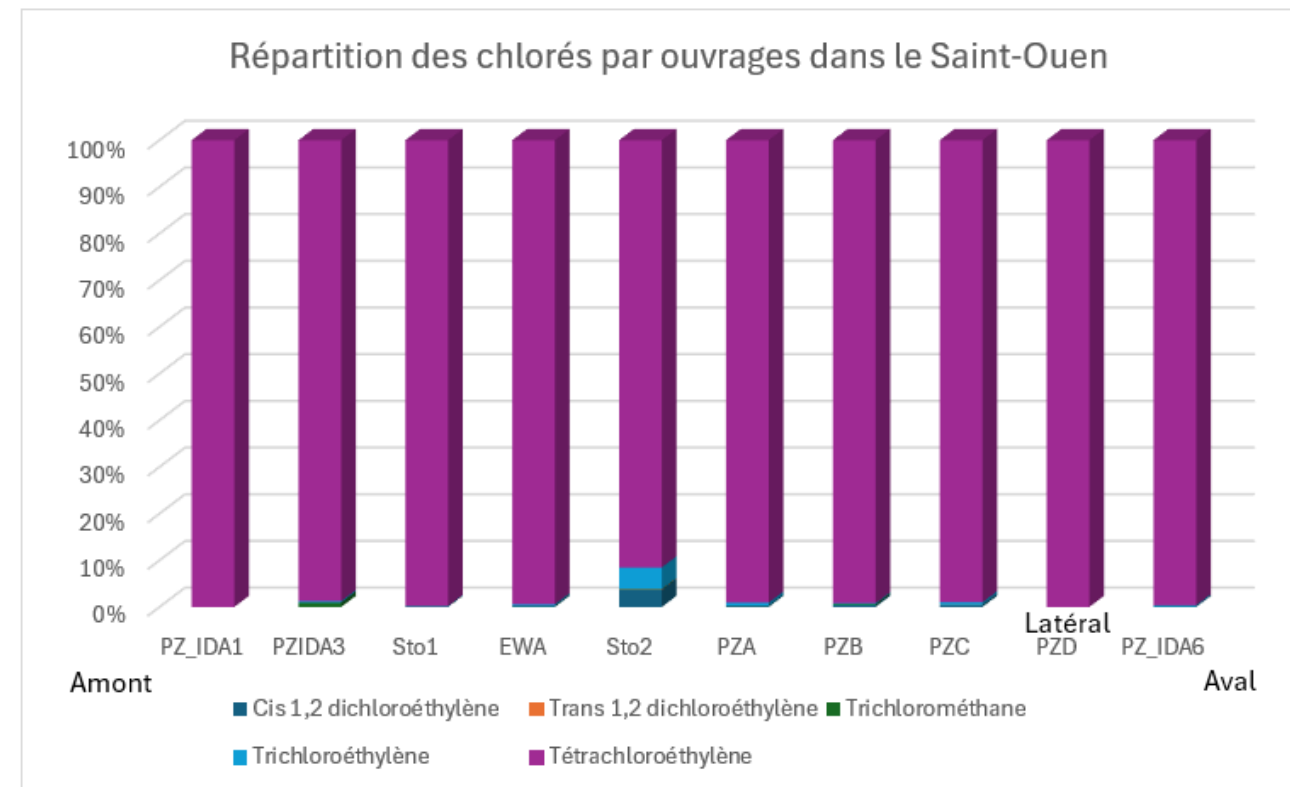
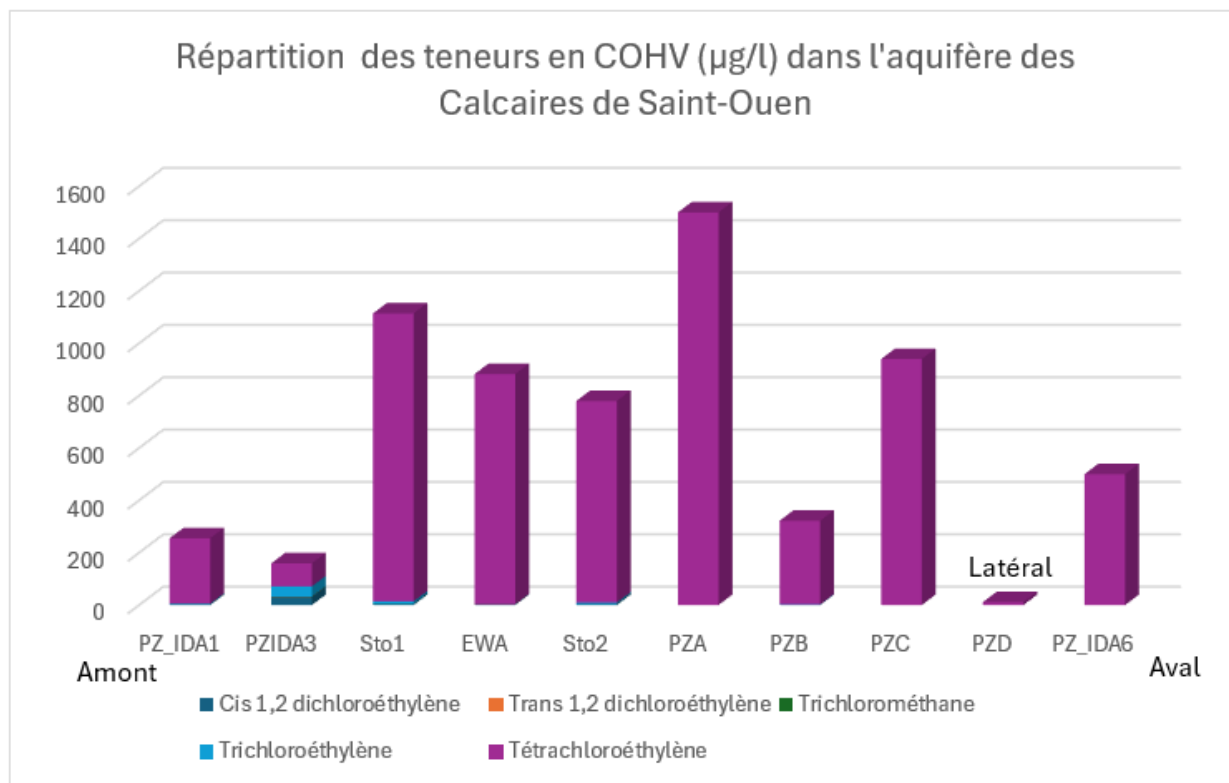


Figure 19 : Répartition des COHV dans les ouvrages de l'amont à l'aval dans la nappe des Calcaires de Saint-Ouen

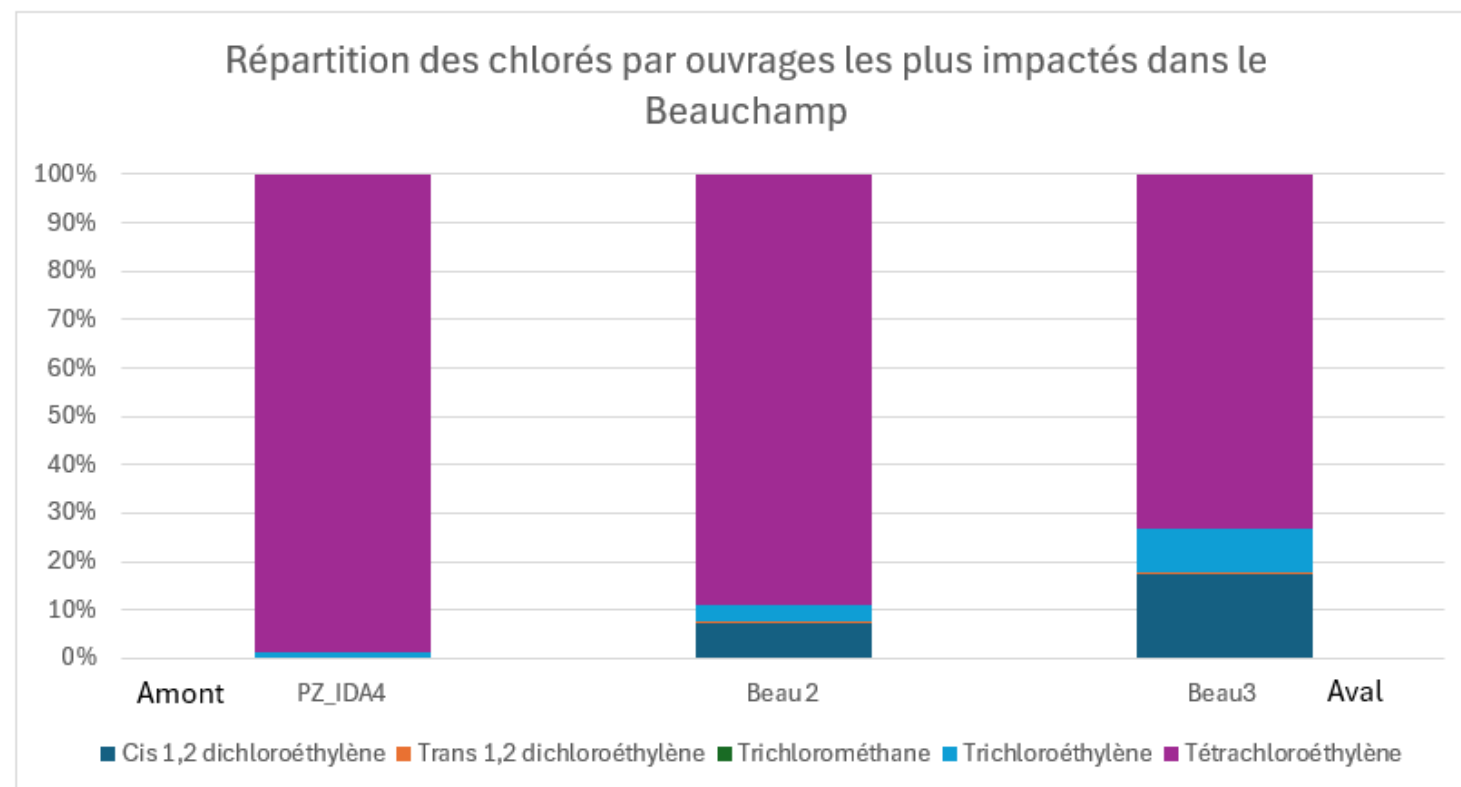
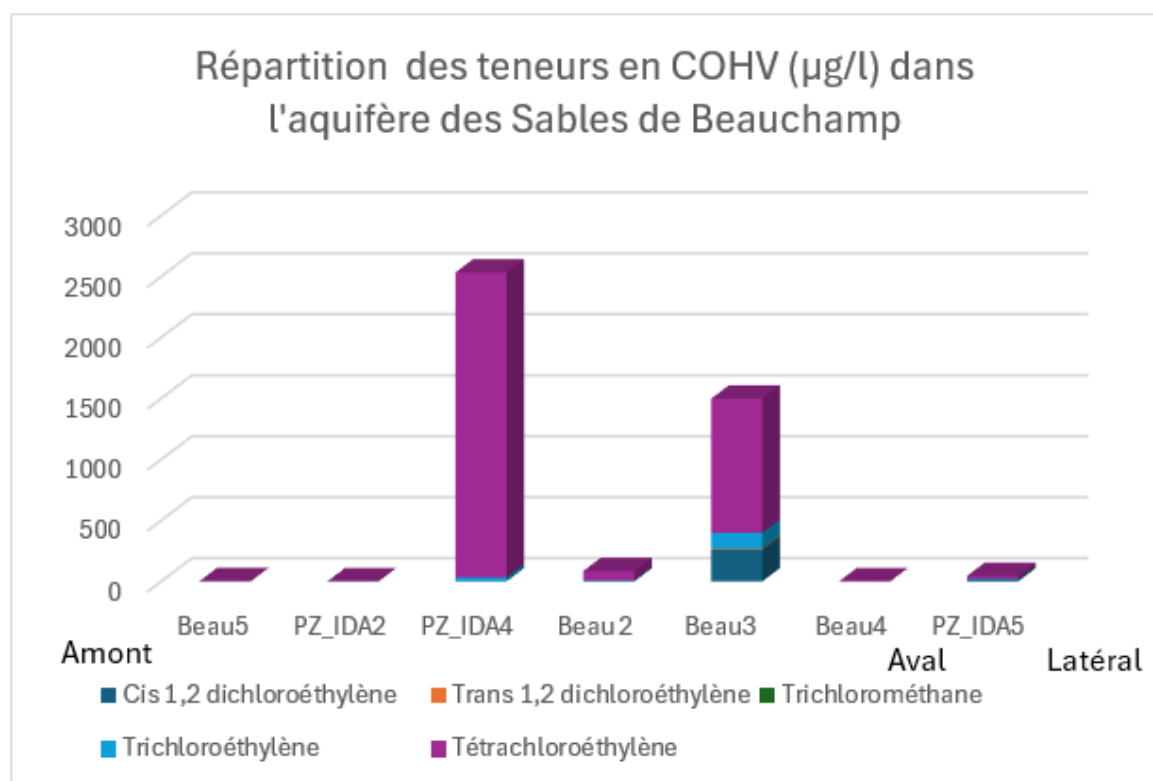


Figure 20 : Répartition des COHV dans les ouvrages de l'amont à l'aval dans la nappe des Sables de Beauchamp



7.4. Objectifs de réhabilitation retenus

Les objectifs de réhabilitation ont été définis à partir de l'analyse croisée :

- Des données disponibles via l'analyse statistique simplifiée et l'interprétation cartographique ;
- Des caractéristiques physico-chimiques des polluants traités et en prenant en compte l'usage du site.

La faisabilité technico-économique de traitement des eaux souterraines sur la base de ces objectifs de réhabilitation est étudiée dans le cadre des paragraphes suivants.

Les éléments présentés ci-avant conduisent à des zones de pollution concentrées dans les deux aquifères qui devront faire l'objet d'une réhabilitation. Les emprises estimatives de ces zones sont de l'ordre de :

- Environ 550 m² pour la nappe des calcaires de St-Ouen entre 6 et 17 m de profondeur ;
- Environ 740 m² pour la nappe des sables de Beauchamp entre 17 et 30 m de profondeur.

Au vu des données, aucun seuil de coupure ne peut être défini sur les eaux souterraines. Les objectifs de réhabilitation peuvent être fixés avec des objectifs qualitatifs et non quantitatifs. Ainsi, au vu de l'emprise d'impact et dans la mesure où les teneurs en aval sont significativement moins élevées, l'objectif d'une amélioration de l'état du milieu eaux souterraines est retenu, sur les 2 nappes : nappe des Calcaires de Saint-Ouen et nappe des Sables de Beauchamp.

Les figures ci-dessous présentent la localisation des zones de pollutions retenues établie à partir des données disponibles pour chaque aquifère.

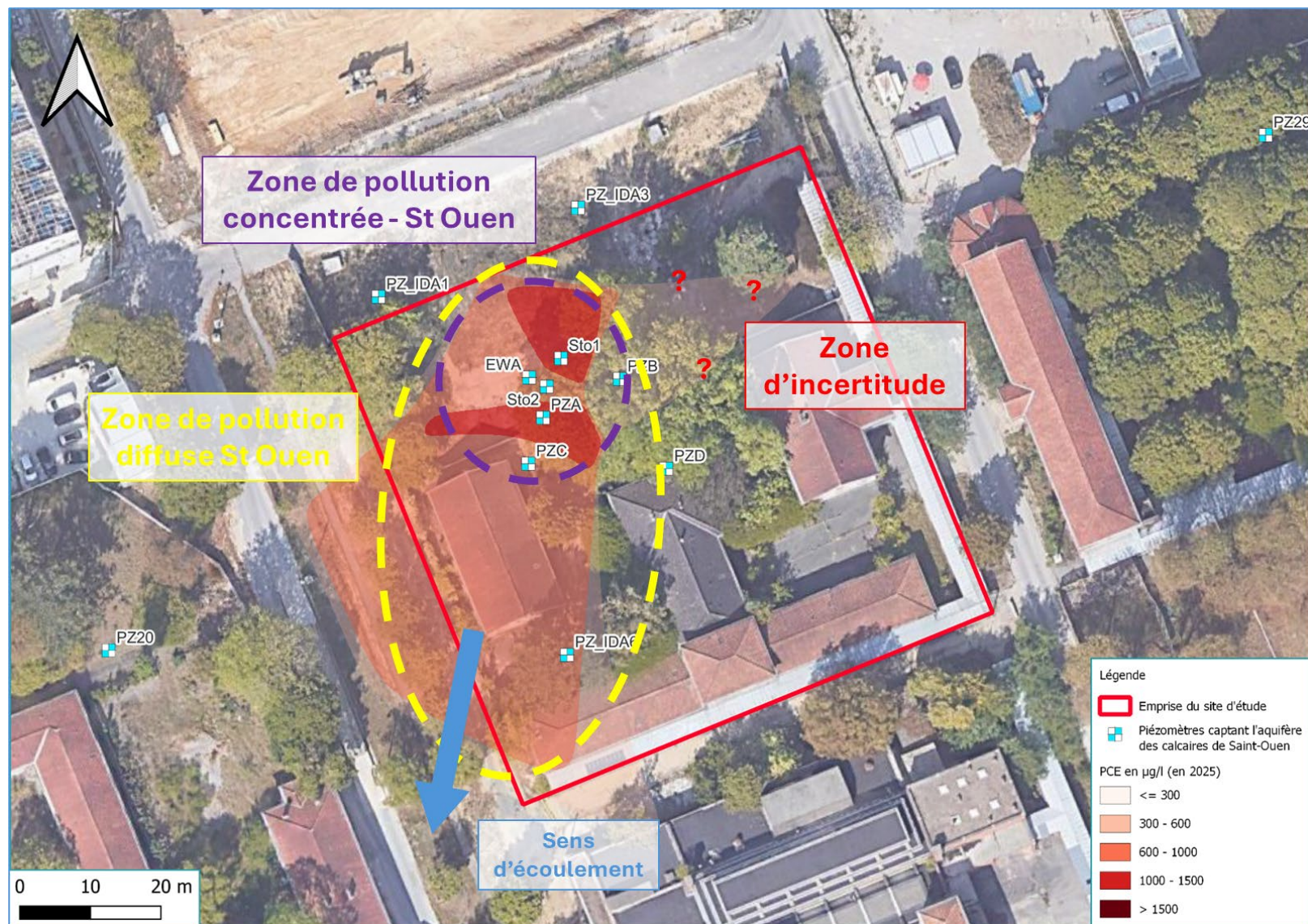


Figure 21 : Cartographie des zones de pollution concentrée dans l'aquifère des Calcaires de Saint-Ouen (Source : google Satellite)

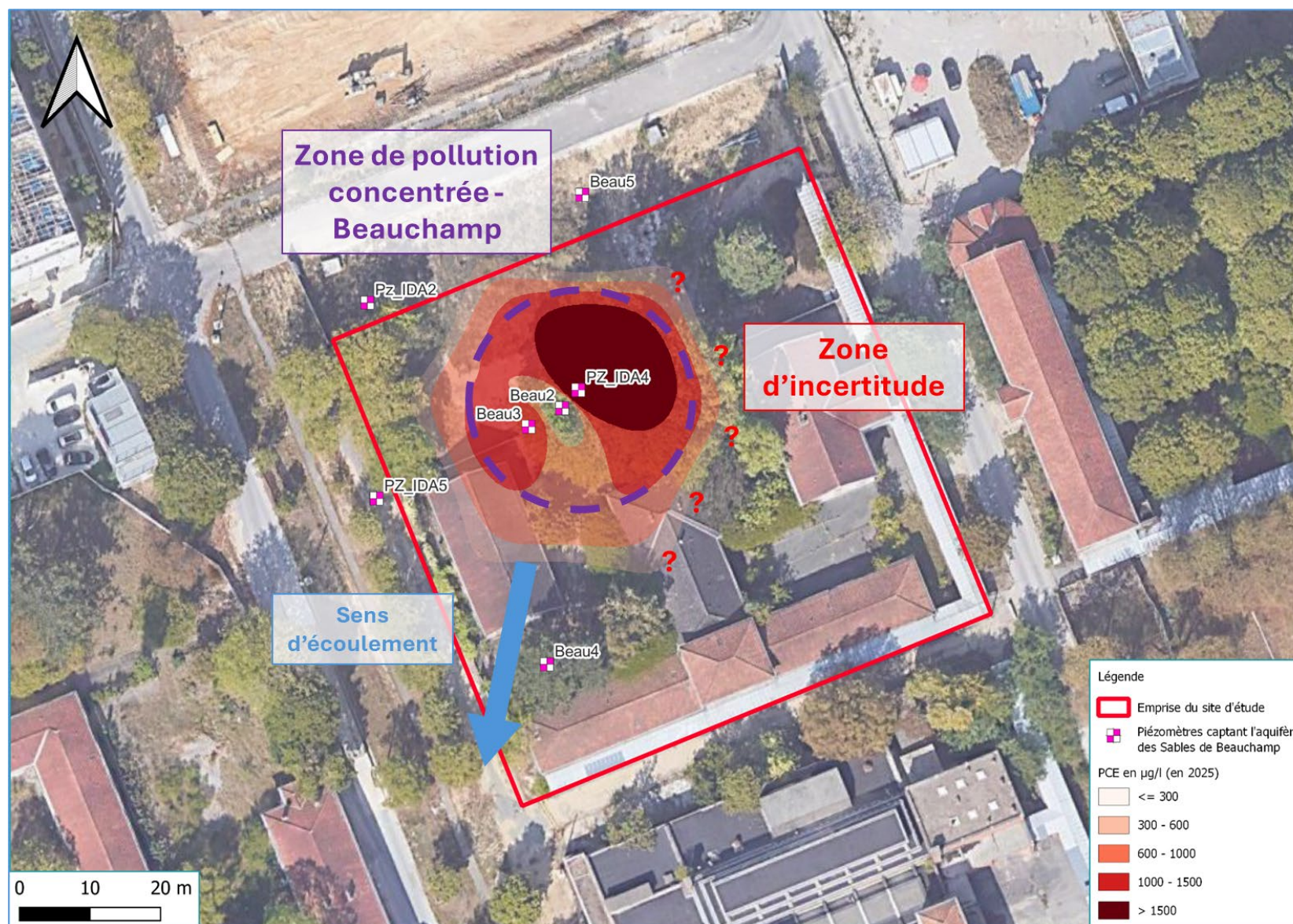


Figure 22 : Cartographie des zones de pollution concentrée dans l'aquifère des Sables de Beauchamp (Source : google Satellite)



8. Solutions de gestion envisagées – Plan de gestion

8.1. Solutions envisageables pour la gestion des zones de pollution diffuses

Au vu des travaux de réhabilitation déjà réalisés, de l'absence de mise en évidence de pollution concentrée dans les sols, de l'hétérogénéité des teneurs dans les gaz des sols ne pouvant être systématiquement corrélées aux teneurs dans les eaux souterraines, des composés identifiés (COHV – très volatils et présentant des risques sanitaires), la subsistance de teneurs résiduelles dans les milieux ne peut être écartée même après la mise en place de travaux de réhabilitation. Ainsi, la mise en place de mesures constructives permettant la gestion des pollutions résiduelles est retenue.

Deux mesures de gestion des pollutions résiduelles peuvent être envisagées :

- Mise en place d'un vide sanitaire dallé en fond et ventilé mécaniquement pour les 2 types d'usages ;
- Mise en place d'un niveau de sous-sol pour l'usage de logements uniquement (non retenu pour un usage industriel).

Ces recommandations sont conformes aux recommandations nationales en termes de sites et sols pollués.

La création d'un vide-sanitaire ou d'un sous-sol, sur l'emprise totale bâtie, à la base d'un bâtiment, permet de créer un volume d'air tampon dans lequel les polluants volatils provenant de la subsurface vont pouvoir se diluer, diminuant d'autant les polluants pénétrant à l'intérieur du bâtiment. Cette dilution ne peut évidemment avoir lieu qu'avec un vide-sanitaire / sous-sol suffisamment ventilé.

Il est précisé que des mesures de gestion « simples » sont déjà prévues dans le cadre du projet d'aménagement, à savoir le recouvrement des sols, l'interdiction de potagers et d'arbres fruitiers. Ces mesures de gestion sont également recommandées dans le cadre de l'usage industriel. Recouvrement des zones extérieures par 30 cm de terres saines avec mise en place d'un géotextile ou d'un grillage avertisseur à l'interface terres du site / terres saines permet de supprimer la voie de transfert. La terre végétale apportée pour le recouvrement devra être exempte de composés organiques et respecter les teneurs en EMM présentées ci-après :



Tableau 5 : Teneurs maximales des terres saines d'apport (en mg/kg MS)

Terres en place ou de recouvrement		
Composé	Valeur (en mg/kg MS)	Source
Arsenic	25	Fourchette haute sols ordinaires ASPITET
Cadmium	15	HCSP, 2022
Chrome	65,20	Note CIRE Ile-de-France
Cuivre	28,0	
Mercuré	0,32	
Nickel	31,20	
Plomb	100	HCSP, 2016
Sélénium	0,31	CIRE IDF (2006)
Zinc	88	
HAP	1,5	Valeur repère Cultures Potagères (Guide ARS, mai 2022)
Acénaphthène	0,005	VASAU 1 (Guide REFUGE, juin 2020)
Acénaphthylène	0,015	
Anthracène	0,015	
Benzo(b)fluoranthène	0,103	
Benzo(g,h,i)pérylène	0,091	
Benzo(k)fluoranthène	0,053	
Benzo(a)anthracène	0,083	
Benzo(a)pyrène	0,15	Valeur repère Cultures Potagères (Guide ARS, mai 2022)
Chrysène	0,090	VASAU 1 (Guide REFUGE, juin 2020)
Dibenzo(a,h)anthracène	0,028	
Fluoranthène	0,166	
Fluorène	0,005	
Indéno(1,2,3,c,d)pyrène	0,061	
Naphtalène	0,020	
Phénanthrène	0,098	
Pyrène	0,126	
HCT C10-C40	50	Valeur repère Cultures Potagères (Guide ARS, mai 2022)
Autres composés organiques	<LQ	Absence de référentiel

Par ailleurs, les canalisations pour l'eau potable en PEHD devront être mises en place au sein d'un remblai d'apport propre ou dans des caniveaux techniques béton, ou à défaut, pose de canalisations métalliques ou en matériau anti-contaminant, conformément aux usages sur ce type de site.



8.2. Solutions envisageables pour la gestion des zones de pollution concentrée

8.2.1. CHOIX DES TECHNIQUES DE GESTION ENVISAGEES

Le choix des technologies retenues doit être déduit de l'analyse critique des différentes technologies disponibles en fonction, d'une part, des différents avantages et inconvénients que présentent ces technologies et, d'autre part, des coûts de leur application : c'est le bilan coûts/avantages.

Dans une première étape, il s'agit de dresser la liste de toutes les technologies disponibles pouvant être appliquées au site et pour un ou plusieurs polluants donnés. Cette liste est complétée par l'étude des avantages et inconvénients de chacune des technologies.

La seconde étape correspond à l'étude technico-économique des solutions techniques qui ont été retenues au cours de la première étape. A l'issue de cette seconde étape est proposée, pour les différentes zones ou les différents scénarios retenus et pour chaque milieu étudié (milieu sol dans le cas du présent site), la technologie jugée la meilleure dans le cadre du bilan coûts/avantages. Les raisons ayant conduit au choix de cette technologie sont précisées.

Dans le tableau ci-après, issu de « Quelles techniques pour quels traitements – Analyse coûts-bénéfices » (rapport BRGM/RP-58609-FR), de nombreuses solutions de traitement sont présentées selon les composés considérés.



Tableau 6 : Matrice de possibilités de dépollution pour les polluants organiques

Réhabilitation potentielle	Milieu concerné	Composés organiques volatiles	Hydrocarbures halogénés	Hydrocarbures non halogénés	Hydrocarbures aromatiques polycycliques	Polychloro-biphényles	Dioxines et furannes	Pesticides et herbicides
Confinement								
Confinement – couverture	S	+	+	+	+	+	+	+
Confinement hydraulique	W	+	+	+	+	+	+	+
Confinement vertical	S, W	+	+	+	+	+	+	+
Excavation et enfouissement	S	+	+	+	+	+	+	+
Procédés biologiques								
Atténuation naturelle	W	+	+	+	+	-	-	+
Bioterre	S	+	-	+	+	-	-	+
Bioventing	S	+	+	+	+	-	-	-
Biosparging	S, W	+	+	+	+	-	-	+
Landfarming	S	+	-	+	+	-	-	+
Traitement sous forme de boue	S	+	+	+	+	-	?	+
Andain	S	+	-	+	+	-	-	+
Procédés chimiques								
Oxydation chimique	S, W	+	+	+	+	-	-	+
Déhalogénéation chimique	S	+	+	-	-	+	+	-
Lavage chimique	S	+	+	+	+	-	-	-
Extraction par solvants	S	+	+	+	+	+	+	+
Amendements en surface	S	-	-	-	-	-	-	-
Procédés physiques								
Extraction multiphase	S, W	+	+	+	-	-	-	-
Air sparging	W	+	+	+	-	-	-	-
Ventilation	S	+	+	+	-	-	-	-
Barrière perméable réactive	W	+	+	+	+	+	+	+
Lavage	S	-	+	+	+	+	-	+
Procédés de solidification et de stabilisation								
Liants hydrauliques (ciment...)	S	-	-	?	+	+	+	?
Vitrification	S	+	+	+	+	+	+	+
Procédés thermiques								
Incinération	S	+	+	+	+	+	+	+
Désorption thermique	S	+	+	+	+	+	-	+

Légende

- + : envisageable ;
- : non envisageable ;
- S : zone non saturée et sédiments ;
- W : zone saturée et eaux superficielles
- : techniques de dépollution envisageable pour le traitement des eaux souterraines impactées en COHV

Dans la liste des techniques pertinentes en théorie, il convient d'identifier celles spécifiquement adaptées aux zones d'impact retrouvées sur le site et leurs configurations associées.

Ainsi, de nombreuses techniques pourraient être adaptées au type de composés principalement retrouvés dans les eaux souterraines du site. Néanmoins, elles ne seraient pas nécessairement adaptées aux contraintes du site ou correctement dimensionnées vis-à-vis de la pollution à gérer.



Ainsi, les techniques suivantes peuvent d'ores et déjà être écartées du plan de gestion :

- Les procédés de confinement vertical ou hydraulique et l'atténuation naturelle ne sont pas considérés comme des traitements en tant que tels, mais plutôt utilisés pour des situations d'urgence par exemple ou comme dispositions constructives ;
- Les barrières « perméables » réactives (dégradation des polluants présents dans les eaux souterraines par écoulement naturel au travers d'une zone perméable de matériaux réactifs) ne sont pas des méthodes adaptées pour un objectif d'abattement de la masse ;
- Les spargings (air sparging et biosparging) ne semblent pas adaptés au regard des profondeurs des deux nappes à traiter.

Pour atteindre les objectifs de réhabilitation définis au paragraphe 7.4, les mesures de gestion étudiées dans le Plan de Gestion sont les suivantes :

- **Scénario 1** : Oxydation chimique des polluants de la nappe ;
- **Scénario 2** : Pompage et traitement des nappes sur site.

Les coûts associés sont présentés dans la suite du rapport.

Ces coûts présentés sont issus de consultations d'entreprises spécialisées et sont issus également d'études commanditées par l'ADEME et le BRGM et présentés dans le rapport BRGM « *Quelles techniques pour quels traitements – Analyses coûts-bénéfices* » en date de Juin 2010. Ces coûts ont également été actualisés en 2015 à l'aide de l'Outil interactif de pré-sélection des techniques de dépollution et des mesures constructives (SelecDEPOL), les coûts sur l'outil sont mis à jour au fil du temps.

Les coûts totaux ont été répartis selon trois types de charges :

- **Charges exceptionnelles** : correspondant au coût de la phase initiale (phase pilote, mise en place du chantier : installation d'une unité de traitement, préparation du terrain) et intervenant de façon unique (au démarrage du chantier par exemple) ;
- **Charges récurrentes** : correspondant au coût de la phase « chantier » (traitement, matériel, main d'œuvre, réactifs ou produits, élimination des déchets), à renouveler au cours du traitement ;
- **Charges liées aux études** (hors études de risques sanitaires préalables au chantier) **et suivi de la réhabilitation** : correspondant aux coûts des analyses et prestations intellectuelles (rédaction de rapports, réunions sur site).



8.2.2. PRESENTATION DES TECHNIQUES DE GESTION ENVISAGEES

8.2.2.1. Scénario 1 : Oxydation chimique

● Présentation de la technique de gestion

L'oxydation chimique *in situ* consiste à injecter un oxydant dans les eaux souterraines. Cet oxydant va détruire totalement ou partiellement des polluants. Ce procédé permet d'aboutir à la minéralisation totale des polluants ou à la formation de sous-produits de dégradation généralement plus biodégradables.

L'oxydation est une réaction électrochimique, dans laquelle un composé perd un ou plusieurs électrons. L'oxydant est l'accepteur d'électron(s), qui devient après réaction un composé réduit (cf. Tableau 7).

Tableau 7 : Principes des réactions d'oxydoréduction

Réactif 1 - produit de traitement	Oxydant (1) + m électron(s) <--> réducteur (1)
Réactif 2 - Contaminant	Réducteur (2) <--> oxydant (2) + n électron(s)
Réactif 2 - Contaminant	Oxydant (2) + m électron(s) <--> réducteur (2)
Réaction d'oxydo-réduction	n réducteur (2) + m oxydant (1) <--> m réducteur (1) + n oxydant (2)

● Procédure

Le type d'oxydant choisi dépend des caractéristiques environnementales (géologie, hydrogéologie, géochimie) ainsi que des caractéristiques de la source de pollution et/ou du panache (type de polluants, distribution).

Les modalités d'injection influencent fortement les résultats de la réhabilitation. Le résultat sera d'autant meilleur que le contact entre le polluant et le réducteur est étroit.

Le succès d'une réalisation d'un traitement par oxydation *in situ* repose sur une caractérisation approfondie du site, un choix judicieux de l'oxydant en fonction du contaminant et un système d'injection approprié.

Celui-ci consiste en l'injection de produit via des aiguilles directement en zone saturée, en amont de la zone à traiter. L'intérêt de la technique réside dans le fait que la zone à traiter reste accessible pendant la durée du traitement.



Tableau 8 : Caractéristiques sur l'utilisation des différents oxydants du marché (Source : BRGM)

	Permanganate de potassium ou de sodium	Fenton (Peroxyde d'hydrogène)	Ozone	Persulfate
Mécanisme réactionnel	transfert d'électrons	chaînes de réactions faisant intervenir des radicaux libres	chaînes de réactions faisant intervenir des radicaux libres	chaînes de réactions faisant intervenir des radicaux libres
Cinétique	rapide	très rapide	très rapide	rapide
Conditions pH optimales	basique - acide	acide	acide	basique
Sous-produits	MnO ₂	H ₂ O, O ₂ , ion ferrique	O ₂	sulfate
Polluants récalcitrants	acide trichloracétique, chloroforme, PCBs	CHCl ₃ , pesticides	acide trichloracétique, tétrachlorure, CHCl ₃ , pesticides, PCBs	PCBs
Avantages	• plus stable, plus de chance de dégrader les polluants non touchés lors de la phase d'injection • large gamme de pH • beaucoup de retours d'expérience	• l'ions ferreux, H₂O₂, température élevée • beaucoup de retours d'expérience	• production de O₂, stimule l'activité biologique et aide à la volatilisation des polluants • facilité d'application dans la zone non saturée	• moins d'interaction avec la matière organique • stable • peut être combiné avec le permanganate
Inconvénients	• production de MnO₂ dans le sol, perte de perméabilité • trace en métaux dans le produit industriel	• inefficace dans des environnements alcalins • peu stable : difficulté de mise en place • peu stable : problème de sécurité • émissions gazeuses en surface	• peu stable : difficulté de mise en place • peu stable : problème de sécurité • émissions gazeuses en surface	• localement conditions fortement acides • peu de retours d'expérience
Catalyseurs		ions ferreux		ions ferreux, H ₂ O ₂ , température élevée

L'injection d'oxydant peut se décliner sous différentes applications :

- Soit par injection gravitaire via un ou plusieurs piézomètres à mettre en place en amont de chaque pollution concentrée ;
- Soit par injection sous pression via un maillage de sondages ;
- Soit par injection en tubes à manchettes via des ouvrages d'injections spécifiques.

Ici, la réalisation au droit du site d'injections en tubes à manchettes est la plus adaptée, afin de favoriser le recours au phénomène d'imprégnation ou mixte fracturation / imprégnation en fonction des limites du terrain, plutôt que de fracturation hydraulique, afin d'atteindre un traitement le plus homogène possible.

La technique des tubes à manchettes est particulièrement adaptée aux sols meubles ou pulvérulents (sables et graviers), ainsi qu'aux sols faiblement cohérents (marnes et sables fins limoneux). Elle permet, tout en conservant le sol dans son état naturel, d'injecter une solution oxydante au moyen d'un dispositif de type tube à manchettes, scellé par un coulis de gaine. La mobilité de l'obturateur autorise une injection ciblée de l'oxydant au niveau de chacune des passées.

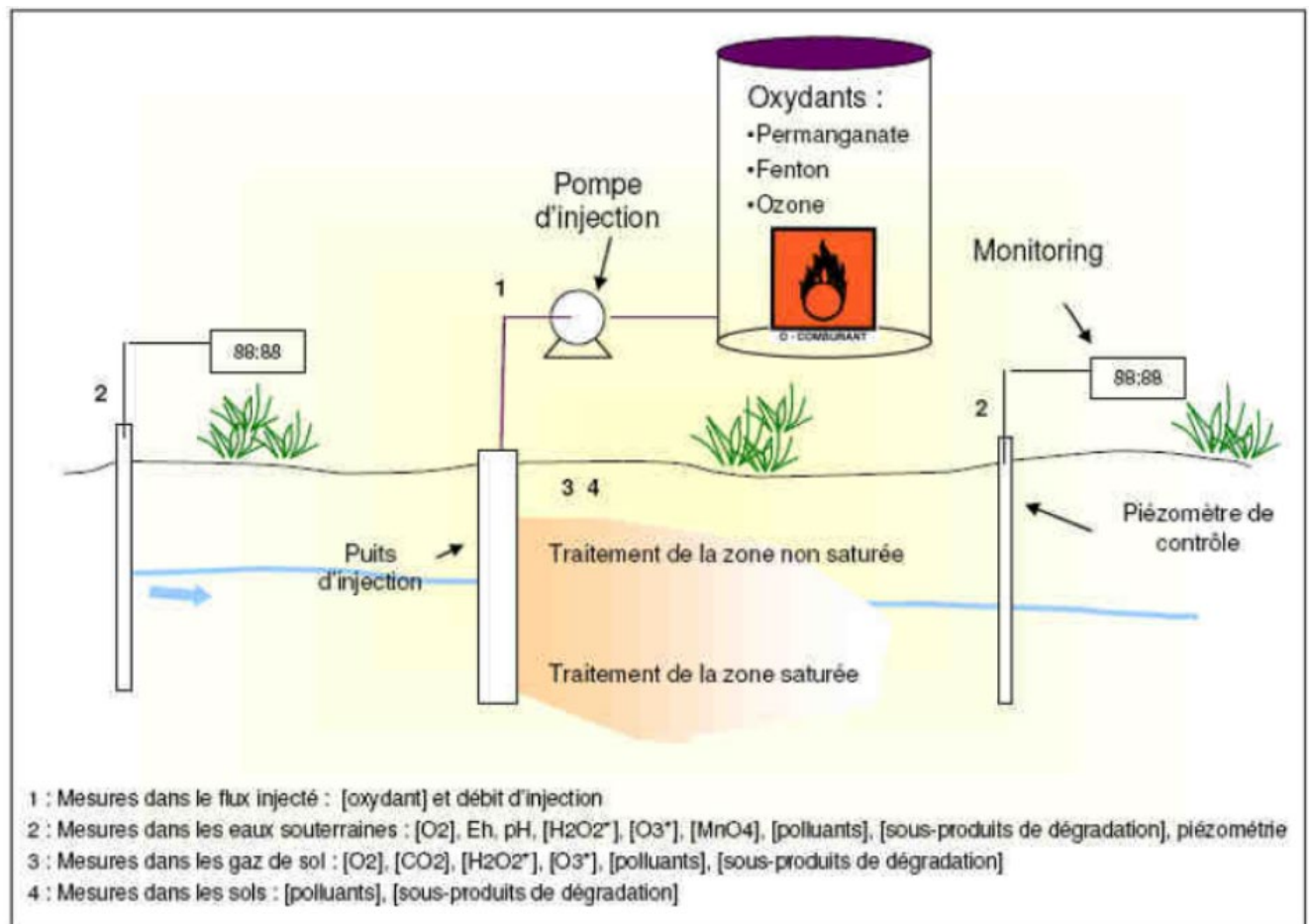


Figure 23 : Schéma de principe du traitement par oxydation in situ (Source : BRGM/RP-58609-FR)



● **Avantage | Inconvénient**

Les avantages de la technique de traitement d'une pollution en nappe par oxydation *in situ* sont les suivants :

- ⊕ Procédé destructif ;
- ⊕ La technique peut s'attaquer à un large spectre de polluants organiques ;
- ⊕ Les réactions sont rapides ;
- ⊕ Le procédé peut même être appliqué sur des fortes concentrations de polluants ;
- ⊕ L'oxydation peut être complète (minéralisation totale) ;
- ⊕ Si l'oxydation n'est pas totale, les sous-produits de dégradation générés peuvent être parfois plus biodégradables que les polluants initiaux, ce qui permet de combiner le traitement avec des techniques de bioremédiation au niveau du panache ;
- ⊕ Les oxydants ne sont pas très onéreux et ont une durée de vie faible (H_2O_2 , O_3) ou sont dans une certaine mesure naturellement présents dans les eaux souterraines (Fe et Mn).

Les principaux points faibles de la technique de traitement d'une pollution en nappe par oxydation *in situ* sont les suivants :

- ⊗ Il existe une possibilité de transfert des polluants (parfois partiellement détruits) et des oxydants dans les eaux souterraines avec possibilité de déplacement conséquent de la pollution : une bonne compréhension de la géologie et de l'hydrogéologie est nécessaire pour prédire le mouvement des oxydants et implanter les puits de récupération afin de permettre une récupération totale des oxydants si nécessaire ;
- ⊗ L'application de l'**Oxydation chimique *in situ*** dans un sol naturellement réducteur ou très riche en matières organiques (> 20%) entraîne une surconsommation excessive d'oxydant et de ce fait, une diminution du rayon d'action de l'oxydant. Les composés réducteurs les plus fréquemment rencontrés dans les sols sont des sulfures minéraux ou des formes réduites du fer et du manganèse. La teneur limite acceptable en matières organiques et autres composés réducteurs est dépendante des quantités d'oxydant nécessaires à la destruction des polluants, tenant compte de la consommation des matières organiques ;
- ⊗ Les propriétés chimiques, physiques et biologiques du sol peuvent être altérées ce qui peut potentiellement entraîner l'introduction de composés toxiques dans le sol :
 - ▶ Destruction de la matière organique des sols sur lesquels les polluants (notamment organiques) sont adsorbés ;
 - ▶ Oxydation de certains métaux et métalloïdes présents sous formes réduites et précipitées ;
 - ▶ Si l'oxydation n'est pas totale, les sous-produits de dégradation générés peuvent être parfois plus toxiques que les polluants initiaux (par exemple le chlorure de vinyle pour le perchloroéthylène et le trichloroéthylène).
- ⊗ Les oxydants sont peu sélectifs et réagissent avec de nombreuses espèces oxydables, ce qui entraîne une consommation plus importante d'oxydants ;
- ⊗ Le traitement des effluents est souvent requis ;
- ⊗ L'emploi de solutions parfois toxiques pour l'environnement ;
- ⊗ L'hétérogénéité des sols de subsurface peut interférer sur l'homogénéité de la distribution des oxydants et donc sur l'efficacité du traitement ; l'application est donc limitée dans le cas de sols à faible perméabilité ($< 10^{-5}$ m/s) ou présentant de fortes hétérogénéités verticales ou horizontales (écoulement préférentiels) ; ces données sont moins critiques pour l'injection par deep soil mixing ;



- ⊗ L'introduction de peroxyde et de permanganate peut conduire à la formation de particules et diminuer la perméabilité de l'aquifère ;
- ⊗ La manipulation des produits toxiques doit être réalisée avec précaution.

● Aspects liés à la sécurité

En phase chantier, les recommandations usuelles sont les suivantes :

- Le port des EPI classiques (vêtements de travail, gants, lunettes, masque à poussière pour les phases de déblais de sols impactés. En cas de présence d'éléments volatils, ports de masques à cartouches) ;
- Ne pas manger/boire dans la zone de travaux ;
- Se laver les mains après chaque vacation au poste de travail.

● Applicabilité au site

Pendant l'ensemble de ces opérations, un suivi de la qualité des eaux souterraines devra être réalisé par l'intermédiaire des piézomètres déjà existants sur site. Les analyses devront porter à *minima* sur les polluants présents, le produit oxydant utilisé et les composés de dégradation (la liste sera définie à l'issue des essais pilotes). La fréquence et la durée de traitement sera évaluée en fonction des résultats des essais pilote de terrain.

A ce stade au regard des deux nappes impactées sur deux horizons distincts entre 6 et 30 m de profondeur, une injection via des TAM (tubes à manchettes) est privilégiée permettant une répartition plus homogène de la solution oxydante et adaptabilité accrue au regard des différents horizons (pouvant être plus ou moins perméables sur la hauteur).

La réalisation de plusieurs injections pourra être nécessaire afin d'avoir des concentrations résiduelles significativement moins élevées qu'actuellement.

L'oxydation chimique in situ a déjà été réalisée au droit du site en injection gravitaire lors des travaux de réhabilitation menés par COLAS environnement en guise de traitement de finition. Bien que la méthode d'injection (gravitaire) ne fût pas la plus adaptée au contexte, l'oxydation chimique a montré une certaine efficacité dans la nappe des Calcaires de Saint-Ouen.

8.2.2.2. Scénario 2 : Pompage et traitement

● Présentation de la technique de gestion

Le pompage avec traitement consiste à extraire les eaux souterraines polluées et à les traiter sur site avant rejet (ou à les éliminer en centres agréés). Le type de traitement varie en fonction des polluants, des débits et des pourcentages épuratoires à atteindre. Ce traitement permet d'extraire les polluants organiques ou minéraux en phase dissoute dans la zone saturée et la frange capillaire et de les diriger vers des points d'extraction en vue de traitement.

La circulation d'eau induite par le pompage permet de générer un renouvellement de l'eau dans les pores de la zone saturée. Ainsi, l'eau se charge en polluants et les concentrations en polluants adsorbés sur la matrice solide et présents sous forme gazeuse diminuent. Afin de remobiliser autant de polluants que possible, un pompage par intermittence est souvent réalisé.

Il s'agit d'une technique relativement universelle puisqu'elle s'applique sur les pollutions organiques et minérales, qu'elles soient sous forme libre ou dissoute : composés organiques (semi)-volatiles, composés halogénés organiques (semi)-volatils, certains métaux/métalloïdes.

Cette technique s'applique principalement dans des aquifères relativement perméables (sablo-limoneux à graveleux) et homogènes.

La figure suivante présente le schéma de principe du pompage et traitement.

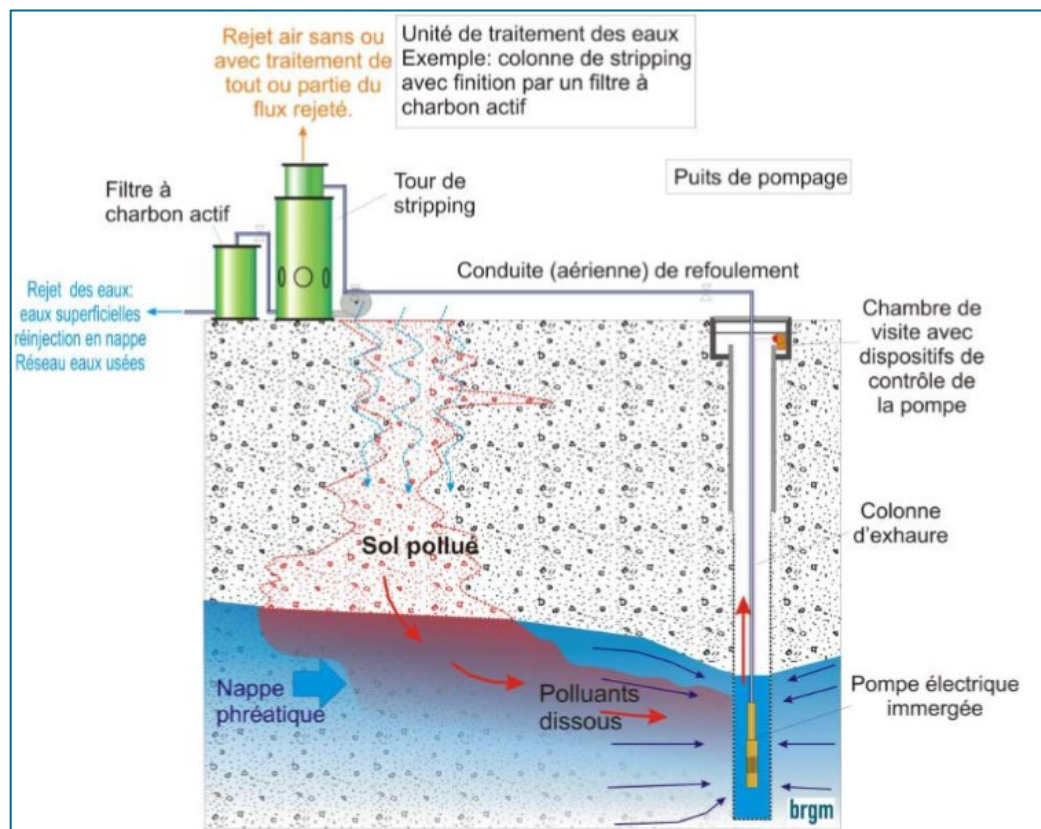


Figure 24 : Schéma de principe du pompage et traitement (source : BRGM - Selectdépoll)

● Procédure

Préalablement à la mise en place du traitement (unité de stripping et filtres à charbon actif), il conviendra de trouver un exutoire pour les eaux pompées. Le choix du point de rejet est primordial. Selon le contexte environnemental, les débits pompés et les autorisations administratives, les rejets pourront être réalisés :

- À certaines concentrations, dans les réseaux d'eaux usées, les réseaux d'eaux pluviales, les eaux superficielles, la nappe (réinjection) ;
- Dans certains cas dans des centres d'élimination agréés.

En pratique, étant donné les volumes pompés, l'élimination en centre agréé est peu fréquente ; elle se limite à des rejets faibles et concentrés.



Les paramètres à suivre lors d'une opération de pompage et traitement sont les suivants :

- La piézométrie ;
- La qualité des eaux souterraines en amont, en aval et au droit de la source de pollution :
 - ▶ Les paramètres pH, O₂, température, conductivité et redox ;
 - ▶ Les concentrations en polluants ;
 - ▶ Les concentrations en métabolites éventuels ;
 - ▶ Les concentrations en polluants non présents initialement dans les eaux souterraines mais pouvant éventuellement être mobilisés (métaux, ...) ;
 - ▶ Les concentrations en polluants dans les rejets aqueux (normes de rejets) ;
- Les paramètres relatifs au traitement des eaux (ex. : bilan de matière, séparation, ...) ;
- La caractérisation des effets « rebond ».

● **Avantage | Inconvénient**

Les avantages de la technique de pompage/traitement sont :

- ⊕ Technique fiable et éprouvée ;
- ⊕ Mise en œuvre relativement simple et rapide ;
- ⊕ Procédé permettant de traiter la phase dissoute relativement efficacement (surtout pour des polluants solubles) ;
- ⊕ Applicabilité à de nombreux polluants ;
- ⊕ Peu de perturbation de sols ;
- ⊕ Envisageable sous des bâtiments ;
- ⊕ Afin d'améliorer les rendements épuratoires, on peut y associer des procédés chimiques (lavage), biologiques et physiques (fracturation hydraulique) ;
- ⊕ Elle permet de stopper la migration des polluants en créant des points de fixation de la contamination dissoute (confinement hydraulique) ;
- ⊕ La position des piézomètres et des crépines permet de cibler précisément les zones à traiter ;
- ⊕ La ré-infiltration en amont des eaux pompées et traitées permet de limiter les flux vers l'extérieur et de forcer les écoulements au sein du piège hydraulique.

Ses inconvénients et facteurs limitants sont :

- ⊗ Selon la perméabilité de l'aquifère, les débits à traiter peuvent s'avérer important (cas de perméabilité élevée), l'unité de traitement devient donc la partie principale du coût du système. Il est donc primordial de bien optimiser le nombre et l'emplacement des points d'extraction ;
- ⊗ Un effet « rebond » est souvent observé, à la suite de la remobilisation des polluants à l'arrêt du traitement par dissolution des précipités, désorption de la phase solide et de la phase libre ; cet effet est particulièrement important dans le cas de DNAPL et de LNAPL en phase libre ;
- ⊗ Son efficacité est limitée dans le cas d'aquifère de faible perméabilité ($< 10^{-5}$ m/s), non homogène et/ou fracturé (passages préférentiels à travers les zones les plus perméables à l'eau) ;
- ⊗ Sans une maîtrise totale du sens d'écoulement des eaux souterraines, il y a un risque de dissémination de la pollution.



● Aspects liés à la sécurité

En phase chantier, les recommandations usuelles sont les suivantes :

- Le port des EPI classiques (vêtements de travail, gants, lunettes, masque à poussière pour les phases de déblais de sols impactés. En cas de présence d'éléments volatils, ports de masques à cartouches) ;
- Ne pas manger/boire dans la zone de travaux ;
- Se laver les mains après chaque vacation au poste de travail.

● Applicabilité au site

Au regard de la qualité de la nappe à l'échelle du site, en l'absence d'objectifs de réhabilitation chiffrés et de la qualité de l'eau hors site, la mise en œuvre de cette technique est soumise à des aléas à ce jour non connus et non maîtrisés (volume d'eau à traiter, possibilité de rabattement des eaux depuis l'extérieur du site, temps de traitement, effet rebond) et donc à des éventuels surcoûts non chiffrables à ce stade.

8.3. Limites

L'estimation des emprises a été réalisée à partir des données disponibles sur site actuellement. On rappellera que les zones de pollutions concentrées ne sont pas totalement délimitées (incertitudes d'extension à l'est).

Les problématiques liées à l'éventuelle présence d'amiante dans les sols ne sont pas prises en compte dans la présente étude.

L'ensemble des essais pilote/faisabilité sera étudiée dans le cadre du PCT (Plan de Conception des Travaux) présenté dans le § 0.



9. Bilan coûts/avantages des solutions envisagées – Plan de gestion

9.1. Méthodologie

L'analyse multicritère (ou bilan coûts/avantages) réalisée constitue un véritable outil d'aide à la décision, visant à comparer et à hiérarchiser les solutions de gestion des sols impactés aux droit du site. L'objectif de cette méthode est de faire ressortir objectivement la solution la plus adaptée au contexte, aux éventuels projets d'usage de la zone et aux attentes du Maître d'ouvrage.

L'outil d'évaluation utilisé est une grille d'analyse permettant de juger indépendamment chaque solution de gestion proposée et la réduction des impacts sur l'environnement associée.

Une notation est établie pour chaque technique pour chaque critère en fonction de la contrainte générée. De plus, pour chaque solution de réhabilitation, une note globale est calculée à partir de la somme des notations. Cette note globale est d'autant plus élevée que les contraintes environnementales, techniques, économiques, sociales et réglementaires sont faibles.

La solution de réhabilitation à privilégier est celle présentant à la fois :

- La plus faible contrainte globale ► note globale la plus forte ;
- Le meilleur compromis entre les aspects techniques, environnementaux, économiques, réglementaires et sociaux ► moyenne la plus forte pour chacun des critères évalués.

Le détail des critères considérés et des modalités d'évaluation et de hiérarchisation des solutions est présenté en détail dans le paragraphe 9.6.

9.2. Coûts unitaires pris en compte

9.2.1. SCENARIO 1 : « OXYDATION CHIMIQUE »

Les hypothèses pour le calcul de l'estimation des coûts relatifs au Scénario 1 : « Oxydation chimique » sont les suivantes :

- La prise en compte de la préparation du chantier ;
- La mise en place d'ouvrages en tubes à manchette pour chacun des aquifères sur l'ensemble de la zone impactée, comprenant les travaux de forages et d'équipement des ouvrages d'injection puis le géoréférencement par géomètre expert ;
- Les étapes de campagne d'injection (réalisation de 2 campagnes d'injection) comprendront les éléments suivants :
 - Amenée des installations/équipements ;
 - Balisage/signalisation des zones en travaux ;
 - Mise en place du/des modules d'injection et mélangeur ;
 - Mise en œuvre des injections ;
 - Repli des installations/équipements ;
 - Rangement, nettoyage général du site et de ses abords et remise en état des zones d'intervention.



- Campagnes d'échantillonnage des eaux souterraines à l'état initial, post-injections (avec une première campagne de suivi intervenant un mois à l'issue de la campagne d'injection puis avec des campagnes accomplies suivant une périodicité trimestrielle) ;
- Rayon d'action de 5 m avec une influence du traitement dans le sens d'écoulement des eaux souterraines pouvant aller jusqu'à 10 m ;
- Rapport de fin de travaux.

Il est admis que les prix de l'**Oxydation chimique *in situ*** (Source : BRGM) des eaux évoluent entre 30 à 115 €/m³ d'eaux traitées en place. D'après une actualisation des prix fournie par l'UPDS en septembre 2019, la moyenne basse estimée est de 32 €/m³, la moyenne haute de 60 €/m³ et le maximum de 90 €/m³ d'eaux traitées en place (hors consommation électrique).

Le tableau de synthèse d'estimation des coûts d'évacuation dans le cas du Scénario 1: « Oxydation chimique », est présenté ci-après.

Tableau 9 : Synthèse des coûts | Scénario 1 : « Oxydation chimique »

Scenario 1	Hypothèse basse (en k€)	Hypothèse haute (en k€)
Préparation administrative, technique et QHSE	8	9
Amenée/repli et location d'une base-vie pour 1 an	14	15
Pose des ouvrages de surveillance complémentaire et d'injections	54	59
Campagnes d'injection - 3 campagnes	191	209
Monitoring et suivi des ouvrages	29	32
Gestion des déchets (cuttings et déchets souillés)	18	20
Mise en œuvre des travaux de repli et de remise en état des espaces occupés	6	7
Production des rapports (d'installation, de suivi et de fin de travaux) et réunions (d'avancement et de clôture)	41	45
TOTAL hors MOE	361	396
Suivi MOE	54	59
TOTAL avec MOE	415	455

Le coût du scénario 1 : « Oxydation chimique » s'établirait donc entre 415 et 455 k€ HT avec la MOE.

Ces coûts sont une première estimation avant la réalisation du plan de conception de travaux.

9.2.2. SCENARIO 2 : « POMPAGE ET TRAITEMENT »

Les hypothèses pour le calcul de l'estimation des coûts relatifs au Scénario 2 : « Pompage et traitement » sont les suivantes :

- La prise en compte de la préparation du chantier ;
- La mise en place d'ouvrages pour chacun des aquifères avec des pompes immergées ;
- Un rayon d'influence jusqu'à 8 m, avec un rayon d'action compris entre 5 et 8 m et un débit critique de pompage de 1,9 m³/h ;
- Mise en place d'une unité de traitement des eaux (séparateur, filtre à sable, filtre à charbon actif) ;
- Rejet au réseau d'eau pluviale de la commune ;



- Le suivi des eaux pris en compte comprend :
 - ▶ Sur l'installation :
 - ... Un suivi hebdomadaire pendant le premier mois du traitement ;
 - ... Un suivi 2 fois par mois les 2 mois suivants ;
 - ... Un suivi mensuel par la suite ;
 - ▶ Sur les piézomètres du site et environnants :
 - ... Un suivi mensuel les 6 premiers mois ;
 - ... Un suivi trimestriel ensuite ;
 - ... Un suivi pour une durée de deux ans a été pris en compte.
- Les prix proposés ne prennent pas en compte le cout de l'énergie pouvant varier fortement ;
- Rapport de fin de travaux.

En 2009, il est admis que les coûts de traitement variaient entre 4 à 60 €/m³ d'eaux pompées/traitées (pour des profondeurs inférieures à 20 m). D'après une actualisation des prix fournie par l'UPDS en septembre 2019, la moyenne basse estimée est de 13 €/m³, la moyenne haute de 20 €/m³ et le maximum de 50 €/m³ d'eaux pompées/traitées (hors consommation électrique).

Le tableau de synthèse d'estimation des coûts dans le cas du Scénario 2 : « Pompage et traitement », est présenté ci-après.

Tableau 10 : Synthèse des coûts | Scénario 2 : « Pompage et traitement »

Scenario 2	Hypothèse basse (en k€)	Hypothèse haute (en k€)
Préparation administrative, technique et QHSE	5	10
Amenée/repli et location d'une base-vie pour 2 ans	28	30
Pose des ouvrages de pompage jusqu'à 30 m de profondeur	80	120
Amenée et repli des installations et équipement	25	35
Location annuelle de l'installation et suivi sur 2 ans	195	290
Remplacement de charbon actif	30	70
Suivi ESO / monitoring pendant 2 ans	35	45
Production des rapports (d'installation, de suivi et de fin de travaux) et réunions (d'avancement et de clôture)	40	45
TOTAL hors MOE	438	645
Suivi MOE	66	97
TOTAL avec MOE	504	742

Le coût du scénario 2 : « Pompage et traitement » s'établirait donc entre 504 et 742 k€ HT avec la MOE.

9.3. Limites du Plan de Gestion

L'estimation des coûts a été réalisée à partir des données disponibles sur le site actuellement, des retours d'expérience d'IDDEA et des entreprises de réhabilitation consultées.



Les coûts associés sont dépendants des scénarios envisagés. Les coûts ne tiennent pas compte non plus de l'éventuelle nécessité de dispositions constructives et/ou mesures de gestion d'urgence concernant les aspects de compatibilité sanitaires.

9.4. Suivis de la qualité de la nappe et des gaz de sols/air ambiant après travaux de réhabilitation

En fonction des résultats d'analyses sur les eaux souterraines à l'issue des travaux de réhabilitation, la mise en place d'un suivi des eaux souterraines post-travaux pourra être recommandée. Cette recommandation sera évaluée dans le rapport de récolement des travaux de réhabilitation.

Une vérification de la qualité de l'air ambiant après réception du bâti est recommandée au travers de la réalisation de 2 campagnes de prélèvements d'air ambiant à deux périodes climatiques distinctes (estivale/hivernale) au droit du vide sanitaire ou du sous-sol en fonction de la configuration, et au rez-de-chaussée simultanément.

Une surveillance de la qualité des gaz des sols pourra être mise en place à l'issue des travaux lors de 2 campagnes distinctes afin de confirmer les résultats avant travaux.

9.5. Synthèse de l'estimation des coûts

Sur la base des données disponibles à ce jour, pour chaque solution de gestion proposée pour les eaux souterraines, les coûts associés sont :

- « Oxydation chimique » entre 360 et 405 k€ HT (hors MOE) ;
- « Pompage et traitement » entre 440 et 650 k€ HT (hors MOE).

Nota : Ces prix tiennent compte des limites et hypothèses décrites au paragraphe 6.3.

9.6. Analyse multicritère

9.6.1. GRILLE D'ANALYSE

La grille d'analyse utilisée pour évaluer les solutions de réhabilitation est développée sur la base de la méthode WSM (Weight Sum Method). Elle a été adaptée en fonction des spécificités de la zone impactée, de manière à rendre compte des observations de terrain et à apprécier les contraintes liées au site et aux matériaux à traiter.

La grille d'analyse présentée en Annexe 2 se décompose en 7 critères d'évaluation de chaque solution de réhabilitation :

- Les paramètres de mise en œuvre ;
- Les nuisances à maîtriser ;
- Les impacts environnementaux des travaux ;
- Le coût ;



- Les délais ;
- Les contraintes de communication avec les acteurs du projet ;
- Les contraintes réglementaires et juridiques.

Les critères d'évaluation ont été sélectionnés sur la base de l'expérience acquise par IDDEA lors de la réalisation de projets analogues. Ils sont représentatifs des 5 grands thèmes : **milieu naturel, aspects sociologiques, aspects réglementaires, aspects techniques et aspects financiers**. Ces critères sont décomposés en sous-critères selon l'étendue des champs couverts (par exemple : les nuisances à maîtriser regroupent les aspects visuel, sonore, olfactif, sanitaire et le trafic généré par les travaux lors de la mise en place des solutions de gestion).

L'ensemble des éléments relatifs à l'analyse multicritère réalisée est consultable en annexe.

Une importance toute particulière a été portée à la définition et à la compréhension des champs couverts par les critères et les sous-critères. De la bonne assimilation de ces champs dépend une notation objective de chacune des solutions de gestion pour le site étudié.

● Le critère « paramètres de mise en œuvre ».

Ce critère vise à évaluer les aspects techniques des solutions de gestion. Chaque solution de traitement est jugée sur la base :

- De la complexité de réalisation du chantier (extension de la pollution, nature des matériaux concernés, volume de matériaux impactés à traiter, complexité du tri entre matériaux sains et contaminés, complexité de la réhabilitation) et des facteurs susceptibles de pénaliser sa mise en œuvre (accessibilité du site, distance du site avec les filières de traitement, conformité avec les Meilleures Techniques Disponibles) ;
- De la difficulté à implanter un réseau de surveillance pertinent et des contraintes d'utilisation qui en découlent ;
- Des contraintes intrinsèques au site à réhabiliter (compatibilité des usages actuels avec l'intervention de réhabilitation, confidentialité des activités, extension de la pollution, volume de matériaux impliqués).

● Le critère « nuisances à maîtriser »

L'évaluation des nuisances générées par chacune des solutions de réhabilitation porte sur les aspects :

- Visuels ;
- Sonores ;
- Olfactifs ;
- Sanitaires ;
- L'excédent de trafic généré.

Les nuisances générées sont susceptibles d'affecter les usagers (travailleurs) du site localisé à proximité et de ses alentours (riverains). Aucune pondération n'est appliquée en fonction de la nature de la nuisance ou de la cible affectée.

