



Note

Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier (74)

Compatibilité sanitaire



Rapport n°A140278/version A – Décembre 2025

Projet suivi par Faustine GANIVET – 06.12.06.79.87 – faustine.ganivet@anteagroup.fr





Antea Group
Bâtiment Fireworks
109 rue des Mercières - 69140
RILLIEUX-LA-PAPE
SIRET : 393 206 735 00747
www.anteagroup.fr

Fiche signalétique

Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier (74) Compatibilité sanitaire

CLIENT	SITE
Maître d'ouvrage : Grand Annecy 49 avenue des Îles BP 90 270 74 007 Annecy Cedex Béatrice CASTAING Chargée de missions aménagement opérationnelle Port : +336.68.66.65.53 bcastaing@grandannecy.fr	Campus/Cluster Papèteries Chemin des grèves 74 960 Cran-Gevrier
Assistant Maîtrise d'Ouvrage : GONE Environnement Fabrice BEDIN 06 29 57 27 10 fabrice.bedin@gone-environnement.com	

RAPPORT D'ANTEA GROUP	
Responsable du projet	Faustine GANIVET
Interlocuteur commercial	Faustine GANIVET
Implantation chargée du suivi du projet	Implantation de Lyon 04.37.85.19.60 secretariat.lyon@anteagroup.fr
Rapport n°	A140278
Version n°	A
Votre commande et date	N°3320250091 du 19/11/2025
Projet n°	RHAP250079
Codes prestation selon NF X31-620	-

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Faustine GANIVET	Chef du projet	Décembre 2025	
Approbation	Marie-Charlotte FAVRE	Superviseur du projet	Décembre 2025	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	10/12/2025	44	5	Etablissement du rapport

Table des matières

1. Contexte et objectif de l'étude.....	6
2. Méthodologie générale	7
3. Descriptif de la zone d'étude et usage actuel	8
4. Projet d'aménagement.....	11
5. Synthèse de l'étude historique et documentaires (INFOS)	14
6. Synthèse du diagnostic environnemental (DIAG).....	20
7. Données complémentaires.....	30
7.1. Sur les eaux souterraines	30
7.2. Sur les sols	33
8. Synthèse de l'EQRS	37
8.1. Objectif	37
8.2. Voies d'expositions et cibles étudiées.....	38
8.3. Données prises en compte dans l'EQRS.....	38
8.4. Résultats des calculs sanitaires	39
8.4.1. Scénario avec aménagement	39
8.4.2. Evaluation des incertitudes.....	41
9. Synthèse des recommandations	42
10. Conclusions.....	44

Table des figures

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (source : IGN)	9
Figure 2 : Zonage du site d'étude et vue aérienne (source : photographie aérienne IGN).....	9
Figure 3 : Topographie du secteur d'étude (source: RGE Alti)	10
Figure 4 : Projet de réaménagement (copil du 26/03/2025 – transmis par le Grand Annecy le 31/07/2025)	12
Figure 5 : Projet de réaménagement (transmis par le Grand Annecy le 04/11/2025)	13
Figure 6 : Sources potentielles de pollution (N° source : voir tableau page précédente)	18
Figure 7 : Localisation des investigations réalisées : ensemble des sondages et prélèvements superficiels.....	21
Figure 8 : Localisation des investigations réalisées sur plan projet : ensemble des sondages et prélèvements superficiels	22
Figure 9 : Cartographie des résultats bétons selon seuil ISDI	24
Figure 10 : Teneur maximale en HAP mesurées au droit de chaque sondage.....	25
Figure 11 : Teneur maximale en HCT mesurées au droit de chaque sondage.....	26
Figure 12 : Impacts identifiés sur les sols – vue aérienne	27
Figure 13 : Localisation du piézomètre	30
Figure 14 : Cartographie de l'ensemble des résultats d'analyses en dioxines/furanes	36

Table des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des sources potentielles de pollution retenues.....	16
Tableau 2 : Résultats analytique sur les eaux souterraines - 25/11/2025	32
Tableau 3 : Résultats complémentaires sur les sols en dioxines/furanes (non intégrés au rapport de diagnostic initial)	35
Tableau 4 : Dispositions d'aménagement - EQRS	40

Table des annexes

Annexe I : Abréviations générales
Annexe II : Normes de prélèvement et d'échantillonnage
Annexe III : Fiches de prélèvement des eaux souterraines
Annexe IV : Bordereaux d'analyses des eaux souterraines
Annexe V : EQRS

1. Contexte et objectif de l'étude

Le **Grand Annecy** porte un projet de requalification foncière de la friche industrielle et des parcelles environnantes sis chemin des Grèves à Cran-Gevrier (74). Le projet consiste en l'aménagement d'un quartier économique avec notamment des logements, des usages tertiaires et des services.

Une étude historique et documentaires (INFOS) a été réalisée par GONE Environnement (*rapport n°24008-1- Version n°1 du 8 octobre 2024*), puis mise à jour par Antea Group avec notamment la visite de zones non accessibles alors par Gone Environnement (*rapport n°137773 du 30/07/2025*). Ces études ont permis un recensement des sources potentielles de pollution au droit du site d'étude et à l'élaboration d'un programme prévisionnel d'investigation. Les investigations préconisées sur les sols ont été réalisées par Antea Group (*rapport n°A138302/VA du 05/09/2025*). Des investigations complémentaires sur les sols et les eaux souterraines ont été préconisées à l'issue de ce diagnostic. Les investigations complémentaires sur les sols n'ont pas encore été réalisées, mais le prélèvement d'eaux souterraines a été réalisé et les résultats disponibles sont pris en compte dans la présente note. A noter que la zone 7 n'a pu être investiguée.

Dans le cadre du dossier de cas par cas, le Grand Annecy souhaite apporter des éléments concernant la compatibilité sanitaire du site d'étude avec l'usage projeté. Une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaire (EQRS) a été réalisée (*rapport n°A140274 de décembre 2025, Annexe V*) à partir des données disponibles à ce stade. **La présente note reprend les éléments de l'EQRS et les préconisations à respecter afin de garantir la compatibilité des milieux avec l'usage projeté.**

2. Méthodologie générale

La méthodologie appliquée pour la réalisation de la mission répond :

- à la note du 19 avril 2017 et la mise à jour de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 éditée par le Ministère en charge de l'Environnement,
- aux exigences et préconisations des normes NF X31-620, révision de décembre 2021, « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués »,
- aux exigences du référentiel de certification de service, révision 7 de février 2022, des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués.

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

Notre prestation s'applique à la gestion des pollutions chimiques. Elle ne s'applique pas à la gestion des pollutions par des substances radioactives, par des agents pathogènes ou infectieux, par l'amiante ou par des engins pyrotechniques.

3. Descriptif de la zone d'étude et usage actuel

Le site d'étude est localisé à l'angle de la rue de la République et du Chemin des Grèves sur Cran-Gevrier (commune d'Annecy). Le site est composé de 8 zones distinctes, définies par le Grand Annecy, et comprend actuellement :

- des maisons avec jardins (zones 1 et 6),
- un centre de contrôle technique et garage automobile en exploitation (zone 7),
- une station de lavage automobile qui n'est plus en activité (zone 8),
- une zone avec des anciens bâtiments industriels dont :
 - un bâtiment correspondant à une ancienne carrosserie, utilisée par les actuels propriétaires pour des activités non professionnelles (Bât C - zone 2),
 - une zone bétonnée correspondant à un ancien bâtiment incendié (Bât B - zone 3),
 - une zone vierge correspond à un ancien bâtiment démoli (Bât A - zone 5).

La zone 7 est présentée comme faisant partie du site d'étude, puisque celle-ci est inclus dans le projet d'aménagement. Cette zone n'est toutefois pas incluse dans les études environnementales à ce stade car non accessible, et l'étude de compatibilité sanitaire ne prend donc pas cette zone en compte.

La localisation du site d'étude est présentée ci-après.

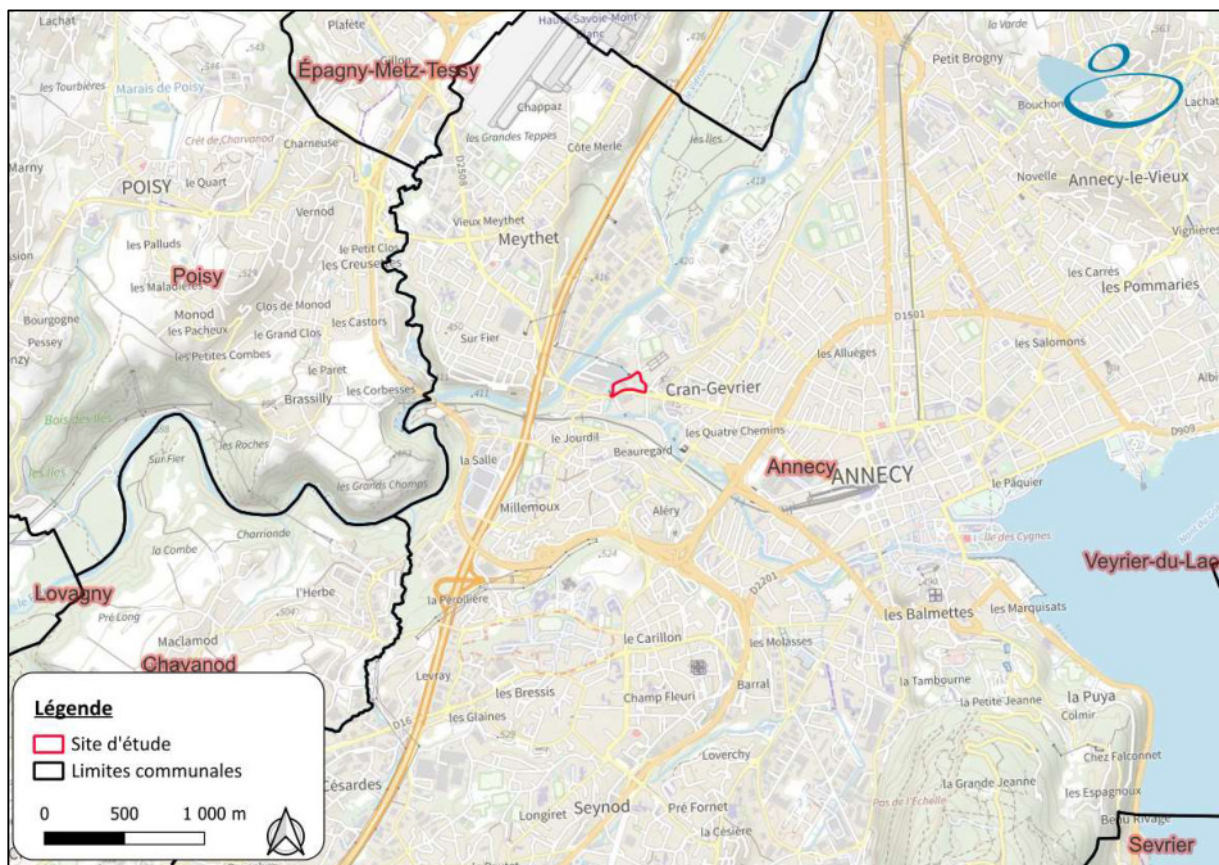


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (source : IGN)

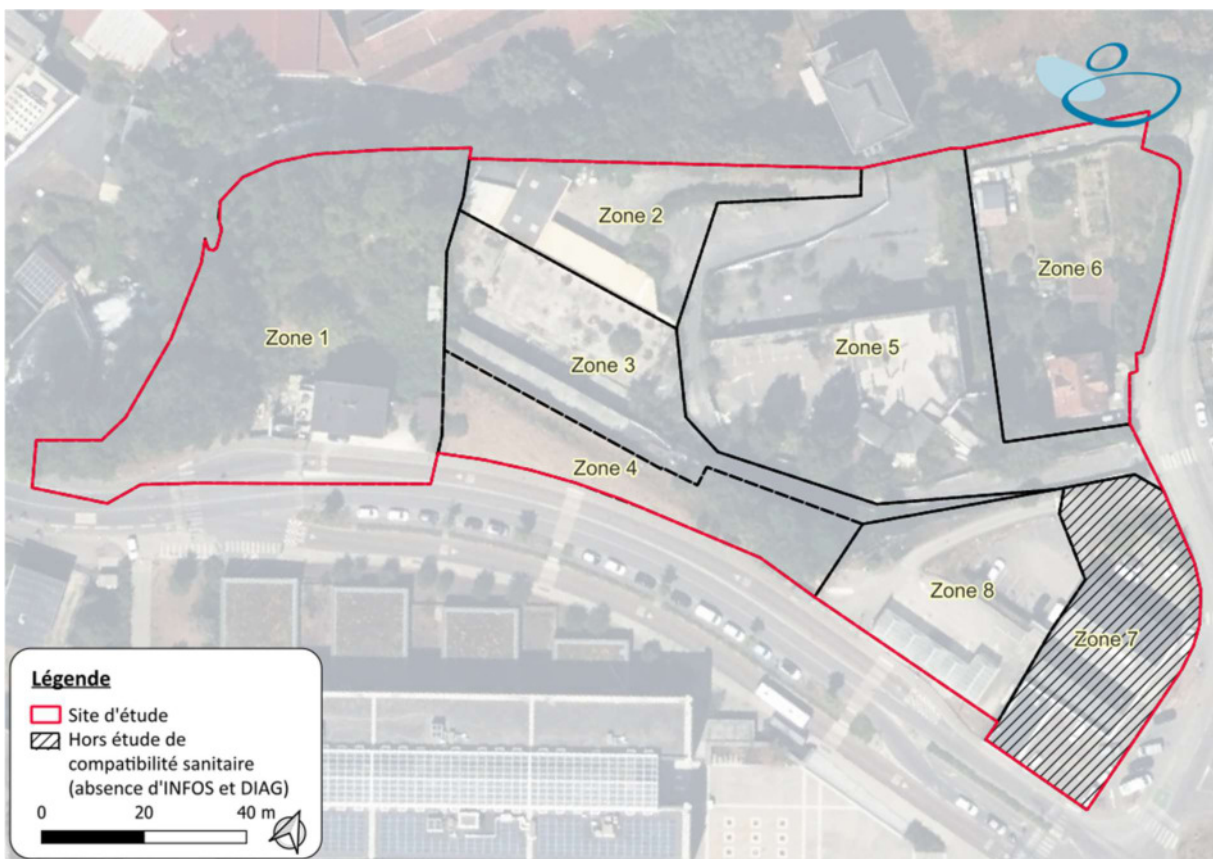


Figure 2 : Zonage du site d'étude et vue aérienne (source : photographie aérienne IGN)

Le site étudié présente une différence de niveau entre la partie nord (altitude comprise entre 419 et 421 m NGF) et la partie sud (altitude comprise entre 434 et 438 m NGF).

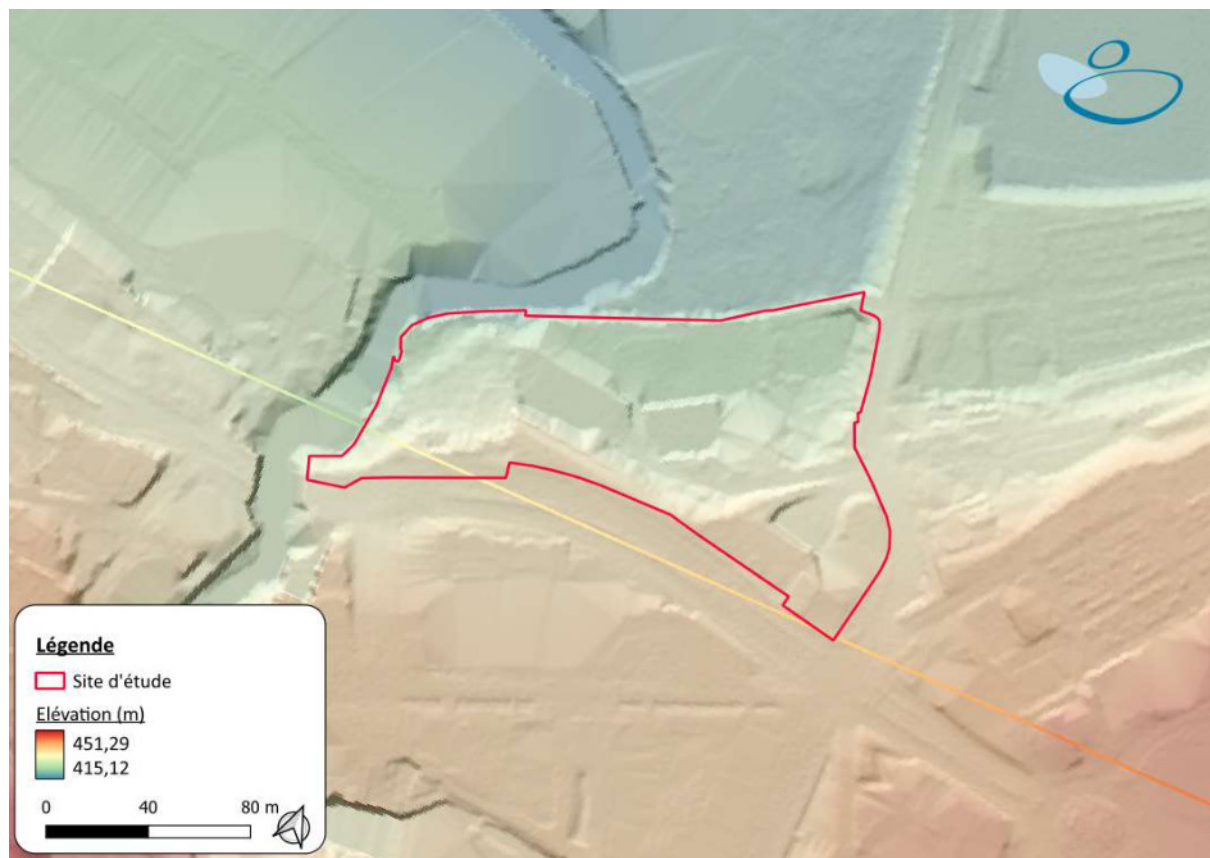


Figure 3 : Topographie du secteur d'étude (source: RGE Alti)

4. Projet d'aménagement

Le projet d'aménagement porté par le Grand Annecy, tel que présenté ci-après, consiste en la création d'une zone économique avec la construction de 5 bâtiments distincts, avec la présence d'un parking mutualisé et localisé sous les bâtiments sur 2 niveaux. Le site présentant une différence de niveaux entre sa partie nord et sud, les bâtiments seront construits en escalier.

Les usages futurs sont multiples :

- logement (à priori en partie nord-est, hébergement étudiant et temporaires),
- formation,
- tertiaire,
- services (crèches, sports et loisirs, restauration, tiers-lieux, exposition...),
- audiovisuel.

Des déblais sont à prévoir pour l'aménagement du site, néanmoins le volume de ces déblais n'est pas encore défini à ce stade du projet.

SDP TOTALE
14 000 m²

FORMATION
2 600 m² SDP

AUDIOVISUEL
1 400 m² SDP Δ +300m²

TERtiaire
4 500 m² SDP Δ +500m²

SERVICES
3 000 m² SDP Δ +200 m²

HEB. TEMPORAIRES

1 200 m² SDP

HEB. ETUDIANTS

1 300 m² SDP

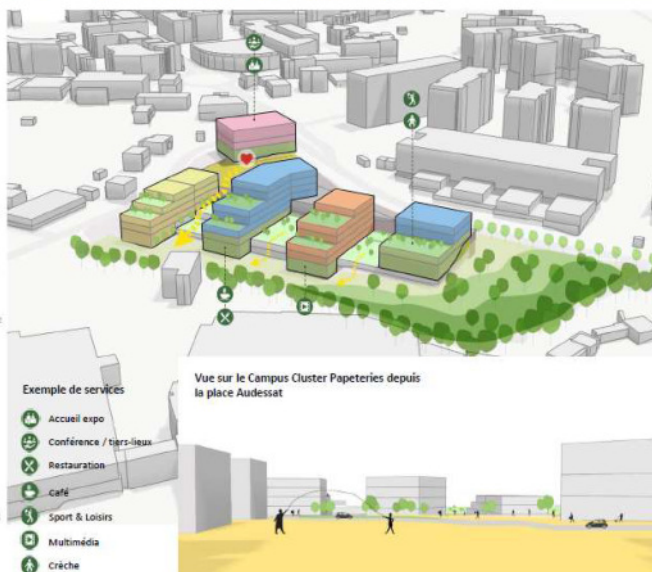
STATIONNEMENT

280 PLACES

8420 m² SHOB

Hébergement : Ratio de 1 place pour 5 lits

Equipements / Services / Tertiaires : En fonction des besoins, Ratio utilisé : 1 place pour 5 à 7 personnes



Implantation générale

- Front urbain avec bâtiments en peigne, séparation entre les bâtiments

Stationnement et gestion des flux

- Parking mutualisé entre les îlots
- Nappes de stationnement semi-enterrée (x2)

Aménagements extérieurs et paysage

- Espalade en haut du site
- Cheminement aménagé en bas du site
- Aménagements extérieurs partiellement sur dalle
- Préservation valorisée des sujets verts existants

Programme et usages

- Hébergements au Nord-Est du site rassemblés
- Services éclatés
- Flexibilité modérée (trame 24m spécifique pour les services)

Terrassement

- Volume à déblayer important

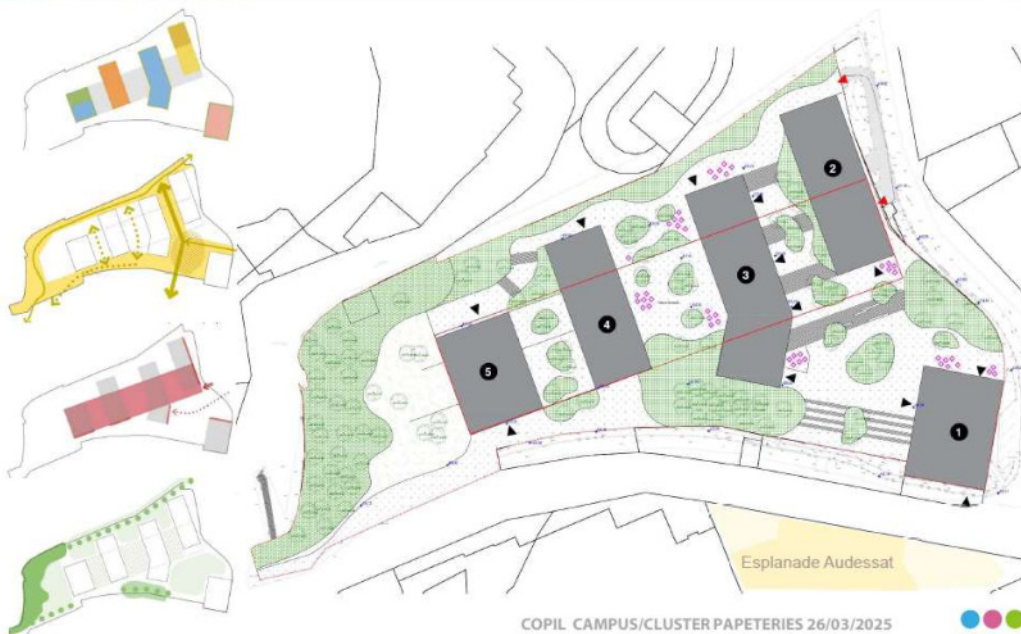
COPIL CAMPUS/CLUSTER PAPETERIES 26/03/2025



SDP TOTALE
14 000 m²

COEF. PLEINE TERRE
36%

- Formation
- Audiovisuel
- Tertiaire
- Services
- Heb. temporaires
- Heb. étudiants
- Parking infra
- Accès & voirie
- Accès pompiers
- Façade feu
- Domaine public
- Connexions piétonnes
- Connexions possibles
- Zone végétalisée dense
- Aménagement ext.
- Aménagements sur dalle
- Alignement vert



COPIL CAMPUS/CLUSTER PAPETERIES 26/03/2025



Figure 4 : Projet de réaménagement (copil du 26/03/2025 – transmis par le Grand Annecy le 31/07/2025)

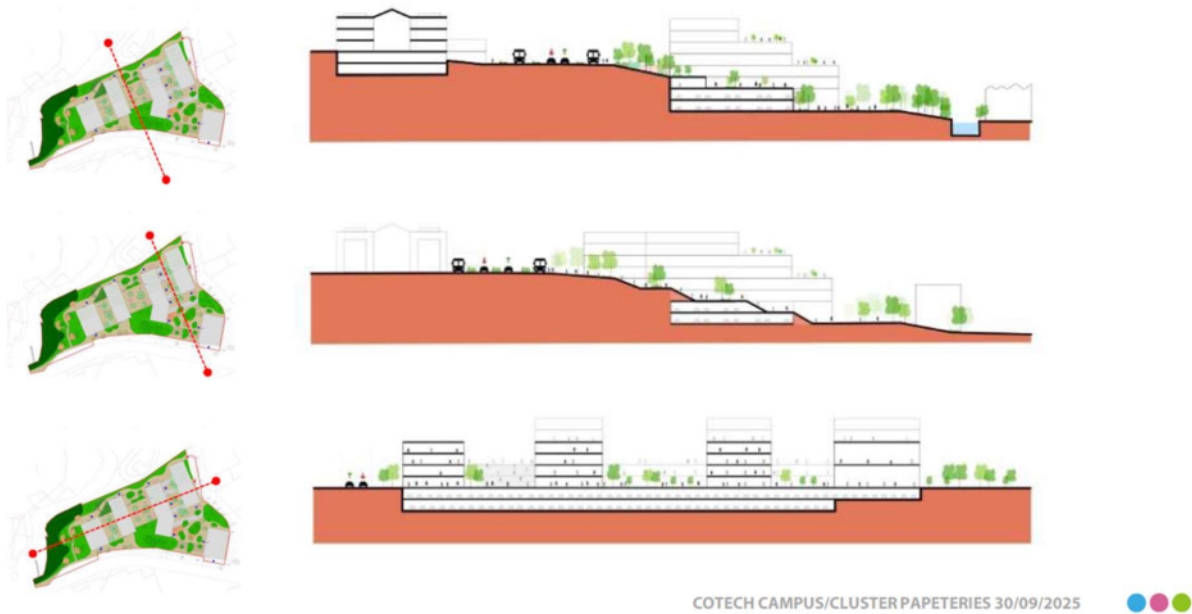


Figure 5 : Projet de réaménagement (transmis par le Grand Annecy le 04/11/2025)

5. Synthèse de l'étude historique et documentaires (INFOS)

Une étude historique et documentaires (INFOS) a été réalisée par GONE Environnement (*rapport n°24008-1- Version n°1 du 8 octobre 2024*), puis mise à jour par Antea Group avec notamment la visite de zones non accessibles alors par Gone Environnement (*rapport n°137773 du 30/07/2025*), ayant amené au recensement de sources potentielles de pollution au droit du site d'étude et à l'élaboration d'un programme prévisionnel d'investigation.

La synthèse de l'étude historique réalisée par Antea Group est présentée ci-après.

Visite de site

Une visite de site a été réalisée le 10/07/2025 de façon à effectuer une reconnaissance du site et de ses environs (200 m), à repérer d'éventuelles sources potentielles de pollution sur le site à l'étude et à vérifier les conditions d'accès dans les différentes zones du site. La zone 7 n'a pas été visitée, conformément à la demande du Grand Annecy, et certains bâtiments des zones 1 et 2 étaient murés/fermés.

Contexte environnemental

Le site d'étude est localisé au droit de **dépôts glaciaire**, et les investigations réalisées dans le cadre de l'étude géotechniques d'ABO (*rapport n° 25YG009Aa - CNS du 30 juin 2025*) ont mis en évidence la présence de **remblais** jusqu'à localement 2,6 m, puis **d'argiles limoneuses** et de **molasse** à partir d'environ 10 m de profondeur. Les terrains attendus au droit du site d'étude sont donc moyennement à peu perméables.

Le site d'étude est bordé au nord et à l'ouest par le **Thiou**, qui rejoint le **Fier** à environ 250 m à l'ouest du site d'étude. Le Thiou a fait l'objet d'épisode de pollution liés au passage d'un de ses affluents dans une zone industrielle en amont du site d'étude. La baignade est interdite dans le Thiou, tout comme la consommation de poisson. Ces cours d'eau sont fortement vulnérables à une pollution en provenance du site d'étude par ruissellement ou via les eaux souterraines. Le Thiou est jugé peu sensible de par l'interdiction de la baignade et de la consommation des poissons pêchés, le Fier a toutefois un usage jugé sensible en l'absence d'interdiction ou de limitation des usages.

Un piézomètre a été mis en place en partie basse du site dans le cadre de l'étude géotechnique, et un niveau d'eau de 3,22 m/ TA a été mesuré le 17/06/2025. Il est supposé la présence d'une nappe libre circulant au droit du site d'étude en direction de l'ouest. La première nappe rencontrée sur le site est moyennement (partie haute) à fortement (partie basse) vulnérable à une pollution en provenance du site d'étude. La nappe est cependant supposée peu productive en raison de la lithologie (argiles) En l'absence d'usage sensible des eaux souterraines recensé dans un rayon de 1 km, les eaux souterraines sont toutefois jugées peu sensibles.

Historique par zone

Zone 1 : La zone est occupée par des jardins ouvriers jusque dans les années 1960 où une maison d'habitation est construite (actuellement murée, non visitée). Un petit bâtiment ayant pu être utilisé pour l'utilisation ou le stockage de produits potentiellement polluants pour le bricolage/la petite

mécanique est présent. Ce potentiel stockage, ainsi que le stationnement non recouvert en extérieur, et les poussières de l'incendie du bâtiment adjacent constituent des sources potentielles de pollution.

Zone2 : Des bâtiments sont présents sur la zone dans les années 1960, ceux-ci sont ensuite démolis puis la carrosserie est construite en 1971/1972 et son activité se poursuit ensuite jusqu'en 2010 où une partie des locaux est incendiée. La zone est aujourd'hui utilisée pour de la mécanique non professionnelle. La carrosserie est recensée sur CASIAS.

Une partie des locaux est louée, principalement pour du stockage de matériel.

Les sources potentielles de pollutions recensées sur la zone sont principalement liées à l'utilisation de manière générale de peintures et autre produits liquides pour les activités de carrosserie, avec la présence d'une cabine de peinture, le stockage de potentiels produits polluants dans les box en location, l'incendie d'une partie des locaux en 2010 et la présence de déchets en extérieur.

Zone 3 : Un premier bâtiment à l'usage indéterminé est présent à minima dès les années 1930 et jusque dans les années 1960 où il est démoli pour faire place à un nouveau bâtiment. Celui-ci sera exploité par la SERMI pour la fabrication de pièces métalliques, puis par le secours populaire jusqu'à l'incendie de 2010. Les hauteurs du bâtiment étaient également utilisées par la carrosserie pour le stockage de véhicules et de matériel.

Les sources potentielles de pollutions sont principalement liées aux activités de fabrication de pièces automobile, à l'incendie et à la présence de remblais puisque le bâtiment est surélevé de plusieurs mètres par rapport à la carrosserie adjacente.

Zone 4 : Un premier petit bâtiment est construit dans les années 1940, puis un second dans les années 1960. Ceux-ci sont ensuite démolis et la zone reste vierge de toute construction. Un site CASIAS est recensé sur cette zone pour l'aménagement d'une station-service qui n'aura finalement jamais été construite. Le passage d'un géoradar en juillet 2025 confirme l'absence d'élément ou réseau dans les terrains superficiels.

Les sources potentielles de pollutions sont liées à la présence des anciens bâtiments démolis à l'usage inconnu, et à la présence de remblais puisque la zone est localisée sur la plateforme haute.

Zone 5 : La zone correspondait à une parcelle agricole ou inoccupée jusqu'à la construction d'un bâtiment dans les années 1960, qui correspondait a priori à un ensemble de locaux loués à différentes sociétés. Parmi ces usages, on retient notamment un dépôt de vernis et peinture et un atelier de vernissage des meubles (activités recensées sur CASIAS). Le bâtiment a été démoli début 2025, et seul le local transformateur est encore en place et fonctionnel.

Les sources potentielles de pollutions sont liées aux activités exercées par les différents exploitants du site, et notamment aux activités de vernissage.

Zone 6 : La zone correspondait à une parcelle agricole ou inoccupée jusqu'à la construction de l'actuelle maison en 1953. Celle-ci est chauffée au gaz et aucune source potentielle de pollution n'a été recensée.

Zone 7 : La zone est occupée depuis à minima les années 1920 par un garage automobile avec la présence de stockage enterré d'hydrocarbures. Une station-service est présente jusqu'en 1991 (recensée sur CASIAS). La zone correspond aujourd'hui toujours à un garage automobile avec activité de contrôle technique.

Les sources potentielles de pollution sont liées aux activités de garage automobile et de station-service.

Zone 8 : La zone a accueilli une école élémentaire jusque dans les années 1990, puis une station de lavage est construite entre 2004 et 2012. Celle-ci n'est aujourd'hui plus en activité.

L'utilisation potentielle de fioul pour le chauffage de l'école est considérée comme une source potentielle de pollution, tout comme les égouttures d'hydrocarbures liées au lavage automobile et la présence d'un séparateur à hydrocarbures.

Sources potentielles de pollution

Les sources potentielles de pollution recensées sur chacune des zones sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Synthèse des sources potentielles de pollution retenues

Localisation	N°	Activité / équipements source potentielle de pollution	Composés associés	Profondeur des sources
Zone 1	1	Garage (non visité) avec potentiel stockage et utilisation de produits type huiles, peintures, essence...	HCT HAP CAV COHV	Surface
	2	Parking voiture sur zone non recouverte	HCT CAV	Surface
	3	Remblais	HCT COHV HAP BTEX Métaux	Environ 2 m
Zone 2	4	Stockage déchets et voiture endommagées à l'extérieur	HCT HAP CAV	Surface
	5	Carrosserie : ancienne cabine peinture avec sol dégradé	HCT COHV HAP BTEX Métaux	Surface
	6	Carrosserie : utilisation et stockage de produits divers	HCT COHV HAP BTEX Métaux	Surface
	7	Carrosserie : local incendié avec stockage de peinture	HCT COHV HAP CAV Métaux Dioxine - furane	Surface
	8	Local loué avec potentiel stockage passé de produits	HCT COHV HAP CAV Métaux	Surface
Zone 3	3	Remblais	HCT COHV HAP CAV Métaux	2-3 m
	9	Ancienne activité de fabrication de pièce métallique	HCT COHV HAP CAV Métaux	Surface
Zone 3 et alentours	10	Incendie du bâtiment en 2010	Dioxines Furanes	Surface
Zone 4	3	Potentiel remblais (zone hétérogène géoradar)	HCT COHV HAP BTEX Métaux	Jusqu'à potentiellement 3-4 m
	11	Ancien petits bâtiments démolis	HCT COHV HAP BTEX Métaux	Surface

Localisation	N°	Activité / équipements source potentielle de pollution	Composés associés	Profondeur des sources
Zone 5	12	Transformateur électrique	PCB	Surface
	13	Ancien bidon de produit liquide	HCT COHV HAP CAV Métaux	Surface
	14	Ancien local chaudière	HCT BTEX	Surface
	15	Ancien atelier ébénisterie avec vernissage meuble	HCT COHV HAP CAV Métaux	Surface
	16	Ancien atelier ébénisterie unité de filtration des suies	HCT BTEX	Surface
	17	Ancien local de stockage de peinture et potentiellement de produits liquides polluants	HCT COHV HAP CAV Métaux	Surface
Zone 6	<i>Absence de source potentielle de pollution</i>			
Zone 7	18	Actuel garage automobile et contrôle technique (non visité) avec potentiel stockage et utilisation de produits type huiles, peintures, essence...	HCT COHV HAP BTEX Métaux	Surface et 1 – 2 m si présence de fosse
	19	Ancienne station-service avec cuves enterrées	HCT BTEX	Environ 3 m
	20	Cuve enterrée (produit inconnu, probablement huile ou carburant)	HCT BTEX HAP	Environ 3 m
	21	Ensemble de l'ancien garage automobile avec potentiel stockage et utilisation de produits type huiles, peintures, essence...	HCT COHV HAP BTEX Métaux	Surface et 1 – 2 m si présence de fosse
	3	Potentiel remblais	HCT COHV HAP BTEX Métaux	Jusqu'à potentiellement 3 4 m
Zone 8	22	Station de lavage automobile non exploitée – égouttures hydrocarbures	HCT BTEX HAP	Surface
	23	Station de lavage automobile non exploitée – séparateur à hydrocarbures	HCT BTEX HAP	Environ 1,5 m
	24	Ancienne école avec potentiel chaufferie fioul	HCT BTEX	Surface
	3	Potentiel remblais	HCT BTEX HAP COHV métaux	Jusqu'à potentiellement 3 4 m
Hors site proche	25	Transformateur électrique des forges	PCB	Surface

HCT : Hydrocarbures totaux - HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques - BTEX : Hydrocarbures mono-aromatiques (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes) - COHV : Composés Organiques Halogénés volatils -PCB : polychlorobiphényles

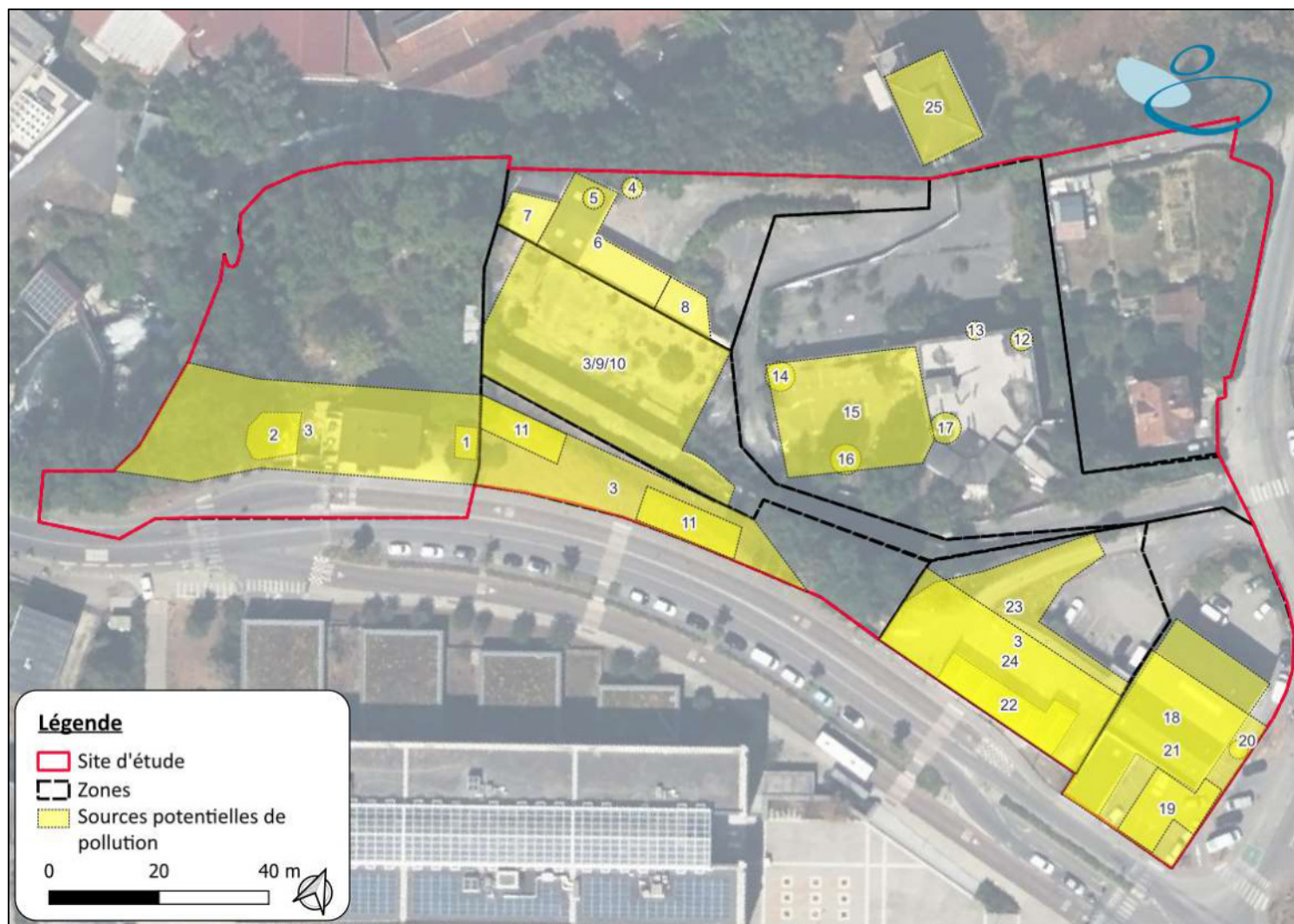


Figure 6 : Sources potentielles de pollution (N° source : voir tableau page précédente)

Programme prévisionnel d'investigation

Un programme prévisionnel d'investigation a été élaboré afin d'investiguer les sols au droit ou à proximité des sources potentielles de pollution avec la réalisation de 33 sondages entre 1 et 5 m de profondeur et quelques prélèvements superficiels.