● Le critère « bilan environnemental »

Ce critère d'évaluation tient compte pour chaque solution :

- Du bilan énergétique global des différentes solutions de gestion ;



- De la maîtrise de la production et de la gestion des déchets qu'il s'agisse des matériaux impactés (remblais) présents ou des déchets générés lors du chantier de réhabilitation (déchets gazeux : gaz à effet de serre ; déchets solides, rejets éventuels d'effluents liquides) ;
- De l'importance des risques résiduels au terme du chantier de réhabilitation ;
- Le critère « coût ».

Il prend en compte l'ensemble des paramètres financiers depuis l'élaboration de la solution de réhabilitation (sous-critère « coût d'investissement »), sa mise en œuvre (sous-critère « pourcentage de sous-traitance »), le suivi du chantier et les coûts de son fonctionnement (sous-critère « coût de surveillance et de fonctionnement ») et les coûts des servitudes ou de la surveillance pendant et au terme du chantier de réhabilitation.

● Le critère « délais »

L'évaluation du délai global tient compte pour chaque solution de la durée de réalisation du chantier de réhabilitation de la zone impactée et du temps de surveillance résiduel au terme de la mise en œuvre du traitement.

● Le critère associé aux notions « d'acceptation sociale et de communication »

Le travail de communication et d'acceptabilité sociale s'adresse à l'ensemble des acteurs intervenant, ou susceptible d'intervenir, dans le cadre du chantier de réhabilitation du site. Il s'agit des administrations et services de l'état (Préfecture et services décentralisés : DREAL, DDT, ...), des collectivités locales, des usagers du site et de ses abords, et, éventuellement des riverains.

● Le critère « réglementaire et juridique »

Ce critère prend en compte :

- Les engagements réglementaires du maître d'ouvrage qui découlent du choix de la solution de réhabilitation ;
- La durée de cet engagement ;
- Les conditions de transfert de l'engagement à un tiers en cas notamment de cession du site ou de gestion de la source selon des filières externes.

A titre d'exemple, en cas de maintien d'un déchet au droit d'un site, la responsabilité du maître d'ouvrage est opposable sans limite de durée. En cas d'envoi des matériaux impactés vers une filière adaptée, le maître d'ouvrage transfère à un tiers ses responsabilités.

9.6.2. MODALITES D'EVALUATION

L'évaluation des solutions de réhabilitation a été réalisée en appliquant les principes suivants :

- Le même contexte s'applique à l'ensemble des solutions de réhabilitation. De fait, les données recueillies relèvent d'une expertise spécifique et ont été considérées comme neutre au regard de la solution retenue ;
- Chaque solution de réhabilitation est jugée indépendamment à l'aide de la même grille d'évaluation ;
- L'ensemble des critères ou sous critères d'évaluation possède le même poids relatif. Cette évaluation n'a fait l'objet d'aucune volonté stratégique de surreprésenter l'un des critères ou sous critère en vue de privilégier les aspects environnementaux ou économiques par exemple.



Une importance toute particulière a été portée dans le choix des données et leur notation afin qu'elles reflètent aussi objectivement que possible la valeur environnementale, sociologique, réglementaire, technique et financière de chaque solution de réhabilitation. Pour chaque solution de réhabilitation, les critères et/ou sous critères développés dans la grille d'évaluation ont fait l'objet d'une approche purement descriptive sur la base des données à collecter au terme des différentes phases de l'étude, des éléments rassemblés dans le cadre de la rédaction du plan de gestion et de notre expérience acquise lors de la gestion de projets analogues.

Chaque description a fait l'objet d'une traduction chiffrée sur une base de notation sur 5 en fonction de la contrainte générée (contrainte très forte, forte, moyenne, faible et pas de contrainte). Une valeur forte (5) est attribuée à la donnée qui s'avère favorable au projet. À l'inverse une valeur faible (1) caractérise la donnée défavorable à celui-ci.

Pour chaque critère, une valeur moyenne a été calculée sur la base des notations données à chaque sous critère.

De plus, pour chaque solution de réhabilitation, une note globale a été calculée à partir de la somme des notations. Cette note globale est d'autant plus élevée que les contraintes environnementales, techniques, économiques, sociales et réglementaires sont faibles.

9.6.3. MODALITES DE HIERARCHISATION DES SOLUTIONS DE REHABILITATION

La solution de réhabilitation retenue est celle présentant à la fois :

- La plus faible contrainte globale ► note globale la plus forte ;
- Le meilleur compromis entre les aspects techniques, environnementaux, économiques, réglementaires et sociaux ► moyenne la plus forte pour chacun des critères évalués.

La note globale pour chaque solution de réhabilitation est présentée sous la forme d'un tableau de synthèse. Pour juger de la solution conciliant au mieux l'ensemble des aspects retenus, les moyennes sont représentées sous la forme d'un graphique de type radar.

La grille d'évaluation vierge est présentée en annexe. Cette visualisation permet de faire ressortir de manière très pédagogique les aspects qui pénalisent ou favorisent l'une des solutions par rapport aux autres.

9.6.4. RESULTATS ET CONCLUSION DE L'ANALYSE MULTICRITERE

Les résultats de l'analyse multicritères, pour la gestion de la zone de pollution concentrée en COHV sont présentés sous la forme de diagramme dans les figures ci-dessous. Les tableaux des analyses multicritères sont présentés en Annexe 2.

Au regard de la méthodologie de notation mise en œuvre par IDDEA pour **la gestion des eaux souterraines** de la zone impactée, le scénario 1 (oxydation in situ) obtient la moyenne des différents critères évalués la plus forte : 121, contre 108 pour le scénario 2 (pompage traitement). Le scénario 1 correspond ainsi au meilleur compromis entre les aspects techniques, environnementaux, économiques, réglementaires et sociaux.

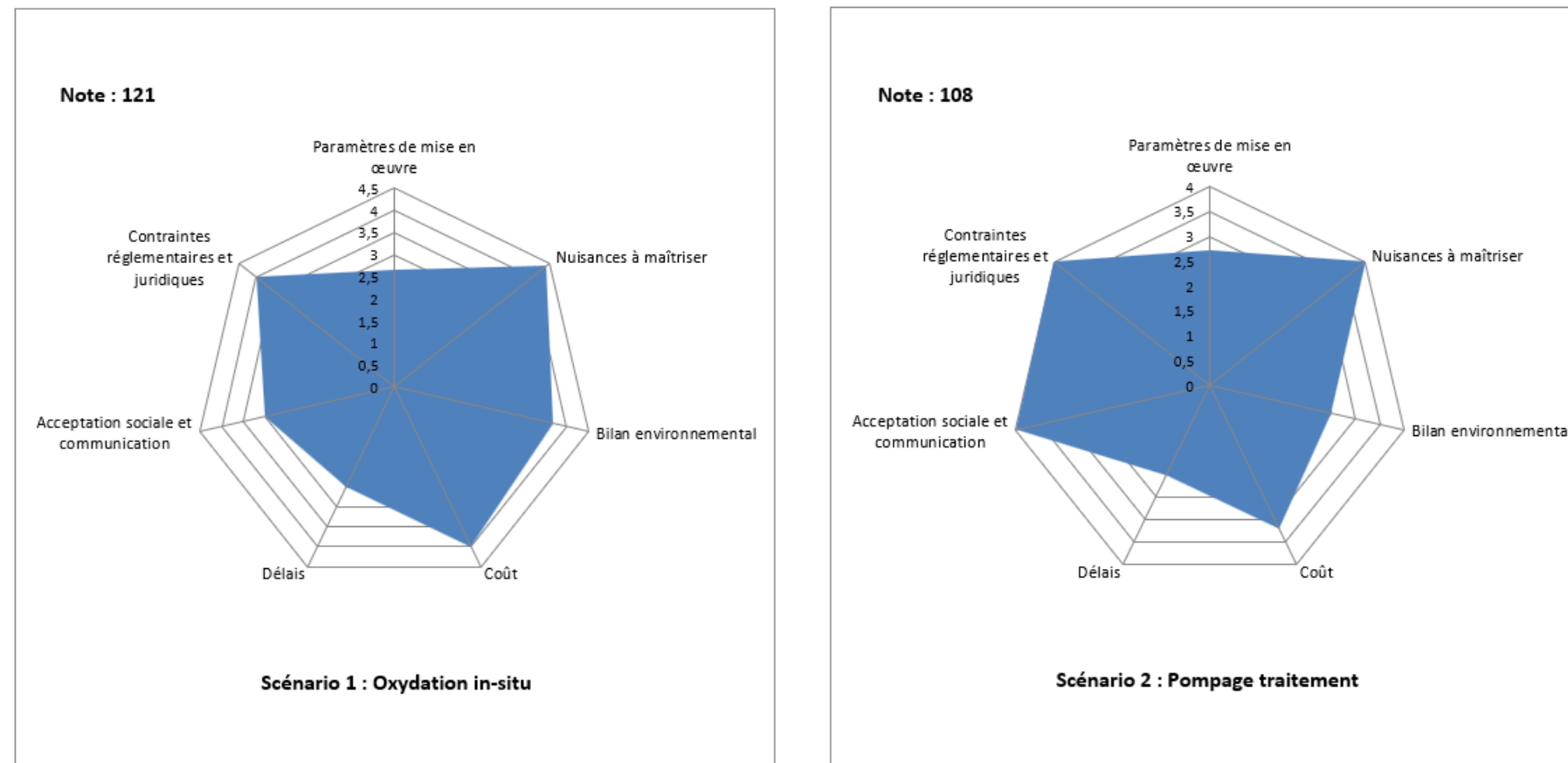


Figure 25 : Diagrammes des résultats de l'analyse multicritères pour chacun des scénarios



10. Modèle de fonctionnement

Le modèle de fonctionnement ci-après intègre les mesures de gestion définies dans le cadre de la présente étude.

10.1. Identification des sources de pollution

Pour donner suite au traitement des sources concentrées en COHV, les éléments suivants seront donc pris en compte comme sources de pollution résiduelles :

- Dans les sols : aucune source de pollution n'a été identifiée à travers les différentes études menées ;
- Dans les eaux souterraines : teneurs résiduelles, inférieures à actuellement ;
- Dans les gaz des sols : teneurs résiduelles, inférieures à actuellement.

10.2. Les vecteurs de transfert

Les vecteurs de migration potentiels des substances polluantes mises en évidence dans les milieux investigués sont les suivants :

- L'air ambiant via les gaz des sols ;
- La nappe superficielle (nappe des Calcaires de Saint-Ouen) et nappe sous-jacente (nappe des Sables de Beauchamp) en lien hydraulique.

10.3. Les cibles

En configuration projet, les cibles identifiées sont :

- Pour l'usage industriel :
 - ▶ Les travailleurs (adultes) ;
- Pour l'usage de logements :
 - ▶ Les futurs résidents (adultes ou enfants) ;
 - ▶ Les visiteurs (adultes et enfants) ;
 - ▶ De possibles travailleurs (adultes).

La mise en place de potagers et d'arbres fruitiers n'est pas retenue dans le cadre des futurs aménagements.

Au vu du contexte hydrogéologique et des données disponibles, l'exposition des cibles sensibles recensées situées en aval hydraulique du site à des composés provenant du site n'est pas vraisemblable car aucun impact n'a été identifié hors emprise du site et ses abords immédiats.



10.4. Schéma conceptuel tenant compte des modes de gestion proposés

Les aménagements suivants ont été pris en compte pour l'élaboration du modèle de fonctionnement :

- Pour l'usage industriel :
 - ▶ Un bâtiment de plain-pied ;
 - ▶ Des espaces verts et parkings extérieurs ;
- Pour l'usage de logement :
 - ▶ Bâtiment à usage de logements de plain-pied ou potentiellement sur un niveau de sous-sol à usage de parking souterrain ;
 - ▶ Espaces verts et jardins privatifs avec recouvrement par des terres saines ;
 - ▶ Voiries/espaces bitumés ou bétonnés.

Le tableau ci-après liste les voies d'exposition possibles identifiées d'après les informations intégrées dans le présent rapport.

Tableau 11 : Voies d'exposition potentielles – Usage industriel

Source	Vecteur	Cible	Voie d'exposition	Commentaire
Sol Anomalies en EMM et quantifications en COHV Dans les eaux souterraines Des quantifications en COHV dont des impacts généralisés en PCE et des quantifications en HC aliph, dans les 2 premières nappes (Saint-Ouen et Beauchamp)	Air du sol puis air ambiant	Les travailleurs	Inhalation de vapeurs	Retenue
	Sol Porté main-bouche		Ingestion de sol	Non retenu
	Vent		Inhalation de poussières de sol	Non retenu – recouvrement des espaces verts (mesure de gestion)
	Gaz des sols	Les travailleurs Populations travaillant ou logeant en aval hydraulique du site	Perméation à travers les canalisations	Retenue au regard des concentrations mises en évidence dans les gaz des sols
	Eaux météoriques lixiviant les sols vers la nappe superficielle		Ingestion d'eau	Non retenue
			Ingestion de végétaux arrosés avec l'eau de la nappe superficielle	
			Inhalation de vapeurs	Retenue au regard des concentrations mises en évidence dans les eaux souterraines et les gaz des sols Les teneurs hors emprise décroissent rapidement et sont résiduelles



Tableau 12 : Voies d'exposition potentielles – Usage de logements avec travailleurs

Source	Vecteur	Cible	Voie d'exposition	Commentaire
Sol Anomalies en EMM et quantifications en COHV Dans les eaux souterraines Des quantifications en COHV dont des impacts généralisés en PCE et des quantifications en HC aliph, dans les 2 premières nappes (Saint-Ouen et Beauchamp)	Air du sol puis air ambiant	Les futurs résidents (adultes et enfants), les travailleurs et les usagers	Inhalation de vapeurs	Retenue
	Sol Porté main-bouche		Ingestion de sol	Non retenues car recouvrement par des terres saines prévu dans le cadre du projet
	Vent		Inhalation de poussières de sol	
	Gaz des sols	Les futurs résidents (adultes et enfants), les travailleurs et les usagers Les futurs résidents (adultes et enfants), les travailleurs et les usagers Populations travaillant ou logeant en aval hydraulique du site	Perméation à travers les canalisations	Retenue au regard des concentrations mises en évidence dans les gaz des sols
	Eaux météoriques lixiviant les sols vers la nappe superficielle		Ingestion d'eau	Non retenue, car non prévu dans le cadre du projet
			Ingestion de végétaux arrosés avec l'eau de la nappe superficielle	
			Inhalation de vapeurs	Retenue au regard des concentrations mises en évidence dans les eaux souterraines et les gaz des sols Les teneurs hors emprise décroissent rapidement et sont résiduelles

Remarque : la circulaire du 31 octobre 2014⁵ préconise de ne pas transposer de VTR voies orale ou respiratoire à la voie cutanée. Aucune quantification des niveaux de risque sanitaire ne pouvant être établie à ce jour, cette voie d'exposition n'est donc pas évoquée ci-dessus.

La Figure 26 présente le modèle de fonctionnement qui peut être élaboré à partir des informations disponibles à ce jour.

⁵ Circulaire n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations de risque sanitaire dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.

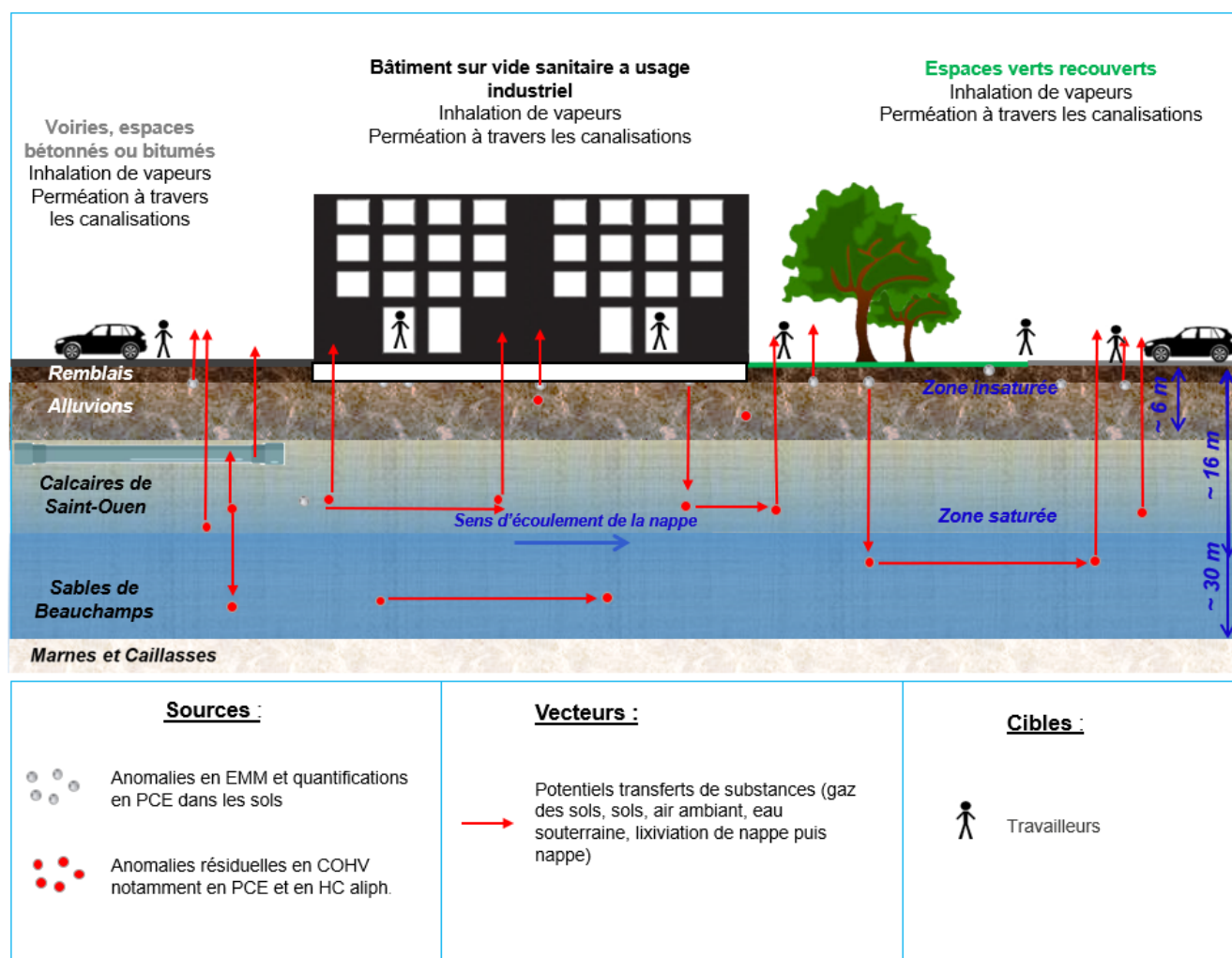


Figure 26 : Modèle de fonctionnement – Usage industriel

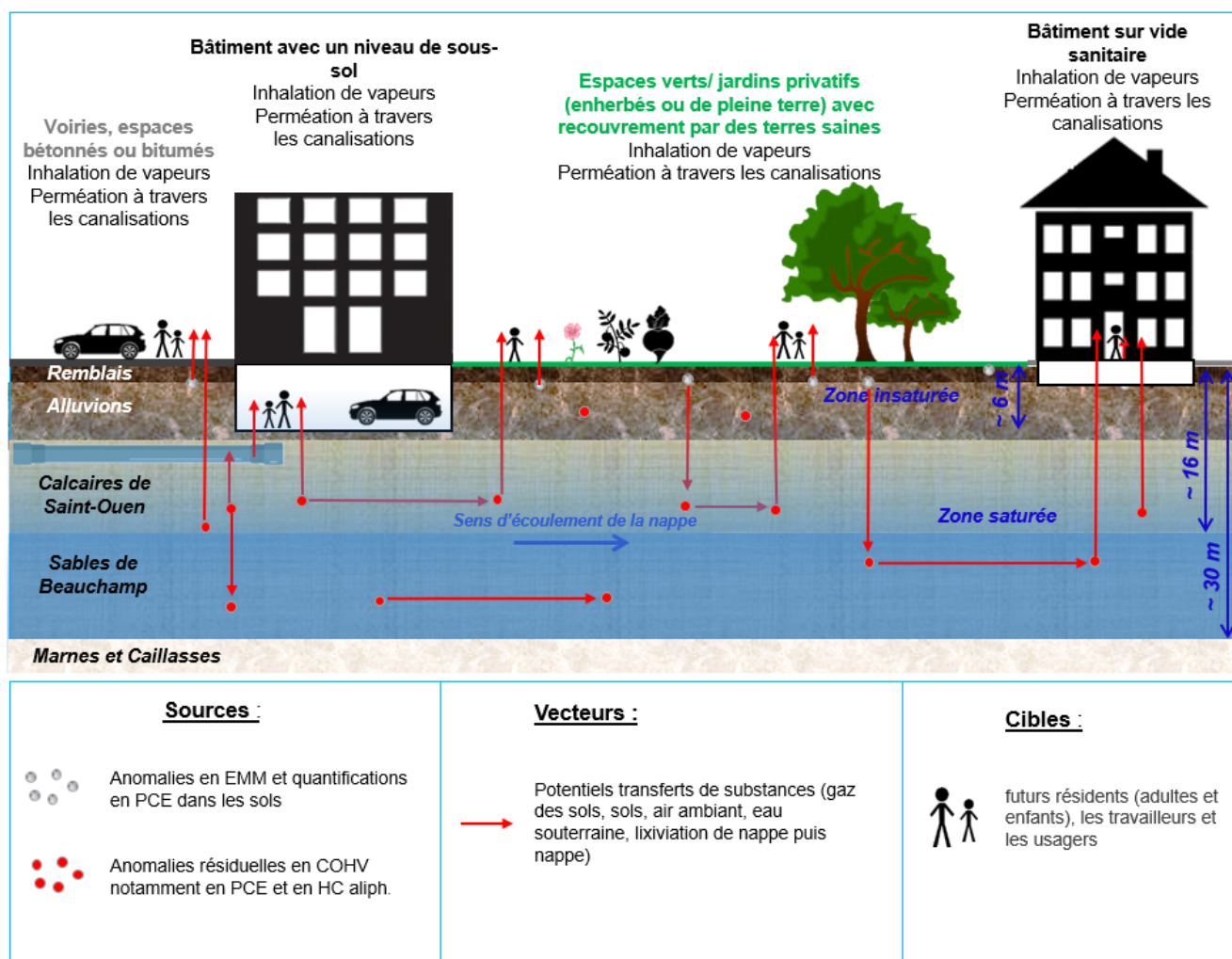


Figure 27 : Modèle de fonctionnement – Usage de logements avec travailleurs



11. Compatibilité sanitaire

Dans la mesure où aucune pollution concentrée n'a pu être définie dans les sols et qu'aucune corrélation ne peut être faite entre les teneurs dans les sols et dans les eaux souterraines / gaz des sols, les seuls contributeurs de la dégradation des milieux sont les eaux souterraines et les gaz des sols.

Au vu des différents paragraphes présentés précédemment, l'amélioration de la qualité de la nappe présente un objectif à la fois sanitaire et vis-à-vis de la maîtrise de la source eaux souterraines. Aucun seuil de coupure ne peut être défini dans les eaux souterraines, ainsi un objectif qualitatif est retenu, et non quantitatif.

Le maillage sur les eaux souterraines est assez dense et un maillage systématique des gaz des sols ayant été réalisé avec des relevés en profondeur et en surface (doublets de piézairs) cela permet d'appréhender le milieu qui présente les niveaux de dégazages les plus élevés.

Ainsi, la réalisation d'une étude de risques sanitaires a été réalisée en 2024 (Analyse des Risques Résiduels IDDEA IDA240090_vB du 08.10.2024 –Annexe 3). Bien que cette étude ait été réalisée avant l'acquisition de l'ensemble des données présentées dans le Plan de Gestion, les conclusions sanitaires de cette étude peuvent être reprises ici car représentatives. De plus, cette étude a été réalisée sur la base d'un projet de logements avec la présence de travailleurs, par extension et par mesure conservatoire volontairement pénalisante, la prise en compte d'un usage industriel est couvert par les calculs réalisés pour des travailleurs dans l'ARR.

Description des aménagements pris en compte

Les aménagements retenus sont :

- Pour l'usage industriel :
 - ▶ Bâtiment industriel sur vide sanitaire ;
 - ▶ Voiries/espaces verts et espaces verts recouverts.
- Pour l'usage de logements :
 - ▶ Bâtiments à usage de logements avec un niveau de sous-sol ou un vide sanitaire ;
 - ▶ Voiries/espaces verts et espaces publics recouverts.

Voie d'exposition et cibles et prises en compte

Les voies d'exposition retenues dans le cadre de l'ARR et pouvant être reprises ici sont :

- L'inhalation de vapeurs de substances volatiles par des adultes et des enfants résidents dans les bâtiments à usage de logements avec sous-sol (à usage de parking) ou vide sanitaire ;
- L'inhalation de vapeurs de substances volatiles par des adultes travailleurs et des enfants visiteurs d'un bâtiment avec sous-sol (à usage de parking) ou vide sanitaire ;
- L'inhalation de vapeurs de substances volatiles par des adultes et des enfants sur des voiries ou des espaces verts recouverts. Le choix le plus conservatoire a été retenu dans le calcul final.

Un cumul des voies d'exposition a été étudié pour établir les conclusions de l'étude.



Conclusions et recommandations de l'analyse des enjeux sanitaires

Au regard des valeurs de référence fixées par la méthodologie d'avril 2017 fixant les niveaux de risque sanitaire dits « acceptables », la qualité du sous-sol est compatible avec la construction :

- De bâtiments à usage industriel sur vide sanitaire ;
- Des bâtiments (logements) sur sous-sol (à usage de parking) ou vide sanitaire ;

Ces 2 aménagements peuvent présenter des aménagements de type voiries, parkings et espaces verts à usage récréatives recouverts.

IDDEA recommande la mise en place d'un vide sanitaire d'une hauteur de 60 cm, dallé en fond (0,1 m d'épaisseur) et ventilé mécaniquement à 1 volume par heure. La modification de ces paramètres devra être validée par la mise à jour des calculs.

12. Eléments préalables à la conception des travaux et mise en œuvre des essais (PCT)

12.1. Définition de la zone à traiter

Aucun objectif n'est établi sur le milieu des eaux souterraines. La réhabilitation ne visera qu'à améliorer la qualité actuelle des nappes au droit des zones de sources concentrées identifiées, en vue de diminuer le dégazage dans les gaz des sols et limiter le transfert en aval.

Les travaux concernent les zones impactées aux COHV dans les nappes des calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp. Les emprises estimatives de ces zones sont de l'ordre de :

- Environ 550 m² pour la nappe des calcaires de St-Ouen entre 6 et 17 m de profondeur ;
- Environ 740 m² pour la nappe des sables de Beauchamp entre 17 et 30 m de profondeur.

Les figures ci-dessous présentent les zones de sources concentrées identifiées dans les nappes des calcaires de Saint-Ouen et sables de Beauchamp.

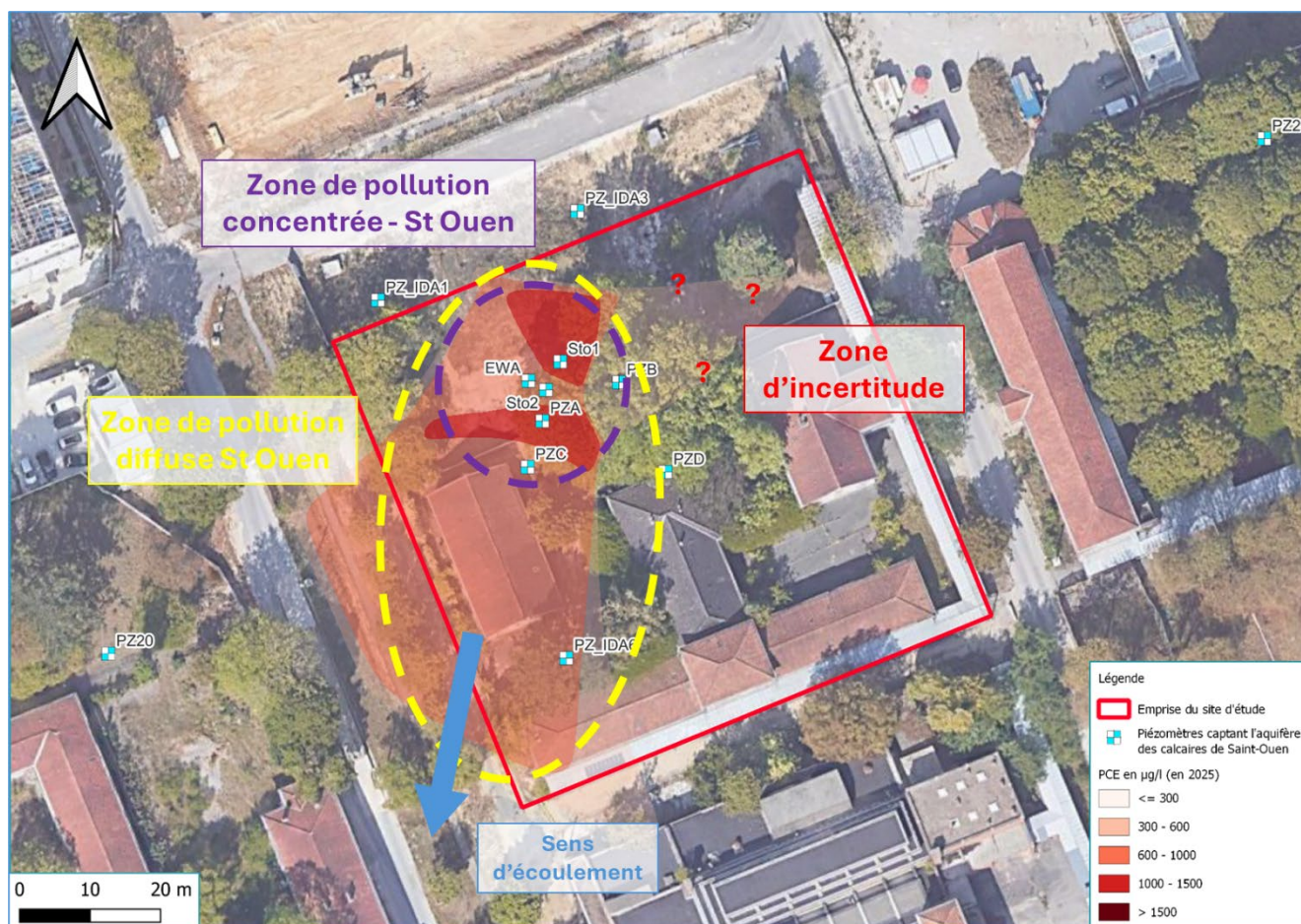
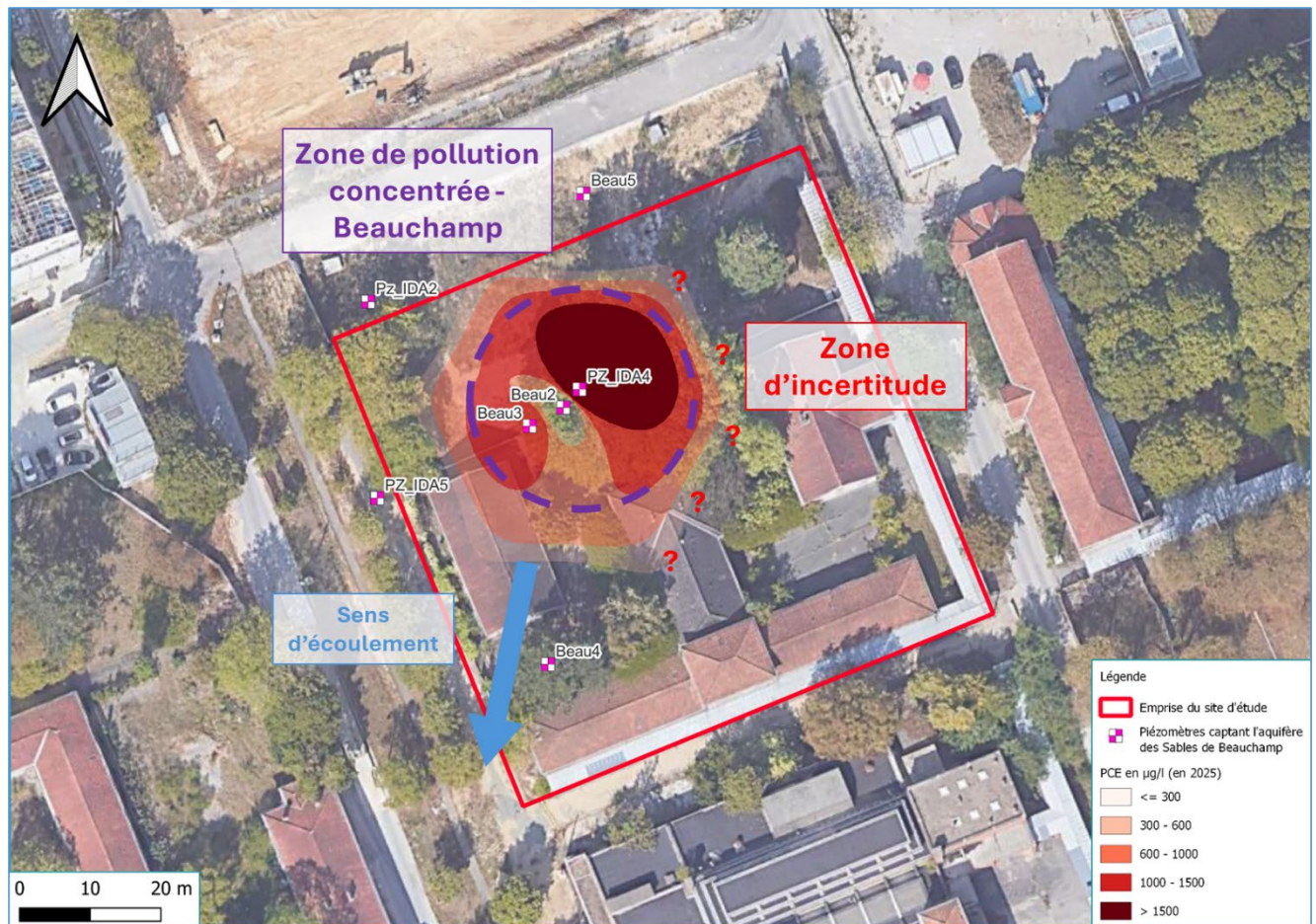


Figure 28 : Plan de localisation des zones de pollution concentrée dans la nappe des Calcaires de Saint-Ouen sur fond de vue aérienne (Source : Géoportail – Annotations IDDEA)



12.2. Choix des stratégies de réhabilitation à étudier

Pour rappel, il a été souhaité qu'une solution de réhabilitation *in situ* des COHV soit envisagée pour la réhabilitation des aquifères, la solution étudiée est l'oxydation chimique. Cette solution a été retenue car déjà appliquée au droit du site lors de précédents travaux de réhabilitation, elle avait donné des résultats probants avec une baisse des concentrations. De plus le volume d'eau à pomper et traiter dans le cadre d'un pompage / traitement est très élevée au regard des volumes en présence, et la technique est plus longue avant d'avoir une amélioration de l'état de la nappe, et les données actuelles ne permettent pas de garantir l'efficacité de la technique, contrairement à l'oxydation.

Les essais pilotes de terrain ont été confiés à SARPI Remédiation France, sur la base d'un cahier des charges réalisé par IDDEA, le rapport de synthèse établi est présenté en **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**

Les essais menés par SARPI Remédiation ont eu pour objectif de dimensionner les traitements par oxydation chimique in-situ (ISCO) dans les nappes du des Calcaires de St-Ouen et des Sables de Beauchamp.



12.3. Synthèse des essais pilotes

12.3.1. PREAMBULE

En 2025, des essais de terrains ont été confiés à la société SARPI Remédiation France comprenant la réalisation :

- Essais de pompage sur site pour caractérisation de la nappe des Sables de Beauchamp ;
- Essais d'injection sur site dans les nappes des Calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp.

Le but de ces essais pilote de terrain a été d'acquérir les données nécessaires au dimensionnement du traitement à l'échelle du site d'étude, par oxydation chimique sur la base de l'ensemble des données recueillies et de l'étude des éléments connexes critiques.

12.3.2. IMPLANTATION DES OUVRAGES

Pour les besoins des essais, SARPI Remédiation a mis en place les ouvrages suivants :

- Cinq ouvrages de surveillance de la nappe des Sables du Beauchamp - Beau 1 à Beau 5 ;
- Deux ouvrages de surveillance de la nappe des Calcaires du Saint-Ouen - Sto1 et Sto2 ;
- Un ouvrage d'injection - Inj_Tam1 ;
- Un ouvrage pour le pompage de la nappe du Beauchamp – Beau_P / Beau_Pbis.

L'ouvrage Beau_P s'est avéré non exploitable pour les essais (alimentation faible vis-à-vis des autres ouvrages captant la nappe des Sables de Beauchamp). Un ouvrage en substitution nommé BeauP_bis, avec un diamètre inférieur, tout en garantissant la représentativité des essais, a été mis en place après accord de la MOE.



Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des ouvrages créés.

Tableau 13 : Caractéristique des ouvrages créés par SARPI

Nom	Profondeur (m)	Tubage (m)	Diamètre int/ext (mm)	Profondeur tube plein (m)	Profondeur tube crépiné (m)	Utilisation
Beau P	28,5	PEHD	110/125	0 - 17	17 - 28,5	Puits de pompage (non exploitable)
Beau P_bis	29,5	PVC	80/90	0 - 17	17 - 29,5	Puits de pompage
Beau1	28,5	PEHD	52/60	0 - 17	17 - 28,5	Piézomètre de contrôle test d'injection et pompage
Beau2	28,5	PEHD	52/60	0 - 17	17 - 28,5	Piézomètre de contrôle test d'injection et pompage
Beau3	28,5	PEHD	52/60	0 - 17	17 - 28,5	Piézomètre de contrôle test d'injection et pompage
Beau4	28,5	PEHD	52/60	0 - 17	17 - 28,5	Piézomètre de contrôle de la qualité de la nappe des Sables du Beauchamp
Beau5	28,5	PEHD	52/60	0 - 17	17 - 28,5	Piézomètre de contrôle de la qualité de la nappe des Sables du Beauchamp
Inj_Tam 1	28,5	PVC	40/48	0 - 6	Manchette vissée de 6 - 30 m par passe de 33 cm	Puits d'injection de l'oxydant
Sto1	15	PEHD	52/60	0 - 6	6 - 15	Piézomètre contrôle test d'injection
Sto2	15	PEHD	52/60	0 - 6	6 - 15	Piézomètre contrôle test d'injection

*Les ouvrages Sto concerne la nappe des Calcaires de Saint-Ouen et les ouvrages Beau concerne la nappe des Sables de Beauchamp, l'ouvrage d'injection et les ouvrages de pompage concernent les deux nappes.

La figure ci-dessous présente un plan d'implantation des ouvrages mis en place par SARPI Remédiation.

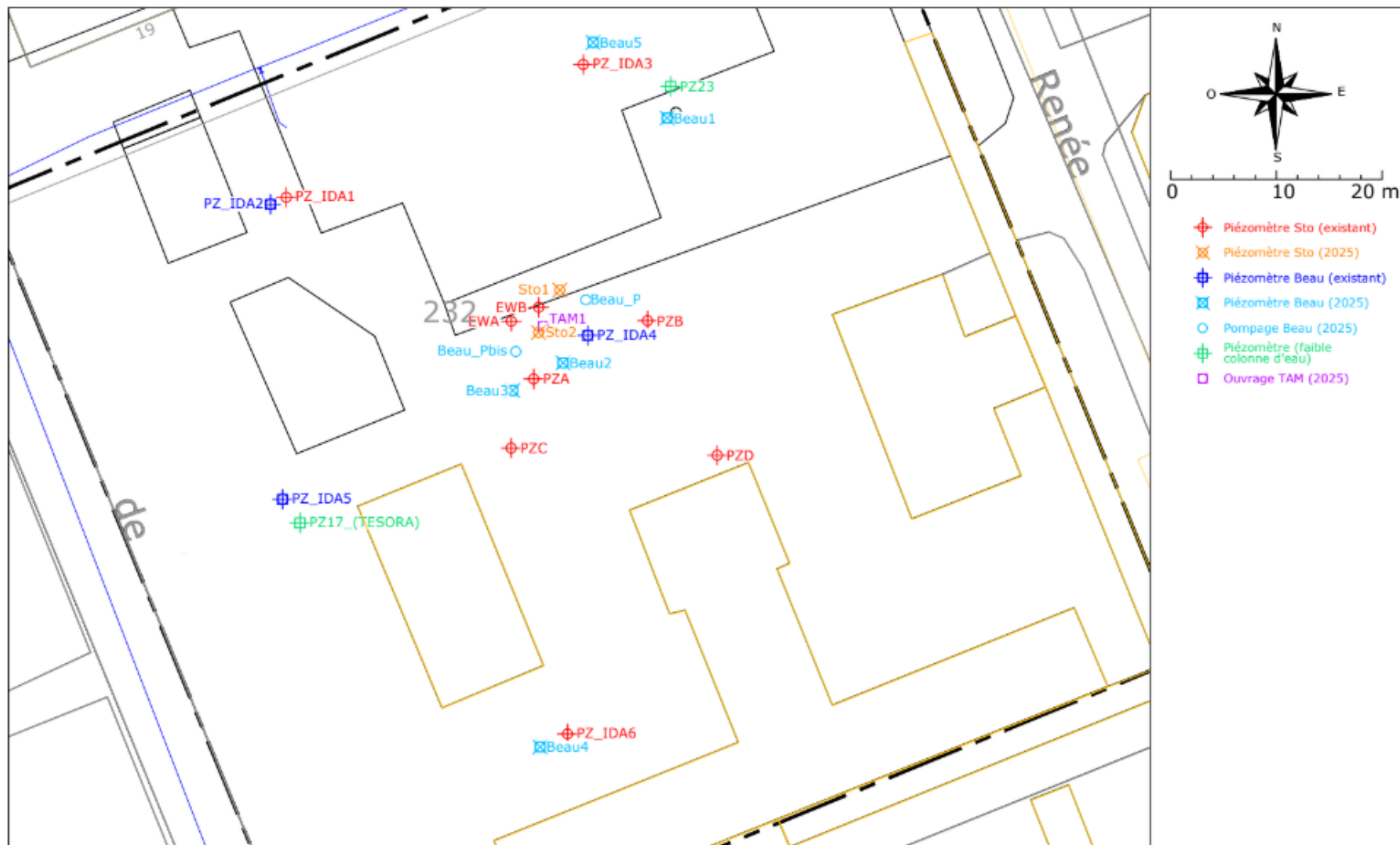


Figure 30 : Plan de localisation des ouvrages mis en place SARPI Remédiation (Source : SARPI Remédiation)



12.3.3. REALISATION DE L'ETAT INITIAL

A l'issue de l'installation des ouvrages piézométriques pour les besoins des essais, une campagne de prélèvement des eaux souterraines a été réalisée entre le 29/08/2025 et 02/09/2025 sur les ouvrages captant la nappe des Calcaires de Saint-Ouen : PZA, Sto2, PZC, PZ_IDA6, EWA, Sto1, PZ_IDA3, et les ouvrages captant la nappe des Sables de Beauchamp : Beau2, Beau3, Beau4, Beau5, PZ_IDA4 et PZ_IDA5.

Les résultats ont mis en évidence la présence de tétrachloroéthylène avec les concentrations suivantes :

- Sur la nappe de Calcaires de Saint-Ouen :
 - ▶ Comprises entre 1 000 et 1 500 µg/l sur PZA et Sto1;
 - ▶ Comprises entre 500 et 1 000 µg/l sur Sto2, PZC et EWA ;
 - ▶ Comprises entre 100 et 500 µg/l sur Pz_IDA6 ;
 - ▶ Inférieures à 100 µg/l sur Pz_IDA3.
- Sur la nappe des Sables de Beauchamp :
 - ▶ Supérieures à 2000 µg/l sur Pz_IDA4 ;
 - ▶ Comprises entre 1 000 et 1 500 µg/l sur Beau3 ;
 - ▶ Inférieures à 100 µg/l sur Beau2, Beau4, Beau5 et Pz_IDA5.



Le tableau ci-dessous présente une synthèse des résultats de la campagne initiale pour les COHV.

Tableau 14 : Synthèse des résultats de la campagne initiale pour les COHV (Source : SARPI Remédiation)

Ouvrage	EWA	PZA	Sto1	Sto2	PZC	PZIDA3	PZIDA6	Beau 2	Beau3	Beau4	Beau5	Pz_IDA4	Pz_IDA5
COHV (µg/l)	Captant la nappe des Calcaires de Saint-Ouen							Captant la nappe des Sables de Beauchamp					
chlorure de vinyle	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Dichlorométhane	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cis 1,2 dichloroéthylène	1,7	3,8	0,6	31	3,8	<0,1	2,9	6,3	260	<0,1	0,51	2,9	23
Trans 1,2 dichloroéthylène	<0,1	<0,1	<0,1	0,67	0,19	<0,1	0,16	0,14	8,5	<0,1	<0,1	<0,1	0,58
Chloroforme (trichlorométhane)	0,66	0,55	0,41	0,58	0,13	0,84	0,85	<0,1	0,11	<0,1	<0,1	0,37	<0,1
1,1,1-trichloroéthane	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tétrachlorométhane	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Trichloroéthylène	2,7	9,5	1,1	39	5,4	0,26	4,3	2,8	130	<0,1	0,7	17	2,4
Tétrachloroéthylène	880	1500	1100	770	940	88	430	76	1100	0,78	0,92	2300	14
1,1-dichloroéthylène	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,2-dichloroéthane	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
1,2-dichloropropane	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
trans-1,3-dichloropropène	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
cis-1,3-dichloropropène	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Bromoforme	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Hexachlorobutadiène	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Somme COHV	880	1500	1100	770	940	88	430	76	1100	0,78	0,92	2300	14

Les résultats sur les eaux souterraines de l'aquifère des Sables de Beauchamp présente des concentrations plus élevées au droit des ouvrages Pz_IDA4 et Beau3 situés au droit de l'ancienne blanchisserie, les ouvrages en limite du site (Beau4, Beau5, PZ_IDA2 et PZ_IDA5) présentent des concentrations bien moindres voir inférieures à la limite de quantification du laboratoire. A noter que l'ouvrage Beau2 entre le Pz_IDA4 et Beau3 présente des concentrations nettement inférieures à ces derniers bien que situé dans la zone de pollution concentrée.

Les résultats sur les eaux souterraines de l'aquifère des Calcaires de Saint-Ouen restent en accord avec les campagnes antérieures, les ouvrages PZA, PZC, EWA, Sto1 et Sto2 à proximité de l'ancienne blanchisserie présentent les teneurs les plus élevées.

12.3.4. ESSAIS D'INJECTION

12.3.4.1. Principe

La présence d'une pollution COHV et plus particulièrement en PCE dans les sols et les eaux souterraines influence sur le choix de l'oxydant, le permanganate est l'un des oxydant préférentiellement choisi pour le traitement des COHV. Au regard des résultats des essais et travaux déjà menés par COLAS Environnement en 2019 et conformément aux besoins exprimés dans le cahier des charges, le permanganate (NaMnO_4) est bien adapté pour l'oxydation du PCE sur le site.

Il a été recommandé la réalisation des injections en tubes à manchettes (TAM) par rapport à une injection gravitaire ou faible pression en puits qui engendre des injections non-sélectives et non contrôlées induisant un plus faible rayon d'injection.

Cette technique par TAM favorise le recours au phénomène d'imprégnation ou mix fracturation/imprégnation en fonction des limites du terrain, afin d'atteindre un traitement le plus homogène et le plus ciblé possible. Cette méthode est particulièrement adaptée dans un contexte d'aquifère hétérogène afin d'avoir une action sur toute la hauteur en ciblant chaque horizon individuellement.

Effectivement, la technique est spécifiquement adaptée aux sols meubles ou pulvérulents (sables et graviers) ou légèrement cohérents (marnes et Sables fin limoneux) et permet, en laissant le sol dans son état naturel, d'injecter la solution oxydante à l'aide d'une pompe à haute pression dans le sol à travers un équipement de type tube à manchette (TAM), scellé au coulis de gaine. Les manchettes en matériaux souples permettent l'injection de la solution oxydante du tube vers le terrain mais empêchent son retour vers l'ouvrage. Ainsi, la mobilité de l'obturateur permet d'injecter de manière sélective l'oxydant dans chacune des passes grâce à la mise en œuvre d'un dispositif d'injection isolé dans le tubage par des packer gonflés à l'air comprimé et disposés de part et d'autre du dispositif d'injection.

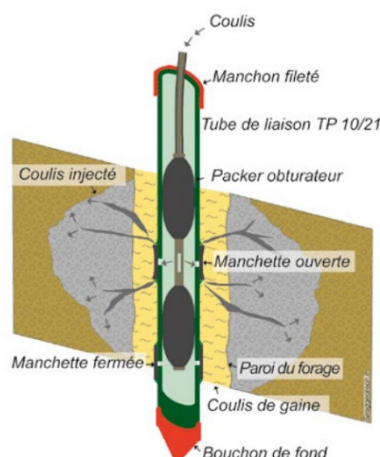


Figure 31 : Exemple de tube à manchette (Source : SIREG – Tubes d'injection à manchette)

NB : Dans le cas présent c'est un oxydant qui est injecté et non un coulis.



12.3.4.2. Essais d'injection et suivi

Une solution de permanganate de sodium a été retenue comme oxydant pour la réalisation des essais, elle a fait l'objet d'une dilution dans un cubitainer sur site. Les paramètres suivants ont été relevés pour l'essai d'injection :

- Un dosage du NaMnO_4 à environ 4 % ;
- Un débit d'injection moyen à 1,7 m³/h ;
- Un volume injecté par niveau de manchette de 200 litres (0,2 m³) dans les Calcaires de Saint-Ouen et de 400 litres (0,4 m³) dans les Sables de Beauchamp ;
- Un volume total injecté de solution sur l'ouvrage Inj_Tam1 de 21,4 m³, avec 15,2 m³ dans les Sables de Beauchamp et 6,2 m³ dans les Calcaires de Saint-Ouen ;

Pendant toute la durée des injections, un suivi visuel de la couleur des eaux, le permanganate étant naturellement de teinte violacée intense, et des paramètres physico-chimiques pH, conductivité, potentiel d'oxydo-réduction a été réalisé sur les ouvrages environnant, permettant de suivre le rayon d'action immédiat des injections.

Des résurgences avec débordement de l'ouvrage ont été constatés sur deux ouvrages Pz_IDA4 (captant la nappe des Sables de Beauchamps, à 3,65 m de l'ouvrage d'injection) lors de la passe entre 21,01 et 21,11 m par rapport au terrain naturel, et Sto2 (captant la nappe des Calcaires de Saint-Ouen, à 1 m de l'ouvrage d'injection) lors de la passe entre 16,06 et 16,16 m par rapport au terrain naturel. Un packer a été mis en place pour arrêter la dispersion en surface de la solution oxydante. Ces résurgences pourraient correspondre à des circulations préférentielles propres au milieu.

Des campagnes d'échantillonnage des eaux souterraines ont été réalisées pour évaluer le rayon d'action avec la dispersion de l'oxydant au rythme d'écoulement de la nappe souterraine. Ces campagnes ont été accomplies avant le démarrage de la campagne d'injection, juste après la campagne d'injection puis à T0+1 mois, T0+2 mois et T0+3 mois.

Les figures ci-dessous présentent les résultats dans les eaux souterraines des différentes campagnes de prélèvements menées par SARPI Remédiation pour chaque aquifère.



Evolution des concentrations en COHV ($\mu\text{g/l}$)

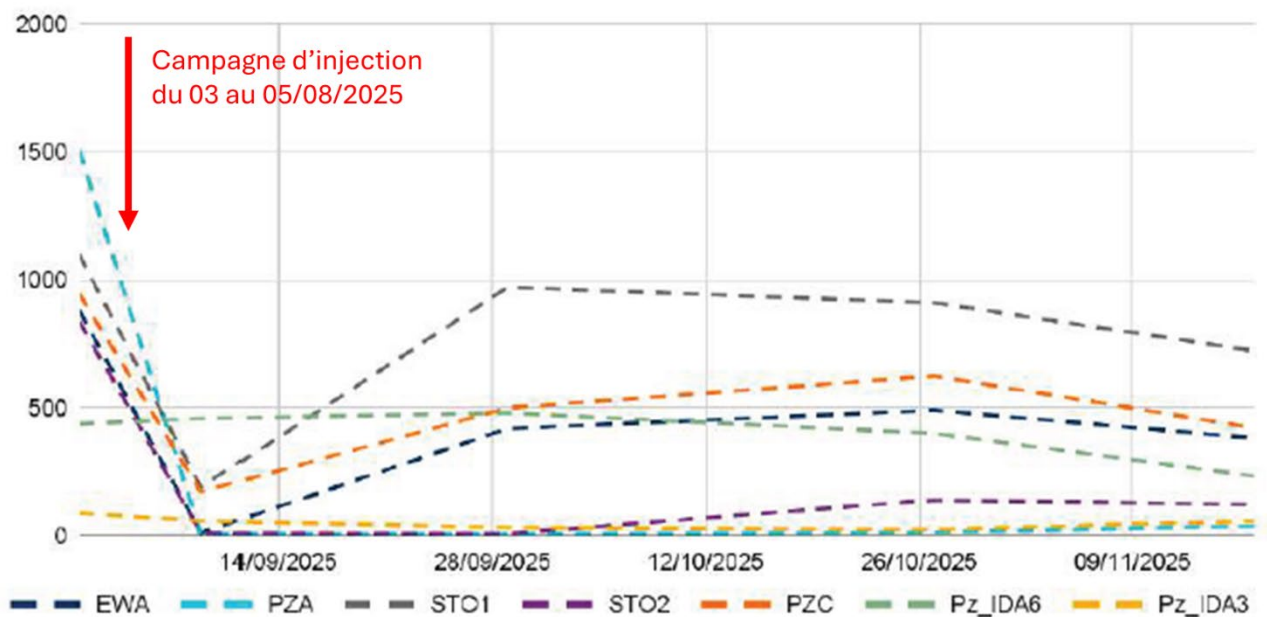


Figure 32 : Evolution des concentrations en COHV dans les eaux souterraines sur la nappe des Calcaires de Saint-Ouen à la suite des essais d'injection (Source : SARPI Remédiation, complété par IDDEA)

Evolution des concentrations en COHV ($\mu\text{g/l}$)

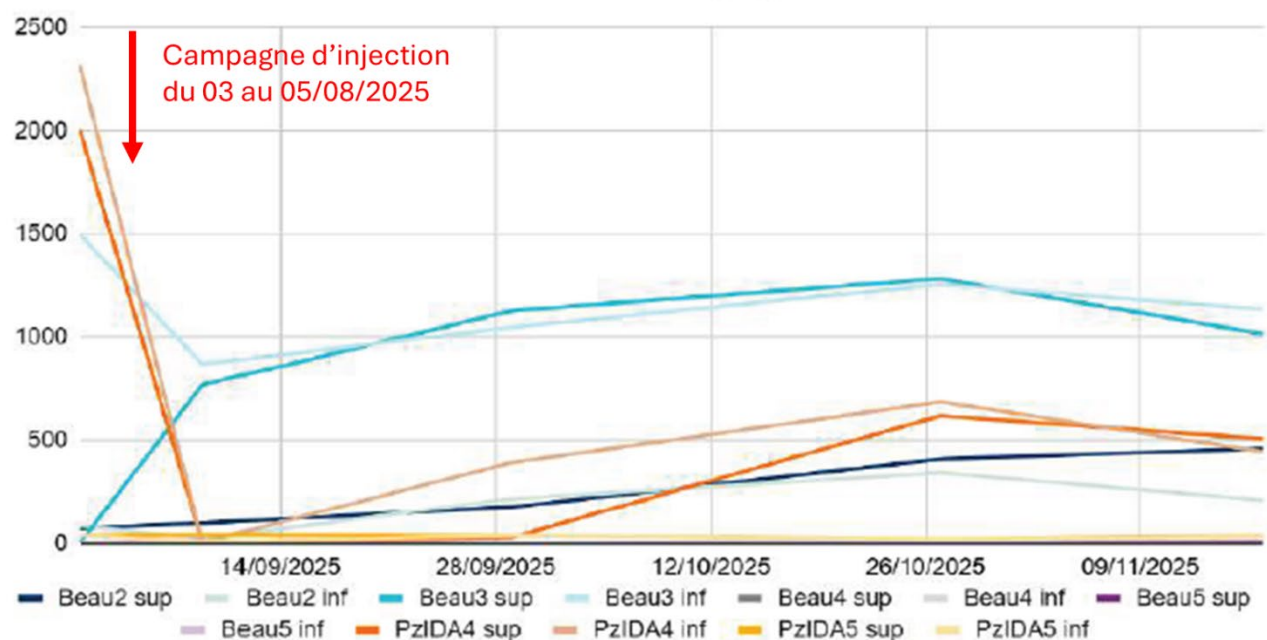


Figure 33 : Evolution des concentrations en COHV dans les eaux souterraines sur la nappe des Sables de Beauchamp à la suite des essais d'injection (Source : SARPI Remédiation, complété par IDDEA)



12.3.4.3. Résultats

Les résultats de l'essai d'injection par TAM sont dans l'ensemble concluant en produisant une action significative de réduction immédiate des concentrations en COHV, avec les paramètres d'injections suivants :

- Rayon d'action immédiat limité à 5 m de distance dans les deux nappes ;
- Influence du traitement dans le sens d'écoulement des eaux souterraines jusqu'à 10 m ;
- Présence de circulations préférentielles (réseaux de fracture possible, notamment dans les calcaires de Saint-Ouen) mis en évidence par des résurgences sur deux ouvrages, pouvant entraîner des passages préférentiels du produit injecté.

Les résultats sur les piézomètres de contrôle sont les suivants :

- Une influence directement après injection avec une diminution des concentrations :
 - ▶ Sur la nappe des Calcaires de Saint-Ouen au droit de Sto1, Sto2, PZA, PZC et EWA ;
 - ▶ Sur la nappe des Sables de Beauchamp au droit de Pz_IDA4, Beau 2 et Beau 3.
- Cette diminution n'est pas vérifiée dans le temps avec l'augmentation des concentrations 1 à 2 mois à l'issue de l'injection hormis pour les ouvrages Sto2 et PZA ;
- A T+03 mois, l'ensemble des ouvrages présentant une concentration initiale supérieure à 50 µg/l mettent en évidence des diminutions des concentrations de COHV, avec des taux d'abattement compris entre 35 et 98 % pour la nappe des Calcaires de Saint-Ouen et entre 72 et 83 % pour la nappe des Sables de Beauchamp ;
- Les ouvrages Beau2 et Beau3, présentent une augmentation des concentrations en DCE et la diminution des concentrations en PCE, et leurs concentrations totales en COHV ont également augmenté ;
- La production de chlorure de vinyle n'est pas observée 3 mois à l'issue de l'injection, à noter que l'oxydation chimique ne produit pas de composés de dégradation lorsque la réaction est « complète ». Une réaction « incomplète » pourrait créer des composés secondaires en fonction de la proportion de matière organique notamment.

12.3.5. ESSAIS DE POMPAGE-TRAITEMENT

12.3.5.1. Principe

L'objectif des pompages d'essai était de caractériser et de déterminer les caractéristiques du complexe aquifère/ouvrage de captage avec le débit critique (Qc), la courbe caractéristique, le débit spécifique, les pertes de charge dans l'ouvrage et son environnement immédiat, et le débit maximum d'exploitation.

Cet essai consiste à pomper dans un puits à des débits croissants stabilisés (=paliers) et à mesurer, en fonction du temps, les rabattements du niveau d'eau dans l'ouvrage.



12.3.5.2. Essais par paliers

Cet essai a consisté à pomper à cinq débits différents par paliers croissants enchaînés. L'essai par paliers a été réalisé dans le puits de pompage BeauP_bis. Autour, 4 ouvrages ont été utilisés comme ouvrages de contrôle (PZ_IDA4, PZ_IDA5, Beau2 et Beau3).

L'essai a été réalisé selon les étapes suivantes :

1. Constat initial

- ... Mesure du niveau d'eau dans le puits et dans les ouvrages de contrôle ;
- ... Relevé du compteur d'eau avant tout pompage.

2. Démarrage du pompage

- ... Mise en route de la pompe au **débit minimal** ;
- ... Surveillance continue des niveaux d'eau et, le cas échéant. Cette vérification est effectuée à l'aide d'une **sonde de niveau** pour s'assurer d'une baisse progressive et régulière dans le puits.

3. Suivi du fonctionnement

- ... Contrôle périodique du débit de pompage ;
- ... Après **1 heure de pompage** et/ou une fois le niveau d'eau stabilisé, passage au palier suivant (augmentation graduelle du débit).

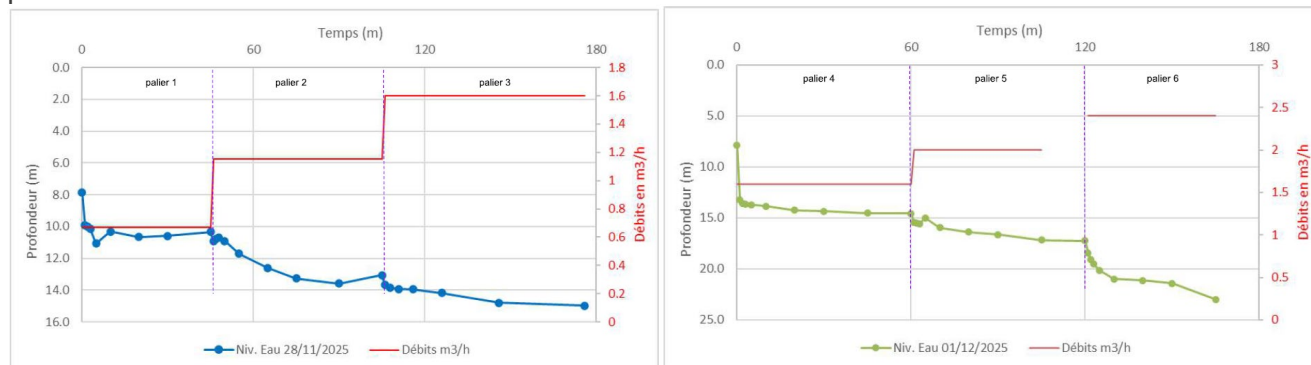
4. Enchaînement des paliers

- ... Réalisation de **5 paliers successifs** avec des débits croissants ;
- ... À l'issue du dernier palier, arrêt de la pompe.

5. Constat final

- ... Relevé du compteur d'eau après l'arrêt du pompage ;
- ... Suivi immédiat de la remontée des niveaux d'eau jusqu'à retrouver l'état initial ou une stabilisation du niveau.

Les données collectées par SAPRI sur l'ouvrage BeauP bis le 28/11/2025 et le 01/12/2025 sont présentées ci-dessous.



12.3.5.3. Essais de pompage - longue durée

Cet essai est destiné à déterminer les caractéristiques hydrodynamiques d'une nappe en pompant sur une longue durée (26h) et à un débit fixe (déterminé lors de l'essai par paliers, ici un débit de $Q = 1,7 \text{ m}^3/\text{h}$) dans un ouvrage (BeauP_bis) et à mesurer, en fonction du temps, les variations de niveau d'eau dans des ouvrages de contrôle.

Les données de terrain collectées par SARPI sur l'ouvrage BeauP_bis du 01/12/2025 au 02/12/2025 sont présentées ci-dessous.

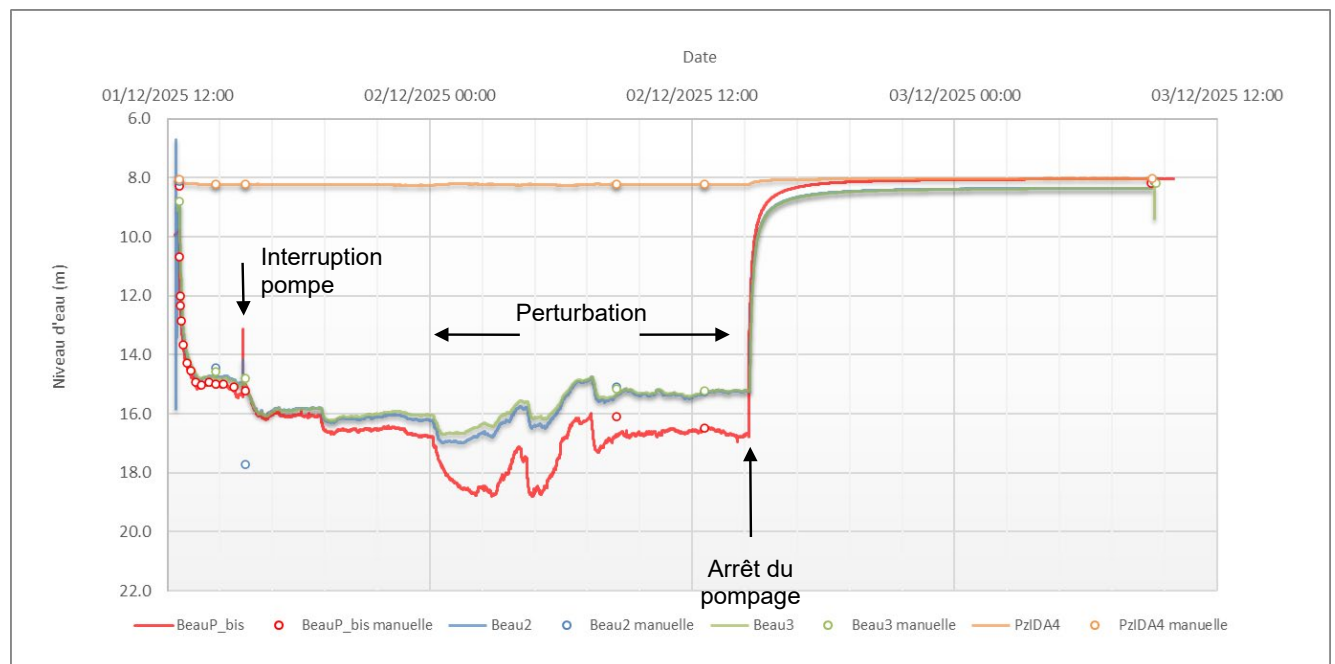


Figure 35 : Evolution du niveau d'eau lors des essais de pompage longue durée (Source : SARPI Remédiation)

Analyse de l'influence du pompage sur les ouvrages voisins

L'essai met en évidence une influence notable du pompage sur trois ouvrages situés à proximité immédiate : Beau3, Beau2 et Pz_IDA4, implantés respectivement à 3 m, 5 m et 8,1 m du puits de pompage. En revanche, aucune variation mesurable n'a été observée dans le piézomètre Pz_IDA5, positionné à environ 26 m, indiquant que l'effet du pompage ne s'étend pas jusqu'à cette distance pendant la durée du pompage.

Amplitude des rabattements observés

L'impact du pompage varie sensiblement d'un ouvrage à l'autre :

- Dans le puits de pompage : rabattement *plurimétrique*, d'environ 9 m ;
- Dans les piézomètres proches Beau3 (3,1 m de distance) et Beau2 (5 m de distance) : rabattement également *plurimétrique*, de l'ordre de 7 m ;
- Dans Pz_IDA4 (8,1 m de distance) : un rabattement *décimétrique*, nettement plus faible.

Cette asymétrie des réponses hydrauliques suggère une hétérogénéité des terrains traversés ou des différences dans la construction des ouvrages. En particulier, Pz_IDA4 dispose d'une crépine limitée à la partie supérieure du Beauchamp (17 à 20 m), ce qui réduit sa capacité à enregistrer pleinement l'influence du pompage.



Paramètres hydrauliques estimés

L'essai permet d'estimer une transmissivité de l'ordre de :

- $T \approx 3,2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$, associée à une perméabilité équivalente :
- $K \approx 3 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, en considération d'une hauteur de crépine effective de 10,85 m.

Bien que l'ouvrage présente une colonne d'eau apparente de 19,6 m, seule la partie inférieure est équipée de crépine en contact avec l'aquifère des Sables de Beauchamp, ce qui limite la zone réellement contributive.

Interprétation hydrogéologique

Les valeurs obtenues reflètent un aquifère à perméabilité modérée à faible, typique d'un milieu dont :

- La productivité limitée ;
- Variant localement en raison de l'hétérogénéité géologique et de la complexité du système hydrogéologique associé.

12.3.5.4. Résultats

Les essais de terrain sur la nappe des Sables de Beauchamp ont été réalisés sur l'ouvrage BeauP_bis du 28/11/2025 au 02/12/2025.

L'essai par paliers a comporté deux séries de trois paliers successifs, appliqués sur une plage de débits comprise entre 0,6 et 2,4 m³/h. Les rabattements observés ont varié de 2,5 m à 15,2 m selon les débits appliqués. Les principaux résultats sont les suivants :

- Relation caractéristique rabattement / débit : $s = 2,22 Q + 1,238 Q^2$;
- Débit critique estimé : $Q \approx 1,9 \text{ m}^3/\text{h}$.

L'essai de pompage longue durée a été effectué à un pompage à $Q = 1,7 \text{ m}^3/\text{h}$ pendant 26 heures. Les effets observés sur les niveaux piézométriques montrent une influence très marquée à proximité :

- Rabattement plurimétrique dans :
 - ▶ Le puits d'essai BeauP_bis ;
 - ▶ Les piézomètres proches Beau2 et Beau3.
- Rabattement décimétrique dans le piézomètre Pz_IDA4.

L'analyse des données permet d'estimer :

- Une transmissivité moyenne : $T \approx 3,2 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$;
- Une perméabilité équivalente : $K \approx 3 \times 10^{-5} \text{ m/s}$.

Ces valeurs ont été calculées pour une hauteur crépinée effective de 10,85 m.



Les essais mettent en évidence :

- Un milieu hétérogène ;
- Une perméabilité faible à médiocre ;
- En cohérence avec les caractéristiques géologiques et hydrogéologiques connues du secteur.

Cette hétérogénéité devra être prise en compte, notamment pour anticiper les variations locales de productivité ou de comportement de la nappe.

NB : L'ensemble de ces résultats sont à prendre en considération comme des ordres de grandeur qui restent représentatifs des zones investiguées, des horizons recoupés et de la zone d'influence des essais de pompage.



13. Etude d'avant-projet I B120 – Traitement in situ

13.1. Présentation générale de la technique retenue

L'oxydation chimique *in situ* est présenté dans le chapitre 8.2.2.1.

13.2. Dimensionnement des travaux d'oxydation chimique

Les éléments pris en compte pour dimensionner le traitement de la nappe par oxydation chimique et obtenir une amélioration de la qualité du milieu sont les suivants :

- Le traitement de deux aquifères sur les aquifères :
 - ▶ Des Calcaires de Saint-Ouen entre 6 et 17 m avec une surface à traiter de 550 m² ;
 - ▶ Des Sables de Beauchamp entre 17 et 30 m avec une surface à traiter de 740 m².
- Des concentrations en COHV (issus des concentrations relevées en 2025) dans les eaux souterraines :
 - ▶ 1 200 µg/L dans les calcaires de Saint-Ouen ;
 - ▶ 2 500 µg/L dans les Sables de Beauchamp.
- Un rayon d'influence d'environ 5 m.

13.2.1. DIMENSIONNEMENT DU NOMBRE D'OUVRAGES NECESSAIRES POUR L'OXYDATION CHIMIQUE

La géologie complexe des calcaires conduit à envisager l'injection par tubes à manchettes permettant une injection par passes sélectives générant des fractures homogènes entre les passes.

Avec un rayon d'action de l'ordre de 5 m, il est proposé l'implantation de 8 ouvrages d'injection complémentaires dans les deux aquifères (un étant déjà en place et pouvant être réutilisé) et 5 ouvrages supplémentaires uniquement pour l'aquifère des Sables de Beauchamp. Cette implantation permet de couvrir une surface de l'ordre de 550 m² pour l'aquifère des Calcaires de Saint-Ouen et de 740 m² pour les Sables de Beauchamp.

Les ouvrages d'injection sont implantés avec les caractéristiques suivantes :



Tableau 15 : Caractéristiques des ouvrages d'injection par oxydation chimique

Description	Aquifères des Calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp	Exclusivement dans l'aquifère des Sables de Beauchamp
Nombre de puits à créer	8	5
Profondeur forée (m)	30	30
Diamètre forage recommandé (mm)	100 - 150	100 - 150
Diamètre équipement recommandé (mm int./ext.)	52/60	52/60
Équipement	Tubes à manchettes (TAM)	Tubes à manchettes (TAM)
Intervalle de positionnement du tube plein par rapport au TN (m)	0 à 6	0 à 17
Positionnement des manchettes par rapport au TN (m)	6 à 30	17 à 30
Longueur préconisée des manchettes (m)	0,33 ou 0,5	0,33 ou 0,5

Les piézomètres déjà présents sur le site serviront d'ouvrages de contrôle et de réception afin d'attester de l'amélioration des milieux. Toutefois, au regard du positionnement des ouvrages d'injection, il est recommandé d'en ajouter latéralement à l'est de la zone afin de couvrir les incertitudes identifiées dans la localisation des zones impactées.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques des ouvrages de contrôle à ajouter.

Tableau 16 : Caractéristiques des ouvrages de contrôle à ajouter

Description	Nappe des Calcaires de Saint-Ouen	Nappe des Sables de Beauchamp
Nombre d'ouvrages à créer	1	2
Profondeur forée (m)	15	30
Diamètre forage recommandé (mm)	150 minimum	150
Diamètre équipement recommandé (mm int./ext.)	52/60 minimum	52/60 minimum (64/75 recommandé en raison de la profondeur de l'ouvrage)
Équipement	PEHD	PEHD
Intervalle de positionnement du tube plein par rapport au TN (m)	0 à 6	0 à 17
Intervalle de positionnement des manchettes par rapport au TN (m)	6 à 15	17 à 30

Un plan d'implantation des ouvrages pour le traitement par oxydation chimique est présenté ci-dessous.

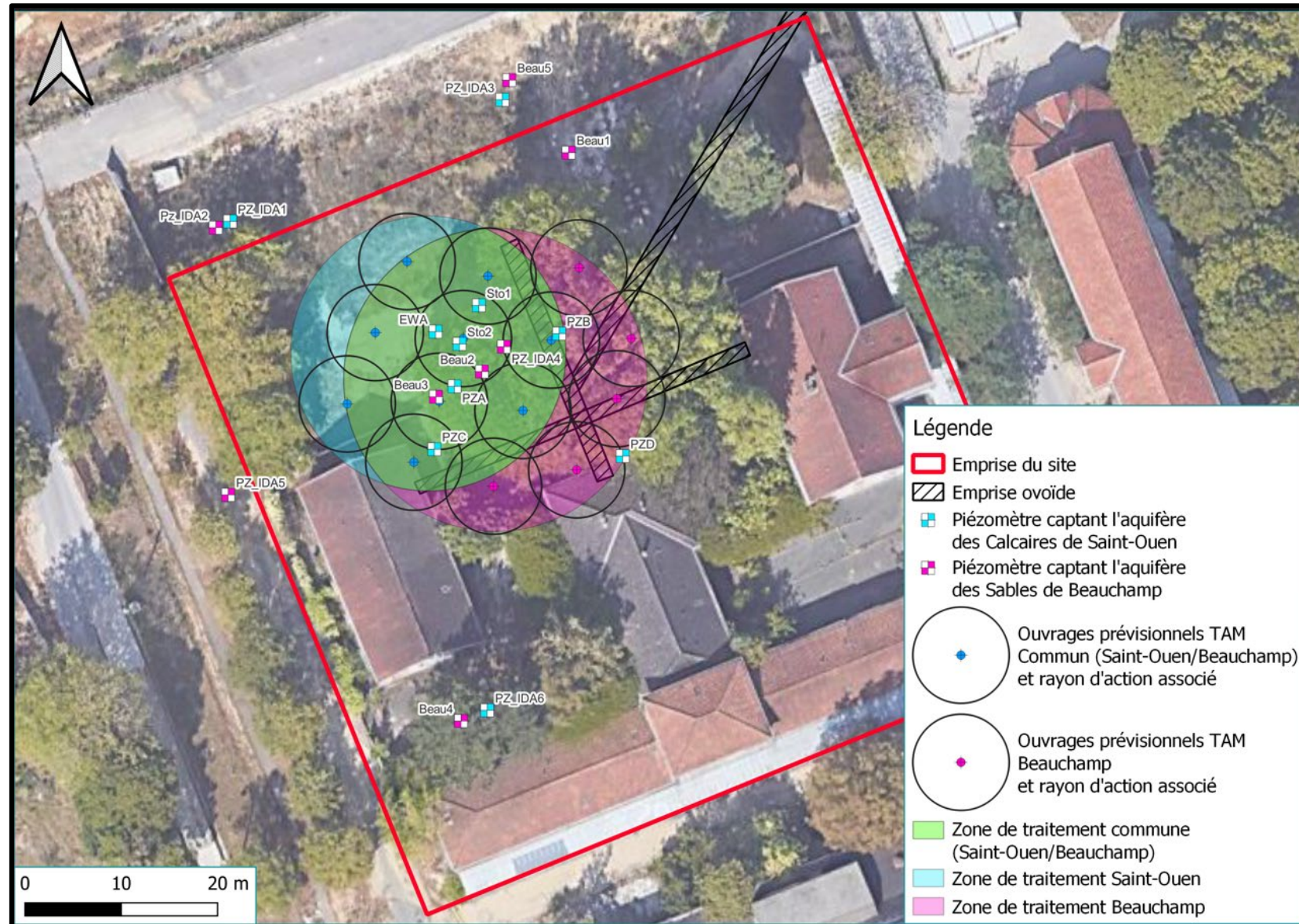


Figure 36 : Plan d'implantation prévisionnel des ouvrages pour le traitement par oxydation chimique (Source : Géoportail – Annotations IDDEA)



13.2.2. PERENITE DES OUVRAGES

Les ouvrages et réseaux devront être installés de manière à assurer leur pérennité dans le temps, en vue d'un suivi et d'une éventuelle injection complémentaire, après plusieurs mois d'arrêt.

13.2.3. GESTION DES DEBLAIS

Les cuttings de forage devront être stockés sur site de manière à éviter tout contact avec des personnes extérieures au chantier et toute pollution accidentelle (par exemple : big-bag double enveloppe, benne adaptée ou zone de stockage provisoire à aménager en extérieur), puis évacués hors site.

13.2.4. DIMENSIONNEMENT DE L'EFFICACITE DU TRAITEMENT D'OXYDATION CHIMIQUE

Le tableau présente une première approche du dimensionnement pour traiter les eaux souterraines par oxydation chimique.

Tableau 17 : Dimensionnement du traitement des eaux souterraines par oxydation chimique (Source SARPI)

Hypothèses de dimensionnement	Quantitatif / Valeur retenue	
Aquifère	Calcaires de Saint-Ouen	Sables de Beauchamp
Surface / profondeur	550 m ² entre 6 et 17 m	740 m ² entre 17 et 30 m
Quantité de COHV dans les sols considéré	env. 100 kg	env. 200 kg
Concentration en COHV dans les eaux souterraines	1 200 µg/L	2 500 µg/L
Volume pore	5 %	10 %
Quantité de COHV dissoute dans les eaux souterraines	< 10 kg	< 10 kg
Oxydant consommé par le sol (DSO)	0,05 % (REX de SARPI)	0,05 % (REX de SARPI)
Masse de MnO ₄ nécessaire	De l'ordre de 0,15 tonnes	De l'ordre de 0,2 tonnes
Masse de NaMnO ₄ diluée à 40 %	De l'ordre de 1,7 tonnes	De l'ordre de 2,7 tonnes

A noter que pour le dimensionnement, les teneurs dans les sols prises en compte sont théoriques, aucun prélèvement n'ayant été réalisé dans les sols profonds en zone saturée, mis à part quelques échantillons ponctuels en surface de la nappe des Calcaires de Saint-Ouen. Seule la concentration dans les eaux souterraines est une donnée représentative.

A noter également que la DSO n'est pas connue, ainsi l'estimation est liée à un retour d'expérience de SARPI pour la nappe des Sables de Beauchamp.

13.2.5. DISPOSITIF DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS LIQUIDES



Les réseaux des eaux usées et des eaux pluviales ne sont pas des exutoires directs pour les eaux de process, traitement, lavage et forage. Ces eaux devront faire l'objet d'un traitement par charbon actif puis d'un contrôle en sortie.

Le traitement des effluents de process, traitement, lavage, forage, avant éventuel rejet au réseau ainsi que les moyens de contrôles avant rejet et atteste de la qualité et conformité avant rejet.

Pour toute demande de rejet, l'Entreprise devra prendre contact le Concessionnaire chargé de l'exploitation des réseaux (EPT Grand Paris Grand Est – formulaire disponible sur leur site internet), faire la demande de rejet, l'instruire et prévoir tous les dispositifs et toutes les analyses de contrôle en quantité et nombre suffisants pour toute la durée des travaux.

La conformité des rejets aux réseaux relèvera de la responsabilité de l'Entreprise.

13.3. Planning pour le traitement de la nappe par oxydation chimique

Les travaux de traitement de la nappe se dérouleront selon les phases suivantes :

- Préparation administrative, QHSE et technique – 4 à 6 semaines ;
- Installation et forage – 2 à 3 semaines ;
- Exploitation / Campagnes d'injections – 6 mois pour 2 campagnes (avec une injection tous les 3 mois) ;
- Suivi de l'évolution de la qualité des eaux après les campagnes d'injection – 6 mois ;
- Repli et mise en état définitive – 1 semaine.

Sur la base des hypothèses prises en compte, la durée totale de mise en œuvre du traitement des zones de pollution concentrée aux COHV dans les eaux souterraines au moyen de l'oxydation chimique est de 7 à 8 mois (hors suivi de l'évolution de la qualité des eaux souterraines estimé à 6 mois).

Le délai total des travaux de réhabilitation est donc évaluée à 14 mois.

A noter qu'une option d'injection supplémentaire pourrait être engagée en cas d'efficacité limitée des 2 premières campagnes. Cette injection pourrait être réalisée à l'issue des 6 mois de contrôle et engendrerait une nouvelle période de contrôle de 6 mois. Les travaux avec cette option d'injection supplémentaire seraient d'une durée de 18 à 19 mois.

Le détail de ces phases est fourni ci-après.



13.3.1. PREPARATION ADMINISTRATIVE, QHSE ET TECHNIQUE

Cette étape comprend les éléments suivants :

- Etat des lieux avant travaux (constat par un commissaire de justice si nécessaire) ;
- Etablissement des DICT ;
- Etablissement du planning prévisionnel d'exécution ;
- Etablissement des plans prévisionnels (circulation, zonage chantier, ouvrages et installations) ;
- Etablissement des plans de levage et protocoles de chargement/déchargement ;
- Réalisation des démarches auprès d'ENEDIS et d'un fournisseur d'électricité ;
- Visite d'inspection commune (présence d'un coordinateur sécurité) ;
- Etablissement du PAQ et du PAE ;
- Réalisation du PPSPS ;
- Etablissement des FID et demandes de CAP pour la gestion des cuttings de forage et du charbon actif usagé ;
- Implantation des ouvrages sur site ;
- Etat initial des eaux souterraines au droit des ouvrages concernées par l'amélioration des milieux ;
- Déclaration des ouvrages au titre de la Loi sur l'Eau et auprès de DUPLO.

13.3.2. INSTALLATION ET FORAGE DES OUVRAGES D'INJECTION

Cette étape comprend les éléments suivants :

- Amenée des installations/équipements ;
- Balisage/signalisation des zones en travaux ;
- Travaux de forages et d'équipement des ouvrages d'injection ;
- Géoréférencement des ouvrages par un géomètre expert ;
- Travaux de mise en place des installations électriques
- Travaux de raccordement des installations/équipements et de pose des réseaux en aérien ;
- Tests de fonctionnement, réglages et contrôle des organes de sécurité.

13.3.3. EXPLOITATION - CAMPAGNE D'INJECTION ET SUIVI DE L'EVOLUTION DE LA QUALITE DES EAUX

Cette étape comprend les éléments suivants :

- Mise en place du/des modules d'injection et mélangeur ;
- Mise en œuvre des injections ;
- Campagnes d'échantillonnage des eaux souterraines et de relevé des paramètres physico-chimiques à l'état initial, en cours d'exploitation, à l'état final (à l'arrêt du procédé de traitement) et au stade de la réception ;
- Relevé des paramètres d'injection pour chaque campagne.



13.3.4. REPLI ET MISE EN ETAT DEFINITIVE

Cette étape comprend les éléments suivants :

- Conditionnement et évacuation des déchets en filières agréées ;
- Repli de la signalisation du chantier et des installations/équipements ;
- Comblement des ouvrages dans les règles de l'art ;
- Rangement, nettoyage général du site et de ses abords et remise en état des zones d'intervention ;
- Etat des lieux après travaux (constat par un commissaire de justice si nécessaire).

13.4. Volet réglementaire

L'entreprise devra réaliser une demande de DICT pour les travaux prévus sur la base des DT fournies par le maître d'ouvrage.

Les ouvrages atteignant la nappe devront faire l'objet d'une Déclaration au Titre de la Loi sur l'Eau et au droit de DUPLOS (Déclaration Unifiée Pour Les Ouvrages Souterrains) permettant de déclarer un projet de forage(s) aux titres du Code minier (article L411-1) et/ou du Code général des collectivités territoriales (Article L2224-9), respectivement pour ouvrages souterrains de plus de 10 m de profondeur ou des forages domestiques.

Une demande de raccordement devra être formulée auprès de la cellule Branchement Provisoire de la Direction Régionale IdF Est d'ENEDIS, cette demande devra porter sur un raccordement électrique triphasé provisoire.

En cas de besoin d'eau pour la réalisation des ouvrages notamment, une borne incendie est présente au Nord du site, référencée n°93 050 0279. A noter, qu'il est nécessaire de réaliser une démarche auprès de VEOLIA pour avoir l'autorisation de l'utiliser ainsi que la validation des Sapeurs-Pompiers et de la Mairie. La localisation est présentée ci-après.



Figure 37 : Plan d'implantation de la borne à incendie (source : géoportail – Photographie Street view®)



13.5. Principales contraintes recensées pour la mise en œuvre du traitement *in situ*

Les principales contraintes recensées pour la mise en œuvre du traitement sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau 18 : Principales contraintes liées à la mise en œuvre du traitement d'oxydation chimique

Contraintes	Commentaires
Accès	• Accès du chantier (véhicules lourds/légers) par via le 7 avenue Jean Jaurès, l'entrée est surveillée en permanence par des gardiens, nécessité de se présenter au niveau du poste de garde ; • Les zones retenues devront être libérées durant les phases d'installation et seront maintenues accessibles tout au long de l'exploitation des traitements ; • Une partie du chemin pour accéder à la zone travaux est sans revêtement ; • Les incertitudes demeurantes sont la présence de structure / réseaux enterrés au droit du site ; • La réalisation d'une visite d'inspection avant démarrage des travaux devra être réalisée pour implanter précisément les ouvrages, l'unité de traitement et le cheminement des réseaux.
Réseaux du site	► Etablissement des DICT
Enrobé	Lors du forage des ouvrages et par constat visuel, la présence d'enrobé en partie centrale d'environ 0,1 m d'épaisseur au droit du site est à prendre en compte, nécessitant un carottage ou sciage au préalable.
Fournitures	<u>Electricité :</u> Un raccordement électricité externe devra être réalisé. Des postes de distribution basse tension d'ENEDIS sont situés au nord du site, le plus proche se situe rue Charles Baudelaire. Des démarches liées à l'ouverture d'une ligne électrique, pour obtenir un raccordement au réseau public devront être réalisées par l'entreprise. <u>Eau :</u> Le site devra disposer d'un point d'alimentation en eau. Un point d'alimentation en eau est la bouche à incendie présente en limite nord du site, référencée n°93 050 0279. A noter, qu'il est nécessaire de réaliser une démarche auprès de VEOLIA pour avoir l'autorisation de l'utiliser.
Effluents	<u>Liquides :</u> • Demande d'autorisation de rejet aux réseaux d'eaux pluviales après filtration sur filtre à charbon actif mobile à réaliser ; • Analyse des eaux de purges après filtration : recherche des HC C₅-C₁₀, HCT C₁₀-C₄₀, BTEX et COHV, analyse du pH, DBO₅, DCO et MES.
Déchets	<u>Cuttings :</u> Ces derniers pourront être stockés en big-bag avant envoi en filière adaptée. (La réalisation d'analyse sur ces cuttings pourra être nécessaire pour définir la filière.)
Gardiennage	Le site est actuellement gardé par un prestataire mandaté par le GPA. Les accès au site sont contrôlés.



13.6. Aléas

Le tableau suivant liste les aléas qui pourraient nuire à la bonne réalisation du traitement et donc à l'atteinte des objectifs présentés précédemment :

Tableau 19 : Synthèse des aléas

Aléas	Remarques
Accessibilité aux zones de travaux	D'anciens bâtiments ayant été démolis, la zone de travaux présente des dépressions pouvant atteindre 2 m, ainsi que des affaissements liés à d'anciens réseaux. La circulation sur site devra être adaptée aux engins et au matériel. Un balisage/cheminement des circulations devra être mise en place.
Ouvrages déjà en place	Les ouvrages de sparging et venting issus des travaux de dépollution réalisés entre 2017 et 2020 ont été laissés en place, ces ouvrages devront être rebouchés avant le début des travaux de réhabilitation afin de maximiser l'efficacité des travaux et .
Liés à la géologie et à la nature des sols	Les investigations menées ont mis en évidence un système aquifère hétérogène au droit du site, constitué par une géologie (Calcaires de Saint-Ouen et Sables de Beauchamp) plus ou moins fissurés et anisotropiques. La perméabilité de cette formation peut varier dans l'espace. Ces hétérogénéités locales en zone saturée sont susceptibles de nuire aux performances, entraînant des durées de traitements allongées, au-delà des durées prévues. Ce risque reste toutefois faible, car le pilotage des traitements pourra permettre de lisser les hétérogénéités locales.
Évaluation des masses de polluants présents dans les milieux	• Absence de délimitation des sources concentrées dans les eaux souterraines au nord-est pour les Calcaires du Saint-Ouen et du nord-est au sud-est pour la nappe des Sables de Beauchamp ; • Absence de source sol identifiée. Ces incertitudes pourront être levées avant la réalisation des travaux grâce à la mise en place de piézomètres complémentaires permettant de préciser l'extension des zones vers l'est. La réalisation de prélèvements pour analyses en laboratoire pour l'analyse de la DSO permettra de consolider les hypothèses.
Sociétaux	Fourniture des matériaux et consommables Des risques de pénuries et/ou d'allongement des délais de livraison concernant les biens manufacturés et les consommables (tels que les tubes et raccords en matières plastiques, les oxydants, etc.) ne peuvent être exclus. Voisinage Des immeubles sont présents à moins de 50 m au nord de la zone de travaux, certains des résidents ont une visibilité sur le chantier et très sensibles au bruit. Il est impératif de respecter les réglementations en vigueur.
Durée de traitement	L'évaluation des durées de traitement est basée sur l'essai d'injection mené. Une rémanence de l'oxydant dans le milieu de l'ordre de 1 à 3 mois a été observée. Cette durée est variable en fonction de la distance des ouvrages au point d'injection et de l'hétérogénéité des milieux. À l'issue des injections, une durée de suivi jusqu'à six mois en fonction des observations réalisées et des résultats analytiques obtenus sur les eaux souterraines. L'objectif est de vérifier l'efficacité de l'injection, tant sur la zone source fortement concentrée que sur les ouvrages situés en aval, au sein de la zone de pollution diffuse estimée jusqu'à 50 m de distance.



Aléas	Remarques
Risque pyrotechnique	Au regard du contexte historique du site, il n'y a, a priori, pas de risque de trouver des engins pyrotechniques lors des travaux de forages ou d'excavation. Néanmoins, la découverte fortuite d'un engin pyrotechnique aurait un impact sur le déroulement et planning du chantier.
Risque amiante	Une diagnostic amiante des enrobés devra être réalisé en amont des travaux.
Espèces Exotiques Envahissantes (EEE)	Le site étant en friche, des plants de renouée du Japon ont été observés en partie du nord du site d'étude. L'expansion d'éventuels EEE pourrait avoir un impact sur le planning et les mesures de gestion.

13.7. Evaluation des coûts directs et aléas financiers

Le tableau suivant présente les coûts associés au traitement par oxydation chimique :



Tableau 20 : Estimation des coûts liés au traitement

Phase	Traitement par oxydation chimique*
Préparation administrative, technique et QHSE	8 à 9 k€
Amenée/repli et location d'une base-vie durant 13 mois*	14 à 15 k€
Pose des ouvrages de surveillance complémentaires et d'injections	54 à 59 k€
Campagnes d'injections 2 campagnes d'injection	64 à 70 k€ par campagne soit 128 à 140 k€ pour 2 campagnes
Monitoring et suivi des ouvrages	13 campagnes : 27 à 30 k€
Gestion des déchets (cuttings et déchet souillés)	18 à 20 k€
Mise en œuvre des travaux de repli et de remise en état des espaces occupés	6 à 7 k€
Production des rapports (d'installation, de suivi et de fin de travaux) et réunions (d'avancement et de clôture)	41 à 45 k€
En option : réalisation d'une 3 ^{ème} campagne d'injection d'oxydant, suivi inclus et base-vie	64 à 70 k€ pour la campagne d'injection 6 mois de suivi 13 à 14 k€ HT 7 k€ HT pour la base-vie
MOE des travaux par un bureau d'étude spécialisé	40 k€
Réalisation d'une ARR et suivi de la qualité de la nappe et gaz des sols / air ambiant à l'issue des travaux de réhabilitation	Provision pour suivi de la nappe : 35 à 40 k€HT (recommandation évaluée selon les résultats en cours et fin de travaux et indication d'un suivi ou non et durée/fréquence dans le dossier de récolement) Provision pour gaz des sols (mise en place non statué à ce jour) et air ambiant : 28 à 30 k€HT ARR : 4 k€ HT
TOTAL	Soit 296 à 325 k€ HT pour 2 campagnes d'injection et en considérant un suivi analytique mensuel sur l'intégralité des piézomètres de contrôle et 6 mois de suivi ensuite
	336 à 365 k€ HT avec MOE
	403 à 439 k€ HT avec suivi
TOTAL avec option	Soit 380 à 416 k€ HT pour 3 campagnes d'injection et en considérant un suivi analytique mensuel sur l'intégralité des piézomètres de contrôle et 6 mois de suivi ensuite
	420 à 456 k€HT avec MOE
	487 à 530 k€ HT avec suivi

*hors coûts liés au rebouchage des ouvrages de venting / sparging, aux fournitures des utilités qui ne sont pas intégrés (eau potable, etc.), hors coûts pour le rejet des eaux d'exhaure au réseau d'assainissement, hors coûts pour l'occupation du domaine public, hors coûts liés à la



coordination de la sécurité, hors gestion amiante et hors frais de gardiennage et selon hypothèse pour la mise en place de la ligne aérienne pour l'alimentation en électricité des installations d'un raccordement à partir de l'un des transformateurs d'ENEDIS.

Les principaux aléas financiers portent sur :

- La volatilité des coûts de l'énergie et des prix des matériaux et consommables nécessaires à la mise en œuvre des travaux en raison de la conjoncture internationale actuelle. Les coûts présentés sont évalués sur l'état du marché en janvier 2026, ils peuvent être amenés à être réévalués.

Dans ce chiffrage ne sont pas compris :

- Coûts liés aux fournitures des utilités qui ne sont pas intégrés (eau potable, etc.) ;
- Coûts des rejets des eaux d'exhaure au réseau d'assainissement ;
- Coût de la mise en place de la ligne pour l'alimentation en électricité des installations d'un raccordement à partir de l'un des transformateurs d'ENEDIS.



14. Coordination sécurité, suivi et réception des travaux

14.1. Coordination de la sécurité au cours du chantier de réhabilitation

Les principes généraux de prévention des risques sont les suivants :

- Eviter les risques ;
- Evaluer les risques qui ne peuvent pas être évités ;
- Gérer les risques à la source ;
- Planifier la prévention en y intégrant la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence de facteurs extérieurs ;
- Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle.

L'entreprise qui aura la charge de l'exécution des travaux de réhabilitation devra remettre au coordonnateur sécurité, si nommé, ainsi qu'au maître d'ouvrage un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS).

Différentes mesures collectives seront mises en œuvre afin d'assurer la sécurité du personnel. Les principales mesures sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 21 : Principales mesures de protection collectives

Sujets	Descriptions
— Signalisation de chantier / Balisage	• Mise en place de panneaux pour rappeler les EPI, signaler les zones à risques par un balisage, interdire les accès, préciser les coordonnées des personnes à contacter, rappeler les sens de circulation et indiquer le cheminement, identifier les stocks, etc. ; • Clôture des zones de chargement/déchargement au moyen de barrières de chantier.
— Plan de circulation	Matérialisation des cheminements piétons et des voies de circulation sur plans et sur le terrain, entre les différentes zones (travaux, traitement, stockage, parking, etc.).
— Contrôle / Conformité des engins	• Révision et contrôle des matériels et des engins conformément à la réglementation ; • Archivage des certificats de conformité.
— Information / Sensibilisation	• Avant le démarrage des travaux : réalisation d'une formation spécifique aux risques du chantier pour tous les intervenants ; • Au cours des travaux : causeries « sécurité » régulières ; • Contrôles inopinés et réguliers de la correcte application des consignes ; • Consignation de tous les événements QHSE.
— Gestion des inattendus / Alerte	En cas de découverte de déchets enterrés (fûts, produits purs, ...), d'amiante, le personnel intervenant se repliera de la zone, le chef de chantier préviendra le coordonnateur sécurité, la MOA et/ou la MOE et/ou l'AMO afin de valider la démarche à suivre.

Des espaces communs devront être garantis pour les intervenants du site durant toute la durée des travaux.



Une base vie intégrant un espace bureau, des vestiaires, un espace réfectoire ainsi que des sanitaires sera mise à disposition de l'entreprise en charge des travaux et pour toute la durée des opérations sur site (préparation, installation, exploitation et repli). Sa localisation sera à convenir avec la MOA et la MOE et/ou l'AMO en phase préparatoire du chantier.

Les EPI se composent généralement :

- D'un équipement de base, commun à tout le personnel ;
- De protections respiratoires spécifiques selon les phases de travaux ;
- D'EPI supplémentaires en cas de tâches particulières.

Les principales mesures individuelles de protection sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 22 : Principales mesures de protection individuelles

Dispositifs	Commentaires
— Habilitation	• Présence d'au moins un sauveteur secouriste du travail (SST) ; • Conducteurs d'engins disposant des CACES et autorisations de conduite associées ; • Travaux électriques réalisés par du personnel habilité ; • Présence d'au moins un intervenant titulaire de l'AIPR « encadrant » et foreurs possédant l'habilitation AIPR « opérateur ».
— EPI généraux	• Casques, lunettes, gilet haute visibilité, chaussures de chantier, vêtement de protection, protections auditives, gants de manutention ou gants « chimiques », combinaisons jetables, etc. ; • Masques de fuite ; • Stocks d'EPI disponibles sur chantier afin d'équiper visiteurs et/ou remplacer les équipements usagés.
— EPI spécifiques	• Travaux générant des poussières : masques à poussières, combinaisons jetables ; • Travaux générant des émissions de COV : masques respiratoires avec cartouches adaptées ; • Travaux électriques : outils, gants et tapis spécifiques.
— Matériels de mesure	• Proximité de lieux de forage et des installations de réhabilitation : détecteur de COV, détecteur multi-gaz (<i>a minima</i> : LIE, O₂, CO et H₂S) et sonomètre.

Le guide de l'ADEME « Protection des travailleurs sur les chantiers de réhabilitation de sites industriels pollués » publié en 2002 présente les textes réglementaires à considérer, les principaux risques susceptibles d'être rencontrés lors de ces chantiers, les règles d'organisation des chantiers, les procédures et équipement pour la protection collective et enfin les équipements de protection individuelle.

En phase chantier, les recommandations usuelles sont les suivantes :

- Le port des EPI « classiques » (vêtements de travail, gants, lunettes, masque à poussières voire ARI) ;
- La protection collective, afin de limiter l'envol de poussière, les sols pourront être aspergés/brumisés, cette technique peut toutefois nécessiter une gestion des eaux de ruissellement ;
- L'interdiction de manger et boire dans la zone de travaux ;
- Se laver les mains après chaque vacation au poste de travail ;
- La mise en place d'une surveillance continue (collective et individuelle).



Il conviendra de mettre en place un barriérage complet de la zone de travaux (par des barrières de type Héras ®).

L'entreprise en charge du chantier devra fournir en amont des travaux le plan de chantier comprenant les éléments suivants :

- Localisation de la base vie ;
- Localisation de la zone des travaux ;
- Dispositifs de balisage du chantier, de protection collective et individuelle.
- Plan de circulation.

14.2. Emissions, nuisances et environnement

Il est rappelé que certaines nuisances demeurent inhérentes à tout chantier de réhabilitation et ne peuvent être entièrement supprimées, malgré la mise en œuvre de mesures de réduction adaptées. Le tableau ci-dessous présente les nuisances susceptibles d'être rencontrées et les moyens de prévention et de réduction adaptés.

Tableau 23 : Nuisances identifiées et moyens de prévention et de réduction adaptés

Nuisances identifiées	Moyens de prévention et de réduction adaptés
— Perturbation du trafic	• Etablissement d'un plan de circulation du chantier détaillé et dédié (définition des zones de travaux, des zones de stockage des déchets, le positionnement des entrées/sorties) • Affichage sur site et aux abords du site et information des riverains • Balisage des zones d'intervention, en particulier les zones de chargement / déchargement • Limitation et planification des passages de camions par optimisation logistique
— Emission de déchets	• Démarches d'acceptation préalable des déchets auprès des filières de traitement • Elimination des déchets en filières agréées, avec l'émission de bordereaux de suivi de déchets (BSD) pour assurer la traçabilité • Privilégier la valorisation des déchets • Pas de stockage prolongé
— Emission de poussières / Dispersion de la contamination	• Nettoyage quotidien des zones de travaux • Conditionnements des cuttings de forage en big bag étanches fermés • Travail par voie humide (par exemple pour le carottage de la dalle pour limiter l'envol de poussières) • Mise en place de zones étanches et sécurisées • Gestion stricte des eaux de chantier
— Nuisances sonores	• Choix de matériels conformes à la réglementation acoustique et à faible émission sonore • Organisation des travaux aux horaires autorisés et respect des horaires réglementaires • Maintenance régulière des équipements • Quantité d'engins réduite au strict nécessaire • Disposition d'installations insonorisantes si nuisances sonores non conformes à la réglementation en vigueur • Mesures ponctuelles au moyen d'un sonomètre aux cours des phases de travaux (forage/installation/repli) et en phase de traitement lors d'activités bruyantes



Nuisances identifiées	Moyens de prévention et de réduction adaptés
— Consommation ressource naturelle	• Consommation des ressources réduite à ce qui est strictement utile • Matériel récent à faible consommation
— Emission de gaz/odeurs	• Conditionnements des cuttings de forage en big bag étanches fermés • Suivi semi-quantitatif de l'air ambiant à l'aide d'un PID / 4gaz • Utilisation de groupes électrogènes récents ou électriques • Évacuation rapide des matériaux/déchets odorants
— Résurgence du mélange d'injection	• Surveillance du dispositif d'injection et arrêt en cas de résurgence • Déploiement de système de nettoyage (pompage/ épongeage) • Conditionnement des déchets et élimination en filière adaptée
— Visibilité du chantier / acceptabilité social	• Maintien d'un chantier propre et ordonné • Information préalable des riverains • Affichage clair des contacts et des intervenants • Réactivité en cas de plainte ou de nuisance signalée

14.3. Modalité de suivi des travaux

14.3.1. ASSISTANCE EN PHASE TRAVAUX

Le rôle de la maîtrise d'œuvre sera :

- D'assurer que les documents d'exécution, ainsi que les travaux de réalisation respectent les dispositions prévues (techniques, financières et planning) et que l'exécution des travaux soit conforme au contrat ;
- De contrôler régulièrement l'avancement des travaux ;
- D'organiser et mener les réunions de chantier pendant toute la durée des travaux avec rédaction d'un compte rendu et les diffuser à l'ensemble des intervenants ;
- De collecter les documents techniques et administratifs relatifs aux filières d'évacuation des cuttings, les résultats des analyses de contrôle, et tout élément constitutif du DOE ;
- De vérifier que la réalisation des DOE, la gestion des EXE et constats est engagée au démarrage de la prestation et de les valider ;
- De faire toute suggestion d'adaptation des travaux le cas échéant pour minimiser les coûts de travaux ;
- D'accompagner et assister GPA dans ses démarches / échanges avec les tiers en cas de besoin.

Le temps de présence sur site ne sera pas continu. Il sera à adapter en fonction des différentes phases du chantier et du type de travaux à effectuer. Cela concernera les phases sensibles ou stratégiques (par exemple lors de la phase d'installation des ouvrages et réseaux en intérieur).



14.3.2. REUNIONS

Concernant les réunions, il est prévu à minima :

- Une réunion de cadrage, préalable au démarrage du chantier, qui permettra de valider l'ensemble des documents et de valider les éventuels éléments restant à discuter. Cette réunion aura lieu environ 3 semaines avant le démarrage du chantier ;
- Une réunion de lancement du chantier ;
- Des réunions hebdomadaires durant la phase d'installation ;
- Des réunions mensuelles ou tous les 2 mois en phase suivi du traitement sur le premier trimestre ;
- Des réunions trimestrielles en phase suivi du traitement jusqu'à la fin du traitement et du suivi de l'effet rebond ;
- Une réunion à l'issue des traitements.

14.3.3. SUIVI EN PHASE TRAVAUX / ANALYSES DE RECEPTION

Le tableau suivant présente les paramètres à suivre dans les eaux souterraines et la fréquence associée lors du suivi des travaux de traitement par réduction chimique.

Tableau 24 : Programme analytique et fréquence d'échantillonnage lors du suivi du traitement par oxydation chimique

Type de prélèvement	Eaux souterraines
Point de prélèvement	• Dans l'aquifère des Calcaires de Saint-Ouen les ouvrages de contrôles : PzA, PzC, Sto1, Pz_IDA1, Pz_IDA3, Pz_IDA6 et 2 ouvrages à créer ou PZB ; • Dans l'aquifère des sables de Beauchamp les ouvrages de contrôles : Beau3, Beau4, Beau5, Pz_IDA2, Pz_IDA4, Pz_IDA5 et 1 ouvrage à créer.
Objectif du prélèvement	• Evaluer les effets du traitement par oxydation chimique ; • Suivi de l'évolution de la qualité des eaux souterraines.
Fréquence	• Campagne d'état initial ; • Campagnes de suivi post-injection n°1 puis campagnes mensuelles durant 2 mois ; • Campagnes de suivi post-injection n°2 puis campagnes mensuelles durant 2 mois ; • Campagnes mensuelles durant 6 mois ; • <u>Option</u> : Campagnes de suivi post-injection n°3 puis campagnes mensuelles durant 6 mois.
Analyses paramètres /	• Analyses des teneurs en COHV et notamment en PCE ; • Colorimétrie et indices organoleptiques ; • Mesures physico-chimiques (pH, potentiel redox, conductivité et O₂ dissous).
Quantité	• 13 campagnes à minima (hors option) : ... Pour 8 ouvrages dans l'aquifère des calcaires de Saint-Ouen soit 104 analyses ; ... Pour 7 ouvrages dans l'aquifère des sables de Beauchamp soit 91 analyses.



14.4. Réception des travaux

La réception des travaux d'oxydation sera réalisée par les résultats de la dernière campagne de prélèvement des eaux souterraines au droit des ouvrages de contrôle après avoir vérifié l'absence d'effets rebonds lors d'arrêts prolongés du traitement.

Dans tous les cas, à l'issue des travaux, les données collectées seront utilisées pour mettre à jour l'Analyse des Risques Résiduels.

15. Surveillance post-travaux

Pour rappel l'ARR établie par IDDEA (référence n°IDA240090-003 en version B en date du 08/10/2024) avait mis en évidence qu'au regard des valeurs de référence fixées par la méthodologie d'avril 2017 fixant les niveaux de risque sanitaire dits « acceptables », la qualité du sous-sol :

- Est compatible avec la construction des bâtiments sur sous-sol ;
- N'est pas compatible avec la construction de bâtiments sans sous-sol ou vide sanitaire.

La construction de bâtiments sans sous-sol reste envisageable en respectant des dispositions constructives. Ainsi, IDDEA recommande la mise en place d'un vide sanitaire d'une hauteur de 60 cm, dallé en fond (0,1 m d'épaisseur) et ventilé mécaniquement à 1 volume par heure.

De plus, l'amélioration de l'état des eaux souterraines permettra d'améliorer les qualités des gaz des sols.

15.1. Surveillance

En fonction des échanges et des demandes de l'administration et des résultats des analyses à la fin de gestion des sources, un suivi de la qualité des milieux pourra être réalisé conformément à la prestation SUIVI de la norme NF X31-620-2 de décembre 2021 sur site et en limite de site. La pertinence de ce suivi sur les eaux souterraines et les gaz des sols sera réalisée à l'issue des travaux de réhabilitation. Elle aurait pour objectif de surveiller d'éventuels effets rebond, la bonne dégradation des COHV et l'évolution des concentrations.

De plus, la vérification de la qualité de l'air après réception du bâti est recommandée au travers de la réalisation de 2 campagnes de prélèvements d'air ambiant à deux périodes climatiques distinctes (estivale/hivernale) au droit du vide sanitaire ou du sous-sol (en fonction de la configuration) et au rez-de-chaussée simultanément.



15.2. Restrictions d'usages et préconisations

Les restrictions suivantes sont à prendre en compte :

- En l'absence d'étude complémentaire spécifique l'autorisant, l'utilisation des eaux souterraines n'est pas permise sur site ;
- L'utilisation de l'eau souterraine (ingestion d'eau, arrosage d'un potager), n'a pas été pris en compte dans cette étude. Si ces usages étaient à prendre en compte, une reprise des calculs seraient également à effectuer ;
- Mise en place de canalisations pour l'eau potable en PEHD au sein d'un remblai d'apport propre ou dans des caniveaux techniques béton, ou à défaut, pose de canalisations métalliques ou en matériau anti-contaminant, conformément aux usages sur ce type de site ;
- Absence d'arbres fruitiers ou de potager dans les espaces verts ;
- Recouvrement des zones extérieures par 30 cm de terres saines avec mise en place d'un géotextile ou d'un grillage avertisseur à l'interface terres du site / terres saines.
- Une conservation de la mémoire du site doit être effectuée, par exemple via les actes de vente futurs ;
- Dans le cas où des terrassements devraient être effectués, le port d'EPI est recommandé et les terres devront être gérées en filière adaptée (des analyses seront à réaliser sur les terres excavées). Les personnes amenées à travailler sur ce chantier de construction devront être informées et disposer des équipements de protection individuelle adaptées aux substances détectées dans les sols. L'intégrité du recouvrement de surface devra ensuite être rétablie.

Par ailleurs, la réalisation d'une ATTES-ALUR pour tout changement d'usage sera à fournir avec le permis de construire, le site étant une ancienne ICPE.



16. Synthèse technique I Conclusions et recommandations

Informations générales

Client	Grand Paris Aménagement pour le compte du GHU Paris
Adresse du site	Avenue Jean Jaurès à Neuilly-sur-Marne (93) Lots 10C2 et 10C3
Parcelles cadastrales	En partie la parcelle n°171 de la section AR
Superficie	Environ 8 000 m ²
Exploitant ICPE	GHU de la Maison Blanche
Propriétaire actuel	Grand Paris Aménagement
Usage actuel du site	Site en friche au droit d'une ancienne blanchisserie et de bâtiments actuellement déconstruits
Contexte de l'étude	Réaménagement de la Zone d'Aménagement Concertée Maison Blanche au droit d'une ancienne blanchisserie ayant impacté les milieux en Composés Organo-Halogénés Volatils
Projet d'aménagement – Usage retenu	— Projet non défini actuellement mais pouvant comprendre la réalisation de bâtiments avec ou sans-niveau de sous-sol à usage de logements avec la présence possible de travailleurs ; — Jardins privés, espaces verts et espaces publics.

A la demande de Grand Paris Aménagement, IDDEA a été missionnée pour :

- La réalisation d'un Plan de gestion, objet du présent document, afin de proposer sur la base d'un bilan coûts/avantages, des mesures de gestion réalisables d'un point de vue technico-économique, ayant pour objectif de :
 - ▶ Gérer les zones sources concentrées qui auront été identifiées dans les eaux souterraines ;
 - ▶ Contrôler les voies de transfert et d'exposition au droit des zones présentant des teneurs résiduelles.
- La réalisation d'un Plan de Conception de Travaux (PCT) comprenant des essais de faisabilité (essais pilote de terrain – B112) et une étude de conception (B120).



Historique

Etude de vulnérabilité des milieux

Hydrologie	Le ru traversant le parc du Croissant Vert à environ 400 m au sud-est et le lac de la Maison Blanche à 630 m au sud-est. Le Canal de Chelles se trouve à environ 1 km au nord-ouest et la Marne à 1,2 km au nord-ouest.
Géologie	— Des remblais en surface et / ou sables en surface jusqu'à 2 - 3 m de profondeur ; — Des marnes calcaires beiges, à tendances sableuses en surface jusqu'à 14 – 16 m de profondeur, assimilés aux Calcaires de Saint-Ouen ; — Les Sables de Beauchamp gris bleu à partir de 14 - 16 m de profondeur et jusqu'à environ 30 m ; — Marnes et Caillasses au-delà de 30 m.
Hydrogéologie	La nappe des Alluvions de la Marne et du Grand Morin : Les études antérieures mettent en évidence un niveau d'eau de la nappe alluviale entre 5,6 et 6,8 m de profondeur au droit de la zone d'étude. Le sens d'écoulement de la nappe des alluvions de la Marne est dépendant de la topographie du site et est ainsi supposé vers le Sud, soit en direction de la Marne. Cette nappe est en lien hydraulique avec la nappe sous-jacente. Les nappes des calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp et des couches lutétiennes sous-jacentes : Elles sont souvent en communication avec la nappe alluviale. L'aquifère des calcaires de St-Ouen est en communication latérale avec les Alluvions en bordure des coteaux. L'aquifère des Sables de Beauchamp et celui des Marnes et Caillasses forment un aquifère unique dans le secteur étudié : il s'agit d'une nappe semi-captive sous le sommet de la formation de Beauchamp, qui est argileux et semi-perméable. Le mur de la nappe est constitué des Marnes et Caillasses.
Vulnérabilité de la nappe au droit du site	Oui
Sensibilité des usages des eaux souterraines en aval hydraulique	Non
Présence de zones sensibles au droit du site	Non



Synthèses des données existantes sur les milieux

Les différentes études environnementales ont mis en évidence :

- Dans les sols, des concentrations faibles en COHV (PCE) et quelques anomalies en EMM. Absence de pollution concentrée.
- Dans les gaz des sols :
 - ▶ Des quantifications en BTEX, en hydrocarbures aromatiques et aliphatiques ;
 - ▶ Des impacts en COHV.
- Dans les eaux souterraines :
 - ▶ Des impacts en COHV principalement en PCE dans la nappe des Calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp ;
 - ▶ Extension limitée des impacts en aval ;
 - ▶ Des quantifications en hydrocarbures principalement pour les fractions aliphatiques C₈-C₁₀ avec dépassements ponctuels des seuils de référence.

Aussi, on considérera :

- Des teneurs diffuses en PCE dans les gaz des sols ;
- Des pollutions concentrées en PCE dans les eaux souterraines :
 - ▶ Une zone de pollution concentrée sur les deux aquifères (Calcaires de Saint-Ouen et Sables de Beauchamp) autour des ouvrages PZA, PZ_IDA4, Sto1 et Beau3 ;
 - ▶ Une zone de pollution diffuse partant de cette zone de pollution concentrée vers le sud-ouest en accord avec le sens d'écoulement uniquement sur la nappe des Calcaires de Saint-Ouen.

Synthèse du Plan de Gestion (PG)

a) Sources de pollution en présence et définition des zones de pollution concentrées

Aucune pollution concentrée n'a été mise en évidence dans les sols, seule les eaux souterraines sont retenues comme milieu présentant des pollutions concentrées, induisant par transfert un impact des gaz des sols.

La typologie des pollutions concentrées en Composés Organo-Halogénés Volatils et notamment en tétrachloroéthylène est la suivante :

- Environ 550 m² pour la nappe des calcaires de St-Ouen entre 6 et 17 m de profondeur ;
- Environ 740 m² pour la nappe des sables de Beauchamp entre 17 et 30 m de profondeur.

b) Risques de migrations - Pollutions résiduelles

Au vu de ces différentes informations, la migration des tétrachloroéthylène depuis la nappe vers l'air ambiant est actuellement privilégiée. Aucune source de pollution concentrée dans les sols n'est retrouvée. Un impact historique de la nappe est retenu avec un transfert en profondeur des Composés Organo-Halogénés Volatils, de la nappe des Calcaires de Saint-Ouen vers la nappe des Sables de Beauchamp, avec un transfert diffus. A noter que l'impact au droit de la nappe des Sables de Beauchamp est plus circonscrit dans l'espace, ce qui corrobore l'hypothèse du transfert vertical. Les pollutions concentrées dans ces nappes doivent être limitées pour éviter une diffusion en aval au cours du temps. Avec le choix du traitement par oxydation in situ, l'oxydant agira sur ce panache diffus par



l'action de l'écoulement des eaux souterraines et du temps. Toutefois, l'impact résiduel de la nappe et des gaz des sols doit être pris en compte.

Dans ce cadre des mesures constructives doivent être considérées avec la réalisation d'un bâtiment soit sur sous-sol, soit sur vide sanitaire dallé en fond et ventilé mécaniquement.

Par ailleurs, en extérieur, la mise en place de mesures de gestion simple, à savoir le recouvrement des terres par des matériaux d'apport extérieur permettra de s'affranchir de risques liés au contact direct et à l'inhalation de poussières.

c) Objectifs de réhabilitation retenus

Au vu des données, aucun seuil de coupure ne peut être défini sur les eaux souterraines. Les objectifs de réhabilitation peuvent être fixés avec des objectifs qualitatifs et non quantitatifs. Ainsi, au vu de l'emprise d'impact et dans la mesure où les teneurs en aval sont significativement moins élevées, l'objectif d'une amélioration de l'état du milieu eaux souterraines est retenu, sur les 2 nappes : nappe des Calcaires de Saint-Ouen et nappe des Sables de Beauchamp.

d) Compatibilité sanitaire

Au regard des valeurs de référence fixées par la méthodologie d'avril 2017 fixant les niveaux de risque sanitaire dits « acceptables », la qualité du sous-sol est compatible avec la construction :

- De bâtiments à usage industriel sur vide sanitaire ;
- Des bâtiments (logements) sur sous-sol (à usage de parking) ou vide sanitaire ;

Ces 2 aménagements peuvent présenter des aménagements de type voiries, parkings et espaces verts à usage récréatives recouverts.

IDDEA recommande la mise en place d'un vide sanitaire d'une hauteur de 60 cm, dallé en fond (0,1 m d'épaisseur) et ventilé mécaniquement à 1 volume par heure. La modification de ces paramètres devra être validée par la mise à jour des calculs.

Synthèse du Plan de Conception Travaux

Les travaux de réhabilitation concernent le traitement des pollutions concentrées définies dans le plan de gestion. Pour le **milieu eaux souterraines**, l'objectif est l'amélioration de l'état des milieux.

Les travaux concernent les zones impactées aux COHV dans les nappes des calcaires de Saint-Ouen et des sables de Beauchamp. Les emprises estimatives de ces zones sont de l'ordre de :

- Environ 550 m² pour la nappe des calcaires de St-Ouen entre 6 et 17 m de profondeur ;
- Environ 740 m² pour la nappe des sables de Beauchamp entre 17 et 30 m de profondeur.



Programme des essais réalisés et conclusions

Essais	Ouvrages réalisés	Résultats
Pompage (longue durée et par paliers) uniquement dans la nappe des Sables de Beauchamp	Un ouvrage de pompage à 30 m de profondeur	Rayon d'influence jusqu'à 8 m Rayon d'action compris entre 5 et 8 m Débit critique de pompage de 1,9 m ³ /h Transmissivité moyenne de $T \approx 3,2 \times 10^{-4}$ m ² /s pour une perméabilité équivalente de $K \approx 3 \times 10^{-5}$ pour 10,85 m de hauteur crépinée
Injection dans les deux nappes	Cinq ouvrages de surveillance de la nappe du Beauchamp	Rayon d'action de 5 m avec une influence du traitement dans le sens d'écoulement des eaux souterraines pouvant aller jusqu'à 10 m
	Deux ouvrages de surveillance de la nappe des Calcaires de Saint-Ouen	Bonne efficacité à court terme avec un abattement supérieur à 80 % des concentrations en Composés Organo-Halogénés Volatils juste après l'injection
	Un ouvrage d'injection d'oxydant (NaMnO ₄) par tube à manchette	1 à 3 mois à l'issue de l'injection, augmentation après traitement des concentrations vis-à-vis des teneurs initiales post-injection selon les ouvrages et leur position hydrogéologique



Dimensionnement des travaux, synthèse des délais et coûts

Traitement par oxydation chimique		
Dimensionnement	- Nappe des Calcaires de St-Ouen : surface de 550 m² entre 6 et 17 m de profondeur avec environ 100 kg de COHV à oxyder soit une masse de NaMnO₄ diluée à 40 % de 1,7 t ; - Nappe des Sables de Beauchamp : surface de 740 m² entre 17 et 30 m de profondeur avec environ 1 t de COHV à oxyder soit une masse de NaMnO₄ diluée à 40 % de 4,6 t.	
Mise en œuvre	Injection : - Mise en place de 8 ouvrages d'injection communs aux deux nappes à 30 m de profondeur avec tubes à manchettes de 6 à 30 m, et 5 ouvrages exclusivement dans la nappe la nappe des sables de Beauchamp, 30 m de profondeur avec tubes à manchettes de 17 à 30 m ; - Réalisation de 2 campagnes d'injection à 3 mois d'intervalles ; - Option avec une 3^{ème} injection à 6 mois en cas d'efficience limitée. Suivi pendant les travaux : - État initial avant chaque campagne d'injection et campagnes mensuelles de suivi.	
Durée du traitement	Total de 14 mois avec : 2 campagnes d'injection d'oxydant sur 6 mois ; - Suivi des eaux souterraines durant les injections (6 mois) et suivi post injection durant 6 mois soit un total de 12 à 13 mois. - Option pour une 3^{ème} campagne : total de 18 à 19 mois	
Coût des travaux	2 campagnes	Option 3^{ème} campagne
	296 à 325 k€ HT pour 2 campagnes d'injection et en considérant un suivi analytique mensuel sur l'intégralité des piézomètres de contrôle et 6 mois de suivi ensuite	380 à 416 k€ HT pour 3 campagnes d'injection et en considérant un suivi analytique mensuel sur l'intégralité des piézomètres de contrôle et 6 mois de suivi ensuite
	336 à 365 k€ HT avec MOE	420 à 456 k€ HT avec MOE
	403 à 439 k€ HT avec suivi	487 à 530 k€ HT avec suivi

Surveillance post-travaux

Les mesures de surveillance suivantes devront être mises en place :

- Une surveillance de la qualité des eaux souterraines devra être mise en place pendant les travaux de réhabilitation suivant le programme défini dans le présent plan de gestion – plan de conception des travaux ;
- La vérification de la qualité de l'air après réception du bâti est recommandée au travers de la réalisation de 2 campagnes de prélèvements d'air ambiant à deux périodes climatiques distinctes (estivale/hivernale) au droit du vide sanitaire ou du sous-sol en fonction de la configuration, et au rez-de-chaussée simultanément.

En fonction des résultats d'analyses sur les eaux souterraines, la mise en place d'un suivi des eaux souterraines post-travaux pourra être recommandé. Cette recommandation sera évaluée dans le rapport de récolement des travaux de réhabilitation.

Par ailleurs, la surveillance de la qualité des gaz de sols pourra être mise en place à l'issue des travaux lors de 2 campagnes distinctes afin de confirmer les résultats avant-travaux.



Restrictions d'usage – Préconisations

Les restrictions d'usages restantes sur site sont :

- En l'absence d'étude complémentaire spécifique l'autorisant, l'utilisation des eaux souterraines n'est pas permise sur site ;
- L'utilisation de l'eau souterraine (ingestion d'eau, arrosage d'un potager), n'a pas été pris en compte dans cette étude. Si ces usages étaient à prendre en compte, une reprise des calculs seraient également à effectuer ;
- Mise en place de canalisations pour l'eau potable en PEHD au sein d'un remblai d'apport propre ou dans des caniveaux techniques béton, ou à défaut, pose de canalisations métalliques ou en matériau anti-contaminant, conformément aux usages sur ce type de site ;
- Absence d'arbres fruitiers ou de potager dans les espaces verts ;
- Recouvrement des zones extérieures par 30 cm de terres saines avec mise en place d'un géotextile ou d'un grillage avertisseur à l'interface terres du site / terres saines ;
- Une conservation de la mémoire du site doit être effectuée, par exemple via les actes de vente futurs ;
- Dans le cas où des terrassements devraient être effectués, le port d'EPI est recommandé et les terres devront être gérées en filière adaptée (des analyses seront à réaliser sur les terres excavées). Les personnes amenées à travailler sur ce chantier de construction devront être informées et disposer des équipements de protection individuelle adaptées aux substances détectées dans les sols. L'intégrité du recouvrement de surface devra ensuite être rétablie ;

Par ailleurs, la réalisation d'une ATTES-ALUR pour tout changement d'usage sera à fournir avec le permis de construire, le site étant une ancienne ICPE.

Remarques, informations et préconisations complémentaires

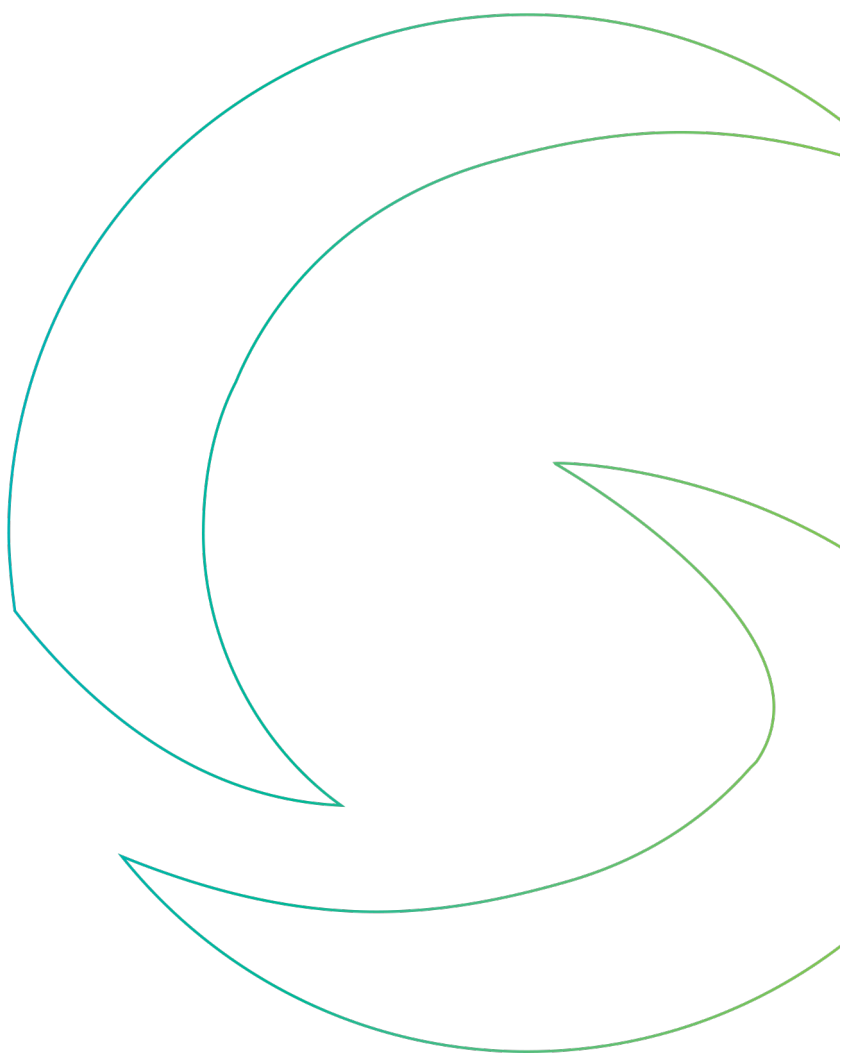
Lors de futurs travaux nécessitant des excavations (hors travaux de réhabilitation), il conviendra de gérer les terres potentiellement impactées hors site selon une filière adaptée.

En cas de modification des orientations d'usages envisagées à ce stade, les présentes conclusions seraient à réévaluer.

En cas de changement d'usage, les présentes conclusions seraient à réévaluer.



Annexe 1 : Ensemble des rapports réalisés sur le site

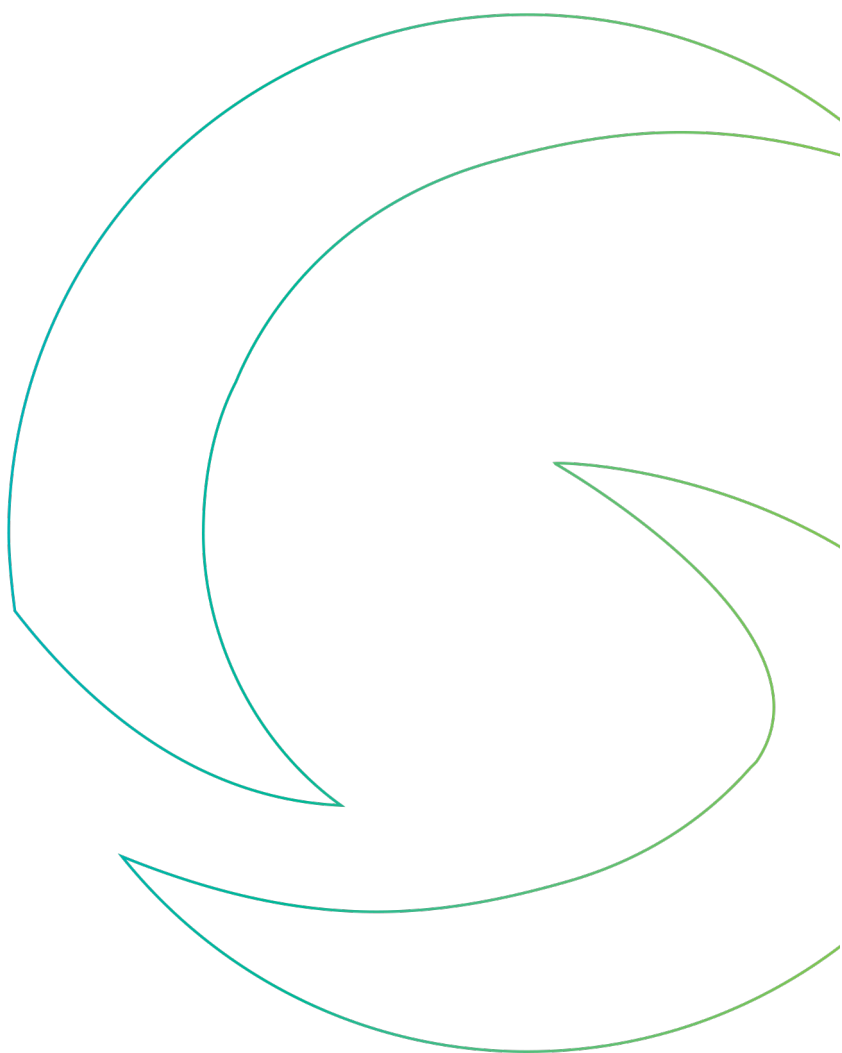




- Diagnostic environnemental : Etude historique et de vulnérabilité – RSK Environnement – Novembre 2014 (rapport n°703592-R1) ;
- Diagnostic environnemental : Investigations de terrain – RSK Environnement - Février 2015 (rapport n°703645-R1) ;
- Diagnostic d'implantation puis de prélèvement de 16 piézomètres réalisés – RSK Environnement - Mars 2015 (rapport n°703645-R2-mars 2015) ;
- Suivis de la qualité des eaux souterraines – RSK Environnement – Campagnes de mars 2015 (rapport n°703645-R2) et d'octobre 2015 (rapport n°703645-R3) ;
- Note de synthèse des résultats des prélèvements d'air intérieur et extérieur – RSK Environnement – Octobre 2015 (rapport n°703645-R4) ;
- Suivi de la qualité des eaux souterraines – RSK Environnement – Campagne de mars 2016 (rapport n°703918-R1) ;
- Note de synthèse des résultats des sondages MIP – RSK Environnement - Avril 2016 (rapport n°703645-R7) ;
- Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires - RSK environnement, référencé n° 703645-R5 en version 1 en date du 27/11/2015 ;
- Plan de gestion de RSK environnement, référencé n° 703645-R6 en version 1 en date du 04/12/2015 ;
- Etude de faisabilité technique et financière « essais pilote » de RSK environnement, référencé n°703918-R2 en version 0 en date du 22/06/2016 ;
- Plan de gestion au droit de l'ancienne blanchisserie - BURGEAP - Septembre 2016 (rapport n°RESIIF06072-02) ;
- Rapport d'inspection visuelle du réseau d'eaux de surface uniquement – Suez – 15/06/2020 ;
- Rapport d'inspection télévisée de Suez, référencé n°P20-10-0679 en date du 14/12/2020 ;
- Diagnostic environnemental de la qualité des sédiments de GéauPole, référence n°C.20.OR.254 en version A en date du 30/12/2024 ;
- Dossier des ouvrages exécutés – travaux de dépollution par venting-sparging de Colas environnement, référencé DOE-2018030005-03 en version 1 en date du 26/02/2021 ;
- Rapport diagnostic de pollution des sols de Tesora, référencé n°A21.2168.A en version 1 en date du 22/12/2021 ;
- Rapport géotechnique mission G2 AVP d'Atlas Géotechnique, référencé n°210930 P1 en version 1 du 14/02/2024 ;
- Rapport du contrôle de la qualité des eaux souterraines de Tesora, référencé n°A23.2508 en version 2 en date du 01/06/2023 ;
- Rapport de suivi de la qualité des eaux souterraines décembre 2022 de RSK environnement, référence n°704737-R1 en version 1 en date du 31/01/2023 ;
- Rapport de diagnostic complémentaire d'IDDEA, référence IDA240090 en version B en date du 30/08/2024 ;
- Rapport de diagnostic complémentaire d'IDDEA, référence n°IDA240090-002 en version B en date du 03/10/2024 ;
- Analyse des risques résiduels d'IDDEA, référence n°IDA240090-003 en version B en date du 08/10/2024 ;
- Rapport de diagnostic complémentaire d'IDDEA, référence n°IDA240467_DIAG en version B en date du 09/04/2025 ;
- Rapport de fin de travaux – Essais de faisabilité de travaux de réhabilitation, SARPI, référence U1.25.002.0 du 06/03/2026 Version 3.