Incertitudes à lever

Il n'a pas été possible de visiter :

- la zone 7 correspondant à l'actuel garage automobile et activité de contrôle technique, conformément à la demande du Grand Annecy,
- sur la zone 2 (carrosserie), une partie des box loués étaient fermés et n'ont pas pu être visités,
- sur la zone 1 (maison inhabitée), la maison est murée et son local annexe fermé, ces zones n'ont pas pu être visitées.

Des incertitudes persistent quant à l'usage actuel et l'état de ces zones non visitées, qu'il conviendra de lever.

6. Synthèse du diagnostic environnemental (DIAG)

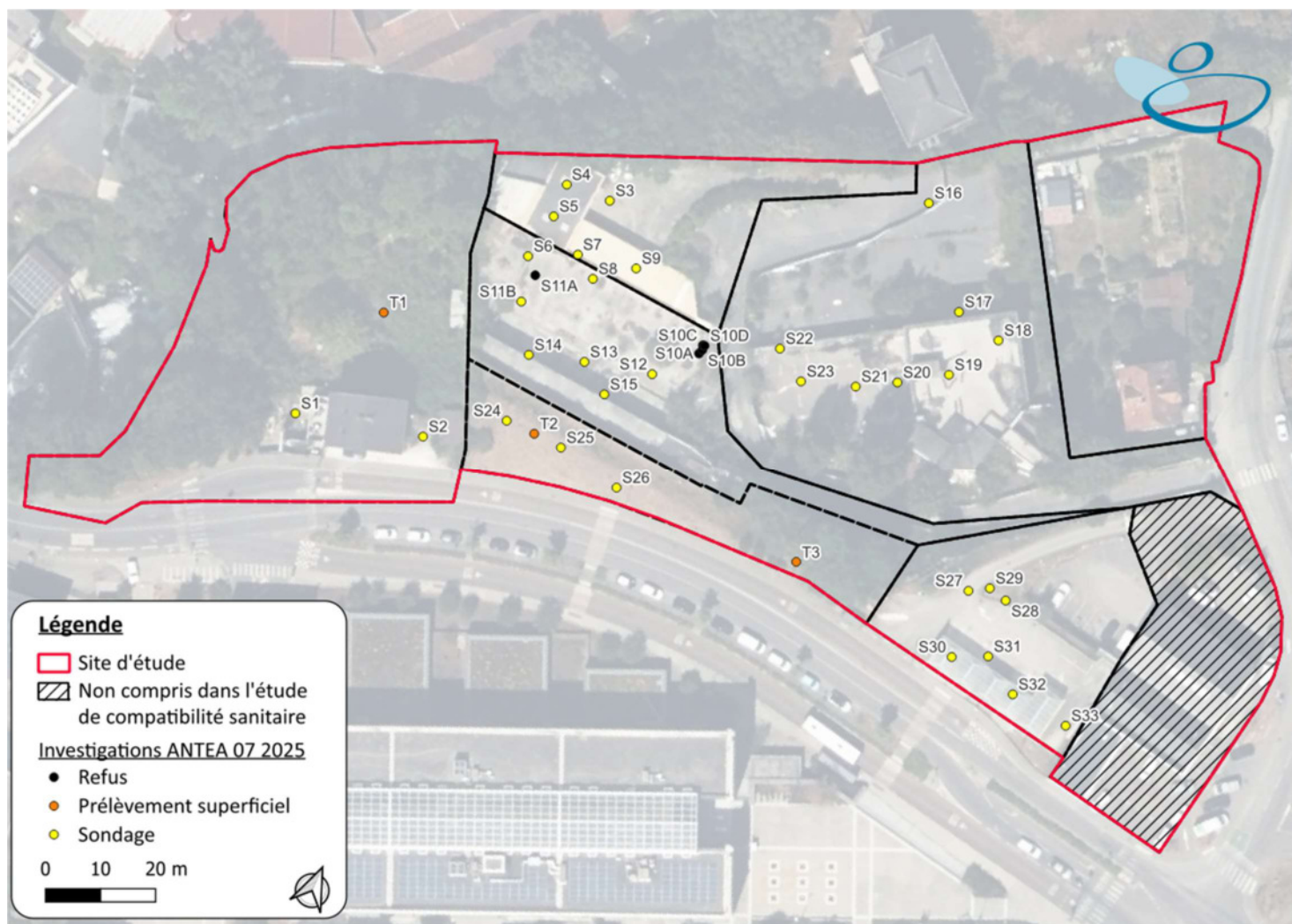
Les investigations sur les sols tel que préconisé dans le programme prévisionnel d'investigation de l'INFOS ont été réalisées par Antea Group en juillet 2025 et ont fait l'objet du rapport n°A138302/VA du 05/09/2025. La synthèse du diagnostic réalisé par Antea Group est présentée ci-après.

Investigations réalisées

Les investigations réalisées en juillet 2025 ont consisté en la réalisation de 32 sondages entre 1 et 5 mètres de profondeur, 3 prélèvements de sols superficiels et 4 prélèvements de dalle béton.

Programme analytique

Le programme analytique a été défini en fonction des sources potentielles de pollution, avec l'analyses (non systématique) des HCT C5C40, HAP, CAV, COHV, métaux lourds, PCB, dioxine-furane et PFAS. Les bétons ont fait l'objet d'analyses pour la définition de l'acceptabilité des terres en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI), ainsi que 7 échantillons de sols.



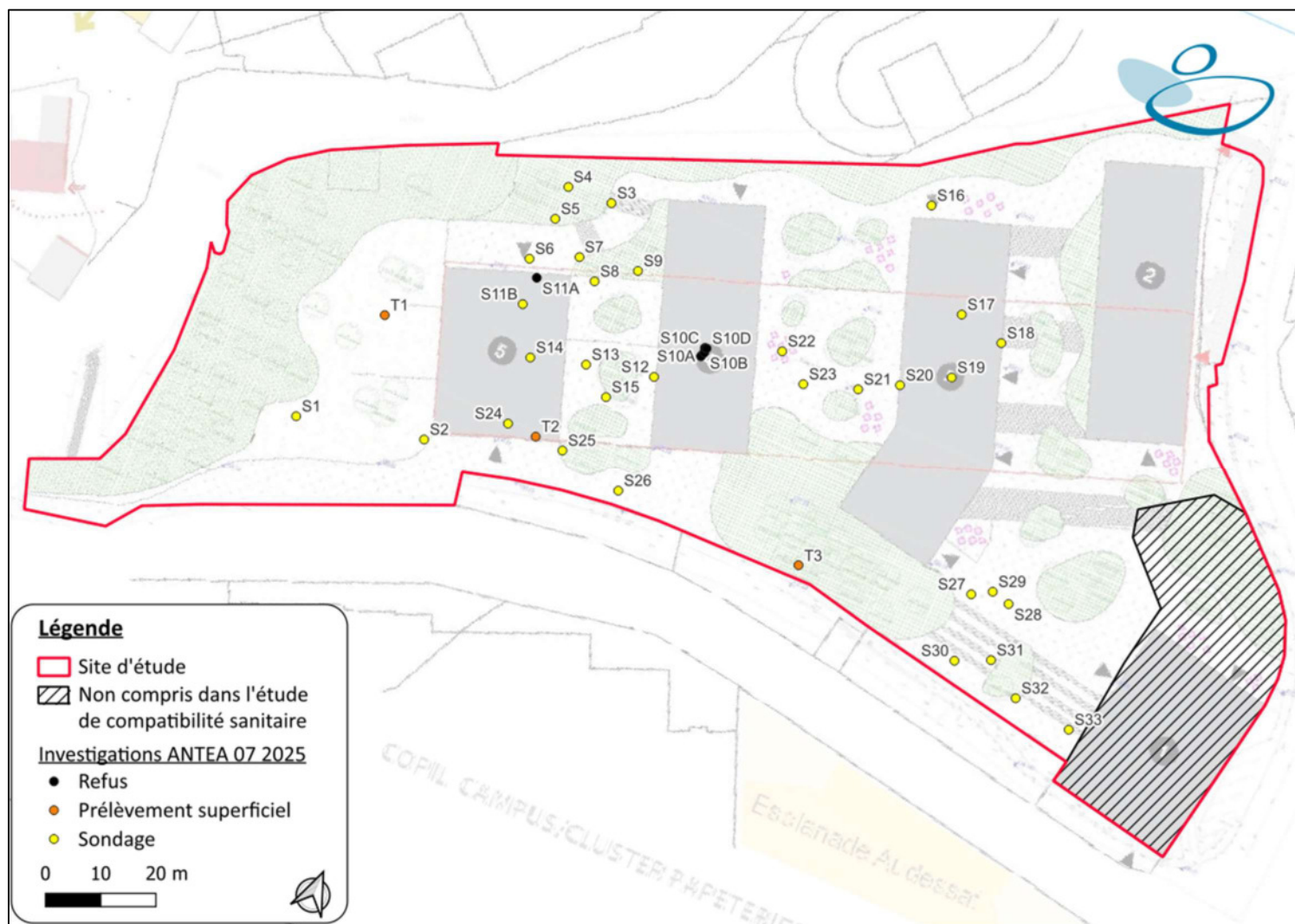


Figure 8 : Localisation des investigations réalisées sur plan projet : ensemble des sondages et prélèvements superficiels

Interprétations générales

Les résultats d'analyses sur les sols ont principalement mis en évidence :

- sur les 7 analyses de dioxines furanes effectuées, **une équivalence toxique relativement élevée au droit du bâtiment incendié** de la zone 3 avec 160 ng/kg pour le TEQ OMS 2005. Les équivalences toxiques des autres échantillons sont moindres (maximale de 12 ng/kg en zone 1), et représentatives de sols urbains ou sous influence industrielle. L'extension verticale de cet impact n'est pas déterminée, son extension latérale reste également à déterminer,
- **une anomalie non significative en PCB au droit du sondage S17** (zone 5 – ancien bâtiment mutli activités, démoli) entre 0 et 1 m de profondeur avec 1,2 mg/kg. Les PCB ne sont pas quantifiés entre 1 et 2 m. L'extension latéral de l'anomalie en PCB n'est pas déterminée,
- **des anomalies ponctuelles en métaux lourds** en chrome (Cmax 290 mg/kg en S4, zone 3 bâtiment incendié), nickel (Cmax 210 mg/kg en S11, zone 3), cuivre (Cmax 92 mg/kg en S27, zone 8 lavage automobile) et zinc (Cmax 350 mg/kg en S27, zone 8). **A noter toutefois qu'aucun seuil de vigilance ou d'alerte n'a été fixé par le Haut Conseil de Santé Publique ou par la Haute Autorité de Santé pour ces métaux.** A noter également que les métaux sur lixiviat n'ont pas été analysés sur ces échantillons présentant des anomalies, ainsi il ne peut être conclu que ceux-ci soient lixiviables où non, et donc potentiellement non inertes,
- la quantification ponctuelle d'HCT C10C40 à des teneurs modérées, avec une teneur maximale de 380 mg/kg en S14 (zone 3 bâtiment incendié),
- la quantification ponctuelle de HAP à des teneurs faibles à modérées, avec une teneur maximale de 9,1 mg/kg en S31 (zone 8 lavage automobile),
- sur les 2 analyses de PFAS effectuées, la quantification des PFOS au droit du sondage S6 (zone 2, carrosserie) avec une teneur de 0,22 µg/kg. Bien qu'aucune valeur de comparaison ne soit disponible pour les PFAS dans les sols, cette teneur constitue toutefois une anomalie non significative en PFAS, sur la base du bruit de fond en milieu urbain (gamme 5 à 11 µg/kg) défini par le BRGM,
- l'absence de quantification des CAV et des COHV.

Les investigations ont mis en évidence un **impact ponctuel en dioxines-furanes et un impact ponctuel non significatif en PCB**, dont il faudra tenir compte dans le cadre de l'aménagement. Les dioxines-furanes sont peu volatils et la teneur en PCB est peu élevée. **Il conviendra de s'assurer de l'extension de ces impacts, et de la présence potentielle de teneurs plus élevées à proximité.**

Hormis l'anomalie en PCB mis en évidence au droit de S17, les 7 échantillons ayant fait l'objet d'analyse de l'ensemble des critères d'acceptation en ISDI respectent l'ensemble des seuils de l'arrêté du 12/12/2014. Par ailleurs, bien que les autres échantillons n'ai pas fait l'objet d'analyses ISDI complètes, les composés analysés présentent tous des teneurs inférieures aux seuils d'acceptation en ISDI. Les métaux sur lixiviat n'ont cependant pas été analysés sur les échantillons présentant des anomalies en métaux lourds, ainsi il ne peut être exclu que ceux-ci soient lixiviables, et donc potentiellement non inertes.

Les terres présentant des teneurs en PCB supérieures au seuil ISDI devront être évacuées en filières spécifique.

Il n'existe pas de seuil en dioxines-furanes pour l'acceptation en ISDI, mais la forte teneur mesurée au droit de la zone 3 est à prendre en compte dans le cadre de la gestion des terres à excaver pour le projet d'aménagement :

- en cas d'excavation et évacuation hors site, les terres devront être évacuer en filière spécifique, type ISDND ou ISDD,
- afin de limiter les coûts, il pourra être étudié la possibilité de réutiliser ces terres sur site.

La gestion des terres de la zone 1, présentant une équivalence toxique de 12 ng/kg pour les 20 premiers centimètres de sols, devra être confirmée suite à la réalisation d'investigations complémentaires.

Les résultats d'analyses sur les bétons mettent en évidence le dépassement des seuils d'acceptation en ISDI en HCT C10C40 de 500 mg/kg pour les échantillons S8 (560 mg/kg) et S13 (2 800 mg/kg). Les HCT ont également été quantifiés sur les 2 autres échantillons, les zones associées ont vraisemblablement été utilisées pour une activité liée à l'utilisation d'hydrocarbures. Dans le cadre des travaux d'aménagement du site d'étude, les bétons non inertes devront être évacués en filières spécifiques.



Figure 9 : Cartographie des résultats bétons selon seuil ISDI



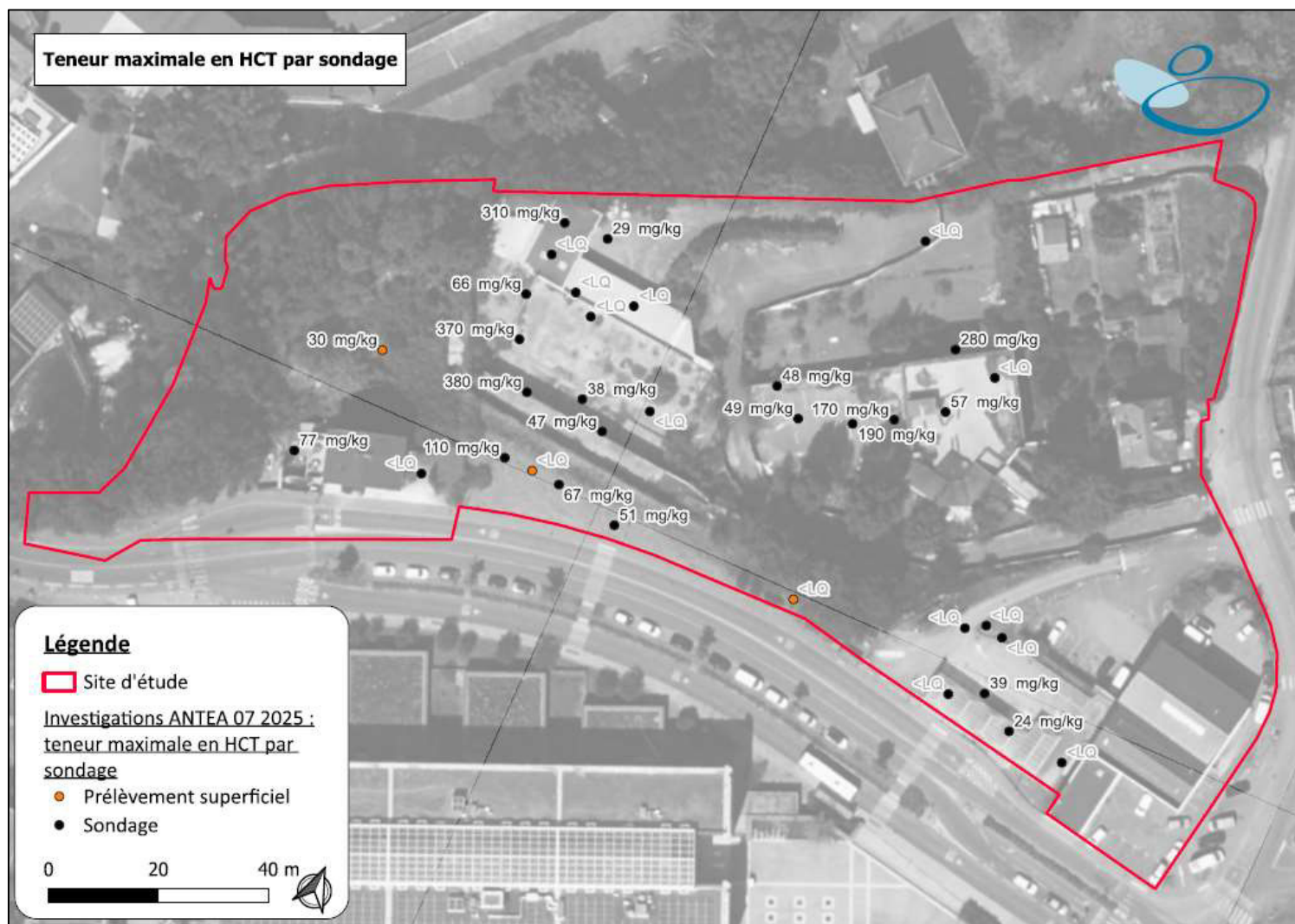


Figure 11 : Teneur maximale en HCT mesurées au droit de chaque sondage



Figure 12 : Impacts identifiés sur les sols – vue aérienne

Recommandations

Gestion de l'anomalie en Dioxines/Furanes

Antea Group recommande de réaliser des investigations / analyses complémentaires en dioxines/furanes au droit de la zone 3 afin de délimiter la zone impactée, et in fine réduire les coûts liés à la gestion de ces terres.

Gestion de l'anomalie en PCB

Antea Group recommande de réaliser des sondages complémentaires autour du sondage S17 impacté en PCB, afin de délimiter l'extension de l'impact et in fine réduire les coûts liés à la gestion de ces terres.

Dans le cas où les investigations complémentaires mettraient en évidence des teneurs plus élevées en PCB, il conviendra de s'assurer de la compatibilité sanitaire du site avec l'usage envisagé et/ ou de prévoir le retrait des terres concernées. La compatibilité sanitaire pourra être évaluée via une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS), avec potentiellement des préconisations sur l'absence de terres impactées découvertes (transfert via le contact direct, l'envol de poussière), l'absence de potager / arbres fruitiers au droit de la zone, le passage des canalisations d'eau potable dans des remblais sains, etc...

Concernant la gestion des terres de manière générale, il est à noter que les installations de stockage de déchets inertes peuvent refuser des terres si ces dernières présentent des indices organoleptiques de pollution (odeur, couleur) et ce, quel que soit les résultats d'analyses. et également en cas d'anomalie en composés ne faisant pas l'objet de seuil d'acceptation (par exemple dioxines, PFAS...)

Investigations sur les eaux souterraines

Antea Group recommande la réalisation de prélèvement et d'analyses d'eaux souterraines au droit du piézomètre mis en place par ABO ERG en partie basse du site, afin de disposer de données sur la qualité des eaux souterraines circulant au droit du site d'étude.

Projet d'aménagement

Antea Group recommande la réalisation d'investigations complémentaires en cohérence avec le programme d'aménagement, notamment pour les futurs bâtiments qui n'auraient pas fait l'objet d'investigation, et également pour les futures zones à excaver.

La réalisation d'investigations complémentaires sur les dalles bétons des zones 2 et 3 permettra également de réaliser une caractérisation plus fine des bétons non inertes, et in fine réduire les coûts liés à la gestion des bétons dans le cadre du projet d'aménagement.

Incertitudes liées à l'étude historique

Pour rappel, dans le cadre de l'étude historique il n'a pas été possible de visiter :

- la zone 7 correspondant à l'actuel garage automobile et activité de contrôle technique, conformément à la demande du Grand Annecy,
- sur la zone 2 (carrosserie), une partie des box loués étaient fermés et n'ont pas pu être visités,
- sur la zone 1 (maison inhabitée), la maison est murée et son local annexe fermé, ces zones n'ont pas pu être visitées.

Des incertitudes persistent quant à l'usage actuel et l'état de ces zones non visitées, qu'il conviendra de lever.

Incertitudes liées à la localisation des sondages

Les sondages S19 à S23 au droit de la zone 5 (bâtiment multi activité, dont vernissage de meuble), n'ont pas pu être placés au droit même des sources potentielles de pollution correspondant au local de stockage, à l'unité de filtration des suies et au local chaufferie. Les sondages ont toutefois été réalisés au droit de l'ancien bâtiment et permettent d'avoir une vision de la qualité des sols de la zone d'activité. Un impact au droit même des sources potentielles énumérées ci-avant ne peut cependant être écarté avec certitude, bien que les sondages S19 à S23 n'aient pas mis en évidence d'anomalie dans les sols pour les échantillons prélevés et les analyses réalisées.

Le sondage S10 localisé au droit d'un des locaux de stockage de location de la zone 2 (carrosserie) n'a pu être réalisé (4 refus consécutifs). Un impact au droit de cette zone, retenue initialement comme source potentielle de pollution, ne peut être écarté avec certitude, bien que les sondages S3 à S9 réalisés au droit de la carrosserie n'ont pas mis en évidence d'anomalie dans les sols hormis un impact ponctuel en cuivre.

Ces incertitudes mineures ne remettent néanmoins pas en cause la faisabilité du projet.

7. Données complémentaires

7.1. Sur les eaux souterraines

Un prélèvement d'eaux souterraines a été réalisé le 25/11/2025 par Antea Group au droit de l'unique piézomètre existant sur le site d'étude, SP2-PZ, mis en place en partie basse du site dans le cadre de l'étude géotechnique. Ce prélèvement constitue une première donnée sur la qualité des eaux souterraines, il est toutefois insuffisant pour statuer sur la qualité des eaux souterraines de l'ensemble du site, l'ouvrage étant localisé en aval hydraulique d'une seule partie du site d'étude seulement.

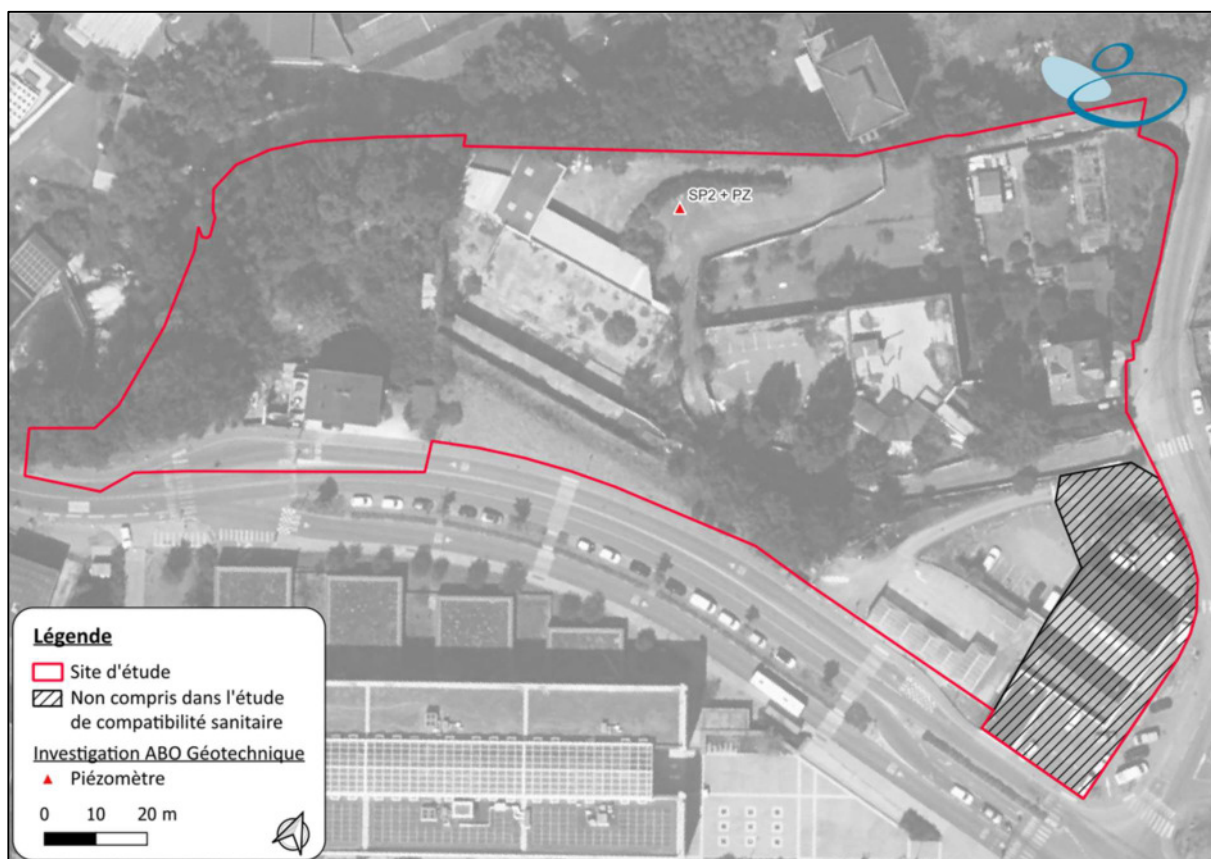


Figure 13 : Localisation du piézomètre

L'échantillon prélevé a fait l'objet d'analyse sur les composés suivants :

- HCT C5-C40
- BTEX
- HAP
- COHV
- PCB
- 12 métaux
- PFAS
- Dioxines/furanes

Les résultats d'analyses disponibles à date sont présentés dans le tableau suivant. A noter que ces résultats seront repris dans le rapport du diagnostic complémentaire, comprenant également les investigations sur les sols prévus en décembre.

Ceux-ci mettent en évidence :

- la quantification de HAP avec une concentration en 4 HAP de 0,27 µg/l supérieure à la limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine de 0,1 µg/l (Annexe I de l'Arrêté du 11/01/2007),
- la quantification de PFAS avec une somme des 20 PFAS de 202 ng/l, supérieure à la limite de qualité des eaux destinées à la consommation humaine de 100 ng/l,
- l'absence de quantification des dioxines, avec toutefois une équivalence toxique de 6,3 pg/L pour le TEQ OMS 2005 avec prise en compte de la LQ,
- la quantification d'arsenic et de baryum,
- l'absence de quantification des HCT C5C10, des COHV, des CAV et des PCB.

Tableau 2 : Résultats analytique sur les eaux souterraines - 25/11/2025

Désignation d'échantillon	Unité	Arrêté du 11/01/2007		SP2-Pz
		Annexe I	Annexe II	
Hydrocarbures Totaux				
Indice hydrocarbure (C5-C10)	µg/l			<50,0
Somme des C5	µg/l			<8,0
Somme des C6	µg/l			<8,0
Somme des C7	µg/l			<8,0
Somme des C8	µg/l			<8,0
Somme des C9	µg/l			<8,0
Somme des C10	µg/l			<8,0
Métaux lourds				
Chrome (Cr)	µg/l	50		<5,0
Nickel (Ni)	µg/l	20	20	<10
Cuivre (Cu)	µg/l	2000		<5,0
Zinc (Zn)	µg/l			<50
Arsenic (As)	µg/l	10	100	10
Sélénium (Se)	µg/l	20	20	<10
Molybdène (Mo)	µg/l			<10
Cadmium (Cd)	µg/l	5	5	<1,5
Antimoine (Sb)	µg/l	10		<5,0
Baryum (Ba)	µg/l			60
Mercure (Hg)	µg/l	1	1	<0,1
Plomb (Pb)	µg/l	10	50	<10
Hydrocarbures halogénés volatils (COHV)				
Chlorure de vinyle	µg/l	0,5		<0,5
Dichlorométhane	µg/l			<0,5
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l			<0,5
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l			<0,5
Trichlorométhane	µg/l			<0,5
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l			<0,5
Tétrachlorométhane	µg/l			<0,5
Trichloroéthylène	µg/l	10		<0,5
Tétrachloroéthylène	µg/l			<0,5
1,1-Dichloroéthane	µg/l			<0,5
1,1-Dichloroéthylène	µg/l			<0,5
Somme des COHV	µg/l			-/-
Benzène et aromatiques (CAV - BTEX)				
Benzène	µg/l	1		<0,5
Toluène	µg/l			<0,5
Ethylbenzène	µg/l			<0,5
o-Xylène	µg/l			<0,5
m-, p-Xylène	µg/l			<0,5
Cumène	µg/l			<0,5
Mésitylène	µg/l			<0,5
o-Ethyltoluène	µg/l			<0,5
m-, p-Ethyltoluène	µg/l			<0,5
Pseudocumène	µg/l			<0,5
Somme des BTEX	µg/l			-/-
Somme des CAV	µg/l			-/-
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)				
Naphtalène	µg/l			<0,04
Acénaphthylène	µg/l			0,04
Acénaphène	µg/l			0,05
Fluorène	µg/l			0,05
Phénanthrène	µg/l			0,14
Anthracène	µg/l			0,14
Fluoranthène	µg/l			0,32
Pyrène	µg/l			0,22
Benzo(a)anthracène	µg/l			0,07
Chrysène	µg/l			0,08
Benzo(b)fluoranthène	µg/l			0,11
Benzo(k)fluoranthène	µg/l			0,04
Benzo(a)pyrène	µg/l	0,01		0,08
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/l			<0,03
Indéno(1,2,3,c,d)pyrène	µg/l			0,05
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l			0,07
Somme des 4 HAP	µg/l	0,1		0,27
Somme des 6 HAP	µg/l		1	0,67
Somme des HAP	µg/l			1,5

Désignation d'échantillon	Unité	Arrêté du 11/01/2007		SP2-Pz
		Annexe I	Annexe II	
Polychlorobiphényles (PCB)				
PCB n° 28	µg/l			<0,003
PCB n° 52	µg/l			<0,003
PCB n° 101	µg/l			<0,003
PCB n° 118	µg/l			<0,003
PCB n° 138	µg/l			<0,003
PCB n° 153	µg/l			<0,003
PCB n° 180	µg/l			<0,003
Somme des 7 PCB	µg/l			-/-
Dibenzodioxines polychlorés (PCDD)				
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	pg/L			<11
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	pg/L			<15
1,2,3,4,7,8-HxCDD	pg/L			<2,8
1,2,3,4,7,8-HxCDF	pg/L			<4,7
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	pg/L			<5,2
1,2,3,6,7,8-HxCDD	pg/L			<2,8
1,2,3,6,7,8-HxCDF	pg/L			<3,9
1,2,3,7,8-PeCDD	pg/L			<0,49
1,2,3,7,8-PeCDF	pg/L			<4,9
1,2,3,7,8,9-HxCDD	pg/L			<3,2
1,2,3,7,8,9-HxCDF	pg/L			<6,6
2,3,4,6,7,8-HxCDF	pg/L			<6,2
2,3,4,7,8-PeCDF	pg/L			<5
2,3,7,8-TCDD	pg/L			<0,48
2,3,7,8-TCDF	pg/L			<2,9
OCDD	pg/L			<26
OCDF	pg/L			<16
TEQ (OMS 2005) limite inférieure	pg/L			0
TEQ (OMS 2005) limite supérieure	pg/L			6,3
I-TEQ (OTAN) limite inférieure	pg/L			0
I-TEQ (OTAN) limite supérieure	pg/L			7,2
PFAS				
Acide perfluorobutanoïque (PFBA)	ng/L			<10
Acide perfluoropentanoïque (PFPeA)	ng/L			14
Acide perfluorobutane sulfonique (PFBS)	ng/L			<10
Acide perfluorohexanoïque (PFHxA)	ng/L			19
Acide perfluoropentane sulfonique (PFPeS)	ng/L			<10
Acide perfluoroheptanoïque (PFHpA)	ng/L			13
Acide perfluorohexane sulfonique, somme isomères	ng/L			14
Acide perfluorooctanoïque, somme des isomères ra	ng/L			48
Acide perfluoroheptane sulfonique (PFHpS)	ng/L			<10
Acide perfluorononanoïque (PFNA)	ng/L			<10
Acide perfluorooctane sulfonique, somme isomères	ng/L			87
Acide perfluorononane sulfonique (PFNS)	ng/L			<10
Acide perfluorodécanoïque (PFDA)	ng/L			7
Acide perfluorodécane sulfonique (PFDS)	ng/L			<2,0
Acide perfluoroundécanoïque (PFUnDA)	ng/L			<10
Acide perfluoroundécane sulfonique (PFUnDS)	ng/L			<10
Acide perfluorododécanoïque (PFDoDA)	ng/L			<10
Acide perfluorododécane sulfonique (PFDoDS)	ng/L			<10
Acide perfluorotridécanoïque (PFTrDA)	ng/L			<10
Acide perfluorotridécane sulfonique (PFTrDS)	ng/L			<10
Somme des 20 PFAS	ng/L	100	200	202

7.2. Sur les sols

A la suite du diagnostic initial, des analyses complémentaires en dioxines/furanes ont été réalisées sur les sols prélevés lors de la 1^{ère} campagne et conservés au laboratoire, dans le secteur présentant des teneurs élevées pour ce paramètre. Les résultats d'analyses seront intégrés au rapport de diagnostic complémentaire. Ceux-ci sont présentés dans le tableau suivant, et repris dans la figure ci-après reprenant l'ensemble des données sur les dioxines/furanes.

Sur les 14 analyses de dioxines furanes complémentaires effectuées, les résultats d'analyses mettent en évidence **une équivalence toxique relativement élevée au droit du bâtiment incendié** de la zone

3 avec 160 ng/kg pour le TEQ OMS 2005. Les équivalences toxiques des autres échantillons sont moindres (maximale de 14 ng/kg entre 2 et 3 m sur le même sondage S11, et 12 ng/kg en zone 1), et représentatives de sols urbains ou sous influence industrielle. L'extension verticale de cet impact semble limitée au premier mètre de profondeur, son extension latérale est délimitée par les sondages environnants, avec une zone impactée d'environ 200 m² autour du sondage S11. La réalisation de sondages complémentaires, prévu dans le cadre du diagnostic complémentaire, permettra de délimiter plus précisément l'extension de cet impact.

Tableau 3 : Résultats complémentaires sur les sols en dioxines/furanes (non intégrés au rapport de diagnostic initial)

Localisation	Unité	Local location	Anc. Bât. Incendié			Anc. Bât. Incendié		Anc. Bât. Incendié	Anc. Bât. Incendié
Sondage (profondeur échantillonnage en m)		S8(0,3-1)	S11(1-2)	S11(2-3)	S13(0,3-1)	S13(1-2)	S14(0,2-1)	S15(0,3-1)	
Valeur PID (ppm)		0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	
Lithologie		Ga S	S A Ga	S Ga	S Ga	A	Ga S	A	
Dioxines Furanes									
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	ng/kg MS	<26	<7,6	750	<37	<11	<79	<17	
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	ng/kg MS	<19	<4,4	<18	<8	<8,7	<12	<8,7	
1,2,3,4,7,8-HxCDD	ng/kg MS	<2,6	<2,9	<2,7	<1,8	<2	<2,3	<1,9	
1,2,3,4,7,8-HxCDF	ng/kg MS	<1,7	<1,6	<1,7	<1,6	<1,7	<1,6	<1,5	
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	ng/kg MS	<5,4	<4,4	<5	<4,8	<5,2	<5,2	<3,5	
1,2,3,6,7,8-HxCDD	ng/kg MS	<2,9	<3	16	<1,8	<2,8	<2,8	<2,4	
1,2,3,6,7,8-HxCDF	ng/kg MS	<1,8	<1,7	<1,8	<1,6	<1,8	<1,7	<1,6	
1,2,3,7,8-PeCDD	ng/kg MS	<1,5	<1,5	<1,5	<1,4	<1,2	<1,5	<1,3	
1,2,3,7,8-PeCDF	ng/kg MS	<1,1	<1,1	<1,1	<1	<1,1	<1,2	<1,1	
1,2,3,7,8,9-HxCDD	ng/kg MS	<3,4	<3,5	<7,1	<2,1	<3,2	<3,2	<2,9	
1,2,3,7,8,9-HxCDF	ng/kg MS	<2,1	<1,8	<2,3	<1,8	<2	<2,1	<1,7	
2,3,4,6,7,8-HxCDF	ng/kg MS	<2,1	<2	<2	<1,9	<2,1	<1,8	<1,7	
2,3,4,7,8-PeCDF	ng/kg MS	<1,2	<1,2	<1,1	<1,2	<1,3	<1,1	<1,1	
2,3,7,8-TCDD	ng/kg MS	<0,53	<0,59	<0,63	<0,62	<0,71	<0,76	<0,64	
2,3,7,8-TCDF	ng/kg MS	<0,4	<0,42	<0,44	<0,65	<0,48	<1,1	<0,48	
OCDD	ng/kg MS	320	<48	2400	240	130	300	240	
OCDF	ng/kg MS	<39	<6,4	<59	<19	<11	<49	<16	
TEQ (OMS 2005) limite inférieure	ng/kg MS	0,097	0	9,8	0,072	0,04	0,089	0,071	
TEQ (OMS 2005) limite supérieure	ng/kg MS	4,8	4,3	14	4,3	4,2	5,4	4,1	
I-TEQ (OTAN) limite inférieure	ng/kg MS	0,32	0	11	0,24	0,13	0,3	0,24	
I-TEQ (OTAN) limite supérieure	ng/kg MS	4,5	3,9	16	4	4	5,1	3,9	

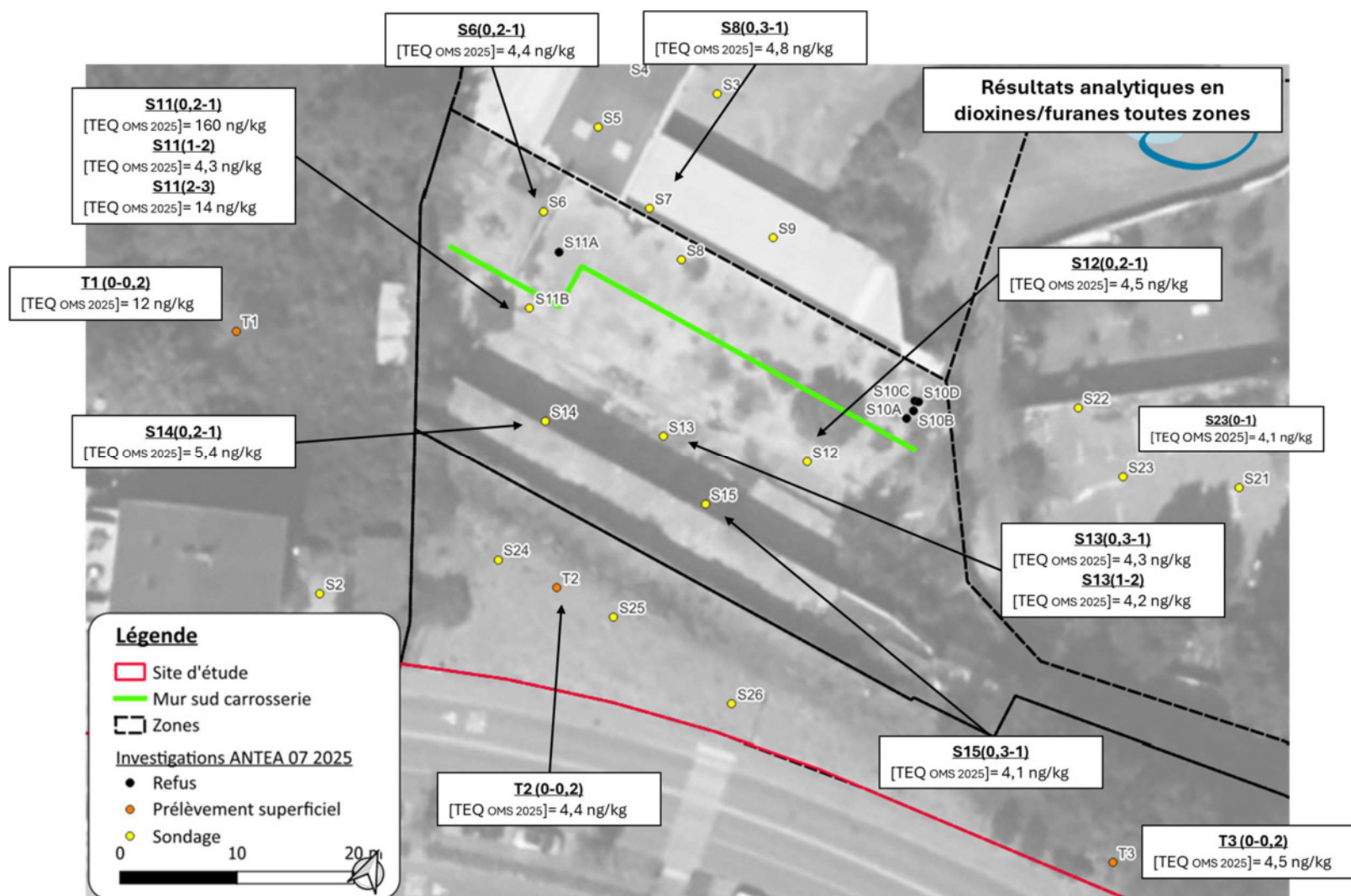


Figure 14 : Cartographie de l'ensemble des résultats d'analyses en dioxines/furanes

8. Synthèse de l'EQRS

8.1. Objectif

L'objet d'une étude de risque sanitaire est de produire une analyse quantitative des risques pour la santé humaine associés aux expositions à certaines substances chimiques, expositions définies selon l'usage, actuel ou prévisible, du site considéré.