Annexe 2 : Grilles d'analyses multi-critères

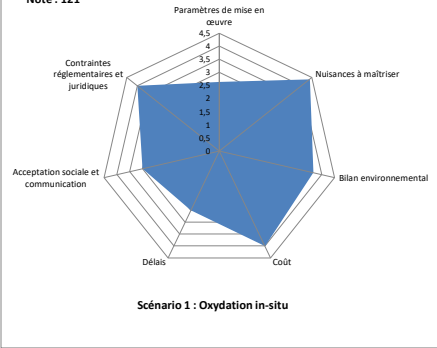


Solution de réhabilitation évaluée

Scénario 1 : Oxydation in situ

		Notation	1	2	3	4	5		
Critères et sous critères			Contrainte redhibitoire	Contrainte forte	Contrainte moyenne	Contrainte faible	Pas de contrainte	justification	pondération
Paramètres de mise en œuvre	accessibilité et approvisionnement du site	compatibilité avec les activités actuelles au droit du site					1	En ville	1
		confidentialité des activités			1		1	Site en friche En pleine ville, les travaux seraient visible depuis l'extérieur	
		moeyens mobilisables sur site				1	-		
	technicité du projet	extension géographique de la pollution (pollution concentrée ou diffuse)		1		-			
		volume d'eau polluée				-			
		volume de gaz pollué				Non connue			
		volume de matériau pollué		1		Non connue			
		complexité du tri sain/pollué				Non concerné pour les eaux			
		distance site/filtre de gestion				Non concerné pour les eaux			
		complexité de la dépollution		1		Deux aquifères concernés			
complexité de mise en place d'un réseau de surveillance	complexité de la dépollution			1		Suivi de la nappe à prévoir			
	contrainte de surveillance				1	Durée non maîtrisée, atteinte d'une asymptote			
	conformité de la solution de réhabilitation au MTD				1	Permet de traiter et maîtriser les eaux			
nuisances à maîtriser (pour la faune/flore/riverains)	visuelle					1	Présence de l'unité d'injection et puits uniquement / site déjà en friche	1	
	sonore					1	Uniquement pendant l'injection assez court / habitation dans l'environnement immédiat		
	olfactive					1	Pas de gazage		
	sanitaire					1	Technique permettant une maîtrise des impacts en sortie de site en fonction du dimensionnement		
	trafic					1	1 amenée repil / et trajet pour suivi par AMO/MOE		
Bilan environnemental	consommation énergétique globale					1	Electricité pour l'injection	1	
	bilan émission gaz à effet de serre					1	Electricité pour l'injection		
	gain de place en centre d'enfouissement technique						Pas d'envoi en filière		
	valorisation de matière et énergie					1	Pas d'envoi en déchetterie		
	déchets générés					1	Pas de déchets		
	importance du risque résiduel					1	Technique permettant la meilleure maîtrise des impacts en sortie de site		
Coût	coût d'investissement	% de sous traitance pour le maître d'ouvrage			1		Technique la moins chère	1	
		coût de surveillance et de fonctionnement			1		Entreprise de dépollution et bureau d'étude pour le suivi		
	coût des servitudes	d'exploitation du site (dans la période de retraitement)					1		Suivi des eaux souterraines
		d'usage du site (dans la cadre d'une reconversion)							Une fois les puits posés travaux sur site possible à condition de conserver les puits. En cas d'effets rebond il suffit de relancer une injection
									1
Délais	durée de réhabilitation	délais administratifs et de consultation				1	Technique connue	1	
		durée de réalisation et de repli			1		Pose des puits et mise en place de l'unité d'injection		
		durée de traitement et de servitude			1		Dépend des résultat et de l'effet rebond		
		durée de surveillance résiduelle			1		Dépend de la durée du traitement		
Acceptation sociale et communication					1			1	
Contraintes réglementaires et juridiques						1		1	

Note : 121



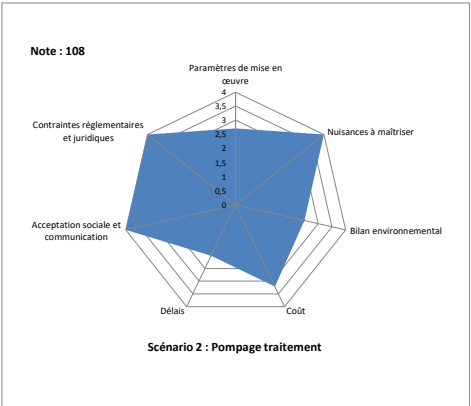
Critères	Moyenne par critère	Somme par critère
Paramètres de mise en œuvre	2,642857143	37
Nuisances à maîtriser	4,4	22
Bilan environnemental	3,666666667	22
Coût	4	20
Délais	2,5	13
Acceptation sociale et communication	3	3
Contraintes réglementaires et juridiques	4	4

Note globale 121

Solution de réhabilitation évaluée

Scénario 2 : Pompage et traitement

		Notation	1	2	3	4	5	justification	pondération	
		Contrainte redhibitoire	Contrainte forte	Contrainte moyenne	Contrainte faible	Pas de contrainte				
Critères et sous critères										
Paramètres de mise en œuvre	accessibilité et approvisionnement du site					1		En ville	1	
	compatibilité avec les activités actuelles au droit du site						1	Site en friche		
	confidentialité des activités				1			En pleine ville, les travaux seraient visible depuis l'extérieur		
	moyens mobilisables sur site					1		-		
	technicité du projet	extension géographique de la pollution (pollution concentrée ou diffuse)				1				-
		volume d'eau polluée			1					-
		volume de gaz pollué								Non connue
		volume de matériau pollué				1				Non connue
		complexité du tri sain/pollué								Non concerné pour les eaux
		distance site/filière de gestion								Non concerné pour les eaux
complexité de la dépollution		1					Deux aquifères concernés			
complexité de mise en place d'un réseau de surveillance					1		Suivi de la nappe à prévoir			
nuisances à maîtriser (pour la faune/flore/riverains)	visuelle					1		Présence de charbon actif, pompe et puits uniquement / site déjà en friche	1	
	sonore			1				Pompage pouvant être bruyant / habitation dans l'environnement immédiat		
olfactive						1		Pas de gazage		
sanitaire						1		Technique permettant la meilleure maîtrise des impacts en sortie de site		
trafic					1			1 amenée repli / et trajet pour suivi par AMO/MOE		
Bilan environnemental	consommation énergétique globale			1				Electricité pour le pompage	1	
	bilan émission gaz à effet de serre				1			Electricité		
	gain de place en centre d'enfouissement technique							Pas d'envoi en filière, le charbon actif est recyclable		
	valorisation de matière et énergie				1			Pas d'envoi en déchèterie		
	déchets générés				1			Charbon actif est recyclable		
	importance du risque résiduel					1		Technique permettant la meilleure maîtrise des impacts en sortie de site		
Coût	coût d'investissement			1				-	1	
	% de sous traitance pour le maître d'ouvrage			1				Entreprise de dépollution et bureau d'étude pour le suivi		
	coût de surveillance et de fonctionnement			1				Coût de fonctionnement élevée, technique énergivore		
	coût des servitudes	d'exploitation du site (dans la période de retraitement)					1			Une fois les puits posés travaux sur site possible à condition de conserver les puits. En cas d'effets rebond il suffit de relancer le pompage
		d'usage du site (dans la cadre d'une reconversion)					1			Une fois les puits posés travaux sur site possible à condition de conserver les puits. En cas d'effets rebond il suffit de relancer le pompage
Délais	durée de réhabilitation	délais administratifs et de consultation				1		Technique connue	1	
		durée de réalisation et de repli			1			Pose des puits et mise en place des unités de charbon		
	durée de surveillance résiduelle	durée de traitement et de servitude			1			Peut prendre plusieurs années		
						1				Dépend de la durée du traitement
Acceptation sociale et communication						1		-	1	
Contraintes réglementaires et juridiques						1		-	1	

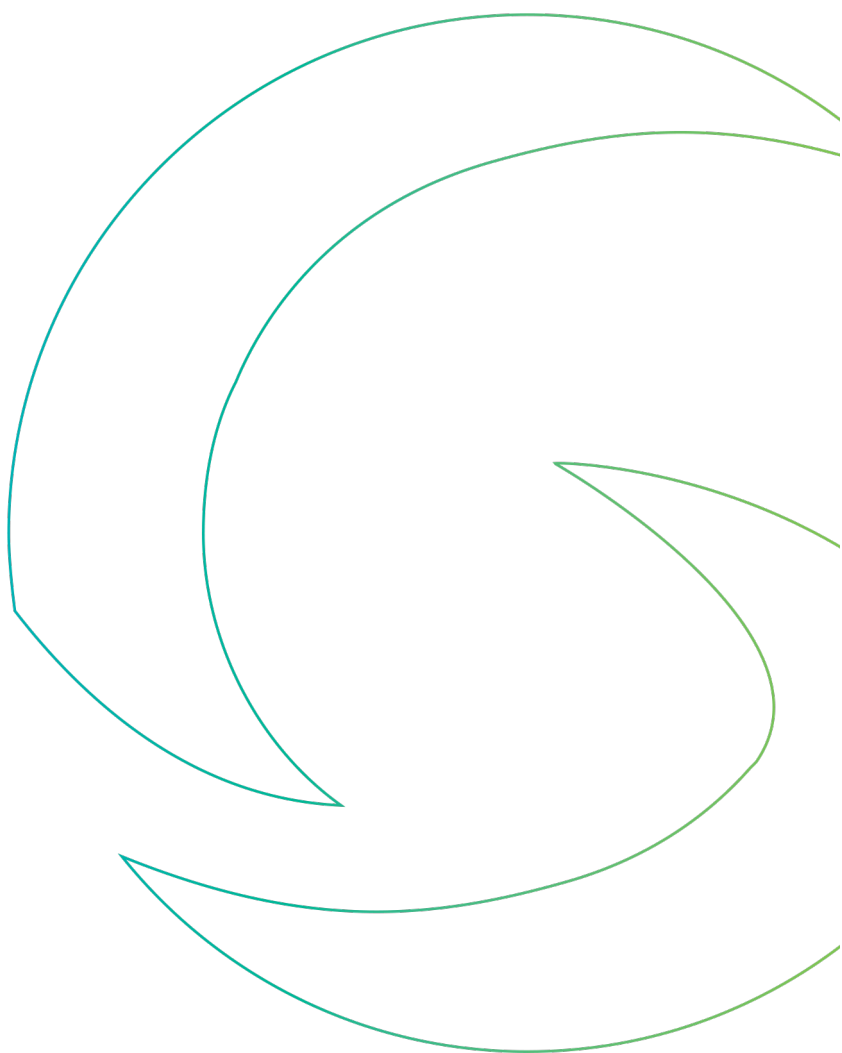


Critères	Moyenne par critère	Somme par critère
Paramètres de mise en œuvre	2.714285714	38
Nuisances à maîtriser	4	20
Bilan environnemental	2.5	15
Coût	3.2	16
Délais	2	11
Acceptation sociale et communication	4	4
Contraintes réglementaires et juridiques	4	4

Note globale	108
--------------	-----



Annexe 3 : Analyse des risques résiduels (rapport IDDEA IDA240090-3 version B du 08.10.2024)



Rapport d'étude IDA240090-3

Grand Paris Aménagement
Parc du Pont de Flandre – Bât 0033
11, rue de Cambrai
75 946 Paris Cedex

Analyse des Risques Résiduels

Lots 10C2 et 10C3
Parc Maison Blanche
Avenue Jean Jaurès
Neuilly-sur-Marne (93)

VOTRE INTERLOCUTEUR

Lucie LECLAIRE
06 46 34 40 67
l.leclaire@iddea-gengis.fr



grandparis
aménagement

SIÈGE SOCIAL

289, bd Duhamel du Monceau
45160 Olivet
02 38 25 15 62
contact@iddea-gengis.fr

iddea-gengis.fr



RÉFÉRENCES

Réf. devis :	IDD230700 vA du 11/11/2023
Réf. du rapport :	IDA240090-3
Réf. du client :	Commande n°20-00291/02/GPAM/040

CLIENT

Nom et adresse	Grand Paris Aménagement Parc du Pont de Flandre – Bât 0033 11, rue de Cambrai 75946 Paris Cedex
Nom du contact et coordonnées	Mme Olivia AUTRAND 01 87 58 10 91 Olivia.autrand@grandparisamenagement.fr

INTERVENANTS IDDEA

Rédacteur	Valentin MOREAU
Vérificateur Responsable de projet	Lucie LECLAIRE
Superviseur	Marie GAILLARD

Valentin Moreau
Lucie Leclaire
Marie Gaillard

STATUT DU RAPPORT

Version	Date	Détails
vB	08.10.2024	MAJ
vA	13.09.2024	Version initiale

CERTIFICATIONS D'IDDEA





Ces informations sont soumises à l'exhaustivité et la fiabilité des documents disponibles et consultables, l'existence d'une information « cachée » ou « erronée » est toujours possible. L'exhaustivité et la véracité absolue ne peuvent donc être garanties.

Tous les éléments de ce rapport (cartes, photos, pièces et documents divers, etc.) constituent une seule et même entité indissociable. La responsabilité d'IDDEA ne saurait être engagée par une utilisation, une communication ou une reproduction partielle de ce rapport et annexes sans l'accord préalable d'IDDEA.

Nous restons à la disposition du client pour lui fournir tout renseignement complémentaire qu'il pourrait juger utile concernant les résultats et les conclusions de notre étude.



1. Synthèse non technique de l'étude	9
2. Contexte de l'étude	12
3. Cadre normatif et réglementaire	13
4. Présentation du site	13
4.1. Localisation du site	13
4.2. Contexte géologique	15
4.3. Contexte hydrologique	16
4.4. Contexte Hydrogéologique	16
4.5. Usages des eaux souterraines	17
4.6. Rappel des investigations réalisées au droit du site	17
5. Identification des dangers	19
5.1. Description du projet d'aménagement	19
5.2. Schéma conceptuel d'exposition	20
5.3. Qualité des données d'entrée	23
5.4. Caractérisation des sources et du milieu d'exposition des futurs usagers	23
5.4.1. Méthodologie de prise en compte des concentrations et limites de quantification	23
5.4.2. Choix des concentrations retenues pour les calculs	24
6. Relations Dose Réponse	25
7. Estimation des expositions	26
7.1. Paramètres d'entrée et modèles de transfert	26
7.2. Calcul des concentrations inhalées (CI)	27
7.3. Comparaison des concentrations modélisées dans l'air ambiant intérieur aux seuils R1	28
8. Caractérisation des risques sanitaires	29
8.1. Mode de calcul	29
8.2. Résultats	29
8.3. Mesures de gestion proposées	32
9. Etude de sensibilité	34
9.1. Résultats des calculs de risques à partir des seules données gaz des sols pour les hydrocarbures aliphatiques C _{>8} -C ₁₀ et tétrachloroéthylène	34
9.2. Choix de la voie d'exposition retenue pour les zones extérieures	35



9.3. Influence du taux de renouvellement d'air au droit du vide sanitaire	35
---	----

10. Synthèse technique, conclusions et recommandations

37



Liste des figures

Figure 1 :	Localisation du site étudié	14
Figure 2 :	Plan du cadastre du site (Source : cadastre.gouv.fr – Annotations IDDEA).....	14
Figure 3 :	Localisation de possible futur bâtiment sur fond de vue aérienne (Source : Géoportail – Annotations IDDEA)	20
Figure 4 :	Schéma conceptuel d'exposition	21

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Lithologie du forage BSS000PMME (Source : Banque de données du Sous-Sol du BRGM).....	15
Tableau 2 :	Justification du choix des voies d'exposition résiduelles.....	22
Tableau 3 :	Paramètres d'entrée	26
Tableau 4 :	Niveaux de risque par voie d'exposition	30
Tableau 5 :	Résultats des calculs de risque et comparaison aux valeurs de référence pour le cumul des scénarios.....	31
Tableau 6 :	Résultats des calculs de risques en respectant les dispositions constructives	33
Tableau 7 :	Niveaux de risques calculés en considérant une substitution des hydrocarbures aliphatiques C _{>8} -C ₁₀ et de tétrachloroéthylène dans la nappe par les gaz des sols.....	34
Tableau 8 :	Calculs de risques pour les aménagements extérieurs	35
Tableau 9 :	Influence du taux de renouvellement d'air dans le cadre des dispositions constructives	36



Annexes

- Annexe 1 : Localisation des investigations
- Annexe 2 : Concentrations retenues pour les calculs de risque
- Annexe 3 : Définitions
- Annexe 4 : Méthodologie de l'évaluation des Risques Sanitaires
- Annexe 5 : Principes de sélections des limites de quantification
- Annexe 6 : Principales incertitudes liées aux hypothèses retenues
- Annexe 7 : Relation dose-réponse
- Annexe 8 : Valeurs toxicologiques de référence
- Annexe 9 : Paramètres physico-chimiques
- Annexe 10 : Paramètres d'entrée des modèles de transfert
- Annexe 11 : Modèles de transfert
- Annexe 12 : Mode de calcul des concentrations inhalées
- Annexe 13 : Calculs de risque détaillés par scénario
- Annexe 14 : Somme des quotients de danger par organe cible
- Annexe 15 : Cumul des scénarios



ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail
ARR	Analyse des Risques Résiduels
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Base de données américaine)
BTEX.....	Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes
CAV.....	Composés Aromatiques Volatils
CMA	Concentrations Maximales Admissibles
COFRAC	Comité Français d'Accréditation
COHV	Composés Organo-Halogénés Volatils
COT	Carbone Organique Total
EMM.....	Eléments Métalliques et Métalloïdes
EPA.....	Environmental Protection Agency (USA)
EQRS	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
ERI	Excès de Risque Individuels
ERU	Excès de Risque Unitaire
HAP.....	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HCT.....	Hydrocarbures Totaux
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
IRIS	Integrated Risk Information System (Base de données de l'EPA)
LQ	Limite de Quantification
MS.....	Matière sèche
ND.....	Non détecté
NGF	Nivellement Général de France
OEHHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment (Base de données californienne)
OMS.....	Organisation Mondiale de la Santé
PCB.....	Polychlorobiphényles
PCE.....	Tétrachloroéthylène
QD.....	Quotient de Danger
RBCA	Risk-Based Corrective Action
RIVM	National Institute for Public Health and the Environment (Base de données hollandaise)
TCE.....	Trichloroéthylène
TPH.....	Total Petroleum Hydrocarbon
VTR.....	Valeurs Toxicologiques de Référence



1. Synthèse non technique de l'étude

CONTEXTE

Mandataire : Grand Paris Aménagement

Adresse du site : Avenue Jean Jaurès à Neuilly-sur-Marne (93) – Emprise des lots 10C2 et 10C3

Usage actuel du site : site en friche au droit d'une ancienne blanchisserie et des bâtiments actuellement déconstruits.

Historique du site : Le site est un ancien établissement classé utilisé comme blanchisserie pour les besoins de l'hôpital Maison Blanche. Ce site a fait l'objet de multiples études environnementales à partir de 2014, mettant en évidence la présence d'une source concentrée en Composés Organo-Halogénés Volatils, liée à l'activité passée du site. Ces études ont donné lieu à un plan de gestion puis à des travaux de dépollution. Néanmoins, ces travaux n'ont pu être réceptionnés que partiellement, en raison des concentrations résiduelles supérieures à l'objectif de réhabilitation fixé. Des investigations complémentaires sur les sols à proximité d'un ovoïde soupçonné de constituer une source secondaire n'ont pas été concluantes. La source primaire alimentant les eaux souterraines n'a jamais été localisée.

Contexte de l'étude : Réaménagement de la ZAC Maison blanche au droit d'une ancienne blanchisserie ayant impacté les milieux en Composés Organo-Halogénés Volatils.

Usage futur et projet d'aménagement :

- Projet non défini actuellement mais pouvant comprendre la réalisation de bâtiments avec ou sans niveau de sous-sol à usage de logements (et possiblement résidence sénior) avec la présence de travailleurs ;
- Voiries/espaces verts et espaces publics.

Etudes déjà réalisées sur le site :

- Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires de RSK environnement, référencé n° 703645-R5 en version 1 en date du 27/11/2015 ;
- Plan de gestion de RSK environnement, référencé n° 703645-R6 en version 1 en date du 04/12/2015 ;
- L'étude de faisabilité technique et financière « essais pilote » de RSK environnement, référencé n°703918-R2 en version 0 en date du 22/06/2016 ;
- Le dossier des ouvrages exécutés – travaux de dépollution par venting - sparging de Colas environnement, référencé DOE-2018030005-03 en version 1 en date du 26/02/2021 ;
- Le dossier de faisabilité de Grand Paris aménagement « ZAC Maison Blanche – Bande centrale sud – Lot 10C2 & 10C3 » en date du 18/11/2021 ;
- Le rapport diagnostic de pollution des sols de Tesora, référencé n°A21.2168.A en version 1 en date du 22/12/2021 ;
- Le rapport de la DRIEAT du service risques et installations classées, dossier n°93 R 25 00070 D en date 14/04/2022 ;



- Le rapport du contrôle de la qualité des eaux souterraines de Tesora, référencé n°A23.2508 en version 2 en date du 01/06/2023 ;
- Rapport de suivi de la qualité des eaux souterraines décembre 2022 de RSK environnement, référence n°704737 en version 1 en date du 31/01/2023 ;
- Rapport diagnostic complémentaire d'IDDEA, référencé IDA240090 en version A en date du 23/05/2024 ;
- Rapport diagnostic complémentaire d'IDDEA, référencé IDA240090-002 en version A en date du 06/09/2024.

DESCRIPTION DES AMENAGEMENTS PRIS EN COMPTE DANS LES CALCULS

Les aménagements retenus sont :

- Bâtiments à usage de logements avec ou sans niveau de sous-sol ;
- Bâtiment à usage de résidence sénior avec ou sans sous-sol comprenant des logements en R+1 ;
- Voiries/espaces verts et espaces publics recouverts.

VOIE D'EXPOSITION ET CIBLES PRISES EN COMPTE

Les voies d'exposition retenues sont :

- A : L'inhalation de vapeurs de substances volatiles par des adultes et des enfants résidents dans les bâtiments à usage de logements :
 - ▶ A1 : sans sous-sol ou vide sanitaire ;
 - ▶ A2 : sur un niveau de sous-sol à usage de parking ;
- B : L'inhalation de vapeurs de substances volatiles par des adultes travailleurs et des enfants visiteurs d'un bâtiment à usage de résidence sénior :
 - ▶ B1 : sans sous-sol ou vide sanitaire ;
 - ▶ B2 : sur un niveau de sous-sol à usage de parking ;
- C : L'inhalation de vapeurs de substances volatiles par des adultes résidents dans le bâtiment à usage de résidence sénior (à partir du R+1) avec ou sans niveau de sous-sol ;
- D : L'inhalation de vapeurs de substances volatiles par des adultes et des enfants sur des voiries ou des espaces verts recouverts. Le choix le plus conservatoire a été retenu dans le calcul final.

Les cumuls des voies d'exposition suivants ont été étudiés pour établir les conclusions de l'étude :

- A1 + B1 + C + D ;
- A1 + B2 + C + D ;
- A2 + B1 + C + D ;
- A2 + B2 + C + D.



CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS DE L'ANLYSE DES ENJEUX SANITAIRES

Au regard des valeurs de référence fixées par la méthodologie d'avril 2017 fixant les niveaux de risque sanitaire dits « acceptables », la qualité du sous-sol :

- Est compatible avec la construction des bâtiments sur sous-sol (logements ou résidence sénior) ;
- N'est pas compatible avec la construction de bâtiments sans sous-sol ou vide sanitaire.

Toutefois, la construction de bâtiments sans sous-sol reste envisageable en respectant des dispositions constructives. Ainsi, IDDEA recommande la mise en place d'un vide sanitaire d'une hauteur de 60 cm, dallé en fond (0,1 m d'épaisseur) et ventilé mécaniquement à 1 volume par heure. De plus, la vérification de la qualité de l'air après réception du bâti est recommandée au travers de la réalisation de 2 campagnes de prélèvements d'air ambiant à deux périodes climatiques distinctes (estivale/hivernale) au droit du vide sanitaire et au rez-de-chaussée simultanément.

Toute modification des aménagements et des données d'entrée utilisées nécessiterait une reprise des calculs présentés ici.

Les remarques et préconisations suivantes sont à prendre en compte :

- L'utilisation de l'eau souterraine (ingestion d'eau, arrosage d'un potager) n'a pas été prise en compte dans cette étude. Si ces usages étaient à prendre en compte, une reprise des calculs serait également à effectuer ;
- Absence d'arbres fruitiers ou de potager dans les espaces verts ;
- Mise en place de canalisations pour l'eau potable en PEHD au sein d'un remblai d'apport propre ou dans des caniveaux techniques béton, ou à défaut, pose de canalisations métalliques ou en matériau anti-contaminant, conformément aux usages sur ce type de site ;
- Les personnes amenées à travailler sur ce chantier de construction devront être informées et disposer des équipements de protection individuelle adaptées aux substances détectées dans les sols ;
- Une conservation de la mémoire du site doit être effectuée, par exemple via les actes de vente futurs ;
- Recouvrement des zones extérieures par 30 cm de terres saines avec mise en place d'un géotextile ou d'un grillage avertisseur à l'interface terres du site / terres saines.



2. Contexte de l'étude

Dans le cadre du réaménagement de la ZAC Maison Blanche (superficie de 58,6 hectares) sur l'emprise de l'ancien hôpital de Maison Blanche, sur la commune de Neuilly-sur-Marne (94), Grand Paris Aménagement prévoit au droit d'une ancienne blanchisserie, la construction de bâtiments à usage de logements (et résidence sénior) avec ou sans niveau de sous-sol et d'espaces extérieurs.

De multiples études environnementales ont déjà été réalisées au droit des parcelles et ont mis en évidence la présence d'une source concentrée en COHV liée au passif du site.

A la suite de ces études, des travaux de dépollution ont été menés sur les eaux souterraines selon un objectif de réhabilitation à 300 µg/l en PCE (à noter que le seuil sanitaire était à 600 µg/l). Pour donner suite à ces travaux, une réception partielle a été réalisée, en raison des concentrations résiduelles supérieures au seuil de dépollution fixé, encore mesurées au droit de 2 lots.

L'hypothèse est une source de pollution secondaire alimentant encore la nappe. Un arrêt des travaux de dépollution a eu lieu au profit de la réalisation d'investigations complémentaires à proximité d'un ovoïde soupçonné de constituer cette source secondaire. Ces sondages complémentaires n'ont pas été concluants (absence de détection significative des COHV au MIP et dans les sols autour de l'ouvrage).

Dans ce contexte, Grand Paris Aménagement a mandaté IDDEA pour la réalisation d'études complémentaires afin de disposer d'un état des lieux de la qualité des milieux au droit des lots 10C2 et 10C3 qui n'ont pas pu être réceptionnés, comprenant la pose de piézairs, des prélèvements de sols et des campagnes de prélèvements des gaz des sols (rapport IDDEA « Diagnostic complémentaire » n°IDA240090 en version A du 23/05/2024 pour la 1^{ère} campagne) et de statuer sur la compatibilité sanitaire des milieux avec l'usage projeté par la réalisation d'une analyse des enjeux sanitaires (objet de la présente étude).

Suite aux résultats de la première campagne, la présence d'impacts dans les gaz des sols en COHV et hydrocarbures a été mise en évidence et un dimensionnement latéral de ces impacts a été recommandé. Toutefois, le projet initialement prévu au droit du site pourrait ne pas être réalisé par le promoteur et Grand Paris Aménagement souhaite avoir une approche plus globale des contraintes sanitaires qui pourraient être associées à un futur projet qui pourrait intégrer ou pas un/des niveau(x) de sous-sol. Dans ce cadre, de nouvelles investigations avec de nouvelles poses d'ouvrages ont été réalisées en juillet-août 2024.

Ainsi, Grand Paris Aménagement a également mandaté IDDEA pour la réalisation d'une analyse des enjeux sanitaires afin de statuer sur la compatibilité entre la qualité des milieux et les usages envisagés.

Le présent rapport constitue l'Analyse de Risques Résiduels menée sur les résultats obtenus lors des investigations réalisées en 2024.



3. Cadre normatif et réglementaire

La mission d'IDDEA a été réalisée selon les normes et la méthodologie préconisées par le Ministère en charge de l'Environnement, en particulier :

- Les guides méthodologiques édités en 2007 sur la base des circulaires du 08 février 2007 et entrées en application au 1er juillet 2007 mis à jour en avril 2017 ;
- La norme AFNOR NF X 31-620 révisée en décembre 2021 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués » et plus spécifiquement la prestation codifiée A320 « Analyse des Enjeux Sanitaires ».

4. Présentation du site

Les données en italique ci-après sont issues du rapport IDDEA « Diagnostic complémentaire » référencé IDA240090-002.

4.1. Localisation du site

Le site à l'étude est localisé Avenue Jean Jaurès à Neuilly-sur-Marne (93). Selon la carte de l'Institut Géographique National (IGN) au 1 / 25 000 (Figure 1), et le site internet Géoportail, le site est localisé à une altitude comprise entre + 43 m et + 45 m NGF.

Il occupe en partie la parcelles n°171 de la section AR (cf. Figure 2) pour une superficie d'environ 8 000 m². A noter que les bâtiments présents sur le cadastre sont actuellement démolis.

La localisation du centre de la zone d'étude en coordonnées Lambert 93 est :

- X : 666 852 m ;
- Y : 6 863 048 m.

La zone à l'étude est bordée :

- Au nord par des logements collectifs, des espaces verts et le lac de la Maison Blanche ;
- A l'est par le parc de la Maison Blanche puis des espaces verts et complexes sportifs ;
- Au sud par le parc de la Maison Blanche puis l'avenue Jean-Jaurès (nationale N34) ;
- A l'ouest par le parc de la Maison Blanche puis des logements individuels.

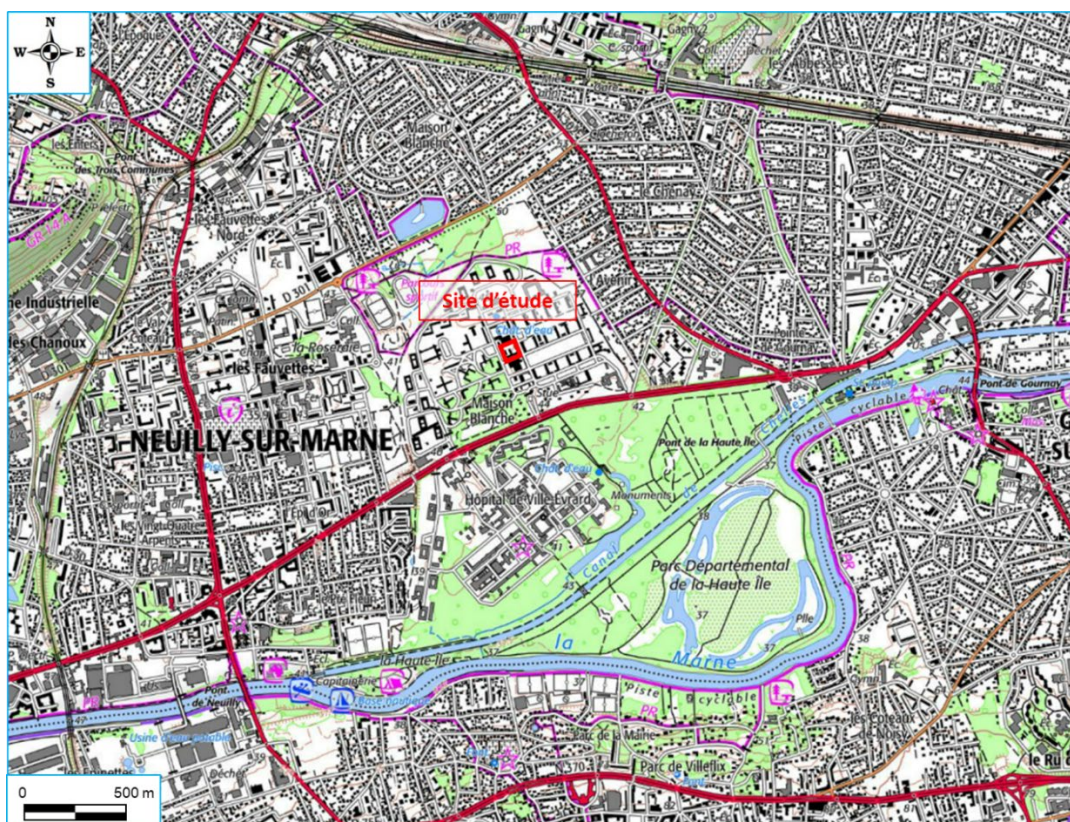


Figure 1 : Localisation du site étudié

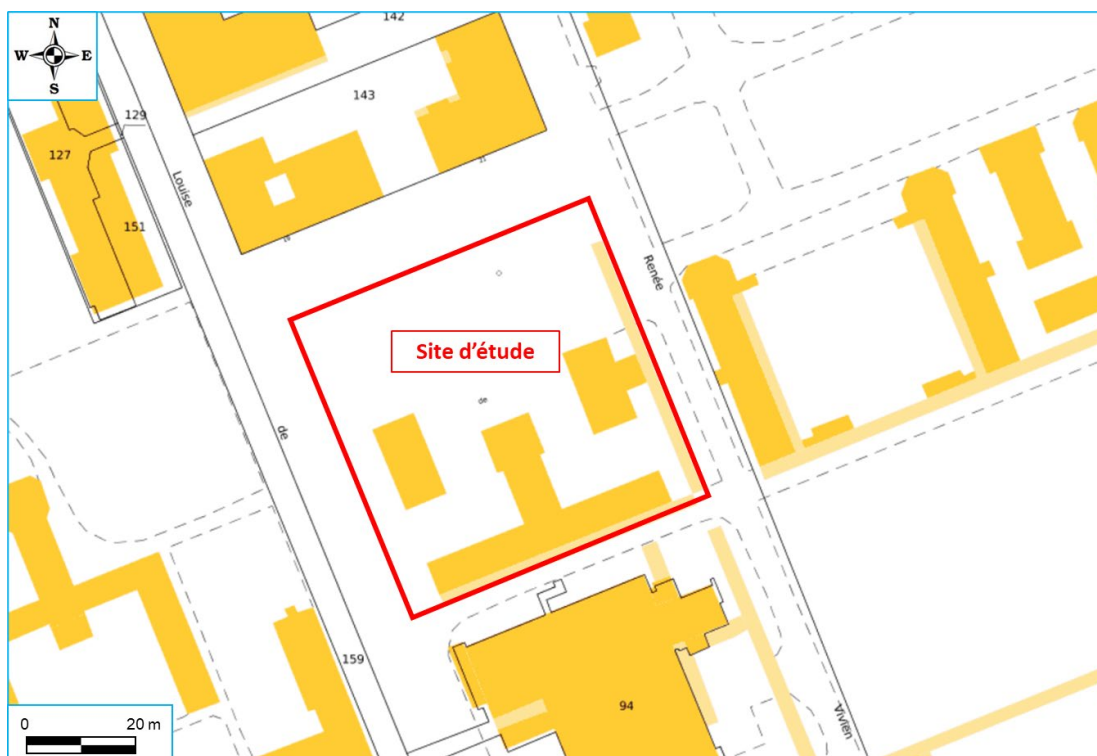


Figure 2 : Plan du cadastre du site (Source : cadastre.gouv.fr – Annotations IDDEA)



4.2. Contexte géologique

D'après la carte géologique de Lagny (BRGM, n°184, 1/50 000ème), les formations suivantes sont rencontrées dans le secteur du site étudié, avec, depuis la surface :

● **Fy : Alluvions anciennes**

Les alluvions anciennes sont constituées essentiellement de matériaux sablo-graveleux de couleur jaunâtre à beige où les éléments calcaires sont abondants et où les éléments siliceux sont représentés par des silex et meulière. Leur épaisseur est d'environ 5 m.

● **e6d : Calcaires de Saint-Ouen**

Cette formation géologique est constituée de marnes et de calcaires de couleur crème, rosée et grisâtre. Des niveaux de marnes argileuses, de couleur brune à violacée s'intercalent entre les bancs calcaires ainsi que des lisérés d'argile magnésienne. Des accidents siliceux, lentilles de calcaire siliceux et silex nectiques donnent à l'ensemble un aspect encore plus hétérogène. La puissance de la formation varie entre 7 et 20 m.

● **e6a : Sables de Beauchamp**

D'une puissance moyenne de 10 m, les Sables de Beauchamp sont représentés par des sables quartzeux blancs, jaunâtres et gris-bleu avec très souvent des intercalations argileuses vertes.

D'après la Banque de données du Sous-Sol du BRGM (BSS, consultable sur le portail Internet InfoTerre), le sondage le plus proche susceptible de présenter la même lithologie que celle présente au droit du site est le suivant : Forage BSS000PMME, situé à 180 m au nord du site, à une cote altimétrique de +44 m NGF :

Tableau 1 : Lithologie du forage BSS000PMME (Source : Banque de données du Sous-Sol du BRGM)

Profondeur	Formation	Lithologie
De 0 à -2,2 m/TN	Remblais	Quaternaire
De -2,2 à -17 m/TN	Marne jaune et blanche avec débris calcaires	-
De -17 à -19 m/TN	Calcaire (Calcaires de Saint-Ouen)	Marinésien
De -19 à -21 m/TN	Sable argilo-marneux (Sables de Beauchamp)	Auversien



Lors des investigations menées sur le site d'étude, la succession globale de couches lithologiques rencontrées en partant de la surface était la suivante :

- Remblais sablo-graveleux et/ou limono-graveleux de teinte marron pouvant atteindre environ 2 m d'épaisseur. On y observe la présence de briques et localement des couches de mâchefers ;
- Sables plus ou moins graveleux et/ou limoneux de couleur beige/orange/marron, avec des couches observées jusqu'à 4 m d'épaisseur (Alluvions) ;
- Argiles sableuses marron/orange/beige, pouvant atteindre 5 m d'épaisseur (Alluvions) ;
- Calcaires et altérations marno-calcaires observés d'environ 2 à 5 m d'épaisseur (Calcaires de Saint-Ouen).

4.3. Contexte hydrologique

Le site se trouve à environ 400 m au sud-est du ru traversant le parc du Croissant Vert et à 630 m au sud-est du lac de la Maison Blanche.

Le site se trouve également à environ 1 km au nord-ouest du Canal de Chelles et à 1,2 km au nord-ouest de la Marne.

La zone d'étude fait partie du périmètre du SDAGE 2022-2027 du bassin Seine-Normandie. Celui-ci fixe les grandes orientations de la gestion de l'eau au niveau du bassin pour la période 2022- 2027 et a pour objectif d'atteindre un bon état des eaux (de surface, continentales, côtières et souterraines) en 2021. Le site fait partie du Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux « Marne Confluence ».

● Usage des eaux superficielles

- Le ru traversant le parc du Croissant Vert et le lac de la Maison Blanche n'ont aujourd'hui aucun usage particulier ;
- La Marne accueille des usages récréatifs et halieutiques ;
- Le Canal de Chelles accueille des usages de loisirs, industriels et de transports (navigation).

4.4. Contexte Hydrogéologique

D'après la carte géologique de Lagny (BRGM, n°184, 1/50 000ème), deux types d'aquifères sont présents au droit de la zone d'étude :

● La nappe des Alluvions de la Marne et du Grand Morin

La nappe des Alluvions de la Marne et du Grand-Morin est alimentée par l'impluvium direct, par la rivière qui influence le niveau piézométrique de la nappe, et par le substratum perméable (Calcaire de Saint-Ouen). Cette nappe libre est en communication hydraulique avec la nappe sous-jacente des Calcaires de Saint-Ouen. Les études antérieures mettent en évidence un niveau d'eau de la nappe alluviale entre 6 et 7 m de profondeur au droit de la zone d'étude. Le sens d'écoulement de la nappe des Alluvions de la Marne est dépendant de la topographique du site et est ainsi supposé globalement vers le sud, soit en direction de la Marne.



● **Les nappes des calcaires de Saint-Ouen et des Sables de Beauchamp et des couches lutétiennes sous-jacentes**

Ce réservoir constitue un réservoir aquifère surtout exploité au nord de la Marne. Il est souvent en communication avec la nappe alluviale. Cette nappe est assez peu exploitée, les eaux étant très minéralisées en raison de la présence de gypse. L'aquifère des calcaires de Saint-Ouen est en communication latérale avec les Alluvions en bordure des coteaux. L'aquifère des Sables de Beauchamp et celui des Marnes et Caillasses forment un aquifère unique dans le secteur étudié : il s'agit d'une nappe semi-captive sous le sommet de la formation de Beauchamp, qui est argileux et semi-perméable. Le sens d'écoulement de la nappe des Calcaires de Saint-Ouen est supposé vers le sud, soit en direction de la Marne.

4.5. Usages des eaux souterraines

D'après les informations fournies par la Délégation Territoriale de la Seine-Saint-Denis de l'Agence Régionale d'Ile-de-France en octobre 2014, aucun captage AEP et périmètres de protection associés n'est identifié au droit de la commune de Neuilly-sur-Marne.

Par ailleurs, dans un rayon de 500 m autour du centre du site dans la base de données du BRGM, on recense :

- 1 puits à usage collectif localisé à environ 180 m au nord-ouest du site (n°BSS000PMME) d'une profondeur de 21 m avec un niveau d'eau à 7,4 m en février 1978. Compte tenu de la position hydraulique de cet ouvrage et de sa profondeur, ce puits est considéré comme vulnérable vis-à-vis des activités du site. Ce puits n'a pas été retrouvé lors des visites de site antérieures ;
- 1 puits localisé sur la commune de Gagny à environ 500 m au nord-ouest du site (n°BSS000PKQP) d'une profondeur de 48,5 m avec un niveau d'eau à 10 m en avril 1974. Ce puits servirait à la réalimentation du lac de la Maison Blanche présent à proximité de l'ouvrage, c'est-à-dire au nord de la rue Hippolyte Pina. Compte tenu de sa distance par rapport au site d'étude (>300 m), ce puits n'est pas considéré comme vulnérable vis-à-vis des activités du site.

4.6. Rappel des investigations réalisées au droit du site

Le site a fait l'objet d'investigations sur les milieux sol, eaux souterraines et gaz du sol en 2024. Ces investigations (localisation en Annexe 1) ont été réalisées par la société IDDEA dans le cadre des diagnostics de pollution ayant donné lieu aux rapports référencés IDA240090 et IDA2040090-002. Ces investigations ont été menées afin de disposer d'un état des lieux de la qualité des milieux au droit des lots 10C2 et 10C3 qui n'ont pas pu être réceptionnés après les travaux.

Ces investigations ont permis de mettre en évidence :

- **Dans les sols** : du Tétrachloroéthylène quantifié uniquement à une faible teneur au droit de d'un seul échantillon (29 échantillons analysés, prélevés en regard des crépines), l'échantillon Pz10 (1-1,5), ce composé est retrouvé dans les gaz des sols ;



● Dans les gaz des sols

- Des quantifications en hydrocarbures aromatiques et aliphatiques sur 21 des 29 ouvrages, et en Composés Aromatiques Volatils sur l'ensemble des ouvrages, toutes inférieures aux seuils retenus après estimation des concentrations dans l'air ambiant par modélisation et application d'un facteur de dilution. La profondeur des ouvrages n'est pas en lien direct avec les concentrations observés ;
- Des quantifications en Tétrachloroéthylène sur l'ensemble des ouvrages (à l'exception de ouvrages profonds Pza6, Pza12b et Pz19b) avec des dépassements des seuils R1 sur la concentration estimée dans l'air ambiant par facteur de dilution au droit des ouvrages Pza1, Pza2, Pza4, Pza9, Pza10, Pza13, Pz16 et Pza21a. Ces dépassements sont principalement localisés en partie nord du site et sud-ouest, avec les doublets Pza1/Pza9, Pza2/Pza10 et Pza4/Pza13. Les ouvrages présentant des impacts en partie nord sont situés à proximité des piézomètres EWA, PZA et PZB impactés en PCE ;
- Des quantifications ponctuelles sur les autres Composés Organo-Halogénés Volatils (en Dichlorométhane, en Trichloroéthylène et en Trichlorométhane) à des concentrations toutes inférieures aux seuils retenus après estimation des concentrations dans l'air ambiant par modélisation et application d'un facteur de dilution.

Les composés mis en évidence dans les gaz des sols (HCT aromatiques volatils, dichlorométhane, TCE et Trichlorométhane) ne sont pas retrouvés dans les sols ou les eaux souterraines.

● Dans les eaux souterraines

- Des quantifications et impacts en Tétrachloroéthylène principalement sur les ouvrages au droit du site d'étude. Les ouvrages EWA (1 300 µg/l), PZA (1 800 µg/l), PZB (490 µg/l) et PZC (890 µg/l) présentent des concentrations supérieures au seuil de réhabilitation, dont 3 dépassements du seuil sanitaire fixé à 600 µg/l au droit de EWA, PZA et PZC ;
- Des quantifications en hydrocarbures aliphatiques $C_{>8}-C_{10}$, dont des dépassements du référentiel des eaux de consommation de l'arrêté du 30 décembre 2022 au droit des ouvrages EWA, PZA, et PZC.

Les résultats d'analyses sur les eaux souterraines et les gaz des sols (milieux retenus dans le cadre de cette étude) sont présentés en Annexe 2.



5. Identification des dangers

5.1. Description du projet d'aménagement

Le projet d'aménagement concerne les lots 10C2 et 10C3 du Parc de la Maison Blanche pour une superficie d'environ 8 000 m². Conformément à votre demande, notre étude prendra en compte la réalisation possible d'un bâtiment (à usage de logements et de résidence sénior) avec ou sans sous-sol sur les $\frac{3}{4}$ de l'emprise et le reste sera aménagé en espace vert.

Pour les aménagements, les mesures de gestion du Plan de Gestion de 2015 (RSK ref 703645-R6(01)) sont reprises :

- Absence d'arbres fruitiers ou de potager dans les espaces verts ;
- Mise en place d'un nouveau réseau d'alimentation en eau potable dans le cadre de l'aménagement de la ZAC répondant à certaines mesures constructives : pose des canalisations en acier ou multicouches¹, mise en place d'une barrière de bentonite autour des tuyaux dans les zones polluées. Ces mesures visent à écarter le risque de perméation de polluants à travers les canalisations AEP ;
- Absence d'utilisation des eaux souterraines au droit du site (en dehors des contrôles du suivi de la qualité des eaux souterraines ;
- Recouvrement par des terres saines des espaces verts et jardins.

¹ Couche interne, couche externe en PE entre lesquelles est placée une barrière d'aluminium

La figure suivante présente la localisation possible des futurs bâtiments (Figure 3).



Figure 3 : Localisation de possible futur bâtiment sur fond de vue aérienne (Source : Géoportail – Annotations IDDEA)

5.2. Schéma conceptuel d'exposition

Une étude de risque sanitaire n'est pertinente que lorsqu'une source² est mise en contact avec des populations cibles³ via un vecteur. L'Annexe 3 présente des définitions de termes relatifs à l'évaluation des risques sanitaires et l'Annexe 4, la méthodologie propre aux EQRS et aux ARR.

² Présence de substances dans les sols et/ou les eaux souterraines en des teneurs supérieures aux valeurs de gestion réglementaires ou ne disposant pas de valeur de gestion réglementaire

³ Usagers d'un site



La Figure 4 schématise les voies d'exposition à envisager au droit du site (schéma conceptuel).

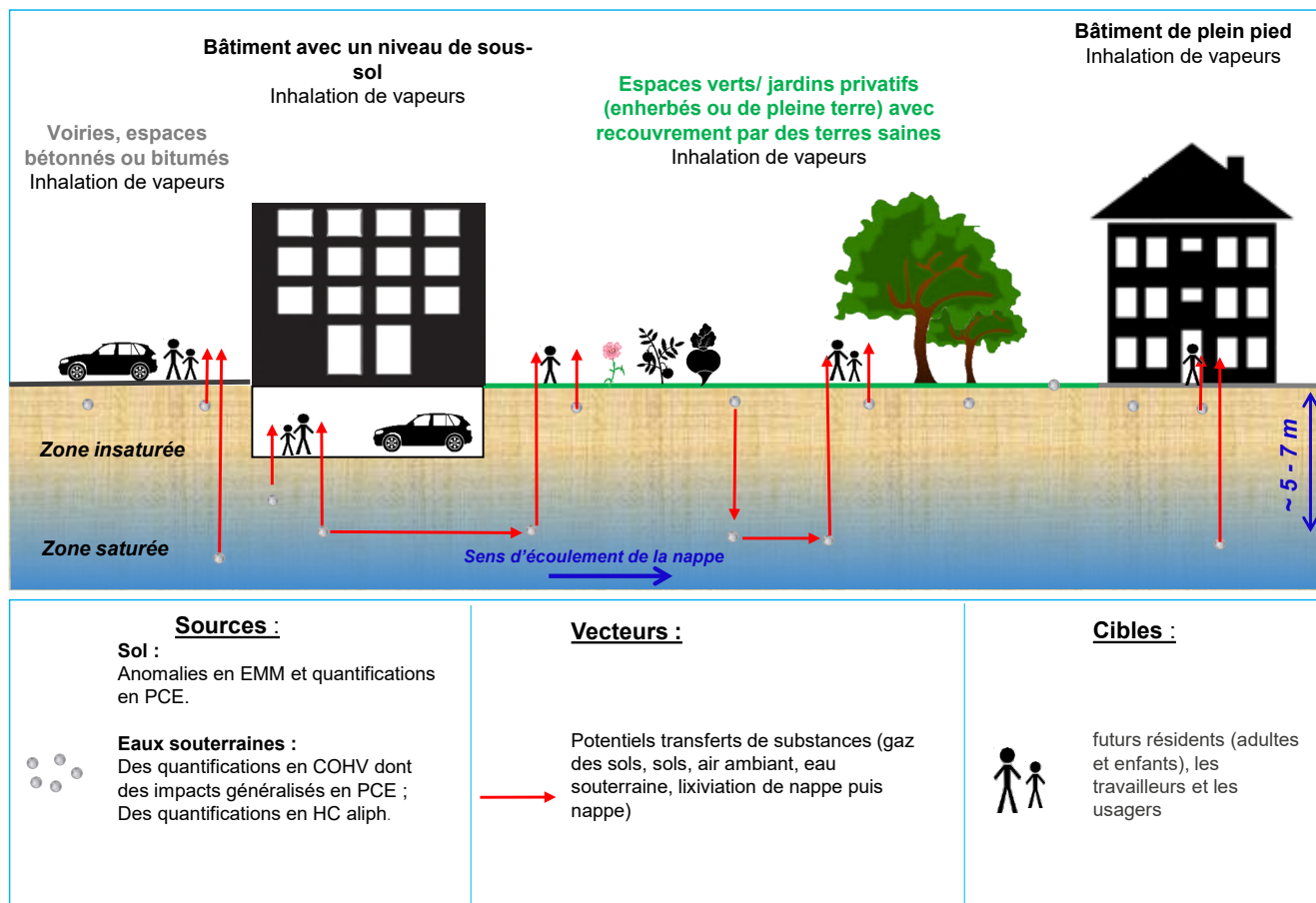


Figure 4 : Schéma conceptuel d'exposition

Le Tableau 2 ci-après présente les différentes voies d'exposition envisageables en regard des sources mises en évidence et la justification du choix final des voies d'exposition résiduelles au droit de chaque aménagement.



Tableau 2 : Justification du choix des voies d'exposition résiduelles

Source	Vecteur	Cible	Voie d'exposition	Commentaire
Sol : Anomalies en EMM et quantifications en PCE Dans les eaux souterraines Des quantifications en COHV dont des impacts généralisés en PCE et des quantifications en HC aliphatiques.	Air du sol puis air ambiant	Les futurs résidents (adultes et enfants), les travailleurs et les usagers	Inhalation de vapeurs	Retenue
	Sol Porté main-bouche		Ingestion de sol	Non retenues car recouvrement par des terres saines prévu dans le cadre du projet
	Vent		Inhalation de poussières de sol	
	Gaz des sols		Perméation à travers les canalisations	Retenue au regard des dispositions constructives
	Eaux météoriques lixiviant les sols vers la nappe superficielle		Ingestion d'eau	Non retenues
			Ingestion de végétaux arrosés avec l'eau de la nappe superficielle	
			Inhalation de vapeurs	Retenue au regard des concentrations mises en évidence dans les gaz des sols

Les voies d'exposition retenues pour cette étude sont donc :

- A : L'inhalation de vapeurs de substances volatiles par des adultes et des enfants résidents dans les bâtiments à usage de logements :
 - ▶ A1 : sans sous-sol ou vide sanitaire ;
 - ▶ A2 : sur un niveau de sous-sol à usage de parking ;
- B : L'inhalation de vapeurs de substances volatiles par des adultes travailleurs et des enfants visiteurs dans un bâtiment à usage de résidence sénior :
 - ▶ B1 : sans sous-sol ou vide sanitaire ;
 - ▶ B2 : sur un niveau de sous-sol à usage de parking ;
- C : L'inhalation de vapeurs de substances volatiles par des adultes résidents dans le bâtiment à usage de résidence sénior (à partir du R+1) avec ou sans niveau de sous-sol ;
- D : l'inhalation de vapeurs de substances volatiles par des adultes et des enfants sur des voiries ou des espaces verts recouverts. Le choix le plus conservatoire sera retenu dans le calcul final.

Les cumuls des voies d'exposition suivants seront étudiés pour établir les conclusions de l'étude :

- A1 + B1 + C + D ;
- A1 + B2 + C + D ;
- A2 + B1 + C + D ;
- A2 + B2 + C + D.

Dans le cadre de l'aménagement paysager, la mise en place d'arbres fruitiers n'a pas été prise en compte et a été considérée comme absente, ces plantations étant jugées déconseillées.



5.3. Qualité des données d'entrée

Au regard des niveaux de dégazage de la nappe et dans les gaz des sols en composés chlorés principalement, de la présence d'une source non localisée précisément et des discordances de résultats entre les milieux (une partie des composés mis en évidence dans les gaz des sols ne sont pas retrouvés dans les sols et/ou les eaux souterraines), il n'est pas envisageable d'agir sur la source. Les recommandations pourront porter sur le vecteur uniquement. Dans ce cas, si des dépassements des niveaux de risques sont mis en évidence, les recommandations concerneront la mise en place de dispositions constructives.

5.4. Caractérisation des sources et du milieu d'exposition des futurs usagers

5.4.1. METHODOLOGIE DE PRISE EN COMPTE DES CONCENTRATIONS ET LIMITES DE QUANTIFICATION

Lorsqu'une substance n'est détectée dans aucun des deux milieux simultanément (les gaz des sols et la nappe), celle-ci est considérée **absente**.

Toute concentration supérieure à la limite de quantification analytique est retenue.

Compte tenu des voies d'exposition retenues, seules les substances **volatiles** pour lesquelles des données toxicologiques étaient disponibles ont été retenues.

Pour une même substance présente dans plusieurs milieux (c'est-à-dire les gaz des sols et la nappe selon le cas étudié), seul le niveau de risque lié au milieu induisant le niveau de risque le plus important sera conservé dans le résultat final (préconisation INERIS – Rapport d'étude INERIS DRC-05-57278-DESP/R01a du 26/04/2005 Annexe 1 « Diagnostics et Evaluations détaillées des Risques – Démarche proposée pour la prise en compte des limites de quantification dans les milieux sources »).

La méthodologie nationale recommande l'exploitation de données sur la qualité des milieux au plus proche des personnes afin de s'affranchir d'étapes de modélisations à partir des sols et/ou eaux souterraines introduisant des incertitudes de calcul. Aussi, l'utilisation des analyses de gaz des sols apparaît naturellement comme plus appropriée que la prise en compte des données sur les sols et les eaux souterraines. Toutefois, compte tenu de la sensibilité des analyses de gaz à de multiples paramètres (température, pression atmosphérique, vents, hygrométrie, chauffage), la représentativité des analyses de gaz doit être assurée par un certain nombre de critères parmi lesquels (liste non exhaustive) :

- Un nombre de campagnes minimal de 2, à deux périodes climatiques différentes (été/hiver, bâtiment chauffé/non chauffé) et avec des résultats convergents ;
- Un positionnement des piézairs au droit des zones où sont retrouvées les concentrations sols et/ou eaux souterraines, résiduelles après travaux, maximales en composés volatils.



Une sous-estimation des niveaux de risque sanitaire peut ainsi découler de l'exploitation exclusive des données sur les gaz. IDDEA s'est donc attaché à sélectionner les données les plus réalistes et raisonnablement conservatoires pour effectuer les calculs à savoir les données sur la nappe et les gaz des sols. **A noter que la source sol n'a jamais été localisée et que les teneurs mises dans en évidence dans les sols ne sont pas en adéquation avec les concentrations relevées dans les eaux souterraines et les gaz des sols**, ainsi le milieu sol n'est pas retenu dans le cadre de la présente étude. Le maillage sur les eaux souterraines étant assez dense et un maillage systématique des gaz des sols ayant été réalisé avec des relevés en profondeur et en surface (doublets de piézairs) permettant d'appréhender le milieu qui présente les niveaux de dégazages les plus élevés.

La qualité de l'air ambiant au niveau des étages de la résidence sénior sera jugée majoritairement influencée par celle de l'air extérieur compte tenu des cloisonnements entre rez-de-chaussée et étages dans ce type de structures. Une modélisation de la remontée de vapeur sera donc effectuée à partir des données de qualité des milieux utilisées pour effectuer les simulations pour l'inhalation de vapeurs en extérieur.

Les limites de quantification ont été retenues selon les principes du document validé par l'INERIS « Diagnostics et Evaluations détaillées des Risques – Démarche proposée pour la prise en compte des limites de quantification dans les milieux sources » (cf. Annexe 5).

5.4.2. CHOIX DES CONCENTRATIONS RETENUES POUR LES CALCULS

Les calculs de risques ont été réalisés avec les concentrations suivantes :

- Pour l'inhalation de vapeurs en intérieur au droit des bâtiments sans niveau de sous-sol, avec les concentrations maximales mesurées dans la nappe au droit de la zone d'étude (maximum) et les gaz des sols au droit des piézairs quel que soit la profondeur de prélèvement. Le choix des maximas s'explique par le fait que certaines pièces du rez-de-chaussée peuvent être situées au droit des maximas relevés ;
- Pour l'inhalation de vapeurs en intérieur au droit des bâtiments sur sous-sol, avec les concentrations moyennes mesurées dans la nappe au droit de la zone d'étude et à proximité (moyenne) et les gaz des sols au droit des piézairs profonds mesurant le dégazage sous les futurs sous-sols. Le choix des moyennes s'explique par le fait que la création d'un parking non cloisonné en sous-sol constitue un vaste volume d'homogénéisation ;
- Pour l'inhalation de vapeurs en extérieur et aux étages de la résidence sénior, avec les concentrations moyennes mesurées dans la nappe au droit de la zone d'étude et à proximité (moyenne) et les gaz des sols quelques soit la profondeur de prélèvement. Le choix des moyennes s'explique par le fait que l'air ambiant constitue un vaste volume d'homogénéisation.

L'Annexe 2 présente les résultats d'analyses exploités dans le cadre de la présente étude ainsi que celles retenues dans les calculs pour chacun des scénarios envisagés. Les valeurs en gras correspondent à celles utilisées dans les calculs de risque.

L'Annexe 6 présente les principales incertitudes liées à ces étapes de choix des substances et concentrations.



6. Relations Dose Réponse

L'Annexe 7 présente les différents types d'effets étudiés dans le cadre de la présente étude : il s'agit des **effets dits « à seuil »** (apparition d'un effet sur la santé à partir d'une certaine dose d'exposition) et **« sans seuil »** (le risque de survenue d'un effet sanitaire existe dès la première exposition mais sa probabilité d'apparition augmente avec la dose d'exposition).

Les calculs de risque ont été effectués selon les recommandations de la Note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/2014 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.

La méthodologie de sélection des VTR est donc la suivante :

- Les VTR préconisées par l'ANSES sont retenues préférentiellement ;
- A défaut de VTR proposée par l'ANSES, les VTR issues d'une expertise nationale sont retenues, sous réserve que cette expertise ait été réalisée postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente ;
- En l'absence de recommandation émanant de l'ANSES ou d'une expertise nationale récente, la VTR retenue sera :
 - ▶ La plus récente parmi les trois bases de données suivantes : US EPA ou ATSDR ou OMS ;
 - ▶ À défaut de VTR dans les bases de données précédentes, la plus récente parmi les bases de données suivantes : Santé Canada, RIVM, OEHHA ou EFSA.

Les valeurs suivantes ne peuvent pas être utilisées pour la quantification du risque : Valeur Limite d'Exposition Professionnelle (VLEP), valeur guide de qualité des milieux, valeur seuil de toxicité aiguë française ou toute valeur accidentelle internationale, VTR sous forme d'avant-projet (draft) ou de document provisoire.

L'Annexe 8 présente les VTR disponibles auprès des différentes bases de données ainsi que les VTR sélectionnées.

REMARQUE

Le document « Bilan des choix de VTR disponibles sur le portail des substances chimiques de l'INERIS – Mise à jour fin 2022 » fait la synthèse des choix de VTR figurant dans les fiches toxicologiques de l'INERIS à fin 2022. Or, ces choix de VTR découlent d'une expertise puis d'une validation du choix de la VTR datant parfois de plusieurs années. Ceci implique que ce document émet des recommandations de choix de VTR sans tenir compte des VTR émises entre la validation de l'expertise ayant fait le choix de la VTR et fin 2022. Lorsqu'une VTR a été émise entre la date de l'expertise et la date d'actualisation des choix de VTR par l'INERIS, soit fin 2022, IDDEA s'est basé sur la date de l'expertise (et non de celle de sa validation) pour comparaison à la date de parution des autres VTR.



7. Estimation des expositions

7.1. Paramètres d'entrée et modèles de transfert

Différents paramètres d'entrée sont nécessaires à l'estimation des concentrations en substances dans l'air ambiant :

- Paramètres liés aux aménagements ;
- Paramètres liés au sol traversé par les vapeurs ;
- Paramètres physico-chimiques des substances étudiées (Annexe 9) ;
- Paramètres d'exposition des populations.

Ces paramètres, qui ont fait l'objet d'une validation préalable par Grand Paris Aménagement, sont présentés de façon exhaustive en Annexe 10.

Les tableaux suivants présentent uniquement les fréquences d'exposition, la lithologie (type de sol) et la profondeur des sources retenues en fonction de l'aménagement étudié.

Tableau 3 : Paramètres d'entrée

Paramètres d'exposition Logements	Valeur	Unité	Source
Fréquence d'exposition RDC – Adulte résident	16,3	h/jour	INERIS, 2017 (Modul'ERS)
	365	j/an	
Fréquence d'exposition RDC – Enfant résident	16,3	h/jour	
	365	j/an	
Fréquence d'exposition SS – Adulte résident	0,5	h/jour	Hypothèse proposée par IDDEA
	365	j/an	
Fréquence d'exposition SS – Enfant résident	0,5	h/jour	Hypothèse proposée par IDDEA
	365	j/an	
Durée d'exposition / effets à seuil - Adulte	30	ans	Méthode de calcul des VCI, INERIS 2001 Usage sensible
Durée d'exposition / effets sans seuil - Adulte	70	ans	
Durée d'exposition / effets à seuil - Enfant	6	ans	
Durée d'exposition / effets sans seuil - Enfant	70	ans	
Paramètres d'exposition Résidence Sénior	Valeur	Unité	Source
Fréquence d'exposition RDC – Adulte travailleur	8	h/jour	Méthode de calcul des VCI, INERIS 2001 Usage non sensible
	220	j/an	
Fréquence d'exposition RDC – Adulte résident	23	h/jour	Méthode de calcul des VCI, INERIS 2001 Usage sensible
	365	j/an	
Fréquence d'exposition RDC – Enfant visiteur	2	h/semaine	Hypothèse proposée par IDDEA
	52	semaine/an	
Fréquence d'exposition SS – Adulte travailleur	0,5	h/jour	Hypothèse proposée par IDDEA
	365	j/an	
Fréquence d'exposition SS – Enfant visiteur	0,5	h/semaine	Hypothèse proposée par IDDEA
	52	semaine/an	
Durée d'exposition / effets à seuil – Adulte travailleur	42	ans	Durée légale du travail
Durée d'exposition / effets à seuil – Adulte résident (résidence sénior)	30	ans	Hypothèse IDDEA



Paramètres d'exposition Extérieur		Valeur	Unité	Source
Fréquence d'exposition Voirie/Espaces verts – Adulte au droit des logements	2	h/jour		Demande client
	365	j/an		
Fréquence d'exposition Voirie/Espaces verts - Enfant	2	h/jour		
	365	j/an		
Fréquence d'exposition Voirie/Espaces verts – Adulte résident (résidence sénior)	1	h/jour		Hypothèse conservatoire
	365	j/an		
Paramètres liés au sol				
Type de sol selon J&E	Loamy sand			Selon les investigations menées par IDDEA (rapport IDA240090 en version A du 23/05/2024)
Teneur en air du sol	0,314	-		Correspond aux caractéristiques d'un sol de type sable limoneux selon Johnson & Ettinger
Teneur en eau du sol	0,076	-		
foc - Voiries	0,002	-		Valeur par défaut J&E
Type de sol selon J&E – Espaces verts recouverts	Limons			Lithologie retenue pour la terre végétale de recouvrement
Teneur en air du sol – Espaces verts recouverts	0,251	-		Correspond aux caractéristiques d'un sol de type limoneux selon Johnson & Ettinger
Teneur en eau du sol – Espaces verts recouverts	0,148	-		
foc – Espaces verts	0,002	-		Valeur par défaut J&E
Profondeurs des sources				
Profondeur de la source nappe (cas d'un bâtiment sur sous-sol)	2,66	m		Niveau d'eau mesuré le plus haut de 5,16 m en mars 2024 et en considérant un sous-sol de 2,5 m de hauteur
Profondeur de la source nappe (cas d'un bâtiment sans sous-sol)	5,16	m		Niveau d'eau mesuré le plus haut de 5,16 m en mars 2024
Profondeur de la source gaz du sol	0,1	m		Source affleurante sous le niveau de sous-sol ou sous le bâtiment sans sous-sol

RDC : Rez-de-chaussée | SS : Sous-sol

L'Annexe 11 détaille les équations mathématiques utilisées par les modèles de transfert mis en œuvre.

Il n'existe pas de modèle de transfert permettant de simuler la concentration dans l'air ambiant du R+1 de la résidence sénior. Ainsi, en considérant que l'air ambiant du R+1 serait majoritairement influencé par l'air ambiant extérieur, nous avons utilisé le modèle RBCA (modélisation pour l'inhalation de vapeurs en extérieur) en considérant une hauteur de mélange de 5,5 m correspondant à la hauteur du rez-de-chaussée et du R+1 cumulée.

7.2. Calcul des concentrations inhalées (CI)

Les concentrations mesurées et/ou modélisées dans les différents milieux d'exposition sont utilisées pour évaluer la dose de substance absorbée par l'Homme. On parle de « Concentration inhalée » (CI) pour une exposition par inhalation de vapeurs.

L'Annexe 12 détaille le mode de calcul des CI.

L'Annexe 13 présente les calculs des CI pour chaque substance, chaque milieu source, chaque aménagement et chaque type d'effet.



7.3. Comparaison des concentrations modélisées dans l'air ambiant intérieur aux seuils R1⁴

Les concentrations en hydrocarbures aliphatiques $C_{>8}-C_{10}$ et $C_{>10}-C_{12}$ modélisées dans l'air ambiant à partir de la donnée de qualité de la nappe dépassent le seuil R1 au droit du rez-de-chaussée des **bâtiments sans sous-sol**. Le même calcul effectué à partir des données de gaz des sols aboutit à une concentration modélisée dans l'air ambiant respectant le seuil R1.

La concentration en hydrocarbures aliphatiques $C_{>10}-C_{12}$ modélisée dans l'air ambiant à partir de la donnée de qualité de la nappe dépasse le seuil R1 **au sous-sol**. Cependant, ce dépassement est induit par la prise en compte de la limite de quantification du laboratoire pour ce composé, dans la nappe car ce composé est quantifié dans les gaz des sols. Le même calcul effectué à partir des données de gaz des sols aboutit à une concentration modélisée dans l'air ambiant respectant le seuil R1

Compte tenu des discordances entre les modélisations et les mesures directes dans les gaz des sols, il est recommandé de conduire une seconde campagne de prélèvements voire une troisième pour les ouvrages concernés d'ores et déjà par 2 prélèvements, et analyses sur les gaz des sols à une période climatique distincte de la première (soit en période hivernale) afin de consolider la représentativité des premiers résultats sur les gaz des sols. Si les résultats de cette campagne convergent avec ceux de la première/seconde, il sera alors possible de s'affranchir des données nappe pour effectuer les modélisations et les conclusions de l'étude pourront être affinées sur ce point. Toutefois, au regard des niveaux de concentrations rencontrés, des incertitudes entachant les mesures de qualité des gaz des sols et de la non-localisation précise de la source, des mesures constructives seront dans tous les cas recommandées (mise en place d'un vide sanitaire dallé en fond et ventilé mécaniquement).

⁴ Les seuils R1, R2 et R3 sont des référentiels définis dans le cadre de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017.



8. Caractérisation des risques sanitaires

8.1. Mode de calcul

Le Quotient de Danger (QD), qui traduit les effets à seuil, se calcule de la façon suivante :

$$QD = CI / RfC$$

Avec :

QD	Quotient de Danger (sans unité)
CI	Concentration moyenne inhalée (mg/m ³)
RfC	Valeur Toxicologique de Référence pour les effets à seuil par inhalation (mg/m ³)

L'excès de risque individuel, qui traduit les effets sans seuil, se calcule de la façon suivante :

$$ERI = CI \times ERU$$

Avec :

ERI	Excès de Risque Individuel (sans unité)
CI	Concentration moyenne inhalée (mg/m ³)
ERU	Valeur Toxicologique de Référence pour les effets sans seuil par inhalation ((mg/m ³) ⁻¹)

Un QD est ainsi calculé pour chaque substance retenue dans le calcul. Il est attribué à un ou plusieurs organes cibles ou effet critique selon la VTR retenue (les organes cibles ou effets critiques correspondent à l'effet étudié dans le cadre des études toxicologiques à l'origine des VTR retenues pour effectuer les calculs de risques). Pour un même organe cible ou effet critique, les QD sont ensuite sommés. Les ERI sont tous sommés entre eux sans distinction d'effet.

A noter qu'il ne faut pas s'attacher aux valeurs calculées en tant que telles lorsque celles-ci dépassent les valeurs de référence dans le sens où le risque sanitaire potentiellement encouru n'augmente pas linéairement avec les QD calculés et où les ERI ne traduisent qu'une probabilité d'apparition d'effet.

8.2. Résultats

Le Tableau 4 et le Tableau 5, ci-après, présentent les QD adulte et enfant et ERI adulte + enfant, calculés pour une exposition par inhalation de vapeurs au droit des différents aménagements à partir des données sur la nappe, les sols et gaz des sols.

L'Annexe 13 présente les calculs de risque détaillés par substance et par type d'aménagement, l'Annexe 14 la somme des Quotients de Danger (QD) par organe cible et l'Annexe 15 les calculs de risque cumulés.



Tableau 4 : Niveaux de risque par voie d'exposition

Paramètres		Substances contributrices majoritaires et milieu d'origine (1)	A1 : Logements sans sous-sol		A2 : Logements sur sous-sol		B1 : RDC résidence sénior sans sous-sol		B2 : RDC résidence sénior sur sous-sol		C : R+1 résidence sénior	D : Voiries	
			Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Adulte	Enfant
QD	Audition		3,3E-06	3,3E-06	4,0E-08	4,0E-08	9,8E-07	5,8E-08	1,6E-08	2,5E-09	3,3E-08	1,1E-08	2,2E-08
	Cancérogénèse rénale		4,7E-04	4,7E-04	6,3E-06	6,3E-06	1,4E-04	8,2E-06	2,5E-06	3,9E-07	1,5E-06	4,8E-07	9,8E-07
	Coordination motrice		3,0E-04	3,0E-04	3,6E-06	3,6E-06	9,0E-05	5,3E-06	1,5E-06	2,2E-07	2,8E-06	9,0E-07	1,8E-06
	Foie	HC C>8-C10 et C>10-12 assimilés aux aliphatiques dans la nappe (A1, B1) HC C>8-C10 assimilés aux aliphatiques dans la nappe (A2, B2)	7,5E+00	7,5E+00	3,8E-01	3,8E-01	2,2E+00	1,3E-01	1,5E-01	2,3E-02	2,4E-02	7,5E-03	1,5E-02
	Organe cible indéterminé ou multiple		1,1E-03	1,1E-03	1,8E-05	1,8E-05	3,3E-04	2,0E-05	7,2E-06	1,1E-06	8,5E-07	2,7E-07	5,5E-07
	Poids (variations)		2,5E-02	2,5E-02	1,3E-03	1,3E-03	7,4E-03	4,4E-04	5,1E-04	7,8E-05	7,9E-05	2,5E-05	5,2E-05
	Reins		7,9E-05	7,9E-05	1,1E-06	1,1E-06	2,3E-05	1,4E-06	4,4E-07	6,8E-08	5,6E-08	1,8E-08	3,6E-08
	Sang	HC C>8-C10 et C>10-12 assimilés aux aliphatiques dans la nappe (A1, B1) HC C>8-C10 assimilés aux aliphatiques dans la nappe (A2, B2)	7,5E+00	7,5E+00	3,8E-01	3,8E-01	2,2E+00	1,3E-01	1,5E-01	2,3E-02	2,4E-02	7,5E-03	1,5E-02
	Système immunitaire		1,6E-04	1,6E-04	3,7E-06	3,7E-06	4,9E-05	2,9E-06	1,5E-06	2,3E-07	3,9E-06	1,2E-06	2,5E-06
	Système nerveux	HC C>6-C8 assimilés aux aliphatiques et tétrachloroéthylène (nappe)	3,7E-01	3,7E-01	6,8E-03	6,8E-03	1,1E-01	6,5E-03	2,7E-03	4,2E-04	3,6E-04	1,2E-04	2,4E-04
ERI	Somme	Tétrachloroéthylène (nappe)	1,5E-05		2,2E-07		5,1E-06		1,1E-07		9,3E-09	4,2E-09	

NC : concerné

Valeur en gras : niveau de risque majoritairement influencé par les substances listées dans le tableau

(1) Seules les substances à l'origine, à elles-seules, d'un QD > 0,1 ou d'un ERI > 10⁻⁶ sont présentées.



Tableau 5 : Résultats des calculs de risque et comparaison aux valeurs de référence pour le cumul des scénarios

Paramètres		Cumul A1+B1+C+D		Cumul A1+B2+C+D		Cumul A2+B1+C+D		Cumul A2+B2+C+D		Valeur de référence
		Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	
QD	Audition	4,3E-06	3,4E-06	3,4E-06	3,3E-06	1,1E-06	1,2E-07	1,0E-07	6,5E-08	1
	Cancérogénèse rénale	6,1E-04	4,8E-04	4,7E-04	4,7E-04	1,5E-04	1,5E-05	1,1E-05	7,6E-06	1
	Coordination motrice	4,0E-04	3,1E-04	3,1E-04	3,1E-04	9,7E-05	1,1E-05	8,8E-06	5,7E-06	1
	Foie	9,7E+00	7,6E+00	7,7E+00	7,5E+00	2,6E+00	5,2E-01	5,6E-01	4,1E-01	1
	Organe cible indéterminé ou multiple	1,5E-03	1,1E-03	1,1E-03	1,1E-03	3,5E-04	3,8E-05	2,6E-05	1,9E-05	1
	Poids (variations)	3,3E-02	2,6E-02	2,6E-02	2,5E-02	8,8E-03	1,7E-03	1,9E-03	1,4E-03	1
	Reins	1,0E-04	8,0E-05	7,9E-05	7,9E-05	2,4E-05	2,5E-06	1,6E-06	1,2E-06	1
	Sang	9,7E+00	7,6E+00	7,7E+00	7,5E+00	2,6E+00	5,2E-01	5,6E-01	4,1E-01	1
	Système immunitaire	2,2E-04	1,7E-04	1,7E-04	1,7E-04	5,7E-05	9,1E-06	1,0E-05	6,4E-06	1
	Système nerveux	4,9E-01	3,8E-01	3,8E-01	3,8E-01	1,2E-01	1,4E-02	1,0E-02	7,4E-03	1
ERI	Somme	2,0E-05		1,5E-05		5,3E-06		3,5E-07		1,0E-05

Valeur en gras : valeur supérieure à la valeur de référence

Cumul A1+B1+C+D : Logements et résidence sénior sans sous-sol ni vide sanitaire et espaces extérieurs

Cumul A1+B2+C+D : Logements sans sous-sol ni vide sanitaire et résidence sénior avec sous-sol et espaces extérieurs

Cumul A2+B1+C+D : Logements avec sous-sol et résidence sénior sans sous-sol ni vide sanitaire et espaces extérieurs

Cumul A2+B2+C+D : Logements et résidence sénior avec sous-sol et espaces extérieurs



Au regard des valeurs de référence fixées par la méthodologie d'avril 2017, les niveaux de risque calculés en scénarios individuels ainsi qu'en cumul indiquent que la qualité des sols :

- Est compatible avec la construction des bâtiments sur sous-sol ;
- N'est pas compatible avec la construction de bâtiments sans sous-sol ou vide sanitaire.

La voie d'exposition prédominante est l'inhalation de vapeurs au rez-de-chaussée des bâtiments à usage de logements ou de résidence sénior.

Les hydrocarbures assimilés aux aliphatiques dans la nappe, et principalement les coupes des $C_{>8}$ - C_{10} et $C_{>10}$ - C_{12} , sont responsables des niveaux de risque les plus importants en termes d'effets à seuil.

En ce qui concerne les effets sans seuil, le tétrachloroéthylène mesuré dans la nappe est responsable de l'essentiel de l'ERI adulte + enfant calculé (jusqu'à 93 % de l'ERI total pour l'inhalation au niveau des logements sans sous-sol).

Le paragraphe 9.1 discute les résultats en envisageant un calcul basé uniquement sur la qualité des gaz des sols.

Notons que les conclusions présentées ci avant restent valables pour les hypothèses d'entrée considérées.

8.3. Mesures de gestion proposées

Au regard des niveaux de dégazage et de la présence d'une ou plusieurs sources non localisées, il n'est pas envisageable d'agir exclusivement sur la source de dégazage. Dans ce cas de figure, pour se prémunir d'une problématique sanitaire, il convient d'agir sur les transferts de gaz en mettant en place des dispositions constructives.

Ainsi, IDDEA recommande la mise en place d'un vide sanitaire d'une hauteur de 60 cm dallé en fond et ventilé mécaniquement à 1 vol/h ainsi que la vérification de la qualité de l'air par la réalisation de 2 campagnes de prélèvements d'air ambiant à deux périodes climatiques distinctes (estivale/hivernale) au droit du vide sanitaire et au rez-de-chaussée simultanément, après mise en fonctionnement du bâtiment.

Les niveaux de risques calculés en considérant la mise en place de cette mesure de gestion au droit des bâtiments initialement prévus sans sous-sol sont présentés dans le tableau suivant.



Tableau 6 : Résultats des calculs de risques en respectant les dispositions constructives

Paramètres		Cumul A1+B1+C+D		Cumul A1+B2+C+D		Cumul A2+B1+C+D		Cumul A2+B2+C+D		Valeur de référence
		Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	
QD	Audition	2,6E-07	1,9E-07	2,3E-07	1,9E-07	1,3E-07	6,5E-08	1,0E-07	6,5E-08	1
	Cancérogénèse rénale	3,3E-05	2,5E-05	2,8E-05	2,5E-05	1,5E-05	7,7E-06	1,1E-05	7,6E-06	1
	Coordination motrice	2,4E-05	1,7E-05	2,0E-05	1,7E-05	1,2E-05	5,7E-06	8,8E-06	5,7E-06	1
	Foie	7,0E-01	5,4E-01	7,0E-01	5,6E-01	5,6E-01	4,0E-01	5,6E-01	4,1E-01	1
	Organe cible indéterminé ou multiple	1,1E-04	8,6E-05	9,2E-05	8,5E-05	4,3E-05	2,0E-05	2,6E-05	1,9E-05	1
	Poids (variations)	2,3E-03	1,8E-03	2,3E-03	1,9E-03	1,9E-03	1,3E-03	1,9E-03	1,4E-03	1
	Reins	7,5E-06	5,9E-06	6,2E-06	5,8E-06	2,9E-06	1,2E-06	1,6E-06	1,2E-06	1
	Sang	7,0E-01	5,4E-01	7,0E-01	5,6E-01	5,6E-01	4,0E-01	5,6E-01	4,1E-01	1
	Système immunitaire	1,6E-05	1,1E-05	1,5E-05	1,1E-05	1,1E-05	6,4E-06	1,0E-05	6,4E-06	1
	Système nerveux	3,6E-02	2,8E-02	3,1E-02	2,8E-02	1,5E-02	7,5E-03	1,0E-02	7,4E-03	1
ERI	Somme	1,5E-06		1,2E-06		6,1E-07		3,5E-07		1.0E-05



9. Etude de sensibilité

9.1. Résultats des calculs de risques à partir des seules données gaz des sols pour les hydrocarbures aliphatiques C_{>8}-C₁₀ et tétrachloroéthylène

Les concentrations en hydrocarbures aliphatiques C_{>8}-C₁₀ et tétrachloroéthylène modélisées dans l'air ambiant à partir de la donnée de qualité de la nappe induisent des dépassements des niveaux de risques sanitaires. Le même calcul effectué à partir des données de gaz des sols aboutit à des niveaux de risque acceptables et au respect du seuil R1.

Les niveaux de risques calculés en considérant la substitution du trichloroéthène dans la nappe par les gaz des sols sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Il est donc recommandé de conduire une seconde campagne de prélèvements, voire une troisième pour les ouvrages concernés d'ores et déjà par 2 prélèvements, et analyses sur les gaz des sols à une période climatique distincte de la première afin de consolider la représentativité des premiers résultats sur les gaz des sols.

Malgré tout, au regard des niveaux de dégazage mis en évidence et de la présence d'une source non localisée, la mise en place de dispositions constructives telles que décrites au paragraphe 8.3 ci-avant reste recommandée afin de limiter les transferts de gaz au RDC des bâtiments.

Tableau 7 : Niveaux de risques calculés en considérant une substitution des hydrocarbures aliphatiques C_{>8}-C₁₀ et de tétrachloroéthylène dans la nappe par les gaz des sols

Paramètres		Cumul A1+B1+C+D (calcul initial)		Cumul A1+B1+C+D (Substitution HC C _{>8} -C ₁₀ et PCE par le max gaz des sols)		Valeur de référence
		Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	
QD	Audition	4,3E-06	3,4E-06	4,3E-06	3,4E-06	1
	Cancérogénèse rénale	6,1E-04	4,8E-04	6,1E-04	4,8E-04	1
	Coordination motrice	4,0E-04	3,1E-04	4,0E-04	3,1E-04	1
	Foie	8,7E+00	6,8E+00	1,5E-01	1,1E-01	1
	Organe cible indéterminé ou multiple	1,5E-03	1,1E-03	1,5E-03	1,1E-03	1
	Poids (variations)	3,3E-02	2,6E-02	3,3E-02	2,6E-02	1
	Reins	1,0E-04	8,0E-05	1,0E-04	8,0E-05	1
	Sang	8,7E+00	6,8E+00	1,5E-01	1,1E-01	1
	Système immunitaire	2,2E-04	1,7E-04	2,2E-04	1,7E-04	1
	Système nerveux	4,9E-01	3,8E-01	1,6E-01	1,2E-01	1
ERI	Somme	2,0E-05		1,5E-06		1.0E-05



9.2. Choix de la voie d'exposition retenue pour les zones extérieures

Au droit des zones extérieures, les cumuls ont été retenus en considérant les expositions les plus pénalisantes entre les voiries et les espaces verts recouverts. Le tableau suivant présente les niveaux de risques obtenus pour chacun des deux aménagements.

Le cumul considéré dans l'étude prend bien en compte le type d'aménagement extérieur le plus conservatoire, à savoir les voiries.

Tableau 8 : Calculs de risques pour les aménagements extérieurs

Paramètres		Calcul initial (voiries)		Espaces verts recouverts		Valeur de référence
		Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	
QD	Audition	1,1E-08	2,2E-08	4,0E-09	8,1E-09	1
	Cancérogénèse rénale	4,8E-07	9,8E-07	1,8E-07	3,7E-07	1
	Coordination motrice	9,0E-07	1,8E-06	3,4E-07	6,9E-07	1
	Foie	7,5E-03	1,5E-02	3,5E-03	7,2E-03	1
	Organe cible indéterminé ou multiple	2,7E-07	5,5E-07	1,3E-07	2,6E-07	1
	Poids (variations)	2,5E-05	5,2E-05	1,2E-05	2,4E-05	1
	Reins	1,8E-08	3,6E-08	8,3E-09	1,7E-08	1
	Sang	7,5E-03	1,5E-02	3,5E-03	7,2E-03	1
	Système immunitaire	1,2E-06	2,5E-06	4,7E-07	9,5E-07	1
	Système nerveux	1,2E-04	2,4E-04	5,4E-05	1,1E-04	1
ERI	Somme	4,2E-09		1,9E-09		1.0E-05

9.3. Influence du taux de renouvellement d'air au droit du vide sanitaire

Afin de respecter les niveaux de risques acceptables au droit des bâtiments sans sous-sol, il a été dimensionné la mise en place d'un vide sanitaire dallé en fond et ventilé mécaniquement à 1 vol/h.

Les calculs ci-dessous présentent les résultats en diminuant le taux de renouvellement d'air au droit du vide sanitaire. Les niveaux de risque acceptables ne sont pas respectés. Ainsi les conclusions de l'étude restent inchangées et un taux minimal de 1 vol/h doit être mis en place au droit du vide sanitaire.



Tableau 9 : Influence du taux de renouvellement d'air dans le cadre des dispositions constructives

Paramètres		Cumul A1+B1+C+D (vide sanitaire ventilé à 0,5 vol/h)		Cumul A1+B1+C+D (vide sanitaire ventilé à 1 vol/h)		Valeur de référence
		Adulte	Enfant	Adulte	Enfant	
QD	Audition	4,8E-07	3,6E-07	2,6E-07	1,9E-07	1
	Cancérogénèse rénale	6,3E-05	4,9E-05	3,3E-05	2,5E-05	1
	Coordination motrice	4,3E-05	3,3E-05	2,4E-05	1,7E-05	1
	Foie	1,4E+00	1,1E+00	7,0E-01	5,4E-01	1
	Organe cible indéterminé ou multiple	2,2E-04	1,7E-04	1,1E-04	8,6E-05	1
	Poids (variations)	4,6E-03	3,6E-03	2,3E-03	1,8E-03	1
	Reins	1,5E-05	1,2E-05	7,5E-06	5,9E-06	1
	Sang	1,4E+00	1,1E+00	7,0E-01	5,4E-01	1
	Système immunitaire	2,7E-05	1,9E-05	1,6E-05	1,1E-05	1
	Système nerveux	7,1E-02	5,6E-02	3,6E-02	2,8E-02	1
ERI	Somme	2,0E-05		1,5E-06		1.0E-05



10. Synthèse technique, conclusions et recommandations

D'après les résultats des analyses réalisées sur la nappe et les gaz des sols, des calculs de risque sanitaire ont été effectués pour une exposition des futurs usagers pour différents types d'aménagement : bâtiment (à usage de logements et de résidence sénior) avec ou sans sous-sol sur les $\frac{3}{4}$ de l'emprise ainsi que des espaces verts/voiries.

Au regard des valeurs de référence fixées par la méthodologie d'avril 2017 fixant les niveaux de risque sanitaire dits « acceptables », la qualité du sous-sol :

- Est compatible avec la construction des bâtiments sur sous-sol (logements ou résidence sénior) ;
- N'est pas compatible avec la construction de bâtiments sans sous-sol ou vide sanitaire.

Toutefois, la construction de bâtiments sans sous-sol reste envisageable en respectant des dispositions constructives. Ainsi, IDDEA recommande la mise en place d'un vide sanitaire d'une hauteur de 60 cm, dallé en fond (0,1 m d'épaisseur) et ventilé mécaniquement à 1 volume par heure. De plus, la vérification de la qualité de l'air après réception du bâti est recommandée au travers de la réalisation de 2 campagnes de prélèvements d'air ambiant à deux périodes climatiques distinctes (estivale/hivernale) au droit du vide sanitaire et au rez-de-chaussée simultanément.

Toute modification des aménagements et des données d'entrée utilisées nécessiterait une reprise des calculs présentés ici.

Les remarques et préconisations suivantes sont à prendre en compte :

- L'utilisation de l'eau souterraine (ingestion d'eau, arrosage d'un potager) n'a pas été prise en compte dans cette étude. Si ces usages étaient à prendre en compte, une reprise des calculs serait également à effectuer ;
- Absence d'arbres fruitiers ou de potager dans les espaces verts ;
- Mise en place de canalisations pour l'eau potable en PEHD au sein d'un remblai d'apport propre ou dans des caniveaux techniques béton, ou à défaut, pose de canalisations métalliques ou en matériau anti-contaminant, conformément aux usages sur ce type de site ;
- Les personnes amenées à travailler sur ce chantier de construction devront être informées et disposer des équipements de protection individuelle adaptées aux substances détectées dans les sols ;
- Une conservation de la mémoire du site doit être effectuée, par exemple via les actes de vente futurs ;
- Recouvrement des zones extérieures par 30 cm de terres saines avec mise en place d'un géotextile ou d'un grillage avertisseur à l'interface terres du site / terres saines.



Annexe 1 : Localisation des investigations







Annexe 2 : Concentrations retenues pour les calculs de risque



[illegible]

Données ESO																	
Substance	Unité	EWA		PZ19		PZ25		PZ29		PZA		PZB		PZC		PZD	
		mars-24	août-24	mars-24	août-24	mars-24	août-24	mars-24	août-24	mars-24	août-24	mars-24	août-24	mars-24	août-24	mars-24	août-24
Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV)																	
Chlorure de vinyle	µg/l E/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Dichlorométhane	µg/l E/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l E/L	1,2	2,0	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	1,7	0,8	0,8	0,8	3,5	<0,5	<0,5
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l E/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Trichlorométhane	µg/l E/L	<0,5	<0,6	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l E/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Tétrachlorométhane	µg/l E/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Trichloroéthylène	µg/l E/L	3,5	3,8	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1,6	2,8	<0,6	0,5	2,3	6,3	<0,5	<0,5
Tétrachloroéthylène	µg/l E/L	1100	1300	<0,5	<0,5	2	<0,5	1,0	1,6	1200	1800	490	460	610	890	32	26
1,1-Dichloroéthane	µg/l E/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
1,1-Dichloroéthylène	µg/l E/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Somme des COHV	µg/l E/L	1100	1300	-/-	-/-	2	-/-	1,0	1,6	1200	1800	490	460	610	900	32	26
Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)																	
Indice aliphatique >nC6-nC8	mg/l E/L	<0,2	<0,2	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,2	<0,2	<0,10	<0,10	<0,10	<0,2	<0,10	<0,10
Indice aliphatique >nC8-nC10	mg/l E/L	2,6	1,6	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	3	2,5	1,2	0,7	1,5	1,2	<0,10	<0,10
Indice aliphatique >nC10-nC12	mg/l E/L	<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
Indice aliphatique >nC12-nC14	mg/l E/L	<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
Indice aliphatique >nC14-nC16	mg/l E/L	<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
Indice aliphatique >nC16-nC21	mg/l E/L	<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
Indice aliphatique >nC21-nC35	mg/l E/L	<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
Indice aliphatique >nC35-nC40	mg/l E/L	<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
Indice aromatique >nC6-nC8	mg/l E/L	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025
Indice aromatique >nC8-nC10	mg/l E/L	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025
Indice aromatique >nC10-nC12	mg/l E/L	<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
Indice aromatique >nC12-nC14	mg/l E/L	<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
Indice aromatique >nC14-nC16	mg/l E/L	<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
Indice aromatique >nC16-nC21	mg/l E/L	<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
Indice aromatique >nC21-nC35	mg/l E/L	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,14	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Indice aromatique >nC35-nC40	mg/l E/L	<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
Somme des indices aliphatiques	mg/l E/L	2,6	1,6	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	3	2,5	1,2	0,7	1,5	1,2	-/-	-/-
Somme des indices aromatiques	mg/l E/L	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	0,14	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
Somme des indices aliphatiques et aromatiques	mg/l E/L	2,6	1,6	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	3,1	2,5	1,2	0,7	1,5	1,2	-/-	-/-

Inhalation de vapeurs au droit des bâtiments sans sous-sol									
Substance	Max GDS toutes profondeurs (µg/m3)	Ouvrage	Campagne	LQ>valeur quantifiée	Maximum ESO (mg/l)	Ouvrage	Campagne	Justification	
Benzène et aromatiques (CAV - BTEX)									
Benzène	4,86	PzA4	mars-24	-	-	-	-	Retenu	
Cumène	<3,79	-	-	-	-	-	-	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols	
Ethylbenzène	14,7	PzA5	août-24	-	-	-	-	Retenu	
Ethyltoluène, m-, p-	29,5	PzA5	août-24	<30,2	-	-	-	Non retenu faute de VTR et moins conservatoire que les hydrocarbures aromatiques C _{>8} -C ₁₀ ci-dessous.	
Ethyltoluène, o-	8,03	PzA5	août-24	-	-	-	-	Non retenu faute de VTR et moins conservatoire que les hydrocarbures aromatiques C _{>8} -C ₁₀ ci-dessous.	
Toluène	68,8	PzA5	août-24	-	-	-	-	Retenu	
Triméthylbenzène (Mésitylène)-1,3,5	18	PzA5	août-24	-	-	-	-	Retenu	
Triméthylbenzène (Pseudocumène), 1,2,4-	52,4	PzA5	août-24	-	-	-	-	Retenu	
Xylène, m-, p-	62,3	PzA5	août-24	-	-	-	-	Retenu et étudié via la somme des xylènes	
Xylène, o-	27,9	PzA5	août-24	-	-	-	-	Retenu et étudié via la somme des xylènes	
<i>Xylènes totaux</i>	90,1	PzA5	août-24	-	-	-	-	Retenus	
Somme des CAV-BTEX	282	PzA5	août-24	-	-	-	-	Retenue et étudiée via la décomposition par substances	
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)									
Naphtalène	<3,79	-	-	-	-	-	-	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols	
Hydrocarbures halogénés volatils (COHV)									
Chlorure de vinyle	<3,79	-	-	-	<0,0005	-	-	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe	
Dichloroéthane, 1,1-	<3,79	-	-	-	<0,0005	-	-	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe	
Dichloroéthylène, 1,1-	<3,79	-	-	-	<0,0005	-	-	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe	
Dichloroéthylène, -cis-1,2-	<3,79	-	-	-	0,0035	PZC	août-24	Retenu	
Dichloroéthylène, -trans, 1,2-	<3,79	-	-	-	<0,0005	-	-	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe	
Dichlorométhane	4,52	PzA18b	août-24	-	<0,0005	-	-	Retenu	
Tétrachloroéthylène	20451	PzA9	août-24	-	1,8	PZA	août-24	Retenu	
Tétrachlorométhane	<3,79	-	-	-	<0,0005	-	-	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe	
Trichloroéthane, 1,1,1-	<3,79	-	-	-	<0,0005	-	-	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe	
Trichloroéthylène	13,6	PzA9	août-24	-	0,0063	PZC	août-24	Retenu	
Trichlorométhane	87,3	PzA21a	août-24	-	0,0012	PZB	août-24	Retenu	
Σomme des COHV	20451	PzA9	août-24	-	1,8	PZA	août-24	Retenue et étudiée via la décomposition par substances	
Hydrocarbures volatils (TPH)									
Hydrocarbures aliphatiques C5-C6	<94,7	-	-	-	-	-	-	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols	
Hydrocarbures aliphatiques C6-C8	951	PzA5	août-24	-	<0,2	-	-	Retenus	
Hydrocarbures aliphatiques C8-C10	69048	PzA4	mars-24	-	3	PZA	mars-24	Retenus	
Hydrocarbures aliphatiques C10-C12	2098	PzA4	mars-24	-	<0,1	-	-	Retenus	
Hydrocarbures aliphatiques C12-C16	426	PzA5	août-24	-	-	-	-	Retenus	
Indice aliphatique >nC12-nC14	-	-	-	-	<0,1	-	-	Retenus car quantifiés dans les gaz des sols	
Indice aliphatique >nC14-nC16	-	-	-	-	<0,1	-	-	Retenus car quantifiés dans les gaz des sols	
Indice aliphatique >nC16-nC21	-	-	-	-	<0,1	-	-	Non retenu car fraction non volatile	
Indice aliphatique >nC21-nC35	-	-	-	-	<0,1	-	-	Non retenu car fraction non volatile	
Indice aliphatique >nC35-nC40	-	-	-	-	<0,1	-	-	Non retenu car fraction non volatile	
ΣIndice Hydrocarbures Aliphatiques C5-C16	70423	PzA4	mars-24	-	3	PZA	août-24	Retenu et étudié via la décomposition par coupes	
Hydrocarbures aromatiques C6-C7	<18,9	-	-	-	-	-	-	Assimilés au benzène ci-dessus	
Hydrocarbures aromatiques C7-C8	68,8	PzA5	août-24	-	-	-	-	Assimilés au toluène ci-dessus	
Indice aromatique >nC6-nC8	-	-	-	-	<0,025	-	-	Non retenu car jamais quantifié dans la nappe	
Hydrocarbures aromatiques C8-C10	221	PzA5	août-24	-	<0,025	-	-	Retenus	
Hydrocarbures aromatiques C10-C12	35,3	PzA2	août-24	<37,9	<0,1	-	-	Retenus	
Hydrocarbures aromatiques C12-C16	<75,8	-	-	-	-	-	-	Non retenus car jamais quantifiés dans les gaz des sols	
Indice aromatique >nC12-nC14	-	-	-	-	<0,1	-	-	Non retenu car jamais quantifié dans la nappe	
Indice aromatique >nC14-nC16	-	-	-	-	<0,1	-	-	Non retenu car jamais quantifié dans la nappe	
Indice aromatique >nC16-nC21	-	-	-	-	<0,1	-	-	Non retenu car fraction non volatile	
Indice aromatique >nC21-nC35	-	-	-	-	0,14	PZA	août-24	Non retenu car fraction non volatile	
Indice aromatique >nC35-nC40	-	-	-	-	<0,1	-	-	Non retenu car fraction non volatile	
ΣIndice Hydrocarbures Aromatiques C6-C16	295	PzA5	août-24	-	0,14	PZA	août-24	Retenu et étudié via la décomposition par coupes	

Inhalation de vapeurs au droit des bâtiements sur sous-sol			
Substance	Moyenne GDS profonds (µg/m3)	Moyenne ESO (mg/l)	Justification
Benzène et aromatiques (CAV - BTEX)			
Benzène	3,40	-	Retenu
Cumène	<3,3	-	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols
Ethylbenzène	5,61	-	Retenu
Ethyltoluène, m-, p-	10,40	-	Non retenu faute de VTR et moins conservatoire que les hydrocarbures aromatiques C _{>8} -C ₁₀ ci-dessous.
Ethyltoluène, o-	3,57	-	Non retenu faute de VTR et moins conservatoire que les hydrocarbures aromatiques C _{>8} -C ₁₀ ci-dessous.
Toluène	27,02	-	Retenu
Triméthylbenzène (Mésitylène)-1,3,5	5,33	-	Retenu
Triméthylbenzène (Pseudocumène), 1,2,4-	14,99	-	Retenu
Xylène, m-, p-	23,67	-	Retenu et étudié via la somme des xylènes
Xylène, o-	9,67	-	Retenu et étudié via la somme des xylènes
<i>Xylènes totaux</i>	33,34	-	Retenus
Somme des CAV-BTEX	113,94	-	Retenue et étudiée via la décomposition par substances
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)			
Naphtalène	<3,3	-	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols
Hydrocarbures halogénés volatils (COHV)			
Chlorure de vinyle	<3,3	<0,0005	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe
Dichloroéthane, 1,1-	<3,3	<0,0005	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe
Dichloroéthylène, 1,1-	<3,3	<0,0005	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe
Dichloroéthylène, -cis-1,2-	<3,3	0,00098	Retenu
Dichloroéthylène, -trans, 1,2-	<3,3	<0,0005	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe
Dichlorométhane	3,3	<0,0005	Retenu
Tétrachloroéthylène	1912	0,49	Retenu
Tétrachlorométhane	<3,3	<0,0005	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe
Trichloroéthane, 1,1,1-	<3,3	<0,0005	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe
Trichloroéthylène	3,6	0,0016	Retenu
Trichlorométhane	5,8	0,00055	Retenu
Σomme des COHV	2250	0,61	Retenue et étudiée via la décomposition par substances
Hydrocarbures volatils (TPH)			
Hydrocarbures aliphatiques C5-C6	<81,5	-	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols
Hydrocarbures aliphatiques C6-C8	274	<0,1	Retenus
Hydrocarbures aliphatiques C8-C10	3628	0,94	Retenus
Hydrocarbures aliphatiques C10-C12	535,3	<0,1	Retenus
Hydrocarbures aliphatiques C12-C16	334	-	Retenus
Indice aliphatique >nC12-nC14	-	<0,1	Retenus car quantifiés dans les gaz des sols
Indice aliphatique >nC14-nC16	-	<0,1	Retenus car quantifiés dans les gaz des sols
Indice aliphatique >nC16-nC21	-	<0,1	Non retenu car fraction non volatile
Indice aliphatique >nC21-nC35	-	<0,1	Non retenu car fraction non volatile
Indice aliphatique >nC35-nC40	-	<0,1	Non retenu car fraction non volatile
ΣIndice Hydrocarbures Aliphatiques C5-C16	4236	1,8	Retenu et étudié via la décomposition par coupes
Hydrocarbures aromatiques C6-C7	<16,3	-	Assimilés au benzène ci-dessus
Hydrocarbures aromatiques C7-C8	29,5	-	Assimilés au toluène ci-dessus
Indice aromatique >nC6-nC8	-	<0,025	Non retenu car jamais quantifié dans la nappe
Hydrocarbures aromatiques C8-C10	75,8	<0,025	Retenus
Hydrocarbures aromatiques C10-C12	32,7	<0,1	Retenus
Hydrocarbures aromatiques C12-C16	<65,2	-	Non retenus car jamais quantifiés dans les gaz des sols
Indice aromatique >nC12-nC14	-	<0,1	Non retenu car jamais quantifié dans la nappe
Indice aromatique >nC14-nC16	-	<0,1	Non retenu car jamais quantifié dans la nappe
Indice aromatique >nC16-nC21	-	<0,1	Non retenu car fraction non volatile
Indice aromatique >nC21-nC35	-	0,103	Non retenu car fraction non volatile
Indice aromatique >nC35-nC40	-	<0,1	Non retenu car fraction non volatile
ΣIndice Hydrocarbures Aromatiques C6-C16	114	0,14	Retenu et étudié via la décomposition par coupes

Inhalation de vapeurs en extérieur et au R+1 de la résidence sénior			
Substance	Moyenne GDS toutes profondeurs (µg/m3)	Moyenne ESO (mg/l)	Justification
Benzène et aromatiques (CAV - BTEX)			
Benzène	3,4	-	Retenu
Cumène	<3,3	-	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols
Ethylbenzène	5,1	-	Retenu
Ethyltoluène, m-, p-	9,5	-	Non retenu faute de VTR et moins conservatoire que les hydrocarbures aromatiques C _{>8} -C ₁₀ ci-dessous.
Ethyltoluène, o-	3,5	-	Non retenu faute de VTR et moins conservatoire que les hydrocarbures aromatiques C _{>8} -C ₁₀ ci-dessous.
Toluène	23,9	-	Retenu
Triméthylbenzène (Mésitylène)-1,3,5	5,3	-	Retenu
Triméthylbenzène (Pseudocumène), 1,2,4-	14,7	-	Retenu
Xylène, m-, p-	21,3	-	Retenu et étudié via la somme des xylènes
Xylène, o-	8,6	-	Retenu et étudié via la somme des xylènes
<i>Xylènes totaux</i>	30	-	Retenus
Somme des CAV-BTEX	95	-	Retenue et étudiée via la décomposition par substances
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)			
Naphtalène	<3,3	-	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols
Hydrocarbures halogénés volatils (COHV)			
Chlorure de vinyle	<3,3	<0,0005	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe
Dichloroéthane, 1,1-	<3,3	<0,0005	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe
Dichloroéthylène, 1,1-	<3,3	<0,0005	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe
Dichloroéthylène, -cis-1,2-	<3,3	0,00098	Retenu
Dichloroéthylène, -trans, 1,2-	<3,3	<0,0005	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe
Dichlorométhane	3,4	<0,0005	Retenu
Tétrachloroéthylène	2270	0,49	Retenu
Tétrachlorométhane	<3,3	<0,0005	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe
Trichloroéthane, 1,1,1-	<3,3	<0,0005	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols et la nappe
Trichloroéthylène	3,8	0,0016	Retenu
Trichlorométhane	7	0,00055	Retenu
Σomme des COHV	2470	0,61	Retenue et étudiée via la décomposition par substances
Hydrocarbures volatils (TPH)			
Hydrocarbures aliphatiques C5-C6	<82,9	-	Non retenu car jamais quantifié dans les gaz des sols
Hydrocarbures aliphatiques C6-C8	271	<0,1	Retenus
Hydrocarbures aliphatiques C8-C10	2044	0,94	Retenus
Hydrocarbures aliphatiques C10-C12	510	<0,1	Retenus
Hydrocarbures aliphatiques C12-C16	339	-	Retenus
Indice aliphatique >nC12-nC14	-	<0,1	Retenus car quantifiés dans les gaz des sols
Indice aliphatique >nC14-nC16	-	<0,1	Retenus car quantifiés dans les gaz des sols
Indice aliphatique >nC16-nC21	-	<0,1	Non retenu car fraction non volatile
Indice aliphatique >nC21-nC35	-	<0,1	Non retenu car fraction non volatile
Indice aliphatique >nC35-nC40	-	<0,1	Non retenu car fraction non volatile
ΣIndice Hydrocarbures Aliphatiques C5-C16	2625	1,8	Retenu et étudié via la décomposition par coupes
Hydrocarbures aromatiques C6-C7	<16,6	-	Assimilés au benzène ci-dessus
Hydrocarbures aromatiques C7-C8	26,4	-	Assimilés au toluène ci-dessus
Indice aromatique >nC6-nC8	-	<0,025	Non retenu car jamais quantifié dans la nappe
Hydrocarbures aromatiques C8-C10	70,1	<0,025	Retenus
Hydrocarbures aromatiques C10-C12	33,2	<0,1	Retenus
Hydrocarbures aromatiques C12-C16	<66,3	-	Non retenus car jamais quantifiés dans les gaz des sols
Indice aromatique >nC12-nC14	-	<0,1	Non retenu car jamais quantifié dans la nappe
Indice aromatique >nC14-nC16	-	<0,1	Non retenu car jamais quantifié dans la nappe
Indice aromatique >nC16-nC21	-	<0,1	Non retenu car fraction non volatile
Indice aromatique >nC21-nC35	-	0,103	Non retenu car fraction non volatile
Indice aromatique >nC35-nC40	-	<0,1	Non retenu car fraction non volatile
ΣIndice Hydrocarbures Aromatiques C6-C16	107	0,14	Retenu et étudié via la décomposition par coupes



Annexe 3 : Définition



**Caractérisation du risque**

Expression qualitative et quantitative du risque. Elle doit fournir aux décideurs l'ensemble des éléments permettant de comprendre ce que représente le risque évalué. Elle doit faire la part entre ce qui est connu et ce qui est incertain.

Concentration inhalée (CI)

Concentration par inhalation, à laquelle la cible est exposée en moyenne sur la durée d'exposition. Elle s'exprime en masse (mg ou µg) par unité de volume d'air (m³).

Concentration tolérable (CT)

Concentration à laquelle peut être exposée en permanence une cible par inhalation, sans apparition d'un effet néfaste. Elle s'exprime comme la concentration inhalée : CT : RfC pour l'EPA, MRL pour l'ASTSDR, CAA pour l'OMS.

Danger

Effet sanitaire indésirable comme le changement d'une fonction ou d'une valeur biologique, de l'aspect ou de la morphologie d'un organe, une malformation fœtale, une maladie transitoire ou définitive, une invalidité ou une incapacité, un décès.

Dose externe (ou administrée)

Quantité de polluant qui entre en contact avec les barrières de l'organisme humain par voie d'exposition (inhalation, ingestion, contact cutané).

Dose interne (ou absorbée)

Quantité de polluants qui pénètrent dans les milieux biologiques, une fois passés les tissus séparant les espaces intérieurs et le milieu extérieur : c'est la dose externe corrigée des taux d'absorption.

Dose Journalière d'Exposition (DJE)

Quantité de polluant ingérée ou absorbée par la peau rapportée à la masse corporelle et moyennée sur la durée d'exposition. Elle s'exprime en mg ou µg de polluant par kilogramme de masse corporelle et par jour (mg/kg/j ou µg/kg/j).

Dose Journalière Tolérable (DJT ou DJA pour admissible)

Niveau d'exposition sans risque appréciable pour l'homme. Pour l'EPA, cette dose de référence correspond à la RfD. Pour l'ATSDR, elle correspond au MRL.

Effet cancérogène

Toxicité qui se manifeste par l'apparition de cancers.

Effet systémique

Effet résultant de l'action du toxique après absorption et distribution dans différentes parties de l'organisme humain.

Equivalent Toxique (T.E.Q.)

Somme des concentrations de différents toxiques de la même famille, pondéré par le facteur d'équivalence toxique (FET) affecté à chacun, exprimée par rapport à la substance de référence. Par exemple, équivalent TCDD pour les dioxines ou équivalent BAP pour les HAP.

Excès de Risque Collectif (ERC)

Appelé aussi « impact », il représente une estimation du nombre de cancers en excès, lié à l'exposition étudiée, qui devrait survenir au cours de la vie d'un groupe d'individus.

**Excès de Risque Individuel (ERI)**

Probabilité que la cible a de développer l'effet associé à une substance cancérigène pendant sa vie du fait de l'exposition considérée.

Excès de Risque Unitaire (ERU)

Probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose (ou de concentration) d'une substance cancérigène. L'ERU s'exprime en $(\text{mg/kg/j})^{-1}$ pour la voie orale ou en $(\text{mg/m}^3)^{-1}$ pour la voie inhalation.

Evaluation de l'exposition

Détermination ou estimation des voies d'exposition, de la fréquence, de la durée et de l'importance de l'exposition.

Evaluation de la relation dose-effet

Définit une relation quantitative entre la dose ou concentration administrée ou absorbée et l'incidence de l'effet délétère.

Evaluation de risque sanitaire

Processus en quatre étapes qui comprend l'identification du potentiel dangereux des substances, l'évaluation de la relation dose-effet, l'évaluation de l'exposition et la caractérisation des risques.

Exposition aiguë

De quelques secondes à quelques jours.

Exposition chronique

De quelques années à vie entière.

Exposition subchronique

De quelques jours à quelques années.

Facteurs d'incertitude

Facteurs multiplicatifs appliqués à des données toxicologiques expérimentales ou à des résultats d'études épidémiologiques pour construire une valeur toxicologique de référence.

Génotoxique

Substance pouvant induire des effets potentiellement défavorables sur le matériel génétique.

Identification du potentiel dangereux des substances

Consiste à identifier les effets indésirables qu'une substance est intrinsèquement capable de provoquer chez l'homme en s'attachant à la nature et à la force des preuves de causalité relevées entre la substance et l'effet induit.

Indice de Risque (IR)

Utilisé pour caractériser le risque lié aux toxiques systémiques. Il correspond à la dose (ou concentration) journalière d'exposition divisée par la dose (ou concentration) de référence.

Mutagène

Agent susceptible d'induire des mutations de l'ADN, du gène, du chromosome ; ce qui constitue l'étape initiale de la cancérogenèse, à condition que la mutation porte sur des gènes impliqués dans le processus de cancérogenèse.

**Non-génotoxique (agent cancérogène)**

L'action toxique consiste à interférer avec les mécanismes de régulation de la division cellulaire, de la différenciation et de l'expression des gènes mais sans altération directe du patrimoine génétique.

Organe cible

Organe ou système présentant une sensibilité particulière à une substance donnée.

Principe de précaution

Principe juridique de haut niveau selon lequel « l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à un coût économiquement acceptable ». Intégré dans la Loi Barnier 1995.

Principe de prudence scientifique

Consiste à adopter, en cas d'absence de données reconnues, des hypothèses raisonnablement majorantes définies pour chaque cas à prendre en compte.

Principe de proportionnalité

Implique une cohérence entre le degré d'approfondissement de l'étude et l'importance de la pollution et son incidence prévisible.

Principe de spécificité

Assure la pertinence de l'étude par rapport à l'usage et aux caractéristiques du site et de son environnement.

Principe de transparence

Les choix des hypothèses, des outils à utiliser et du degré d'approfondissement d'une évaluation du risque sanitaire doivent systématiquement être présentés et expliqués, leurs conséquences sur la quantification du risque doivent être évaluées. Ces choix doivent être cohérents.

Risque

Probabilité d'apparition d'un effet néfaste dans des conditions d'exposition données.

Seuil d'effet

Niveau d'exposition au-dessous duquel aucun effet n'est attendu.

Slope factor

Voir « Excès de Risque Unitaire (ERU) ».

Valeur repère de risque

Niveau de risque défini comme acceptable par différentes instances, auquel peut être comparé le niveau de risque évalué sur un site.



Distinction entre l'Analyse des Risques Résiduels (ARR) et l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS)

Lorsque les caractéristiques du plan de gestion ne permettent pas de supprimer tout contact possible entre les impacts constatés et les futurs usagers du site, alors les risques sanitaires potentiels liés aux expositions résiduelles doivent être évalués. Deux types de calculs sont alors définis par les circulaires du 08 février 2007 :

- L'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) : ce calcul est effectué en amont des travaux. S'il met en évidence une incompatibilité entre la qualité des milieux (sols, gaz des sols et/ou nappe) et l'usage futur, il permettra de définir les objectifs de réhabilitation, préconisations d'aménagement et/ou dispositions constructives à mettre en place ;
- L'Analyse des Risques Résiduels (ARR) : ce calcul intervient après les travaux de dépollution et se base sur les prélèvements et analyses de fin de travaux sur les milieux concernés.

Remarques

Si l'EQRS aboutit à des niveaux de risque acceptables, l'EQRS tient lieu et place d'ARR.

Si les analyses de fin de travaux correspondent à des niveaux de concentrations inférieurs aux objectifs de réhabilitation fixés par l'EQRS, la réalisation de l'ARR n'est pas nécessaire. Dans ce cas, l'EQRS qui présentait les objectifs de réhabilitation, préconisations d'aménagement et/ou dispositions constructives à mettre en place tient lieu et place d'AR



Annexe 4 : Méthodologie de l'évaluation des Risques Sanitaires





Une évaluation des risques sanitaires (EQRS ou ARR) se compose conventionnellement des quatre étapes suivantes :



L'identification des dangers

Présentation du mode d'exposition des usagers d'un site : description des sources, des vecteurs de transfert et des cibles ou personnes exposées



L'estimation des relations dose-réponse

Recherche de l'incidence et de la gravité des effets



L'estimation des expositions

Calcul des doses d'exposition (quantité de substance absorbée par l'organisme des personnes exposées)

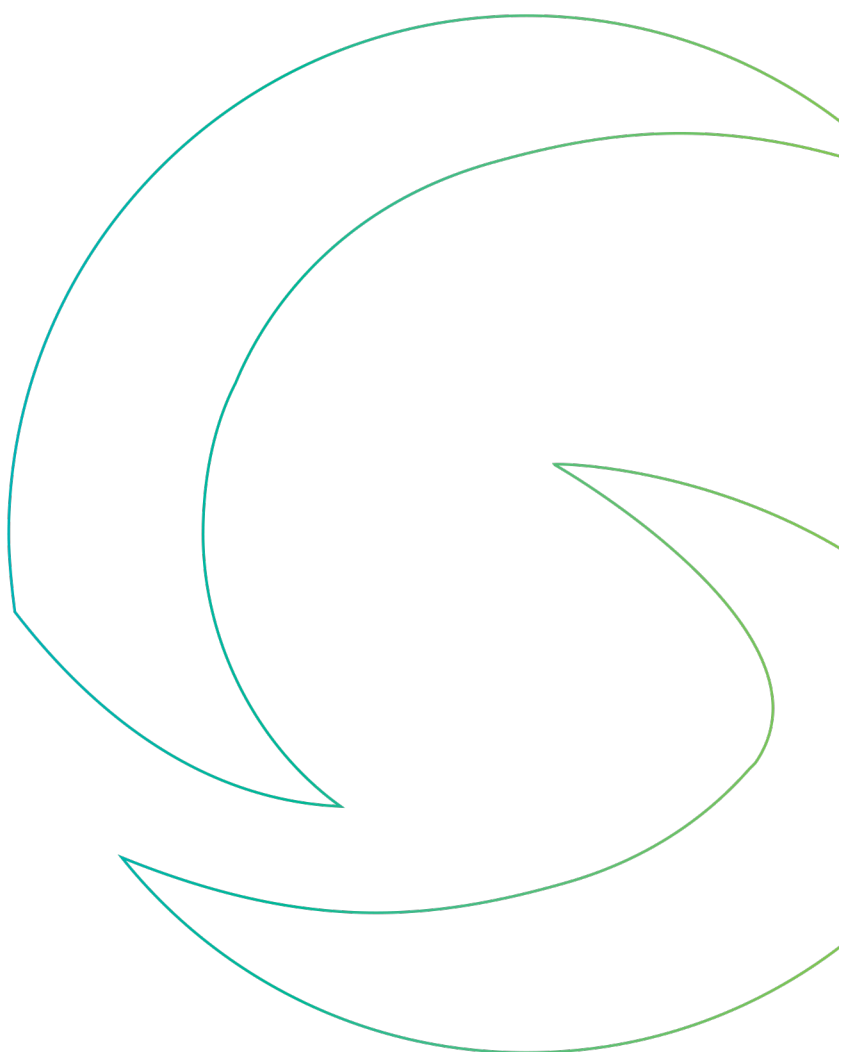


La caractérisation des Risques Sanitaires

Rapprochement des doses d'exposition calculées à l'étape précédente et des relations dose-réponse identifiées précédemment, puis comparaison aux seuils de risque acceptables définis par la méthodologie d'avril 2017



Annexe 5 : Principes de sélections des limites de quantification





Les principes de sélection des substances et des concentrations utilisées dans les calculs sont basés sur le document validé par l'INERIS « Diagnostics et Evaluations détaillées des Risques – Démarche proposée pour la prise en compte des limites de quantification dans les milieux sources ». Le paragraphe suivant, qui décrit la méthodologie générale, est tiré de cette note :

On distingue dans un premier temps :

- La zone « saturée », dont l'état environnemental sera caractérisé par les analyses pratiquées sur la nappe. Ce milieu sera par conséquent systématiquement retenu dans les calculs de risques ;
- La zone « non saturée », qui sera prise en compte à partir de la caractérisation du milieu le plus « pertinent » (gaz ou sol) pour la prise en compte éventuelle des limites de détection/quantification.

Dans un second temps, pour la zone « non saturée », la gestion des limites de détection/quantification dans les différents milieux (vis-à-vis de la LD/LQ), vise à réduire l'incertitude liée aux limites de la caractérisation du site apportées par les limites de détection/quantification, et donc à réduire leur « poids » dans le calcul des niveaux de risques. Cette démarche générale peut se décliner comme suit :

Le calcul, pour le milieu sol, des concentrations équivalentes dans l'air du sol à chaque limite de détection/quantification,

- La comparaison (pour chaque substance) de ces concentrations équivalentes dans les différents milieux caractérisant la zone non saturée ;
- Le choix (pour chaque substance) des milieux qui doivent être investigués car jugés représentatifs,
- La possibilité d'abaisser certaines limites de détection/quantification⁵ ;
- La décision ou non de prendre en compte la limite de détection/quantification dans les calculs de risques à partir de chacun des milieux.

La grille suivante, provenant de ce document validé par l'INERIS, indique le mode de sélection des LQ.

Concentrations mesurées dans les milieux Valeurs à retenir <i>en gras et italique</i> , sauf remarque			Remarque pour le choix sol /gaz du sol
Nappe	Sol	Gaz du sol	
<i>Valeur</i>	<i>Valeur</i>	<i>Valeur</i>	Retenir la plus élevée des deux valeurs en "concentrations équivalentes" ⁶ , ou mener le calcul de risque jusqu'au bout avec les deux valeurs.
<i>Valeur</i>	<i>Valeur</i>	< LD/LQ	
< LD/LQ	<i>Valeur</i>	< LD/LQ	
< LD/LQ	<i>Valeur</i>	<i>Valeur</i>	Retenir la plus élevée des deux valeurs en "concentrations équivalentes", ou mener le calcul de risque jusqu'au bout avec les deux valeurs.
< LD/LQ	< LD/LQ	<i>Valeur</i>	
<i>Valeur</i>	< LD/LQ	<i>Valeur</i>	
<i>Valeur</i>	< LD/LQ	< LD/LQ	Retenir celle des deux limites apportant, en "concentrations équivalentes", le plus de précision, donc la plus basse des deux limites.
< LD/LQ	< LD/LQ	< LD/LQ	

⁵ en agissant au niveau du prélèvement et/ou de l'analyse.

⁶ en première approche. Un approfondissement de la question pourrait conduire à retenir la valeur la moins élevée en "concentration équivalente", moyennant une justification suffisante. Ainsi, le retour d'expérience fait souvent apparaître des teneurs dans l'air du sol au niveau de la source moins élevées qu'attendues par modélisation à partir des teneurs dans les sols. Cela peut résulter d'un sur-conservatisme de la modélisation du transfert entre le sol et l'air du sol dans le cas d'espèce. Si cela est bien documenté, il est plus pertinent de retenir la teneur dans l'air du sol que la teneur dans le sol, pourtant plus élevée en "concentration équivalente".



Annexe 6 : Principales incertitudes liées aux hypothèses retenues





Principales incertitudes relatives à l'identification des dangers

● Choix des concentrations

Pour l'exposition par inhalation de vapeurs en intérieur au droit des bâtiments sans sous-sol ni vide sanitaire, les concentrations choisies sont les plus élevées mesurées sur l'ensemble de la zone investiguée. Ce choix est conservatoire.

Pour l'exposition par inhalation de vapeurs en extérieur et en intérieur au droit des bâtiments sur sous-sol, les moyennes des concentrations sont retenues en considérant que l'extérieur ou le sous-sol constituent un volume d'homogénéisation des vapeurs. Ce choix est réaliste.

Compte tenu des données disponibles, le choix des concentrations est globalement conservatoire dans la mesure où les limites de quantification de certaines substances ont été considérées dans les calculs (hydrocarbures aromatiques en nappe notamment) alors que leur concentration réelle est inférieure à cette valeur.

Les concentrations retenues dans les calculs sont supposées constantes et homogènes sur toute la surface de l'aménagement étudié et inépuisables dans le temps. Ces hypothèses sont conservatoires.

● Analyses de gaz

Le Ministère en charge de l'Environnement et le BRGM alertent sur le caractère sensible de ces analyses au regard de l'influence de nombreux paramètres au cours des prélèvements (température, pression atmosphérique, vents, hygrométrie, chauffage).

● Qualité des données d'entrées

La qualité globale des terrains est extrapolée à partir des données ponctuelles recueillies sur chacun des sondages. Le maillage des investigations a été dimensionné en fonction de l'historique et des données disponibles sur le site. Toutefois, la présence d'une anomalie non identifiée par les campagnes réalisées ne peut être exclue sur l'emprise du site.

Au regard des niveaux de dégazage de la nappe et dans les gaz des sols en composés chlorés principalement, de la présence d'une source non localisée précisément et des discordances de résultats entre les milieux, il n'est pas envisageable d'agir sur la source. Les recommandations pourront porter sur le vecteur uniquement. Dans ce cas, si des dépassements des niveaux de risques sont mis en évidence, les recommandations concerneront la mise en place de dispositions constructives.

Principales incertitudes relatives aux relations dose-réponse

Les VTR à seuil sont établies sur la base de facteurs d'incertitude tels que :

- La variabilité inter-individuelle (individus plus ou moins sensibles au sein d'une population) ;
- L'extrapolation inter-espèces (marge de sécurité appliquée à des données toxicologiques fondée sur une espèce animale pour estimer les données relatives à l'espèce humaine ;
- La durée ayant servi à l'élaboration de la donnée toxicologique ;
- ...



Ainsi, les valeurs utilisées considèrent déjà une marge de sécurité par rapport à la dose réellement nocive pour la santé humaine pour les effets à seuil. De plus, les **populations sensibles** telles que les enfants, les personnes âgées ou malades sont incluses dans la présente étude.



Principales incertitudes relatives à l'évaluation des expositions

● Modèles de transfert de gaz vers l'air ambiant

Cette étape d'évaluation des expositions est dépendante de nombreux paramètres entachés eux-mêmes d'une incertitude difficile à quantifier :

- Prélèvements et échantillonnage ;
- Analyses ;
- Paramètres relatifs au type de sol traversé par les vapeurs ;
- Pression atmosphérique et météorologie le jour des prélèvements de gaz ;
- Saison de prélèvement.

Les modèles de transfert simulant le dégazage des sols et des eaux souterraines et aboutissant à une estimation des concentrations attendues dans l'air ambiant majoraient classiquement les transferts qui s'opèrent réellement. De plus, la méthodologie indique que lorsqu'une même substance est présente dans plusieurs milieux (ici nappe et gaz des sols), les calculs doivent être menés pour ces différents milieux et seul le milieu fournissant les concentrations les plus importantes dans l'air ambiant doit être retenu pour l'appréciation finale du risque. Les calculs de risque liés à l'inhalation de substances volatiles sont donc *a priori* plutôt majorants.

Par ailleurs, la zone d'espaces verts recouverts et de voiries a été totalement assimilée à des voiries, plus perméables aux remontées de vapeurs qu'un enrobé bitumineux. Les calculs relatifs à cette zone seront donc majorants par rapport au fait de distinguer ces deux types d'aménagement.



Annexe 7 : Relation dose-réponse



Présentation des effets à seuil et sans seuil

Pour les substances sélectionnées lors de l'identification des dangers, il s'agit ici de rechercher, dans la littérature scientifique, les données de toxicologie utiles à la quantification du risque, c'est-à-dire :

● Les données de toxicité caractérisant les effets dits « à seuil »

Un effet à seuil est un effet qui survient au-delà d'une certaine dose administrée de produit. En deçà de cette dose, le risque est considéré comme nul. Ce sont principalement les effets non cancérogènes qui sont classés dans cette famille. Au-delà du seuil, l'intensité de l'effet croît avec l'augmentation de la dose administrée.

La terminologie des données toxicologiques caractérisant les effets à seuil varie suivant les sources consultées. Dans la présente étude, ces données seront appelées Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) à seuil ou encore RfC pour les données fournies en mg/m^3 et RfD pour celles fournies en milligramme de substance par kilogramme de poids corporel de la cible et par jour ($\text{mg}/\text{kg}/\text{j}$).

Cet effet est caractérisé par le calcul d'un Quotient de Danger (QD) par substance (lorsque la substance présente un effet à seuil), par milieu et par cible (adulte et enfant distinctement selon le cas étudié).

Pour une même substance présente dans plusieurs milieux (c'est-à-dire les sols, les gaz des sols et la nappe selon le cas étudié), seul le QD lié au milieu induisant le niveau de risque le plus important sera conservé dans le résultat final.

Pour chaque cible (adulte et/ou enfant, selon le cas étudié), les QD des substances présentant le même effet critique sur la santé sont ensuite sommés. Cette somme est comparée au **seuil de risque acceptable de 1** défini dans la Circulaire du 8 février 2007.

● Les données de toxicité caractérisant les effets dits « sans seuil »

Un effet sans seuil se définit comme un effet qui apparaît quelle que soit la dose absorbée par l'organisme. La probabilité de survenue croît avec la dose, mais l'intensité de l'effet n'en dépend pas. L'hypothèse classiquement retenue est qu'une seule molécule de la substance peut provoquer des changements dans une cellule et être à l'origine de l'effet observé. A l'origine, la notion d'absence de seuil était associée aux effets cancérogènes uniquement. Aujourd'hui, cette notion recouvre également des effets sur la reproduction (reprotoxicité) et les mutations génétiques (mutagénicité).

La terminologie des données toxicologiques caractérisant les effets sans seuil varie suivant les sources consultées. Dans la présente étude, ces données seront appelées Excès de Risque Unitaire (ERU).

Cet effet est caractérisé par le calcul d'un Excès de Risque Individuel (ERI) par substance (lorsque la substance présente un effet sans seuil), par milieu et par cible (adulte et enfant distinctement selon le cas étudié).

Pour une même substance présente dans plusieurs milieux (c'est-à-dire les sols, les gaz des sols et la nappe selon le cas étudié), seul l'ERI lié au milieu induisant le niveau de risque le plus important sera conservé dans le résultat final.

Pour chaque cible (adulte et/ou enfant, selon le cas étudié), les ERI de l'ensemble des substances sont ensuite sommés, quel que soit l'effet critique observé sur la santé. L'ERI adulte et l'ERI enfant sont également sommés puisque la probabilité d'apparition de l'effet sans seuil s'exerce sur la vie entière. Cette somme est comparée au **seuil de risque acceptable de 10^{-5}** défini dans la méthodologie d'avril 2017. La valeur de 10^{-5} correspond à l'apparition d'un cancer (ou autre effet sans seuil étudié) sur une population de 100 000 personnes.