Le risque est le résultat de l'existence concomitante de trois facteurs :

- **une source** de pollution constituée d'une ou plusieurs substances toxiques,
- **un vecteur** de transport et de dispersion des polluants, c'est à dire un milieu par lequel transite le polluant (eau de surface, eau souterraine, sol, air), et
- **une cible**, le récepteur du polluant (ici l'homme, en tant qu'utilisateur du site).

Les objectifs spécifiques de l'étude de risque sont :

- de quantifier les risques associés aux effets à seuil non cancérogènes et cancérogènes non génotoxiques (Quotient de Danger ou QD), et ceux associés aux effets sans seuil cancérogènes génotoxiques (Excès de Risque Individuel ou ERI),
- de recommander, si nécessaire, des mesures compensatoires (dépollution, restrictions d'usage, mesures constructives, surveillance) qui pourront, le cas échéant, être intégrées à la mise en œuvre d'un plan de gestion.

Une EQRS a été réalisée avec l'ensemble des résultats d'analyses disponibles à ce stade, afin d'étudier la compatibilité sanitaire du site avec l'usage envisagé. Celle-ci est présentée en Annexe V, et est indissociable de la présente note. **Bien que des investigations complémentaires sur les sols aient été préconisées à l'issue du diagnostic initial, ces sondages ont pour but de délimiter plus précisément l'extension des anomalies en PCB et en Dioxines/furanes dans les sols et de disposer de données complémentaires concernant la gestion des terres à excaver dans le cadre du projet, et non d'investiguer des sources potentielles de pollutions non prise en compte dans le diagnostic initial.**

En effet, l'ensemble des sources potentielles de pollutions a été investigué, seules persistent des incertitudes sur les zones suivantes :

- la zone 7 correspondant à l'actuel garage automobile et activité de contrôle technique, qui n'a pas été visité dans le cadre de l'étude historique et qui n'a fait l'objet d'aucune investigations sur les sols,
- sur la zone 2 (carrosserie), une partie des box loués étaient fermés et n'ont pas pu être visités dans le cadre de l'étude historique,
- sur la zone 1 (maison inhabitée), la maison est murée et son local annexe fermé, ces zones n'ont pas pu être visitées dans le cadre de l'étude historique.

Bien que de nouvelles données sur les milieux seront acquises dans la suite des études environnementales, il s'agit ici de proposer une première étude de risques sanitaires afin de démontrer la compatibilité sanitaire du site avec l'usage projeté, et de définir les préconisations à respecter pour garantir cette compatibilité sanitaire.

En l'absence de données sur la zone 7, celle-ci n'est pas prise en compte dans l'étude de la compatibilité sanitaire.

A noter qu'une EQRS est habituellement réalisée à partir de données sur les gaz du sol, permettant d'avoir des données plus représentatives du dégazage des composés volatils pour l'étude de la voie d'exposition par inhalation. A ce stade, seules des données sols et eaux souterraines sont disponibles et ont été considérées. A noter que la prise en compte de données sur les sols et eaux souterraines uniquement (et non gaz du sol) a pour conséquence de majorer les risques sanitaires, la modélisation des concentrations attendues dans l'air ambiant à partir des sols étant plus pénalisante qu'à partir des données sur les gaz du sol. **Ainsi cette évaluation des risques sanitaires est majorante et sécuritaire dans l'évaluation de la compatibilité des usages futurs du site avec la qualité des milieux.**

8.2. Voies d'expositions et cibles étudiées

Les voies d'expositions étudiées sont :

- l'inhalation de substances volatiles présentes dans les sols et les eaux souterraines au droit des espaces intérieurs et extérieurs,
- l'ingestion de particules de sol,
- l'inhalation de poussières.

Au regard de l'aménagement envisagé, les cibles étudiées sont donc :

- les futurs résidents,
- les futurs employés.

Ces cibles sont les plus sensibles en termes d'exposition et donc de risque sanitaire. L'étude couvre ainsi les autres cibles qui pourraient être présentes sur le site mais qui sont moins exposées, du fait d'une durée d'exposition plus faible (enfants fréquentant une crèche, logement étudiants, visiteurs adultes et enfants).

8.3. Données prises en compte dans l'EQRS

L'ensemble des données disponibles dans les sols et les eaux souterraines, présentées dans les paragraphes précédents, ont été prises en compte dans l'EQRS.

Tel que présenté précédemment, le projet d'aménagement prévoit la création de plusieurs bâtiments ainsi qu'un parking souterrain. Le site est en pente vers le nord, et les données précises sur la profondeur d'excavation liée au projet ne sont pas disponibles à ce stade, il n'a donc pas été possible de définir précisément les terres vouées à être excavées dans le cadre du projet.

Inhalation d'air intérieur

Pour l'inhalation d'air intérieur, les données des sondages localisés au droit des futurs bâtiments ont été pris en compte.

Dans une approche sécuritaire, il a été pris en compte un décaissement du premier mètre seulement au droit des futurs bâtiments / futur parking, sans réutilisation sur site des terres excavées. Les résultats d'analyses entre 0 et 1 m de profondeur des sondages localisés au droit du futur parking et autres bâtiments n'ont donc pas été pris en compte dans les calculs de risques sanitaire, pour cette voie d'exposition.

Concernant les sondages proches / en limite des futurs bâtiments, les données d'analyses toutes profondeurs confondues ont été prises en compte pour l'exposition par inhalation en intérieur.

Dans une démarche sécuritaire, la plupart des substances présentant des données physico-chimiques relatives à sa volatilité ont été retenus, à noter que parmi les métaux lourds, seul le mercure est considéré comme volatil.

Inhalation d'air extérieur

Pour l'inhalation d'air en extérieur, les données des sondages localisés au droit des futurs espaces extérieurs ont été pris en compte. Les données d'analyses toutes profondeurs confondues ont été prises en compte.

Ingestion de sol et inhalation de poussières

Pour l'ingestion et inhalation de poussières de sol, l'ensemble des données sur la tranche superficielle des sondages localisés en extérieur par rapport au projet d'aménagement ont été pris en compte, il n'a pas été considéré d'excavation sur ces zones.

L'ensemble des substances organiques a été retenue, pour les métaux seuls ceux supérieurs au bruit de fond ont été retenus (RMQS 2024).

Ensemble des voies d'exposition

Toujours dans une approche sécuritaire, il a été pris en compte la présence de sables limoneux sur l'ensemble du site.

Dans chaque milieu retenu et pour chaque composé, Antea Group a retenu la concentration maximale observée parmi les données disponibles sur les sols restant en place.

8.4. Résultats des calculs sanitaires

8.4.1. Scénario avec aménagement

L'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires indique que les niveaux de risque sont inférieurs aux seuils de risque recommandés dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (rédigée par le Ministère chargé de l'Environnement, avril 2017).

L'état environnemental du site est donc compatible avec l'usage envisagé.

Cette conclusion est établie sur la base des hypothèses suivantes :

- selon l'usage actuellement envisagé,
- considérant une excavation de 1m au droit des bâtiments
- sur la base d'un taux de ventilation standard de 0,25 vol/h dans les bâtiments,
- en considérant les concentrations résiduelles maximales en substances chimiques observées dans les sols et les eaux souterraines au droit des futurs bâtiments,
- selon les hypothèses sécuritaires retenues,
- selon la méthodologie décrite dans la note du 19 avril 2017 et la mise à jour de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 éditée par le Ministère en charge de l'Environnement,
- en l'état actuel des connaissances scientifiques sur les plans chimique, géologique et toxicologique (novembre 2025).

Il faut noter que **tout changement** concernant les **caractéristiques environnementales** du site (découverte d'une nouvelle source par exemple), ou le **schéma conceptuel** pris en considération (notamment l'usage du site, les scénarios d'exposition, les cibles ou les aménagements et leur positionnement sur le site) est susceptible **de modifier les conclusions de l'EQRS**.

Disposition d'aménagement

Au regard des conclusions de cette EQRS, il est recommandé au propriétaire du site de veiller à la mise en œuvre pérenne des dispositions d'aménagement suivantes.

Tableau 4 : Dispositions d'aménagement - EQRS

ZONES CONCERNEES	DISPOSITIONS D'AMENAGEMENT
Bâtiment	<p>Respect des hypothèses retenues pour les paramètres constructifs (notamment les taux de ventilation, les hauteurs et les épaisseurs de dalle). Pour tout nouvel aménagement ou tout nouvel usage, il sera nécessaire de s'assurer que les modifications apportées ne remettent pas en cause les conclusions de cette étude.</p> <p>Ventilation de 0,25 vol/h dans le RDC et les sous-sols.</p> <p>Absence de voie préférentielle d'intrusion des gaz du sol vers les sous-sols, en particulier via des événements ou dispositifs équivalents. Le cas échéant, la présence de tels dispositifs devra faire l'objet d'un calcul de risque spécifique. De plus, le vieillissement de la dalle interface entre le sol et l'air intérieur devra être limité (fissuration) et les points singuliers de passage de la dalle (réseaux par exemple) devront être étanchés. Ainsi, lors de la conception et lors de la construction, cet enjeu devra avoir été considéré.</p>
Espaces extérieurs	<p>Absence de jardins potagers et d'arbres fruitiers. Dans le cas contraire, l'ingestion de fruits et légumes autoproduits au droit du site devra faire l'objet d'investigations complémentaires adaptées à cette voie et d'un nouveau calcul de risque conforme à la méthodologie décrite dans les outils de gestion des sites (potentiellement) pollués, rédigée par le Ministère en charge de l'Environnement en avril 2017. A défaut, toute culture végétale à visée alimentaire devra être réalisée dans des terres d'apport saines¹.</p> <p>Absence de puits permettant l'utilisation des eaux souterraines de la nappe superficielle. Dans le cas contraire, les usages de l'eau issue de la nappe superficielle devront faire l'objet d'un nouveau calcul de risque conforme à la méthodologie décrite dans les outils de gestion des sites (potentiellement) pollués, rédigée par le Ministère en charge de l'Environnement en avril 2017.</p> <p>Passage de canalisations souterraines d'eau potable, notamment celles en polyéthylène, hors des zones d'impact résiduel. Dans le cas contraire, les canalisations souterraines situées au droit des zones d'impact résiduel devront être mises en place dans des remblais d'apport sains et/ou devront être de nature imperméable aux substances organiques (acier, fonte, matériau multicouches adapté). Si ces dispositions ne sont pas effectives, il conviendrait de s'assurer de l'absence d'impact sur l'eau de consommation du site.</p>

¹ Pour les potagers : a minima 50 cm (après compactage) et jusqu'à 1 m (selon une approche sécuritaire) de terre végétale saine avec un grillage avertisseur et un système de séparation physique placés entre les terres d'apport et les terres en place. Pour les arbres fruitiers, une fosse de terres propres, dont le volume sera adapté en fonction du système racinaire de chaque espèce, devra être réalisée. Un géotextile limitant le développement racinaire des arbres peut être envisagé.

8.4.2. Evaluation des incertitudes

Dans une démarche sécuritaire, une évaluation des incertitudes a été réalisée en prenant en compte :

- **Une exposition cumulée sur site** : le cas d'un employé résidant également sur le site a été étudié. Les résultats font apparaître des niveaux de risque inférieurs au seuil de référence pour les cibles à exposition cumulée.
- **Un type de sol plus pénalisant** : compte-tenu de la présence de remblais à tendance plus sableuse dans les sols superficiels, l'étude d'un sol sableux a été réalisée. Le choix d'un type de sol sableux engendre une augmentation des risques avec des valeurs proches des seuils de référence.
- **Ventilation** : étude d'une ventilation de 0,1 vol/h dans les bâtiments. En considérant un taux de renouvellement d'air de 0,1 vol/h, les niveaux de risque sanitaire sont multipliés, par 2. Les niveaux de risque sanitaire sont toutefois inférieurs mais proches des seuils de référence.
- **Prise en compte de toutes les teneurs dans les sols** : il a été réalisé un calcul de risque sanitaire prenant la possibilité des 3 voies d'exposition sur l'ensemble du site d'étude (hors zone 7), afin d'étudier l'acceptabilité du projet d'un point de vue sanitaire si celui-ci venait à être modifié (emplacement des bâtiments modifiés, excavation de sol pour les espaces extérieurs, etc...). L'inhalation d'air en intérieur et extérieur ainsi que l'ingestion de sol / inhalation de poussière ont été étudiées en prenant en compte l'ensemble des résultats d'analyses, toutes profondeurs confondues. Les résultats montrent des dépassements des valeurs de références avec la prise en compte des teneurs maximales dans les sols pour toutes les voies d'exposition. Les substances portant le risque sont le plomb et les dioxines et furanes.

L'analyse des incertitudes montre des résultats proches voir supérieures aux valeurs de références. En effet, l'état environnemental du site ne sera compatible avec son usage envisagé en tenant compte d'une ventilation de 0,1 vol/h et/ou des teneurs maximales dans les sols. Les terres présentant des impacts en plomb ou en dioxines et furanes ne pourront pas être réutilisées en surface ou devront faire l'objet d'un terrassement et d'une évacuation hors site.

Dans le cadre d'un changement concernant les caractéristiques environnementales du site, le projet d'aménagement ou les scénarios d'exposition, la réalisation de mesures de gaz du sol est recommandée avec la mise à jour de l'EQRS.

9. Synthèse des recommandations

Recommandation / hypothèse prise en compte dans l'EQRS	A réaliser en cas de non-respect de la recommandation / de l'hypothèse prise en compte
Zone 7 (actuel garage automobile) non prise en compte dans l'EQRS.	Dans le cadre du réaménagement de la zone 7 tel que projeté par le Grand Annecy, il conviendra de réaliser l'ensemble des études environnementales nécessaires : mise à jour de l'étude historique (INFOS), diagnostic environnemental (DIAG), si nécessaire EQRS, Plan de Gestion (PG), etc...
Sur la zone 1 (maison inhabitée), la maison est murée et son local annexe fermé, ces zones n'ont pas pu être visitées dans le cadre de l'étude historique → Prise en compte de l'absence de source potentielle de pollution dans la maison de la zone 1 (<i>notamment absence de cuve de stockage de fioul et de chaudière, qui constituent les sources potentielles de pollution les plus probables pour cette zone</i>)	En cas de découverte de sources potentielles de pollution, il sera nécessaire de réaliser des investigations sur les milieux afin de s'assurer de l'absence d'impact. En cas d'impact, il conviendra de réaliser une mise à jour de l'EQRS.
Sur la zone 2 (carrosserie), une partie des box loués étaient fermés et n'ont pas pu être visités dans le cadre de l'étude historique → Prise en compte de l'absence de source potentielle de pollution dans ces box.	En cas de découverte de sources potentielles de pollution, il sera nécessaire de réaliser des investigations sur les milieux afin de s'assurer de l'absence d'impact. En cas d'impact, il conviendra de réaliser une mise à jour de l'EQRS.
D'une manière générale, en cas de découverte d'une nouvelle source de pollution / d'un impact dans les milieux.	Réalisation d'investigations et si nécessaire réalisation d'une mise à jour de l'EQRS.
En cas de modification significative du projet d'aménagement	La réalisation d'investigations complémentaires (type prélèvements de gaz du sol) pourrait être envisagé ainsi que la mise à jour de l'EQRS. Et/ ou l'excavation des terres présentant une anomalie
Excavation de l'impact en dioxine/furane dans les sols entre 0 et 1 m (teneur maximal de 160 ng/kg TEQ OMS 2005).	En cas de modification du projet, il conviendra tout de même d'excaver les terres correspondant à une pollution concentrée en dioxines/furanes.
Absence de réutilisation des terres excavées sur site.	En cas de réutilisation des terres excavées sur site, il conviendra de réaliser une mise à jour de l'EQRS et/ou de mettre en place des mesures constructives.
Ventilation de minima 0,25 volume/heure dans les futurs bâtiments	En cas de mise en place d'un taux de ventilation du bâtiment moindre, il conviendra de réaliser des prélèvements de gaz du sol au droit des

Recommandation / hypothèse prise en compte dans l'EQRS	A réaliser en cas de non-respect de la recommandation / de l'hypothèse prise en compte
	teneurs maximales en composés volatils au droit des futurs bâtiments, et de réaliser une mise à jour de l'EQRS.
Absence de jardins potagers et d'arbres fruitiers.	<p>Dans le cas contraire, l'ingestion de fruits et légumes autoproduits au droit du site devra faire l'objet d'investigations complémentaires adaptées à cette voie et de la mise à jour de l'EQRS.</p> <p>A défaut, toute culture végétale à visée alimentaire devra être réalisée dans des terres d'apport saines.</p>
Absence de puits permettant l'utilisation des eaux souterraines de la nappe superficielle	Dans le cas contraire, l'ingestion d'eau souterraine sera à prendre en compte avec une mise à jour de l' EQRS.
Passage de canalisations souterraines d'eau potable, notamment celles en polyéthylène, hors des zones d'impact résiduel.	<p>Dans le cas contraire, les canalisations souterraines situées au droit des zones d'impact résiduel devront être mises en place dans des remblais d'apport sains et/ou devront être de nature imperméable aux substances organiques (acier, fonte, matériau multicouches adapté). Si ces dispositions ne sont pas effectives, il conviendrait de s'assurer de l'absence d'impact sur l'eau de consommation du site.</p>

10. Conclusions

Le **Grand Annecy** porte un projet de requalification foncière de la friche industrielle et des parcelles environnantes sis chemin des Grèves à Cran-Gevrier (74). Le projet consiste en l'aménagement d'un quartier économique avec notamment des logements, des usages tertiaires et des services.

Une étude historique et documentaires (INFOS) a été réalisée par GONE Environnement (*rapport n°24008-1- Version n°1 du 8 octobre 2024*), puis mise à jour par Antea Group avec notamment la visite de zones non accessibles alors par GONE Environnement (*rapport n°137773 du 30/07/2025*), ayant amené au recensement de sources potentielles de pollution au droit du site d'étude et à l'élaboration d'un programme prévisionnel d'investigation. Les investigations préconisées sur les sols ont été réalisées par Antea Group (*rapport n°A138302/VA du 05/09/2025*). Des investigations complémentaires sur les sols et les eaux souterraines ont été préconisées à l'issue de ce diagnostic. Les investigations sur les sols n'ont pas encore été réalisées, mais le prélèvement d'eaux souterraines a été réalisé et les résultats disponibles sont pris en compte dans la présente note.

Dans le cadre du dossier de cas par cas, le Grand Annecy souhaite apporter des éléments concernant la compatibilité sanitaire du site d'étude avec l'usage projeté. Une évaluation Quantitative des Risques Sanitaire (EQRS) a été réalisée (*rapport n°A140274 de décembre 2025, Annexe V*) à partir des données disponibles à ce stade.

En l'absence de données (absence d'INFOS complète et de DIAG) sur la zone 7, correspondant à l'actuel garage automobile, cette zone n'a pas été prise en compte dans l'EQRS.

L'EQRS indique que les niveaux de risque sont inférieurs aux seuils de risque recommandés dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (rédigée par le Ministère chargé de l'Environnement, avril 2017), sous respect des hypothèses prises en compte.

Au regard des données disponibles, du projet d'aménagement à date, et de l'emprise prise en compte dans l'EQRS (sans la zone 7), le site est compatible avec les usages projetés, sous réserve du respect de l'ensemble des hypothèses prises en compte.

Notons que :

- l'EQRS réalisée à ce stade, s'appuie sur des données (sols et eaux souterraines) majorantes et sécuritaires dans l'évaluation de la compatibilité des usages futurs du site avec la qualité des milieux.
- les données disponibles à ce stade sont jugées satisfaisantes pour une première évaluation de la compatibilité des milieux avec l'usage futur. Les investigations complémentaires prévues à ce stade sont recommandées principalement pour préciser des anomalies relevées.

Il faut noter que **tout changement** concernant les **caractéristiques environnementales** du site (découverte d'une nouvelle source par exemple), ou le **schéma conceptuel** pris en considération (notamment l'usage du site, les scénarios d'exposition, les cibles ou les aménagements et leur positionnement sur le site) est susceptible **de modifier les conclusions de la présente étude**.

En cas de changements, il pourra être recommandé de réaliser des investigations et études complémentaires (prélèvements sur gaz du sol, mise à jour de l'EQRS), afin de s'assurer de l'absence de risques et/ou, le cas échéant, de mettre en place des mesures de gestion (excavation, mesures constructives...).

Observations sur l'utilisation du rapport

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

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

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

De même, le contenu de la prestation INFOS ne peut être considéré comme exhaustif. Il est le reflet de ce que les personnes rencontrées et les documents transmis et consultés ont pu révéler. La responsabilité d'Antea Group ne saurait être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

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

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

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

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



ANNEXES

Annexe I : Abréviations générales

Annexe II : Normes de prélèvement et d'échantillonnage

Annexe III : Fiches de prélèvement des eaux souterraines

Annexe IV : Bordereaux d'analyses des eaux souterraines

Annexe V : EQRS

Annexe I : Abréviations générales

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

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

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

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

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

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

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

Annexe II : Normes de prélèvement et d'échantillonnage

Antea Group applique les normes de prélèvement et d'échantillonnage suivantes :

MILIEU EAUX SOUTERRAINES

Les prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines sont réalisés selon les normes :

NF X 31 614 « Qualité du sol – Méthode de détection et de caractérisation des pollutions - Réalisation d'un forage de contrôle ou de suivi de la qualité de l'eau souterraine au droit et autour d'un site potentiellement pollué », Janvier 2024

L'échantillonnage d'eaux souterraines dans un ouvrage accessible est réalisé en référence à la norme :

NF X 31 615 « Qualité des sols – Méthodes de détection, de caractérisation et de surveillance des pollutions en nappe dans le cadre des sites pollués ou potentiellement pollués - Prélèvement et échantillonnage des eaux souterraines dans des forages de surveillance pour la détermination de la qualité des eaux souterraines », Décembre 2017

L'échantillonnage d'eaux souterraines, au robinet ou sur une source ou un forage exploité dont le système de pompage rend l'ouvrage inaccessible, est réalisé en référence à la norme :

FD T90-523-3 « Guide d'échantillonnage pour le suivi de la qualité des eaux souterraines dans l'environnement – Partie 3 – Echantillonnage des eaux souterraines, Septembre 2022

NF EN ISO 5667-3 « Qualité de l'eau – Echantillonnage – Partie 3 : Lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau », Avril 2024

ISO 5667-11 « Qualité de l'eau – Echantillonnage – Partie 11 : Lignes directrices pour l'échantillonnage des eaux souterraines », Avril 2009

NF EN ISO 5667-14 « Qualité de l'eau – Echantillonnage – Partie 14 : Lignes directrices sur l'assurance qualité et le contrôle qualité pour l'échantillonnage et la manutention des eaux environnementales », Septembre 2017

ISO 5667-22 « Qualité de l'eau – Echantillonnage – Partie 22 : Lignes directrices pour la conception et l'installation de points d'échantillonnage des eaux souterraines », Août 2010

NF EN ISO 24187 « Principe d'analyse des microplastiques présents dans l'environnement », Septembre 2023

Annexe III : Fiches de prélèvement des eaux souterraines

FICHE DE PRELEVEMENT DES EAUX SOUTERRAINES

Désignation de l'ouvrage

SP2-Pz

N° du projet :	RHAP250079	Coordonnées : RGF93 - Lambert93 CC46	
Client :	Le Grand Anncy	X :	1 940 634,00 m
Site et commune :	Chemin des Grèves - Cran Gevrier (74)	Y :	5 194 553,00 m
Responsable projet :	F.Ganivet	Z sol :	Z repère : m NGF
Opérateur(s) :	S.Duault	Origine des coordonnées :	
Environnement :	Friche - voirie	Campagne de nov-25	
Localisation :	Derrière les batiments de carrosserie	Début : 25/11/2025	Fin : 25/11/2025
Conditions météo. :	Nuageux	Ouvrage prélevé avant :	après :
	Temp. : 9.0 °C	-	-

Caractéristiques de l'ouvrage

Niveau piézométrique :	0,75	m/repère	Diamètre int. ouvrage :	28	mm	Hauteur colonne d'eau :	4,3	m
<input type="checkbox"/> influencé			Diamètre de foration :	nc	mm		Volume puits en eau :	4,6
Profondeur ouvrage :	5,05	m/repère	Nature du tubage : <input type="checkbox"/> PEHD <input checked="" type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> métal			Volume min. à purger :	9	litres
Nature du repère :	bord bouche à clé		Hauteur tube/repère :	0,04	m/repère	Cote du repère :	0,00	m NGF
Hauteur du repère :	0,00	m/sol	Profondeur crépines :	0,10	m/sol	Cote de la nappe :	-0,75	m NGF
Date de création :	nc		Aquifère capté :	-				

Etat de l'ouvrage à la date du prélèvement

TETE DE L'OUVRAGE		ETANCHEITE DE SURFACE		MESURES AVANT PURGE	
Type :	<input type="checkbox"/> Hors-sol <input checked="" type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> PEHD <input type="checkbox"/> Ras de sol <input checked="" type="checkbox"/> Métallique	Cimentation de l'ouvrage :	<input checked="" type="checkbox"/> Bon état <input type="checkbox"/> Abimée <input type="checkbox"/> Non visible/absente	Mesure PID (ouverture) :	0,0 ppm
Capot / Couverture / Bouche à clef :	<input type="checkbox"/> Etanche <input type="checkbox"/> Cadenassé	Type de revêtement :	<input type="checkbox"/> Dalle béton <input checked="" type="checkbox"/> Enrobé <input type="checkbox"/> Terre	<input type="checkbox"/> Flottant	épaisseur : -
Bouchon sur tubage :	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/> Plongeant	épaisseur : -
Etat (neuf, abimé, ...) :	Bon état	Etat (fracturé, érodé ...) :	Ok		

Purge de l'ouvrage

Type de purge : <input checked="" type="checkbox"/> Statique <input type="checkbox"/> Dynamique	Traitement des eaux de purge : <input type="checkbox"/> Non traitées <input checked="" type="checkbox"/> Traitées sur site	Exutoire des eaux de purge : <input checked="" type="checkbox"/> Rejet sur site <input type="checkbox"/> Stockage
Outil : Pompe périlstatique	<input checked="" type="checkbox"/> Filtration CA <input type="checkbox"/> Traitées hors site	<input checked="" type="checkbox"/> Réseaux EU/EP <input type="checkbox"/> Autre
Position aspiration : 5,0 m/repère		

Suivi des paramètres physico-chimiques mesurés sur site

[illegible]

Critères d'acceptabilité

0,2 upH	-
Date : 25/11/2025	

2%

20 mV

	0.5 mg/l
--	----------

Prélèvement des eaux souterraines

Date : 25/11/2025

à : 14h00

Outil prélèvement :	Pompe péristaltique	Position aspiration :	5,0	m/repère
Nettoyage / Rinçage :	Tuyaux neuf	Débit prélèvement :	< 5 l/min	



Gestion des échantillons

Type de flaconnage (fourni par le labo)	Filtration	Analyses effectuées	Laboratoire :	WESSLING
11 flacons	oui filtration	Dioxines/Furannes PCDD / PCDF / 20 PFAS	Expédié le :	25/11/2025
	insitu pour les métaux	/ HCT C10-C40 / C5-C10 / PCB / HAP / COHV / BTEX / 12 métaux dissous	Conditionnement :	Glacière réfrigéré

Observations ou justification du non respect du mode opératoire

Diamètre piézomètre : 1 pouce / Niveau dynamique non mesuré car diamètre trop petit

Référence du matériel utilisé

EPI classiques : Casque, chaussures/bottes, lunette, gants	Detecteur gaz / explosimètre :	25072Q1-005
Sonde PID : 27	Sonde piézométrique / interface :	NIV384
Pompe : Pompe périlstatique	Appareil de mesure pour les eaux :	EMNL032
Autre :	Filtre des eaux de purge (charbon actif) :	CA02

Annexe IV : Bordereaux d'analyses des eaux souterraines

ALS France, 40 rue du Ruisseau, 38070 Saint-Quentin-Fallavier Cedex

ANTEA GROUP

Monsieur Stéphane DUAULT

109 rue des mercières CS 20214

69142 RILLIEUX-LA-PAPE Cedex

N° rapport d'essai	ULY25-041886-1
N° commande	ULY-43251-25
Interlocuteur (interne)	Y. Lafond
Téléphone	+33 474 990 554
Courrier électronique	yann.lafond@alsglobal.com
Date	05.12.2025

Rapport d'essai

RHAP250079 - SP2-PZ



Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai et tels qu'ils ont été reçus (dans le cas où le laboratoire n'a pas prélevé les échantillons).

Les résultats des paramètres couverts par l'accréditation EN ISO/CEI 17025 sont marqués d'un (A).

La portée d'accréditation COFRAC n°1-1364 essais du laboratoire ALS France, site de Lyon (St Quentin Fallavier) est disponible sur le site www.cofrac.fr pour les résultats accrédités par ce laboratoire.

La portée d'accréditation CAI n° 1163 des laboratoires ALS en République Tchèque est disponible sur le site www.cai.cz pour les résultats accrédités par ces laboratoires.

Le COFRAC/CAI sont signataires des accords de reconnaissance mutuels de l'ILAC et de l'EA pour les activités d'essai.

Les organismes d'accréditation signataires de ces accords pour les activités d'essai reconnaissent comme dignes de confiance les rapports couverts par l'accréditation des autres organismes d'accréditation signataires des accords des activités d'essai.

Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires ALS France.

Les laboratoires ALS France autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données sans faire allusion à l'accréditation des résultats d'essai.

Les données fournies par le client sont sous sa responsabilité et identifiées en italique.



Le 05.12.2025

N° d'échantillon

25-162136-01

Désignation d'échantillon

Unité

SP2-Pz

Paramètres globaux / Indices

Indice Hydrocarbures volatils - Méthode interne : C5-C10-BTEX-HS/GC/MS - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Indice hydrocarbure (C5-C10)	µg/l E/L	<50,0 (A)			
Somme des C5	µg/l E/L	<8,0			
Somme des C6	µg/l E/L	<8,0			
Somme des C7	µg/l E/L	<8,0			
Somme des C8	µg/l E/L	<8,0			
Somme des C9	µg/l E/L	<8,0			
Somme des C10	µg/l E/L	<8,0			

Éléments

Métaux dissous (ICP/MS) - NF EN ISO 17294-2 - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Chrome (Cr)	µg/l E/L	<5,0 (A)			
Nickel (Ni)	µg/l E/L	<10 (A)			
Cuivre (Cu)	µg/l E/L	<5,0 (A)			
Zinc (Zn)	µg/l E/L	<50 (A)			
Arsenic (As)	µg/l E/L	10 (A)			
Sélénium (Se)	µg/l E/L	<10 (A)			
Molybdène (Mo)	µg/l E/L	<10 (A)			
Cadmium (Cd)	µg/l E/L	<1,5 (A)			
Antimoine (Sb)	µg/l E/L	<5,0 (A)			
Baryum (Ba)	µg/l E/L	60 (A)			
Mercure (Hg)	µg/l E/L	<0,1 (A)			
Plomb (Pb)	µg/l E/L	<10 (A)			

Hydrocarbures halogénés volatils (COHV)

Hydrocarbures halogénés volatils (COHV) sur eau - NF EN ISO 10301 - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Chlorure de vinyle	µg/l E/L	<0,5 (A)			
Dichlorométhane	µg/l E/L	<0,5 (A)			
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg/l E/L	<0,5 (A)			
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg/l E/L	<0,5 (A)			
Trichlorométhane	µg/l E/L	<0,5 (A)			
1,1,1-Trichloroéthane	µg/l E/L	<0,5 (A)			
Tétrachlorométhane	µg/l E/L	<0,5 (A)			
Trichloroéthylène	µg/l E/L	<0,5 (A)			
Tétrachloroéthylène	µg/l E/L	<0,5 (A)			
1,1-Dichloroéthane	µg/l E/L	<0,5 (A)			
1,1-Dichloroéthylène	µg/l E/L	<0,5 (A)			
Somme des COHV	µg/l E/L	-/-			



Le 05.12.2025

N° d'échantillon

25-162136-01

Désignation d'échantillon

Unité

SP2-Pz

Benzène et aromatiques (CAV - BTEX)

Benzène et aromatiques (CAV-BTEX) - NF ISO 11423-1 - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Benzène	µg/l E/L	<0,5 (A)			
Toluène	µg/l E/L	<0,5 (A)			
Ethylbenzène	µg/l E/L	<0,5 (A)			
o-Xylène	µg/l E/L	<0,5 (A)			
m-, p-Xylène	µg/l E/L	<0,5 (A)			
Cumène	µg/l E/L	<0,5 (A)			
Mésitylène	µg/l E/L	<0,5 (A)			
o-Ethyltoluène	µg/l E/L	<0,5 (A)			
m-, p-Ethyltoluène	µg/l E/L	<0,5 (A)			
Pseudocumène	µg/l E/L	<0,5 (A)			
Somme des BTEX	µg/l E/L	-/-			
Somme des CAV	µg/l E/L	-/-			

Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

HAP - Méthode interne : HAP-PCB-GC/MS - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Naphtalène	µg/l	<0,04 (A)			
Acénaphthylène	µg/l	0,04 (A)			
Acénaphène	µg/l	0,05 (A)			
Fluorène	µg/l	0,05 (A)			
Phénanthrène	µg/l	0,14 (A)			
Anthracène	µg/l	0,14 (A)			
Fluoranthène	µg/l	0,32 (A)			
Pyrène	µg/l	0,22 (A)			
Benzo(a)anthracène	µg/l	0,07 (A)			
Chrysène	µg/l	0,08 (A)			
Benzo(b)fluoranthène	µg/l	0,11 (A)			
Benzo(k)fluoranthène	µg/l	0,04 (A)			
Benzo(a)pyrène	µg/l	0,08 (A)			
Dibenzo(a,h)anthracène	µg/l	<0,03 (A)			
Indéno(1,2,3,c,d)pyrène	µg/l	0,05 (A)			
Benzo(g,h,i)pérylène	µg/l	0,07 (A)			
Somme des 4 HAP	µg/l	0,27			
Somme des 6 HAP	µg/l	0,67			
Somme des HAP	µg/l	1,5			

Polychlorobiphényles (PCB)

PCB - NF EN ISO 6468 - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

PCB n° 28	µg/l E/L	<0,003 (A)			
PCB n° 52	µg/l E/L	<0,003 (A)			
PCB n° 101	µg/l E/L	<0,003 (A)			
PCB n° 118	µg/l E/L	<0,003 (A)			
PCB n° 138	µg/l E/L	<0,003 (A)			
PCB n° 153	µg/l E/L	<0,003 (A)			
PCB n° 180	µg/l E/L	<0,003 (A)			
Somme des 7 PCB	µg/l E/L	-/-			



Le 05.12.2025

N° d'échantillon

25-162136-01

Désignation d'échantillon

Unité

SP2-Pz

Dibenzodioxines polychlorés (PCDD)

Polychloro-dibenzo dioxines et furanes (PCDD/F) - CZ SOP_D06_06_175 - Réalisé par ALS (République tchèque)

1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	pg/L E/L	<11 (A)			
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	pg/L E/L	<15 (A)			
1,2,3,4,7,8-HxCDD	pg/L E/L	<2,8 (A)			
1,2,3,4,7,8-HxCDF	pg/L E/L	<4,7 (A)			
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	pg/L E/L	<5,2 (A)			
1,2,3,6,7,8-HxCDD	pg/L E/L	<2,8 (A)			
1,2,3,6,7,8-HxCDF	pg/L E/L	<3,9 (A)			
1,2,3,7,8-PeCDD	pg/L E/L	<0,49 (A)			
1,2,3,7,8-PeCDF	pg/L E/L	<4,9 (A)			
1,2,3,7,8,9-HxCDD	pg/L E/L	<3,2 (A)			
1,2,3,7,8,9-HxCDF	pg/L E/L	<6,6 (A)			
2,3,4,6,7,8-HxCDF	pg/L E/L	<6,2 (A)			
2,3,4,7,8-PeCDF	pg/L E/L	<5 (A)			
2,3,7,8-TCDD	pg/L E/L	<0,48 (A)			
2,3,7,8-TCDF	pg/L E/L	<2,9 (A)			
OCDD	pg/L E/L	<26 (A)			
OCDF	pg/L E/L	<16 (A)			
TEQ (OMS 2005) limite inférieure	pg/L E/L	0 (A)			
TEQ (OMS 2005) limite supérieure	pg/L E/L	6,3 (A)			
I-TEQ (OTAN) limite inférieure	pg/L E/L	0 (A)			
I-TEQ (OTAN) limite supérieure	pg/L E/L	7,2 (A)			



Le 05.12.2025

N° d'échantillon

25-162136-01

Désignation d'échantillon

Unité

SP2-Pz

PFAS

Substances perfluorées (PFAS) - NF EN 17892 - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Acide perfluorobutanoïque (PFBA)	ng/L E/L	<10 (A)			
Acide perfluoropentanoïque (PFPeA)	ng/L E/L	14 (A)			
Acide perfluorobutane sulfonique (PFBS)	ng/L E/L	<10 (A)			
Acide perfluorohexanoïque (PFHxA)	ng/L E/L	19 (A)			
Acide perfluoropentane sulfonique (PFPeS)	ng/L E/L	<10 (A)			
Acide perfluoroheptanoïque (PFHpA)	ng/L E/L	13 (A)			
Acide perfluorohexane sulfonique, somme isomères ramifiés et linéaires (PFHxS)	ng/L E/L	14 (A)			
Acide perfluorooctanoïque, somme des isomères ramifiés et linéaires (PFOA)	ng/L E/L	48 (A)			
Acide perfluoroheptane sulfonique (PFHpS)	ng/L E/L	<10 (A)			
Acide perfluorononanoïque (PFNA)	ng/L E/L	<10 (A)			
Acide perfluorooctane sulfonique, somme isomères ramifiés et linéaires (PFOS)	ng/L E/L	87 (A)			
Acide perfluorononane sulfonique (PFNS)	ng/L E/L	<10 (A)			
Acide perfluorodécanoïque (PFDA)	ng/L E/L	7,0 (A)			
Acide perfluorodécane sulfonique (PFDS)	ng/L E/L	<2,0 (A)			
Acide perfluoroundécanoïque (PFUnDA)	ng/L E/L	<10 (A)			
Acide perfluoroundécane sulfonique (PFUnDS)	ng/L E/L	<10 (A)			
Acide perfluorododécanoïque (PFDoDA)	ng/L E/L	<10 (A)			
Acide perfluorododécane sulfonique (PFDoDS)	ng/L E/L	<10 (A)			
Acide perfluorotridécanoïque (PFTrDA)	ng/L E/L	<10 (A)			
Acide perfluorotridécane sulfonique (PFTrDS)	ng/L E/L	<10 (A)			
Somme des 20 PFAS	ng/L E/L	202			

Polychloro-dibenzo dioxines et furanes (PCDD/F) - CZ_SOP_D06_06_175 : US EPA 1613 B, CSN EN 16190

E/L : Eau/lixiviat

< : résultat inférieur à la limite de quantification



Le 05.12.2025

N° d'échantillon 25-162136-01
 Désignation d'échantillon Unité SP2-Pz

Informations sur les échantillons

Date de réception :	25.11.2025			
Type d'échantillon :	Eau souterraine			
Date de prélèvement :	25.11.2025			
Heure de prélèvement :	15:00			
Récipient :	3*1000ml Verre WES900+250ml V/HNO3 WES202+250VB WES204+100ml PE/HNO3 WES113+60ml PE/HNO3 WES112+100ml PE WES100+60ml PE WES101+2*40ml HS WES138+15 mL eppendorf			
Température à réception (C°) :	7.6			
Début des analyses :	26.11.2025			
Fin des analyses :	03.12.2025			
Préleveur :	SDU			



Le 05.12.2025

Informations sur vos résultats d'analyses :

Pour parfaire la lecture de vos résultats, les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction de la nature chimique de la matrice.
Seuls les résultats quantifiés (résultats égaux ou supérieurs à la LQ) sont pris en compte dans le calcul des sommes. Dans le cas contraire la somme est rendue "-/-".