Annexe 8 : Valeurs toxicologiques de référence



VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE - Choix selon la Circulaire du 31 octobre 2014

CAS	Substances	Valeurs retenues			Organisme émetteur de la VTR	INHALATION A SEUIL						INHALATION SANS SEUIL				
		Classement UE	Classement US-EPA	Classement IARC		mg/m3 adulte	mg/m3 enfant	Facteur d'incertitude	Date	Organe cible / effet critique	Commentaire	(mg/m3)-1 adulte	(mg/m3)-1 enfant	Date	Organe cible / effet critique	Commentaire
HAP																
91-20-3	Naphtalène	CARC 3	C	2B	IRIS	0,003	0,003	3000	1998	Appareil respiratoire supérieur (souris)	-	-	-	-	-	-
					ATSDR	0,00367	0,00367	300	août-05	Appareil respiratoire supérieur (rat, souris)	-	-	-	-	-	
					OMS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					RIVM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					OEHHA	0,009	0,009	1000	2003	Appareil respiratoire (souris)	-	0,034	0,034	2005	-	-
					Health Canada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
					ANSES	3,7E-02	3,7E-02	250	2013	Appareil respiratoire supérieur (rat)	Fiche toxico INERIS pour les HAP de janvier 2020, choix basé sur une expertise de mai 2019 Choix INERIS - mise à jour de fin 2022 Choix BDD ANSES déc 2022 selon expertise de 2013	5,6E-03	5,6E-03	2013	Neuroblastomes de l'épithélium olfactif (Rats)	Fiche toxico INERIS pour les HAP de janvier 2020, choix basé sur une expertise de mai 2019 Choix INERIS - mise à jour de fin 2022 Choix ANSES BDD déc 2022 selon construction ANSES de 2013
					INERIS	-	-	-	-	-	-	0,0011	0,0011	2003	-	-
COUPES D'HYDROCARBURES																
-	Aliphatiques C>6-C8	-	-	-	IRIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					ATSDR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					OMS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					RIVM	18,4	18,4	-	1999	Système nerveux	-	-	-	-	-	-
					OEHHA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Health Canada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					TPHWG	18,4	18,4	-	1997	Système nerveux	-	-	-	-	-	
-	Aliphatiques C>8-C10	-	-	-	IRIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					ATSDR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					OMS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					RIVM	1	1	-	1999	Foie et sang	-	-	-	-	-	-
					OEHHA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Health Canada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					TPHWG	1	1	-	1997	Foie et sang	-	-	-	-	-	
-	Aliphatiques C>10-C12	-	-	-	IRIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					ATSDR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					OMS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					RIVM	1	1	-	1999	Foie et sang	-	-	-	-	-	-
					OEHHA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Health Canada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					TPHWG	1	1	-	1997	Foie et sang	-	-	-	-	-	
-	Aliphatiques C>12-C16	-	-	-	IRIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					ATSDR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					OMS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					RIVM	1	1	-	1999	Foie et sang	-	-	-	-	-	-
					OEHHA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Health Canada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					TPHWG	1	1	-	1997	Foie et sang	-	-	-	-	-	
-	Aromatiques C>8-C10	-	-	-	IRIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					ATSDR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					OMS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					RIVM	0,2	0,2	-	1999	Poids	-	-	-	-	-	-
					OEHHA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Health Canada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					TPHWG	0,2	0,2	-	1997	Poids	-	-	-	-	-	
-	Aromatiques C>10-C12	-	-	-	IRIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					ATSDR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					OMS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					RIVM	0,2	0,2	-	1999	Poids	-	-	-	-	-	-
					OEHHA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Health Canada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					TPHWG	0,2	0,2	-	1997	Poids	-	-	-	-	-	
-	Aromatiques C>12-C16	-	-	-	IRIS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					ATSDR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					OMS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					RIVM	0,2	0,2	-	1999	Poids	-	-	-	-	-	-
					OEHHA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Health Canada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					TPHWG	0,2	0,2	-	1997	Poids	-	-	-	-	-	
BTEX																
71-43-2	Benzène	CARC 1 MUTA 2	A	1	IRIS	0,03	0,03	300	2003	Lymphopénie (Homme)	-	0,0078	0,0078	2000	-	-
					ATSDR	0,00958	0,00958	10	2007	Immunotoxicité (Homme)	-	-	-	-	-	-
					OMS	-	-	-	-	-	-	0,006	0,006	2000	-	-
					RIVM	-	-	-	-	-	-	0,0005	0,0005	2000	-	-
					OEHHA	0,003	0,003	-	2014	Sang (Homme)	-	0,029	0,029	2004	-	-
					Health Canada	-	-	-	-	-	-	0,0033	0,0033	2006	-	-
					ANSES	1,00E-02	1,00E-02	10	2008	Immunotoxicité (Homme)	Sélection des polluants à prendre en compte dans les ERS des EI sur infrastructures routières (2012) Choix ANSES déc 2022 selon expertise de 2012	0,026	0,026	2014	Augmentation de l'incidence des leucémies	Choix ANSES déc 2022 selon expertise de 2014
					CSHPF	-	-	-	-	-	-	0,003	0,003	1998	-	-
100-41-4	Ethylbenzène	-	D	2B	IRIS	1	1	300	1991	Atteintes du développement (rat, lapin)	-	-	-	-	-	-
					ATSDR	0,3	0,3	300	nov-10	Reins	-	-	-	-	-	-
					OMS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					RIVM	0,77	0,77	100	2000	Foie, reins (rat, souris)	-	-	-	-	-	-
					OEHHA	2	2	30	2003	Foie, reins (rat, souris)	-	2,50E-03	2,50E-03	2008	-	-
					Health Canada	1	1	-	sept-10	-	-	-	-	-	-	-
					ANSES	1,5	1,5	75	oct-16	Audition (rat)	Choix BDD ANSES déc 2022 selon expertise de 2016	-	-	-	-	-
					IRIS	5	5	10	2005	Système nerveux (Homme)	-	-	-	-	-	-
					ATSDR	3,8	3,8	10	sept-15	Système nerveux (Homme)	Draft	-	-	-	-	-
					OMS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CAS	Substances	Valeurs retenues			Organisme émetteur de la VTR	INHALATION A SEUIL						INHALATION SANS SEUIL				
		Classement UE	Classement US-EPA	Classement IARC		mg/m3 adulte	mg/m3 enfant	Facteur d'incertitude	Date	Organe cible / effet critique	Commentaire	(mg/m3)-1 adulte	(mg/m3)-1 enfant	Date	Organe cible / effet critique	Commentaire
108-88-3	Toluène	REPRO 3	D	3	RIVM	0,4	0,4	300	1999	Système nerveux central (Homme)		-	-	-		
					OEHHA	0,42	0,42		2020	Yeux (Homme)		-	-	-		
					Health Canada	3,75	3,75		sept-10			-	-	-		
					ANSES	19	19	5	2017	Système nerveux (Homme)	Choix INERIS à fin 2022 - Fiche toxico INERIS 2022 selon expertise et validation 2021 Choix BDD ANSES déc 2022 selon expertise de 2017	-	-	-		
1330-20-7	Xylènes totaux	-	-	-	IRIS	0,1	0,1	300	2003	Perte de coordination motrice (rat)	Choix BDD ANSES déc 2022 selon expertise de 2020	-	-	-		
					ATSDR	0,217	0,217	300	août-07	Système nerveux, poumons (Homme)		-	-	-		
					OMS	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					RIVM	0,87	0,87	1000	1999	Atteintes du développement (rat)		-	-	-		
					OEHHA	0,7	0,7	10	2003	Appareil respiratoire (Homme)		-	-	-		
					Health Canada	0,18	0,18	1000	1991	Fœtotoxicité (rat)	Valeur provisoire	-	-	-		
98-82-8	Isopropylbenzène (=cumène)	-	D	-	IRIS	0,4	0,4	1000	1997	Reins, glandes surrénales		-	-	-		
					ATSDR	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					OMS	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					RIVM	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					OEHHA	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					Health Canada	0,4	0,4	-	sept-10	-	-	-	-	-		
526-73-8	Triméthylbenzène, 1,2,3- (=Hémélitène)				IRIS	0,06	0,06	300	2016	Système nerveux/douleur (rat)		-	-	-		
					ATSDR	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					OMS	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					RIVM	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					OEHHA	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					Health Canada	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)				IRIS	0,06	0,06	300	2016	Système nerveux/douleur (rat)		-	-	-		
					ATSDR	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					OMS	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					RIVM	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					OEHHA	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					Health Canada	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)				IRIS	0,06	0,06	300	2016	Système nerveux/douleur (rat)		-	-	-		
					ATSDR	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					OMS	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					RIVM	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					OEHHA	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
					Health Canada	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
HALOGENES																
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)	CARC 3	B2	2B	IRIS	-	-	-	-	-		0,023	0,023	2001		
					ATSDR	0,00195	0,00195	300	janv-24	Appareil respiratoire	Draft	-	-	-		
					OMS	-	-	-	-	-	-	0,00042	0,00042	1994		
					RIVM	0,1	0,1	1000	2000	Foie (rat)		-	-	-		
					OEHHA	0,3	0,3	300	2003	Foie, reins (rat)		0,0053	0,0053	2004		
					Health Canada	9,8	9,8		1999	Foie (chien)		0,00034	0,00034	1999		
					INERIS	0,063	0,063	70	2006	Cancérogène rénal à seuil	"Analyse des VTR pour le 1,2DCA, le chloroforme, le tétrachloroéthane et le chlorure de méthylène", INERIS, sept 2006	-	-			Un effet cancérogène à seuil par inhalation est retenu, suivant les préconisations de l'INERIS (sept 2006 + fiche toxico septembre 2011)
					ANSES	0,063	0,063		2008	Tumeurs rénales (souris)	Fiche toxico INERIS, septembre 2011, basé sur expertise de 2010 Choix ANSES déc 2022 selon expertise de 2009					
					IRIS	0,6	0,6	30	2011	Foie (rat)	Retenue car parution plus récente (18/11/2011) que l'expertise nationale (2010/2011)	0,00001	0,00001	2011	Carcinome hépatocellulaire ou bronchoalvéolaire ou adénome (Souris)	Retenue car parution plus récente que l'expertise nationale (2006 et 2009)
					ATSDR	1,04	1,04	30	2000	Foie (rat)	Fiche toxico INERIS, septembre 2011, basé sur expertise de 2010 validée en 2011 Choix INERIS - mise à jour de fin 2022 Non retenue car expertise INERIS antérieure à la parution de la VTR IRIS	-	-	-		
75-09-2	Chlorure de méthylène (ou Dichlorométhane)	CARC 3	B2	2B	OMS	-	-	-	-	-		-	-	-		
					RIVM	3	3	10	2000	Méthémoglobinémie, système nerveux central		-	-	-		
					OEHHA	0,4	0,4	100	2003	Carboxyhémoglobinémie (Homme)		0,001	0,001	2004		Choix INERIS - mise à jour de fin 2022 Non retenue car expertise INERIS antérieure à la parution de la VTR IRIS
					Health Canada	-	-	-	-	-		0,000023	0,000023	1993		"Analyse des VTR pour le 1,2DCA, le chloroforme, le tétrachloroéthane et le chlorure de méthylène", INERIS, sept 2006 et "Point sur les VTR - mars 2009"
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-	-	D	-	IRIS	-	-	-	-	-		-	-	-		
					ATSDR	-	-	-	-	-		-	-	-		
					OMS	-	-	-	-	-		-	-	-		
					RIVM	0,06	0,06		2009			-	-	-		
					OEHHA	-	-	-	-	-		-	-	-		
					Health Canada	-	-	-	-	-		-	-	-		

VALEURS TOXICOLOGIQUES DE REFERENCE - Choix selon la Circulaire du 31 octobre 2014

CAS	Substances	Valeurs retenues			Organisme émetteur de la VTR	INHALATION A SEUIL						INHALATION SANS SEUIL				
		Classement UE	Classement US-EPA	Classement IARC		mg/m3 adulte	mg/m3 enfant	Facteur d'incertitude	Date	Organe cible / effet critique	Commentaire	(mg/m3)-1 adulte	(mg/m3)-1 enfant	Date	Organe cible / effet critique	Commentaire
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	CARC 3	B2	2A	IRIS	0,04	0,04	1000	2012	Système nerveux (Homme)		2,60E-04	2,60E-04	2012	Adénome hépatocellulaire ou carcinome (Souris)	
					ATSDR	0,04	0,04	300	juin-19	Système nerveux		-	-	-		
					OMS	0,2	0,2	100	2006	Système nerveux (Homme)	OMS CICAD	-	-	-		
					RIVM	0,25	0,25	100	1999	Reins (Homme)		-	-	-		
					OEHHA	0,035	0,035		2003	Reins, foie (rat)		6,10E-03	6,10E-03	2019		
					Health Canada	0,36	0,36	1000	1992	Multiple (souris)		-	-	-		
					ANSES	0,4	0,4	30	2017	Système nerveux (Homme)	Fiche toxico INERIS, parue le 02/02/2023, basée sur expertise et validation de nov 2019. Les valeurs OMS 2022 et Santé Canada 2021 ont ensuite été intégrées à la fiche toxico. Choix INERIS - Mise à jour à fin 2022 Choix BDD ANSES déc 2022 selon expertise de 2017	2,60E-04	2,60E-04	2017	-	Choix BDD ANSES déc 2022 selon expertise de 2017 Fiche toxico INERIS, parue le 02/02/2023, basée sur expertise et validation de nov 2019
					IRIS	0,002	0,002	Multiple	2011	Multiple (rat, souris)		4,00E-03	4,00E-03	2011		
					ATSDR	0,0021	0,0021	Multiple	juin-19	Multiple (rat, souris)	Validation des données IRIS	-	-	-		
					OMS	-	-	-	-	-		0,00043	0,00043	1999		Fiche toxico INERIS de décembre 2016, Choix INERIS, mise à jour à fin 2022 selon expertise et validation de 2013
79-01-6	Trichloroéthène	CARC 2 MUTA 3	-	2A	RIVM	0,2	0,2	1000	1999	Foie, reins, système nerveux central	Provisoire	-	-	-		
					OEHHA	0,6	0,6	100	2003	Multiple (Homme)	Fiche toxico INERIS de décembre 2016, Choix INERIS, mise à jour à fin 2022 selon expertise et validation de 2013	0,002	0,002	2004		
					Health Canada	-	-	-	-	-		0,00061	0,00061	1992		
					ANSES	3,2	3,2	75	2018	Reins	Choix BDD ANSES de déc 2022	1,00E-03	1,00E-03	2018	Cancer du rein	Choix BDD ANSES déc 2022

Définitions de la classification US-EPA

Classe A	Substance cancérogène pour l'homme.
Classe B1	Substance probablement cancérogène pour l'homme. Des données limitées chez l'homme sont disponibles.
Classe B2	Substance probablement cancérogène pour l'homme. Il existe des preuves suffisantes chez l'animal et des preuves non adéquates ou pas de preuve chez l'homme.
Classe C	Cancérogène possible pour l'homme.
Classe D	Substance non classable quant à sa cancérigénicité pour l'homme.
Classe E	Substance pour laquelle il existe des preuves de non cancérogénicité pour l'homme.

Définitions des classifications CIRC/IARC/OMS

Groupe 1	L'agent (ou le mélange) est cancérigène pour l'homme.
Grouoe 2A	L'agent (ou le mélange) est probablement cancérigène pour l'homme. Il existe des indices limités de cancérigénicité chez l'homme et des indices suffisants de cancérogénicité pour l'animal de laboratoire.
Groupe 2B	L'agent (ou le mélange) pourrait être cancérigène pour l'homme.
Groupe 3	L'agent (ou le mélange) ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme.
Groupe 4	L'agent (ou le mélange) n'est probablement pas cancérigène pour l'homme.



Annexe 9 : Paramètres physico-chimiques



PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

					ZONE 1					ZONE 2								
Substances	Solubilité (mg/L)	Constante de Henry ()	Coefficient de diffusion dans l'air (cm²/s)	Coefficient de diffusion dans l'eau (cm²/s)	Coefficient de diffusion effectif sol (m²/s)			Coefficient de diffusion effectif béton (m²/s)	Coefficient de diffusion effectif enrobé (m²/s)	Coefficient de diffusion effectif sol (m²/s)			Coefficient de diffusion effectif béton (m²/s)	Coefficient de diffusion effectif enrobé (m²/s)	Koc (L/kg)	Log Kow	Masse molaire (g/mol)	Kd
					Intérieur SANS sous-sol	Intérieur AVEC sous-sol	Voies			Intérieur SANS sous-sol	Intérieur AVEC sous-sol	Voies						
HAP																		
Naphtalène	31,8 Fiche toxico INERIS	0,0208 Fiche toxico INERIS	0,054 Fiche toxico INERIS	0,0000072 Fiche toxico INERIS	7,50E-07 Calculé	7,50E-07 Calculé	7,50E-07 Calculé	2,97E-08 Calculé	2,53E-07 Calculé	7,50E-07 Calculé	7,50E-07 Calculé	7,50E-07 Calculé	2,97E-08 Calculé	2,53E-07 Calculé	1250 Fiche toxico INERIS	3,4 Fiche toxico INERIS	128,2 Fiche toxico INERIS	
COUPES D'HYDROCARBURES																		
Aliphatiques C5-C6	36 TPHWG	33 TPHWG	0,1 TPHWG	0,00001 TPHWG	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	794 TPHWG	3,3 BP RISC	81 TPHWG	
Aliphatiques C>6-C8	5,4 TPHWG	50 TPHWG	0,1 TPHWG	0,00001 TPHWG	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	3981 TPHWG	4 BP RISC	100 TPHWG	
Aliphatiques C>8-C10	0,43 TPHWG	80 TPHWG	0,1 TPHWG	0,00001 TPHWG	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	31623 TPHWG	4,8 BP RISC	130 TPHWG	
Aliphatiques C>10-C12	0,034 TPHWG	120 TPHWG	0,1 TPHWG	0,00001 TPHWG	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	251189 TPHWG	5,6 BP RISC	160 TPHWG	
Aliphatiques C>12-C16	0,0007 TPHWG	520 TPHWG	0,1 TPHWG	0,00001 TPHWG	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	5011873 TPHWG	6,8 BP RISC	200 TPHWG	
Aliphatiques C>16-C21	0,0000025 TPHWG	4900 TPHWG	0,1 TPHWG	0,00001 TPHWG	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	630957400 TPHWG	8,9 BP RISC	270 TPHWG	
Aromatiques C>8-C10	65 TPHWG	0,48 TPHWG	0,1 TPHWG	0,00001 TPHWG	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	1585 TPHWG	3,1 BP RISC	120 TPHWG	
Aromatiques C>10-C12	25 TPHWG	0,14 TPHWG	0,1 TPHWG	0,00001 TPHWG	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	2511 TPHWG	3,5 BP RISC	130 TPHWG	
Aromatiques C>12-C16	5,8 TPHWG	0,053 TPHWG	0,1 TPHWG	0,00001 TPHWG	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	1,39E-06 Calculé	5,50E-08 Calculé	4,68E-07 Calculé	5012 TPHWG	3,9 BP RISC	150 TPHWG	
Aromatiques C>16-C21	0,65 TPHWG	0,013 TPHWG	0,1 TPHWG	0,00001 TPHWG	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	15549 TPHWG	4,7 BP RISC	190 TPHWG	
Aromatiques C>21-C35	0,0066 TPHWG	0,00067 TPHWG	0,1 TPHWG	0,00001 TPHWG	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	NC Calculé	125893 TPHWG	6,1 BP RISC	240 TPHWG	
BTEX																		
Benzène	1830 Fiche toxico INERIS	0,142 Soil Vapor Extraction Technology	0,088 Fiche toxico INERIS	0,0000098 Fiche toxico INERIS	1,22E-06 Calculé	1,22E-06 Calculé	1,22E-06 Calculé	4,84E-08 Calculé	4,12E-07 Calculé	1,22E-06 Calculé	1,22E-06 Calculé	1,22E-06 Calculé	4,84E-08 Calculé	4,12E-07 Calculé	60 Fiche toxico INERIS	2,13 Fiche toxico INERIS	78,11 Fiche toxico INERIS	
Ethylbenzène	155 Fiche toxico INERIS	0,1403 Soil Vapor Extraction Technology	0,075 Fiche toxico INERIS	0,0000078 Fiche toxico INERIS	1,04E-06 Calculé	1,04E-06 Calculé	1,04E-06 Calculé	4,13E-08 Calculé	3,51E-07 Calculé	1,04E-06 Calculé	1,04E-06 Calculé	1,04E-06 Calculé	4,13E-08 Calculé	3,51E-07 Calculé	241,9 Fiche toxico INERIS	3,15 Fiche toxico INERIS	106,16 Fiche toxico INERIS	
Toluène	515 Fiche toxico INERIS	0,16397 Soil Vapor Extraction Technology	0,087 Fiche toxico INERIS	0,0000086 Fiche toxico INERIS	1,21E-06 Calculé	1,21E-06 Calculé	1,21E-06 Calculé	4,79E-08 Calculé	4,07E-07 Calculé	1,21E-06 Calculé	1,21E-06 Calculé	1,21E-06 Calculé	4,79E-08 Calculé	4,07E-07 Calculé	100 Fiche toxico INERIS	2,69 Fiche toxico INERIS	92,14 Fiche toxico INERIS	
Xylènes totaux	175 Fiche toxico INERIS	0,29 BP RISC	0,0722 CALTOX	0,00000887 CALTOX	1,00E-06 Calculé	1,00E-06 Calculé	1,00E-06 Calculé	3,97E-08 Calculé	3,38E-07 Calculé	1,00E-06 Calculé	1,00E-06 Calculé	1,00E-06 Calculé	3,97E-08 Calculé	3,38E-07 Calculé	240 TPHWG	3,11 CALTOX	106,16 HSDB	
Isopropylbenzène (=cumène)	50 TPHWG	0,592 TPHWG	0,065 TPHWG	0,0000071 TPHWG	9,03E-07 Calculé	9,03E-07 Calculé	9,03E-07 Calculé	3,58E-08 Calculé	3,04E-07 Calculé	9,03E-07 Calculé	9,03E-07 Calculé	9,03E-07 Calculé	3,58E-08 Calculé	3,04E-07 Calculé	1380 TPHWG	3,66 HSDB	120,19 HSDB	
Triméthylbenzène, 1,2,3- (=Hémilitène)	75,2 HSDB	0,178 HSDB	6,13E-02 RAIS	8,02E-06 RAIS	8,51E-07 Calculé	8,51E-07 Calculé	8,51E-07 Calculé	3,37E-08 Calculé	2,87E-07 Calculé	8,51E-07 Calculé	8,51E-07 Calculé	8,51E-07 Calculé	3,37E-08 Calculé	2,87E-07 Calculé	626,9 INERIS	3,66 INERIS	120,19 HSDB	
Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	57 HSDB	0,252 HSDB	6,07E-02 RAIS	7,92E-06 RAIS	8,43E-07 Calculé	8,43E-07 Calculé	8,43E-07 Calculé	3,34E-08 Calculé	2,84E-07 Calculé	8,43E-07 Calculé	8,43E-07 Calculé	8,43E-07 Calculé	3,34E-08 Calculé	2,84E-07 Calculé	614,3 INERIS	3,63 INERIS	120,19 HSDB	
Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	48,2 HSDB	0,359 HSDB	6,02E-02 RAIS	7,84E-06 RAIS	8,36E-07 Calculé	8,36E-07 Calculé	8,36E-07 Calculé	3,31E-08 Calculé	2,82E-07 Calculé	8,36E-07 Calculé	8,36E-07 Calculé	8,36E-07 Calculé	3,31E-08 Calculé	2,82E-07 Calculé	602,1 INERIS	3,42 INERIS	120,19 HSDB	
CHLORES																		
Chloroforme (Trichlorométhane)	8200 Fiche toxico INERIS	0,074 Soil Vapor Extraction Technology	0,104 Fiche toxico INERIS	0,00001 Fiche toxico INERIS	1,44E-06 Calculé	1,44E-06 Calculé	1,44E-06 Calculé	5,72E-08 Calculé	4,88E-07 Calculé	1,44E-06 Calculé	1,44E-06 Calculé	1,44E-06 Calculé	5,72E-08 Calculé	4,88E-07 Calculé	60 Fiche toxico INERIS	1,97 Fiche toxico INERIS	119,38 Fiche toxico INERIS	
Chlorure de méthylène	16800 Fiche toxico INERIS	0,0602 Soil Vapor Extraction Technology	0,102 Fiche toxico INERIS	0,0000064 Fiche toxico INERIS	1,42E-06 Calculé	1,42E-06 Calculé	1,42E-06 Calculé	5,61E-08 Calculé	4,77E-07 Calculé	1,42E-06 Calculé	1,42E-06 Calculé	1,42E-06 Calculé	5,61E-08 Calculé	4,77E-07 Calculé	19,1 Fiche toxico INERIS	1,25 Fiche toxico INERIS	84,93 Fiche toxico INERIS	
Dichloroéthène, 1,2cis-	800 Fiche toxico INERIS	0,162 Soil Vapor Extraction Technology	0,0736 Fiche toxico INERIS	0,0000113 Fiche toxico INERIS	1,02E-06 Calculé	1,02E-06 Calculé	1,02E-06 Calculé	4,05E-08 Calculé	3,44E-07 Calculé	1,02E-06 Calculé	1,02E-06 Calculé	1,02E-06 Calculé	4,05E-08 Calculé	3,44E-07 Calculé	35,5 Fiche toxico INERIS	1,06 Fiche toxico INERIS	96,94 Fiche toxico INERIS	
Tétrachloroéthène (PCE)	150 Fiche toxico INERIS	0,3641 Soil Vapor Extraction Technology	0,072 Fiche toxico INERIS	0,0000082 Fiche toxico INERIS	1,00E-06 Calculé	1,00E-06 Calculé	1,00E-06 Calculé	3,96E-08 Calculé	3,37E-07 Calculé	1,00E-06 Calculé	1,00E-06 Calculé	1,00E-06 Calculé	3,96E-08 Calculé	3,37E-07 Calculé	247 Fiche toxico INERIS	2,67 Fiche toxico INERIS	165,8 Fiche toxico INERIS	
Trichloroéthène	1070 Fiche toxico INERIS	0,2315 Soil Vapor Extraction Technology	0,079 Fiche toxico INERIS	0,0000091 Fiche toxico INERIS	1,10E-06 Calculé	1,10E-06 Calculé	1,10E-06 Calculé	4,35E-08 Calculé	3,70E-07 Calculé	1,10E-06 Calculé	1,10E-06 Calculé	1,10E-06 Calculé	4,35E-08 Calculé	3,70E-07 Calculé	111 Fiche toxico INERIS	2,38 Fiche toxico INERIS	131,39 Fiche toxico INERIS	



Annexe 10 : Paramètres d'entrée des modèles de transfert





Tableau 1 : Paramètres d'entrée | Inhalation de vapeurs Logements avec ou sans sous-sol

Paramètres d'exposition	Valeur	Unité	Source
Fréquence d'exposition RDC – Adulte résident	16,3	h/jour	INERIS, 2017 (Modul'ERS)
	365	j/an	
Fréquence d'exposition RDC – Enfant résident	16,3	h/jour	
	365	j/an	
Fréquence d'exposition SS – Adulte résident	0,5	h/jour	Hypothèse proposée par IDDEA
	365	j/an	
Fréquence d'exposition SS – Enfant résident	0,5	h/jour	Hypothèse proposée par IDDEA
	365	j/an	
Durée d'exposition / effets à seuil - Adulte	30	ans	Méthode de calcul des VCI, INERIS 2001 Usage sensible
Durée d'exposition / effets sans seuil - Adulte	70	ans	
Durée d'exposition / effets à seuil - Enfant	6	ans	
Durée d'exposition / effets sans seuil - Enfant	70	ans	
Paramètres liés aux aménagements			
Longueur pièce	8	m	Dimensions "classiques" d'une dalle sans reprise
Largeur pièce	8	m	
Hauteur RDC	3	m	Hauteur imposée par le PLU
Hauteur sous-sol	2,5	m	Hypothèse classique
Taux de renouvellement d'air RDC	0,5	volume/h	RBCA pour un scénario résidentiel
Taux de renouvellement d'air sous-sol	0,5	volume/h	RBCA pour un scénario résidentiel
Epaisseur dalle sol / RDC	0,1	m	Hypothèse classique
Epaisseur dalle sous-sol / RDC	0,1	m	Hypothèse classique
Paramètres liés au sol			
Type de sol selon J&E	Loamy sand		Selon les investigations menées par IDDEA (rapport IDA240090 en version A du 23/05/2024)
Teneur en air du sol	0,314	-	Correspond aux caractéristiques d'un sol de type sable limoneux selon Johnson & Ettinger
Teneur en eau du sol	0,076	-	
Perméabilité	1,55E-12	m²	
foc	0,002	-	Valeur par défaut J&E
Profondeurs des sources			
Profondeur de la source nappe (cas d'un bâtiment sur sous-sol)	2,66	m	Niveau d'eau mesuré le plus haut de 5,16 m en mars 2024 et en considérant un sous-sol de 2,5 m de hauteur
Profondeur de la source nappe (cas d'un bâtiment sans sous-sol)	5,16	m	Niveau d'eau mesuré le plus haut de 5,16 m en mars 2024
Profondeur de la source gaz du sol	0,1	m	Source affleurante sous le niveau de sous-sol ou sous le bâtiment sans sous-sol

SS : Sous-sol

RDC : Rez-de-chaussée



Tableau 2 : Paramètres d'entrée | Inhalation de vapeurs Résidence sénior avec ou sans sous-sol

Paramètres d'exposition	Valeur	Unité	Source
Fréquence d'exposition RDC – Adulte travailleur	8	h/jour	Méthode de calcul des VCI, INERIS 2001 Usage non sensible
	220	j/an	
Fréquence d'exposition RDC – Adulte résident	23	h/jour	Méthode de calcul des VCI, INERIS 2001 Usage sensible
	365	j/an	
Fréquence d'exposition RDC – Enfant visiteur	2	h/semaine	Hypothèse proposée par IDDEA
	52	semaine/an	
Fréquence d'exposition SS – Adulte travailleur	0,5	h/jour	Hypothèse proposée par IDDEA
	365	j/an	
Fréquence d'exposition SS – Enfant visiteur	0,5	h/semaine	Hypothèse proposée par IDDEA
	52	semaine/an	
Durée d'exposition / effets à seuil – Adulte travailleur	42	ans	Durée légale du travail
Durée d'exposition / effets à seuil – Adulte résident (résidence sénior)	30	ans	Hypothèse IDDEA
Durée d'exposition / effets sans seuil – Adulte travailleur	70	ans	Méthode de calcul des VCI, INERIS 2001 Usage sensible
Durée d'exposition / effets à seuil - Enfant	6	ans	
Durée d'exposition / effets sans seuil - Enfant	70	ans	
Paramètres liés aux aménagements			
Longueur pièce	8	m	Dimensions "classiques" d'une dalle sans reprise
Largeur pièce	8	m	
Hauteur RDC	3	m	Hauteur imposée par le PLU
Hauteur sous-sol	2,5	m	Hypothèse projet
Taux de renouvellement d'air RDC	0,5	volume/h	RBCA pour un scénario résidentiel assimilé aux commerces
Taux de renouvellement d'air sous-sol	0,5	volume/h	RBCA pour un scénario résidentiel assimilé aux parkings
Epaisseur dalle sol / RDC	0,1	m	Hypothèse projet
Epaisseur dalle sous-sol / RDC	0,1	m	Hypothèse projet
Paramètres liés au sol			
Type de sol selon J&E	Loamy sand		Selon les investigations menées par IDDEA (rapport IDA240090 en version A du 23/05/2024)
Teneur en air du sol	0,314	-	Correspond aux caractéristiques d'un sol de type sable limoneux selon Johnson & Ettinger
Teneur en eau du sol	0,076	-	
Perméabilité	1,55E-12	m²	Valeur par défaut J&E
foc	0,002	-	
Profondeurs des sources			
Profondeur de la source nappe (cas d'un bâtiment sur sous-sol)	2,66	m	Niveau d'eau mesuré le plus haut de 5,16 m en mars 2024 et en considérant un sous-sol de 2,5 m de hauteur
Profondeur de la source nappe (cas d'un bâtiment sans sous-sol)	5,16	m	Niveau d'eau mesuré le plus haut de 5,16 m en mars 2024
Profondeur de la source gaz du sol	0,1	m	Source affleurante sous le niveau de sous-sol ou sous le bâtiment sans sous-sol



Tableau 3 : Paramètres d'entrée | Inhalation de vapeurs sur voiries et/ou espaces verts

Paramètres d'exposition	Valeur	Unité	Source
Fréquence d'exposition Voirie/Espaces verts – Adulte au droit des logements	2 365	h/jour j/an	Hypothèse IDDEA
Fréquence d'exposition Voirie/Espaces verts – Enfant	2 365	h/jour j/an	
Fréquence d'exposition Voirie/Espaces verts – Adulte résident (résidence sénior)	1 365	h/jour j/an	Hypothèse conservatoire
Durée d'exposition / effets à seuil – Adulte résident	30	ans	Méthode de calcul des VCI, INERIS 2001 Usage sensible
Durée d'exposition / effets sans seuil - Adulte	70	ans	
Durée d'exposition / effets à seuil - Enfant	6	ans	
Durée d'exposition / effets sans seuil - Enfant	70	ans	
Paramètres liés aux aménagements			
Longueur de la zone polluée - Voirie	40	m	Plus grande longueur de zone polluée estimée
Longueur de la zone polluée – Espaces verts	40	m	Plus grande longueur de zone polluée estimée
Epaisseur enrobé	0,05	m	Hypothèse d'une voirie légère
Paramètres liés au sol			
Type de sol selon J&E - Voiries	Loamy sand		Selon les investigations menées par IDDEA (rapport IDA240090 en version A du 23/05/2024)
Teneur en air du sol - Voiries	0,314	-	Correspond aux caractéristiques d'un sol de type sable limoneux selon Johnson & Ettinger
Teneur en eau du sol - Voiries	0,076	-	
foc - Voiries	0,002	-	Valeur par défaut J&E
Type de sol selon J&E – Espaces verts recouverts	Limons		Lithologie retenue pour la terre végétale de recouvrement
Teneur en air du sol – Espaces verts recouverts	0,251	-	Correspond aux caractéristiques d'un sol de type limoneux selon Johnson & Ettinger
Teneur en eau du sol – Espaces verts recouverts	0,148	-	
foc – Espaces verts	0,002	-	Valeur par défaut J&E
Profondeurs des sources			
Profondeur de la source nappe	5,16	m	Niveau d'eau mesuré le plus haut en mars 2024
Profondeur de la source gaz du sol	0,1	m	Hypothèse conservatoire d'une source affleurante



Synergie
d'expertise

SIÈGE SOCIAL - 02 38 25 15 62 - contact@iddea-gengis.fr
289, bd Duhamel du Monceau - 45160 Olivet

iddea-gengis.fr

SAS au capital de 37 000 € - APE : 7112B
Siret : 500 212 659 00063 - TVA : FR71 500 212 659

**AGENCE
CENTRE-VAL DE LOIRE**

289, bd Duhamel du Monceau
45160 Olivet
02 38 25 15 62
orleans@iddea-gengis.fr

**AGENCE
ÎLE-DE-FRANCE**

18, rue de la Fromenterie
91120 Palaiseau
01 69 74 28 00
paris@iddea-gengis.fr

**AGENCE
NORMANDIE**

10, rue des Jardiniers
76000 Rouen
02 35 66 22 30
rouen@iddea-gengis.fr

**AGENCE
PAYS DE LA LOIRE**

31, rue Bobby Sands
44800 Saint-Hermain
02 40 49 39 37
nantes@iddea-gengis.fr

**AGENCE
AUVERGNE-RHÔNE-ALPES**

5, rue des Essarts
69500 Bron
04 81 68 25 06
lyon@iddea-gengis.fr



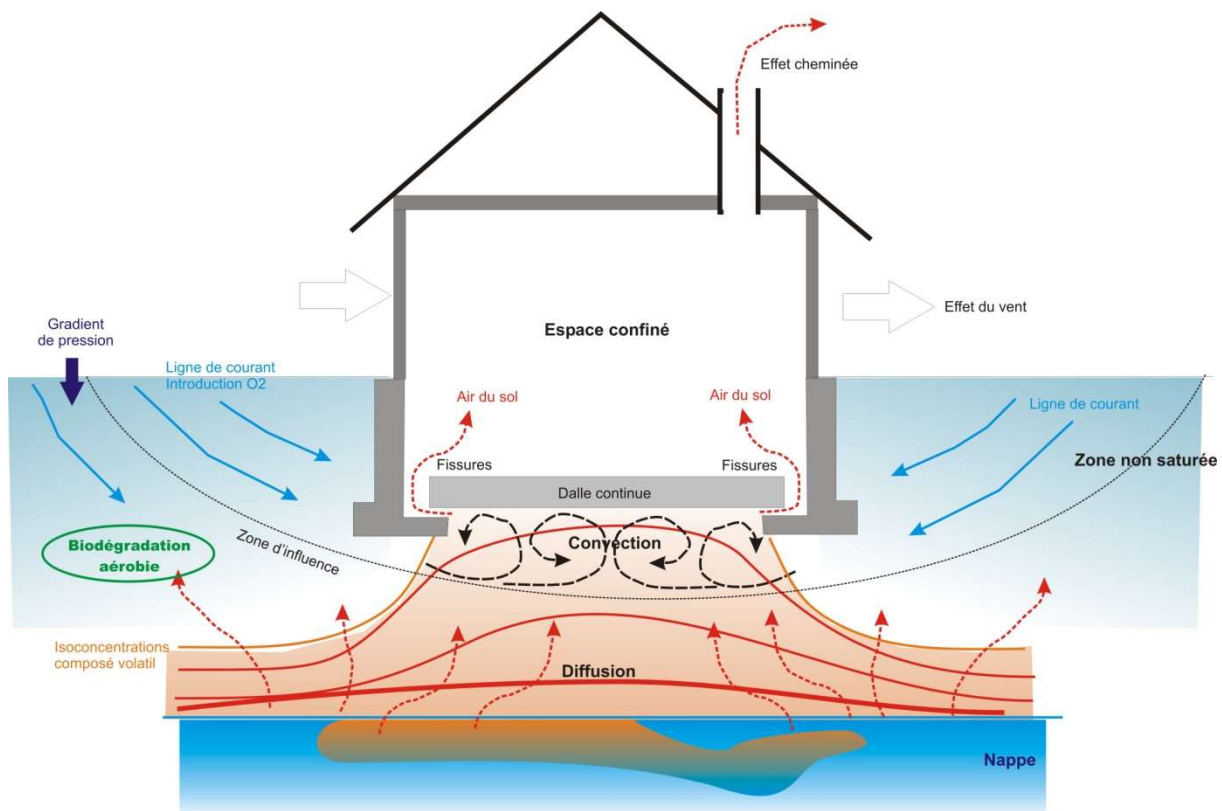
Annexe 11 : Modèles de transfert



MODELISATION DE LA REMONTEE DE VAPEURS DANS UN BATIMENT (logement ou résidence sénior) SANS SOUS-SOL

Modèle utilisé :

« User's guide for the **Johnson and Ettinger** (1991/2004) model for subsurface vapor intrusion into buildings », préparé par Environmental Quality Management, Inc., pour E.H. Pechan & Associates, Inc. (U.S. Environmental Protection Agency), septembre 1997. Essentiellement chapitre 2-5 : « The infinite source solution to convective and diffusive transport ».



Les différentes étapes modélisées sont les suivantes :

- ① A partir des concentrations en nappe, estimation des concentrations en substances volatiles dans l'air du sol,
- ② A partir des concentrations estimées dans l'air du sol, calcul des concentrations dans l'air ambiant, au rez-de-chaussée du bâtiment, en tenant simultanément compte des phénomènes de diffusion et de convection.

①

Concentrations mesurées en
nappe ou dans les sols



Concentrations dans l'air du sol

A partir des concentrations mesurées dans les sols

La concentration dans les gaz du sol se calcule de la façon suivante (tiré de la première partie de l'équation CM-3a) :

Le **minimum entre les deux termes suivants** doit être retenu :

C_{air du sol} - 1

$$\frac{H \times \rho \times 1000}{\theta_{\text{eau du sol}} + K_{oc} \times f_{oc} \times \rho + H \times \theta_{\text{air du sol}}} \times C_{\text{sol}}$$

C_{air du sol} - 2

$$H \times S \times 1000$$

(Correspond à la saturation de l'air du sol par la substance)

Avec :

C _{air du sol}	Concentration dans l'air du sol (en mg/m ³)
C _{sol}	Concentration mesurée dans les sols (mg/kg)
H	Constante de Henry adimensionnelle (-)
ρ	Densité du sol (en g/cm ³)
θ _{eau du sol}	Teneur en eau du sol (-)
θ _{air du sol}	Teneur en air du sol (-)
K _{oc}	Coefficient de partage carbone organique/eau du sol (en cm ³ /g)
f _{oc}	Fraction de carbone organique dans le sol (-)
S	Solubilité (mg/L)

A partir des concentrations mesurées en nappe

$$C_{\text{air du sol}} = H \times C_{\text{nappe}} \times 1000$$

(Equation 15 – Johnson & Ettinger)

Avec :

C _{nappe}	Concentration mesurée dans la nappe (mg/L)
--------------------	--

②

Concentrations dans l'air du sol



Concentration dans l'air ambiant
du rez-de-chaussée

Le calcul de la concentration dans l'air ambiant du rez-de-chaussée à partir de la concentration dans l'air du sol est le suivant :

$$C_{air\ ambiant} = C_{air\ du\ sol} \times \alpha$$

Avec :

$C_{air\ ambiant}$	Concentration dans l'air ambiant (en mg/m ³)
$C_{air\ du\ sol}$	Concentration dans l'air du sol (en mg/m ³)
α	Coefficient d'atténuation (sans unité)

En considérant une source infinie, les transports diffusif et convectif des vapeurs au travers des sols, le coefficient d'atténuation s'exprime de la façon suivante (*équation 13 de Johnson & Ettinger*) :

$$\alpha = \frac{\frac{D_{eff\ sol} \times A_b}{Q_{bat} \times Prof_{source}} \times \exp\left(\frac{Q_{sol} \times Ep_{dal\ sol\ rdc}}{D_{eff\ sol} \times A_{crack}}\right)}{\exp\left(\frac{Q_{sol} \times Ep_{dal\ sol\ rdc}}{D_{eff\ sol} \times A_{crack}}\right) + \frac{D_{eff\ sol} \times A_b}{Q_{bat} \times Prof_{source}} + \frac{D_{eff\ sol} \times A_b}{Q_{sol} \times Prof_{source}} + \left(\exp\left(\frac{Q_{sol} \times Ep_{dal\ sol\ rdc}}{D_{eff\ sol} \times A_{crack}}\right) - 1\right)}$$

Avec (le calcul de certains des paramètres suivants est présenté ci-après) :

D_{eff_sol}	Coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m ² /s)
A_b	Surface de l'espace fermé (m ²)
Q_{bat}	Taux de ventilation du bâtiment (m ³ /s)
$Prof_{source}$	Profondeur qui sépare le bâtiment de la source (m)
Q_{sol}	Flux de gaz du sol pénétrant dans le bâtiment (m ³ /s)
$Ep_dal_sol_rdc$	Epaisseur des fondations (m)
A_{crack}	Surface totales des fissures (m ²)
$Deff_F$	Coefficient de diffusion effectif à travers les fissures (m ² /s), supposé être équivalent au coefficient effectif de la couche du sol en contact avec le bâtiment

Calcul des paramètres de calcul intermédiaires

↪ Calcul du **taux de ventilation du bâtiment** (Q_{bat}) selon l'équation 14 de Johnson & Ettinger :

$$Q_{bat} = Long \times Lar \times H_{rdc} \times Ren_{rdc}$$

Avec :

Long	Longueur de la pièce (m)
Lar	Largueur de la pièce (m)
H_rdc	Hauteur de la pièce (m)
Ren_rdc	Taux de renouvellement d'air du rez-de-chaussée (s ⁻¹)

↪ Calcul du **flux de gaz du sol pénétrant dans le bâtiment** (Q_{sol}) selon l'équation 15 de Johnson & Ettinger :

$$Q_{sol} = \frac{2 \times \pi \times Diff P sol rdc \times Kv \times 2(Long + Lar)}{\mu \times \ln\left(\frac{2 \times Pr fiss rdc}{r_{crack}}\right)}$$

Avec :

Diff P sol rdc	Gradient de pression entre la surface du sol et l'espace clos (g/cm-s ²)
Kv	Perméabilité du sol au flux de vapeur, spécifique du sol (m ²)
μ	Viscosité de l'air (g/cm-s)
Pr fiss rdc	Profondeur des fissures sous le rez-de-chaussée (m)
r _{crack}	Rayon équivalent des fissures (m)

↪ Calcul de la **surface totale des fissures** (A_{crack}) selon l'équation 16 de Johnson & Ettinger :

$$A_{crack} = r_{crack} \times 2(Long + Lar)$$

↪ La **fraction de surface occupée par les fissures** (η) se calcule donc ainsi (η est sans dimension) :

$$\eta = \frac{A_{crack}}{Long \times Lar}$$

↪ Calcul du **coefficient de diffusion effectif équivalent à travers les fissures, équivalent au coefficient de diffusion effectif équivalent du sol** ($Deff_F$ ou $Deff_sol$) selon la 1^{ère} équation A13 du Tier 2 de RBCA ou l'équation 11 de Johnson & Ettinger :

$$Deff_sol = D_{air} \cdot \frac{\theta_{as,int}^{3.33}}{(\theta_{as,int} + \theta_{es,int})^2} + \frac{D_{eau}}{H} \cdot \frac{\theta_{es,int}^{3.33}}{(\theta_{as,int} + \theta_{es,int})^2}$$

	Avec : Deff_sol Coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m²/s) D_{air} Diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m²/s) D_{eau} Diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m²/s) θ_{as,int} Teneur en air volumique de la couche de sol (sans dimension) θ_{es,int} Teneur en eau volumique de la couche de sol (sans dimension) H Constante de Henry, pour la substance considérée (sans dimension)
--	--

Les valeurs numériques utilisées sont les suivantes :

<i>Paramètres calculés ou par défaut</i>	Acronyme	Valeur	Unité	Source
Densité	Dens	1.7	g/cm ³	BP RISC
Rayon équivalent des fissures_plain pied	r_crack	0.001	m	Paramètre par défaut de Johnson & Ettinger
Différence de pression sol/RDC	Diff_P_sol_rdc	40	g/cm-s ²	Paramètre par défaut de Johnson & Ettinger
Densité des fissures	Dens_fiss	0.2	/m ²	Paramètre par défaut de Johnson & Ettinger
Fraction d'ouverture dans la dalle	fof	1.00E-05	-	Paramètre par défaut de Johnson & Ettinger
Fraction de surface occupée par des fissures	nu	5.0E-04		Paramètre par défaut de Johnson & Ettinger
Tortuosité	Tau	1	-	Paramètre par défaut de Johnson & Ettinger
Viscosité de l'air	μ	1.75E-04	g/cm-s	Paramètre par défaut de Johnson & Ettinger

MODELISATION DE LA REMONTEE DE VAPEURS DANS UN BATIMENT (logement ou résidence sénior) AVEC SOUS-SOL

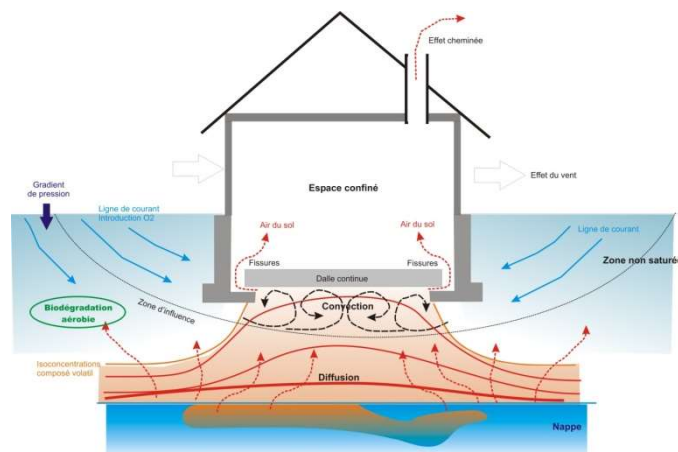
Modèles utilisés :

- « User's guide for the **Johnson and Ettinger** (1991/2004) model for subsurface vapor intrusion into buildings », préparé par Environmental Quality Management, Inc., pour E.H. Pechan & Associates, Inc. (U.S. Environmental Protection Agency), septembre 1997. Essentiellement chapitre 2-5 : « The infinite source solution to convective and diffusive transport »

↳ Pour le transfert des vapeurs issues des sols et nappe vers le sous-sol.

- « The **VOLASOIL** risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds (M.F.W. Waitz, J.I. Freijer, P. Kreule, F.A. Swartjes) », élaboré par le RIVM (National Institute for Health and the Environment), 1996, report n°715810014

↳ Pour le transfert des vapeurs issues du sous-sol vers le rez-de-chaussée



Le gradient de pression existant entre la surface du sol et l'espace clos entre ces deux transferts a été réparti pour moitié du gradient entre chaque transfert.

Les différentes étapes modélisées sont les suivantes :

- ① A partir des concentrations en nappe, estimation des concentrations en substances volatiles dans l'air du sol,
- ② A partir des concentrations estimées dans l'air du sol, calcul des concentrations dans le sous-sol du bâtiment, en tenant simultanément compte des phénomènes de diffusion et de convection
- ③ A partir des concentrations estimées dans le sous-sol du bâtiment, calcul des concentrations au rez-de-chaussée.

①

Concentrations mesurées en
nappe ou dans les sols



Concentrations dans l'air du sol

A partir des concentrations mesurées dans les sols

La concentration dans les gaz du sol se calcule de la façon suivante (tiré de la première partie de l'équation CM-3a) :

Le **minimum entre les deux termes suivants** doit être retenu :

C_{air du sol} - 1

$$\frac{H \times \rho \times 1000}{\theta_{\text{eau du sol}} + K_{oc} \times f_{oc} \times \rho + H \times \theta_{\text{air du sol}}} \times C_{\text{sol}}$$

C_{air du sol} - 2

$$H \times S \times 1000$$

(Correspond à la saturation de l'air du sol par la substance)

Avec :

C _{air du sol}	Concentration dans l'air du sol (en mg/m ³)
C _{sol}	Concentration mesurée dans les sols (mg/kg)
H	Constante de Henry adimensionnelle (-)
ρ	Densité du sol (en g/cm ³)
θ _{eau du sol}	Teneur en eau du sol (-)
θ _{air du sol}	Teneur en air du sol (-)
K _{oc}	Coefficient de partage carbone organique/eau du sol (en cm ³ /g)
f _{oc}	Fraction de carbone organique dans le sol (-)
S	Solubilité (mg/L)

A partir des concentrations mesurées en nappe

$$C_{\text{air du sol}} = H \times C_{\text{nappe}} \times 1000$$

(Equation 15 – Johnson & Ettinger)

Avec :

C _{nappe}	Concentration mesurée dans la nappe (mg/L)
--------------------	--

②

Concentrations dans l'air du sol



Concentration dans le sous-sol

Le calcul de la concentration dans l'air ambiant du sous-sol à partir de la concentration dans l'air du sol est le suivant :

$$C_{air\ ambiant} = C_{air\ du\ sol} \times \alpha$$

Avec :

$C_{air\ ambiant}$ Concentration dans l'air ambiant du sous-sol (en mg/m³)
 $C_{air\ du\ sol}$ Concentration dans l'air du sol (en mg/m³)
 α Coefficient d'atténuation (sans unité)

En considérant une source infinie, les transports diffusif et convectif des vapeurs au travers des sols, le coefficient d'atténuation s'exprime de la façon suivante (*équation 13 de Johnson & Ettinger*) :

$$\alpha = \frac{\frac{D_{eff\ sol} \times A_b}{Q_{bat} \times Prof_{source}} \times \exp\left(\frac{Q_{sol} \times Ep_{dal\ sol\ rdc}}{D_{eff\ sol} \times A_{crack}}\right)}{\exp\left(\frac{Q_{sol} \times Ep_{dal\ sol\ rdc}}{D_{eff\ sol} \times A_{crack}}\right) + \frac{D_{eff\ sol} \times A_b}{Q_{bat} \times Prof_{source}} + \frac{D_{eff\ sol} \times A_b}{Q_{sol} \times Prof_{source}} + \left(\exp\left(\frac{Q_{sol} \times Ep_{dal\ sol\ rdc}}{D_{eff\ sol} \times A_{crack}}\right) - 1\right)}$$

Avec (le calcul de certains des paramètres suivants est présenté ci-après) :

D_{eff_sol} Coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m²/s)
 A_b Surface de l'espace fermé (m²)
 Q_{bat} Taux de ventilation du bâtiment au sous-sol (m³/s)
 $Prof_{source}$ Profondeur qui sépare le bâtiment de la source (m)
 Q_{sol} Flux de gaz du sol pénétrant dans le bâtiment au sous-sol (m³/s)
 $Ep_dal_sol_rdc$ Epaisseur des fondations (m)
 A_{crack} Surface totales des fissures (m²)
 $Deff_F$ Coefficient de diffusion effectif à travers les fissures (m²/s), supposé être équivalent au coefficient effectif de la couche du sol en contact avec le bâtiment

**Calcul des
paramètres de
calcul
intermédiaires
de l'étape ②**

↪ Calcul du **taux de ventilation du bâtiment** (Q_{bat}) selon l'équation 14 de Johnson & Ettinger :

$$Q_{bat} = Long \times Lar \times H_{rdc} \times Ren_{rdc}$$

Avec :

Long	Longueur de la pièce (m)
Lar	Largueur de la pièce (m)
H_rdc	Hauteur de la pièce (m)
Ren_rdc	Taux de renouvellement d'air du rez-de-chaussée (s ⁻¹)

↪ Calcul du **flux de gaz du sol pénétrant dans le bâtiment** (Q_{sol}) selon l'équation 15 de Johnson & Ettinger :

$$Q_{sol} = \frac{2 \times \pi \times Diff P \text{ sol rdc} \times Kv \times 2(Long + Lar)}{\mu \times \ln\left(\frac{2 \times Pr \text{ fiss rdc}}{r_{crack}}\right)}$$

Avec :

Diff P sol rdc	Gradient de pression entre la surface du sol et l'espace clos (g/cm-s ²)
Kv	Perméabilité du sol au flux de vapeur, spécifique du sol (m ²)
μ	Viscosité de l'air (g/cm-s)
Pr fiss rdc	Profondeur des fissures sous le rez-de-chaussée (m)
r _{crack}	Rayon équivalent des fissures (m)

↪ Calcul de la **surface totale des fissures** (A_{crack}) selon l'équation 16 de Johnson & Ettinger :

$$A_{crack} = r_{crack} \times 2(Long + Lar)$$

↪ La **fraction de surface occupée par les fissures** (η) se calcule donc ainsi (η est sans dimension) :

$$\eta = \frac{A_{crack}}{Long \times Lar}$$

**Calcul des
paramètres de
calcul
intermédiaires
de l'étape ②**

↳ Calcul du **coefficient de diffusion effectif équivalent à travers les fissures, équivalent au coefficient de diffusion effectif équivalent du sol** (Deff_F ou Deff_sol) selon la 1^{ère} équation A13 du Tier 2 de RBCA ou l'équation 11 de Johnson & Ettinger :

$$Deff_sol = D_{air} \cdot \frac{\theta_{as,int}^{3.33}}{(\theta_{as,int} + \theta_{es,int})^2} + \frac{D_{eau}}{H} \cdot \frac{\theta_{es,int}^{3.33}}{(\theta_{as,int} + \theta_{es,int})^2}$$

Avec :

Deff_sol	Coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m ² /s)
D _{air}	Diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m ² /s)
D _{eau}	Diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m ² /s)
θ _{as,int}	Teneur en air volumique de la couche de sol (sans dimension)
θ _{es,int}	Teneur en eau volumique de la couche de sol (sans dimension)
H	Constante de Henry, pour la substance considérée (sans dimension)

③

Concentrations au sous-sol



Concentrations au rez-de-chaussée

Le calcul de la concentration dans l'air ambiant du rez-de-chaussée à partir de la concentration dans l'air du sous-sol est le suivant :

$$C_{air\ ambiant\ rdc} = C_{air\ du\ sous-sol} \times FA$$

Avec :

$C_{air\ ambiant\ rdc}$ Concentration dans l'air ambiant au rez-de-chaussée (en mg/m³)
 $C_{air\ du\ sous-sol}$ Concentration dans l'air ambiant du sous-sol (en mg/m³)
 FA Facteur d'atténuation (sans unité)

En considérant que la concentration dans l'air ambiant du sous-sol est homogène, le facteur d'atténuation s'exprime de la façon suivante (équations 73 et 78 du guide VOLASOIL) :

$$\alpha = \frac{\exp\left(\frac{Q_{ss-sol} \times Ep_{dal\ ss\ rdc}}{D_{eff\ bêt} \times A_{crack\ 2}}\right)}{1 + \frac{Q_{bat\ ss}}{Q_{ss\ sol}} \times \left[\exp\left(\frac{Q_{ss-sol} \times Ep_{dal\ ss\ rdc}}{D_{eff\ bêt} \times A_{crack\ 2}}\right) - 1\right]}$$

Avec (le calcul de certains des paramètres suivants est présenté ci-après) :

$D_{eff\ bêt}$ Coefficient de diffusion effectif à travers les fissures (m²/s)
 $Q_{bat\ ss}$ Débit de ventilation du bâtiment (m³/s)
 Q_{ss-sol} Débit volumétrique de gaz du sous-sol (m³/s)
 $Ep_{dal\ ss\ rdc}$ Epaisseur de la dalle entre le sous-sol et le rez-de-chaussée (m)
 $A_{crack\ 2}$ Surface totales des fissures (m²)

**Calcul des
paramètres de
calcul
intermédiaires
de l'étape ③**

↪ Calcul des débits de ventilation du rez-de-chaussée ($Q_{bat\ ss}$) et du sous-sol (Q_{ss}) selon l'équation 14 de Johnson & Ettinger :

$$Q_{bat\ ss} = Long \times Lar \times H_{rdc_ss} \times Ren_{rdc_ss}$$

$$Q_{ss} = Long \times Lar \times H_{ss} \times Ren_{ss}$$

Avec :

Long	Longueur de la pièce (m)
Lar	Largueur de la pièce (m)
H_rdc_ss	Hauteur de la pièce au rez-de-chaussée (m)
H_ss	Hauteur du sous-sol (m)

Ren_rdc_ss (vol/s ⁻¹)	Taux de renouvellement d'air du rez-de-chaussée
Ren_ss	Taux de renouvellement d'air du sous-sol (vol/s ⁻¹)

↪ Calcul du **flux de gaz du sol pénétrant au rez-de-chaussée** (Q_{ss-sol}) selon l'équation 17 de VOLASOIL :

$$Q_{ss-sol} = \frac{Long \times Lar \times Dens_fiss_ss \times \pi \times req_ss^4 \times Diff_P_ss_rdc}{8 \times \mu \times Tau_ss \times Ep_dal_ss_rdc}$$

Avec :

Diff_P_ss_rdc	Gradient de pression entre le sous-sol et le rez-de-chaussée (g/cm-s ²)
Dens_fiss_ss	Densité de fissures (m ⁻²)
μ	Viscosité de l'air (g/cm-s)
Tau_ss	Tortuosité (-)
req_ss	Rayon équivalent des fissures (m)

Et req_ss se calcule selon l'équation 69 du guide VOLASOIL :

$$req_ss = \sqrt{\frac{fof_ss}{Dens_fiss_ss \times \pi}}$$

Avec :

fof_ss	Fraction de surface occupée par les fissures entre le sous-sol et le rez-de-chaussée (-)
--------	--

↪ Calcul de la **surface totale des fissures** ($A_{crack\ 2}$) selon l'équation 68 de VOLASOIL :

$$A_{crack\ 2} = Long \times Lar$$

Calcul des paramètres de calcul intermédiaires de l'étape ③	↪ Calcul du coefficient de diffusion effectif équivalent à travers les fissures du béton (Deff_bét) selon la 4^{ème} équation A13 du Tier 2 de RBCA ou l'équation 6 de Johnson & Ettinger : $Deff_bét = D_{air} \cdot \frac{\theta_{abét}^{3.33}}{(\theta_{abét} + \theta_{ebét})^2} + \frac{D_{eau}}{H} \cdot \frac{\theta_{ebét}^{3.33}}{(\theta_{abét} + \theta_{ebét})^2}$ Avec : <table> <tr> <td>Deff_bét</td><td>Coefficient de diffusion effectif équivalent des fissures (m²/s)</td></tr> <tr> <td>D_{air}</td><td>Diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m²/s)</td></tr> <tr> <td>D_{eau}</td><td>Diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m²/s)</td></tr> <tr> <td>θ_{abét}</td><td>Teneur en air des fissures (sans dimension)</td></tr> <tr> <td>θ_{ebét}</td><td>Teneur en eau des fissures (sans dimension)</td></tr> <tr> <td>H</td><td>Constante de Henry, pour la substance considérée (sans dimension)</td></tr> </table>	Deff_bét	Coefficient de diffusion effectif équivalent des fissures (m²/s)	D _{air}	Diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m²/s)	D _{eau}	Diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m²/s)	θ _{abét}	Teneur en air des fissures (sans dimension)	θ _{ebét}	Teneur en eau des fissures (sans dimension)	H	Constante de Henry, pour la substance considérée (sans dimension)
Deff_bét	Coefficient de diffusion effectif équivalent des fissures (m²/s)												
D _{air}	Diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m²/s)												
D _{eau}	Diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m²/s)												
θ _{abét}	Teneur en air des fissures (sans dimension)												
θ _{ebét}	Teneur en eau des fissures (sans dimension)												
H	Constante de Henry, pour la substance considérée (sans dimension)												

Les valeurs numériques utilisées sont les suivantes :

<i>Paramètres calculés ou par défaut</i>	Acronyme	Valeur	Unité	Source
Densité	Dens_ss	1.7	g/cm3	BP RISC
Différence de pression sol/sous-sol	Diff_P_sol_ss	20	g/cm-s²	Johnson & Ettinger
Différence de pression sous-sol/RDC	Diff_P_ss_rdc	20	g/cm-s²	Johnson & Ettinger
Teneur en air du béton	Oabét	0.02	-	Valeur bibliographique
Teneur en eau du béton	Oebét	0	-	Valeur bibliographique
Rayon équivalent des fissures_plain pied	r_crack_ss	0.001	m	Paramètre par défaut de Johnson & Ettinger
Fraction d'ouverture dans la dalle	fof_ss	1.00E-05	-	Paramètre par défaut de Johnson & Ettinger
Fraction de surface occupée par des fissures	nu_ss	5.0E-04		Paramètre par défaut de Johnson & Ettinger
Tortuosité	Tau_ss	1	-	Paramètre par défaut de Johnson & Ettinger
Densité des fissures	Dens_fiss_ss	0.2	/m²	Paramètre par défaut de Johnson & Ettinger
Rayon équivalent des fissures (tubes tortueux)_VOLASOIL	req_ss	0.004	m	Paramètre par défaut de VOLASOIL
Viscosité de l'air	μ	1.75E-04	g/cm-s	Paramètre par défaut de Johnson & Ettinger

MODELISATION DE LA REMONTEE DE VAPEURS A L'EXTERIEUR, SUR UN SOL RECOUVERT PAR DES VOIRIES

Modèle utilisé : « Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites ». Les équations correspondent principalement à l'équation CM-3a du modèle RBCA, décomposée en 2 parties pour une meilleure compréhension.

Les différentes étapes modélisées sont les suivantes :

- ① A partir des concentrations en nappe, estimation des concentrations en substances volatiles dans l'air du sol,
- ② A partir des concentrations estimées dans l'air du sol, calcul des concentrations dans l'air ambiant.

①

Concentrations mesurées en
nappe ou dans les sols



Concentrations dans l'air du sol

A partir des concentrations mesurées dans les sols

La concentration dans les gaz du sol se calcule de la façon suivante (tiré de la première partie de l'équation CM-3a) :

Le **minimum entre les deux termes suivants** doit être retenu :

C_{air du sol} - 1

$$\frac{H \times \rho \times 1000}{\theta_{\text{eau du sol}} + K_{oc} \times f_{oc} \times \rho + H \times \theta_{\text{air du sol}}} \times C_{\text{sol}}$$

C_{air du sol} - 2

$$H \times S \times 1000$$

(Correspond à la saturation de l'air du sol par la substance)

Avec :

C _{air du sol}	Concentration dans l'air du sol (en mg/m ³)
C _{sol}	Concentration mesurée dans les sols (mg/kg)
H	Constante de Henry adimensionnelle (-)
ρ	Densité du sol (en g/cm ³)
θ _{eau du sol}	Teneur en eau du sol (-)
θ _{air du sol}	Teneur en air du sol (-)
K _{oc}	Coefficient de partage carbone organique/eau du sol (en cm ³ /g)
f _{oc}	Fraction de carbone organique dans le sol (-)
S	Solubilité (mg/L)

A partir des concentrations mesurées en nappe

$$C_{\text{air du sol}} = H \times C_{\text{nappe}} \times 1000$$

(Equation 15 – Johnson & Ettinger)

Avec :

C _{nappe}	Concentration mesurée dans la nappe (mg/L)
--------------------	--

②

Concentrations dans l'air du sol



Concentration dans l'air ambiant

Le calcul de la concentration dans l'air ambiant à partir de la concentration dans l'air du sol est le suivant (principe de l'équation CM-3a de RBCA) :

$$C_{air\ ambiant} = C_{air\ du\ sol} \times FA$$

Avec :

$C_{air\ ambiant}$	Concentration dans l'air ambiant (en mg/m ³)
$C_{air\ du\ sol}$	Concentration dans l'air du sol (en mg/m ³)
FA	Facteur d'atténuation (sans unité)

Le facteur d'atténuation est calculé ainsi (2^{ème} partie de l'équation CM-3a) :

$$FA = \frac{1}{1 + \frac{v \times h_{mel} \times Prof_{source}}{D_{eff\ sol\ enr} \times L_{zp\ voiries}}}$$

Avec (le calcul de certains des paramètres suivants est présenté ci-après) :

v	Vitesse du vent (m/s)
h_{mel}	Hauteur de la zone de mélange dans l'air ambiant (m). Cette valeur diffère pour l'adulte et pour l'enfant, c'est la hauteur de la « boîte de mélange » des gaz dans l'air ambiant.
$Prof_{source}$	Profondeur de la source soit l'épaisseur d'enrobé + l'épaisseur de sol (m)
$L_{zp\ sol\ voiries}$	Longueur de la zone d'émission (m), c'est-à-dire la longueur de la zone polluée
$D_{eff\ total}$	Coefficient de diffusion effectif équivalent pour toute la hauteur sol-enrobé (m ² /s)

Calcul des paramètres de calcul intermédiaires

↪ Calcul du coefficient de diffusion effectif équivalent pour toute la hauteur sol-enrobé ($D_{eff\ sol\ enr}$) selon la 2^{ème} équation A13 du Tier 2 de RBCA :

$$D_{eff\ total} = \frac{Prof_{source} + Ep_{enr}}{\frac{Prof_{source}}{D_{eff\ sol\ enr}} + \frac{Ep_{enr}}{D_{eff\ enr}}}$$

Avec :

Ep_{enr}	Epaisseur d'enrobé (m)
$D_{eff\ enr}$	Coefficient de diffusion effectif équivalent de l'enrobé (m ² /s)
$D_{eff\ sol\ enr}$	Coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m ² /s)

↪ Calcul du coefficient de diffusion effectif équivalent à travers le sol ($D_{eff\ sol\ enr}$) selon la 1^{ère} équation A13 du Tier 2 de RBCA :

$$D_{eff\ sol\ enr} = D_{air} \cdot \frac{\theta_{as,int}^{3.33}}{(\theta_{as,int} + \theta_{es,int})^2} + \frac{D_{eau}}{H} \cdot \frac{\theta_{es,int}^{3.33}}{(\theta_{as,int} + \theta_{es,int})^2}$$

Calcul des paramètres de calcul intermédiaires	Avec :	
	Deff_sol_enr	Coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m²/s)
	D _{air}	Diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m²/s)
	D _{eau}	Diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m²/s)
	θ _{as,int}	Teneur en air volumique de la couche de sol (sans dimension)
	θ _{es,int}	Teneur en eau volumique de la couche de sol (sans dimension)
	H	Constante de Henry, pour la substance considérée (sans dimension)

Les valeurs numériques utilisées sont les suivantes :

<i>Paramètres calculés ou par défaut</i>	Acronyme	Valeur	Unité	Source
Densité	Dens_ext_enr	1.7	g/cm3	BP RISC
Hauteur de la zone de mélange - Adulte	h_mel_ad	1.5	m	HESP
Hauteur de la zone de mélange - Enfant	h_mel_enf	1.0	m	HESP
Vitesse moyenne du vent	v	3	m/s	Valeur sécuritaire
Teneur en air de l'enrobé	Oae	0.1	-	Valeur bibliographique
Teneur en eau de l'enrobé	Oee	0	-	Valeur bibliographique

MODELISATION DE LA REMONTEE DE VAPEURS AU DROIT DES ESPACES VERTS

Modèle utilisé : « Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites ». Les équations correspondent principalement à l'équation CM-3a du modèle RBCA, décomposée en 2 parties pour une meilleure compréhension.