Approuvé par :
Jean-Francois CAMPENS
Président

Annexe V : EQRS



Rapport

Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires

Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier (74)



Antea Group
Bâtiment Fireworks
109 rue des Mercières - 69140
RILLIEUX-LA-PAPE
SIRET : 393 206 735 00747
www.anteagroup.fr



Rapport n°A140274/version A– Décembre 2025

Projet suivi par Faustine GANIVET – 06.12.06.79.87 – faustine.ganivet@anteagroup.fr



Fiche signalétique

Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires

Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier (74)

CLIENT

SITE

Maître d'ouvrage : Grand Annecy

49 avenue des Îles

BP 90 270

74 007 Annecy Cedex

Béatrice CASTAING

Chargée de missions aménagement
opérationnelle

Port : +336.68.66.65.53

bcastaing@grandannecy.fr

Campus/Cluster Papèteries

Chemin des grèves

74 960 Cran-Gevrier

Assistant Maîtrise d'Ouvrage : GONE**Environnement**

Fabrice BEDIN

06 29 57 27 10

fabrice.bedin@gone-environnement.com

RAPPORT D'ANTEA GROUP

Responsable du projet

Faustine GANIVET

Interlocuteur commercial

Faustine GANIVET

Implantation chargée du suivi du projet

Implantation de Lyon

04.37.85.19.60

secretariat.lyon@anteagroup.fr

Rapport n°

A140274

Version n°

A

Votre commande et date




Bon de commande n°3320250053 du 01/07/2025

Projet n°

RHAP250079

Codes prestation selon NF X31-620

A320

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Florence HERVE	Chef de Projet	Décembre 2025	
Vérification	Faustine GANIVET	Chef de projet	Décembre 2025	
Approbation	Martin Junquet	Supérieur / Sachant	Décembre 2025	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications
A	08/12/2025	53	7	Etablissement du rapport

Sommaire

Résumé non technique	7
1. ... Abréviations.....	9
2. ... Contexte et objectif de l'étude.....	10
3. ... Méthodologie générale	11
3.1. Textes de références	11
3.2. Description de la mission	11
4. ... Descriptif de la zone d'étude et usage actuel	13
4.1. Rapports environnementaux à disposition	15
4.2. Synthèse environnementale	15
4.3. Projet d'aménagement et usage envisagé.....	16
5. ... Caractérisation de l'exposition.....	18
5.1. Caractérisation des sources de pollution identifiées sur le site.....	18
5.2. Bioaccessibilité orale dans les sols	20
5.3. Identification des voies d'exposition.....	20
5.3.1. Contact direct avec les sols en place.....	20
5.3.2. Contact direct et/ou indirect avec les eaux souterraines	21
5.3.3. Contact direct et/ou indirect avec les eaux superficielles	21
5.3.4. Inhalation de substances volatiles présentes dans les sols et/ou les eaux souterraines.....	21
5.3.5. Ingestion de végétaux autoproduits	21
5.3.6. Ingestion d'eau potable issue des réseaux souterrains	22
5.3.7. Résumé.....	22
5.4. Cibles retenues	23
5.5. Sélection des substances et concentrations associées	23
5.6. Schéma conceptuel	29

5.7. Quantification de l'exposition	29
5.7.1. Choix du modèle d'exposition.....	29
5.7.2. Calcul de la dose journalière ou concentration d'exposition.....	32
5.7.3. Paramètres d'exposition	33
6. ... Evaluation de la relation dose réponse	34
6.1. Synthèse des données toxicologiques.....	34
6.2. Valeurs toxicologiques de référence retenues.....	34
6.3. Prise en compte des ADAF	34
6.4. Comparaison aux valeurs de gestion.....	35
6.4.1. Pour l'air intérieur	35
6.4.2. Valeurs de gestion dans les sols.....	35
7. ... Quantification des risques sanitaires	38
8. ... Interprétation des résultats.....	40
8.1. Hiérarchisation des risques	40
8.2. Comparaison aux Valeurs Réglementaires et aux valeurs de gestion_Qualité des sols	40
8.3. Détermination des mesures compensatoires	42
8.4. Evaluation des incertitudes	43
8.4.1. Analyse qualitative	43
8.4.2. Analyse quantitative	46
9. ... Conclusions et recommandations	50
9.1. Conclusion	50
9.2. Recommandations.....	51
9.3. Synthèse des dispositions d'aménagement	51

Table des figures

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (source : IGN)	14
Figure 2 : Projet de réaménagement (copil du 26/03/2025 – transmis par le Grand Annecy le 31/07/2025)	17
Figure 3 : Localisation des sondages	19
Figure 4 : Schéma conceptuel	29
Figure 5 : Modélisation du transfert des substances volatiles	31

Table des tableaux

Tableau 1 : Dispositions d'aménagement	8
Tableau 2 : Codification des prestations selon la norme NFX31-620-2	11
Tableau 3 : Synthèse historique et environnementales	15
Tableau 4 : Sondages, piézomètres et piézajrs par zone d'étude	20
Tableau 5 : Résumé des voies d'exposition	22
Tableau 6 : Sélection des métaux	24
Tableau 7 : Substances et concentrations retenues dans les sols_Inhalation intérieure	27
Tableau 8 : Substances et concentrations retenues dans les sols_Inhalation extérieure	27
Tableau 9 : Substances et concentrations retenues dans les sols_Ingestion de sols et Inhalation de poussières	28
Tableau 10 : Substances et concentrations retenues dans les eaux souterraines_SP2-Pz	28
Tableau 11 : Paramètres d'exposition retenus dans l'étude	33
Tableau 12 : Seuils de vigilance et seuils d'action rapide définis par le HCSP	35
Tableau 13 : Valeurs repère définies par la HAS	37
Tableau 14 : Risques sanitaires pour les futurs usagers du site	39
Tableau 15 : Résultats de l'analyse des incertitudes sur l'exposition cumulée	46
Tableau 16 : Résultats de l'analyse des incertitudes pour le type de sol	46
Tableau 17 : Résultats de l'analyse des incertitudes sur la ventilation	47
Tableau 18 : Teneurs maximales_Inhalation de vapeurs en intérieur et en extérieur	47
Tableau 19 : Teneurs maximales_Ingestion de sols et inhalation de poussières	48
Tableau 20 : Résultats de l'analyse des incertitudes avec la prise en compte des teneurs maximales	48
Tableau 21 : Dispositions d'aménagement	52

Table des annexes

Annexe I : [Méthodologie Générale](#)

Annexe II : [Textes réglementaires et bibliographiques](#)



Antea Group
Bâtiment Fireworks
109 rue des Mercières - 69140
RILLIEUX-LA-PAPE
SIRET : 393 206 735 00747
www.anteagroup.fr



Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier
(74)

Annexe III :	Intrusion de substances organiques dans les réseaux souterrains d'eau potable
Annexe IV :	Synthèse des données physico-chimiques
Annexe V :	Présentation et paramétrage du logiciel Modul'ERS
Annexe VI :	Synthèse des données toxicologiques et des VTR
Annexe VII :	Calculs de Risques Sanitaires

Résumé non technique

Dans le cadre du projet de requalification foncière de la friche industrielle et des parcelles environnantes sis chemin des Grèves à Cran-Gevrier (74), le Grand Annecy a mandaté Antea Group pour la réalisation d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS), dans l'objectif d'étudier la compatibilité de l'aménagement envisagé (quartier économique avec logement, crèche, activité tertiaire...) avec la pollution observée au droit du site.

Cette étude s'inscrit dans le cadre des mesures recommandées par la **circulaire ministérielle du 8 février 2007** relative à l'implantation, sur des sols pollués, d'établissements sensibles accueillant des populations sensibles¹. Elle tient compte également du Décret n° 2022-1689 du 27 décembre 2022^{2,3}, modifiant le code de l'environnement en matière de surveillance de la qualité de l'air intérieur.

Cette étude fait suite aux différentes campagnes d'investigations réalisées par Antea Group depuis 2024.

Les investigations ont mis en évidence des sources potentielles de pollution telles que :

- la présence d'hydrocarbures (HCT, HAP), métaux, PCB, PFAS et dioxines et furanes dans les sols ;
- la présence d'hydrocarbures (HAP), métaux, et dioxines et furanes dans les eaux souterraines.

Les voies d'expositions étudiées sont :

- l'inhalation de substances volatiles présentes dans les sols et les eaux souterraines au droit des espaces intérieurs et extérieurs ;

¹ L'annexe 3 de la circulaire ministérielle du 8 février 2007 propose aux maîtres d'ouvrage un ensemble de mesures dont la mise en œuvre est fortement recommandée pour répondre pleinement aux enjeux liés à l'implantation d'établissements sensibles sur d'anciens sites industriels pollués.

² Ce décret indique les valeurs réglementaires à respecter pour les Etablissements Recevant du Public pour le formaldéhyde et le benzène.

³ Décret relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public (notamment les établissements d'accueil des enfants de moins de 6 ans, écoles, établissements de loisirs, structures sociales et médico-sociales, établissements pénitentiaires pour mineurs, établissements sportifs).

- l'ingestion de sol ;
- l'inhalation de poussières.

Au regard de l'aménagement envisagé, les cibles étudiées sont donc :

- les résidents ;
- les employés.

Cette Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires indique que les niveaux de risque sont inférieurs aux seuils de risque recommandés dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (rédigée par le Ministère chargé de l'Environnement, avril 2017) ainsi qu'aux valeurs de gestion considérées.

L'état environnemental du site est donc compatible avec son usage envisagé.

Cette conclusion est établie en tenant compte des dispositions d'aménagement décrites dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Dispositions d'aménagement

ZONES CONCERNEES	DISPOSITIONS D'AMENAGEMENT
Bâtiment	<p>Respect des hypothèses retenues pour les paramètres constructifs (notamment les taux de ventilation, les hauteurs et les épaisseurs de dalle). Pour tout nouvel aménagement ou tout nouvel usage, il sera nécessaire de s'assurer que les modifications apportées ne remettent pas en cause les conclusions de cette étude.</p> <p>Ventilation de 0,25 vol/h dans le RDC et les sous-sols.</p> <p>Absence de voie préférentielle d'intrusion des gaz du sol vers les sous-sols, en particulier via des événements ou dispositifs équivalents. Le cas échéant, la présence de tels dispositifs devra faire l'objet d'un calcul de risque spécifique. De plus, le vieillissement de la dalle interface entre le sol et l'air intérieur devra être limité (fissuration) et les points singuliers de passage de la dalle (réseaux par exemple) devront être étanchés. Ainsi, lors de la conception et lors de la construction, cet enjeu devra avoir été considéré.</p>
Espaces extérieurs	<p>Absence de jardins potagers et d'arbres fruitiers. Dans le cas contraire, l'ingestion de fruits et légumes autoproduits au droit du site devra faire l'objet d'investigations complémentaires adaptées à cette voie et d'un nouveau calcul de risque conforme à la méthodologie décrite dans les outils de gestion des sites (potentiellement) pollués, rédigée par le Ministère en charge de l'Environnement en avril 2017. A défaut, toute culture végétale à visée alimentaire devra être réalisée dans des terres d'apport saines⁴.</p> <p>Absence de puits permettant l'utilisation des eaux souterraines de la nappe superficielle. Dans le cas contraire, les usages de l'eau issue de la nappe superficielle devront faire l'objet d'un nouveau calcul de risque conforme à la méthodologie décrite dans les outils de gestion des sites (potentiellement) pollués, rédigée par le Ministère en charge de l'Environnement en avril 2017.</p> <p>Passage de canalisations souterraines d'eau potable, notamment celles en polyéthylène, hors des zones d'impact résiduel. Dans le cas contraire, les canalisations souterraines situées au droit des zones d'impact résiduel devront être mises en place dans des remblais d'apport sains et/ou devront être de nature imperméable aux substances organiques (acier, fonte, matériau multicouches adapté). Si ces dispositions ne sont pas effectives, il conviendrait de s'assurer de l'absence d'impact sur l'eau de consommation du site.</p>

⁴ Pour les potagers : *a minima* 50 cm (après compactage) et jusqu'à 1 m (selon une approche sécuritaire) de terre végétale saine avec un grillage avertisseur et un système de séparation physique placés entre les terres d'apport et les terres en place. Pour les arbres fruitiers, une fosse de terres propres, dont le volume sera adapté en fonction du système racinaire de chaque espèce, devra être réalisée. Un géotextile limitant le développement racinaire des arbres peut être envisagé.



Antea Group
Bâtiment Fireworks
109 rue des Mercières - 69140
RILLIEUX-LA-PAPE
SIRET : 393 206 735 00747
www.anteagroup.fr



Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier
(74)

Il faut noter que tout changement concernant les caractéristiques environnementales du site (découverte d'une nouvelle source), le projet d'aménagement ou les scénarios d'exposition pris en considération est susceptible de modifier les conclusions de la présente étude.

1. Abréviations

AEI : Alimentation en Eau Industrielle	ETM : Eléments Traces Métalliques
AEP : Alimentation en Eau Potable	ETBE : Ethyl TertioButyl Ether
ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail	FE : Fréquence d'Exposition annuelle
AP Arrêté Préfectoral	FET : Facteur d'équivalence toxique
ARR Analyse des Risques Résiduels	Foc : Fraction de carbone organique
ARS Agence Régionale de Santé	HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
As : Arsenic	HAS Haute Autorité de Santé
ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry	HCSP : Haut Conseil de la Santé Publique
B(a)P : Benzo(a)pyrène	HCT : Hydrocarbures Totaux
BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières	Hg : Mercure
BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes	IEM : Interprétation de l'Etat des Milieux
CAV : Composés Aromatiques Volatils	INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
Cd : Cadmium	JE : Johnson & Ettinger
cDCE : cis-1,2-dichloroéthylène	LOAEL : Lowest-Observed-Adverse-Effect-Level
Ci Concentration au point d'exposition	LQ : Limite de quantification
CE : Concentration d'Exposition	M.E.D.A.D : Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables
CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer	MRL Minimal Risk Level
CMA : Concentration Maximale Admissible	MS : Matière Sèche
CN : Cyanures	NAF : Facteur d'Atténuation Naturelle
COHV : Composés Organiques Halogénés volatils	NOAEL : No-Observed-Adverse-Effect-Level
COT : Carbone Organique Total	Ni : Nickel
Cr : Chrome	OEHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment
CV : Chlorure de Vinyle	OMS : Organisation Mondiale de la Santé
Cu : Cuivre	P : Poids corporel
DJA : Dose Journalière Admissible	Pb : Plomb
DJE : Dose Journalière d'Exposition	PCB : Polychlorobiphényles
EC : Equivalent Carbone	PCE : Tétrachloroéthylène
EFSA : Autorité Européenne de Sécurité des Aliments	QD : Quotient de Danger
EQRS : Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires	Qij Quantité de milieu i administrée par la voie j
ERI : Excès de Risque Individuel	RAIS : Risk Assessment Information System
ERP : Etablissement Recevant du Public	RBCA : Risk-Based Corrective Action
ERU : Excès de Risque Unitaire	RDC : Rez-de-chaussée
	RDJ : Rez-de-jardin
	RfC : Reference Concentration
	RfD : Reference Dose

RIVM : Institut National de Santé Publique et de
l'Environnement, Hollande
TCE : Trichloroéthylène
Tm : temps moyen de prise en compte de
l'apparition possible d'un effet néfaste pour la santé
TPH : Total Petroleum Hydrocarbons
TPHCWG : Total Petroleum Hydrocarbons
Criteria Working Group
UE : Union Européenne
US-EPA : United States - Environmental Protection
Agency
VGAI : Valeurs Guides de qualité de l'Air Intérieur
VTR : Valeurs Toxicologiques de Référence
Zn : Zinc

2. Contexte et objectif de l'étude

Dans le cadre du projet de requalification foncière de la friche industrielle et des parcelles environnantes sis chemin des Grèves à Cran-Gevrier (74), le Grand Annecy a mandaté Antea Group pour la réalisation d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS), dans l'objectif d'étudier la compatibilité de l'aménagement envisagé (quartier économique avec logement, crèche, activité tertiaire...) avec la pollution observée au droit du site.

Cette étude s'inscrit dans le cadre des mesures recommandées par la **circulaire ministérielle du 8 février 2007** relative à l'implantation, sur des sols pollués, d'établissements sensibles accueillant des populations sensibles⁵. Elle tient compte également du Décret n° 2022-1689 du 27 décembre 2022^{6,7}, modifiant le code de l'environnement en matière de surveillance de la qualité de l'air intérieur.

Cette étude fait suite aux différentes campagnes d'investigations réalisées par Antea Group depuis 2024. Cette EQRS constitue l'annexe V de la « Note, Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier (74), Compatibilité sanitaire », Rapport n°A140278/version A – Décembre 2025. Ces deux rapports sont donc indissociables.

L'objet d'une étude de risque est de produire une analyse quantitative des risques pour la santé humaine associés aux expositions à certaines substances chimiques, expositions définies selon l'usage, actuel ou prévisible, du site considéré.

Le risque est le résultat de l'existence concomitante de trois facteurs :

⁵ L'annexe 3 de la circulaire ministérielle du 8 février 2007 propose aux maîtres d'ouvrage un ensemble de mesures dont la mise en œuvre est fortement recommandée pour répondre pleinement aux enjeux liés à l'implantation d'établissements sensibles sur d'anciens sites industriels pollués.

⁶ Ce décret indique les valeurs réglementaires à respecter pour les Etablissements Recevant du Public pour le formaldéhyde et le benzène.

⁷ Décret relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public (notamment les établissements d'accueil des enfants de moins de 6 ans, écoles, établissements de loisirs, structures sociales et médico-sociales, établissements pénitentiaires pour mineurs, établissements sportifs).

- **une source** de pollution constituée d'une ou plusieurs substances toxiques,
- **un vecteur** de transport et de dispersion des polluants, c'est à dire un milieu par lequel transite le polluant (eau de surface, eau souterraine, sol, air), et
- **une cible**, le récepteur du polluant (ici l'homme, en tant qu'utilisateur du site).

Les objectifs spécifiques de l'étude de risque sont :

- de quantifier les risques associés aux effets à seuil non cancérigènes et cancérigènes non génotoxiques (Quotient de Danger ou QD), et ceux associés aux effets sans seuil cancérigènes génotoxiques (Excès de Risque Individuel ou ERI),
- de recommander, si nécessaire, des mesures compensatoires (dépollution, restrictions d'usage, mesures constructives, surveillance) qui pourront, le cas échéant, être intégrées à la mise en œuvre d'un plan de gestion.

3. Méthodologie générale

3.1. Textes de références

La méthodologie appliquée pour la réalisation de la mission répond :

- à la note du 19 avril 2017 et la mise à jour de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 éditée par le Ministère en charge de l'Environnement,
- aux exigences et préconisations des normes NF X31-620, révision de décembre 2021, « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués »,
- aux exigences du référentiel de certification de service, révision 7 de février 2022, des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués.

3.2. Description de la mission

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

Notre prestation, conformément à la méthodologie et aux normes précitées, s'applique à la gestion des pollutions chimiques. Elle ne s'applique pas à la gestion des pollutions par des substances radioactives, par des agents pathogènes ou infectieux, par l'amiante ou par des engins pyrotechniques.

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

Codification	Prestations
A320	Analyse des enjeux sanitaires

Le calcul de risque sanitaire a pour but de présenter de manière explicite, aux différentes parties, les éléments d'analyse sur lesquels la prise de décision pourra s'appuyer. A ce titre, cette étude est un outil d'analyse au service de la politique de gestion des sites et sols pollués, elle doit respecter les principes suivants :

- le principe de prudence scientifique,
- le principe de proportionnalité,
- le principe de spécificité,
- le principe de transparence.

La démarche d'évaluation des risques a été développée par l'Académie américaine des Sciences au début des années 1980 ; elle a ensuite été reprise par l'Union Européenne. Selon cette démarche, l'évaluation des risques liés aux substances chimiques se décompose en quatre étapes :

- **l'identification des dangers** (sur la base du schéma conceptuel : sources potentielles de contamination, vecteurs de transfert, récepteurs) ;
- **l'évaluation de la toxicité** englobe l'identification du potentiel dangereux (ou détermination des effets indésirables que les substances chimiques sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'homme) et **l'évaluation des relations dose-effet** (ou estimation du rapport entre le niveau d'exposition, ou la dose, et l'incidence et la gravité des effets) ;
- **l'estimation de l'exposition** consiste à quantifier l'exposition des populations (les concentrations ou les doses) sur la base du schéma conceptuel d'exposition établi, récapitulant l'ensemble des voies de transfert et d'exposition pour les populations cibles ;
- **la caractérisation du risque** est la synthèse de l'évaluation des risques, et quantifie le risque lié aux substances chimiques, en présentant les résultats sous une forme exploitable, accompagnée d'une évaluation des incertitudes relevées tout au long de l'étude.

Un descriptif technique des différentes étapes mises en œuvre dans l'étude est présenté en **Annexe I**.

Les niveaux de risque acceptables sont ceux usuellement retenus au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé. Ils sont indiqués dans la méthodologie nationale de 2017 ainsi que dans le guide « La démarche d'Analyse des Risques Résiduels » (MEDDE, 2007).

Une revue des textes réglementaire et bibliographiques utilisés dans le cadre de l'EQRS est également présentée en **Annexe II**.

4. Descriptif de la zone d'étude et usage actuel

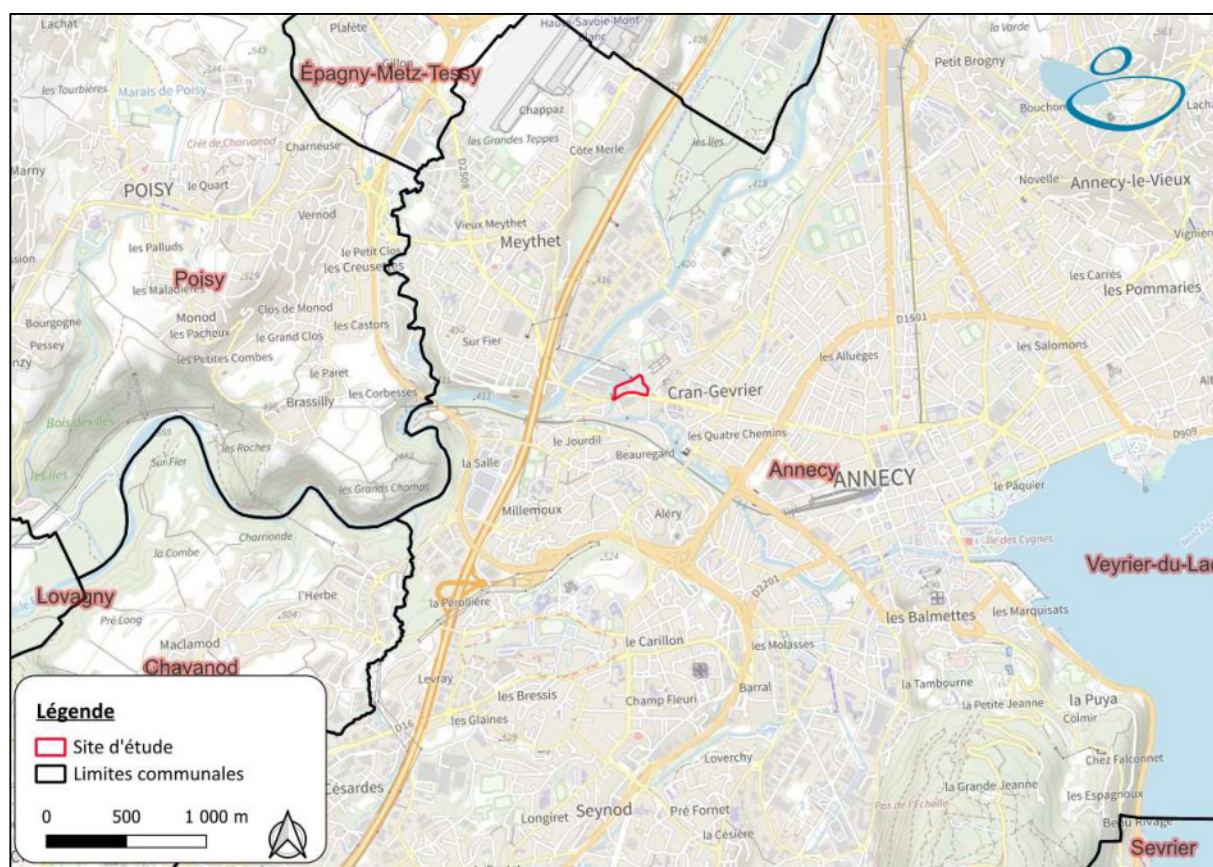
Le site d'étude est localisé à l'angle de la rue de la République et du Chemin des Grèves sur Cran-Gevrier (commune d'Annecy). Le site est composé de 8 zones distinctes, définies par le Grand Annecy, et comprend actuellement :

- des maisons avec jardins (zones 1 et 6),
- un centre de contrôle technique et garage automobile en exploitation (zone 7),
- une station de lavage automobile qui n'est plus en activité (zone 8),
- une zone avec des anciens bâtiments industriels dont :
 - un bâtiment correspondant à une ancienne carrosserie, utilisée par les actuels propriétaires pour des activités non professionnelles (Bât C - zone 2),
 - une zone bétonnée correspondant à un ancien bâtiment incendié (Bât B - zone 3),
 - une zone vierge correspond à un ancien bâtiment démoli (Bât A - zone 5).

La zone 7 est présentée comme faisant partie du site d'étude, puisque celle-ci est inclus dans le projet d'aménagement. Cette zone n'est toutefois pas incluse dans les études environnementales à ce stade, et l'étude de compatibilité sanitaire ne prend donc pas cette zone en compte.

La localisation sur fond de carte IGN est présentée en figure suivante.

Le site étudié présente une différence de niveau entre la partie nord (altitude comprise entre 419 et 421 m NGF) et la partie sud (altitude comprise entre 434 et 438 m NGF).



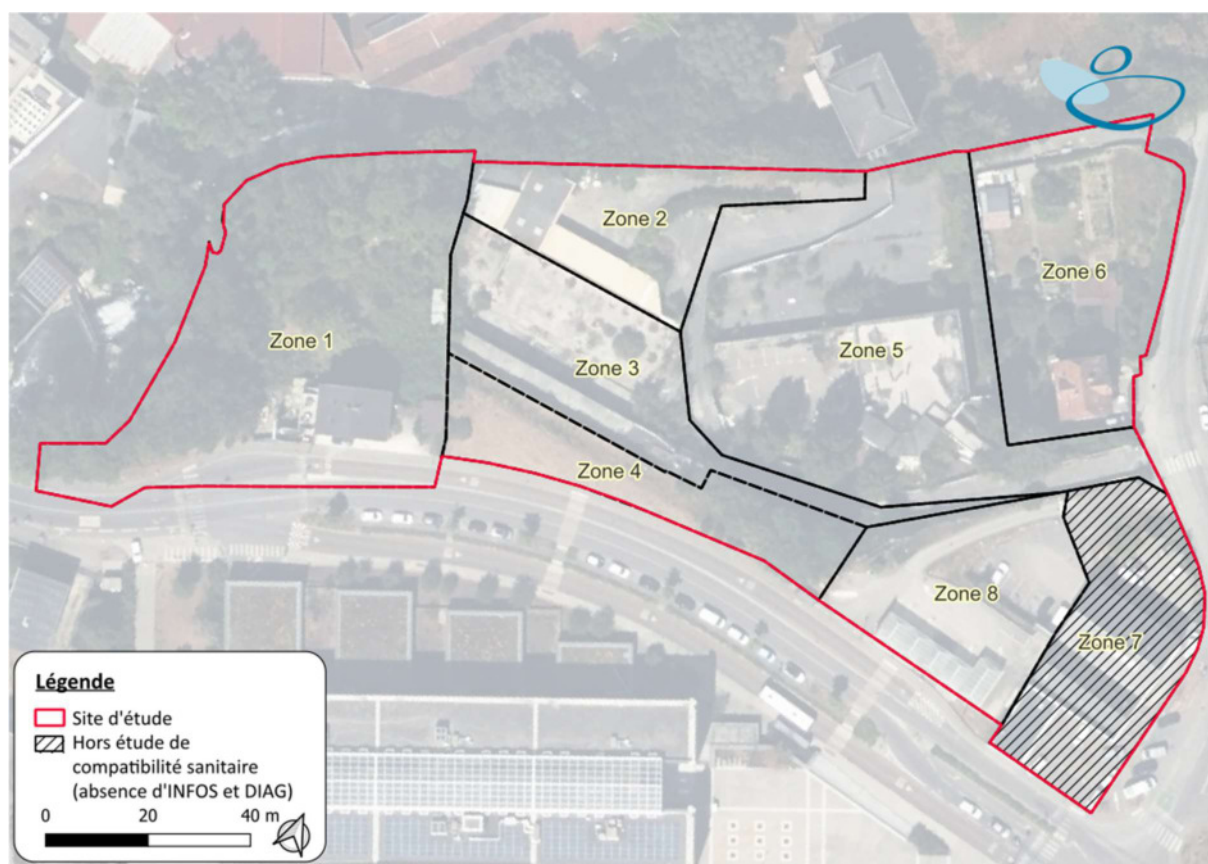


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (source : IGN)

4.1. Rapports environnementaux à disposition

Le terrain étudié a fait l'objet des études environnementales suivantes :

- Une étude historique et documentaires (INFOS) a été réalisée par GONE Environnement (*rapport n°24008-1- Version n°1 du 8 octobre 2024*), puis mise à jour par Antea Group avec notamment la visite de zones non accessibles alors par GONE Environnement (*rapport n°137773 du 30/07/2025*), ayant amené au recensement de sources potentielles de pollution au droit du site d'étude et à l'élaboration d'un programme prévisionnel d'investigation.
- Diagnostic environnementale, rapport Antea Group n° A138302/vA –Septembre 2025.

Cette EQRS constitue l'annexe V de la « Note, Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier (74), Compatibilité sanitaire », Rapport n°A140278/version A – Décembre 2025. Ces deux rapports sont donc indissociables.

4.2. Synthèse environnementale

La synthèse des études réalisées est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Synthèse historique et environnementales

CONTEXTE	
Maitre d'Ouvrage	GRAND ANNECY
Adresse du site	Campus/Cluster Papèteries 74 960 Cran-Gevrier
Contexte	Le Grand Annecy porte un projet de requalification foncière sis chemin des Grèves à Cran-Gevrier (74). Le projet d'aménagement consistera en l'aménagement d'un quartier économique.
Historique	<p><u>Zone 1</u> : jardins ouvriers puis construction de la maison dans les années 1960.</p> <p><u>Zone 2</u> : bâtiments à usage indéterminé construits dans les années 1960, démolis début 1970 pour la construction de l'actuelle carrosserie. Incendie d'une partie des locaux en 2010, arrêt de l'activité professionnelle de carrosserie.</p> <p><u>Zone 3</u> : premier bâtiment à usage indéterminé <i>a minima</i> dès 1930 jusque dans les années 1960 où il est démoli et un nouveau bâtiment est construit. Celui-ci est exploité pour la fabrication de pièces métalliques, puis par le secours populaire. Incendie du bâtiment en 2010.</p> <p><u>Zone 4</u> : présence de 2 bâtiments dont l'usage n'est pas connu dans les années 1940 et 1960, ceux-ci sont ensuite démolis et la zone reste vierge.</p> <p><u>Zone 5</u> : construction d'un ensemble de locaux dans les années 1960, loués pour diverses activités, dont une activité de vernissage de meuble. Le bâtiment a été démoli en 2025.</p> <p><u>Zone 6</u> : construction de la maison en 1953.</p> <p><u>Zone 7</u> : présence d'un garage automobile depuis à minima 1924, avec une station-service dont l'activité s'est terminée en 1991.</p> <p><u>Zone 8</u> : Ecole élémentaire présente jusqu'en 1990, le bâtiment est ensuite démoli et une station de lavage est construite début 2000.</p>
Contexte environnemental	<p><u>Géologie</u> : remblais, argiles limoneuses puis molasse vers 10 m. Terrains moyennement à peu perméables.</p> <p><u>Hydrogéologie</u> : première nappe attendue à environ 3 m de profondeur en partie nord (plateforme basse) et à environ 20 m de profondeur en partie sud (plateforme haute),</p>

CONTEXTE

supposée peu productive. Les eaux souterraines sont fortement vulnérables, notamment pour la partie nord, mais peu sensibles en l'absence d'usage sensible recensé dans un rayon de 1 km.

Hydrologie : le Thiou borde le site au nord et à l'ouest, et se jette dans le Fier à 250 m du site. Ces cours d'eau sont fortement vulnérables, mais peu sensibles de par l'interdiction de la baignade et de la consommation de poisson dans le Thiou. Le Fier reste toutefois sensible.

Activités actuelles

Le site d'étude comprend actuellement des maisons avec jardins, un centre de contrôle technique, une station de lavage automobile, une zone avec d'anciens bâtiments industriels.

4.3. Projet d'aménagement et usage envisagé

Le projet d'aménagement porté par le Grand Annecy, tel que présenté ci-après, consiste en la création d'une zone économique avec la construction de 5 bâtiments distincts, avec la présence d'un parking mutualisé et localisé sous les bâtiments sur 1 à 2 niveaux. Le site présentant une différence de niveaux entre sa partie nord et sud, les bâtiments seront construits en escalier. Une partie des bâtiments sera de plain-pied.

Au vu de ce projet d'aménagement, Antea Group a considéré qu'il sera décaissé à minima 1 m de terre au droit des futurs bâtiments, et que les terres excavées ne seront pas réutilisées sur le site.

Les usages futurs sont multiples :

- logement (à priori en partie nord-est, hébergement étudiant et temporaires), sans jardin individuel,
- formation,
- tertiaire,
- services (crèches, sports et loisirs, restauration, tiers-lieux, exposition...),
- audiovisuel.

Un volume important de déblais est à prévoir pour l'aménagement du site, celui-ci n'est pas encore défini à ce stade du projet.

A noter que le plan d'aménagement a été transmis à Antea Group le 31/07/2025, soit après l'établissement, la validation et la mise en œuvre du programme d'investigation.

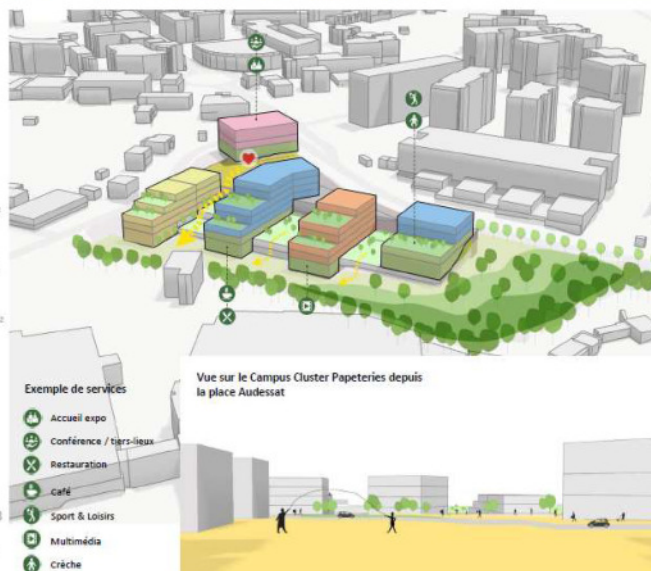
SOP TOTALE	14 000 m²
FORMATION	2 600 m² SOP
AUDIOVISUEL	1 400 m²
TERtiaire	4 500 m² SD
SERVICES	3 000 m² SD
HEB. TEMPORAIRES	1 200 m² SD
HEB. ÉTUDIANTS	1 300 m²
STATIONNEMENT	280 PLACES
	8420 m ² SHOB

Δ +300m²

Δ +500m²

Δ +200 m²

223 à 283
places
estimées



Implantation générale

- Front urbain avec bâtiments en peigne, séparation entre les bâtiments

Stationnement et gestion des flux

- Parking mutualisé entre les lots
- Nappes de stationnement semi-enterrée (x2)

Aménagements extérieurs et paysage

- Espalade en haut du site
- Cheminement aménagé en bas du site
- Aménagements extérieurs partiellement sur dalle
- Préservation valorisée des sujets verts existants

Programme et usages

- Hébergements au Nord-Est du site rassemblés
- Services éclatés
- Flexibilité modérée (trame 24m spécifique pour les services)

Terrassement

- Volume à déblayer important

Hébergement : Ratio de 1 place pour 5 lits

Equipements / Services / Tertiaires : En fonction des besoins, Ratio utilisé : 1 place pour 5 à 7 personnes

COPIL CAMPUS/CLUSTER PAPETERIES 26/03/2025



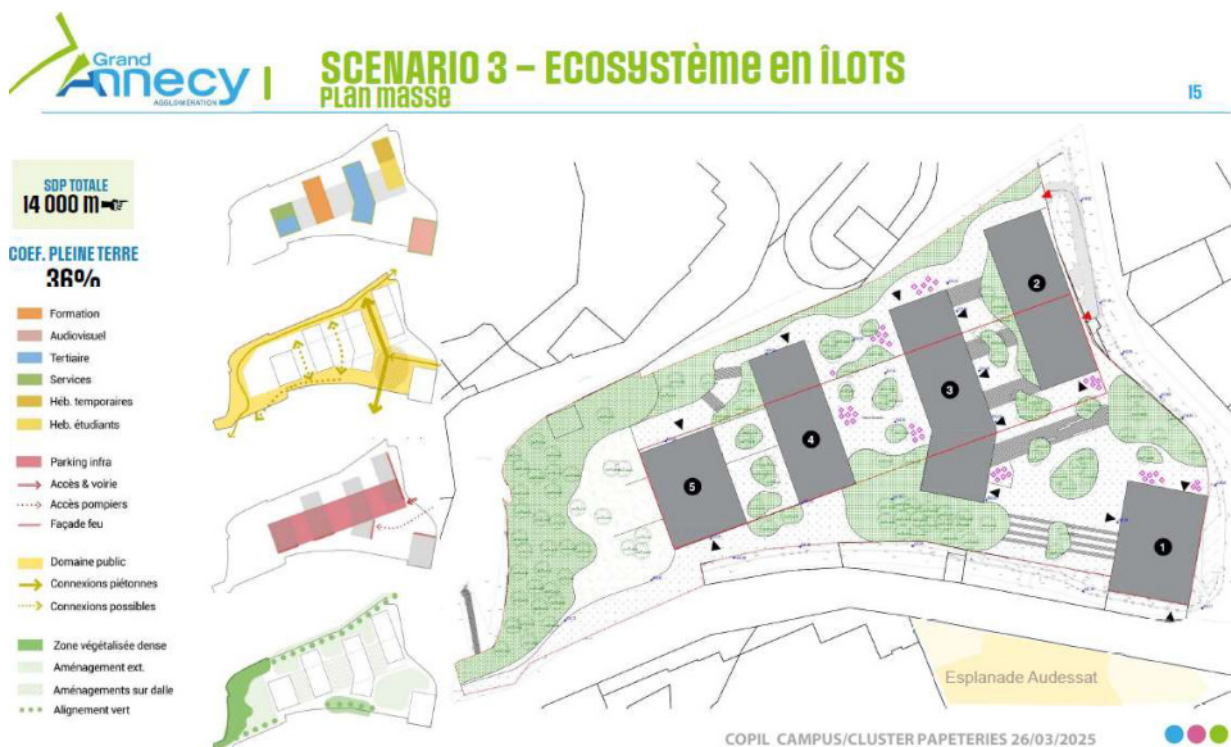


Figure 2 : Projet de réaménagement (copil du 26/03/2025 – transmis par le Grand Annecy le 31/07/2025)

5. Caractérisation de l'exposition

Les résultats de cette étude sont élaborés en l'état actuel des connaissances scientifiques tant du point de vue chimique, géologique que toxicologique (décembre 2025).

La caractérisation de l'exposition s'établit en fonction des trois composantes d'un risque :

- une source de pollution,
- un transfert, c'est-à-dire un milieu par lequel transite le polluant
- une cible.

Ces trois composantes sont détaillées dans les chapitres suivants.

Enfin, un schéma conceptuel a été établi en vue de synthétiser les 3 composantes retenues dans cette étude.

5.1. Caractérisation des sources de pollution identifiées sur le site

Synthèse des données disponibles sur les sols⁸ :

Au total 33 sondages (nommés SX, où X correspond au numéro du sondage) entre 1 et 5 mètres de profondeur ont été réalisés du 21 au 23/07/2025.

Les résultats d'analyses sur les sols ont principalement mis en évidence :

- sur les 7 analyses de dioxines furanes effectuées, **une équivalence toxique relativement élevée au droit du bâtiment incendié** de la zone 3 avec 160 ng/kg pour le TEQ OMS 2005. Les équivalences toxiques des autres échantillons sont moindres (maximale de 12 ng/kg en zone 1), et représentatives de sols urbains ou sous influence industrielle. L'extension verticale de cet impact n'est pas déterminée, son extension latérale reste également à déterminer,

⁸ Les concentrations observées dans les sols sont exprimées en « mg/kg MS ». Néanmoins, pour faciliter la lecture, l'unité sera indiquée sous la forme « mg/kg » dans la suite du document.

- **une anomalie non significative en PCB au droit du sondage S17** (zone 5 – ancien bâtiment mutli activités, démoli) entre 0 et 1 m de profondeur avec 1,2 mg/kg. Les PCB ne sont pas quantifiés entre 1 et 2 m. L'extension latéral de l'anomalie en PCB n'est pas déterminée,
- **des anomalies ponctuelles en métaux lourds** en chrome (Cmax 290 mg/kg en S4, zone 3 bâtiment incendié), nickel (Cmax 210 mg/kg en S11, zone 3), cuivre (Cmax 92 mg/kg en S27, zone 8 lavage automobile) et zinc (Cmax 350 mg/kg en S27, zone 8). **A noter toutefois qu'aucun seuil de vigilance ou d'alerte n'a été fixé par le Haut Conseil de Santé Publique ou par la Haute Autorité de Santé pour ces métaux.** A noter également que les métaux sur lixiviat n'ont pas été analysés sur ces échantillons présentant des anomalies, ainsi il ne peut être conclu que ceux-ci soient lixiviables où non, et donc potentiellement non inertes,
- la quantification ponctuelle d'HCT C10C40 à des teneurs modérées, avec une teneur maximale de 380 mg/kg en S14 (zone 3 bâtiment incendié),
- la quantification ponctuelle de HAP à des teneurs faibles à modérées, avec une teneur maximale de 9,1 mg/kg en S31 (zone 8 lavage automobile),
- sur les 2 analyses de PFAS effectuées, la quantification des PFOS au droit du sondage S6 (zone 2, carrosserie) avec une teneur de 0,22 µg/kg. Bien qu'aucune valeur de comparaison ne soit disponible pour les PFAS dans les sols, cette teneur constitue toutefois une anomalie non significative en PFAS, sur la base du bruit de fond en milieu urbain (gamme 5 à 11 µg/kg) défini par le BRGM,
- l'absence de quantification des CAV et des COHV.

Dans le cadre de cette étude, les teneurs mesurées dans les sols entre 0 et 1 m sous les futurs bâtiments ne seront pas retenus. En effet, ces échantillons ont été prélevés au droit du futurs sous-sols dont les terres seront excavées et non réutilisées sur le site.

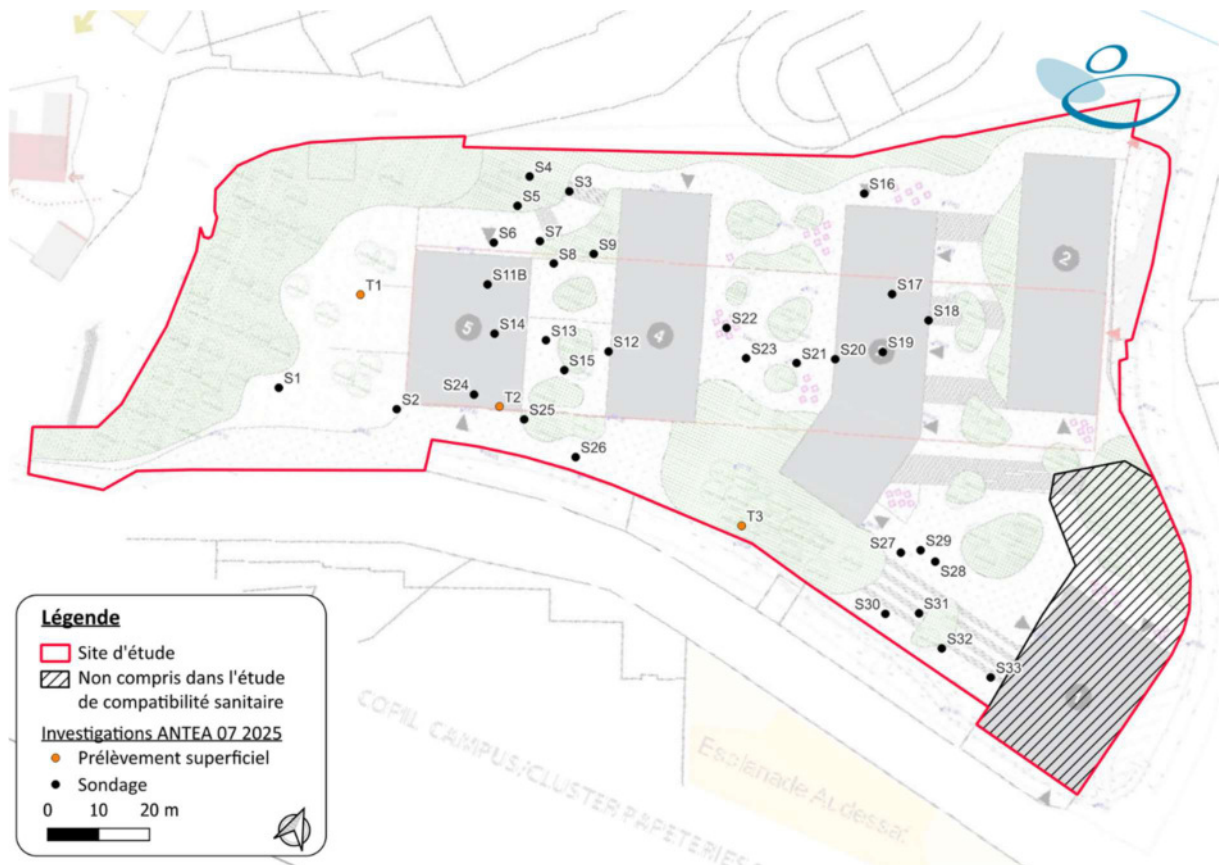


Figure 3 : Localisation des sondages

Synthèse des données disponibles sur les eaux souterraines :

1 piézomètre a été réalisé en mars 2025 à 10 m de profondeur. Le niveau d'eau le plus haut a été mesuré à 2 m de profondeur.

Les résultats d'analyses montrent la présence de :

- HAP : 1,46 µg/l, le naphtalène n'a pas été mesuré ;
- Métaux (arsenic et baryum) ;
- Dioxines et furanes : 6,3pg/l ;
- PFAS : 201 ng/l.

Les HCT, BTEX, PCB et COH n'ont pas été détectés.

Au vu des investigations réalisées dans le cadre du projet d'aménagement, les principales problématiques sont :

- la présence d'hydrocarbures (HCT, HAP), métaux, PCB, PFAS et dioxines et furanes dans les sols ;
- la présence d'hydrocarbures (HAP), métaux, et dioxines et furanes dans les eaux souterraines.

Au vu du projet d'aménagement, différentes zones ont été considérées sur le site :

- la zone des futurs zone de bâtiments sur à minima 1 niveau de sous-sol
 - pour les sondages situés sous les futurs bâtiments : seuls les échantillons à partir de 1 m ont été retenus ;
 - pour les sondages situés porches des bâtiments, tous les échantillons toutes profondeurs confondues ont été retenus ;
 - Il est à noter que les zones non investiguées sont les zones pour lesquelles aucune installation potentiellement polluante n'a été recensée lors de l'historique du site ;
- les zones extérieures.

Les sondages et piézomètres considérés selon la zone étudiée sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 4 : Sondages, piézomètres et piézairs par zone d'étude

Zones d'étude	Sondages sol	Piézomètres « eau »
Bâtiments	S2(0-1) ; S6(0,2-1) ; S7(0,5-1) ; S8(0,3-1) ; S9(0,5-1) ; S11(1-2) ; S112-3) ; S11(4-5) ; S12(2-3) ; S13(1-2) ; S17(1,3-2) ; S18(1-1,5) ; S24(1-2) ; S24(2-3) ; S25(0-1) ; S25(1-2) ; S25(2-3)	SP2-Pz
Extérieur	S1(0-1) ; S2(0-1) ; S3(0,3-1) ; S4(0,4-1) ; S4(1-2) ; S4(2-3) ; S5(0,5-1) ; S5(1-2) ; S6(0,2-1) ; S7(0,5-1) ; S8(0,3-1) ; S9(0,5-1) ; S16(0-0,9) ; S16(1-2) ; S25(0-1) ; S25(1-2) ; S25(2-3) ; S26(0-1) ; S26(2-3) ; S26(1-2) ; S27(0,1-0,9) ; S28(0,1-1) ; S28(1-2) ; S29(1,5-2) ; S30(0,2-1) ; S31(0,1-1) ; S32(0,2-1) ; S33(0,1-1) ; T1(0-0,2) ; T2(0-0,2) ; T3(0-0,2)	

5.2. Bioaccessibilité orale dans les sols

En évaluation des risques, il est classiquement considéré que la totalité de la substance présente dans le sol est bioaccessible, c'est-à-dire que la totalité de la substance ingérée est disponible à l'absorption et donc susceptible d'engendrer un effet toxique.

Cette approche majorante a été retenue dans le cadre de la présente étude en l'absence de tests de bioaccessibilité orale pour l'Homme réalisés sur les sols du site.

5.3. Identification des voies d'exposition

5.3.1. Contact direct avec les sols en place

Dans le cadre de l'aménagement futur, il n'est pas prévu de couverture systématique des espaces extérieurs. Un contact direct avec les sols du site est donc possible (espaces verts, jardins privatifs ...). Les scénarios ingestion et inhalation de poussières du sol sont donc pris en compte dans les calculs. En revanche, le contact cutané avec les sols, bien qu'étant identifié comme voie d'exposition possible, n'est pas retenu pour les calculs. En effet, conformément à la méthodologie nationale, et en l'absence de valeur toxicologique associée à cette voie d'exposition, l'évaluation des risques ne peut se faire que de manière qualitative.

5.3.2. Contact direct et/ou indirect avec les eaux souterraines

Considérant que les usagers du site n'auront aucun contact direct avec les eaux souterraines (absence de puits privatif sur le site), l'ingestion d'eau souterraine n'est pas retenue en tant que voie d'exposition.

5.3.3. Contact direct et/ou indirect avec les eaux superficielles

Considérant l'absence d'usage des eaux superficielles au droit du site, le contact direct et/ou indirect avec les eaux superficielles n'est pas retenu en tant que voie d'exposition.

5.3.4. Inhalation de substances volatiles présentes dans les sols et/ou les eaux souterraines

Considérant la possibilité de volatilisation de substances chimiques présentes dans les sols et des eaux souterraines vers l'air intérieur du bâtiment et vers l'air extérieur, l'exposition des futurs usagers du site par inhalation de ces substances volatiles est retenue.

Dans le cadre de cette étude aucune mesures de gaz du sol n'a été réalisée.

5.3.5. Ingestion de végétaux autoproduits

Considérant la nature paysagère des espaces extérieurs, et donc l'absence de jardins potagers et d'arbres fruitiers au droit des futurs espaces verts communs, l'ingestion de végétaux autoproduits n'est pas une voie d'exposition retenue sur cette zone.

Il convient de rappeler, pour les vergers et autres arbres fruitiers, que le guide méthodologique nationale des sites et sols pollués (Ministère de l'Environnement, avril 2017) stipule : « [...] la plantation d'arbres fruitiers au droit d'un site réhabilité est fortement déconseillée. Dans l'intérêt tant du maître d'œuvre que des futurs usagers, lorsque de tels usages sensibles sont envisagés, des géosynthétiques limitant le développement racinaire sous-jacent doivent être mis en place. De plus, le contrôle de la conformité des travaux (notamment géosynthétique utilisé, qualité des matériaux d'apport, profondeur de décaissement, ...) est fortement recommandé au cours et à l'issue de la mise en œuvre. Dans tous les cas, la qualité des fruits et légumes cultivés sur d'anciens sites pollués devra être régulièrement contrôlée à l'issue des travaux. Lorsque le réaménagement des sites exclut l'implantation de jardins potagers ou d'arbres fruitiers, il est essentiel que des restrictions d'usage soient instaurées (SUP, acte notarié, règlement de copropriété, bail de location, etc.). Ces documents doivent comporter un état de la situation, mentionnant notamment les aménagements réalisés, les usages possibles et ceux qui sont à proscrire. »⁹

⁹ Note du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués - Mise à jour des textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués de 2007 - Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués avril 2017.

5.3.6. Ingestion d'eau potable issue des réseaux souterrains

Sous l'hypothèse de l'implantation des réseaux souterrains d'eau potable dans des zones non impactées, la voie d'exposition liée à l'éventuelle perméation de substances chimiques présentes dans les sols à travers les parois des canalisations souterraines n'a pas été prise en compte.

A titre informatif, les valeurs limites au-dessus desquelles il est recommandé d'apporter une attention particulière à la sélection du matériau constituant la canalisation sont présentées en **Annexe III**¹⁰.

5.3.7. Résumé

Le tableau suivant synthétise les voies d'exposition évaluées dans cette étude de risque sanitaire.

Tableau 5 : Résumé des voies d'exposition

Voies d'exposition potentielles	Pris en compte, ou non, dans l'étude	Commentaires
Ingestion de particules de sol	oui	Sols non recouverts
Inhalation de poussières sur site	oui	
Contact cutané avec les sols	non	Les expositions par contact cutané avec les sols ne sont pas considérées dans la présente étude compte tenu de l'absence de valeur toxicologique de référence pour cette voie d'exposition. En effet, comme cela est préconisé dans la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, en l'absence de connaissance des effets potentiels des substances étudiées par voie cutanée, la transposition de la valeur toxicologique établie par voie orale ne peut être effectuée.
Inhalation de substances volatiles à partir des sols, des eaux souterraines	oui	Dégazage des substances volatiles à partir des sols, et potentiellement des eaux souterraines,
Ingestion d'eau souterraine contaminée par infiltration à travers les sols	non	Absence de puits au droit du site.

¹⁰ Recommandations issues du guide BRGM/RP-63675-FR d'août 2014, « Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des sites et sols pollués ».

Contact direct ou indirect avec les eaux superficielles	non	Absence d'eaux superficielles.
Ingestion de végétaux autoproduits sur site	non	Absence de jardin potager ou arbre fruitier au droit du site.
Ingestion d'eau potable issue des réseaux souterrains	non	Implantation des réseaux souterrains dans des zones non impactées. Dans le cas contraire, les canalisations souterraines situées au droit des zones polluées devront être mises en place dans des remblais d'apport sains et/ou devront être de nature imperméable aux substances organiques (acier, fonte, matériau multicouches adapté).

5.4. Cibles retenues

L'aménagement projeté sur le site est la construction d'un ensemble immobilier à usage tertiaire/résidentiel de plain-pied ou sur 1 à 2 niveaux de sous-sol.

Au regard du futur aménagement, les cibles étudiées sont les suivantes :

- Futurs résidents ;
- Futurs employés.

Ces cibles sont les plus sensibles en termes d'exposition et donc de risque sanitaire. L'étude couvre ainsi les autres cibles qui pourraient être présentes sur le site mais qui sont moins exposées, du fait de du fait d'une durée d'exposition plus faible (enfants fréquentant une crèche, logement étudiants, visiteurs adultes et enfants).

5.5. Sélection des substances et concentrations associées

Les limites de quantification analytiques ont été choisies de manière pertinente au regard des objectifs de l'étude, ainsi, l'ensemble des substances quantifiées par le laboratoire d'analyse a été sélectionné.

D'une façon générale, les substances retenues pour l'évaluation quantitative des risques répondent à certains critères¹¹:

- toute substance dont les données disponibles (notamment physico-chimiques et toxicologiques) sont d'une qualité suffisante pour être exploitées en analyse des risques (critères définis par la circulaire DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) ;
- toute substance dont la concentration est supérieure à la limite de quantification dans les sols et les eaux souterraines (les gaz du sol n'étant pas disponibles à ce stade), selon les voies d'exposition étudiées :
 - pour le contact direct avec les sols (ingestion et inhalation de poussières), l'ensemble des substances organiques est retenu. Parmi les ETM, seuls ceux dont la teneur est supérieure au RMQS sont retenus :

¹¹ Cf. Annexe « Méthodologie Générale » du présent rapport, 3-Sélection des substances.

Tableau 6 : Sélection des métaux

ETM	Teneur maximale mesurée sur site pour les sols de surface en extérieur (mg/kg)	Valeurs de référence ¹² (mg/kg)	Sélection (oui/non)
Antimoine	2	-	Oui
Arsenic	13	32,2	Non
Baryum	170	-	Oui
Cadmium	0,6	1,61	Non
Chrome	33	109	Non
Cuivre	92	31,1	Oui
Mercure	0,2	0,18	Oui
Molybdène	2	3,47	Non
Nickel	35	68,3	Non
Plomb	57	64,2	Non
Zinc	350	173	Oui

- pour l'inhalation de vapeurs de substances volatiles, dans une démarche sécuritaire, la plupart des substances présentant des données physico-chimiques relatives à sa volatilité (pression de vapeur, constante de Henry). Ainsi, l'ensemble des substances organiques est retenu, incluant les HAP possédant jusqu'à 4 cycles aromatiques (hors PCB selon justification ci-après). En revanche, parmi les ETM, seul le mercure est considéré comme volatil.

Dans chaque milieu retenu et pour chaque composé, Antea Group a retenu la concentration maximale observée parmi les données disponibles sur les sols restant en place.

Les éléments suivants ont, par ailleurs, été pris en compte :

Pour les hydrocarbures totaux :

¹² Valeurs Réseau de Mesures de la Qualité des Sols – RMQS,

Un élément important pour la réalisation de calculs de risque dans le cas d'une pollution par des hydrocarbures (HCT) est l'identification du type de produit pétrolier en présence, et la détermination de la répartition des fractions hydrocarbonées aromatiques et aliphatiques qui le composent. En effet, il n'existe pas, dans les bases de données spécialisées (US-EPA, ATSDR, OEHHA, etc.) de Valeur Toxicologique de Référence (VTR) correspondant aux hydrocarbures totaux (Indice HCT).

Le groupe de travail TPHCWG¹³ a défini, pour chaque fraction hydrocarbonée (fractions aliphatiques et aromatiques >EC₆-EC₈, >EC₈-EC₁₀, >EC₁₀-EC₁₂, >EC₁₂-EC₁₆...) ¹⁴, une VTR et des paramètres physico-chimiques spécifiques. Pour une exposition par inhalation, seuls les hydrocarbures présentant un nombre d'équivalents-carbone inférieur à 16 ont été pris en compte, car ce sont les seuls considérés volatils et bénéficiant d'une VTR pour la voie respiratoire.

Dans les échantillons de sols impactés, les concentrations en hydrocarbures totaux ont été analysées selon le découpage suivant : >EC₁₀-EC₁₂, >EC₁₂-EC₁₆, >EC₁₆-EC₂₁, >EC₂₁-EC₃₅ sans distinction entre les hydrocarbures aromatiques et aliphatiques. Dans un premier temps, chaque concentration quantifiée par fraction a été attribuée à la fraction aromatique et à la fraction aliphatique. Puis, la fraction, aromatique ou aliphatique, induisant le plus de risque est retenue pour les calculs de risque sanitaire.

Pour les HAP :

Les propriétés physiques des HAP dépendent de leur masse moléculaire, de leur pression de vapeur saturante, de leur structure chimique et des conditions environnementales et climatiques (température, pression, humidité) du milieu dans lequel ils se trouvent. La répartition des HAP entre la phase gazeuse et la phase particulaire dans l'atmosphère est déterminée par la pression de vapeur saturante des composés et la température ambiante. En effet, les HAP les plus légers et dont les tensions de vapeur sont élevées, seront présents en majorité dans la phase gazeuse alors que les HAP

¹³ Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group, Human Health Risk-Based Evaluation of Petroleum Release Sites: Implementing the Working Group Approach, Volume 5, June 1999.

¹⁴ EC : équivalent-carbone. Comme recommandé par le TPHCWG, les fractions sont définies par un « équivalent-carbone (EC) » et non pas par le nombre de carbones contenus dans le composé. Cet « équivalent-carbone » est calculé sur la base du point d'ébullition et du temps de rétention sur chromatographie gazeuse de chaque composé. Par exemple, l'EC du benzène (6 carbones) est 6,5 car son point d'ébullition et son temps de rétention sont approximativement situés entre ceux du n-hexane (6 carbones) et du n-heptane (7 carbones).

les plus lourds, dont les pressions de vapeur saturante sont plus faibles, seront plutôt majoritairement présents dans la phase particulaire¹⁵.

Ainsi, on considère généralement que les HAP possédant moins de 3 cycles aromatiques sont majoritairement présent sous forme gazeuse et que les HAP présentant plus de 4 cycles aromatiques sont principalement présents sous formes particulaires. Entre les deux, pour les HAP possédant 3 à 4 cycles aromatiques, la répartition de ces composés peut se faire à la fois en phase gazeuse et particulaire.

Il en découle, que les HAP pris en compte pour la voie d'inhalation de vapeurs seront uniquement ceux possédant jusqu'à 4 cycles aromatiques avec un nombre de carbone inférieur à 16, c'est-à-dire : naphthalène, acénaphthylène, acénaphtène, fluorène, phénanthrène, anthracène, fluoranthène et pyrène.

En revanche, les 16 HAP seront retenus pour les voies d'exposition impliquant le contact direct et l'inhalation de poussières.

Pour les PCB :

Comme pour les HAP, les propriétés physiques des congénères PCB dépendent de leur masse moléculaire, de leur pression de vapeur saturante, de leur structure chimique et des conditions environnementales et climatiques (température, pression, humidité) du milieu dans lequel ils se trouvent. Les 7 PCB analysés présentent des pressions de vapeurs faibles (entre 0,026 et 0,00046 Pa). Il en découle, que les PCB ne seront pas pris en compte pour la voie d'inhalation de vapeurs (gaz : matrice non pertinente selon le guide des analyses en contexte sites et sols pollués¹⁶).

En revanche, les PCB seront retenus pour les voies d'exposition impliquant le contact direct et l'inhalation de poussières.

¹⁵ INERIS - Complément au guide sur la surveillance dans l'air autour des installations classées - DRC - 16 - 158882 - 10272A

¹⁶ BRGM – UPDS – Guide des analyses en laboratoire en contexte sites et sols pollués – novembre 2021

D'après les études expérimentales réalisées, les 7 congénères analysés sont présents dans l'Aroclor 1254 à hauteur de 40 à 50%. Ainsi, les résultats des analyses basés sur les 7 PCB indicateurs sont multipliés par 2 pour être exprimés en équivalent Aroclor (1254). Les VTR de l'Aroclor 1254 sont ensuite appliquées.

Pour le mercure :

Le mercure est faiblement mobile dans le sol. En effet, le mercure mis en contact avec le sol est rapidement immobilisé par la matière organique, par les oxydes de fer, d'aluminium, et de manganèse. Il a tendance à rester dans les horizons de surface. Selon l'US-EPA¹⁷:

- 97 à 99% du mercure total dans les sols est présent sous forme de mercure inorganique divalent (HgII) complexé à la matière organique ;
- 1 à 3% du mercure total est présent sous forme de méthylmercure, largement lié à la matière organique ;
- une faible fraction du mercure total est présente sous sa forme élémentaire (Hg0).

Une autre publication de l'ATSDR¹⁸ fait état, dans les sols, de 85–88% de mercure inorganique (HgII), 6 à 9 % de mercure élémentaire (Hg0) et 0,02% de mercure organique, mais il s'agit d'une zone où un déversement accidentel de nitrate de mercure et mercure élémentaire a eu lieu dans les années 50.

Le mercure élémentaire (Hg0) et les composés organiques du mercure sont volatils. Les composés inorganiques (HgII) le sont très peu. Ainsi, tenant compte d'éventuelles pollutions anthropiques, il a été considéré :

- pour la voie d'exposition par contact direct avec les sols, que 100% de la teneur mesurée correspond à du mercure inorganique (HgII + Hg0) ;
- pour la voie d'exposition par inhalation de mercure volatil, que 3% du mercure quantifié dans les sols est potentiellement sous une forme volatile (Hg0 + mercure organique).

¹⁷ US-EPA, Mercury Study Report to Congress, Fate and Transport Mercury in the Environment, Volume 3, EPA452/R97005, December 1997.

¹⁸ ATSDR, Toxicological Profile for Mercury, March 1999, p 429 (Source : Revis et al. 1989, 1990).

Pour les dioxines et furanes :

Parmi les dioxines et furanes, les congénères chlorés de type (2,3,7,8 TCDD) sont les plus toxiques. Aussi, des facteurs d'équivalence toxique (FET) ont été établis pour évaluer la toxicité d'un mélange de dioxines et furanes par rapport au congénère de référence 2,3,7,8-TCDD. Les VTR de la 2,3,7,8-TCDD sont ensuite appliqué à l'ensemble des composés, exprimés en équivalent toxique. Plusieurs séries de facteurs d'équivalence existent, nous avons considéré ici ceux établis par l'OMS en 2005.

De plus, lorsqu'un congénère n'a pas été quantifié, la limite de quantification du laboratoire a été retenue dans une démarche sécuritaire.

Ainsi, les concentrations présentées ci-après correspondent donc à la somme des dioxines et furanes exprimée en équivalent toxique « OMS 2005 PCDD/F- TEQ avec LQ » (ou « WHO-PCDD/F-TEQ Upper Bound ») fournies par le laboratoire.

PFAS :

En l'état actuel des connaissances les PFAS sont peu ou pas volatils. Ils ne seront pris en compte pour l'inhalation de vapeurs en intérieur et en extérieur.

Ils seront pris en compte pour ingestion de sols et inhalation de poussières.

Les substances et concentrations retenues dans les calculs de risque sont présentées dans les tableaux suivants :

Tableau 7 : Substances et concentrations retenues dans les sols_Inhalation intérieure

Substances	Teneurs mesurées (mg/kg)	Echantillon de référence (ouvrage-profondeur)
Mercuré	0,009	S25(2-3)
Acénaphthylène	0,32	S24(2-3)
Phénanthrène	0,48	S24(2-3)
Anthracène	0,37	S24(2-3)
Fluoranthène	1,2	S24(2-3)
Pyrène	0,93	S24(2-3)
TEQ (OMS 2005) limite supérieure	14 ^e -6	S11(2-3)

Tableau 8 : Substances et concentrations retenues dans les sols_Inhalation extérieure

Substances	Teneurs mesurées (mg/kg)	Echantillon de référence (ouvrage-profondeur)
Mercuré	0,3	S25(2-3)
Naphtalène	0,06	T1(0-0,2)

Acénaphthylène	0,06	T1(0-0,2)
Phénanthrène	0,18	S31(0,1-1)
Anthracène	0,13	S25(0-1)
Fluoranthène	0,74	S31(0,1-1)
Naphtalène	0,06	T1(0-0,2)
Pyrène	0,64	S31(0,1-1)
TEQ (OMS 2005) limite supérieure	12 e-6	T1(0-0,2)

Tableau 9 : Substances et concentrations retenues dans les eaux souterraines_SP2-Pz

Substances	Concentrations mesurées (µg/L)
Acénaphthylène	0,04
Acénaphthène	0,05
Fluorène	0,05
Phénanthrène	0,14
Anthracène	0,14
Fluoranthène	0,32
Pyrène	0,22
TEQ (OMS 2005) limite supérieure	0,0000063

Tableau 10 : Substances et concentrations retenues dans les sols_Ingestion de sols et Inhalation de poussières

Substances	Teneurs mesurées (mg/kg)	Echantillon de référence (ouvrage-profondeur)
Antimoine (Sb)	2	S2(0-1)
Baryum (Ba)	170	S27(0,1-0,9)
Mercure (Hg)	0,2	S25(0-1)
Molybdène (Mo)	2	S27(0,1-0,9)
Zinc (Zn)	350	S27(0,1-0,9)
Fraction C21-C35	49	S1(0-1)
Naphtalène	0,06	T1(0-0,2)
Acénaphthylène	0,13	S25(0-1)
Phénanthrène	0,16	S26(0-1)
Anthracène	0,13	S25(0-1)
Fluoranthène *	0,63	S26(0-1)
Pyrène	0,5	S26(0-1)
Benzo(a)anthracène	0,37	S26(0-1)
Chrysène	0,32	S26(0-1)
Benzo(b)fluoranthène *	0,53	S26(0-1)
Benzo(k)fluoranthène *	0,21	S26(0-1)
Benzo(a)pyrène *	0,41	S24(0,1-1)
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène *	0,31	S25(0-1)
Benzo(g,h,i)pérylène *	0,35	S25(0-1)

Acide perfluorooctane sulfonique, somme isomères ramifiés et linéaires (PFOS)	0,22	S6(0,2-1)
TEQ (OMS 2005) limite supérieure	12 e-6	T1(0-0,2)

Les caractéristiques physico-chimiques des substances retenues pour l'évaluation des risques ont été recherchées et sont présentées en **Annexe IV**.

5.6. Schéma conceptuel

Un schéma conceptuel résumant les scénarios d'exposition retenus est présenté en Figure 4.

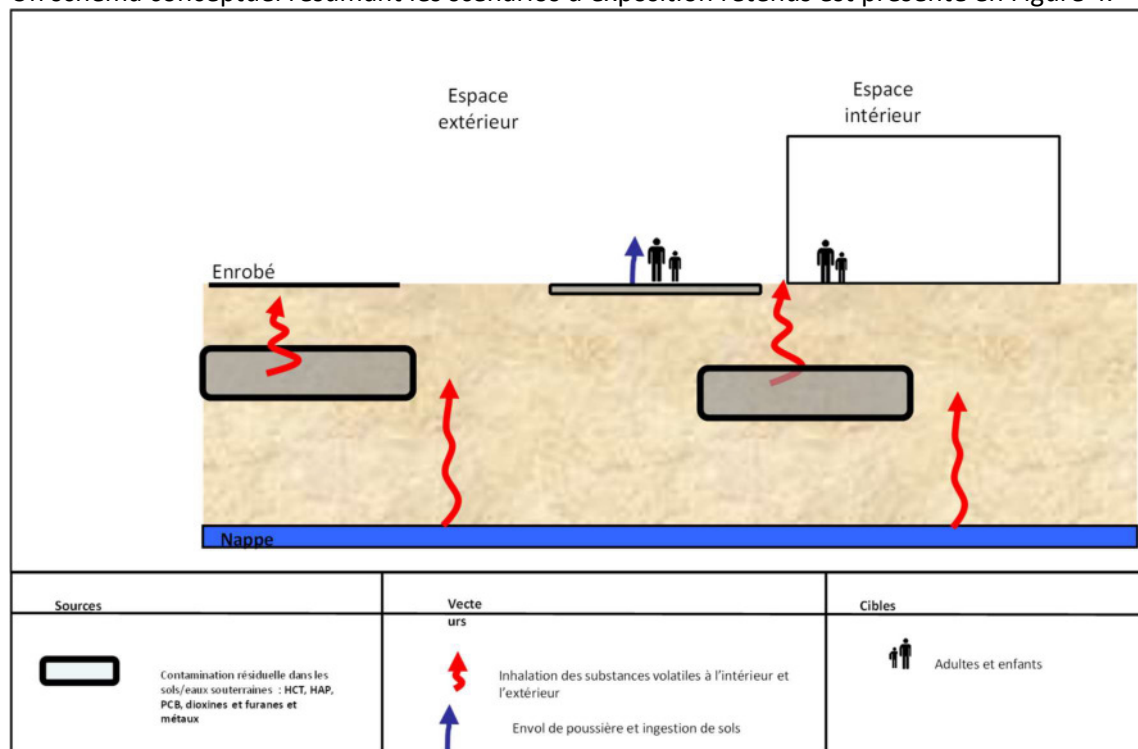


Figure 4 : Schéma conceptuel

5.7. Quantification de l'exposition

Cette section décrit les modèles d'exposition ainsi que les paramètres retenus pour évaluer les doses d'exposition pour les cibles considérées.

5.7.1. Choix du modèle d'exposition

Les calculs de risques sont réalisés à l'aide du logiciel MODUL'ERS conçu par l'INERIS. Ce logiciel, qui permet d'estimer les niveaux d'exposition des cibles étudiées et les niveaux de risque sanitaire associés, est basé sur l'ensemble des équations pour la modélisation des expositions liées à la

contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle fourni par l'INERIS et le guide de l'utilisateur Modul'ERS¹⁹.

Dans le cadre de cette étude, le logiciel a fait appel aux modules suivants :

- module « conc gaz air intérieur Volasoil » qui est basé sur une approche dérivée du modèle Volasoil du RIVM (institut néerlandais de santé publique et de l'environnement), permettant le calcul des concentrations attendues dans l'endroit où a lieu l'émission (sous-sol ou pièces à vivre selon les cas) et dans le lieu de vie, si le bâtiment comporte un sous-sol, à partir d'une source nappe ou sol ;
- module « conc gaz air extérieur » qui permet le calcul du flux d'émission à partir d'une source nappe ou sol et l'estimation des concentrations attendues dans l'air extérieur (voir équation du document INERIS-DRC-08-94882-16675B) ;
- module « sol » qui permet le calcul de risque lié à l'ingestion de sol ;
- module « conc part air extérieur » qui permet de calculer des concentrations de poussières inhalables dans l'air extérieur à partir des concentrations dans les sols ;
- module « Niveaux_Exposition_Risque » qui permet de calculer, d'une part les niveaux d'exposition chroniques pour les différentes classes d'âge définies par l'utilisateur et d'autre part, les niveaux de risques chroniques pour des effets à seuil ou sans seuil.

Le logiciel Modul'ERS utilisé est présenté en **Annexe V**.

5.7.1.1. Caractéristiques de la modélisation

Dans les modèles de transfert, il faut souligner que les mesures dans les gaz du sol permettent de s'affranchir d'une étape dans le calcul de risque, consistant à estimer les concentrations des gaz du sol à partir des concentrations mesurées dans les sols et dans les eaux souterraines et nécessitant certains paramètres d'entrée comportant des incertitudes. Cette approche permet d'évaluer de façon plus réaliste l'exposition des futurs usagers du site.

Dans le cadre de cette étude, aucune mesure de gaz du sol n'a été réalisée.

¹⁹ INERIS, Rapport d'étude n°DRC-08-94882-16675C, 01/08/2010, « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle »
INERIS, Rapport d'étude n° 14-141968-00696A, Mars 2014, Guide de l'utilisateur Modul'ERS

5.7.1.2. Paramètres d'entrée du modèle

Les équations de modélisation nécessitent l'utilisation de différents paramètres propres aux bâtiments, aux caractéristiques des sols et des matériaux sous-jacents et aux différentes substances présentes dans les sols et les eaux souterraines.

L'ensemble des paramètres d'entrée du modèle est présenté en **Annexe V**.

- Air intérieur

Les transferts des substances volatiles ont été modélisés selon les principes suivants :

- la pollution a été positionnée au contact de la dalle de fond du bâtiment. **D'un point de vue sécuritaire, un bâtiment de plain-pied sera modélisé ;**
- au vu des observations de terrain réalisées, le type de sol retenu au droit du futur bâtiment est un sol sablo-limoneux ;
- en l'absence de valeurs propres au site, un taux de renouvellement d'air est usuellement fixé à 0,25 vol/h pour des bâtiments à usage résidentiel (habitations) ;
- le taux de transfert considéré entre le RDC et les étages du bâtiment est de 100%.

- Air extérieur

Les transferts des substances volatiles ont été modélisés selon les principes suivants :

- au vu des observations de terrain réalisées, le type de sol retenu au droit des espaces extérieurs est un sol sablo-limoneux ;
- modélisation d'un dégazage vers l'air extérieur, en tenant compte d'une vitesse de vents de 2,4 m/s²⁰ ;
- en l'absence de recouvrement des sols, la source de pollution est considérée affleurante au droit des espaces extérieurs.

Pour la voie d'exposition par ingestion de sol, aucun test de bioaccessibilité orale n'ayant été réalisé, un facteur de biodisponibilité relative de 1 a été pris en compte pour toutes les substances étudiées,

²⁰ Moyenne des vitesses de vents observées à la station météorologique de Bonneville (74), de Janvier 2004 à décembre 2006

La figure ci-dessous schématise la modélisation du transfert des substances volatiles.

Taux de transfert RDC/étage : 100%

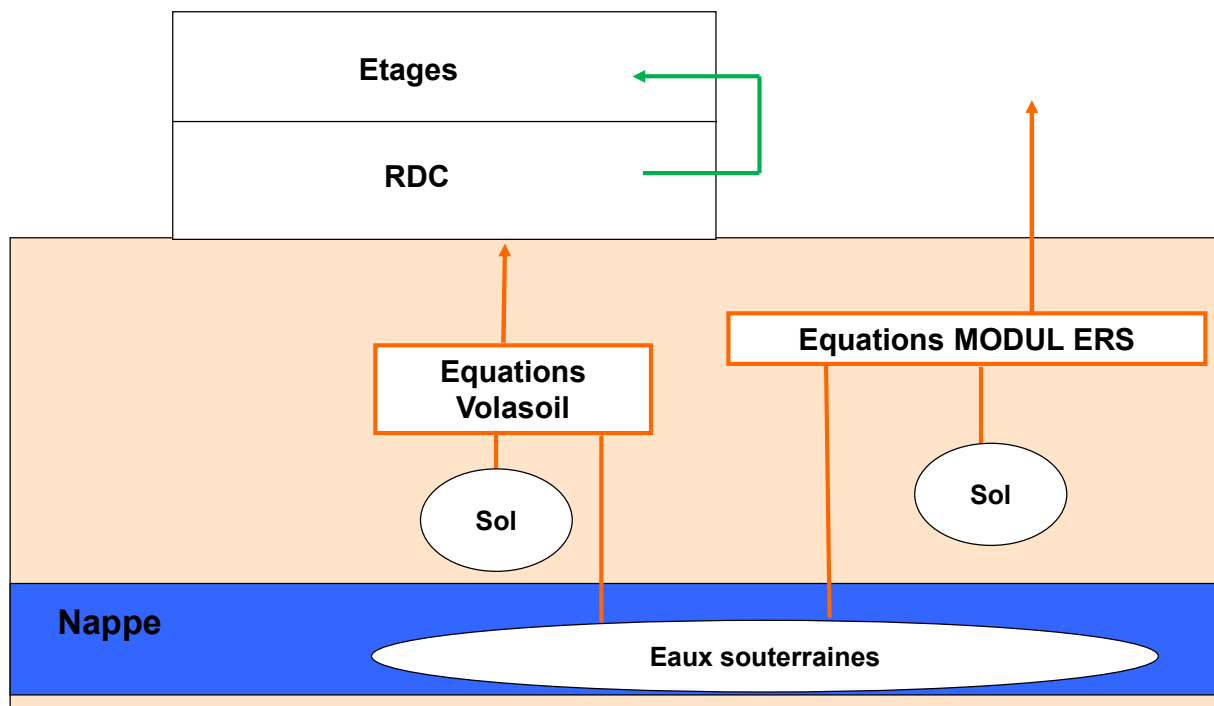


Figure 5 : Modélisation du transfert des substances volatiles

5.7.2. Calcul de la dose journalière ou concentration d'exposition

L'équation mathématique permettant de calculer la DJE_{ij} (exprimée en mg/(kg.j) ou la CI (exprimée en mg/m³) est la suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{DE \cdot Q_{ij} \cdot FE}{P \cdot T_m} \cdot C_i \text{ ou } CI = \frac{C_i \cdot DE \cdot FE}{T_m}$$

où : Q_{ij} est la quantité de milieu i administrée par la voie j par jour (en mg/j),
 C_i est la concentration au point d'exposition (en mg/m³),
FE est la fréquence d'exposition annuelle (sans unité),
DE est la durée d'exposition (en an),
P est le poids de l'individu (en kg),
 T_m est le temps moyen de prise en compte de l'apparition possible d'un effet néfaste sur la santé (en années).