Les différentes étapes modélisées sont les suivantes :

- ① A partir des concentrations en nappe, estimation des concentrations en substances volatiles dans l'air du sol,
- ② A partir des concentrations estimées dans l'air du sol, calcul des concentrations dans l'air ambiant.

①

Concentrations mesurées en
nappe ou dans les sols



Concentrations dans l'air du sol

A partir des concentrations mesurées dans les sols

La concentration dans les gaz du sol se calcule de la façon suivante (tiré de la première partie de l'équation CM-3a) :

Le **minimum entre les deux termes suivants** doit être retenu :

C_{air du sol} - 1

$$\frac{H \times \rho \times 1000}{\theta_{\text{eau du sol}} + K_{oc} \times f_{oc} \times \rho + H \times \theta_{\text{air du sol}}} \times C_{\text{sol}}$$

C_{air du sol} - 2

$$H \times S \times 1000$$

(Correspond à la saturation de l'air du sol par la substance)

Avec :

C _{air du sol}	Concentration dans l'air du sol (en mg/m ³)
C _{sol}	Concentration mesurée dans les sols (mg/kg)
H	Constante de Henry adimensionnelle (-)
ρ	Densité du sol (en g/cm ³)
θ _{eau du sol}	Teneur en eau du sol (-)
θ _{air du sol}	Teneur en air du sol (-)
K _{oc}	Coefficient de partage carbone organique/eau du sol (en cm ³ /g)
f _{oc}	Fraction de carbone organique dans le sol (-)
S	Solubilité (mg/L)

A partir des concentrations mesurées en nappe

$$C_{\text{air du sol}} = H \times C_{\text{nappe}} \times 1000$$

(Equation 15 – Johnson & Ettinger)

Avec :

C _{nappe}	Concentration mesurée dans la nappe (mg/L)
--------------------	--

② Concentrations dans l'air du sol ↓ Concentration dans l'air ambiant	Le calcul de la concentration dans l'air ambiant à partir de la concentration dans l'air du sol est le suivant (principe de l'équation CM-3a de RBCA) : $C_{air\ ambiant} = C_{air\ du\ sol} \times FA$ Avec : <table> <tr> <td>$C_{air\ ambiant}$</td><td>Concentration dans l'air ambiant (en mg/m³)</td></tr> <tr> <td>$C_{air\ du\ sol}$</td><td>Concentration dans l'air du sol (en mg/m³)</td></tr> <tr> <td>FA</td><td>Facteur d'atténuation (sans unité)</td></tr> </table> Le facteur d'atténuation est calculé ainsi (2^{ème} partie de l'équation CM-3a) : $FA = \frac{1}{1 + \frac{v \times h_{mel} \times Prof_{source}}{D_{eff\ sol} \times L_{zp\ sol\ nu}}}$ Avec (le calcul de certains des paramètres suivants est présenté ci-après) : <table> <tr> <td>v</td><td>Vitesse du vent (m/s)</td></tr> <tr> <td>h_{mel}</td><td>Hauteur de la zone de mélange dans l'air ambiant (m). Cette valeur diffère pour l'adulte et pour l'enfant, c'est la hauteur de la « boîte de mélange » des gaz dans l'air ambiant.</td></tr> <tr> <td>$Prof_{source}$</td><td>Profondeur qui sépare le bâtiment de la source (m)</td></tr> <tr> <td>$L_{zp\ sol\ nu}$</td><td>Longueur de la zone d'émission (m), c'est-à-dire la longueur de la zone polluée</td></tr> <tr> <td>$D_{eff\ sol}$</td><td>Coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m²/s)</td></tr> </table>	$C_{air\ ambiant}$	Concentration dans l'air ambiant (en mg/m ³)	$C_{air\ du\ sol}$	Concentration dans l'air du sol (en mg/m ³)	FA	Facteur d'atténuation (sans unité)	v	Vitesse du vent (m/s)	h_{mel}	Hauteur de la zone de mélange dans l'air ambiant (m). Cette valeur diffère pour l'adulte et pour l'enfant, c'est la hauteur de la « boîte de mélange » des gaz dans l'air ambiant.	$Prof_{source}$	Profondeur qui sépare le bâtiment de la source (m)	$L_{zp\ sol\ nu}$	Longueur de la zone d'émission (m), c'est-à-dire la longueur de la zone polluée	$D_{eff\ sol}$	Coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m ² /s)
$C_{air\ ambiant}$	Concentration dans l'air ambiant (en mg/m ³)																
$C_{air\ du\ sol}$	Concentration dans l'air du sol (en mg/m ³)																
FA	Facteur d'atténuation (sans unité)																
v	Vitesse du vent (m/s)																
h_{mel}	Hauteur de la zone de mélange dans l'air ambiant (m). Cette valeur diffère pour l'adulte et pour l'enfant, c'est la hauteur de la « boîte de mélange » des gaz dans l'air ambiant.																
$Prof_{source}$	Profondeur qui sépare le bâtiment de la source (m)																
$L_{zp\ sol\ nu}$	Longueur de la zone d'émission (m), c'est-à-dire la longueur de la zone polluée																
$D_{eff\ sol}$	Coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m ² /s)																
Calcul des paramètres de calcul intermédiaires	↪ Calcul du <u>coefficient de diffusion effectif équivalent à travers le sol</u> (D_{eff_sol}) selon la 1^{ère} équation A13 du Tier 2 de RBCA : $D_{eff_sol} = D_{air} \cdot \frac{\theta_{as,int}^{3.33}}{(\theta_{as,int} + \theta_{es,int})^2} + \frac{D_{eau}}{H} \cdot \frac{\theta_{es,int}^{3.33}}{(\theta_{as,int} + \theta_{es,int})^2}$ Avec : <table> <tr> <td>D_{eff_sol}</td><td>Coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m²/s)</td></tr> <tr> <td>D_{air}</td><td>Diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m²/s)</td></tr> <tr> <td>D_{eau}</td><td>Diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m²/s)</td></tr> <tr> <td>$\theta_{as,int}$</td><td>Teneur en air volumique de la couche de sol (sans dimension)</td></tr> <tr> <td>$\theta_{es,int}$</td><td>Teneur en eau volumique de la couche de sol (sans dimension)</td></tr> <tr> <td>H</td><td>Constante de Henry, pour la substance considérée (sans dimension)</td></tr> </table>	D_{eff_sol}	Coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m ² /s)	D_{air}	Diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m ² /s)	D_{eau}	Diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m ² /s)	$\theta_{as,int}$	Teneur en air volumique de la couche de sol (sans dimension)	$\theta_{es,int}$	Teneur en eau volumique de la couche de sol (sans dimension)	H	Constante de Henry, pour la substance considérée (sans dimension)				
D_{eff_sol}	Coefficient de diffusion effectif équivalent du sol (m ² /s)																
D_{air}	Diffusivité dans l'air, pour la substance considérée (m ² /s)																
D_{eau}	Diffusivité dans l'eau, pour la substance considérée (m ² /s)																
$\theta_{as,int}$	Teneur en air volumique de la couche de sol (sans dimension)																
$\theta_{es,int}$	Teneur en eau volumique de la couche de sol (sans dimension)																
H	Constante de Henry, pour la substance considérée (sans dimension)																

Les valeurs numériques utilisées sont les suivantes :

<i>Paramètres calculés ou par défaut</i>	Acronyme	Valeur	Unité	Source
Densité	Dens_sol_nu	1.7	g/cm3	BP RISC
Hauteur de la zone de mélange - Adulte	h_mel_ad	1.5	m	HESP
Hauteur de la zone de mélange - Enfant	h_mel_enf	1	m	HESP
Vitesse moyenne du vent	v	3	m/s	Valeur sécuritaire



Annexe 12 : Mode de calcul des concentrations inhalées





Pour les scénarios d'inhalation de vapeur, le calcul est le suivant :

$$CI = C_i \times FE \times T/T_m$$

Avec :

CI	Concentration moyenne inhalée (mg/m ³)
Ci	Concentration de substance dans l'air inhalé pendant la durée d'exposition c'est-à-dire la concentration obtenue par modélisation (mg/m ³)
FE	Fréquence d'exposition, soit le nombre annuel de jours d'exposition (jours/an)
T	Durée d'exposition (années)
Tm	Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (jours)



Annexe 13 : Calculs de risque détaillés par scénario



INHALATION DE VAPEURS DE SUBSTANCES VOLATILES DANS UN BATIMENT SANS SOUS-SOL

Substances	SOURCE		AIR DU SOL		AIR AMBIANT RDC		CI A SEUIL				CI SANS SEUIL				QD ADULTE				QD ENFANT				ERI ADULTE		ERI ENFANT		ERI ADULTE + ENFANT			
	Concentrations		Concentrations (mg/m3)		Concentrations (mg/m3)		Adulte (mg/m3)		Enfant (mg/m3)		Adulte (mg/m3)		Enfant (mg/m3)		Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
	Air du sol (mg/m3)	Nappe (mg/L)	Mesurée	Simulée source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe																
Aliphatiques C>6-C8	9,51E-01	2,00E-01	9,51E-01	1,00E+04	4,74E-04	2,84E+00	3,22E-04	1,93E+00	3,22E-04	1,93E+00	NC	NC	NC	NC	1,75E-05	1,05E-01	1,05E-01	1,05E-01	1,75E-05	1,05E-01	1,05E-01	1,05E-01	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>8-C10	6,90E+01	3,00E+00	6,90E+01	3,44E+04	3,44E-02	9,76E+00	2,34E-02	6,63E+00	2,34E-02	6,63E+00	NC	NC	NC	NC	2,34E-02	6,63E+00	6,65E+00	6,63E+00	2,34E-02	6,63E+00	6,65E+00	6,63E+00	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>10-C12	2,10E+00	1,00E-01	2,10E+00	4,08E+03	1,04E-03	1,16E+00	7,10E-04	7,86E-01	7,10E-04	7,86E-01	NC	NC	NC	NC	7,10E-04	7,86E-01	7,87E-01	7,86E-01	7,10E-04	7,86E-01	7,87E-01	7,86E-01	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>12-C16	4,26E-01	2,00E-01	4,26E-01	3,64E+02	2,12E-04	1,03E-01	1,44E-04	7,01E-02	1,44E-04	7,01E-02	NC	NC	NC	NC	1,44E-04	7,01E-02	7,02E-02	7,01E-02	1,44E-04	7,01E-02	7,02E-02	7,01E-02	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aromatiques C>8-C10	2,21E-01	2,50E-02	2,21E-01	1,20E+01	1,10E-04	3,40E-03	7,47E-05	2,31E-03	7,47E-05	2,31E-03	NC	NC	NC	NC	3,74E-04	1,16E-02	1,19E-02	1,16E-02	3,74E-04	1,16E-02	1,19E-02	1,16E-02	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aromatiques C>10-C12	3,53E-02	1,00E-01	3,53E-02	1,40E+01	1,76E-05	3,97E-03	1,19E-05	2,70E-03	1,19E-05	2,70E-03	NC	NC	NC	NC	5,97E-05	1,35E-02	1,35E-02	1,35E-02	5,97E-05	1,35E-02	1,35E-02	1,35E-02	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Benzène	4,86E-03	NC	4,86E-03	NC	2,42E-06	NC	1,64E-06	NC	1,64E-06	NC	7,03E-07	NC	1,41E-07	NC	1,64E-04	NC	1,64E-04	1,64E-04	1,64E-04	NC	1,64E-04	1,64E-04	1,83E-08	NC	3,66E-09	NC	2,19E-08	NC	2,19E-08	2,19E-08
Ethylbenzène	1,47E-02	NC	1,47E-02	NC	7,28E-06	NC	4,95E-06	NC	4,95E-06	NC	2,12E-06	NC	4,24E-07	NC	3,30E-06	NC	3,30E-06	3,30E-06	3,30E-06	NC	3,30E-06	3,30E-06	5,30E-09	NC	1,06E-09	NC	6,36E-09	NC	6,36E-09	6,36E-09
Toluène	6,88E-02	NC	6,88E-02	NC	3,42E-05	NC	2,32E-05	NC	2,32E-05	NC	NC	NC	NC	NC	1,22E-06	NC	1,22E-06	1,22E-06	1,22E-06	NC	1,22E-06	1,22E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Xylènes totaux	9,01E-02	NC	9,01E-02	NC	4,46E-05	NC	3,03E-05	NC	3,03E-05	NC	NC	NC	NC	NC	3,03E-04	NC	3,03E-04	3,03E-04	3,03E-04	NC	3,03E-04	3,03E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	5,24E-02	NC	5,24E-02	NC	2,58E-05	NC	1,76E-05	NC	1,76E-05	NC	NC	NC	NC	NC	2,93E-04	NC	2,93E-04	2,93E-04	2,93E-04	NC	2,93E-04	2,93E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	1,80E-02	NC	1,80E-02	NC	8,88E-06	NC	6,03E-06	NC	6,03E-06	NC	NC	NC	NC	NC	1,00E-04	NC	1,00E-04	1,00E-04	1,00E-04	NC	1,00E-04	1,00E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Chloroforme (Trichlorométhane)	8,73E-02	1,20E-03	8,73E-02	8,88E-02	4,35E-05	2,56E-05	2,95E-05	1,74E-05	2,95E-05	1,74E-05	NC	NC	NC	NC	4,69E-04	2,76E-04	7,45E-04	4,69E-04	4,69E-04	2,76E-04	7,45E-04	4,69E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	4,52E-03	5,00E-04	4,52E-03	3,01E-02	2,25E-06	8,61E-06	1,53E-06	5,85E-06	1,53E-06	5,85E-06	6,55E-07	2,51E-06	1,31E-07	5,01E-07	2,55E-06	9,75E-06	1,23E-05	9,75E-06	2,55E-06	9,75E-06	1,23E-05	9,75E-06	6,55E-12	2,51E-11	1,31E-12	5,01E-12	7,86E-12	3,01E-11	3,79E-11	3,01E-11
Dichloroéthène, 1,2cis-	3,79E-03	3,50E-03	3,79E-03	4,07E-01	1,88E-06	9,96E-05	1,27E-06	6,77E-05	1,27E-06	6,77E-05	NC	NC	NC	NC	2,12E-05	1,13E-03	1,15E-03	1,13E-03	2,12E-05	1,13E-03	1,15E-03	1,13E-03	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Tétrachloroéthène (PCE)	2,05E+01	1,80E+00	2,05E+01	6,55E+02	1,01E-02	1,59E-01	6,88E-03	1,08E-01	6,88E-03	1,08E-01	2,95E-03	4,62E-02	5,89E-04	9,24E-03	1,72E-02	2,70E-01	2,87E-01	2,70E-01	1,72E-02	2,70E-01	2,87E-01	2,70E-01	7,66E-07	1,20E-05	1,53E-07	2,40E-06	9,19E-07	1,44E-05	1,53E-05	1,44E-05
Trichloroéthène (TCE)	1,36E-02	6,30E-03	1,36E-02	1,46E+00	6,75E-06	3,70E-04	4,58E-06	2,52E-04	4,58E-06	2,52E-04	1,96E-06	1,08E-04	3,93E-07	2,16E-05	1,43E-06	7,86E-05	8,00E-05	7,86E-05	1,43E-06	7,86E-05	8,00E-05	7,86E-05	1,96E-09	1,08E-07	3,93E-10	2,16E-08	2,36E-09	1,29E-07	1,32E-07	1,29E-07

INHALATION DE VAPEURS DE SUBSTANCES VOLATILES DANS UN BATIMENT SANS SOUS-SOL

Substances	SOURCE		AIR DU SOL		AIR AMBIANT RDC		CI A SEUIL				CI SANS SEUIL				QD ADULTE				QD ENFANT				ERI ADULTE		ERI ENFANT		ERI ADULTE + ENFANT			
	Concentrations		Concentrations (mg/m3)		Concentrations (mg/m3)		Adulte(mg/m3)		Enfant (mg/m3)		Adulte (mg/m3)		Enfant (mg/m3)		Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
	Air du sol (mg/m3)	Nappe (mg/L)	Mesurée	Simulée source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe																
Aliphatiques C>6-C8	9,51E-01	2,00E-01	9,51E-01	1,00E+04	4,74E-04	2,84E+00	9,51E-05	5,70E-01	5,62E-06	3,37E-02	NC	NC	NC	NC	5,17E-06	3,10E-02	3,10E-02	3,10E-02	3,06E-07	1,83E-03	1,83E-03	1,83E-03	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>8-C10	6,90E+01	3,00E+00	6,90E+01	3,44E+04	3,44E-02	9,76E+00	6,91E-03	1,96E+00	4,08E-04	1,16E-01	NC	NC	NC	NC	6,91E-03	1,96E+00	1,97E+00	1,96E+00	4,08E-04	1,16E-01	1,16E-01	1,16E-01	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>10-C12	2,10E+00	1,00E-01	2,10E+00	4,08E+03	1,04E-03	1,16E+00	2,10E-04	2,32E-01	1,24E-05	1,37E-02	NC	NC	NC	NC	2,10E-04	2,32E-01	2,33E-01	2,32E-01	1,24E-05	1,37E-02	1,37E-02	1,37E-02	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>12-C16	4,26E-01	2,00E-01	4,26E-01	3,64E+02	2,12E-04	1,03E-01	4,26E-05	2,07E-02	2,52E-06	1,23E-03	NC	NC	NC	NC	4,26E-05	2,07E-02	2,08E-02	2,07E-02	2,52E-06	1,23E-03	1,23E-03	1,23E-03	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aromatiques C>8-C10	2,21E-01	2,50E-02	2,21E-01	1,20E+01	1,10E-04	3,40E-03	2,21E-05	6,84E-04	1,31E-06	4,04E-05	NC	NC	NC	NC	1,11E-04	3,42E-03	3,53E-03	3,42E-03	6,53E-06	2,02E-04	2,09E-04	2,02E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aromatiques C>10-C12	3,53E-02	1,00E-01	3,53E-02	1,40E+01	1,76E-05	3,97E-03	3,53E-06	7,98E-04	2,09E-07	4,71E-05	NC	NC	NC	NC	1,77E-05	3,99E-03	4,01E-03	3,99E-03	1,04E-06	2,36E-04	2,37E-04	2,36E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Benzène	4,86E-03	NC	4,86E-03	NC	2,42E-06	NC	4,85E-07	NC	2,87E-08	NC	2,91E-07	NC	2,46E-09	NC	4,85E-05	NC	4,85E-05	4,85E-05	2,87E-06	NC	2,87E-06	2,87E-06	7,57E-09	NC	6,39E-11	NC	7,63E-09	NC	7,63E-09	7,63E-09
Ethylbenzène	1,47E-02	NC	1,47E-02	NC	7,28E-06	NC	1,46E-06	NC	8,65E-08	NC	8,78E-07	NC	7,41E-09	NC	9,76E-07	NC	9,76E-07	9,76E-07	5,76E-08	NC	5,76E-08	5,76E-08	2,19E-09	NC	1,85E-11	NC	2,21E-09	NC	2,21E-09	2,21E-09
Toluène	6,88E-02	NC	6,88E-02	NC	3,42E-05	NC	6,87E-06	NC	4,06E-07	NC	NC	NC	NC	NC	3,61E-07	NC	3,61E-07	3,61E-07	2,14E-08	NC	2,14E-08	2,14E-08	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Xylènes totaux	9,01E-02	NC	9,01E-02	NC	4,46E-05	NC	8,96E-06	NC	5,30E-07	NC	NC	NC	NC	NC	8,96E-05	NC	8,96E-05	8,96E-05	5,30E-06	NC	5,30E-06	5,30E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	5,24E-02	NC	5,24E-02	NC	2,58E-05	NC	5,19E-06	NC	3,07E-07	NC	NC	NC	NC	NC	8,65E-05	NC	8,65E-05	8,65E-05	5,11E-06	NC	5,11E-06	5,11E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	1,80E-02	NC	1,80E-02	NC	8,88E-06	NC	1,78E-06	NC	1,05E-07	NC	NC	NC	NC	NC	2,97E-05	NC	2,97E-05	2,97E-05	1,76E-06	NC	1,76E-06	1,76E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Chloroforme (Trichlorométhane)	8,73E-02	1,20E-03	8,73E-02	8,88E-02	4,35E-05	2,56E-05	8,74E-06	5,15E-06	5,16E-07	3,04E-07	NC	NC	NC	NC	1,39E-04	8,17E-05	2,20E-04	1,39E-04	8,20E-06	4,83E-06	1,30E-05	8,20E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	4,52E-03	5,00E-04	4,52E-03	3,01E-02	2,25E-06	8,61E-06	4,52E-07	1,73E-06	2,67E-08	1,02E-07	2,71E-07	1,04E-06	2,29E-09	8,76E-09	7,54E-07	2,88E-06	3,64E-06	2,88E-06	4,45E-08	1,70E-07	2,15E-07	1,70E-07	2,71E-12	1,04E-11	2,29E-14	8,76E-14	2,74E-12	1,05E-11	1,32E-11	1,05E-11
Dichloroéthène, 1,2cis-	3,79E-03	3,50E-03	3,79E-03	4,07E-01	1,88E-06	9,96E-05	3,77E-07	2,00E-05	2,23E-08	1,18E-06	NC	NC	NC	NC	6,29E-06	3,34E-04	3,40E-04	3,34E-04	3,71E-07	1,97E-05	2,01E-05	1,97E-05	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Tétrachloroéthène (PCE)	2,05E+01	1,80E+00	2,05E+01	6,55E+02	1,01E-02	1,59E-01	2,03E-03	3,19E-02	1,20E-04	1,88E-03	1,22E-03	1,91E-02	1,03E-05	1,62E-04	5,09E-03	7,97E-02	8,48E-02	7,97E-02	3,00E-04	4,71E-03	5,01E-03	4,71E-03	3,17E-07	4,98E-06	2,68E-09	4,20E-08	3,20E-07	5,02E-06	5,34E-06	5,02E-06
Trichloroéthène (TCE)	1,36E-02	6,30E-03	1,36E-02	1,46E+00	6,75E-06	3,70E-04	1,36E-06	7,44E-05	8,01E-08	4,40E-06	8,13E-07	4,46E-05	6,86E-09	3,77E-07	4,23E-07	2,33E-05	2,37E-05	2,33E-05	2,50E-08	1,37E-06	1,40E-06	1,37E-06	8,13E-10	4,46E-08	6,86E-12	3,77E-10	8,20E-10	4,50E-08	4,68E-08	4,50E-08

INHALATION DE VAPEURS DE SUBSTANCES VOLATILES DANS UN BATIMENT AVEC SOUS-SOL

Substances	SOURCE		AIR DU SOL		AIR AMBIANT SS SOL		AIR AMBIANT RDC		CI A SEUIL AU RDC				CI SANS SEUIL AU RDC				QD ADULTE AU RDC				QD ENFANT AU RDC				ERI ADULTE AU RDC		ERI ENFANT AU RDC		ERI ADULTE + ENFANT AU RDC				CI A SEUIL AU SOUS SOL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
	Concentrations		Concentrations (mg/m3)		Concentrations (mg/m3)		Concentrations (mg/m3)		Adulte (mg/m3)		Enfant (mg/m3)		Adulte (mg/m3)		Enfant (mg/m3)		Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Adulte (mg/m3)		Enfant (mg/m3)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	Air du sol (mg/m3)	Nappe (ng/L)	Mesurée	Simulée source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe																	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

INHALATION DE VAPEURS DE SUBSTANCES VOLATILES DANS UN BATIMENT AVEC SOUS-SOL

Substances	CI SANS SEUIL AU SOUS SOL				QD ADULTE AU SOUS SOL				QD ENFANT AU SOUS SOL				ERI ADULTE AU SOUS SOL		ERI ENFANT AU SOUS SOL		ERI ADULTE + ENFANT AU SOUS SOL				QD ADULTE AU RDC				QD ADULTE AU SOUS SOL				QD ADULTE SOUS SOL + RDC		QD ENFANT AU RDC			
	Adulte (mg/m3)		Enfant (mg/m3)		Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	
	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe																														
Aliphatiques C<6-C8	NC	NC	NC	NC	5,80E-08	9,45E-04	9,45E-04	9,45E-04	5,80E-08	9,45E-04	9,45E-04	9,45E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	1,03E-07	1,68E-03	1,68E-03	1,68E-03	5,80E-08	9,45E-04	9,45E-04	9,45E-04	2,63E-03	2,63E-03	1,03E-07	1,68E-03	1,68E-03	
Aliphatiques C<8-C10	NC	NC	NC	NC	1,41E-05	1,20E-01	1,20E-01	1,20E-01	1,41E-05	1,20E-01	1,20E-01	1,20E-01	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	2,51E-05	2,13E-01	2,13E-01	2,13E-01	1,41E-05	1,20E-01	1,20E-01	1,20E-01	3,33E-01	3,33E-01	2,51E-05	2,13E-01	2,13E-01	
Aliphatiques C>10-C12	NC	NC	NC	NC	2,08E-06	1,42E-02	1,42E-02	1,42E-02	2,08E-06	1,42E-02	1,42E-02	1,42E-02	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	3,71E-06	2,52E-02	2,52E-02	2,52E-02	2,08E-06	1,42E-02	1,42E-02	1,42E-02	3,94E-02	3,94E-02	3,71E-06	2,52E-02	2,52E-02	
Aliphatiques C>12-C16	NC	NC	NC	NC	1,30E-06	1,27E-03	1,27E-03	1,27E-03	1,30E-06	1,27E-03	1,27E-03	1,27E-03	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	2,31E-06	2,25E-03	2,25E-03	2,25E-03	1,30E-06	1,27E-03	1,27E-03	1,27E-03	3,82E-03	3,82E-03	2,31E-06	2,25E-03	2,25E-03	
Aromatiques C<8-C10	NC	NC	NC	NC	1,48E-06	2,09E-04	2,10E-04	2,09E-04	1,48E-06	2,09E-04	2,10E-04	2,09E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	2,60E-06	3,71E-04	3,74E-04	3,71E-04	1,48E-06	2,09E-04	2,10E-04	2,09E-04	6,84E-04	6,80E-04	2,60E-06	3,71E-04	3,74E-04	
Aromatiques C>10-C12	NC	NC	NC	NC	6,37E-07	2,43E-04	2,44E-04	2,43E-04	6,37E-07	2,43E-04	2,44E-04	2,43E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	1,13E-06	4,33E-04	4,34E-04	4,33E-04	6,37E-07	2,43E-04	2,44E-04	2,43E-04	6,78E-04	6,77E-04	1,13E-06	4,33E-04	4,34E-04	
Benzène	5,67E-09	NC	1,13E-09	NC	1,32E-08	NC	1,32E-08	1,32E-08	1,32E-08	NC	1,32E-08	1,32E-08	1,47E-10	NC	2,96E-11	NC	1,77E-10	NC	1,77E-10	1,77E-10	2,96E-08	NC	2,96E-08	2,96E-08	1,32E-08	NC	1,32E-08	1,32E-08	3,68E-06	3,68E-06	2,96E-08	NC	2,96E-08	
Ethylbenzène	9,35E-09	NC	1,87E-09	NC	1,45E-08	NC	1,45E-08	1,45E-08	1,45E-08	NC	1,45E-08	1,45E-08	2,34E-11	NC	4,67E-12	NC	2,80E-11	NC	2,80E-11	2,80E-11	2,99E-08	NC	2,99E-08	2,99E-08	1,45E-08	NC	1,45E-08	1,45E-08	4,04E-08	4,04E-08	2,99E-08	NC	2,99E-08	
Toluène	NC	NC	NC	NC	5,53E-09	NC	5,53E-09	5,53E-09	5,53E-09	NC	5,53E-09	5,53E-09	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	9,85E-09	NC	9,85E-09	9,85E-09	5,53E-09	NC	5,53E-09	5,53E-09	1,54E-08	1,54E-08	9,85E-09	NC	9,85E-09	
Xylènes totaux	NC	NC	NC	NC	1,30E-06	NC	1,30E-06	1,30E-06	1,30E-06	NC	1,30E-06	1,30E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	2,31E-06	NC	2,31E-06	2,31E-06	1,30E-06	NC	1,30E-06	1,30E-06	3,89E-06	3,60E-06	2,31E-06	NC	2,31E-06	
Triméthylbenzène, 1,2,4- (mPseudocumène)	NC	NC	NC	NC	9,70E-07	NC	9,70E-07	9,70E-07	9,70E-07	NC	9,70E-07	9,70E-07	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	1,73E-06	NC	1,73E-06	1,73E-06	9,70E-07	NC	9,70E-07	9,70E-07	2,70E-06	2,70E-06	1,73E-06	NC	1,73E-06	
Triméthylbenzène, 1,3,5- (mMesitylène)	NC	NC	NC	NC	3,49E-07	NC	3,49E-07	3,49E-07	3,49E-07	NC	3,49E-07	3,49E-07	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	6,14E-07	NC	6,14E-07	6,14E-07	3,49E-07	NC	3,49E-07	3,49E-07	9,58E-07	9,58E-07	6,14E-07	NC	6,14E-07	
Chloroforme (Trichlorométhane)	NC	NC	NC	NC	3,69E-07	2,26E-06	2,62E-06	2,26E-06	3,69E-07	2,26E-06	2,62E-06	2,26E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	6,38E-07	4,01E-06	4,68E-06	4,01E-06	3,69E-07	2,26E-06	2,62E-06	2,26E-06	7,27E-06	6,27E-06	6,38E-07	4,01E-06	4,68E-06	
Chlorure de méthylène (dichlorométhane)	5,51E-09	4,50E-08	1,10E-09	8,99E-09	2,14E-08	1,75E-07	1,96E-07	1,75E-07	2,14E-08	1,75E-07	1,96E-07	1,75E-07	5,51E-14	4,50E-13	1,10E-14	8,99E-14	6,61E-14	5,40E-13	6,06E-13	5,40E-13	3,61E-08	3,11E-07	3,49E-07	3,11E-07	2,14E-08	1,75E-07	1,96E-07	1,75E-07	5,46E-07	4,86E-07	3,61E-08	3,11E-07	3,49E-07	
Dichloroéthène, 1,2cis-	NC	NC	NC	NC	2,14E-07	6,35E-06	6,86E-06	6,35E-06	2,14E-07	6,35E-06	6,86E-06	6,35E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	3,80E-07	1,13E-05	1,17E-05	1,13E-05	2,14E-07	6,35E-06	6,86E-06	6,35E-06	1,82E-05	1,76E-05	3,80E-07	1,13E-05	1,17E-05	
Tétrachloroéthène (PCE)	3,19E-06	2,55E-04	6,37E-07	5,10E-05	1,86E-05	1,49E-03	1,51E-03	1,49E-03	1,86E-05	1,49E-03	1,51E-03	1,49E-03	8,28E-10	6,63E-08	1,66E-10	1,33E-08	9,94E-10	7,95E-08	8,09E-08	7,95E-08	3,31E-05	2,65E-03	2,68E-03	2,65E-03	1,86E-05	1,49E-03	1,51E-03	1,49E-03	4,18E-03	4,13E-03	3,31E-05	2,65E-03	2,68E-03	
Trichloroéthène (TCE)	6,00E-09	5,36E-07	1,20E-09	1,07E-07	4,38E-09	3,91E-07	3,96E-07	3,91E-07	4,38E-09	3,91E-07	3,96E-07	3,91E-07	6,00E-12	5,36E-10	1,20E-12	1,07E-10	7,20E-12	6,44E-10	6,51E-10	6,44E-10	7,78E-09	6,96E-07	7,03E-07	6,96E-07	4,38E-09	3,91E-07	3,96E-07	3,91E-07	1,10E-06	1,09E-06	7,78E-09	6,96E-07	7,03E-07	

INHALATION DE VAPEURS DE SUBSTANCES VOLATILES DANS UN BATIMENT AVEC SOUS-SOL

Substances	QD ENFANT AU SOUS SOL				QD ENFANT SOUS SOL + RDC		ERI ADULTE AU RDC		ERI ADULTE AU SOUS SOL		ERI ADULTE SOUS-SOL + RDC		ERI ENFANT AU RDC		ERI ENFANT AU SOUS SOL		ERI ENFANT SOUS-SOL + RDC		ERI ADULTE+ ENFANT AU RDC		ERI ADULTE + ENFANT AU SOUS SOL		ERI ADULTE + ENFANT AU SOUS SOL + RDC		
	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
Aliphatiques C<6-C8	1,68E-03	5,83E-08	9,45E-04	9,45E-04	9,45E-04	2,63E-03	2,63E-03	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
Aliphatiques C<8-C10	2,13E-01	1,41E-05	1,20E-01	1,20E-01	1,20E-01	3,33E-01	3,33E-01	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
Aliphatiques C>10-C12	2,82E-02	2,08E-08	1,42E-02	1,42E-02	1,42E-02	3,94E-02	3,94E-02	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
Aliphatiques C>13-C16	2,29E-03	1,39E-08	1,27E-03	1,27E-03	1,27E-03	3,52E-03	3,52E-03	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
Aromatiques C<8-C10	3,71E-04	1,48E-08	2,09E-04	2,10E-04	2,09E-04	5,80E-04	5,80E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
Aromatiques C>10-C12	4,33E-04	6,37E-07	2,43E-04	2,44E-04	2,43E-04	6,78E-04	6,77E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
Benzène	2,35E-06	1,32E-08	NC	1,32E-08	1,32E-08	3,68E-06	3,68E-06	2,82E-10	NC	1,47E-10	NC	4,10E-10	4,10E-10	5,25E-11	NC	2,95E-11	NC	8,19E-11	8,19E-11	3,15E-10	NC	1,77E-10	NC	4,92E-10	4,92E-10
Ethylbenzène	2,69E-08	1,45E-08	NC	1,45E-08	1,45E-08	4,04E-08	4,04E-08	4,19E-11	NC	2,34E-11	NC	6,49E-11	6,49E-11	8,32E-12	NC	4,87E-12	NC	1,30E-11	1,30E-11	4,99E-11	NC	2,89E-11	NC	7,79E-11	7,79E-11
Toluène	9,85E-09	5,53E-09	NC	5,53E-09	5,53E-09	1,54E-08	1,54E-08	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
Xylènes totaux	2,31E-06	1,39E-08	NC	1,39E-08	1,39E-08	3,60E-06	3,60E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
Triméthylbenzène, 1,2,4- (Pseudocumène)	1,73E-06	9,70E-07	NC	9,70E-07	9,70E-07	2,70E-06	2,70E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
Triméthylbenzène, 1,3,5- (Mésitylène)	6,14E-07	3,45E-07	NC	3,45E-07	3,45E-07	9,58E-07	9,58E-07	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
Chloroforme (Trichlorométhane)	4,81E-06	3,59E-07	2,26E-08	2,62E-06	2,26E-08	7,27E-06	6,27E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
Chlorure de méthylène (dichlorométhane)	3,11E-07	2,14E-08	1,75E-07	1,96E-07	1,75E-07	5,46E-07	4,86E-07	9,80E-14	8,00E-13	5,51E-14	4,50E-13	1,40E-12	1,29E-12	1,98E-14	1,80E-13	1,10E-14	8,99E-14	2,81E-13	2,90E-13	1,18E-13	9,60E-13	6,61E-14	5,40E-13	1,66E-12	1,56E-12
Dichloroéthène, 1,2cis-	1,13E-05	2,14E-07	6,35E-08	6,66E-06	6,35E-08	1,82E-05	1,76E-05	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	
Tétrachloroéthène (PCE)	2,68E-03	1,86E-05	1,49E-03	1,51E-03	1,49E-03	4,18E-03	4,13E-03	1,47E-09	1,18E-07	8,28E-10	6,63E-08	1,86E-07	1,84E-07	2,95E-10	2,36E-08	1,66E-10	1,33E-08	3,73E-08	3,68E-08	1,77E-09	1,41E-07	9,94E-10	7,95E-08	2,24E-07	2,21E-07
Trichloroéthène (TCE)	6,96E-07	4,39E-09	3,91E-07	3,95E-07	3,91E-07	1,10E-06	1,09E-06	1,07E-11	9,54E-10	6,00E-12	5,36E-10	1,51E-09	1,49E-09	2,14E-12	1,91E-10	1,20E-12	1,07E-10	3,01E-10	2,98E-10	1,28E-11	1,14E-09	7,20E-12	6,44E-10	1,81E-09	1,79E-09

INHALATION DE VAPEURS DE SUBSTANCES VOLATILES DANS UN BATIMENT AVEC SOUS-SOL

Substances	SOURCE		AIR DU SOL		AIR AMBIANT SS SOL		AIR AMBIANT RDC		CI A SEUIL AU RDC				CI SANS SEUIL AU RDC				QD ADULTE AU RDC				QD ENFANT AU RDC			
	Concentrations		Concentrations (mg/m3)		Concentrations (mg/m3)		Concentrations (mg/m3)		Adulte (mg/m3)		Enfant (mg/m3)		Adulte (mg/m3)		Enfant (mg/m3)		Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
	Air du sol (mg/m3)	Nappe (mg/L)	Mesurée	Simulée source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe								
Aliphatiques C>6-C8	2,74E-01	1,00E-01	2,74E-01	5,00E+03	5,12E-05	8,35E-01	2,80E-06	4,56E-02	5,62E-07	9,15E-03	3,32E-08	5,41E-04	NC	NC	NC	NC	3,05E-08	4,97E-04	4,97E-04	4,97E-04	1,80E-09	2,94E-05	2,94E-05	2,94E-05
Aliphatiques C>8-C10	3,63E+00	9,40E-01	3,63E+00	3,44E+04	6,78E-04	5,74E+00	3,70E-05	3,13E-01	7,44E-06	6,30E-02	4,39E-07	3,72E-03	NC	NC	NC	NC	7,44E-06	6,30E-02	6,30E-02	6,30E-02	4,39E-07	3,72E-03	3,72E-03	3,72E-03
Aliphatiques C>10-C12	5,35E-01	1,00E-01	5,35E-01	4,08E+03	1,00E-04	6,81E-01	5,46E-06	3,72E-02	1,10E-06	7,47E-03	6,48E-08	4,41E-04	NC	NC	NC	NC	1,10E-06	7,47E-03	7,47E-03	7,47E-03	6,48E-08	4,41E-04	4,41E-04	4,41E-04
Aliphatiques C>12-C16	3,34E-01	2,00E-01	3,34E-01	3,64E+02	6,24E-05	6,08E-02	3,41E-06	3,32E-03	6,85E-07	6,66E-04	4,05E-08	3,94E-05	NC	NC	NC	NC	6,85E-07	6,66E-04	6,67E-04	6,66E-04	4,05E-08	3,94E-05	3,94E-05	3,94E-05
Aromatiques C>8-C10	7,58E-02	2,50E-02	7,58E-02	1,20E+01	1,42E-05	2,00E-03	7,73E-07	1,09E-04	1,55E-07	2,20E-05	9,18E-09	1,30E-06	NC	NC	NC	NC	7,77E-07	1,10E-04	1,11E-04	1,10E-04	4,59E-08	6,49E-06	6,49E-06	6,49E-06
Aromatiques C>10-C12	3,27E-02	1,00E-01	3,27E-02	1,40E+01	6,11E-06	2,34E-03	3,34E-07	1,28E-04	6,70E-08	2,56E-05	3,96E-09	1,51E-06	NC	NC	NC	NC	3,35E-07	1,28E-04	1,28E-04	1,28E-04	1,98E-08	7,57E-06	7,59E-06	7,57E-06
Benzène	3,40E-03	NC	3,40E-03	NC	6,35E-07	0,00E+00	3,47E-08	0,00E+00	6,96E-09	NC	4,11E-10	NC	4,18E-09	NC	3,53E-11	NC	6,96E-07	NC	6,96E-07	6,96E-07	4,11E-08	NC	4,11E-08	4,11E-08
Ethylbenzène	5,61E-03	NC	5,61E-03	NC	1,05E-06	0,00E+00	5,71E-08	0,00E+00	1,15E-08	NC	6,78E-10	NC	6,89E-09	NC	5,81E-11	NC	7,65E-09	NC	7,65E-09	7,65E-09	4,52E-10	NC	4,52E-10	4,52E-10
Toluène	2,70E-02	NC	2,70E-02	NC	5,05E-06	NC	2,75E-07	NC	5,53E-08	NC	3,27E-09	NC	NC	NC	NC	NC	2,91E-09	NC	2,91E-09	2,91E-09	1,72E-10	NC	1,72E-10	1,72E-10
Xylènes totaux	3,33E-02	NC	3,33E-02	NC	6,22E-06	NC	3,39E-07	NC	6,82E-08	NC	4,03E-09	NC	NC	NC	NC	NC	6,82E-07	NC	6,82E-07	6,82E-07	4,03E-08	NC	4,03E-08	4,03E-08
Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	1,50E-02	NC	1,50E-02	NC	2,79E-06	NC	1,52E-07	NC	3,06E-08	NC	1,81E-09	NC	NC	NC	NC	NC	5,10E-07	NC	5,10E-07	5,10E-07	3,02E-08	NC	3,02E-08	3,02E-08
Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	5,33E-03	NC	5,33E-03	NC	9,93E-07	NC	5,42E-08	NC	1,09E-08	NC	6,43E-10	NC	NC	NC	NC	NC	1,81E-07	NC	1,81E-07	1,81E-07	1,07E-08	NC	1,07E-08	1,07E-08
Chloroforme (Trichlorométhane)	5,80E-03	5,50E-04	5,80E-03	4,07E-02	1,08E-06	6,82E-06	5,92E-08	3,72E-07	1,19E-08	7,48E-08	7,03E-10	4,42E-09	NC	NC	NC	NC	1,89E-07	1,19E-06	1,38E-06	1,19E-06	1,12E-08	7,02E-08	8,13E-08	7,02E-08
Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	3,30E-03	5,00E-04	3,30E-03	3,01E-02	6,17E-07	5,04E-06	3,37E-08	2,75E-07	6,76E-09	5,52E-08	4,00E-10	3,26E-09	4,06E-09	3,31E-08	3,43E-11	2,80E-10	1,13E-08	9,20E-08	1,03E-07	9,20E-08	6,66E-10	5,44E-09	6,10E-09	5,44E-09
Dichloroéthène, 1,2-cis-	3,30E-03	9,80E-04	3,30E-03	1,14E-01	6,16E-07	1,83E-05	3,36E-08	9,98E-07	6,75E-09	2,00E-07	3,99E-10	1,18E-08	NC	NC	NC	NC	1,13E-07	3,34E-06	3,45E-06	3,34E-06	6,65E-09	1,97E-07	2,04E-07	1,97E-07
Tétrachloroéthène (PCE)	1,91E+00	4,90E-01	1,91E+00	1,78E+02	3,57E-04	2,86E-02	1,95E-05	1,56E-03	3,91E-06	3,13E-04	2,31E-07	1,85E-05	2,35E-06	1,88E-04	1,96E-08	1,59E-06	9,78E-06	7,83E-04	7,92E-04	7,83E-04	5,78E-07	4,62E-05	4,68E-05	4,62E-05
Trichloroéthène (TCE)	3,60E-03	1,60E-03	3,60E-03	3,70E-01	6,72E-07	6,01E-05	3,67E-08	3,28E-06	7,37E-09	6,59E-07	4,35E-10	3,89E-08	4,42E-09	3,95E-07	3,73E-11	3,34E-09	2,30E-09	2,06E-07	2,08E-07	2,06E-07	1,36E-10	1,22E-08	1,23E-08	1,22E-08

INHALATION DE VAPEURS DE SUBSTANCES VOLATILES DANS UN BATIMENT AVEC SOUS-SOL

Substances	ERI ADULTE AU RDC		ERI ENFANT AU RDC		ERI ADULTE + ENFANT AU RDC				CI A SEUIL AU SOUS SOL				CI SANS SEUIL AU SOUS SOL				QD ADULTE AU SOUS SOL				QD ENFANT AU SOUS SOL			
	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Adulte (mg/m3)		Enfant (mg/m3)		Adulte (mg/m3)		Enfant (mg/m3)		Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
									Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe								
Aliphatiques C>6-C8	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	6,43E-07	1,05E-02	1,52E-07	2,48E-03	NC	NC	NC	NC	3,50E-08	5,70E-04	5,70E-04	5,70E-04	8,26E-09	1,35E-04	1,35E-04	1,35E-04
Aliphatiques C>8-C10	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	8,52E-06	7,21E-02	2,01E-06	1,70E-02	NC	NC	NC	NC	8,52E-06	7,21E-02	7,21E-02	7,21E-02	2,01E-06	1,70E-02	1,70E-02	1,70E-02
Aliphatiques C>10-C12	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	1,26E-06	8,55E-03	2,97E-07	2,02E-03	NC	NC	NC	NC	1,26E-06	8,55E-03	8,55E-03	8,55E-03	2,97E-07	2,02E-03	2,02E-03	2,02E-03
Aliphatiques C>12-C16	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	7,84E-07	7,63E-04	1,85E-07	1,80E-04	NC	NC	NC	NC	7,84E-07	7,63E-04	7,64E-04	7,63E-04	1,85E-07	1,80E-04	1,81E-04	1,80E-04
Aromatiques C>8-C10	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	1,78E-07	2,52E-05	4,21E-08	5,95E-06	NC	NC	NC	NC	8,90E-07	1,26E-04	1,27E-04	1,26E-04	2,10E-07	2,97E-05	2,99E-05	2,97E-05
Aromatiques C>10-C12	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	7,68E-08	2,94E-05	1,81E-08	6,94E-06	NC	NC	NC	NC	3,84E-07	1,47E-04	1,47E-04	1,47E-04	9,07E-08	3,47E-05	3,48E-05	3,47E-05
Benzène	1,09E-10	NC	9,17E-13	NC	1,10E-10	NC	1,10E-10	1,10E-10	7,98E-09	NC	1,89E-09	NC	4,79E-09	NC	1,62E-10	NC	7,98E-07	NC	7,98E-07	7,98E-07	1,89E-07	NC	1,89E-07	1,89E-07
Ethylbenzène	1,72E-11	NC	1,45E-13	NC	1,74E-11	NC	1,74E-11	1,74E-11	1,31E-08	NC	3,11E-09	NC	7,89E-09	NC	2,66E-10	NC	8,77E-09	NC	8,77E-09	8,77E-09	2,07E-09	NC	2,07E-09	2,07E-09
Toluène	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	6,34E-08	NC	1,50E-08	NC	NC	NC	NC	NC	3,34E-09	NC	3,34E-09	3,34E-09	7,88E-10	NC	7,88E-10	7,88E-10
Xylènes totaux	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	7,81E-08	NC	1,85E-08	NC	NC	NC	NC	NC	7,81E-07	NC	7,81E-07	7,81E-07	1,85E-07	NC	1,85E-07	1,85E-07
Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	3,51E-08	NC	8,29E-09	NC	NC	NC	NC	NC	5,85E-07	NC	5,85E-07	5,85E-07	1,38E-07	NC	1,38E-07	1,38E-07
Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	1,25E-08	NC	2,95E-09	NC	NC	NC	NC	NC	2,08E-07	NC	2,08E-07	2,08E-07	4,91E-08	NC	4,91E-08	4,91E-08
Chloroforme (Trichlorométhane)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	1,36E-08	8,57E-08	3,22E-09	2,03E-08	NC	NC	NC	NC	2,16E-07	1,36E-06	1,88E-06	1,36E-06	5,11E-08	3,22E-07	3,73E-07	3,22E-07
Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	4,06E-14	3,31E-13	3,43E-16	2,80E-15	4,09E-14	3,34E-13	3,75E-13	3,34E-13	7,75E-09	6,32E-08	1,83E-09	1,49E-08	4,65E-09	3,79E-08	1,57E-10	1,28E-09	1,29E-08	1,05E-07	1,18E-07	1,05E-07	3,05E-09	2,49E-08	2,80E-08	2,49E-08
Dichloroéthène, 1,2cis-	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	7,73E-09	2,30E-07	1,83E-09	5,43E-08	NC	NC	NC	NC	1,29E-07	3,83E-06	3,96E-06	3,83E-06	3,05E-08	9,04E-07	9,35E-07	9,04E-07
Tétrachloroéthène (PCE)	6,10E-10	4,88E-08	5,15E-12	4,12E-10	6,15E-10	4,92E-08	4,99E-08	4,92E-08	4,48E-06	3,59E-04	1,06E-06	8,47E-05	2,69E-06	2,15E-04	9,08E-08	7,26E-06	1,12E-05	8,96E-04	9,08E-04	8,96E-04	2,65E-06	2,12E-04	2,15E-04	2,12E-04
Trichloroéthène (TCE)	4,42E-12	3,95E-10	3,73E-14	3,34E-12	4,46E-12	3,98E-10	4,03E-10	3,98E-10	8,44E-09	7,54E-07	1,99E-09	1,78E-07	5,06E-09	4,53E-07	1,71E-10	1,53E-08	2,64E-09	2,36E-07	2,38E-07	2,36E-07	6,23E-10	5,57E-08	5,63E-08	5,57E-08

INHALATION DE VAPEURS DE SUBSTANCES VOLATILES DANS UN BATIMENT AVEC SOUS-SOL

Substances	ERI ADULTE AU SOUS SOL		ERI ENFANT AU SOUS SOL		ERI ADULTE + ENFANT AU SOUS SOL				QD ADULTE AU RDC				QD ADULTE AU SOUS SOL				QD ADULTE SOUS SOL + RDC		QD ENFANT AU RDC			
	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
Aliphatiques C>6-C8	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	3,05E-08	4,97E-04	4,97E-04	4,97E-04	3,50E-08	5,70E-04	5,70E-04	5,70E-04	1,07E-03	1,07E-03	1,80E-09	2,94E-05	2,94E-05	2,94E-05
Aliphatiques C>8-C10	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	7,44E-06	6,30E-02	6,30E-02	6,30E-02	8,52E-06	7,21E-02	7,21E-02	7,21E-02	1,35E-01	1,35E-01	4,39E-07	3,72E-03	3,72E-03	3,72E-03
Aliphatiques C>10-C12	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	1,10E-06	7,47E-03	7,47E-03	7,47E-03	1,26E-06	8,55E-03	8,56E-03	8,55E-03	1,60E-02	1,60E-02	6,48E-08	4,41E-04	4,41E-04	4,41E-04
Aliphatiques C>12-C16	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	6,85E-07	6,66E-04	6,67E-04	6,66E-04	7,84E-07	7,63E-04	7,64E-04	7,63E-04	1,43E-03	1,43E-03	4,05E-08	3,94E-05	3,94E-05	3,94E-05
Aromatiques C>8-C10	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	7,77E-07	1,10E-04	1,11E-04	1,10E-04	8,90E-07	1,26E-04	1,27E-04	1,26E-04	2,37E-04	2,36E-04	4,59E-08	6,49E-06	6,54E-06	6,49E-06
Aromatiques C>10-C12	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	3,35E-07	1,28E-04	1,28E-04	1,28E-04	3,84E-07	1,47E-04	1,47E-04	1,47E-04	2,76E-04	2,75E-04	1,98E-08	7,57E-06	7,59E-06	7,57E-06
Benzène	1,24E-10	NC	4,20E-12	NC	1,29E-10	NC	1,29E-10	1,29E-10	6,96E-07	NC	6,96E-07	6,96E-07	7,98E-07	NC	7,98E-07	7,98E-07	1,49E-06	1,49E-06	4,11E-08	NC	4,11E-08	4,11E-08
Ethylbenzène	1,97E-11	NC	6,66E-13	NC	2,04E-11	NC	2,04E-11	2,04E-11	7,65E-09	NC	7,65E-09	7,65E-09	8,77E-09	NC	8,77E-09	8,77E-09	1,64E-08	1,64E-08	4,52E-10	NC	4,52E-10	4,52E-10
Toluène	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	2,91E-09	NC	2,91E-09	2,91E-09	3,34E-09	NC	3,34E-09	3,34E-09	6,25E-09	6,25E-09	1,72E-10	NC	1,72E-10	1,72E-10
Xylènes totaux	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	6,82E-07	NC	6,82E-07	6,82E-07	7,81E-07	NC	7,81E-07	7,81E-07	1,46E-06	1,46E-06	4,03E-08	NC	4,03E-08	4,03E-08
Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	5,10E-07	NC	5,10E-07	5,10E-07	5,85E-07	NC	5,85E-07	5,85E-07	1,10E-06	1,10E-06	3,02E-08	NC	3,02E-08	3,02E-08
Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	1,81E-07	NC	1,81E-07	1,81E-07	2,08E-07	NC	2,08E-07	2,08E-07	3,89E-07	3,89E-07	1,07E-08	NC	1,07E-08	1,07E-08
Chloroforme (Trichlorométhane)	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	1,89E-07	1,19E-06	1,38E-06	1,19E-06	2,16E-07	1,36E-06	1,58E-06	1,36E-06	2,95E-06	2,55E-06	1,12E-08	7,02E-08	8,13E-08	7,02E-08
Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	4,85E-14	3,79E-13	1,57E-15	1,28E-14	4,81E-14	3,92E-13	4,40E-13	3,92E-13	1,13E-08	9,20E-08	1,03E-07	9,20E-08	1,29E-08	1,05E-07	1,18E-07	1,05E-07	2,22E-07	1,97E-07	6,66E-10	5,44E-09	6,10E-09	5,44E-09
Dichloroéthène, 1,2cis-	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	1,13E-07	3,34E-06	3,45E-06	3,34E-06	1,29E-07	3,83E-06	3,96E-06	3,83E-06	7,41E-06	7,17E-06	6,65E-09	1,97E-07	2,04E-07	1,97E-07
Tétrachloroéthène (PCE)	6,99E-10	5,59E-08	2,36E-11	1,89E-09	7,22E-10	5,78E-08	5,85E-08	5,78E-08	9,78E-06	7,83E-04	7,92E-04	7,83E-04	1,12E-05	8,96E-04	9,08E-04	8,96E-04	1,70E-03	1,68E-03	5,78E-07	4,62E-05	4,88E-05	4,62E-05
Trichloroéthène (TCE)	5,06E-12	4,53E-10	1,71E-13	1,53E-11	5,23E-12	4,68E-10	4,73E-10	4,68E-10	2,30E-09	2,06E-07	2,08E-07	2,06E-07	2,64E-09	2,36E-07	2,38E-07	2,36E-07	4,46E-07	4,42E-07	1,36E-10	1,22E-08	1,23E-08	1,22E-08

INHALATION DE VAPEURS DE SUBSTANCES VOLATILES DANS UN BATIMENT AVEC SOUS-SOL

Substances	QD ENFANT AU SOUS SOL				QD ENFANT SOUS SOL + RDC		ERI ADULTE AU RDC		ERI ADULTE AU SOUS SOL		ERI ADULTE SOUS-SOL + RDC		ERI ENFANT AU RDC		ERI ENFANT AU SOUS SOL		ERI ENFANT SOUS-SOL + RDC		ERI ADULTE+ ENFANT AU RDC		ERI ADULTE + ENFANT AU SOUS SOL		ERI ADULTE + ENFANT AU SOUS SOL + RDC	
	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
Aliphatiques C>6-C8	8,26E-09	1,35E-04	1,35E-04	1,35E-04	1,64E-04	1,64E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>8-C10	2,01E-06	1,70E-02	1,70E-02	1,70E-02	2,08E-02	2,08E-02	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>10-C12	2,97E-07	2,02E-03	2,02E-03	2,02E-03	2,46E-03	2,46E-03	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>12-C16	1,85E-07	1,80E-04	1,81E-04	1,80E-04	2,20E-04	2,20E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aromatiques C>8-C10	2,10E-07	2,97E-05	2,99E-05	2,97E-05	3,65E-05	3,62E-05	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aromatiques C>10-C12	9,07E-08	3,47E-05	3,48E-05	3,47E-05	4,24E-05	4,23E-05	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Benzène	1,89E-07	NC	1,89E-07	1,89E-07	2,30E-07	2,30E-07	1,09E-10	NC	1,24E-10	NC	2,33E-10	2,33E-10	9,17E-13	NC	4,20E-12	NC	5,12E-12	5,12E-12	1,10E-10	NC	1,29E-10	NC	2,38E-10	2,38E-10
Ethylbenzène	2,07E-09	NC	2,07E-09	2,07E-09	2,52E-09	2,52E-09	1,72E-11	NC	1,97E-11	NC	3,69E-11	3,69E-11	1,45E-13	NC	6,86E-13	NC	8,11E-13	8,11E-13	1,74E-11	NC	2,04E-11	NC	3,78E-11	3,78E-11
Toluène	7,88E-10	NC	7,88E-10	7,88E-10	9,61E-10	9,61E-10	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Xylènes totaux	1,85E-07	NC	1,85E-07	1,85E-07	2,25E-07	2,25E-07	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	1,38E-07	NC	1,38E-07	1,38E-07	1,68E-07	1,68E-07	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	4,91E-08	NC	4,91E-08	4,91E-08	5,99E-08	5,99E-08	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Chloroforme (Trichlorométhane)	5,11E-08	3,22E-07	3,73E-07	3,22E-07	4,54E-07	3,92E-07	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	3,05E-09	2,49E-08	2,80E-08	2,49E-08	3,41E-08	3,04E-08	4,06E-14	3,31E-13	4,65E-14	3,79E-13	7,98E-13	7,11E-13	3,43E-16	2,60E-15	1,57E-15	1,28E-14	1,79E-14	1,56E-14	4,09E-14	3,34E-13	4,81E-14	3,92E-13	8,15E-13	7,26E-13
Dichloroéthène, 1,2cis-	3,05E-08	9,04E-07	9,35E-07	9,04E-07	1,14E-06	1,10E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Tétrachloroéthène (PCE)	2,65E-06	2,12E-04	2,15E-04	2,12E-04	2,61E-04	2,58E-04	6,10E-10	4,88E-08	6,99E-10	5,59E-08	1,06E-07	1,05E-07	5,15E-12	4,12E-10	2,36E-11	1,89E-09	2,33E-09	2,30E-09	6,15E-10	4,92E-08	7,22E-10	5,78E-08	1,08E-07	1,07E-07
Trichloroéthène (TCE)	6,23E-10	5,57E-08	5,63E-08	5,57E-08	6,86E-08	6,79E-08	4,42E-12	3,95E-10	5,06E-12	4,53E-10	8,57E-10	8,48E-10	3,73E-14	3,34E-12	1,71E-13	1,53E-11	1,88E-11	1,86E-11	4,48E-12	3,98E-10	5,23E-12	4,68E-10	8,76E-10	8,66E-10

INHALATION DE VAPEURS DE SUBSTANCES VOLATILES SUR DES VOIRIES

Substances	SOURCE		AIR DU SOL		AIR AMBIANT		CI A SEUIL		CI SANS SEUIL		QD ADULTE				ERI ADULTE		ERI ADULTE + ENFANT			
	Concentrations		Concentrations (mg/m3)		Concentrations (mg/m3) - Adulte		Concentrations (mg/m3) - Adulte		Adulte (mg/m3)		Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
	Air du sol (mg/m3)	Nappe (mg/L)	Mesurée	Simulée source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe										
Aliphatiques C>6-C8	2.71E-01	1.00E-01	2.71E-01	5.00E+03	3.67E-06	3.17E-03	3.52E-06	3.04E-03	NC	NC	1.91E-07	1.65E-04	1.65E-04	1.65E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>8-C10	2.04E+00	9.40E-01	2.04E+00	3.44E+04	2.77E-05	2.18E-02	2.65E-05	2.09E-02	NC	NC	2.65E-05	2.09E-02	2.09E-02	2.09E-02	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>10-C12	5.10E-01	1.00E-01	5.10E-01	4.08E+03	6.91E-06	2.59E-03	6.62E-06	2.48E-03	NC	NC	6.62E-06	2.48E-03	2.49E-03	2.48E-03	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>12-C16	3.39E-01	2.00E-01	3.39E-01	3.64E+02	4.59E-06	2.31E-04	4.40E-06	2.21E-04	NC	NC	4.40E-06	2.21E-04	2.26E-04	2.21E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aromatiques C>8-C10	7.01E-02	2.50E-02	7.01E-02	1.20E+01	9.50E-07	7.61E-06	9.10E-07	7.29E-06	NC	NC	4.55E-06	3.65E-05	4.10E-05	3.65E-05	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aromatiques C>10-C12	3.32E-02	1.00E-01	3.32E-02	1.40E+01	4.50E-07	8.88E-06	4.31E-07	8.51E-06	NC	NC	2.16E-06	4.25E-05	4.47E-05	4.25E-05	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Benzène	3.40E-03	NC	3.40E-03	NC	4.05E-08	0.00E+00	3.89E-08	NC	1.67E-08	NC	3.89E-08	NC	3.89E-06	3.89E-06	4.33E-10	NC	4.33E-10	NC	4.33E-10	4.33E-10
Ethylbenzène	5.10E-03	NC	5.10E-03	NC	5.18E-08	0.00E+00	4.97E-08	NC	2.13E-08	NC	3.31E-08	NC	3.31E-08	3.31E-08	5.32E-11	NC	5.32E-11	NC	5.32E-11	5.32E-11
Toluène	2.39E-02	NC	2.39E-02	NC	2.82E-07	0.00E+00	2.70E-07	NC	NC	NC	1.42E-08	NC	1.42E-08	1.42E-08	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Xylènes totaux	3.00E-02	NC	3.00E-02	NC	2.94E-07	0.00E+00	2.81E-07	NC	NC	NC	2.81E-06	NC	2.81E-06	2.81E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	1.47E-02	NC	1.47E-02	NC	1.21E-07	0.00E+00	1.16E-07	NC	NC	NC	1.93E-06	NC	1.93E-06	1.93E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	5.30E-03	NC	5.30E-03	NC	4.32E-08	0.00E+00	4.14E-08	NC	NC	NC	6.91E-07	NC	6.91E-07	6.91E-07	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Chloroforme (Trichlorométhane)	7.00E-03	5.50E-04	7.00E-03	4.07E-02	9.86E-08	2.68E-08	9.45E-08	2.57E-08	NC	NC	1.50E-06	4.08E-07	1.91E-06	1.50E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	3.40E-03	5.00E-04	3.40E-03	3.01E-02	4.70E-08	1.95E-08	4.50E-08	1.87E-08	1.93E-08	8.00E-09	7.51E-08	3.11E-08	1.06E-07	7.51E-08	1.93E-13	8.00E-14	1.93E-13	8.00E-14	2.73E-13	1.93E-13
Dichloroéthène, 1,2cis-	3.30E-03	9.80E-04	3.30E-03	1.14E-01	3.29E-08	5.32E-08	3.15E-08	5.09E-08	NC	NC	5.26E-07	8.49E-07	1.37E-06	8.49E-07	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Tétrachloroéthène (PCE)	2.27E+00	4.90E-01	2.27E+00	1.78E+02	2.21E-05	8.15E-05	2.12E-05	7.81E-05	9.10E-06	3.35E-05	5.31E-05	1.95E-04	2.48E-04	1.95E-04	2.36E-09	8.70E-09	2.36E-09	8.70E-09	1.11E-08	8.70E-09
Trichloroéthène (TCE)	3.80E-03	1.60E-03	3.80E-03	3.70E-01	4.07E-08	1.86E-07	3.90E-08	1.78E-07	1.67E-08	7.62E-08	1.22E-08	5.56E-08	6.78E-08	5.56E-08	1.67E-11	7.62E-11	1.67E-11	7.62E-11	9.29E-11	7.62E-11