$T_m = DE \cdot 365$ j pour les effets à seuil et $T_m = 70$ (vie entière) $\cdot 365$ pour les effets sans seuils.

Pour chaque substance chimique retenue dans le cadre de cette étude, la dose journalière ou concentration d'exposition est présentée, avec les calculs de risque sanitaire, en **Annexe VII**.

5.7.3. Paramètres d'exposition

Les paramètres généraux caractérisant l'exposition des différentes cibles ou récepteurs sont renseignés ci-après, selon les indications fournies par l'INERIS²¹.

Tableau 11 : Paramètres d'exposition retenus dans l'étude

Paramètres	Cibles	Valeurs retenues	Justifications et références
Durée d'exposition	Employés Résidents	43 ans 30 ans	US-EPA (2011) + INERIS (2017) + Durée légale du travail en France
Temps moyenné	Employés Résidents Toutes	<i>Effets à seuil (Tm_{nc}) :</i> 43 ans * 365 jours/an = 15 695 jours 30 ans * 365 jours/an = 10 950 jours <i>Effets sans seuil (Tm_c) :</i> Tm_c = vie entière (70 ans) * 365 jours/an = 25 550 jours	US EPA (2011) + INERIS (2017)
Fréquence d'exposition annuelle à l'intérieur (RDC et étages)	Employés Résidents	0,2 (8 h/j, 220 j/an) Adultes : 0,69 / Enfants : 0,61 à 0,73 selon les classes d'âge	INERIS (2017)
Fréquence d'exposition annuelle à l'extérieur	Employés Résidents	0,025 (1 h/j, 220 j/an) Adultes : 0,028 / Enfants : 0,031 à 0,1 selon les classes d'âge	Jugement d'expert INERIS (2017)
Hauteur de respiration	Employés Résidents	1,55 m Adultes : 1,55 m / Enfants : 0,3 à 1,5 m selon les classes d'âge	INERIS (2017)
Quantité de sol ingérée par jour	Employés Résidents	50 mg/jour 30 mg/j (0-1 ans) / 50 mg/jour (>1 ans)	INERIS (2017) + méthodologie nationale (2017)

²¹ INERIS, Rapport d'étude n°DRC-14-141968-11173C, 23/06/2017, « Paramètres d'exposition de l'homme du logiciel Modul'ERS »



Antea Group
Bâtiment Fireworks
109 rue des Mercières - 69140
RILLIEUX-LA-PAPE
SIRET : 393 206 735 00747
www.anteagroup.fr



Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier
(74)

Paramètres	Cibles	Valeurs retenues	Justifications et références
Poids corporel	Employés Résidents	70 kg Adultes : 70 kg / Enfants : 7,6 à 60 kg selon les classes d'âge	INERIS (2017)

6. Evaluation de la relation dose réponse

6.1. Synthèse des données toxicologiques

Les principaux effets toxiques engendrés par les substances retenues pour l'évaluation des risques sont présentés en **Annexe VI**.

6.2. Valeurs toxicologiques de référence retenues

L'ensemble des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues dans le cadre de la présente étude est présenté dans l'**Annexe VI**. Pour chaque VTR retenue, la source bibliographique est indiquée.

La sélection des VTR a été établie selon les recommandations de la note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.

Les VTR ont fait l'objet d'une mise à jour par Antea Group en novembre 2025.

6.3. Prise en compte des ADAF

Les organismes internationaux travaillant sur la construction des VTR pour les calculs de risques sanitaires ont démontré la nécessité pour certaines substances, d'un facteur complémentaire d'ajustement lié à l'âge des personnes exposées (ADAF) pour tenir compte de la sensibilité des enfants aux effets sans seuil de substances cancérigènes mutagènes²².

Au regard des éléments à disposition sur l'intégration d'ADAF dans la caractérisation des risques, il n'existe pas de méthodologie applicable systématiquement à toute une classe d'âge ou à toutes les

²² INERIS, Rapport 203525 – 2704768 – v2.0, 19/01/2023, Etat de l'art pour l'évaluation des risques de substances à effets sans seuil pour les enfants

substances. Il est important d'adapter la méthode tenant compte de la classe d'âge considérée, de la substance étudiée et surtout de la spécificité de la situation.

Néanmoins, l'Ineris propose une méthode relative à l'application des facteurs d'ajustement pour les évaluations des risques sanitaires associés aux pollutions de sites relevant de la méthodologie de gestion des sites potentiellement pollués.

Les ADAF ont été définis afin de protéger les populations lors de périodes où elles sont les plus sensibles aux expositions de substances cancérigènes mutagènes. Après étude de la toxicocinétique et de la toxicodynamique des substances, l'US-EPA²³ a considéré 3 périodes distinctes dans le développement, reprises par les autres organismes :

- entre la naissance et l'âge de 2 ans (exclus),
- entre l'âge de 2 ans et l'âge de 16 ans (exclus) et,
- au-delà de l'âge de 16 ans.

Le logiciel MODUL'ERS permet la prise en compte des ADAF, les facteurs utilisés sont les suivants :

- facteurs 10 pour une exposition entre 0 et 2 ans exclus,
- facteurs 3 pour une exposition entre 2 et 16 ans exclus,
- Facteur 1 pour une exposition au-delà de l'âge de 16 ans.

Les substances cancérigènes à mode d'action mutagène (sans seuil) retenues dans le cadre de cette étude, pour lesquelles les ADAF ont été pris en compte dans les calculs, sont les suivantes :

- pour la voie d'exposition par ingestion : les HAP (hors naphtalène),
- pour la voie d'exposition par inhalation : les HAP (hors naphtalène).

6.4. Comparaison aux valeurs de gestion

²³ US-EPA, EPA/630/R-03/003F, 2005, Supplemental guidance for assessing susceptibility from Early-life Exposure to carcinogens. Washington et US-EPA, 2020, "Additional Information, Adjustments and Special Cases for Dose-Response Values in Tables 1 and 2." extrait de <https://www.epa.gov/fera/additional-information-adjustments-and-specialcases-dose-response-values-tables-1-and-2>.

Conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, au-delà de la simple compatibilité sanitaire, les valeurs de gestion doivent être respectées pour les milieux qui en disposent. Concernant l'air intérieur, ces valeurs de gestion correspondent aux valeurs règlementaires (cas du benzène et du formaldéhyde), aux valeurs repères établies par le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) ou à défaut aux valeurs de gestion de l'air intérieur (VGAI) établies par l'ANSES.

6.4.1. Pour l'air intérieur

Dans le cadre de cette étude, aucune substance mesurée dans les sols n'est concernée par ces valeurs de gestion.

6.4.2. Valeurs de gestion dans les sols

Le Tableau 12 présente les valeurs de gestion proposées par le Haut Conseil de Santé Public pour les sols. Ces seuils sont définis pour des usages sensibles des sols (seuils Publiés au BO Santé 2023/19 du 16 octobre 2023 pour le Cd, Hg, et As)).

Tableau 12 : Seuils de vigilance et seuils d'action rapide définis par le HCSP

	Usages considérés par le HCSP	Voies d'exposition considérées par le HCSP	Cibles considérées par le HCSP	Seuil de vigilance mg/kg MS	Seuil d'action rapide ou d'alerte mg/kg MS
Plomb	Etablissement sensibles (écoles, crèches, ...), Parc et aire de jeux. Résidentiel sans potager	ingestion de sol inhalation de poussières	population générale enfant et adultes	100	300
	Résidentiel avec potager	ingestion de sol + végétaux (autoconsommation de 50%) inhalation de poussières			
	Culture urbaine et agriculture	ingestion de sol + végétaux (autoconsommation de 100%) inhalation de poussières			
Cadmium	Etablissement sensibles (écoles, crèches, ...), Parc et aire de jeux. Résidentiel sans potager	ingestion de sol inhalation de poussières	population générale enfant et adultes	15	
	Résidentiel avec potager	ingestion de sol + végétaux (autoconsommation de 50%) inhalation de poussières	enfant < 7ans	1	5
			enfant > 7ans et adultes		10

	Usages considérés par le HCSP	Voies d'exposition considérées par le HCSP	Cibles considérées par le HCSP	Seuil de vigilance mg/kg MS	Seuil d'action rapide ou d'alerte mg/kg MS
	Culture urbaine et agriculture	ingestion de sol + végétaux (autoconsommation de 100%) inhalation de poussières	enfant < 7ans enfant > 7ans et adultes	0,5	2 10
Arsenic	Etablissement sensibles (écoles, crèches, ...), Parc et aire de jeux. Résidentiel sans potager	ingestion de sol inhalation de poussières	population générale enfant et adultes	25	70
	Résidentiel avec potager	ingestion de sol + végétaux (autoconsommation de 50%) inhalation de poussières			
	Culture urbaine et agriculture	ingestion de sol + végétaux (autoconsommation de 100%) inhalation de poussières			
Mercure	Etablissement sensibles (écoles, crèches, ...), Parc et aire de jeux. Résidentiel sans potager	ingestion de sol inhalation de poussières	population générale enfant et adultes	1	5
	Résidentiel avec potager				
	Culture urbaine et agriculture	ingestion de sol + végétaux (autoconsommation de 100%) inhalation de poussières	population générale enfant et adultes	0,5	3
	Tous les usages en intérieur	inhalation de vapeur en intérieur	population générale enfant et adultes	1	

Le tableau ci-dessous présente les valeurs repère proposées par le Haut Conseil de Santé Public pour les sols. Ce sont des valeurs de gestion mise à disposition pour décider de l'opportunité d'un dépistage biométabolique des surexpositions individuelles, voire de la recherche d'effets sur la santé dans la population exposée. Ces seuils sont définis pour des usages sensibles des sols.

Tableau 13 : Valeurs repère définies par la HAS

	Usages considérés par la HAS	Voies d'exposition considérées par la HAS	Cibles considérées par la HAS	Seuil HAS mg/kg MS
Arsenic bioaccessible	Résidences avec jardins individuels Jardins collectifs Zones d'activité sportives ou récréatives	ingestion de sol inhalation de poussières ingestion de végétaux	population générale enfant et adultes	25
Cadmium	Etablissement sensibles (écoles, crèches, ...), Parc et aire de jeux ou de loisir. Résidentiel avec ou sans potager	ingestion de sol inhalation de poussières ingestion de végétaux	population générale (enfant et adultes) consommatrice de végétaux autoproduits et/ou personnes se rongant les ongles ou mangeant de la terre (dont Pica)	0,5
	Etablissement sensibles (écoles, crèches, ...), Parc et aire de jeux ou de loisir. Résidentiel sans potager	ingestion de sol inhalation de poussières	Enfant de moins de 7 ans et/ou personnes séjournant ou ayant séjourné sur le site pendant au moins 10 ans (au moins 5 ans, si tout ou partie de cette exposition a été avant l'âge de 7 ans)	1

Ces valeurs de gestion ne constituent en aucun cas des objectifs de dépollution dans le cadre de la gestion d'un site, l'approche spécifique au cas par cas étant un des principes fondamentaux de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués.

Les teneurs dans les sols seront donc comparées aux valeurs de gestion précitées (cf. chapitre 8.2).

7. Quantification des risques sanitaires

L'ensemble des résultats est établi en l'état actuel des connaissances (décembre 2025).

Les calculs ont été réalisés avec des paramètres propres au site quand ceux-ci étaient disponibles. En l'absence de valeurs spécifiques, des valeurs disponibles dans la littérature ou des choix d'expert ont été retenus²⁴.

Les feuilles de calculs sont présentées en **Annexe VII**.

Il est rappelé que l'acceptabilité des risques est définie sur la base de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017. Un niveau de risque est considéré comme acceptable pour les usagers du site dans les cas suivants :

- Quotient de Danger (QD) inférieur à 1,0 (risques pour les effets à seuil : effets non cancérigènes d'une part, et effets cancérigènes non génotoxiques d'autre part),
- Excès de Risque Individuel (ERI) inférieur à $1,0 \cdot 10^{-5}$ (risques pour les effets sans seuil de dose : effets cancérigènes génotoxiques).
- Et, valeurs de gestion respectées (par ordre de priorité valeurs réglementaires, valeurs cibles ou repères du HCSP, valeurs guides pour l'air intérieur de l'ANSES, ...).

Selon la méthodologie nationale, l'additivité des risques liés aux différents polluants et/ou aux différentes voies d'exposition doit être réalisée selon les recommandations des instances sanitaires au niveau national. En l'état actuel, ces recommandations conduisent :

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

Toutefois, des incertitudes demeurent sur les organes cibles et les possibilités d'effets croisés ou de synergie lorsque plusieurs substances sont présentes. Aussi, la somme des QD, toutes voies et toutes substances confondues, est présentée ci-après.

²⁴ User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings, USEPA, February 22, 2004.



Antea Group
Bâtiment Fireworks
109 rue des Mercières - 69140
RILLIEUX-LA-PAPE
SIRET : 393 206 735 00747
www.anteagroup.fr



Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier
(74)

Les niveaux de risque sanitaire, calculés sur la base des concentrations retenues au paragraphe 5.5 observées sur le site sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 14 : Risques sanitaires pour les futurs usagers du site

	QD*	ERI
Employés – Niveau de risque global	3,2E-02	4,9E-07
Inhalation d'air intérieur	2,0E-02	3,7E-07
Inhalation d'air extérieur	2,5E-04	1,8E-08
Inhalation de poussières	3,0E-04	1,3E-10
Ingestion de sol	1,1E-02	9,7E-08
Résidents – Niveau de risque global	1,9E-01	3,5E-06
Inhalation d'air intérieur	8,4E-02	2,2E-06
Inhalation d'air extérieur	1,7E-03	3,9E-08
Inhalation de poussières	1,3E-03	8,4E-10
Ingestion de sol	1,1E-01	1,2E-06
<i>Seuils de référence</i>	1,0	1,0E-05

*Le QD présenté ici correspond à la classe d'âge la plus pénalisante. Le détail est discuté au chapitre suivant.

Les résultats des calculs de risque, pour les voies d'exposition et leurs cumuls, indiquent des niveaux de risque sanitaires inférieurs aux seuils de référence, pour les futurs usagers du site.

8. Interprétation des résultats

8.1. Hiérarchisation des risques

Les risques sanitaires les plus élevés sont les risques associés à une exposition aux substances présentes dans les sols par contact direct et inhalation de vapeur en intérieur. Pour cette dernière voie, il faut noter que l'absence d'investigations sur les gaz du sol engendre une possible surestimation des niveaux de risques.

Les substances quantifiées contribuant majoritairement :

- au niveau de risque à seuil (QD), sont les dioxines et furanes (35% du risque), et le mercure (35% du risque).
- au niveau de risque sans seuil (ERI), sont les HAP (62% du risque).

8.2. Comparaison aux Valeurs Réglementaires et aux valeurs de gestion_Qualité des sols

Cas du plomb

Le Haut Conseil de Santé Publique a rédigé un avis en juin 2014²⁵, conforté par celui du 1^{er} février 2021²⁶ indiquant différents niveaux de gestion concernant le plomb en cas d'exposition potentielle d'enfants par contact direct avec les sols :

- **un niveau d'alerte** pour une concentration moyenne en plomb de **300 mg/kg** dans les sols,
- **un niveau de vigilance** pour une concentration moyenne de **100 mg/kg** dans les sols, impliquant la réalisation d'une étude de risque sanitaire fondée sur la VTR proposée par l'EFSA ($5 \cdot 10^{-4}$ mg/kg/j)²⁷.

²⁵ HCSP, « Expositions au plomb : détermination de nouveaux objectifs de gestion », juin 2014.

²⁶ Avis du 1^{er} février 2021 relatif à la maîtrise du risque associé à la présence de plomb dans l'environnement extérieur

²⁷ L'EFSA recommande de retenir une plombémie critique de 12 µg/L.

Ici la concentration moyenne en plomb au droit du site est inférieure à 100 mg/kg. Ainsi, aucune mesure de gestion spécifique au plomb n'est à envisager au droit du site.

Cas de l'Arsenic

La Haute Autorité de Santé a rédigé une recommandation en février 2020²⁸, proposant des stratégies de diagnostic des intoxications et de surveillance médicale des personnes potentiellement surexposées à l'arsenic inorganique du fait de leur lieu de résidence.

- si la **concentration en arsenic inorganique** dans les poussières du sol ou dans les couches de surface du sol **est inférieure à 25 mg/kg** : pas de recherche de cas d'intoxication ni de suivi médical ;
- si la **concentration en arsenic bioaccessible** dans les poussières du sol ou dans les couches de surface du sol **est inférieure à 25 mg/kg** : pas de recherche de cas d'intoxication ni de suivi médical ;
- si la **concentration en arsenic bioaccessible** dans les poussières du sol ou dans les couches de surface du sol **est supérieure à 25 mg/kg** : dépistage biométrique à mettre en place afin vérifier l'existence de cas de surexposition individuelles.

Ce document a été complété, en août 2022, par un rapport du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP)²⁹ définissant comme pour le plomb un seuil de vigilance et un seuil d'action rapide, qui sont respectivement de 25 et de 70 mg/kg MS pour l'arsenic inorganique.

Dans le cas d'un dépassement du seuil de vigilance, il est recommandé réaliser une Etude de Risques Sanitaires au cas par cas, basée sur des paramètres adaptés au contexte local, faisant notamment intervenir des analyses de bioaccessibilité sur les sols, voire les végétaux. La finalité est de définir des

²⁸ HAS – Recommandation de bonne pratique – Dépistage, prise en charge et suivi des personnes potentiellement surexposées à l'arsenic inorganique du fait de leur lieu de résidence, février 2020

²⁹ HCSP, Définition de valeurs repères pour des contaminants des sols pollués – l'arsenic, avril 2022

mesures de gestion adaptées à la situation et de recommander un dépistage selon les modalités fixées par la Haute autorité de santé (HAS).

Si la concentration dans les sols en arsenic inorganique total dépasse la valeur d'action rapide, fixée à 70 mg/kg MS, en complément des recommandations visées dans le cadre du dépassement du seuil de vigilance, à mettre en œuvre rapidement, il est recommandé d'organiser un dépistage biométrique des surexpositions individuelles en arsenic selon les modalités fixées par la Haute autorité de santé (HAS).

Ici, la concentration en arsenic est inférieure à 25 mg/kg. Ainsi, aucun diagnostic des intoxications ni surveillance médicale spécifique à l'arsenic ne serait à envisager au droit du site.

Cas du mercure

Le Haut Conseil de Santé Publique a rédigé un rapport en aout 2022, indiquant différents niveaux de gestion concernant le cadmium dans les sols dans le **cadre d'un usage des sols non revêtus par des structures solides (bâtiment, routes, parking, etc.)**³⁰ :

- **un niveau de vigilance** pour une concentration en mercure total de **1 mg/kg MS** dans les sols (valeur abaissée à 0,5 mg/kg MS dans le cas d'une autoconsommation de 100 % de végétaux) ;
- **un niveau d'alerte** pour une concentration en mercure total de **5 mg/kg MS** dans les sols (valeur abaissée à 3 mg/kg MS dans le cas d'une autoconsommation de 100 % de végétaux).

Dans le cas d'un dépassement du seuil de vigilance, il est recommandé de réaliser une Etude de Risques Sanitaires au cas par cas, basée sur des paramètres adaptés au contexte local, faisant notamment intervenir des analyses de mercure total sur les végétaux cultivés s'il y en a. Ces prélèvements et analyses sur les végétaux cultivés sur site seront réalisés selon les guides en vigueur. Une spéciation des différentes formes de mercure pourra également être réalisée. Il est à noter qu'aucun test de bioaccessibilité (sur les sols et/ou les végétaux), n'est à ce jour validé pour le mercure.

La finalité de l'Etude de Risques Sanitaires au cas par cas, menée sur la base de ces éléments, est de définir des mesures de gestion adaptées à la situation et de recommander un dépistage biométrique

³⁰ HCSP, Définition de valeurs repères pour des contaminants des sols pollués – le mercure, aout 2022

des surexpositions individuelles au mercure selon les modalités fixées par la HAS, dans le cas d'un dépassement des niveaux de risque de 1 pour les effets à seuil.

Dans le cas d'un dépassement du seuil d'alerte en complément des recommandations visées dans le cadre du dépassement des seuils de vigilance, à mettre en œuvre rapidement, il est recommandé d'organiser un dépistage biométrique des surexpositions individuelles au mercure selon les modalités fixées par la HAS.

Ici, la concentration en mercure des sols des surfaces découvertes du site est inférieure à 1 mg/kg teneur maximale de 0,3 mg/kg) alors, aucune évaluation de risque propre au site n'est à réaliser.

8.3. Détermination des mesures compensatoires

L'évaluation des risques sanitaires ne démontrant aucun risque supérieur aux seuils de référence énoncés à la note du 19 avril 2017 et la mise à jour de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 éditée par le Ministère en charge de l'Environnement, l'établissement de mesures compensatoires n'est pas nécessaire d'un point de vue sanitaire.

Cependant, dans les modèles de transfert, il faut souligner que les mesures dans les gaz du sol permettent de s'affranchir d'une étape dans le calcul de risque, consistant à estimer les concentrations des gaz du sol à partir des concentrations mesurées dans les sols et dans les eaux souterraines et nécessitant certains paramètres d'entrée comportant des incertitudes. Cette approche permet d'évaluer de façon plus réaliste l'exposition des futurs usagers du site.

Compte tenu des résultats avec des niveaux de risques élevés, Antea Group recommande la réalisation de mesures de gaz du sol.

8.4. Evaluation des incertitudes

L'évaluation des risques sanitaires se décompose en cinq grandes étapes, dont chacune fait l'objet d'incertitudes :

- la caractérisation physique du site,
- la sélection des substances,
- l'évaluation de l'exposition,
- l'évaluation de la toxicité,
- la caractérisation des risques.

8.4.1. Analyse qualitative

8.4.1.1. Incertitudes sur les caractéristiques physiques du site

Les incertitudes concernent ici les reconnaissances effectuées sur le site. Des observations de terrain sur les sols, ont été réalisées lors des sondages afin de déterminer précisément les différents paramètres spécifiques du site, et réduire ainsi l'incertitude associée à ces paramètres.

Au droit du site, les sols sont constitués de remblais sableux à sablo-limoneux. Le type de sol retenu, correspondant au sol le plus perméable aux substances volatiles observé lors des investigations de terrain, est un sol de type sable limoneux. Compte-tenu de la présence de remblais à tendance plus sableuse dans les sols superficiels, l'étude d'un sol sableux est présentée en analyse des incertitudes (cf. chapitre 8.4.2).

8.4.1.2. Incertitudes sur l'évaluation de l'exposition

Incertitudes sur les cibles et les paramètres d'exposition

Les cibles choisies sont les usagers du site les plus sensibles, c'est-à-dire ceux qui sont les plus exposés aux substances volatiles présentes dans les sols et les eaux souterraines. Dans une démarche sécuritaire, les risques associés à chacun des milieux étudiés sont cumulés.

Il faut souligner ici que le cas d'un employé résidant également sur le site a été étudié en analyse des incertitudes (cf. chapitre 8.4.2).

Incertitudes sur les modèles utilisés pour calculées les concentrations dans l'air intérieur

Dans cette étude, **les modèles d'exposition** du logiciel Modul'ERS développé par l'INERIS ont été utilisés pour estimer les concentrations de polluants dans l'air intérieur et extérieur, à partir des concentrations mesurées dans les sols et les eaux souterraines. L'estimation de l'exposition d'un individu, à l'aide de modèles d'exposition, n'est qu'une représentation mathématique approximative, et généralement sécuritaire, de la réalité. L'incertitude associée aux modèles est toutefois difficile à évaluer.

De nombreux paramètres, spécifiques au site ou aux récepteurs, influencent les résultats des modélisations. Les propriétés physico-chimiques et géologiques font partie des paramètres influençant la détermination des flux de remontées des substances volatiles. Les paramètres géologiques proviennent de mesures ou d'observations réalisées sur site. Les propriétés physico-chimiques des substances (provenant de bases de données fiables telles que l'INERIS, l'US-EPA, ou la littérature scientifique), et les concentrations retenues ne sont pas des sources majeures d'incertitudes.

Une part de l'incertitude, liée à l'utilisation du modèle, provient de l'utilisation de paramètres par défaut du fait de l'absence de données spécifiques. En effet, pour certains paramètres, seules les valeurs standards proposées par le modèle sont connues. Dans ce cas, il est difficile d'envisager d'autres valeurs (taux de renouvellement d'air dans un bâtiment, taux de fissuration, température du sol...).

Lors d'une exposition par inhalation de substances volatiles provenant des sols et des eaux souterraines, il apparaît que trois facteurs ont une influence non négligeable sur le résultat final. Il s'agit du taux de fissuration de la dalle, de la hauteur de l'espace clos modélisé et du taux de renouvellement d'air.

Concernant la fraction surfacique occupée par les ouvertures de la dalle, en l'absence de valeurs propres au site, il a été considéré une valeur standard de 1,0E-05 (RIVM 1996, 2008).

Concernant la hauteur de l'espace clos, en l'absence d'informations, il a été considéré une valeur standard de 2,3 m.

Concernant le taux de ventilation du bâtiment, en l'absence de valeurs propres au site, un taux de renouvellement d'air de 0,25 vol/h a été retenu. A titre informatif, cela correspond à la ventilation minimale de 0,1 vol/h est étudié en analyse des incertitudes (chapitre 8.4.2).

8.4.1.3. Incertitudes sur la sélection des substances et les concentrations

Les concentrations des différentes substances mesurées sur site sont soumises à des incertitudes inhérentes aux méthodes de prélèvements et d'analyses :

- Sur le terrain, des biais de prélèvements existent, liés soit à la technique de prélèvement (tarière manuelle, carottage, géoprobe, pelle mécanique ...), soit à la constitution de l'échantillon (choix de la lithologie à échantillonner, échantillon simple ou composite ...). Les protocoles de terrain font en sorte de limiter ses biais, mais il n'est pas possible de les éviter totalement.
- Au laboratoire, des incertitudes liées aux méthodes d'analyse sont également identifiées. Là encore, les protocoles permettent de limiter ces incertitudes.
- La réalisation d'un nombre d'échantillon important permet également de limiter les incertitudes.

La sélection des substances chimiques retenues pour l'étude est une source d'incertitudes. D'une part, les substances considérées sont limitées aux substances polluantes identifiées lors des investigations puis sélectionnées dans l'étude. D'autre part, les limites de quantification des laboratoires ne permettent pas d'établir une concentration pour chaque polluant analysé.

Une revue historique, un diagnostic initial ont été réalisés sur le site depuis 2025. Les analyses sur les sols ont été centrées sur les hydrocarbures : HCT, BTEX, HAP, ainsi que sur les COHV, les PCB et les métaux et les dioxines/furanes

Par précaution, les concentrations maximales mesurées sur le site ont été retenues pour le calcul des risques dans l'air ambiant (intérieur et extérieur). Ce choix est sécuritaire en termes de risque sanitaire.

8.4.1.4. Incertitudes sur l'évaluation de la toxicité

Selon l'US EPA, il existe de nombreuses sources d'incertitudes associées à la détermination des valeurs de toxicité, notamment du fait :

- de l'extrapolation de la réponse dose-effet pour de faibles doses à partir de hautes doses,
- de l'extrapolation de réponse pour des expositions de courtes durées à de longues durées,
- de l'extrapolation des résultats d'expérimentations chez l'animal pour prédire des effets chez l'homme,
- de l'extrapolation de réponses à partir d'études provenant de populations animales homogènes pour prédire les effets sur une population composée d'individus avec un large spectre de sensibilité.

Les bases de données toxicologiques retenues pour l'étude sont en priorité celles de l'ANSES, l'US-EPA (base de données de l'IRIS³¹), de l'ATSDR, et de l'OMS, puis celles du RIVM³², de Health Canada, de l'OEHHA et de l'EFSA³³.

La sélection des VTR a été établie selon les recommandations de la note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 (cf **Annexe I**).

8.4.1.5. Incertitudes sur la caractérisation du risque

Les incertitudes inhérentes à la caractérisation du risque sont directement fonction des incertitudes précisées dans les chapitres précédents.

Il convient de rappeler que cette analyse ne peut tenir compte de toutes les incertitudes liées à l'utilisation des modèles. Néanmoins, il faut souligner que, de façon générale, **les paramètres retenus pour calculer les risques ont tendance à surestimer les risques sanitaires ; ceci répond au principe de prudence scientifique qui régit l'évaluation quantitative des risques sanitaires.**

³¹ Integrated Risk Information System.

³² Institut Royal pour la Santé Publique et l'Environnement (Pays-Bas).

³³ Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (European Food Safety Authority).

8.4.2. Analyse quantitative

4 paramètres sont étudiés ici :

- Exposition cumulée sur site ;
- Type de sol ;
- La ventilation ;
- La prise en compte de toutes les teneurs dans les sols.

8.4.2.1. Exposition cumulée

A titre informatif, le cas d'un employé résidant également sur le site a été étudié en analyse des incertitudes.

Tableau 15 : Résultats de l'analyse des incertitudes sur l'exposition cumulée

	QD	ERI
Employés résident	1,9E-01	3,5E-06
Seuils de référence	1,0E+00	1,0E-05

Les résultats font apparaître des niveaux de risque inférieurs au seuil de référence pour les cibles à exposition cumulée.

8.4.2.2. Type de sol

Au droit du site, les sols sont constitués de remblais sableux à sablo-limoneux. Le type de sol retenu, correspondant au sol le plus perméable aux substances volatiles observé lors des investigations de terrain, est un sol de type sable limoneux. Compte-tenu de la présence de remblais à tendance plus sableuse dans les sols superficiels, l'étude d'un sol sableux est présentée en analyse des incertitudes.

Tableau 16 : Résultats de l'analyse des incertitudes pour le type de sol

	QD	ERI
Sables limoneux	1,9E-01	3,5E-06
Sables	3,6E-01	9,99E-06

Ecart	X2	X3
Seuils de référence	1,0E+00	1,0E-05

Le choix d'un type de sol sableux, engendre une augmentation des risques avec des valeurs proches des seuils de référence.

8.4.2.3. Ventilation

Concernant le taux de ventilation du bâtiment, en l'absence de valeurs propres au site, un taux de renouvellement d'air de 0,25 vol/h a été retenu. A titre informatif, cela correspond à la ventilation minimale de 0,1 vol/h est étudié en analyse des incertitudes.

Tableau 17 : Résultats de l'analyse des incertitudes sur la ventilation

	QD	ERI
Ventilation de 0,5 vol/h	1,9E-01	3,5E-06
Ventilation de 0,1 vol/h	3,9E-01	7,0E-06
Ecart	X2	X2
Seuils de référence	1,0E+00	1,0E-05

En considérant un taux de renouvellement d'air de 0,1 vol/h, les niveaux de risque sanitaire sont multipliés, par 2. Les niveaux de risque sanitaire sont toutefois inférieurs mais proches des seuils de référence.

Pour les logements

Dans les logements, il est à noter que la nouvelle réglementation thermique tend à développer les ventilations à faible débit (de type hygroréglable). Les taux de renouvellement d'air des logements associés à ces ventilations hygroréglables sont difficilement estimables étant donné que ces dernières se déclenchent en fonction du taux d'humidité dans les logements.

Ce type de ventilation n'a donc pas été pris en compte dans cette analyse des incertitudes. Il convient de rester vigilant en cas d'utilisation de ce type de ventilation, et des taux de renouvellement d'air associés, qui peuvent modifier de façon significative les résultats des calculs de risque sanitaire.

8.4.2.4. La prise en compte de toutes les teneurs dans les sols

Les teneurs principales prises en compte dans l'étude principale sont en lien avec le projet d'aménagement.

Les teneurs maximales, toutes profondeurs confondues, sans projet défini sont les suivantes :

Tableau 18 : Teneurs maximales_Inhalation de vapeurs en intérieur et en extérieur

Substances	Teneurs mesurées (mg/kg)
Mercure	0,3
Naphtalène	0,06
Acénaphthylène	0,32
Phénanthrène	0,48
Anthracène	0,37
Fluoranthène	1,2
Naphtalène	0,06
Pyrène	0,64
TEQ (OMS 2005) limite supérieure	1.6E-4

Tableau 19 : Teneurs maximales_Ingestion de sols et inhalation de poussières

Substances	Teneurs mesurées (mg/kg)
Acénaphthylène	0,32
Aliphatique C>16 C35	310
Anthracène	0,37
Antimoine	2
Aroclor 1254*	2,4
Aromatique C>21 C35	310
Baryum	170
Benzo (a) Anthracène	1
Benzo (b) Fluoranthène	0,64
Benzo (g h i) pérylène	0,83
Benzo (k) Fluoranthène	1,8
Benzo(a)pyrène	0,98
Cadmium	1,7
chrome	230
Chrysène	1,4
Cuivre	290
Dioxine (2.3.7.8-tcdd)	0,000012
Fluoranthène	1,2
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	0,77
Mercure	0,3
Molybdène	2
Naphtalène	0,06
PFOS	0,00022
Phénanthrène	0,48
plomb	89
Pyrène	0,93
Zinc	350

*les résultats des analyses basés sur les 7 PCB indicateurs sont multipliés par 2 pour être exprimés en équivalent Aroclor (1254)

Les niveaux de risque en tenant compte des teneurs maximales dans les sols sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 20 : Résultats de l'analyse des incertitudes avec la prise en compte des teneurs maximales

MAX	QD	ERI
-----	----	-----

Usagers du site – Niveau de risque global	1,3E+00	1,1E-05
Inhalation d'air intérieur	1,3E-01	7,07E-06
Inhalation d'air extérieur	2,5E-03	4,80E-08
Inhalation de poussières	9,0E-04	1,80E-09
Ingestion de sol	1,2E+00	3,50E-06
Seuils de référence	1,00E+00	1,00E-05

Les résultats montrent des dépassements des valeurs de références avec la prise en compte des teneurs maximales dans les sols pour toutes les voies d'exposition. Les substances portant le risque sont le plomb et les dioxines et furanes.

8.4.2.5. Bilan de l'analyse des incertitudes

Cette analyse des incertitudes (qualitative et quantitative) met l'accent sur les éléments suivants :

- **une augmentation des niveaux de risque sans dépassement des seuils de référence :**
 - en tenant compte d'un employés résidents ;
 - en tenant compte de sables dans les sols ;
 - en tenant compte d'une ventilation de 0,1 vol/h.
- **une augmentation des niveaux de risque avec un dépassement des seuils de référence :**
 - en tenant compte des teneurs maximales dans les sols.

Ces analyses des incertitudes montrent des résultats proches voir supérieures aux valeurs de références. L'état environnemental du site ne sera compatible avec son usage envisagé en tenant compte d'une ventilation de 0,1 vol/h et/ou des teneurs maximales dans les sols. Les terres présentant des impacts en plomb ou en dioxines et furanes ne pourront pas être réutilisées en surface ou devront faire l'objet d'un terrassement et d'une évacuation hors site.

Dans le cadre d'un changement concernant les caractéristiques environnementales du site, le projet d'aménagement ou les scénarios d'exposition, la réalisation de mesures de gaz du sol est recommandée avec la mise à jour de l'EQRS.

9. Conclusions et recommandations

9.1. Conclusion

Dans le cadre du projet de requalification foncière de la friche industrielle et des parcelles environnantes sis chemin des Grèves à Cran-Gevrier (74), le Grand Annecy a mandaté Antea Group pour la réalisation d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS), dans l'objectif d'étudier la compatibilité de l'aménagement envisagé (quartier économique avec logement, crèche, activité tertiaire...) avec la pollution observée au droit du site.

Cette étude s'inscrit dans le cadre des mesures recommandées par la **circulaire ministérielle du 8 février 2007** relative à l'implantation, sur des sols pollués, d'établissements sensibles accueillant des populations sensibles³⁴. Elle tient compte également du Décret n° 2022-1689 du 27 décembre 2022^{35,36}, modifiant le code de l'environnement en matière de surveillance de la qualité de l'air intérieur.

Les voies d'expositions étudiées sont :

- l'inhalation de substances volatiles présentes dans les sols et les eaux souterraines au droit des espaces intérieurs et extérieurs ;
- l'ingestion de sol ;
- l'inhalation de poussières.

Au regard de l'aménagement envisagé, les cibles étudiées sont donc :

- les résidents ;
- les employés.

³⁴ L'annexe 3 de la circulaire ministérielle du 8 février 2007 propose aux maîtres d'ouvrage un ensemble de mesures dont la mise en œuvre est fortement recommandée pour répondre pleinement aux enjeux liés à l'implantation d'établissements sensibles sur d'anciens sites industriels pollués.

³⁵ Ce décret indique les valeurs réglementaires à respecter pour les Etablissements Recevant du Public pour le formaldéhyde et le benzène.

³⁶ Décret relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public (notamment les établissements d'accueil des enfants de moins de 6 ans, écoles, établissements de loisirs, structures sociales et médico-sociales, établissements pénitentiaires pour mineurs, établissements sportifs).

Cette Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires indique que les niveaux de risque sont inférieurs aux seuils de risque recommandés dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (rédigée par le Ministère chargé de l'Environnement, avril 2017) ainsi qu'aux valeurs de gestion considérées.

L'état environnemental du site est donc compatible avec son usage envisagé.

Cette conclusion est établie sur la base des hypothèses suivantes :

- selon l'aménagement actuellement envisagé ;
- sur la base d'un taux de ventilation standard de 0,25 vol/h dans le bâtiment ;
- en considérant les concentrations résiduelles maximales en substances chimiques observées dans les sols, les eaux souterraines au droit des futurs bâtiments ;
- selon les hypothèses sécuritaires retenues ;
- selon la méthodologie décrite dans la note du 19 avril 2017 et la mise à jour de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 éditée par le Ministère en charge de l'Environnement ;
- en l'état actuel des connaissances scientifiques sur les plans chimique, géologique et toxicologique (novembre 2025).

Il faut noter que **tout changement** concernant les **caractéristiques environnementales** du site (découverte d'une nouvelle source par exemple), ou le **schéma conceptuel** pris en considération (notamment l'usage du site, les scénarios d'exposition, les cibles ou les aménagements et leur positionnement sur le site) est susceptible **de modifier les conclusions de la présente étude**.

9.2. Recommandations

L'évaluation des risques sanitaires ne démontrant aucun risque supérieur aux seuils de référence énoncés à la note du 19 avril 2017 et la mise à jour de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 éditée par le Ministère en charge de l'Environnement, l'établissement de mesures compensatoires n'est pas nécessaire d'un point de vue sanitaire.

Cependant, dans les modèles de transfert, il faut souligner que les mesures dans les gaz du sol permettent de s'affranchir d'une étape dans le calcul de risque, consistant à estimer les concentrations des gaz du sol à partir des concentrations mesurées dans les sols et dans les eaux souterraines et nécessitant certains paramètres d'entrée comportant des incertitudes. Cette approche permet d'évaluer de façon plus réaliste l'exposition des futurs usagers du site.

Compte tenu des résultats avec des niveaux de risques élevés, Antea Group recommande la réalisation de mesures de gaz du sol.

9.3. Synthèse des dispositions d'aménagement

Au regard des conclusions de cette Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires, il est recommandé au propriétaire du site de veiller à la mise en œuvre pérenne des dispositions d'aménagement suivantes.

Tableau 21 : Dispositions d'aménagement

ZONES CONCERNEES	DISPOSITIONS D'AMENAGEMENT
Bâtiment	<p>Respect des hypothèses retenues pour les paramètres constructifs (notamment les taux de ventilation, les hauteurs et les épaisseurs de dalle). Pour tout nouvel aménagement ou tout nouvel usage, il sera nécessaire de s'assurer que les modifications apportées ne remettent pas en cause les conclusions de cette étude.</p> <p>Ventilation de 0,25 vol/h dans le RDC et les sous-sols.</p> <p>Absence de voie préférentielle d'intrusion des gaz du sol vers les sous-sols, en particulier via des événements ou dispositifs équivalents. Le cas échéant, la présence de tels dispositifs devra faire l'objet d'un calcul de risque spécifique. De plus, le vieillissement de la dalle interface entre le sol et l'air intérieur devra être limité (fissuration) et les points singuliers de passage de la dalle (réseaux par exemple) devront être étanchés. Ainsi, lors de la conception et lors de la construction, cet enjeu devra avoir été considéré.</p>
Espaces extérieurs	<p>Absence de jardins potagers et d'arbres fruitiers. Dans le cas contraire, l'ingestion de fruits et légumes autoproduits au droit du site devra faire l'objet d'investigations complémentaires adaptées à cette voie et d'un nouveau calcul de risque conforme à la méthodologie décrite dans les outils de gestion des sites (potentiellement) pollués, rédigée par le Ministère en charge de l'Environnement en avril 2017. A défaut, toute culture végétale à visée alimentaire devra être réalisée dans des terres d'apport saines³⁷.</p> <p>Absence de puits permettant l'utilisation des eaux souterraines de la nappe superficielle. Dans le cas contraire, les usages de l'eau issue de la nappe superficielle devront faire l'objet d'un nouveau calcul de risque conforme à la méthodologie décrite dans les outils de gestion des sites (potentiellement) pollués, rédigée par le Ministère en charge de l'Environnement en avril 2017.</p> <p>Passage de canalisations souterraines d'eau potable, notamment celles en polyéthylène, hors des zones d'impact résiduel. Dans le cas contraire, les canalisations souterraines situées au droit des zones d'impact résiduel devront être mises en place dans des remblais d'apport sains et/ou</p>

³⁷ Pour les potagers : *a minima* 50 cm (après compactage) et jusqu'à 1 m (selon une approche sécuritaire) de terre végétale saine avec un grillage avertisseur et un système de séparation physique placés entre les terres d'apport et les terres en place. Pour les arbres fruitiers, une fosse de terres propres, dont le volume sera adapté en fonction du système racinaire de chaque espèce, devra être réalisée. Un géotextile limitant le développement racinaire des arbres peut être envisagé.



Antea Group
Bâtiment Fireworks
109 rue des Mercières - 69140
RILLIEUX-LA-PAPE
SIRET : 393 206 735 00747
www.anteagroup.fr



Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier
(74)

	devront être de nature imperméable aux substances organiques (acier, fonte, matériau multicouches adapté). Si ces dispositions ne sont pas effectives, il conviendrait de s'assurer de l'absence d'impact sur l'eau de consommation du site.
--	--

Observations sur l'utilisation du rapport

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

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

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

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

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

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

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



Antea Group
Bâtiment Fireworks
109 rue des Mercières - 69140
RILLIEUX-LA-PAPE
SIRET : 393 206 735 00747
www.anteagroup.fr



Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier
(74)



ANNEXES

Annexe I :	Méthodologie Générale
Annexe II :	Textes réglementaires et bibliographiques
Annexe III :	Intrusion de substances organiques dans les réseaux souterrains d'eau potable
Annexe IV :	Synthèse des données physico-chimiques
Annexe V :	Présentation et paramétrage du logiciel Modul'ERS
Annexe VI :	Synthèse des données toxicologiques et des VTR
Annexe VII :	Calculs de Risques Sanitaires



Antea Group
Bâtiment Fireworks
109 rue des Mercières - 69140
RILLIEUX-LA-PAPE
SIRET : 393 206 735 00747
www.anteagroup.fr



Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier
(74)

Annexe I : **Méthodologie Générale**

DESCRIPTIF TECHNIQUE DE LA METHODOLOGIE

L'évaluation des risques sanitaires se décompose en plusieurs étapes :

1. **Analyse des données** (compilation et synthèse des données issues des différentes études réalisées au droit du site),
2. **Evaluation des expositions** (définition des scénarii d'exposition, quantification des doses journalières d'exposition),
3. **Sélection des substances** (détermination des substances retenues pour l'étude et leurs concentrations associées dans les sols et/ou la nappe et/ou gaz du sol),
4. **Evaluation de la relation dose-réponse** : recueil des valeurs toxicologiques de référence disponibles au moment de la réalisation de l'étude, et choix argumenté d'une valeur toxicologique pour chaque substance retenue,
5. **Caractérisation des risques** (effets avec seuil et sans seuil),
6. **Interprétation des résultats** : hiérarchisation des risques, détermination des objectifs de réhabilitation (ou de dépollution) et/ou de servitudes à mettre en place -si nécessité-, évaluation des incertitudes,
7. **Conclusion et recommandations.**

① ANALYSE DES DONNEES

L'ensemble des données issues des investigations réalisées au droit du site est compilé et analysé.

② EVALUATION DES EXPOSITIONS

Cette étape se décompose en plusieurs phases :

- une identification des voies d'exposition ;
- une identification des récepteurs d'exposition (typologie de la population) ;
- une définition des scénarii d'exposition (typologie des modes d'exposition en fonction des activités) ;
- une quantification de l'exposition (doses journalières d'exposition : DJE ou, pour un gaz, concentration d'exposition : CE).

Il faut souligner ici que l'exposition des travailleurs lors de la phase chantier (travaux de terrassement/construction des bâtiments) ne fait pas l'objet de la présente étude ; leur sécurité devra néanmoins être assurée et toutes les précautions nécessaires devront être prises lors du maniement et de l'évacuation des sols. A ce titre, les mesures relatives à l'hygiène, la sécurité et la qualité sont



Antea Group
Bâtiment Fireworks
109 rue des Mercières - 69140
RILLIEUX-LA-PAPE
SIRET : 393 206 735 00747
www.anteagroup.fr



Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier
(74)

traitées dans le Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPS ou PPSPS) qui ont été remis lors de la phase d'investigations.

L'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires porte sur la santé humaine des cibles présentes sur le site. L'appréciation des risques touchant aux écosystèmes, aux végétaux d'ornement qui pourront être implantés au droit de la zone d'étude, à la ressource en eau ou aux biens matériels ne fait pas l'objet de la présente étude. De même, l'appréciation des risques liés à l'explosivité et aux nuisances olfactives ne fait pas l'objet de cette étude.

Caractérisation du lieu d'exposition

Le lieu d'exposition est ici décrit afin d'établir les voies de transfert et les voies d'exposition potentielles, en fonction de l'aménagement envisagé au droit du site.

Définition des scénarii d'exposition

Dans une étude de risque, **les voies d'exposition potentielles** sont les voies de contact direct (ingestion et inhalation de poussières telluriques) et indirectes (inhalation de substances chimiques volatiles, ingestion de végétaux, etc.). Le choix des voies retenues est fonction de l'aménagement prévu sur le site. Les cibles sont les futurs usagers du site.

Les scénarios d'exposition potentiels des populations comprennent les éléments suivants :

- une source ou un milieu contaminé par des polluants à risque ;
- un cheminement dans le milieu environnemental vers un point d'exposition ;
- un récepteur ;
- un mode d'exposition.

Le schéma conceptuel récapitule l'ensemble des voies de transfert et d'exposition pour les populations cibles.

Calcul de la dose d'exposition

La **quantification des expositions** vise à calculer la dose journalière (ou concentration) d'exposition des cibles aux substances identifiées. Il est donc essentiel de déterminer :

- les paramètres d'exposition, à savoir la fréquence, la durée et l'intensité des contacts entre les polluants et les différents groupes de population susceptibles d'être exposés ;
- la concentration dans l'air ambiant intérieur et/ou extérieur à laquelle est exposé le futur usager du site à partir des milieux sources sols, eaux souterraines et/ou gaz du sol.

Les **paramètres d'exposition** reposent sur des facteurs définis dans la littérature, telle que l'*Exposure Factors Handbook* de l'US EPA (United States Environmental Protection Agency)³⁸, et CIBLEX³⁹, ainsi que sur l'étude des caractéristiques spécifiques du site (jugement d'expert).

Dans le cadre de l'EQRS, le transfert des polluants volatils présents dans la nappe, les sols et les gaz du sol vers l'air ambiant sera étudié à l'aide de logiciels de modélisation. **Les modèles d'exposition** utilisés permettent ainsi d'établir les concentrations en polluants dans l'air ambiant intérieur d'un bâtiment et/ou extérieur au droit du site.

La dose d'exposition permet la quantification de l'exposition journalière à un polluant, qui est présent dans le milieu d'exposition. La dose journalière d'exposition (DJE) est définie comme un taux par unité de poids (mg/kg.j) ou comme une concentration par unité volumique (concentration d'exposition en mg/m³).

③ SELECTION DES SUBSTANCES

Les substances sélectionnées pour l'étude sont celles connues pour être toxiques pour l'homme et pour lesquelles il existe des valeurs toxicologiques de référence accessibles et fiables. Les calculs de risque porteront sur ces substances, et éventuellement sur leurs produits de dégradation.

Les substances retenues pour l'évaluation quantitative des risques sanitaires répondent aux critères suivants :

- toute substance dont les données disponibles (notamment physico-chimiques et toxicologiques⁴⁰) sont d'une qualité suffisante pour être exploitées en analyse des risques. Concernant les données physico-chimiques, les sources bibliographiques retenues sont les suivantes, par ordre de priorité :

Hiérarchisation	Références bibliographiques
-----------------	-----------------------------

³⁸ US EPA, Exposure Factors Handbook. Office of Research and Development. EPA/600/R-09/052F, September 2011.

³⁹ IRSN, ADEME, CIBLEX : banque de donnée de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué, version 0, Juin 2003

⁴⁰ Sources des paramètres toxicologiques retenus (selon la hiérarchisation de la circulaire n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 Octobre 2014) : ANSES, INERIS ; US EPA , ATSDR, OMS ; RIVM, Health Canada, OEHA, EFSA.

1	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
2	United States Environmental Protection Agency (US-EPA) : US EPA Soil Screening Guidance, June 1996; US-EPA Screening level ecological assessment protocol ; Appendix C : Media-to-receptors BCF values, 1999. US-EPA Screening level ecological assessment protocol ; Appendix C : Media-to-receptors BCF values, 1999.
3	Hazardous Substances Data Bank (HSDB)
4	Handbook <i>Soil Vapor Extraction Technology</i> de T., A. Pedresen et J., T. Curtis (1991). (constante de Henry à 10°C) <i>Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. Third Edition, Verschuere (1996)</i> ;
5	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR);
6	Human Health Risk Assessment Protocol (HHRAP), September 2005.
7	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
8	Base de données du logiciel Csoil
9	Base de données CALTOX
10	Base de données du logiciel BP Risc
11	Base de données du logiciel RBCA (fichier)
12	Base de données du logiciel HESP
13	Superfund for Dermal Risk Assessment, 2001
14	US-EPA (United States Environmental Protection Agency) dans le document Risk Assessment, Technical Guidance Manual
15	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)

- toute substance dont la concentration est supérieure à la limite de quantification dans les sols, les eaux souterraines et/ou les gaz du sol ;
- pour l'inhalation de substances volatiles, dans une démarche sécuritaire, toute substance présentant des données physico-chimiques relatives à sa volatilité (pression de vapeur, constante de Henry). Ainsi, l'ensemble des substances organiques est retenu, incluant les HAP possédant jusqu'à 4 cycles aromatiques (hors PCB). En revanche, parmi les ETM, seul le mercure est considéré comme volatil ;
- pour l'ingestion et l'inhalation de poussières, tout ETM dont la concentration est supérieure au bruit de fond pédogéochimique local, régional et/ou national⁴¹.

⁴¹ Sources des données sur le fonds pédogéochimique régional et/ou national : INRA/BRGM (Fond géochimique naturel, Etat des connaissances à l'échelle nationale, juin 2000), Atlas Géochimique Européen (FOREGS).

④ EVALUATION DE LA RELATION DOSE-REPONSE

Objectifs

L'objectif de l'évaluation de la relation dose-réponse est d'identifier les effets indésirables qu'une substance est capable de provoquer chez l'homme (identification du potentiel dangereux des substances) et de définir, quand cela est possible, une relation quantitative entre la dose et l'augmentation de la probabilité d'occurrence et/ou de la gravité des effets néfastes.

Les valeurs toxicologiques de référence, utilisées pour estimer l'incidence ou le potentiel des effets néfastes sur l'homme, sont dérivées de cette relation dose-réponse.

Il existe deux grandes catégories de toxiques, les substances à effet sans seuil (telles que les substances cancérogènes génotoxiques) et les substances à effet à seuil.

Caractérisation des substances à effets sans seuil

Les composés cancérogènes génotoxiques sont des substances considérées sans valeur seuil. Ainsi, si le risque zéro est associé à une dose d'exposition égale à zéro, tous les autres niveaux d'exposition présentent un risque ; les substances cancérogènes génotoxiques sont aussi appelées substances à effet sans seuil. La réponse théorique à une dose d'exposition nécessite l'usage de modèle mathématique.

L'ERU (ou Excès de Risque Unitaire) et le CR (Cancer Risk) correspond à la 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 de la substance cancérogène. Il s'agit généralement de la limite supérieure de l'intervalle de confiance à 95% de la pente de la droite («slope factor») qui relie la probabilité de réponse à la dose toxique. Cet indice est l'inverse d'une dose et s'exprime en $(\text{mg/kg/j})^{-1}$.

Les différentes VTR rencontrées sont :

- pour la voie orale, l'Excès de Risque Unitaire (ERU) ou Sfo (oral Slope Factor) exprimé en $(\text{mg/kg/j})^{-1}$ et le Drinking Water Unit Risk élaborés par l'US-EPA (exprimé en $(\text{mg/kg/j})^{-1}$) ;
- pour la voie respiratoire : l'Inhalation Unit Risk (IUR) élaboré par l'US-EPA, exprimé en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$;
- quelle que soit la voie d'exposition : l'excess lifetime Cancer Risk ou CR élaboré par le RIVM et la dose ou concentration tumorigène (TD05 ou TC05) élaborée par Health Canada.

La classification de l'US-EPA définit les classes suivantes :

Classification US EPA :

- Groupe A : Substance cancérigène pour l'homme.
- Groupe B1 : Substance probablement cancérigène pour l'homme avec des données disponibles limitées chez l'homme.
- Groupe B2 : Substance probablement cancérigène chez l'homme mais il existe des preuves suffisantes chez l'animal et des preuves non adéquates ou pas de preuves chez l'homme.
- Groupe C : Cancérigène possible pour l'homme.
- Groupe D : Substance non classifiable quant à la cancérogénicité pour l'homme.
- Groupe E : Substance pour laquelle il existe des preuves de non-cancérogénicité pour l'homme.

D'autres classifications existent, notamment celle du Centre International de Recherche sur le Cancer de l'Organisation Mondiale de la Santé (CIRC/IARC) décrite ci-dessous :

Classification du CIRC / IARC :

- Groupe 1 : L'agent (le mélange) est cancérigène pour l'homme.
- Groupe 2A : L'agent (le mélange) est probablement cancérigène pour l'homme.
- Groupe 2B : L'agent (le mélange) est peut-être cancérigène pour l'homme.
- Groupe 3 : L'agent (le mélange) est inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'homme.
- Groupe 4 : L'agent (le mélange) n'est probablement pas cancérigène pour l'homme.

L'Union Européenne a également émis une classification réglementaire (applicable en France) quant aux effets cancérigènes, mutagènes, ou toxiques pour la reproduction des produits chimiques⁴². La classification des substances cancérigènes est définie ci-dessous :

- Catégorie 1 : Substances que l'on sait être cancérigènes pour l'homme.
- Catégorie 2 : Substances devant être assimilées à des substances cancérigènes pour l'homme.

⁴² INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) (2002). Produits chimiques cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction - classification réglementaire. Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail. N° 187, 2^{ème} trimestre 2002. ND 2168-187-02.



Antea Group
Bâtiment Fireworks
109 rue des Mercières - 69140
RILLIEUX-LA-PAPE
SIRET : 393 206 735 00747
www.anteagroup.fr



Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier
(74)

-
- Catégorie 3 : Substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérigènes possible mais pour lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation satisfaisante (preuves insuffisantes).
 - Aucune classification.

Caractérisation des substances à effets à seuil

Il est reconnu que les effets biologiques des substances chimiques non cancérigènes ou de certaines substances cancérigènes non génotoxiques apparaissent à partir d'un certain seuil, d'où leur appellation, substances à effet à seuil. En fait, des mécanismes physiologiques réduisent les effets néfastes par des moyens pharmacocinétiques tels que l'absorption, la distribution, l'excrétion, et le métabolisme. Ainsi, certains niveaux d'exposition engendrent des effets qui peuvent être tolérés par un récepteur sans développer d'effets néfastes. La dose seuil pour un composé est estimée habituellement à partir d'une dose n'engendrant pas d'effet néfaste (NOAEL ou No-Observed-Adverse-Effect-Level) ou de la dose la plus basse engendrant un effet néfaste (LOAEL ou Lowest-Observed-Adverse-Effect-Level). Ces valeurs sont déterminées à partir d'études sur les animaux, ou à partir de données humaines lorsqu'elles sont disponibles.

Différentes valeurs de référence sont disponibles et varient suivant la voie d'exposition (orale ou inhalation), l'effet critique observé et la durée d'exposition (exposition chronique, subchronique ou aiguë). Dans l'évaluation des risques sanitaires, les expositions sont essentiellement des expositions de type chronique.

Une dose chronique de référence ou *Reference dose* (RfD) est définie comme étant l'estimation de la quantité de produit à laquelle un individu peut théoriquement être exposé sans constat d'effet nuisible, sur une durée déterminée. Pour une exposition par voie orale, la RfD est exprimée en masse de substance par kilogrammes de poids corporel et par jour (mg/kg/j). Pour l'inhalation, la RfD est généralement exprimée en masse de substance par mètre cube d'air ambiant (en mg/m³) et est appelée RfC ou *Reference Concentration*.

Parmi les doses de références publiées par les divers organismes nationaux et internationaux, les plus utilisées sont les *Reference Doses* (RfD) et les *Reference Concentrations* (RfC) élaborées par l'US EPA [United States Environmental Protection Agency], les *Minimal Risk Levels* (MRL) élaborées par l'ATSDR [Agency for Toxic Substances and Disease Registry, USA], et les *Acceptable Daily Intake* (ADI) ou *Dose Journalière Admissible* (DJA) et les *Acceptable Concentrations in Air* (ADI) ou *Concentration Admissible dans l'Air* (CAA), élaborées par l'OMS [Organisation Mondiale pour la Santé].

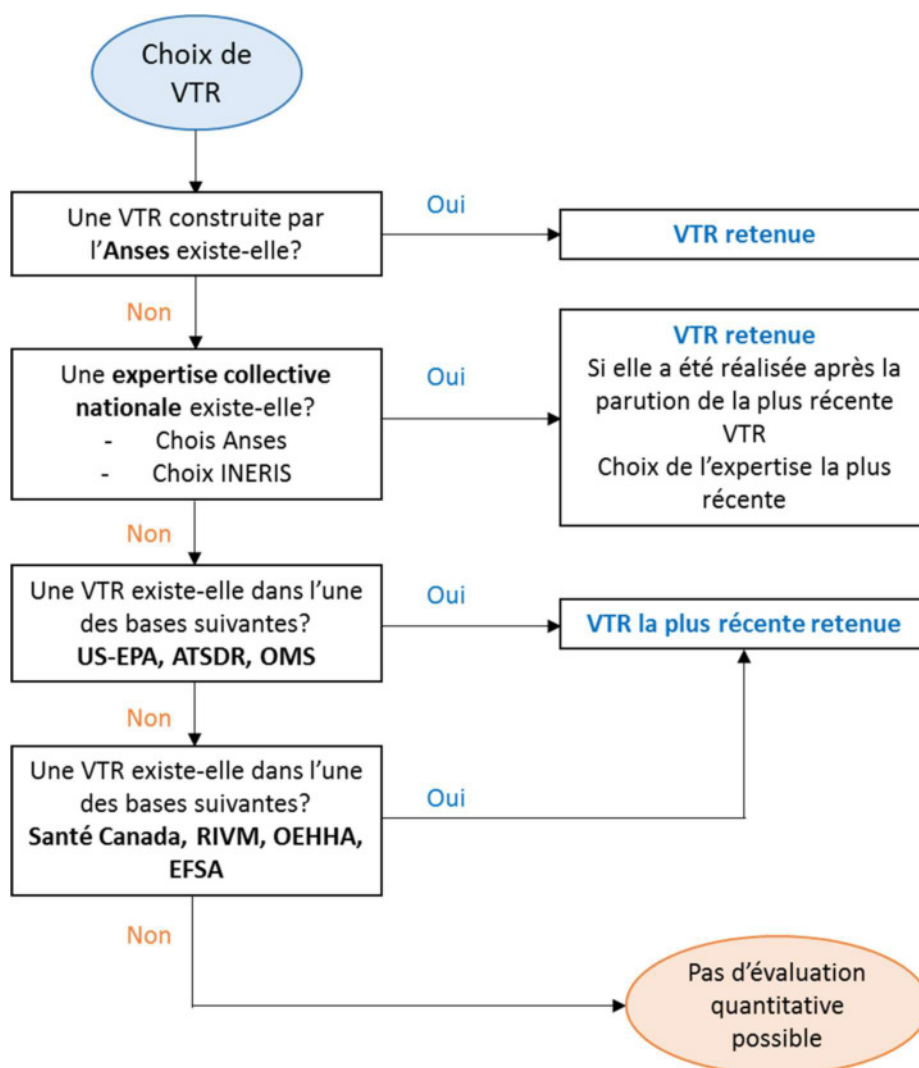
Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

La sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) est effectuée conformément aux prescriptions établies par la Circulaire n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 en date du 31 octobre 2014, cosignée par la DGS et la DGPR, relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des VTR pour mener les évaluations de risque sanitaire dans le cadre des études d'impact et de la gestion de sites et sols pollués.

Ainsi, la sélection de la VTR est effectuée en respectant :

- la hiérarchisation suivante :
 - prise en compte en premier lieu des VTR construites par l'ANSES,
 - à défaut, si une expertise collective nationale a été menée (sélection ANSES et/ou INERIS) *a posteriori* des dates d'élaboration de l'ensemble des VTR disponibles, la VTR sélectionnée lors de cette expertise est retenue ;
 - à défaut, la VTR la plus récente dans les bases de données de l'US EPA, l'ATSDR et l'OMS est sélectionnée dans un premier temps,
 - en l'absence de VTR dans les bases précitées, c'est la VTR la plus récente dans les bases de données de Santé Canada, RIVM, OEHA ou EFSA qui est prise en compte.
- et les critères suivants :
 - les VTR provisoires ne doivent pas être retenues,
 - les VTR sélectionnées doivent correspondre à la durée et à la voie d'exposition auxquelles la population est confrontée ;
 - aucune dérivation de voie à voie n'est réalisée par Antea Group ;
 - si des VTR ont été élaborées *a posteriori* d'une expertise collective nationale (ANSES, INERIS), les recommandations de cette expertise sont suivies et mises en perspective des nouvelles VTR disponibles.

La méthodologie adoptée est schématisée ci-dessous.



⑤ RESULTATS : CARACTERISATION DES RISQUES

La caractérisation du risque est l'étape finale du calcul des risques sanitaires. Les informations issues de l'évaluation de l'exposition des cibles et de l'évaluation de la toxicité des substances sont synthétisées et intégrées sous la forme d'une expression qualitative et quantitative du risque. Ainsi, la caractérisation du risque consiste à mettre en relation les valeurs toxicologiques de référence retenues avec les doses d'exposition.

Il faut souligner ici que le cas le cas d'un individu adulte qui aurait séjourné sur le site pendant son enfance est systématiquement étudié, lorsque la présence d'enfants au droit du site est envisageable.

Calcul de risque pour les effets à seuil

Les effets potentiels des substances non cancérogènes ou cancérogènes non génotoxiques sont estimés en comparant la dose calculée aux critères de toxicité. Pour ce faire, le quotient de danger de la substance i (QD_i) est calculé comme suit :

$$QD_i = DJE_i \text{ (ou } CE_i) / RfD_i \text{ (ou } RfC_i)$$

Avec :

DJE : dose journalière d'exposition (ou CE concentration d'exposition)

RfD : dose de référence (en français il s'agit d'une dose journalière tolérable)

RfC : concentration de référence

A noter que le quotient de danger pour le scénario « enfant grandissant » correspond au quotient de danger maximal entre les phases d'exposition « enfant » et « adulte ».

Le Ministère en charge de l'Environnement recommande de considérer comme acceptable un indice de risque cumulé inférieur à 1. Un quotient de danger de 0,01 n'implique pas qu'il existe une chance sur cent de développer un effet néfaste, mais indique que la dose d'exposition estimée est cent fois plus faible que la dose de référence.

Calcul de risque pour les effets sans seuil

L'excès de risque individuel théorique de développer un cancer du fait d'une exposition à la substance i est estimé par le produit de l'excès de risque unitaire de la substance i et la dose journalière d'exposition estimée pour cette substance et cette voie d'exposition, soit :

$$ERI_i = DJE_i \text{ (ou } CE_i) \times ERU_i$$

Avec :

ERI _i	=	Excès de Risque Individuel de cancer (pour la substance i)
DJE _i	=	Dose journalière d'exposition moyennée sur une vie entière (pour la substance i)
ERU _i	=	Excès de Risque Unitaire de la substance i

A noter que l'excès de risque pour le scénario « enfant grandissant » correspond à l'excès de risque moyen (pondéré) calculé sur la durée totale d'exposition, incluant une phase « enfant » et une phase « adulte ».

Le Ministère en charge de l'Environnement recommande de considérer comme acceptable un excès de risque cumulé inférieur à 10⁻⁵. Les sites pour lesquels le niveau de risque est supérieur à 10⁻⁵ devront faire l'objet de travaux de réhabilitation.

Règles de cumul des effets entre voies d'exposition et substances

Les risques sont d'abord calculés pour chaque substance. L'exposition à plusieurs substances peut induire l'additivité, la synergie (amplification des effets) ou l'antagonisme (annulation des effets). En l'absence de connaissances sur la synergie entre les substances, il a été considéré, en première approche, l'additivité des risques liés à l'exposition à plusieurs substances :

- pour les effets à seuil (effets non cancérogènes et cancérogènes non génotoxiques), l'additivité des indices de risque entre voies d'exposition et substances est retenue comme hypothèse de départ, quel que soit les effets sanitaires associés à chacune des substances considérées ;
- pour les effets sans seuil (cancérogènes génotoxiques), le cumul des ERI correspond à l'hypothèse d'une indépendance des effets cancérogènes des différentes substances.

En seconde approche, tout dépassement du seuil de référence de 1 par la somme des indices de risque, qui serait imputable à la sommation elle-même, peut conduire à un approfondissement de l'étape de quantification sur la base des règles de cumul énoncées ci-avant. La sommation est alors conditionnée par la présence, entre les différentes voies d'exposition et les différentes substances prises en compte, d'effets sanitaires communs (principaux et secondaires) parmi ceux établis dans la bibliographie spécialisée et à partir desquels les VTR ont été élaborées.

A noter que les niveaux de risque sont calculés par milieu source. Puis, les niveaux de risque associés aux substances présentes dans les sols et les eaux souterraines sont cumulés en vue d'établir un niveau de risque global. Néanmoins, pour une substance donnée, lorsque des mesures dans les gaz du sol ont été réalisées, ce milieu est privilégié si celui-ci est jugé représentatif des concentrations maximales observées dans les sols et/ou les eaux souterraines.

⑥ INTERPRETATION DES RESULTATS

Hiérarchisation des risques

Il s'agit d'établir le scénario d'exposition générant les risques sanitaires les plus élevés, en termes de milieu et de substances (source), de voie d'exposition (transfert), et de cible.

Evaluation des incertitudes

De nombreuses incertitudes sont inhérentes à une étude quantitative des risques. L'utilisation de données propres au site réduit mais n'élimine pas toutes ces incertitudes. Une analyse attentive des incertitudes constitue une phase essentielle de la démarche d'évaluation des risques. Elle doit être prise en compte dans l'évaluation des conclusions de l'étude car elle permet de donner les éléments pour valider les conclusions, en identifiant les incertitudes les plus significatives pouvant interférer dans les résultats de l'étude.

Ainsi, les incertitudes liées aux différentes étapes de la démarche, et qui auront été intégrées dans les mesures de gestion proposées, sont signalées. Les thématiques sur lesquelles portent ces incertitudes sont rappelées (toxicologie, paramètres d'exposition, transfert...).

Dans un second temps, une analyse des incertitudes est menée. Cette analyse des incertitudes consiste à faire varier la valeur initialement établie sur certains paramètres du modèle d'exposition, en vue d'évaluer le degré de sensibilité de ce paramètre dans le calcul de risque.

Détermination des mesures compensatoires

Si les niveaux de risques sanitaires modélisés sont supérieurs aux niveaux de référence établis, les mesures compensatoires envisageables seraient alors présentées, en tenant compte des différentes cibles et des différents scénarii étudiés. Le rapport d'étude fera alors clairement apparaître les éventuelles mesures constructives, servitudes, restrictions d'usage, voire mesures de surveillance qui en résultent.

⑦ CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Si l'étude met en évidence un risque sanitaire (détermination de niveaux de risque non acceptables), le ou les points à l'origine du risque seraient mentionnés. Selon la localisation des zones à risque, des recommandations pourraient alors être proposées au vu des différents projets d'aménagement.

Pour ce faire, la restitution des résultats doit comporter toutes les hypothèses qui conditionneraient l'acceptabilité du projet. Le rapport doit notamment identifier les éléments suivants :

- les concentrations des substances étudiées dans les milieux d'exposition résiduelle (ou les milieux sources résiduels en l'absence d'accès direct aux milieux d'exposition) ;
- les contraintes constructives passives ou actives comme le taux de ventilation, le type de fondation (radier, vide sanitaire,...) d'un bâtiment, le type d'aménagement (type de remblais en cas d'excavation, type de recouvrement des zones non bâties,...) ;
- les usages (présence/absence de puits privés,...).



Antea Group
Bâtiment Fireworks
109 rue des Mercières - 69140
RILLIEUX-LA-PAPE
SIRET : 393 206 735 00747
www.anteagroup.fr



Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
Aménagement du Campus/Cluster Papèteries à Cran-Gevrier
(74)

Annexe II : **Textes réglementaires et bibliographiques**

TEXTES REGLEMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIQUES

Les principaux textes réglementaires et bibliographiques qui fondent les évaluations de risques sanitaires sont les suivants :

- ADEME, IRSN, CIBLEX Banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué, Version 0, Juin 2003.
- ADEME, Contamination des sols - Transfert des sols vers les animaux, Décembre 2008.
- ADEME, Contamination des sols - Transfert des sols vers les plantes, Décembre 2008.
- ADEME, Base de données des teneurs en éléments traces métalliques de plantes potagères (BAPPET) : Guide pour les utilisateurs, octobre 2024 – Base de données BAPPET, mise à jour en 2024.
- ADEME, Base de données sur la contamination des plantes potagères par les molécules organiques polluantes (BAPPOP), Guide pour les utilisateurs, octobre 2024 -base de données mise à jour en 2024.
- ANSES, <https://www.anses.fr/>
- ANSES : proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur – L'éthylbenzène, Octobre 2016
- ANSES : proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur – Le toluène, Juillet 2018
- ANSES : proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur – Le tétrachloroéthylène, Avril 2024
- ANSES : proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur – Le benzène, juillet 2024
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Etats-Unis), Minimal Risks Levels (MRLs) for Hazardous Substances : <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/mrlolist.asp>.
- BRGM, Guide sur le comportement des polluants dans le sol et les nappes ; Éditions BRGM - Réf. N°DOC 300 - 2008.
- BRGM, Fond géochimique naturel, Etat des connaissances à l'échelle nationale, BRGM/RP-50158-FR - Juin 2000.
- Circulaire du 08/02/2007 relative aux Installations Classées. Prévention de la pollution des sols. Gestion des sols pollués.
- Circulaire du 08/02/2007 relative à l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles.
- Code de l'Environnement, notamment ses articles L. 511-1, L. 512-6-1 et L. 512-39-1 à L. 512-39-4.
- Décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène du 4 décembre 2011.
- Décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public.
- Décret n° 2015-1926 du 30 décembre 2015 modifiant le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public.
- Décret n°77-1133 du 21/09/1977 pour application de la loi du 19/07/1976 relative aux ICPE, modifié par le décret n°2005-1170 du 13/09/2005 et le décret 2006-567 du 17/05/2006.
- Groundwater Services Inc., ASTM E2081-00 (reapproved in 2004) (American Society for Testing and Materials), RBCA 1.3a (Risk Based Corrective Action) Tool Kit for Chemical Releases, 2000.
- HAS : Dépistage, prise en charge et suivi des personnes potentiellement surexposées à l'arsenic inorganique du fait de leur lieu de résidence, 02/2020
- HAS : Dépistage, prise en charge et suivi des personnes potentiellement surexposées au cadmium du fait de leur lieu de résidence, 04/07/2024.
- HCSP : Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air intérieur – Le benzène, rapport du 03/10/2024.
- HCSP : Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – Le tétrachloroéthylène, rapport du 16/06/2010.

- HCSP : Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – Le naphthalène, rapport du 05/01/2012.
- HCSP : Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – Le trichloroéthylène, rapport du 09/07/2020.
- HCSP : Expositions au plomb : Détermination de nouveaux objectifs de gestion, juin 2014
- HCSP : COMMISSION SPÉCIALISÉE RISQUES LIÉS À L'ENVIRONNEMENT, Rapport du groupe de travail, Plomb dans l'environnement extérieur - Recommandations pour la maîtrise du risque, 1er février 2021.
- HCSP : Définition de valeurs repères pour des contaminants des sols pollués – l'arsenic, avril 2022.
- HCSP : Définition de valeurs repères pour des contaminants des sols pollués – le cadmium, août 2022.
- HCSP : Définition de valeurs repères pour des contaminants des sols pollués – le mercure, avril 2022.
- Health Canada, L'évaluation des risques pour les sites contaminés fédéraux au Canada, Partie II : Valeurs toxicologiques de référence (VTR) de Santé Canada et paramètres de substances chimiques sélectionnées, version 2.0, Septembre 2010.
- IARC (International Agency for Research on Cancer), Classification du CIRC/IARC. Disponible sur le site internet de l'IARC : <http://monographs.iarc.fr/htdig/search.html>.
- INERIS, Méthodologie d'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires relatifs aux substances chimiques, Evaluation des risques sanitaires des filières d'épandage des boues de stations d'épuration, convention 03 75 C 0093 et 06 75 C 0071 ADEME / SYPREA / SPDE / INERIS, version 1 du 15 octobre 2007, 40 pages.
- INERIS, Portail Substances Chimiques. Disponibles sur le site internet de l'INERIS : <https://substances.ineris.fr/>
- INERIS, Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs), Evaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérogènes et non cancérogènes ; Rapport final, Décembre 2003.
- INERIS, Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs), Choix de valeurs toxicologiques de référence, Rapport DRC-20-180728-00256A, Janvier 2020.
- INERIS, Inventaire des données de bruit de fond dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surface, et les produits destinés à l'alimentation humaine en France, Rapport d'étude n°DRC-08-94882-15772A, 10 avril 2009.
- INERIS, Rapport d'étude n°DRC-08-94882-16675C, « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle », 1er août 2010.
- INERIS, Rapport d'étude n°DRC-14-1419688-00696A, Guide de l'utilisateur Modul'ERS, Mars 2014.
- INERIS, Rapport d'étude n° DRC-14-141968-11173C, Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS, 23 juin 2017.
- INERIS, Rapport d'étude n° DRC-17-163615-01452A, Coefficients de transfert des éléments traces métalliques vers les plantes, utilisés pour l'évaluation de l'exposition - Application dans le logiciel MODUL'ERS, 26 juin 2017.
- INERIS, Rapport d'étude n° DRC-15-149181-04282A, Paramètres physico-chimiques des substances prédéfinies dans le logiciel MODUL'ERS, 25 juin 2015.
- INERIS, Rapport d'étude n° DRC-16-159776-09593A, Paramètres de transfert des polychlorodibenzodioxines, polychlorodibenzofurannes et des polychlorobiphényles, utilisés pour l'évaluation de l'exposition, Application dans le logiciel MODUL'ERS, 26 juin 2017
- INERIS, Synthèse des Valeurs Réglementaires pour les substances chimiques, en vigueur dans l'eau, l'air et les denrées alimentaires en France au 30 juin 2020, Rapport d'étude n° INERIS-20-200358-2190502-v 3.0, Mai 2021.
- INERIS, Etat de l'art pour l'évaluation des risques de substances à effets sans seuil pour les enfants, Rapport INERIS 203525-2704768-v2.0, 19 janvier 2023.

- INERIS, Guide sur les types d'usages définis dans le cadre des cessations d'activité des installations classées pour la protection de l'environnement et de projets d'aménagement, Rapport INERIS-213282-2759342-v3.0, 25 mai 2023.
- INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) (2020), Liste des substances chimiques classées CMR – Classification réglementaire des cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction - fichier excel disponible sur le site internet de l'INRS.
- Loi n° 76-663 du 19/07/1976 relative aux ICPE.
- Note d'information 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 des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués.
- Note du Ministère de l'Environnement N° DEVP1708766N du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués - Mise à jour des textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués de 2007 et Méthodologie Nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 associée.
- OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment), Air Toxics Hot Spots Program Risk Assessment Guidelines, Part II, Technical Support Document for Describing Available Cancer Potency Factors, July 2009, updated 2011.
- OEHHA, In utero and early life susceptibility to carcinogens : The derivation of Age-at-Exposure sensitivity measures, California Environmental Protection Agency Office of Environmental Health Hazard Assessment Reproductive and Cancer Hazard Assessment Branch - Appendix J, 2009.
- OMS (Organisation Mondiale pour la Santé), WHO Air Quality Guidelines; 2nd Edition Regional Office for Europe, 2000.
- OMS (Organisation Mondiale pour la Santé), WHO Drinking Water Quality Guidelines; 4th Edition, incorporating the 1st addendum, 2017.
- OQAI, Campagne Nationale Logements, Etat de la Qualité de l'air dans les logements français, Rapport final, Mai 2007.
- RIVM (Institut National de Santé Publique et d'Environnement, Pays-Bas), Risc-Human 3.1, Van Hall Instituut, 2000.
- RIVM (Institut National de Santé Publique et d'Environnement, Pays-Bas), Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels, March 2001, updated 2009.
- Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group, Human Health Risk-Based Evaluation of Petroleum Release Sites: Implementing the Working Group Approach, Volume 1 à 5, May 1998 - June 1999.
- US EPA, Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I - Human Health Evaluation Manual (Part A, Baseline Risk Assessment), Interim Final, December, 1989.
- US EPA, User's guide for evaluating subsurface vapour intrusion into buildings, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C., February 22, 2004.
- US EPA, Exposure Factors Handbook. Office of Research and Development. EPA/600/R-09/052F, September 2011.
- US-EPA, EPA/630/R-03/003F, 2005, Supplemental guidance for assessing susceptibility from Early-life Exposure to carcinogens.
- US-EPA, 2020, "Additional Information, Adjustments and Special Cases for Dose-Response Values in Tables 1 and 2." extrait de <https://www.epa.gov/fera/additional-information-adjustments-and-specialcases-dose-response-values-tables-1-and-2>.

Annexe III : **Intrusion de substances organiques dans les réseaux souterrains d'eau potable**

PERMEATION DES SUBSTANCES ORGANIQUES VOLATILES DANS LES RESEAUX D'EAU POTABLE⁴³

Les canalisations souterraines d'eau potable peuvent être sujettes à la perméation (phénomène qui consiste en un transfert des polluants volatils contenus dans les sols et les gaz de sol vers l'intérieur des canalisations). La perméation est généralement associée aux canalisations souterraines non métalliques (de type PE – Polyéthylène, ou PB – Polybutylène), et aux substances organiques.

En France, aucune valeur limite dans les sols n'est définie pour l'installation d'une canalisation souterraine d'eau potable. Cependant, des valeurs limites, au-dessus desquelles il est recommandé d'apporter une attention particulière à la sélection du matériau constituant la canalisation, existent au Royaume-Uni et aux Pays-Bas. Celles relatives aux polluants identifiés sur le site sont présentées dans le tableau ci-après.