INHALATION DE VAPEURS DE SUBSTANCES VOLATILES SUR DES VOIRIES

Substances	SOURCE		AIR DU SOL		AIR AMBIANT				CI A SEUIL				CI SANS SEUIL			
	Concentrations		Concentrations (mg/m3)		Concentrations (mg/m3) - Adulte		Concentrations (mg/m3) - Enfant		Adulte (mg/m3)		Enfant (mg/m3)		Adulte (mg/m3)		Enfant (mg/m3)	
	Air du sol (mg/m3)	Nappe (mg/L)	Mesurée	Simulée source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du soi	Source nappe	Source gaz du soi	Source nappe	Source gaz du soi	Source nappe	Source gaz du soi	Source nappe
Aliphatiques C>6-C8	2,71E-01	1,00E-01	2,71E-01	5,00E+03	1,35E-05	1,16E-02	2,75E-05	2,38E-02	1,12E-06	9,69E-04	2,29E-06	1,98E-03	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>8-C10	2,04E+00	9,40E-01	2,04E+00	3,44E+04	1,02E-04	8,00E-02	2,08E-04	1,64E-01	8,46E-06	6,67E-03	1,73E-05	1,36E-02	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>10-C12	5,10E-01	1,00E-01	5,10E-01	4,08E+03	2,53E-05	9,49E-03	5,18E-05	1,94E-02	2,11E-06	7,91E-04	4,32E-06	1,62E-03	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>12-C16	3,39E-01	2,00E-01	3,39E-01	3,64E+02	1,68E-05	8,46E-04	3,44E-05	1,73E-03	1,40E-06	7,05E-05	2,87E-06	1,44E-04	NC	NC	NC	NC
Aromatiques C>8-C10	7,01E-02	2,50E-02	7,01E-02	1,20E+01	3,48E-06	2,79E-05	7,12E-06	5,71E-05	2,90E-07	2,33E-06	5,94E-07	4,76E-06	NC	NC	NC	NC
Aromatiques C>10-C12	3,32E-02	1,00E-01	3,32E-02	1,40E+01	1,65E-06	3,26E-05	3,37E-06	6,66E-05	1,37E-07	2,71E-06	2,81E-07	5,55E-06	NC	NC	NC	NC
Benzène	3,40E-03	NC	3,40E-03	NC	1,49E-07	0,00E+00	3,04E-07	0,00E+00	1,24E-08	NC	2,53E-08	NC	5,31E-09	NC	2,17E-09	NC
Ethylbenzène	5,10E-03	NC	5,10E-03	NC	1,90E-07	0,00E+00	3,89E-07	0,00E+00	1,58E-08	NC	3,24E-08	NC	6,79E-09	NC	2,78E-09	NC
Toluène	2,39E-02	NC	2,39E-02	NC	1,03E-06	0,00E+00	2,11E-06	0,00E+00	8,61E-08	NC	1,76E-07	NC	NC	NC	NC	NC
Xylènes totaux	3,00E-02	NC	3,00E-02	NC	1,08E-06	0,00E+00	2,20E-06	0,00E+00	8,97E-08	NC	1,83E-07	NC	NC	NC	NC	NC
Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	1,47E-02	NC	1,47E-02	NC	4,43E-07	0,00E+00	9,07E-07	0,00E+00	3,69E-08	NC	7,56E-08	NC	NC	NC	NC	NC
Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	5,30E-03	NC	5,30E-03	NC	1,59E-07	0,00E+00	3,24E-07	0,00E+00	1,32E-08	NC	2,70E-08	NC	NC	NC	NC	NC
Chloroforme (Trichlorométhane)	7,00E-03	5,50E-04	7,00E-03	4,07E-02	3,62E-07	9,84E-08	7,40E-07	2,01E-07	3,01E-08	8,20E-09	6,16E-08	1,68E-08	NC	NC	NC	NC
Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	3,40E-03	5,00E-04	3,40E-03	3,01E-02	1,72E-07	7,14E-08	3,52E-07	1,46E-07	1,44E-08	5,95E-09	2,94E-08	1,22E-08	6,15E-09	2,55E-09	2,52E-09	1,04E-09
Dichloroéthène, 1,2cis-	3,30E-03	9,80E-04	3,30E-03	1,14E-01	1,21E-07	1,95E-07	2,47E-07	3,99E-07	1,01E-08	1,62E-08	2,06E-08	3,32E-08	NC	NC	NC	NC
Tétrachloroéthène (PCE)	2,27E+00	4,90E-01	2,27E+00	1,78E+02	8,12E-05	2,99E-04	1,66E-04	6,11E-04	6,77E-06	2,49E-05	1,38E-05	5,09E-05	2,90E-06	1,07E-05	1,19E-06	4,36E-06
Trichloroéthène (TCE)	3,80E-03	1,60E-03	3,80E-03	3,70E-01	1,49E-07	6,80E-07	3,05E-07	1,39E-06	1,24E-08	5,67E-08	2,54E-08	1,16E-07	5,33E-09	2,43E-08	2,18E-09	9,94E-09

INHALATION DE VAPEURS DE SUBSTANCES VOLATILES SUR DES VOIRIES

Substances	QD ADULTE				QD ENFANT				ERI ADULTE		ERI ENFANT		ERI ADULTE + ENFANT			
	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
Aliphatiques C>6-C8	6,10E-08	5,27E-05	5,27E-05	5,27E-05	1,25E-07	1,08E-04	1,08E-04	1,08E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>8-C10	8,46E-06	6,67E-03	6,68E-03	6,67E-03	1,73E-05	1,36E-02	1,37E-02	1,36E-02	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>10-C12	2,11E-06	7,91E-04	7,93E-04	7,91E-04	4,32E-06	1,62E-03	1,62E-03	1,62E-03	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aliphatiques C>12-C16	1,40E-06	7,05E-05	7,19E-05	7,05E-05	2,87E-06	1,44E-04	1,47E-04	1,44E-04	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aromatiques C>8-C10	1,45E-06	1,16E-05	1,31E-05	1,16E-05	2,97E-06	2,38E-05	2,68E-05	2,38E-05	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Aromatiques C>10-C12	6,87E-07	1,36E-05	1,43E-05	1,36E-05	1,41E-06	2,77E-05	2,92E-05	2,77E-05	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Benzène	1,24E-06	NC	1,24E-06	1,24E-06	2,53E-06	NC	2,53E-06	2,53E-06	1,38E-10	NC	5,65E-11	NC	1,95E-10	NC	1,95E-10	1,95E-10
Ethylbenzène	1,06E-08	NC	1,06E-08	1,06E-08	2,16E-08	NC	2,16E-08	2,16E-08	1,70E-11	NC	6,94E-12	NC	2,39E-11	NC	2,39E-11	2,39E-11
Toluène	4,53E-09	NC	4,53E-09	4,53E-09	9,27E-09	NC	9,27E-09	9,27E-09	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Xylènes totaux	8,97E-07	NC	8,97E-07	8,97E-07	1,83E-06	NC	1,83E-06	1,83E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	6,16E-07	NC	6,16E-07	6,16E-07	1,26E-06	NC	1,26E-06	1,26E-06	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	2,20E-07	NC	2,20E-07	2,20E-07	4,50E-07	NC	4,50E-07	4,50E-07	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Chloroforme (Trichlorométhane)	4,78E-07	1,30E-07	6,09E-07	4,78E-07	9,79E-07	2,66E-07	1,24E-06	9,79E-07	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	2,39E-08	9,92E-09	3,38E-08	2,39E-08	4,89E-08	2,03E-08	6,92E-08	4,89E-08	6,15E-14	2,55E-14	2,52E-14	1,04E-14	8,67E-14	3,59E-14	1,23E-13	8,67E-14
Dichloroéthène, 1,2cis-	1,88E-07	2,71E-07	4,38E-07	2,71E-07	3,43E-07	5,54E-07	8,97E-07	5,54E-07	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
Tétrachloroéthène (PCE)	1,69E-05	6,22E-05	7,92E-05	6,22E-05	3,46E-05	1,27E-04	1,62E-04	1,27E-04	7,54E-10	2,77E-09	3,08E-10	1,13E-09	1,06E-09	3,91E-09	4,97E-09	3,91E-09
Trichloroéthène (TCE)	3,88E-09	1,77E-08	2,16E-08	1,77E-08	7,94E-09	3,62E-08	4,42E-08	3,62E-08	5,33E-12	2,43E-11	2,18E-12	9,94E-12	7,51E-12	3,42E-11	4,18E-11	3,42E-11



Annexe 14 : Somme des quotients de danger par organe cible



Somme des QD par organe cible - Cumul A1 + B1 + C + D

QD ADULTE		Audition	Cancérogénèse rénale	Coordination motrice	Foie	Organe cible indéterminé ou multiple	Poids (variations)	Reins	Sang/moelle osseuse	Système immunitaire	Système nerveux
COUPES D'HYDROCARBURES											
-	Aliphatiques C>6-C8										1,4E-01
-	Aliphatiques C>8-C10				8,6E+00				8,6E+00		
-	Aliphatiques C>10-C12				1,0E+00				1,0E+00		
-	Aliphatiques C>12-C16				9,1E-02				9,1E-02		
-	Aromatiques C>8-C10						1,5E-02				
-	Aromatiques C>10-C12						1,8E-02				
BTEX											
71-43-2	Benzène									2,2E-04	
100-41-4	Ethylbenzène	4,3E-06									
108-88-3	Toluène										1,6E-06
1330-20-7	Xylènes totaux			4,0E-04							
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)										3,8E-04
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)										1,3E-04
HALOGENES											
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)		6,1E-04								
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)				1,3E-05						
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-					1,5E-03					
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)										3,5E-01
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)							1,0E-04			
ORGANIQUES											
Somme par organe cible		4,3E-06	6,1E-04	4,0E-04	9,7E+00	1,5E-03	3,3E-02	1,0E-04	9,7E+00	2,2E-04	4,9E-01

QD ENFANT		Audition	Cancérogénèse rénale	Coordination motrice	Foie	Organe cible indéterminé ou multiple	Poids (variations)	Reins	Sang/moelle osseuse	Système immunitaire	Système nerveux
COUPES D'HYDROCARBURES											
-	Aliphatiques C>6-C8										1,1E-01
-	Aliphatiques C>8-C10				6,8E+00				6,8E+00		
-	Aliphatiques C>10-C12				8,0E-01				8,0E-01		
-	Aliphatiques C>12-C16				7,1E-02				7,1E-02		
-	Aromatiques C>8-C10						1,2E-02				
-	Aromatiques C>10-C12						1,4E-02				
BTEX											
71-43-2	Benzène									1,7E-04	
100-41-4	Ethylbenzène	3,4E-06									
108-88-3	Toluène										1,3E-06
1330-20-7	Xylènes totaux			3,1E-04							
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)										3,0E-04
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)										1,0E-04
HALOGENES											
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)		4,8E-04								
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)				1,0E-05						
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-					1,1E-03					
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)										2,7E-01
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)							8,0E-05			
Somme par organe cible		3,4E-06	4,8E-04	3,1E-04	7,6E+00	1,1E-03	2,6E-02	8,0E-05	7,6E+00	1,7E-04	3,8E-01

Somme des QD par organe cible - Cumul A1 + B2 + C + D

QD ADULTE		Audition	Cancérogénèse rénale	Coordination motrice	Foie	Organe cible indéterminé ou multiple	Poids (variations)	Reins	Sang/moelle osseuse	Système immunitaire	Système nerveux
COUPES D'HYDROCARBURES											
-	Aliphatiques C>6-C8										1,1E-01
-	Aliphatiques C>8-C10				6,8E+00				6,8E+00		
-	Aliphatiques C>10-C12				8,1E-01				8,1E-01		
-	Aliphatiques C>12-C16				7,2E-02				7,2E-02		
-	Aromatiques C>8-C10						1,2E-02				
-	Aromatiques C>10-C12						1,4E-02				
BTEX											
71-43-2	Benzène									1,7E-04	
100-41-4	Ethylbenzène	3,4E-06									
108-88-3	Toluène										1,2E-06
1330-20-7	Xylènes totaux			3,1E-04							
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)										3,0E-04
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)										1,0E-04
HALOGENES											
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)		4,7E-04								
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)				1,0E-05						
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-					1,1E-03					
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)										2,7E-01
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)							7,9E-05			
Somme par organe cible		3,4E-06	4,7E-04	3,1E-04	7,7E+00	1,1E-03	2,6E-02	7,9E-05	7,7E+00	1,7E-04	3,8E-01

QD ENFANT		Audition	Cancérogénèse rénale	Coordination motrice	Foie	Organe cible indéterminé ou multiple	Poids (variations)	Reins	Sang/moelle osseuse	Système immunitaire	Système nerveux
COUPES D'HYDROCARBURES											
-	Aliphatiques C>6-C8										1,0E-01
-	Aliphatiques C>8-C10				6,7E+00				6,7E+00		
-	Aliphatiques C>10-C12				7,9E-01				7,9E-01		
-	Aliphatiques C>12-C16				7,0E-02				7,0E-02		
-	Aromatiques C>8-C10						1,2E-02				
-	Aromatiques C>10-C12						1,4E-02				
BTEX											
71-43-2	Benzène									1,7E-04	
100-41-4	Ethylbenzène	3,3E-06									
108-88-3	Toluène										1,2E-06
1330-20-7	Xylènes totaux			3,1E-04							
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)										2,9E-04
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)										1,0E-04
HALOGENES											
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)		4,7E-04								
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)				9,8E-06						
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-					1,1E-03					
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)										2,7E-01
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)							7,9E-05			
Somme par organe cible		3,3E-06	4,7E-04	3,1E-04	7,5E+00	1,1E-03	2,5E-02	7,9E-05	7,5E+00	1,7E-04	3,8E-01

Somme des QD par organe cible - Cumul A2 + B1 + C + D

QD ADULTE		Audition	Cancérogénèse rénale	Coordination motrice	Foie	Organe cible indéterminé ou multiple	Poids (variations)	Reins	Sang/moelle osseuse	Système immunitaire	Système nerveux
COUPES D'HYDROCARBURES											
-	Aliphatiques C>6-C8										3,4E-02
-	Aliphatiques C>8-C10				2,3E+00				2,3E+00		
-	Aliphatiques C>10-C12				2,8E-01				2,8E-01		
-	Aliphatiques C>12-C16				2,5E-02				2,5E-02		
-	Aromatiques C>8-C10						4,0E-03				
-	Aromatiques C>10-C12						4,7E-03				
BTEX											
71-43-2	Benzène									5,7E-05	
100-41-4	Ethylbenzène	1,1E-06									
108-88-3	Toluène										4,0E-07
1330-20-7	Xylènes totaux			9,7E-05							
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)										9,2E-05
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)										3,2E-05
HALOGENES											
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)		1,5E-04								
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)				3,5E-06						
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-					3,5E-04					
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)										8,4E-02
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)							2,4E-05			
Somme par organe cible		1,1E-06	1,5E-04	9,7E-05	2,6E+00	3,5E-04	8,8E-03	2,4E-05	2,6E+00	5,7E-05	1,2E-01

QD ENFANT		Audition	Cancérogénèse rénale	Coordination motrice	Foie	Organe cible indéterminé ou multiple	Poids (variations)	Reins	Sang/moelle osseuse	Système immunitaire	Système nerveux
COUPES D'HYDROCARBURES											
-	Aliphatiques C>6-C8										4,6E-03
-	Aliphatiques C>8-C10				4,6E-01				4,6E-01		
-	Aliphatiques C>10-C12				5,5E-02				5,5E-02		
-	Aliphatiques C>12-C16				4,9E-03				4,9E-03		
-	Aromatiques C>8-C10						8,1E-04				
-	Aromatiques C>10-C12						9,4E-04				
BTEX											
71-43-2	Benzène									9,1E-06	
100-41-4	Ethylbenzène	1,2E-07									
108-88-3	Toluène										4,6E-08
1330-20-7	Xylènes totaux			1,1E-05							
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)										9,1E-06
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)										3,2E-06
HALOGENES											
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)		1,5E-05								
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)				7,1E-07						
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-					3,8E-05					
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)										9,0E-03
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)							2,5E-06			
Somme par organe cible		1,2E-07	1,5E-05	1,1E-05	5,2E-01	3,8E-05	1,7E-03	2,5E-06	5,2E-01	9,1E-06	1,4E-02

Somme des QD par organe cible - Cumul A2 + B2+ C + D

QD ADULTE		Audition	Cancérogénèse rénale	Coordination motrice	Foie	Organe cible indéterminé ou multiple	Poids (variations)	Reins	Sang/moelle osseuse	Système immunitaire	Système nerveux
COUPES D'HYDROCARBURES											
-	Aliphatiques C>6-C8										3,9E-03
-	Aliphatiques C>8-C10				5,0E-01				5,0E-01		
-	Aliphatiques C>10-C12				5,9E-02				5,9E-02		
-	Aliphatiques C>12-C16				5,2E-03				5,2E-03		
-	Aromatiques C>8-C10						8,6E-04				
-	Aromatiques C>10-C12						1,0E-03				
BTEX											
71-43-2	Benzène									1,0E-05	
100-41-4	Ethylbenzène	1,0E-07									
108-88-3	Toluène										4,0E-08
1330-20-7	Xylènes totaux			8,8E-06							
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)										6,3E-06
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)										2,3E-06
HALOGENES											
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)		1,1E-05								
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)				7,8E-07						
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-					2,6E-05					
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)										6,1E-03
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)							1,6E-06			
Somme par organe cible		1,0E-07	1,1E-05	8,8E-06	5,6E-01	2,6E-05	1,9E-03	1,6E-06	5,6E-01	1,0E-05	1,0E-02

QD ENFANT		Audition	Cancérogénèse rénale	Coordination motrice	Foie	Organe cible indéterminé ou multiple	Poids (variations)	Reins	Sang/moelle osseuse	Système immunitaire	Système nerveux
COUPES D'HYDROCARBURES											
-	Aliphatiques C>6-C8										2,9E-03
-	Aliphatiques C>8-C10				3,7E-01				3,7E-01		
-	Aliphatiques C>10-C12				4,4E-02				4,4E-02		
-	Aliphatiques C>12-C16				3,9E-03				3,9E-03		
-	Aromatiques C>8-C10						6,4E-04				
-	Aromatiques C>10-C12						7,5E-04				
BTEX											
71-43-2	Benzène									6,4E-06	
100-41-4	Ethylbenzène	6,5E-08									
108-88-3	Toluène										2,6E-08
1330-20-7	Xylènes totaux			5,7E-06							
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)										4,1E-06
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)										1,5E-06
HALOGENES											
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)		7,6E-06								
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)				5,7E-07						
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-					1,9E-05					
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)										4,5E-03
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)							1,2E-06			
Somme par organe cible		6,5E-08	7,6E-06	5,7E-06	4,1E-01	1,9E-05	1,4E-03	1,2E-06	4,1E-01	6,4E-06	7,4E-03



Annexe 15 : Cumul des scénarios



Résultats des calculs de risques pour le cumul des scénarios - Cumul A1 + B1 + C + D

QD ADULTE		Logements sans sous-sol		RDC résidence sénior sans sous-sol		R+1 résidence sénior		EXTERIEUR AVEC ENROBE		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
COUPES D'HYDROCARBURES											
-	Aliphatiques C>6-C8	1,75E-05	1,05E-01	5,17E-06	3,10E-02	1,91E-07	1,65E-04	6,10E-08	5,27E-05	1,36E-01	1,36E-01
-	Aliphatiques C>8-C10	2,34E-02	6,63E+00	6,91E-03	1,96E+00	2,65E-05	2,09E-02	8,46E-06	6,67E-03	8,64E+00	8,61E+00
-	Aliphatiques C>10-C12	7,10E-04	7,86E-01	2,10E-04	2,32E-01	6,62E-06	2,48E-03	2,11E-06	7,91E-04	1,02E+00	1,02E+00
-	Aliphatiques C>12-C16	1,44E-04	7,01E-02	4,26E-05	2,07E-02	4,40E-06	2,21E-04	1,40E-06	7,05E-05	9,13E-02	9,11E-02
-	Aromatiques C>8-C10	3,74E-04	1,16E-02	1,11E-04	3,42E-03	4,55E-06	3,65E-05	1,45E-06	1,16E-05	1,55E-02	1,50E-02
-	Aromatiques C>10-C12	5,97E-05	1,35E-02	1,77E-05	3,99E-03	2,16E-06	4,25E-05	6,87E-07	1,36E-05	1,76E-02	1,75E-02
BTEX											
71-43-2	Benzène	1,64E-04	NC	4,85E-05	NC	3,89E-06	NC	1,24E-06	NC	2,18E-04	2,18E-04
100-41-4	Ethylbenzène	3,30E-06	NC	9,76E-07	NC	3,31E-08	NC	1,06E-08	NC	4,32E-06	4,32E-06
108-88-3	Toluène	1,22E-06	NC	3,61E-07	NC	1,42E-08	NC	4,53E-09	NC	1,60E-06	1,60E-06
1330-20-7	Xylènes totaux	3,03E-04	NC	8,96E-05	NC	2,81E-06	NC	8,97E-07	NC	3,96E-04	3,96E-04
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	2,93E-04	NC	8,65E-05	NC	1,93E-06	NC	6,16E-07	NC	3,82E-04	3,82E-04
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	1,00E-04	NC	2,97E-05	NC	6,91E-07	NC	2,20E-07	NC	1,31E-04	1,31E-04
HALOGENES											
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)	4,69E-04	2,76E-04	1,39E-04	8,17E-05	1,50E-06	4,08E-07	4,78E-07	1,30E-07	9,68E-04	6,10E-04
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	2,55E-06	9,75E-06	7,54E-07	2,88E-06	7,51E-08	3,11E-08	2,39E-08	9,92E-09	1,61E-05	1,27E-05
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-	2,12E-05	1,13E-03	6,29E-06	3,34E-04	5,26E-07	8,49E-07	1,68E-07	2,71E-07	1,49E-03	1,46E-03
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	1,72E-02	2,70E-01	5,09E-03	7,97E-02	5,31E-05	1,95E-04	1,69E-05	6,22E-05	3,72E-01	3,50E-01
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	1,43E-06	7,86E-05	4,23E-07	2,33E-05	1,22E-08	5,56E-08	3,88E-09	1,77E-08	1,04E-04	1,02E-04

QD ENFANT		Logements sans sous-sol		RDC résidence sénior sans sous-sol		R+1 résidence sénior		EXTERIEUR AVEC ENROBE		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
COUPES D'HYDROCARBURES											
-	Aliphatiques C>6-C8	1,75E-05	1,05E-01	3,06E-07	1,83E-03	NC	NC	1,25E-07	1,08E-04	1,07E-01	1,07E-01
-	Aliphatiques C>8-C10	2,34E-02	6,63E+00	4,08E-04	1,16E-01	NC	NC	1,73E-05	1,36E-02	6,78E+00	6,75E+00
-	Aliphatiques C>10-C12	7,10E-04	7,86E-01	1,24E-05	1,37E-02	NC	NC	4,32E-06	1,62E-03	8,02E-01	8,01E-01
-	Aliphatiques C>12-C16	1,44E-04	7,01E-02	2,52E-06	1,23E-03	NC	NC	2,87E-06	1,44E-04	7,16E-02	7,15E-02
-	Aromatiques C>8-C10	3,74E-04	1,16E-02	6,53E-06	2,02E-04	NC	NC	2,97E-06	2,38E-05	1,22E-02	1,18E-02
-	Aromatiques C>10-C12	5,97E-05	1,35E-02	1,04E-06	2,36E-04	NC	NC	1,41E-06	2,77E-05	1,38E-02	1,37E-02
BTEX											
71-43-2	Benzène	1,64E-04	NC	2,87E-06	NC	NC	NC	2,53E-06	NC	1,69E-04	1,69E-04
100-41-4	Ethylbenzène	3,30E-06	NC	5,76E-08	NC	NC	NC	2,16E-08	NC	3,38E-06	3,38E-06
108-88-3	Toluène	1,22E-06	NC	2,14E-08	NC	NC	NC	9,27E-09	NC	1,25E-06	1,25E-06
1330-20-7	Xylènes totaux	3,03E-04	NC	5,30E-06	NC	NC	NC	1,83E-06	NC	3,10E-04	3,10E-04
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	2,93E-04	NC	5,11E-06	NC	NC	NC	1,26E-06	NC	2,99E-04	2,99E-04
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	1,00E-04	NC	1,76E-06	NC	NC	NC	4,50E-07	NC	1,03E-04	1,03E-04
HALOGENES											
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)	4,69E-04	2,76E-04	8,20E-06	4,83E-06	NC	NC	9,79E-07	2,66E-07	7,59E-04	4,78E-04
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	2,55E-06	9,75E-06	4,45E-08	1,70E-07	NC	NC	4,89E-08	2,03E-08	1,26E-05	9,97E-06
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-	2,12E-05	1,13E-03	3,71E-07	1,97E-05	NC	NC	3,43E-07	5,54E-07	1,17E-03	1,15E-03
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	1,72E-02	2,70E-01	3,00E-04	4,71E-03	NC	NC	3,46E-05	1,27E-04	2,92E-01	2,74E-01
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	1,43E-06	7,86E-05	2,50E-08	1,37E-06	NC	NC	7,94E-09	3,62E-08	8,15E-05	8,00E-05

Résultats des calculs de risques pour le cumul des scénarios - Cumul A1 + B1 + C + D

ERI ADULTE		Logements sans sous-sol		RDC résidence sénior sans sous-sol		R+1 résidence sénior		EXTERIEUR AVEC ENROBE		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
BTEX											
71-43-2	Benzène	1,83E-08	NC	7,57E-09	NC	4,33E-10	NC	1,38E-10	NC	2,64E-08	2,64E-08
100-41-4	Ethylbenzène	5,30E-09	NC	2,19E-09	NC	5,32E-11	NC	1,70E-11	NC	7,57E-09	7,57E-09
HALOGENES											
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	6,55E-12	2,51E-11	2,71E-12	1,04E-11	1,93E-13	8,00E-14	6,15E-14	2,55E-14	4,51E-11	3,57E-11
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	7,66E-07	1,20E-05	3,17E-07	4,98E-06	2,36E-09	8,70E-09	7,54E-10	2,77E-09	1,81E-05	1,70E-05
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	1,96E-09	1,08E-07	8,13E-10	4,46E-08	1,67E-11	7,62E-11	5,33E-12	2,43E-11	1,55E-07	1,53E-07

ERI ENFANT		Logements sans sous-sol		RDC résidence sénior sans sous-sol		R+1 résidence sénior		EXTERIEUR AVEC ENROBE		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
BTEX											
71-43-2	Benzène	3,66E-09	NC	6,39E-11	NC	NC	NC	5,65E-11	NC	3,78E-09	3,78E-09
100-41-4	Ethylbenzène	1,06E-09	NC	1,85E-11	NC	NC	NC	6,94E-12	NC	1,09E-09	1,09E-09
HALOGENES											
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	1,31E-12	5,01E-12	2,29E-14	8,76E-14	NC	NC	2,52E-14	1,04E-14	6,47E-12	5,12E-12
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	1,53E-07	2,40E-06	2,68E-09	4,20E-08	NC	NC	3,08E-10	1,13E-09	2,60E-06	2,45E-06
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	3,93E-10	2,16E-08	6,86E-12	3,77E-10	NC	NC	2,18E-12	9,94E-12	2,23E-08	2,19E-08

ERI ADULTE + ENFANT		Logements sans sous-sol		RDC résidence sénior sans sous-sol		R+1 résidence sénior		EXTERIEUR AVEC ENROBE		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
BTEX											
71-43-2	Benzène	2,19E-08	NC	7,63E-09	NC	4,33E-10	NC	1,95E-10	NC	3,02E-08	3,02E-08
100-41-4	Ethylbenzène	6,36E-09	NC	2,21E-09	NC	5,32E-11	NC	2,39E-11	NC	8,65E-09	8,65E-09
HALOGENES											
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	7,86E-12	3,01E-11	2,74E-12	1,05E-11	1,93E-13	8,00E-14	8,67E-14	3,59E-14	5,15E-11	4,08E-11
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	9,19E-07	1,44E-05	3,20E-07	5,02E-06	2,36E-09	8,70E-09	1,06E-09	3,91E-09	2,07E-05	1,94E-05
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	2,36E-09	1,29E-07	8,20E-10	4,50E-08	1,67E-11	7,62E-11	7,51E-12	3,42E-11	1,78E-07	1,74E-07

Résultats des calculs de risques pour le cumul des scénarios A1 + B2 + C + D

QD ADULTE		SOUS SOL - Résidence Sénior		RDC résidence sénior avec sous-sol		Logements sans sous- sol		R+1 résidence sénior		EXTERIEUR AVEC ENROBE		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs			
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
COUPES D'HYDROCARBURES													
-	Aliphatiques C>6-C8	3,50E-08	5,70E-04	3,05E-08	4,97E-04	1,75E-05	1,05E-01	1,91E-07	1,65E-04	6,10E-08	5,27E-05	1,06E-01	1,06E-01
-	Aliphatiques C>8-C10	8,52E-06	7,21E-02	7,44E-06	6,30E-02	2,34E-02	6,63E+00	2,65E-05	2,09E-02	8,46E-06	6,67E-03	6,81E+00	6,79E+00
-	Aliphatiques C>10-C12	1,26E-06	8,55E-03	1,10E-06	7,47E-03	7,10E-04	7,86E-01	6,62E-06	2,48E-03	2,11E-06	7,91E-04	8,06E-01	8,05E-01
-	Aliphatiques C>12-C16	7,84E-07	7,63E-04	6,85E-07	6,66E-04	1,44E-04	7,01E-02	4,40E-06	2,21E-04	1,40E-06	7,05E-05	7,20E-02	7,18E-02
-	Aromatiques C>8-C10	8,90E-07	1,26E-04	7,77E-07	1,10E-04	3,74E-04	1,16E-02	4,55E-06	3,65E-05	1,45E-06	1,16E-05	1,22E-02	1,18E-02
-	Aromatiques C>10-C12	3,84E-07	1,47E-04	3,35E-07	1,28E-04	5,97E-05	1,35E-02	2,16E-06	4,25E-05	6,87E-07	1,36E-05	1,39E-02	1,38E-02
BTX													
71-43-2	Benzène	7,98E-07	NC	6,96E-07	NC	1,64E-04	NC	3,89E-06	NC	1,24E-06	NC	1,71E-04	1,71E-04
100-41-4	Ethylbenzène	8,77E-09	NC	7,65E-09	NC	3,30E-06	NC	3,31E-08	NC	1,06E-08	NC	3,36E-06	3,36E-06
108-88-3	Toluène	3,34E-09	NC	2,91E-09	NC	1,22E-06	NC	1,42E-08	NC	4,53E-09	NC	1,25E-06	1,25E-06
1330-20-7	Xylènes totaux	7,81E-07	NC	6,82E-07	NC	3,03E-04	NC	2,81E-06	NC	8,97E-07	NC	3,08E-04	3,08E-04
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	5,85E-07	NC	5,10E-07	NC	2,93E-04	NC	1,93E-06	NC	6,16E-07	NC	2,96E-04	2,96E-04
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	2,08E-07	NC	1,81E-07	NC	1,00E-04	NC	6,91E-07	NC	2,20E-07	NC	1,02E-04	1,02E-04
HALOGENES													
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)	2,16E-07	1,36E-06	1,89E-07	1,19E-06	4,69E-04	2,76E-04	1,50E-06	4,08E-07	4,78E-07	1,30E-07	7,50E-04	4,73E-04
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	1,29E-08	1,05E-07	1,13E-08	9,20E-08	2,55E-06	9,75E-06	7,51E-08	3,11E-08	2,39E-08	9,92E-09	1,27E-05	1,00E-05
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-	1,29E-07	3,83E-06	1,13E-07	3,34E-06	2,12E-05	1,13E-03	5,26E-07	8,49E-07	1,68E-07	2,71E-07	1,16E-03	1,14E-03
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	1,12E-05	8,96E-04	9,78E-06	7,83E-04	1,72E-02	2,70E-01	5,31E-05	1,95E-04	1,69E-05	6,22E-05	2,89E-01	2,71E-01
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	2,64E-09	2,36E-07	2,30E-09	2,06E-07	1,43E-06	7,86E-05	1,22E-08	5,56E-08	3,88E-09	1,77E-08	8,06E-05	7,91E-05

QD ENFANT		SOUS SOL - ZONE 2		RDC AVEC SOUS SOL - SOURCE 2	RDC		EXTERIEUR AVEC ENROBE		EXTERIEUR AVEC ENROBE - SOURCE 2		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL	
		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs			
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol			Source nappe
COUPES D'HYDROCARBURES													
-	Aliphatiques C>6-C8	8,26E-09	1,35E-04	1,80E-09	2,94E-05	1,75E-05	1,05E-01	NC	NC	1,25E-07	1,08E-04	1,05E-01	1,05E-01
-	Aliphatiques C>8-C10	2,01E-06	1,70E-02	4,39E-07	3,72E-03	2,34E-02	6,63E+00	NC	NC	1,73E-05	1,36E-02	6,68E+00	6,66E+00
-	Aliphatiques C>10-C12	2,97E-07	2,02E-03	6,48E-08	4,41E-04	7,10E-04	7,86E-01	NC	NC	4,32E-06	1,62E-03	7,91E-01	7,90E-01
-	Aliphatiques C>12-C16	1,85E-07	1,80E-04	4,05E-08	3,94E-05	1,44E-04	7,01E-02	NC	NC	2,87E-06	1,44E-04	7,06E-02	7,05E-02
-	Aromatiques C>8-C10	2,10E-07	2,97E-05	4,59E-08	6,49E-06	3,74E-04	1,16E-02	NC	NC	2,97E-06	2,38E-05	1,20E-02	1,16E-02
-	Aromatiques C>10-C12	9,07E-08	3,47E-05	1,98E-08	7,57E-06	5,97E-05	1,35E-02	NC	NC	1,41E-06	2,77E-05	1,36E-02	1,36E-02
BTX													
71-43-2	Benzène	1,89E-07	NC	4,11E-08	NC	1,64E-04	NC	NC	NC	2,53E-06	NC	1,67E-04	1,67E-04
100-41-4	Ethylbenzène	2,07E-09	NC	4,52E-10	NC	3,30E-06	NC	NC	NC	2,16E-08	NC	3,32E-06	3,32E-06
108-88-3	Toluène	7,88E-10	NC	1,72E-10	NC	1,22E-06	NC	NC	NC	9,27E-09	NC	1,23E-06	1,23E-06
1330-20-7	Xylènes totaux	1,85E-07	NC	4,03E-08	NC	3,03E-04	NC	NC	NC	1,83E-06	NC	3,05E-04	3,05E-04
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	1,38E-07	NC	3,02E-08	NC	2,93E-04	NC	NC	NC	1,26E-06	NC	2,94E-04	2,94E-04
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	4,91E-08	NC	1,07E-08	NC	1,00E-04	NC	NC	NC	4,50E-07	NC	1,01E-04	1,01E-04
HALOGENES													
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)	5,11E-08	3,22E-07	1,12E-08	7,02E-08	4,69E-04	2,76E-04	NC	NC	9,79E-07	2,66E-07	7,47E-04	4,70E-04
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	3,05E-09	2,49E-08	6,66E-10	5,44E-09	2,55E-06	9,75E-06	NC	NC	4,89E-08	2,03E-08	1,24E-05	9,83E-06
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-	3,05E-08	9,04E-07	6,65E-09	1,97E-07	2,12E-05	1,13E-03	NC	NC	3,43E-07	5,54E-07	1,15E-03	1,13E-03
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	2,65E-06	2,12E-04	5,78E-07	4,62E-05	1,72E-02	2,70E-01	NC	NC	3,46E-05	1,27E-04	2,87E-01	2,70E-01
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	6,23E-10	5,57E-08	1,36E-10	1,22E-08	1,43E-06	7,86E-05	NC	NC	7,94E-09	3,62E-08	8,02E-05	7,87E-05

Résultats des calculs de risques pour le cumul des scénarios A1 + B2 + C + D

ERI ADULTE		SOUS SOL - ZONE 2		RDC AVEC SOUS SOL - SOURCE 2		RDC		EXTERIEUR AVEC ENROBE		EXTERIEUR AVEC ENROBE - SOURCE 2		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs			
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
BTEX													
71-43-2	Benzène	1,24E-10	NC	1,09E-10	NC	1,83E-08	NC	4,33E-10	NC	1,38E-10	NC	1,91E-08	1,91E-08
100-41-4	Ethylbenzène	1,97E-11	NC	1,72E-11	NC	5,30E-09	NC	5,32E-11	NC	1,70E-11	NC	5,41E-09	5,41E-09
HALOGENES													
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	4,65E-14	3,79E-13	4,06E-14	3,31E-13	6,55E-12	2,51E-11	1,93E-13	8,00E-14	6,15E-14	2,55E-14	3,28E-11	2,60E-11
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	6,99E-10	5,59E-08	6,10E-10	4,88E-08	7,66E-07	1,20E-05	2,36E-09	8,70E-09	7,54E-10	2,77E-09	1,29E-05	1,21E-05
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	5,06E-12	4,53E-10	4,42E-12	3,95E-10	1,96E-09	1,08E-07	1,67E-11	7,62E-11	5,33E-12	2,43E-11	1,11E-07	1,09E-07

ERI ENFANT		SOUS SOL - ZONE 2		RDC AVEC SOUS SOL - SOURCE 2		RDC		EXTERIEUR AVEC ENROBE		EXTERIEUR AVEC ENROBE - SOURCE 2		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs			
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
BTEX													
71-43-2	Benzène	4,20E-12	NC	9,17E-13	NC	3,66E-09	NC	NC	NC	5,65E-11		3,72E-09	3,72E-09
100-41-4	Ethylbenzène	6,66E-13	NC	1,45E-13	NC	1,06E-09	NC	NC	NC	6,94E-12		1,07E-09	1,07E-09
HALOGENES													
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	1,57E-15	1,28E-14	3,43E-16	2,80E-15	1,31E-12	5,01E-12	NC	NC	2,52E-14	1,04E-14	6,38E-12	5,05E-12
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	2,36E-11	1,89E-09	5,15E-12	4,12E-10	1,53E-07	2,40E-06	NC	NC	3,08E-10	1,13E-09	2,56E-06	2,41E-06
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	1,71E-13	1,53E-11	3,73E-14	3,34E-12	3,93E-10	2,16E-08	NC	NC	2,18E-12	9,94E-12	2,20E-08	2,16E-08

ERI ADULTE + ENFANT		SOUS SOL - ZONE 2		RDC AVEC SOUS SOL - SOURCE 2		RDC		EXTERIEUR AVEC ENROBE		EXTERIEUR AVEC ENROBE - SOURCE 2		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs			
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
BTEX													
71-43-2	Benzène	1,29E-10	NC	1,10E-10	NC	2,19E-08	NC	4,33E-10	NC	1,95E-10	NC	2,28E-08	2,28E-08
100-41-4	Ethylbenzène	2,04E-11	NC	1,74E-11	NC	6,36E-09	NC	5,32E-11	NC	2,39E-11	NC	6,47E-09	6,47E-09
HALOGENES													
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	4,81E-14	3,92E-13	4,09E-14	3,34E-13	7,86E-12	3,01E-11	1,93E-13	8,00E-14	8,67E-14	3,59E-14	3,91E-11	3,11E-11
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	7,22E-10	5,78E-08	6,15E-10	4,92E-08	9,19E-07	1,44E-05	2,36E-09	8,70E-09	1,06E-09	3,91E-09	1,55E-05	1,45E-05
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	5,23E-12	4,68E-10	4,46E-12	3,98E-10	2,36E-09	1,29E-07	1,67E-11	7,62E-11	7,51E-12	3,42E-11	1,33E-07	1,30E-07

Résultats des calculs de risques pour le cumul des scénarios - Cumul A2 + B1 + C + D

QD ADULTE		SOUS SOL - Logements		RDC logements avec sous-sol		RDC résidence sénior sans sous-sol		R+1 résidence sénior		EXTERIEUR AVEC ENROBE		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs			
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
COUPES D'HYDROCARBURES													
-	Aliphatiques C>6-C8	5,80E-08	9,45E-04	1,03E-07	1,68E-03	5,17E-06	3,10E-02	1,91E-07	1,65E-04	6,10E-08	5,27E-05	3,38E-02	3,38E-02
-	Aliphatiques C>8-C10	1,41E-05	1,20E-01	2,51E-05	2,13E-01	6,91E-03	1,96E+00	2,65E-05	2,09E-02	8,46E-06	6,67E-03	2,33E+00	2,32E+00
-	Aliphatiques C>10-C12	2,08E-06	1,42E-02	3,71E-06	2,52E-02	2,10E-04	2,32E-01	6,62E-06	2,48E-03	2,11E-06	7,91E-04	2,75E-01	2,75E-01
-	Aliphatiques C>12-C16	1,30E-06	1,27E-03	2,31E-06	2,25E-03	4,26E-05	2,07E-02	4,40E-06	2,21E-04	1,40E-06	7,05E-05	2,46E-02	2,45E-02
-	Aromatiques C>8-C10	1,48E-06	2,09E-04	2,63E-06	3,71E-04	1,11E-04	3,42E-03	4,55E-06	3,65E-05	1,45E-06	1,16E-05	4,17E-03	4,05E-03
-	Aromatiques C>10-C12	6,37E-07	2,43E-04	1,13E-06	4,33E-04	1,77E-05	3,99E-03	2,16E-06	4,25E-05	6,87E-07	1,36E-05	4,74E-03	4,72E-03
BTEX													
71-43-2	Benzène	1,32E-06	NC	2,35E-06	NC	4,85E-05	NC	3,89E-06	NC	1,24E-06	NC	5,73E-05	5,73E-05
100-41-4	Ethylbenzène	1,45E-08	NC	2,59E-08	NC	9,76E-07	NC	3,31E-08	NC	1,06E-08	NC	1,06E-06	1,06E-06
108-88-3	Toluène	5,53E-09	NC	9,85E-09	NC	3,61E-07	NC	1,42E-08	NC	4,53E-09	NC	3,96E-07	3,96E-07
1330-20-7	Xylènes totaux	1,30E-06	NC	2,31E-06	NC	8,96E-05	NC	2,81E-06	NC	8,97E-07	NC	9,69E-05	9,69E-05
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	9,70E-07	NC	1,73E-06	NC	8,65E-05	NC	1,93E-06	NC	6,16E-07	NC	9,18E-05	9,18E-05
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	3,45E-07	NC	6,14E-07	NC	2,97E-05	NC	6,91E-07	NC	2,20E-07	NC	3,16E-05	3,16E-05
HALOGENES													
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)	3,59E-07	2,26E-06	6,38E-07	4,01E-06	1,39E-04	8,17E-05	1,50E-06	4,08E-07	4,78E-07	1,30E-07	2,30E-04	1,47E-04
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	2,14E-08	1,75E-07	3,81E-08	3,11E-07	7,54E-07	2,88E-06	7,51E-08	3,11E-08	2,39E-08	9,92E-09	4,32E-06	3,47E-06
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-	2,14E-07	6,35E-06	3,80E-07	1,13E-05	6,29E-06	3,34E-04	5,26E-07	8,49E-07	1,68E-07	2,71E-07	3,60E-04	3,52E-04
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	1,86E-05	1,49E-03	3,31E-05	2,65E-03	5,09E-03	7,97E-02	5,31E-05	1,95E-04	1,69E-05	6,22E-05	8,93E-02	8,41E-02
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	4,38E-09	3,91E-07	7,78E-09	6,96E-07	4,23E-07	2,33E-05	1,22E-08	5,56E-08	3,88E-09	1,77E-08	2,49E-05	2,44E-05

QD ENFANT		SOUS SOL		RDC AVEC SOUS SOL		RDC - SOURCE 2		EXTERIEUR AVEC ENROBE		EXTERIEUR AVEC ENROBE - SOURCE 2		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs			
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
COUPES D'HYDROCARBURES													
-	Aliphatiques C>6-C8	5,80E-08	9,45E-04	1,03E-07	1,68E-03	3,06E-07	1,83E-03	NC	NC	1,25E-07	1,08E-04	4,56E-03	4,56E-03
-	Aliphatiques C>8-C10	1,41E-05	1,20E-01	2,51E-05	2,13E-01	4,08E-04	1,16E-01	NC	NC	1,73E-05	1,36E-02	4,62E-01	4,62E-01
-	Aliphatiques C>10-C12	2,08E-06	1,42E-02	3,71E-06	2,52E-02	1,24E-05	1,37E-02	NC	NC	4,32E-06	1,62E-03	5,48E-02	5,48E-02
-	Aliphatiques C>12-C16	1,30E-06	1,27E-03	2,31E-06	2,25E-03	2,52E-06	1,23E-03	NC	NC	2,87E-06	1,44E-04	4,90E-03	4,89E-03
-	Aromatiques C>8-C10	1,48E-06	2,09E-04	2,63E-06	3,71E-04	6,53E-06	2,02E-04	NC	NC	2,97E-06	2,38E-05	8,19E-04	8,06E-04
-	Aromatiques C>10-C12	6,37E-07	2,43E-04	1,13E-06	4,33E-04	1,04E-06	2,36E-04	NC	NC	1,41E-06	2,77E-05	9,44E-04	9,40E-04
BTEx													
71-43-2	Benzène	1,32E-06	NC	2,35E-06	NC	2,87E-06	NC	NC	NC	2,53E-06	NC	9,08E-06	9,08E-06
100-41-4	Ethylbenzène	1,45E-08	NC	2,59E-08	NC	5,76E-08	NC	NC	NC	2,16E-08	NC	1,20E-07	1,20E-07
108-88-3	Toluène	5,53E-09	NC	9,85E-09	NC	2,14E-08	NC	NC	NC	9,27E-09	NC	4,60E-08	4,60E-08
1330-20-7	Xylènes totaux	1,30E-06	NC	2,31E-06	NC	5,30E-06	NC	NC	NC	1,83E-06	NC	1,07E-05	1,07E-05
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	9,70E-07	NC	1,73E-06	NC	5,11E-06	NC	NC	NC	1,26E-06	NC	9,07E-06	9,07E-06
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	3,45E-07	NC	6,14E-07	NC	1,76E-06	NC	NC	NC	4,50E-07	NC	3,16E-06	3,16E-06
HALOGENES													
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)	3,59E-07	2,26E-06	6,38E-07	4,01E-06	8,20E-06	4,83E-06	NC	NC	9,79E-07	2,66E-07	2,15E-05	1,54E-05
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	2,14E-08	1,75E-07	3,81E-08	3,11E-07	4,45E-08	1,70E-07	NC	NC	4,89E-08	2,03E-08	8,30E-07	7,05E-07
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-	2,14E-07	6,35E-06	3,80E-07	1,13E-05	3,71E-07	1,97E-05	NC	NC	3,43E-07	5,54E-07	3,92E-05	3,79E-05
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	1,86E-05	1,49E-03	3,31E-05	2,65E-03	3,00E-04	4,71E-03	NC	NC	3,46E-05	1,27E-04	9,36E-03	8,97E-03
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	4,38E-09	3,91E-07	7,78E-09	6,96E-07	2,50E-08	1,37E-06	NC	NC	7,94E-09	3,62E-08	2,54E-06	2,50E-06

Résultats des calculs de risques pour le cumul des scénarios - Cumul A2 + B1 + C + D

ERI ADULTE		SOUS SOL		RDC AVEC SOUS SOL		RDC - SOURCE 2		EXTERIEUR AVEC ENROBE		EXTERIEUR AVEC ENROBE - SOURCE 2		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs			
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
BTEX													
71-43-2	Benzène	1,47E-10	NC	2,62E-10	NC	7,57E-09	NC	4,33E-10	NC	1,38E-10	NC	8,55E-09	8,55E-09
100-41-4	Ethylbenzène	2,34E-11	NC	4,16E-11	NC	2,19E-09	NC	5,32E-11	NC	1,70E-11	NC	2,33E-09	2,33E-09
HALOGENES													
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	5,51E-14	4,50E-13	9,80E-14	8,00E-13	2,71E-12	1,04E-11	1,93E-13	8,00E-14	6,15E-14	2,55E-14	1,49E-11	1,19E-11
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	8,28E-10	6,63E-08	1,47E-09	1,18E-07	3,17E-07	4,98E-06	2,36E-09	8,70E-09	7,54E-10	2,77E-09	5,49E-06	5,17E-06
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	6,00E-12	5,36E-10	1,07E-11	9,54E-10	8,13E-10	4,46E-08	1,67E-11	7,62E-11	5,33E-12	2,43E-11	4,71E-08	4,62E-08

ERI ENFANT		SOUS SOL		RDC AVEC SOUS SOL		RDC - SOURCE 2		EXTERIEUR AVEC ENROBE		EXTERIEUR AVEC ENROBE - SOURCE 2		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs			
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
BTEX													
71-43-2	Benzène	2,95E-11	NC	5,25E-11	NC	6,39E-11	NC	NC	NC	5,65E-11	NC	2,02E-10	2,02E-10
100-41-4	Ethylbenzène	4,67E-12	NC	8,32E-12	NC	1,85E-11	NC	NC	NC	6,94E-12	NC	3,85E-11	3,85E-11
HALOGENES													
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	1,10E-14	8,99E-14	1,96E-14	1,60E-13	2,29E-14	8,76E-14	NC	NC	2,52E-14	1,04E-14	4,27E-13	3,63E-13
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	1,66E-10	1,33E-08	2,95E-10	2,36E-08	2,68E-09	4,20E-08	NC	NC	3,08E-10	1,13E-09	8,34E-08	8,00E-08
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	1,20E-12	1,07E-10	2,14E-12	1,91E-10	6,86E-12	3,77E-10	NC	NC	2,18E-12	9,94E-12	6,97E-10	6,85E-10

ERI ADULTE + ENFANT		SOUS SOL		RDC AVEC SOUS SOL		RDC - SOURCE 2		EXTERIEUR AVEC ENROBE		EXTERIEUR AVEC ENROBE - SOURCE 2		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs			
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
BTEX													
71-43-2	Benzène	1,77E-10	NC	3,15E-10	NC	7,63E-09	NC	4,33E-10	NC	1,95E-10	NC	8,75E-09	8,75E-09
100-41-4	Ethylbenzène	2,80E-11	NC	4,99E-11	NC	2,21E-09	NC	5,32E-11	NC	2,39E-11	NC	2,37E-09	2,37E-09
HALOGENES													
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	6,61E-14	5,40E-13	1,18E-13	9,60E-13	2,74E-12	1,05E-11	1,93E-13	8,00E-14	8,67E-14	3,59E-14	1,53E-11	1,22E-11
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	9,94E-10	7,95E-08	1,77E-09	1,41E-07	3,20E-07	5,02E-06	2,36E-09	8,70E-09	1,06E-09	3,91E-09	5,58E-06	5,25E-06
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	7,20E-12	6,44E-10	1,28E-11	1,14E-09	8,20E-10	4,50E-08	1,67E-11	7,62E-11	7,51E-12	3,42E-11	4,78E-08	4,69E-08

Résultats des calculs de risques pour le cumul des scénarios - Cumul A2 + B2 + C + D

QD ADULTE		SOUS SOL - Logements		RDC logements avec sous-sol		JUS SOL - Résidence Sén		RDC résidence sénior avec sous-sol		R+1 résidence sénior		EXTERIEUR AVEC ENROBE		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs			
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
COUPES D'HYDROCARBURES															
-	Aliphatiques C>6-C8	5,80E-08	9,45E-04	3,50E-08	5,70E-04	1,03E-07	1,68E-03	3,05E-08	4,97E-04	1,91E-07	1,65E-04	6,10E-08	5,27E-05	3,91E-03	3,91E-03
-	Aliphatiques C>8-C10	1,41E-05	1,20E-01	8,52E-06	7,21E-02	2,51E-05	2,13E-01	7,44E-06	6,30E-02	2,65E-05	2,09E-02	8,46E-06	6,67E-03	4,95E-01	4,95E-01
-	Aliphatiques C>10-C12	2,08E-06	1,42E-02	1,26E-06	8,55E-03	3,71E-06	2,52E-02	1,10E-06	7,47E-03	6,62E-06	2,48E-03	2,11E-06	7,91E-04	5,87E-02	5,87E-02
-	Aliphatiques C>12-C16	1,30E-06	1,27E-03	7,84E-07	7,63E-04	2,31E-06	2,25E-03	6,85E-07	6,66E-04	4,40E-06	2,21E-04	1,40E-06	7,05E-05	5,25E-03	5,24E-03
-	Aromatiques C>8-C10	1,48E-06	2,09E-04	8,90E-07	1,26E-04	2,63E-06	3,71E-04	7,77E-07	1,10E-04	4,55E-06	3,65E-05	1,45E-06	1,16E-05	8,75E-04	8,64E-04
-	Aromatiques C>10-C12	6,37E-07	2,43E-04	3,84E-07	1,47E-04	1,13E-06	4,33E-04	3,35E-07	1,28E-04	2,16E-06	4,25E-05	6,87E-07	1,36E-05	1,01E-03	1,01E-03
BTEX															
71-43-2	Benzène	1,32E-06	NC	7,98E-07	NC	2,35E-06	NC	6,96E-07	NC	3,89E-06	NC	1,24E-06	NC	1,03E-05	1,03E-05
100-41-4	Ethylbenzène	1,45E-08	NC	8,77E-09	NC	2,59E-08	NC	7,65E-09	NC	3,31E-08	NC	1,06E-08	NC	1,01E-07	1,01E-07
108-88-3	Toluène	5,53E-09	NC	3,34E-09	NC	9,85E-09	NC	2,91E-09	NC	1,42E-08	NC	4,53E-09	NC	4,04E-08	4,04E-08
1330-20-7	Xylènes totaux	1,30E-06	NC	7,81E-07	NC	2,31E-06	NC	6,82E-07	NC	2,81E-06	NC	8,97E-07	NC	8,77E-06	8,77E-06
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	9,70E-07	NC	5,85E-07	NC	1,73E-06	NC	5,10E-07	NC	1,93E-06	NC	6,16E-07	NC	6,34E-06	6,34E-06
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	3,45E-07	NC	2,08E-07	NC	6,14E-07	NC	1,81E-07	NC	6,91E-07	NC	2,20E-07	NC	2,26E-06	2,26E-06
HALOGENES															
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)	3,59E-07	2,26E-06	2,16E-07	1,36E-06	6,38E-07	4,01E-06	1,89E-07	1,19E-06	1,50E-06	4,08E-07	4,78E-07	1,30E-07	1,27E-05	1,08E-05
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	2,14E-08	1,75E-07	1,29E-08	1,05E-07	3,81E-08	3,11E-07	1,13E-08	9,20E-08	7,51E-08	3,11E-08	2,39E-08	9,92E-09	9,07E-07	7,82E-07
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-	2,14E-07	6,35E-06	1,29E-07	3,83E-06	3,80E-07	1,13E-05	1,13E-07	3,34E-06	5,26E-07	8,49E-07	1,68E-07	2,71E-07	2,75E-05	2,59E-05
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	1,86E-05	1,49E-03	1,12E-05	8,96E-04	3,31E-05	2,65E-03	9,78E-06	7,83E-04	5,31E-05	1,95E-04	1,69E-05	6,22E-05	6,21E-03	6,07E-03
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	4,38E-09	3,91E-07	2,64E-09	2,36E-07	7,78E-09	6,96E-07	2,30E-09	2,06E-07	1,22E-08	5,56E-08	3,88E-09	1,77E-08	1,63E-06	1,60E-06

QD ENFANT		SOUS SOL		SOUS SOL - ZONE 2		RDC AVEC SOUS SOL		RDC AVEC SOUS SOL - SOURCE 2		EXTERIEUR AVEC ENROBE		EXTERIEUR AVEC ENROBE - SOURCE 2		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs			
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
COUPES D'HYDROCARBURES															
-	Aliphatiques C<6-C8	5,80E-08	9,45E-04	8,26E-09	1,35E-04	1,03E-07	1,68E-03	1,80E-09	2,94E-05	NC	NC	1,25E-07	1,08E-04	2,90E-03	2,90E-03
-	Aliphatiques C<8-C10	1,41E-05	1,20E-01	2,01E-06	1,70E-02	2,51E-05	2,13E-01	4,39E-07	3,72E-03	NC	NC	1,73E-05	1,36E-02	3,67E-01	3,67E-01
-	Aliphatiques C>10-C12	2,08E-06	1,42E-02	2,97E-07	2,02E-03	3,71E-06	2,52E-02	6,48E-08	4,41E-04	NC	NC	4,32E-06	1,62E-03	4,35E-02	4,35E-02
-	Aliphatiques C>12-C16	1,30E-06	1,27E-03	1,85E-07	1,80E-04	2,31E-06	2,25E-03	4,05E-08	3,94E-05	NC	NC	2,87E-06	1,44E-04	3,89E-03	3,88E-03
-	Aromatiques C<8-C10	1,48E-06	2,09E-04	2,10E-07	2,97E-05	2,63E-06	3,71E-04	4,59E-08	6,49E-06	NC	NC	2,97E-06	2,38E-05	6,47E-04	6,40E-04
-	Aromatiques C>10-C12	6,37E-07	2,43E-04	9,07E-08	3,47E-05	1,13E-06	4,33E-04	1,98E-08	7,57E-06	NC	NC	1,41E-06	2,77E-05	7,50E-04	7,47E-04
BTEX															
71-43-2	Benzène	1,32E-06	NC	1,89E-07	NC	2,35E-06	NC	4,11E-08	NC	NC	NC	2,53E-06	NC	6,44E-06	6,44E-06
100-41-4	Ethylbenzène	1,45E-08	NC	2,07E-09	NC	2,59E-08	NC	4,52E-10	NC	NC	NC	2,16E-08	NC	6,45E-08	6,45E-08
108-88-3	Toluène	5,53E-09	NC	7,88E-10	NC	9,85E-09	NC	1,72E-10	NC	NC	NC	9,27E-09	NC	2,56E-08	2,56E-08
1330-20-7	Xylènes totaux	1,30E-06	NC	1,85E-07	NC	2,31E-06	NC	4,03E-08	NC	NC	NC	1,83E-06	NC	5,66E-06	5,66E-06
95-63-6	Triméthylbenzène, 1,2,4- (=Pseudocumène)	9,70E-07	NC	1,38E-07	NC	1,73E-06	NC	3,02E-08	NC	NC	NC	1,28E-06	NC	4,12E-06	4,12E-06
108-67-8	Triméthylbenzène, 1,3,5- (=Mésitylène)	3,45E-07	NC	4,91E-08	NC	6,14E-07	NC	1,07E-08	NC	NC	NC	4,50E-07	NC	1,47E-06	1,47E-06
HALOGENES															
67-66-3	Chloroforme (Trichlorométhane)	3,59E-07	2,26E-06	5,11E-08	3,22E-07	6,38E-07	4,01E-06	1,12E-08	7,02E-08	NC	NC	9,79E-07	2,66E-07	8,97E-06	7,64E-06
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	2,14E-08	1,75E-07	3,05E-09	2,49E-08	3,81E-08	3,11E-07	6,66E-10	5,44E-09	NC	NC	4,89E-08	2,03E-08	6,49E-07	5,65E-07
156-59-2	Dichloroéthène, 1,2cis-	2,14E-07	6,35E-06	3,05E-08	9,04E-07	3,80E-07	1,13E-05	6,65E-09	1,97E-07	NC	NC	3,43E-07	5,54E-07	2,03E-05	1,93E-05
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	1,86E-05	1,49E-03	2,65E-06	2,12E-04	3,31E-05	2,65E-03	5,78E-07	4,62E-05	NC	NC	3,46E-05	1,27E-04	4,61E-03	4,52E-03
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	4,38E-09	3,91E-07	6,23E-10	5,57E-08	7,78E-09	6,96E-07	1,36E-10	1,22E-08	NC	NC	7,94E-09	3,62E-08	1,21E-06	1,19E-06

Résultats des calculs de risques pour le cumul des scénarios - Cumul A2 + B2 + C + D

ERI ADULTE		SOUS SOL		SOUS SOL - ZONE 2		RDC AVEC SOUS SOL		RDC AVEC SOUS SOL - SOURCE 2		EXTERIEUR AVEC ENROBE		EXTERIEUR AVEC ENROBE - SOURCE 2		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs			
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
BTEX															
71-43-2	Benzène	1,47E-10	NC	1,24E-10	NC	2,62E-10	NC	1,09E-10	NC	4,33E-10	NC	1,38E-10	NC	1,21E-09	1,21E-09
100-41-4	Ethylbenzène	2,34E-11	NC	1,97E-11	NC	4,16E-11	NC	1,72E-11	NC	5,32E-11	NC	1,70E-11	NC	1,72E-10	1,72E-10
HALOGENES															
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	5,51E-14	4,50E-13	4,65E-14	3,79E-13	9,80E-14	8,00E-13	4,06E-14	3,31E-13	1,93E-13	8,00E-14	6,15E-14	2,55E-14	2,56E-12	2,22E-12
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	8,28E-10	6,63E-08	6,99E-10	5,59E-08	1,47E-09	1,18E-07	6,10E-10	4,88E-08	2,36E-09	8,70E-09	7,54E-10	2,77E-09	3,07E-07	3,00E-07
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	6,00E-12	5,36E-10	5,06E-12	4,53E-10	1,07E-11	9,54E-10	4,42E-12	3,95E-10	1,67E-11	7,62E-11	5,33E-12	2,43E-11	2,49E-09	2,44E-09

ERI ENFANT		SOUS SOL		SOUS SOL - ZONE 2		RDC AVEC SOUS SOL		RDC AVEC SOUS SOL - SOURCE 2		EXTERIEUR AVEC ENROBE		EXTERIEUR AVEC ENROBE - SOURCE 2		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs			
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
BTEX															
71-43-2	Benzène	2,95E-11	NC	4,20E-12	NC	5,25E-11	NC	9,17E-13	NC	NC	NC	5,65E-11	NC	1,44E-10	1,44E-10
100-41-4	Ethylbenzène	4,67E-12	NC	6,66E-13	NC	8,32E-12	NC	1,45E-13	NC	NC	NC	6,94E-12	NC	2,07E-11	2,07E-11
HALOGENES															
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	1,10E-14	8,99E-14	1,57E-15	1,28E-14	1,96E-14	1,60E-13	3,43E-16	2,80E-15	NC	NC	2,52E-14	1,04E-14	3,34E-13	2,91E-13
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	1,66E-10	1,33E-08	2,36E-11	1,89E-09	2,95E-10	2,36E-08	5,15E-12	4,12E-10	NC	NC	3,08E-10	1,13E-09	4,11E-08	4,03E-08
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	1,20E-12	1,07E-10	1,71E-13	1,53E-11	2,14E-12	1,91E-10	3,73E-14	3,34E-12	NC	NC	2,18E-12	9,94E-12	3,32E-10	3,27E-10

ERI ADULTE + ENFANT		SOUS SOL		SOUS SOL - ZONE 2		RDC AVEC SOUS SOL		RDC AVEC SOUS SOL - SOURCE 2		EXTERIEUR AVEC ENROBE		EXTERIEUR AVEC ENROBE - SOURCE 2		SOMME GLOBALE	SOMME MILIEU CONTRIBUTEUR PRINCIPAL
		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs		Inhalation vapeurs			
		Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe	Source gaz du sol	Source nappe		
BTEX															
71-43-2	Benzène	1,77E-10	NC	1,29E-10	NC	3,15E-10	NC	1,10E-10	NC	4,33E-10	NC	1,95E-10	NC	1,36E-09	1,36E-09
100-41-4	Ethylbenzène	2,80E-11	NC	2,04E-11	NC	4,99E-11	NC	1,74E-11	NC	5,32E-11	NC	2,39E-11	NC	1,93E-10	1,93E-10
HALOGENES															
75-09-2	Chlorure de méthylène (=dichlorométhane)	6,61E-14	5,40E-13	4,81E-14	3,92E-13	1,18E-13	9,60E-13	4,09E-14	3,34E-13	1,93E-13	8,00E-14	8,67E-14	3,59E-14	2,89E-12	2,51E-12
127-18-4	Tétrachloroéthène (PCE)	9,94E-10	7,95E-08	7,22E-10	5,78E-08	1,77E-09	1,41E-07	6,15E-10	4,92E-08	2,36E-09	8,70E-09	1,06E-09	3,91E-09	3,48E-07	3,41E-07
79-01-6	Trichloroéthène (TCE)	7,20E-12	6,44E-10	5,23E-12	4,68E-10	1,28E-11	1,14E-09	4,46E-12	3,98E-10	1,67E-11	7,62E-11	7,51E-12	3,42E-11	2,82E-09	2,77E-09



Synergie
d'expertises

SIÈGE SOCIAL - 02 38 25 15 62 - contact@iddea-gengis.fr
289, bd Duhamel du Monceau - 45160 Olivet

iddea-gengis.fr

SAS au capital de 37 000 € - APE : 7112B
Siret : 500 212 659 00063 - TVA : FR71 500 212 659

**AGENCE
CENTRE-VAL DE LOIRE**

289, bd Duhamel du Monceau
45160 Olivet
02 38 25 15 62
orleans@iddea-gengis.fr

**AGENCE
ÎLE-DE-FRANCE**

7, rue Salvador Allende
91120 Palaiseau
01 69 74 28 00
paris@iddea-gengis.fr

**AGENCE
NORMANDIE**

10, rue des Jardiniers
76000 Rouen
02 35 66 22 30
rouen@iddea-gengis.fr

**AGENCE
PAYS DE LA LOIRE**

8, rue Léon GAumont
44700 SOrvault
02 49 88 08 60
nantes@iddea-gengis.fr

**AGENCE
AUVERGNE-RHONE-ALPES**

5, rue des Essarts
69500 Bron
04 81 68 25 06
lyon@iddea-gengis.fr

**AGENCE
GRAND-EST**

3, rue de l'Embranchement
67116 Reichstett
07 85 81 03 49
strasbourg@iddea-gengis.fr

SIÈGE SOCIAL - 02 38 25 15 62 - contact@iddea-gengis.fr
289, bd Duhamel du Monceau - 45160 Olivet

iddea-gengis.fr

SAS au capital de 37 000 € - APE : 7112B
Siret : 500 212 659 00063 - TVA : FR71 500 212 659

**AGENCE
CENTRE-VAL DE LOIRE**

289, bd Duhamel du Monceau
45160 Olivet
02 38 25 15 62
orleans@iddea-gengis.fr

**AGENCE
ÎLE-DE-FRANCE**

7, rue Salvador Allende
91120 Palaiseau
01 69 74 28 00
paris@iddea-gengis.fr

**AGENCE
NORMANDIE**

10, rue des Jardiniers
76000 Rouen
02 35 66 22 30
rouen@iddea-gengis.fr

**AGENCE
PAYS DE LA LOIRE**

8, rue Léon Gaumont
44700 Orvault
02 49 88 08 60
nantes@iddea-gengis.fr

**AGENCE
AUVERGNE-RHONE-ALPES**

5, rue des Essarts
69500 Bron
04 81 68 25 06
lyon@iddea-gengis.fr

**AGENCE
GRAND-EST**

11, rue du parch
67205 Oberhausbergen
07 85 81 03 49
strasbourg@iddea-gengis.fr