Tableau 1 : Valeurs limites dans les sols – Royaume Uni

Substance	Valeur limite dans les sols (mg/kg)
HCT	50
HAP	50

Les valeurs limites existant aux Pays-Bas font une distinction entre les canalisations en PE et les canalisations en PVC. Ces dernières sont présentées dans le tableau ci-après.

Si le risque sanitaire, associé à une éventuelle perméation de substances chimiques présentes dans les sols à travers les parois des canalisations souterraines, ne peut être écarté, des recommandations seront émises afin de s'assurer de la maîtrise du risque associé à l'ingestion d'eau du robinet.

⁴³ Recommandations issues du guide BRGM/RP-63675-FR d'Août 2014, « Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des sites et sols pollués ».

Annexe IV : **Synthèse des données physico-chimiques**

Materials	Nom	Value	Unité	Reference
Acénaphhtène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,00000421	m ² /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Acénaphhtène	Coefficient de diffusion dans l'eau	7,69E-10	m ² /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Acénaphhtène	Constante de Henry à température du sol	15,4686909	Pa.m ³ /mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Acénaphhtène	Coefficient de partage carbone organique-eau	4578	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Acénaphhtène	Log du coefficient de partage octanol-eau	3,92	cm ³ /g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Acénaphhtène	Masse molaire	154,21	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Acénaphhtène	Pression de vapeur à température du sol	0,356	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Acénaphhtène	Solubilité	3700	mg/m ³	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Acénaphhtène	Température de fusion	368,15	K	The Merck Index. 10th ed. Rahway, New Jersey: Merck Co., Inc., 1983., p. 5 (from HSDB)
Acénaphthylène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,0000044	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Acénaphthylène	Coefficient de diffusion dans l'eau	7,53E-10	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Acénaphthylène	Constante de Henry à température du sol	9,667931813	Pa.m ³ /mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Acénaphthylène	Coefficient de partage carbone organique-eau	2770	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Acénaphthylène	Log du coefficient de partage octanol-eau	4	cm ³ /g	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Acénaphthylène	Masse molaire	152,19	g/mol	Base de données HSDB
Acénaphthylène	Pression de vapeur à température du sol	0,12159	Pa	Base de données HSDB
Acénaphthylène	Solubilité	16100	mg/m ³	Base de données HSDB
Acénaphthylène	Température de fusion	362,55	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 3-4 (HSDB)
Aliphatique C>16 C35	Coefficient de diffusion dans l'air	0,00001	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliphatique C>16 C35	Coefficient de diffusion dans l'eau	0,000000001	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliphatique C>16 C35	Constante de Henry à température du sol	12146888,69	Pa.m ³ /mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliphatique C>16 C35	Coefficient de partage carbone organique-eau	630957400	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliphatique C>16 C35	Log du coefficient de partage octanol-eau	8,9	cm ³ /g	Base de données du logiciel BP Risc
Aliphatique C>16 C35	Masse molaire	270	g/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliphatique C>16 C35	Pression de vapeur à température du sol	0,1114575	Pa	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.

Materials	Nom	Value	Unité	Reference
Aliphatique C>16 C35	Solubilité	0,0025	mg/m3	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliphatique C>16 C35	Température de fusion	295,12	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 3-288 (HSDB)
Aliphatique C>35 C44	Coefficient de diffusion dans l'air	0,00000033	m2 /s	norme NF EN ISO 11504
Aliphatique C>35 C44	Log du coefficient de partage octanol-eau	15	cm3/g	norme NF EN ISO 11504
Aliphatique C>35 C44	Masse molaire	490	g/mol	norme NF EN ISO 11504
Aliphatique C>35 C44	Pression de vapeur à température du sol	7E-10	Pa	norme NF EN ISO 11504
Aliphatique C>35 C44	Solubilité	2,5E-10	mg/m3	norme NF EN ISO 11504
Anthracène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,00000428	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Anthracène	Coefficient de diffusion dans l'eau	6,72E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Anthracène	Constante de Henry à température du sol	5,304967713	Pa.m3/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Anthracène	Coefficient de partage carbone organique-eau	25700	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Anthracène	Log du coefficient de partage octanol-eau	4,45	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Anthracène	Masse molaire	178,2292	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Anthracène	Pression de vapeur à température du sol	0,11	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Anthracène	Solubilité	1290	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Anthracène	Température de fusion	491,15	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS, ECB
Antimoine	Coefficient de diffusion dans l'air	0	m2 /s	Valeur par défaut MODUL'ERS
Antimoine	Coefficient de diffusion dans l'eau	0	m2 /s	Valeur par défaut MODUL'ERS
Antimoine	Constante de Henry à température du sol	0	Pa.m3/mol	Valeur par défaut MODUL'ERS
Antimoine	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	45	l/kg	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
Antimoine	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	45	l/kg	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
Antimoine	Coefficient de partage carbone organique-eau	-1	l/kg	Valeur par défaut MODUL'ERS
Antimoine	Log du coefficient de partage octanol-eau	-1	cm3/g	Valeur par défaut MODUL'ERS
Antimoine	Masse molaire	121,75	g/mol	Base de données HSDB
Antimoine	Pression de vapeur à température du sol	0	Pa	Valeur par défaut MODUL'ERS
Antimoine	Solubilité	0	mg/m3	Valeur par défaut MODUL'ERS
Antimoine	Température de fusion	903,15	K	Budavari, S. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 1996., p. 117
Aroclor 1254	Coefficient de diffusion dans l'air	0,00000156	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)

Materials	Nom	Value	Unité	Reference
Aroclor 1254	Coefficient de diffusion dans l'eau	5E-10	m ² /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
Aroclor 1254	Constante de Henry à température du sol	19,21191578	Pa.m ³ /mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Aroclor 1254	Coefficient de partage carbone organique-eau	431308	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Aroclor 1254	Log du coefficient de partage octanol-eau	6,03	cm ³ /g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Aroclor 1254	Masse molaire	327,5	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Aroclor 1254	Pression de vapeur à température du sol	0,01	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Aroclor 1254	Solubilité	12	mg/m ³	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Aroclor 1254	Température de fusion	331	K	Rapport INERIS DRC-15-149181-04282A
Aromatique C>16 C21	Coefficient de diffusion dans l'air	0,00001	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aromatique C>16 C21	Coefficient de diffusion dans l'eau	0,000000001	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aromatique C>16 C21	Constante de Henry à température du sol	32,22643938	Pa.m ³ /mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aromatique C>16 C21	Coefficient de partage carbone organique-eau	15849	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aromatique C>16 C21	Log du coefficient de partage octanol-eau	4,7	cm ³ /g	Base de données du logiciel BP Risc
Aromatique C>16 C21	Masse molaire	190	g/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aromatique C>16 C21	Pression de vapeur à température du sol	0,1114575	Pa	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aromatique C>16 C21	Solubilité	650	mg/m ³	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aromatique C>16 C21	Température de fusion	387,91	K	Haynes, W.M. (ed.) CRC Handbook of Chemistry and Physics. 91st ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 2010-2011, p. 3-154 (HSDB)
Aromatique C>21 C35	Coefficient de diffusion dans l'air	0,00001	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aromatique C>21 C35	Coefficient de diffusion dans l'eau	0,000000001	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aromatique C>21 C35	Constante de Henry à température du sol	1,660901106	Pa.m ³ /mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aromatique C>21 C35	Coefficient de partage carbone organique-eau	125893	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aromatique C>21 C35	Log du coefficient de partage octanol-eau	6,1	cm ³ /g	Base de données du logiciel BP Risc
Aromatique C>21 C35	Masse molaire	240	g/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.

Materials	Nom	Value	Unité	Reference
Aromatique C>21 C35	Pression de vapeur à température du sol	0,000044583	Pa	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aromatique C>21 C35	Solubilité	6,6	mg/m3	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aromatique C>21 C35	Température de fusion	383	K	Rapport INERIS DRC-15-149181-04282A.
Aroclor 1254	Coefficient de diffusion dans l'eau	5E-10	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
Aroclor 1254	Facteur de biotransfert eau-poisson	100000	l/kg de matières fraîches	Base de données HSDB
Aroclor 1254	Constante de Henry à température du sol	19,21191578	Pa.m3/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Aroclor 1254	Coefficient de partage carbone organique-eau	431308	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Aroclor 1254	Log du coefficient de partage octanol-eau	6,03	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Aroclor 1254	Masse molaire	327,5	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Aroclor 1254	Pression de vapeur à température du sol	0,01	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Aroclor 1254	Solubilité	12	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Aroclor 1254	Température de fusion	331	K	Rapport INERIS DRC-15-149181-04282A
Baryum	Coefficient de diffusion dans l'air	0	m2 /s	Valeur par défaut MODUL'ERS
Baryum	Coefficient de diffusion dans l'eau	0	m2 /s	Valeur par défaut MODUL'ERS
Baryum	Constante de Henry à température du sol	0	Pa.m3/mol	Valeur par défaut MODUL'ERS
Baryum	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	30	l/kg	Base de données du logiciel BP Risc
Baryum	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	30	l/kg	Base de données du logiciel BP Risc
Baryum	Coefficient de partage carbone organique-eau	-1	l/kg	Valeur par défaut MODUL'ERS
Baryum	Log du coefficient de partage octanol-eau	-1	cm3/g	Valeur par défaut MODUL'ERS
Baryum	Masse molaire	137,327	g/mol	Base de données HSDB
Baryum	Pression de vapeur à température du sol	0	Pa	Valeur par défaut MODUL'ERS
Baryum	Solubilité	0	mg/m3	Valeur par défaut MODUL'ERS
Baryum	Température de fusion	1000,15	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Benzo (a) Anthracène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,0000051	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Benzo (a) Anthracène	Coefficient de diffusion dans l'eau	9E-10	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Benzo (a) Anthracène	Constante de Henry à température du sol	0,580075909	Pa.m3/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Benzo (a) Anthracène	Coefficient de partage carbone organique-eau	102000	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Benzo (a) Anthracène	Log du coefficient de partage octanol-eau	5,79	cm3/g	Base de données HSDB
Benzo (a) Anthracène	Masse molaire	228,29	g/mol	Base de données HSDB

Materials	Nom	Value	Unité	Reference
Benzo (a) Anthracène	Pression de vapeur à température du sol	0,000000665	Pa	Base de données HSDB
Benzo (a) Anthracène	Solubilité	9,4	mg/m3	Base de données HSDB
Benzo (a) Anthracène	Température de fusion	433,15	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Benzo (b) Fluoranthène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,00000333	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Benzo (b) Fluoranthène	Coefficient de diffusion dans l'eau	5,13E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Benzo (b) Fluoranthène	Constante de Henry à température du sol	15,61742831	Pa.m3/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Benzo (b) Fluoranthène	Coefficient de partage carbone organique-eau	83000	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Benzo (b) Fluoranthène	Log du coefficient de partage octanol-eau	6,57	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Benzo (b) Fluoranthène	Masse molaire	252,3	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Benzo (b) Fluoranthène	Pression de vapeur à température du sol	0,000067	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Benzo (b) Fluoranthène	Solubilité	12	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Benzo (b) Fluoranthène	Température de fusion	441,55	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 3-40 (HSDB)
Benzo (g h i) pérylène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,0000049	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Benzo (g h i) pérylène	Coefficient de diffusion dans l'eau	5,56E-10	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Benzo (g h i) pérylène	Constante de Henry à température du sol	0,075112393	Pa.m3/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Benzo (g h i) pérylène	Coefficient de partage carbone organique-eau	311000	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Benzo (g h i) pérylène	Log du coefficient de partage octanol-eau	6,63	cm3/g	Base de données HSDB
Benzo (g h i) pérylène	Masse molaire	276,34	g/mol	Base de données HSDB
Benzo (g h i) pérylène	Pression de vapeur à température du sol	0,000000014	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Benzo (g h i) pérylène	Solubilité	0,26	mg/m3	Base de données HSDB
Benzo (g h i) pérylène	Température de fusion	551,45	K	IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-PRESENT. (HSDB)
Benzo (k) Fluoranthène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,00000226	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Benzo (k) Fluoranthène	Coefficient de diffusion dans l'eau	5,56E-10	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Benzo (k) Fluoranthène	Constante de Henry à température du sol	0,040902788	Pa.m3/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Benzo (k) Fluoranthène	Coefficient de partage carbone organique-eau	121000	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.

Materials	Nom	Value	Unité	Reference
Benzo (k) Fluoranthène	Log du coefficient de partage octanol-eau	6,84	cm3/g	Base de données HSDB
Benzo (k) Fluoranthène	Masse molaire	252,32	g/mol	Base de données HSDB
Benzo (k) Fluoranthène	Pression de vapeur à température du sol	0,00007	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Benzo (k) Fluoranthène	Solubilité	0,8	mg/m3	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Benzo (k) Fluoranthène	Température de fusion	490,15	K	Larranaga, M.D., Lewis, R.J. Sr., Lewis, R.A.; Hawley's Condensed Chemical Dictionary 16th Edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ 2016., p. 154 (HSDB)
Benzo(a)pyrène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,0000037	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
Benzo(a)pyrène	Coefficient de diffusion dans l'eau	7,3E-10	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
Benzo(a)pyrène	Constante de Henry à température du sol	0,0463	Pa.m3/mol	EPISUITE
Benzo(a)pyrène	Coefficient de partage carbone organique-eau	3905500	l/kg	CHEMFATE, EPISUITE, Portail substances chimiques
Benzo(a)pyrène	Log du coefficient de partage octanol-eau	6	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Benzo(a)pyrène	Masse molaire	252,32	g/mol	EPISUITE
Benzo(a)pyrène	Pression de vapeur à température du sol	0,000000732	Pa	EPISUITE
Benzo(a)pyrène	Solubilité	3	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Cadmium	Coefficient de diffusion dans l'air	0,0000077	m2 /s	Base de données HSDB
Cadmium	Coefficient de diffusion dans l'eau	9,57E-10	m2 /s	Base de données HSDB
Cadmium	Constante de Henry à température du sol	0	Pa.m3/mol	Base de données du logiciel BP Risc
Cadmium	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	210	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Cadmium	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	210	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Cadmium	Coefficient de partage carbone organique-eau	-1	l/kg	Valeur par défaut MODUL'ERS
Cadmium	Log du coefficient de partage octanol-eau	-1	cm3/g	Valeur par défaut MODUL'ERS
Cadmium	Masse molaire	112,41	g/mol	EPISUITE
Cadmium	Pression de vapeur à température du sol	0	Pa	Valeur par défaut MODUL'ERS
Cadmium	Solubilité	0	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Chrome	Coefficient de diffusion dans l'air	0,00000013	m2 /s	
Chrome	Coefficient de diffusion dans l'eau	1,4E-11	m2 /s	
Chrome	Constante de Henry à température du sol	0	Pa.m3/mol	Base de données du logiciel BP Risc
Chrome	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	200000	l/kg	Base de données du logiciel BP Risc
Chrome	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	200000	l/kg	Base de données du logiciel BP Risc

Materials	Nom	Value	Unité	Reference
Chrome	Coefficient de partage carbone organique-eau	-1	l/kg	Valeur par défaut MODUL'ERS
Chrome	Log du coefficient de partage octanol-eau	-1	cm3/g	Valeur par défaut MODUL'ERS
Chrome	Masse molaire	51,996	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Chrome	Pression de vapeur à température du sol	0	Pa	Valeur par défaut MODUL'ERS
Chrome	Solubilité	0	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Chrome	Température de fusion	2176	K	Valeur pour le chrome. Rapport INERIS DRC-15-149181-04282A.
Chrysène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,00000248	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Chrysène	Coefficient de diffusion dans l'eau	6,21E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Chrysène	Constante de Henry à température du sol	0,099158275	Pa.m3/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Chrysène	Coefficient de partage carbone organique-eau	133000	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Chrysène	Log du coefficient de partage octanol-eau	5,73	cm3/g	Base de données HSDB
Chrysène	Masse molaire	228,29	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Chrysène	Pression de vapeur à température du sol	0,000084	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Chrysène	Solubilité	2	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Chrysène	Température de fusion	528,15	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 3-124 (HSDB)
Cuivre	Coefficient de diffusion dans l'air	0	m2 /s	Valeur par défaut MODUL'ERS
Cuivre	Coefficient de diffusion dans l'eau	0	m2 /s	Valeur par défaut MODUL'ERS
Cuivre	Constante de Henry à température du sol	0	Pa.m3/mol	Base de données du logiciel BP Risc
Cuivre	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	2,5	l/kg	Base de données du logiciel BP Risc
Cuivre	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	2,5	l/kg	Base de données du logiciel BP Risc
Cuivre	Coefficient de partage carbone organique-eau	-1	l/kg	Valeur par défaut MODUL'ERS
Cuivre	Log du coefficient de partage octanol-eau	-1	cm3/g	Valeur par défaut MODUL'ERS
Cuivre	Masse molaire	63,546	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Cuivre	Pression de vapeur à température du sol	0	Pa	Valeur par défaut MODUL'ERS
Cuivre	Solubilité	0	mg/m3	Valeur par défaut MODUL'ERS
Cuivre	Température de fusion	1356,15	K	Budavari, S. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 1996., p. 426 (HSDB)
Dibenzo (a.h) Anthracène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,0000031	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Dibenzo (a.h) Anthracène	Coefficient de diffusion dans l'eau	4,8E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Dibenzo (a.h) Anthracène	Constante de Henry à température du sol	0,004809176	Pa.m3/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS

Materials	Nom	Value	Unité	Reference
Dibenzo (a.h) Anthracène	Coefficient de partage carbone organique-eau	1400000	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Dibenzo (a.h) Anthracène	Log du coefficient de partage octanol-eau	6,7	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Dibenzo (a.h) Anthracène	Masse molaire	278,35	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Dibenzo (a.h) Anthracène	Pression de vapeur à température du sol	0,000000013	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Dibenzo (a.h) Anthracène	Solubilité	0,5	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Dibenzo (a.h) Anthracène	Température de fusion	542,15	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 3-148 (HSDB)
Dioxine (2.3.7.8-tcdd)	Coefficient de diffusion dans l'air	0,00036	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Dioxine (2.3.7.8-tcdd)	Coefficient de diffusion dans l'eau	0,000000044	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Dioxine (2.3.7.8-tcdd)	Constante de Henry à température du sol	5,329757281	Pa.m3/mol	Base de données HSDB
Dioxine (2.3.7.8-tcdd)	Coefficient de partage carbone organique-eau	24000000	l/kg	Base de données HSDB
Dioxine (2.3.7.8-tcdd)	Log du coefficient de partage octanol-eau	6,8	cm3/g	Base de données HSDB
Dioxine (2.3.7.8-tcdd)	Masse molaire	322	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Dioxine (2.3.7.8-tcdd)	Pression de vapeur à température du sol	0,00000015	Pa	INERIS 2005
Dioxine (2.3.7.8-tcdd)	Solubilité	0,02	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Dioxine (2.3.7.8-tcdd)	Température de fusion	575	K	Rapport INERIS DRC-15-149181-04282A
Fluoranthène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,0000041	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
Fluoranthène	Coefficient de diffusion dans l'eau	6,8E-10	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
Fluoranthène	Constante de Henry à température du sol	0,9	Pa.m3/mol	EPISUITE
Fluoranthène	Coefficient de partage carbone organique-eau	52400	l/kg	CHEMFATE, EPISUITE, Portail substances chimiques
Fluoranthène	Log du coefficient de partage octanol-eau	5,1	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Fluoranthène	Masse molaire	202,26	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Fluoranthène	Pression de vapeur à température du sol	0,00123	Pa	EPISUITE
Fluoranthène	Solubilité	260	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Fluorène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,00000456	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Fluorène	Coefficient de diffusion dans l'eau	6,79E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Fluorène	Constante de Henry à température du sol	9,692721382	Pa.m3/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Fluorène	Coefficient de partage carbone organique-eau	7707	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Fluorène	Log du coefficient de partage octanol-eau	4,18	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Fluorène	Masse molaire	166,21	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Fluorène	Pression de vapeur à température du sol	0,09	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS

Materials	Nom	Value	Unité	Reference
Fluorène	Solubilité	1980	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Fluorène	Température de fusion	387,91	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 3-272 (HSDB)
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,0000031	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Coefficient de diffusion dans l'eau	5,1E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Constante de Henry à température du sol	0,03049117	Pa.m3/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Coefficient de partage carbone organique-eau	6300000	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Log du coefficient de partage octanol-eau	6,6	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Masse molaire	276,34	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Pression de vapeur à température du sol	0,000000013	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Solubilité	62	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Température de fusion	437,15	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 3-320 (HSDB)
Mercure	Coefficient de diffusion dans l'air	0,0000045	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
Mercure	Coefficient de diffusion dans l'eau	5,3E-10	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
Mercure	Constante de Henry à température du sol	719,4075	Pa.m3/mol	Base de données HSDB
Mercure	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	1000	l/kg	
Mercure	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	1000	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Mercure	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	1000	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Mercure	Coefficient de partage carbone organique-eau	-1	l/kg	Valeur par défaut MODUL'ERS
Mercure	Log du coefficient de partage octanol-eau	0,6232	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Mercure	Masse molaire	200,59	g/mol	US-EPA (United States Environmental Protection Agency) dans le document Screening level ecological assesement protocol ; Appendix C : Media-to-receptors BCF values, 1999. (2005)
Mercure	Pression de vapeur à température du sol	0,266644	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS (2010), European commission (2001)
Mercure	Solubilité	56,7	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Mercure	Température de fusion	550	K	Valeur par défaut de MODUL'ERS.

Materials	Nom	Value	Unité	Reference
Molybdène	Coefficient de diffusion dans l'air	0	m ² /s	Valeur par défaut MODUL'ERS
Molybdène	Coefficient de diffusion dans l'eau	0	m ² /s	Valeur par défaut MODUL'ERS
Molybdène	Constante de Henry à température du sol	0	Pa.m ³ /mol	Base de données du logiciel RBCA
Molybdène	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	109,6478	l/kg	Base de données du logiciel RBCA
Molybdène	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	109,6478	l/kg	Base de données du logiciel RBCA
Molybdène	Coefficient de partage carbone organique-eau	-1	l/kg	Valeur par défaut MODUL'ERS
Molybdène	Log du coefficient de partage octanol-eau	-1	cm ³ /g	Valeur par défaut MODUL'ERS
Molybdène	Masse molaire	95,94	g/mol	Base de données HSDB
Molybdène	Pression de vapeur à température du sol	0	Pa	Valeur par défaut MODUL'ERS
Molybdène	Solubilité	0	mg/m ³	Valeur par défaut MODUL'ERS
Molybdène	Température de fusion	2895,15	K	Lide, D.R. CRC Handbook of Chemistry and Physics 86TH Edition 2005-2006. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL 2005, p. 4-74 (HSDB)
Naphtalène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,0000067	m ² /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
Naphtalène	Coefficient de diffusion dans l'eau	8,2E-10	m ² /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
Naphtalène	Constante de Henry à température du sol	46,76	Pa.m ³ /mol	EPISUITE, CHEMFATE
Naphtalène	Coefficient de partage carbone organique-eau	1789	l/kg	CHEMFATE, EPISUITE, Portail substances chimiques
Naphtalène	Log du coefficient de partage octanol-eau	3,4	cm ³ /g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Naphtalène	Masse molaire	128,18	g/mol	CHEMFATE
Naphtalène	Pression de vapeur à température du sol	11,3	Pa	EPISUITE, CHEMFATE, Portail Substance chimique
Naphtalène	Solubilité	31800	mg/m ³	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Nickel	Coefficient de diffusion dans l'air	0,0000077	m ² /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
Nickel	Coefficient de diffusion dans l'eau	9,57E-10	m ² /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
Nickel	Constante de Henry à température du sol	0	Pa.m ³ /mol	Base de données du logiciel BP Risc
Nickel	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	88	l/kg	Base de données du logiciel BP Risc
Nickel	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	88	l/kg	Base de données du logiciel BP Risc
Nickel	Coefficient de partage carbone organique-eau	-1	l/kg	Valeur par défaut MODUL'ERS
Nickel	Log du coefficient de partage octanol-eau	-1	cm ³ /g	Valeur par défaut MODUL'ERS
Nickel	Masse molaire	58,6934	g/mol	Base de données HSDB

Materials	Nom	Value	Unité	Reference
Nickel	Pression de vapeur à température du sol	0	Pa	Valeur par défaut MODUL'ERS
Nickel	Solubilité	0	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Phénanthrène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,0000054	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Phénanthrène	Coefficient de diffusion dans l'eau	5,7E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Phénanthrène	Constante de Henry à température du sol	3,049116956	Pa.m3/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Phénanthrène	Coefficient de partage carbone organique-eau	2291	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Phénanthrène	Log du coefficient de partage octanol-eau	4,57	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Phénanthrène	Masse molaire	178,23	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Phénanthrène	Pression de vapeur à température du sol	0,091	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Phénanthrène	Solubilité	1200	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Phénanthrène	Température de fusion	372,65	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Plomb	Coefficient de diffusion dans l'air	0,00000772	m2 /s	Base de données HSDB
Plomb	Coefficient de diffusion dans l'eau	9,57E-10	m2 /s	Base de données HSDB
Plomb	Constante de Henry à température du sol	0	Pa.m3/mol	Base de données du logiciel BP Risc
Plomb	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	9,9	l/kg	Base de données du logiciel BP Risc
Plomb	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	9,9	l/kg	Base de données du logiciel BP Risc
Plomb	Coefficient de partage carbone organique-eau	-1	l/kg	Valeur par défaut MODUL'ERS
Plomb	Log du coefficient de partage octanol-eau	-1	cm3/g	Valeur par défaut MODUL'ERS
Plomb	Masse molaire	207,2	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Plomb	Pression de vapeur à température du sol	0	Pa	Valeur par défaut MODUL'ERS
Plomb	Solubilité	0	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Pyrène	Coefficient de diffusion dans l'air	0,00000272	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Pyrène	Coefficient de diffusion dans l'eau	7,24E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Pyrène	Constante de Henry à température du sol	0,919693001	Pa.m3/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Pyrène	Coefficient de partage carbone organique-eau	67992	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Pyrène	Log du coefficient de partage octanol-eau	5,32	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Pyrène	Masse molaire	202,26	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Pyrène	Pression de vapeur à température du sol	6	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Pyrène	Solubilité	130	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Pyrène	Température de fusion	429,15	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Zinc	Coefficient de diffusion dans l'air	0	m2 /s	Valeur par défaut MODUL'ERS
Zinc	Coefficient de diffusion dans l'eau	0	m2 /s	Valeur par défaut MODUL'ERS

Materials	Nom	Value	Unité	Reference
Zinc	Constante de Henry à température du sol	0	Pa.m3/mol	Base de données du logiciel BP Risc
Zinc	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	75	l/kg	Base de données du logiciel BP Risc
Zinc	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	75	l/kg	Base de données du logiciel BP Risc
Zinc	Coefficient de partage carbone organique-eau	-1	l/kg	Valeur par défaut MODUL'ERS
Zinc	Log du coefficient de partage octanol-eau	-1	cm3/g	Valeur par défaut MODUL'ERS
Zinc	Masse molaire	65,38	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
Zinc	Pression de vapeur à température du sol	0	Pa	Valeur par défaut MODUL'ERS
Zinc	Solubilité	0	mg/m3	Valeur par défaut MODUL'ERS
Zinc	Température de fusion	693,15	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS, ECB
PFOS	Constante de Henry à température du sol	0,0319	Pa.m3/mol	
PFOS	Coefficient de partage carbone organique-eau		l/kg	
PFOS	Log du coefficient de partage octanol-eau	4,88	cm3/g	
PFOS	Masse molaire	529,16	g/mol	
PFOS	Pression de vapeur à température du sol	0,000331	Pa	
PFOS	Solubilité	519	mg/m3	

Annexe V : **Présentation et paramétrage du logiciel Modul'ERS**

PRESENTATION DES MODULES DE CALCUL MODUL'ERS DE L'INERIS (Extrait guide de l'utilisateur)

Chaque module de calcul, à l'exception du module *Niveaux_Exposition_Risque*, correspond à un milieu et **permet de calculer la concentration de polluants dans ce milieu** (concentration attribuable à la source (ou aux) sources étudiée(s) et concentration totale, intégrant le bruit de fond) et **le niveau d'exposition correspondant pour les cibles humaines en fonction du temps. Les niveaux d'exposition sont calculés par classe d'âge en fonction du temps⁴⁴ et pour un profil d'individus dont l'utilisateur définit l'âge en début d'exposition et la date de début d'exposition⁴⁵.**

Les fonctions de chaque module sont décrites dans le logiciel. Pour savoir ce que chaque module permet de calculer, il est conseillé de lire sa description dans la fenêtre *Information*, en cliquant une fois sur sa représentation dans la matrice.

Comme indiqué précédemment toutes les équations sont accessibles et l'utilisateur peut également se reporter au document « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle » (DRC-08—94882-16675C).

Les modalités de calcul des concentrations par chacun des modules sont résumées ci-dessous et les termes sources de pollution pouvant être utilisés sont listés.

- Le module **Sol** sert au calcul de la concentration dans une couche de sol en surface, en tenant compte ou non des apports atmosphériques, des apports par irrigation et des mécanismes de perte (dégradation, lixiviation, érosion, ruissellement).
 - ➔ Expression possible du terme source de pollution : dépôts atmosphériques, concentration dans l'eau.
- Le module **Nouveau_végétal** permet de calculer les concentrations dans les végétaux liées aux dépôts atmosphériques directs, à l'absorption gazeuse (polluants organiques), aux dépôts de particules du sol remises en suspension à partir du sol de surface, à l'irrigation par aspersion, au prélèvement direct à partir du sol racinaire. Les concentrations sont recalculées chaque année et données au moment de la récolte et de récolte en récolte.
 - ➔ Expression possible du terme source de pollution : dépôts atmosphériques, concentration dans l'eau, concentration dans l'air, concentration dans le sol.
- Le module **Eaux_superficielles** donne les concentrations dans les eaux superficielles et les sédiments à l'état stationnaire. La concentration dans les eaux peut être calculée au point x en aval d'un rejet ponctuel (approche applicable à un cours d'eau) ou comme une concentration homogène dans un volume d'eau Vol_e_sup (approche applicable notamment à une étendue

⁴⁴ Pour une simulation sur 30 années, les niveaux d'exposition calculés par classe d'âge correspondent au cours du temps à des individus différents. Ainsi, la classe d'âge des enfants de 1 à 3 ans correspond à des individus différents à la date t=0 et à t=30.

⁴⁵ Les niveaux d'exposition calculés pour un profil d'individus durant une simulation sur 30 ans se rapportent aux mêmes individus durant toute la simulation. Les valeurs des paramètres d'exposition de ces individus évoluent en fonction de leur âge, qui lui-même dépend de l'âge défini par l'utilisateur en début d'exposition et du temps t.

d'eau). Ce calcul peut être fait en tenant compte de rejets diffus (apports atmosphériques, par ruissellement sur les zones imperméables, par ruissellement sur les zones perméables, par érosion) et des pertes par dégradation, volatilisation et sédimentation.

- ➔ Expression possible du terme source de pollution : dépôts atmosphériques, concentration dans le sol, concentration dans le cours d'eau au point $x=0$.
- Le module **Eaux_souterraines** donne la concentration de polluants en phase dissoute aux points de coordonnées x, y, z à l'instant t , pour une source surfacique de polluants dans la zone saturée, perpendiculaire à l'écoulement et de concentration constante (à partir de la solution de Domenico). Le module permet également de calculer cette concentration à partir d'une concentration constante dans le sol au bas de la zone non saturée.
 - ➔ Expression possible du terme source de pollution : concentration dans le sol en bas de la zone insaturée, concentration dans la nappe au point $x=0$.
- Le module **Animaux_aquatiques** permet de calculer les concentrations dans l'animal selon une approche stationnaire ou dynamique à partir de la concentration dans le milieu d'exposition. Dans le dernier cas, la concentration dans le tissu animal est estimée pour un animal en fin de vie.
 - ➔ Expression possible du terme source de pollution : concentration dans l'eau, concentration dans les sédiments.
- Le module **Nouvel_animal** donne les concentrations dans l'animal (tissu 1 : viande, matières grasses) et dans les produits excrétés par l'animal (tissu 2 : œufs, lait ou matières grasses de ces produits). Ces concentrations peuvent être calculées à l'état stationnaire ou avec une approche dynamique. Dans ce cas, les concentrations dans les tissus animaux sont estimées pour un animal en fin de vie. La dose d'exposition de l'animal est estimée à partir de son ingestion de sol, d'eau et/ou de végétaux contaminés. L'utilisateur peut tenir compte des concentrations de trois sols différents, de trois ressources en eau différentes et de cinq végétaux différents.
 - ➔ Expression possible du terme source de pollution : concentration dans l'eau, concentration dans le sol, concentration dans les végétaux.

Les cinq modules suivants permettent de calculer les concentrations dans l'air.

- Le module **Conc_gaz_air_exterieur** permet le calcul du flux d'émission à partir d'une source sol (source sol supposée infinie ou supposée finie à la surface du sol) ou d'une source nappe et l'estimation des concentrations dans l'air à hauteur de respiration des cibles et/ou à une hauteur H_b définie par l'utilisateur.
- Le module **Conc_gaz_air_interieur_Volasoil** donne le flux d'émission à partir d'une source sol ou d'une source nappe et l'estimation des concentrations dans un bâtiment (endroit où a lieu l'émission : vide sanitaire, sous-sol ou pièces à vivre selon les cas) et dans le lieu de vie, si le bâtiment comporte un vide-sanitaire ou un sous-sol. Les calculs sont réalisés selon une approche dérivée du modèle Volasoil du RIVM (institut néerlandais de santé publique et de l'environnement).
- Le module **Conc_gaz_air_interieur_JE**, basé sur les équations du modèle de Johnson et Ettinger (US EPA, 2004; Johnson et al., 1991), permet le calcul des concentrations gazeuses dans l'air d'un bâtiment à partir d'une source sol ou d'une source nappe. Ce module est conçu pour un bâtiment construit sur une dalle. Dans le cas d'une source sol, la concentration

attendue dans le bâtiment peut être estimée en utilisant la solution pour une source infinie ou la solution pour une source finie, proposée par l'US EPA. La solution en source finie implémentée suppose nécessairement que la dalle du bâtiment se situe au niveau du sol (pas de sous-sol enterré).

→ Pour ces trois modules, l'utilisateur peut définir les caractéristiques de deux couches de sol différentes au-dessus de la source, tenir compte du mélange de substances présentes dans le sol en appliquant la loi de Raoult et de la diffusion dans la nappe dans le cas d'une source nappe.

→ Expression possible du terme source de pollution pour ces trois modules : concentration dans l'eau de la nappe, concentration dans l'air du sol, concentration dans le sol.

- Le module **Conc_part_air_extérieur** donne les concentrations inhalables de polluant sous forme particulaire dans l'air extérieur, à partir de la concentration dans le sol et de la fraction de particules issues du sol, ou du modèle de Cowherd calculant le flux moyen annuel de particules inférieures ou égales à 10 µm, dues à l'érosion éolienne.

→ Expression possible du terme source de pollution : concentration dans le sol.

- Le module **Conc_part_air_intérieur** permet le calcul des concentrations inhalables à partir de la concentration particulaire inhalable dans l'air extérieur (*Cap_e_inh_attrib*).

→ Expression possible du terme source de pollution : concentration dans l'air extérieur sous forme particulaire.

Les modules dédiés à l'air extérieur *Conc_gaz_air_extérieur* et *Conc_part_air_extérieur* permettent, en plus de la source sol ou de la source nappe du site, de tenir compte de la concentration dans l'air liée à d'autres sources de polluants issues du site.

A la différence des autres modules dédiés aux calculs des concentrations dans les milieux, les cinq modules pour la concentration dans l'air calculent les niveaux d'exposition en moyenne annuelle et le niveau d'exposition moyen sur la durée d'exposition. Ces grandeurs servent au calcul des risques chroniques.

- Enfin, le module **Niveaux_Exposition_Risque** est dédié au calcul des niveaux d'exposition chronique et au calcul des niveaux de risque chronique. Les doses d'exposition orales sont calculées en moyenne annuelle pour les différentes classes d'âge, afin d'estimer les risques à effet de seuil. Elles sont aussi calculées en moyenne sur toute la durée d'exposition pour un profil d'individus, dont l'utilisateur a défini l'âge en début d'exposition et la date de début d'exposition, afin d'estimer les risques sans effet de seuil. Pour les expositions par inhalation, le calcul des niveaux d'exposition moyens est fait directement dans les modules relatifs au milieu (cf. paragraphe précédent). Les niveaux de risque sont définis par substance individuelle et pour toutes les substances et peuvent aussi être définis par organe cible pour les effets à seuil.

Paramètres d'entrée du Logiciel Modul'ERS
Modélisation vers l'air intérieur

- Caractéristiques des sols :

Modélisation source sol

Paramètres	Unité	Valeurs	Commentaires
Température du sol	K	283	Valeur par défaut (10°C)
Volume de la source sol	m ³	0	Source considérée comme infinie (volume non connu)
Couche de sol 2 (située au contact du bâtiment)			
Epaisseur de la couche de sol entre le bâtiment et la source (couche 2)	m	0,1	Epaisseur minimale du modèle
Type de sol de la couche 2	-	Sable limoneux	Spécifique au site : basé sur observations de terrain
Densité du sol	g/cm ³	1,2	Valeur standard pour ce type de sol (US-EPA)
Porosité du sol	-	0,39	Porosité totale θ_s pour ce type de sol (US-EPA)
Perméabilité intrinsèque du sol	m ²	1,55E-12	Valeur calculée pour ce type de sol
Teneur en eau du sol	cm ³ /cm ³	0,076	Valeur standard $\theta_{w,unsat}$ pour ce type de sol (US-EPA)
Teneur en carbone organique du sol (COT)	-	0,002	Valeur par défaut (US EPA)

Modélisation source nappe

Paramètres	Unité	Valeurs	Commentaires
Température du sol	K	283	Valeur par défaut (10°C)
Longueur de diffusion dans la nappe	m	0	Nappe considérée comme homogène au droit du site
Frange capillaire			
Epaisseur de la frange capillaire	m	0,17	Valeur standard pour ce type de sol (US-EPA)
Porosité de la frange capillaire	-	0,375	Valeur standard pour ce type de sol (US-EPA)
Teneur en eau de la frange capillaire	cm ³ /cm ³	0,253	Valeur standard pour ce type de sol (US-EPA)
Couche de sol 2 (située au contact du bâtiment)			
Epaisseur de la couche de sol entre le bâtiment et la source (couche 2)	m	1,83	Profondeur de la nappe-épaisseur de la frange capillaire
Type de sol de la couche 2	-	Sable	Spécifique au site : basé sur observations de terrain
Densité du sol	g/cm ³	1,66	Valeur standard pour ce type de sol (US-EPA)
Porosité du sol	-	0,375	Porosité totale θ_s pour ce type de sol (US-EPA)
Perméabilité intrinsèque du sol	m ²	9,9E-12	Valeur calculée pour ce type de sol
Teneur en eau du sol	cm ³ /cm ³	0,054	Valeur standard $\theta_{w,unsat}$ pour ce type de sol (US-EPA)
Teneur en carbone organique du sol (COT)	-	0,002	Valeur par défaut (US EPA)

- Caractéristiques des bâtiments :

Dimensions:

Paramètres	Unité	Valeurs	Commentaires
Hauteur	m	2,30	Hauteur minimale prise en compte
Taux de transfert entre les étages	cm	100%	Hypothèse sécuritaire

Paramètres de modélisation pour VOLASOIL :

Paramètres	Unité	Valeurs	Commentaires
Fraction surfacique occupée par les ouvertures de la dalle	-	1,0E-05	Valeur par défaut (dalle normale)
Nombre d'ouverture dans la dalle par unité de surface	m ⁻²	0,2	Valeur Modul'ERS
Epaisseur de la dalle du bâtiment	m	0,15	Valeur standard
Porosité de la dalle	-	0,02	Valeur par défaut de Modul'ERS (Hazebrouck 2005)
Teneur en eau de la dalle	-	0	Valeur par défaut de Modul'ERS (Hazebrouck 2005)
Différence de pression entre le sol et l'espace clos (DeltaP)	Pa (ou kg.m ⁻¹ .s ⁻²)	2	Valeur par défaut pour une configuration de plain-pied (USEPA, 2004 + RIVM, 2008)
Taux de renouvellement d'air (ER)	vol/s	0,7E-4 (=0,25vol/h)	Valeur standard pour un usage résidentiel

Modélisation vers l'air extérieur

- Caractéristiques des sols :

Modélisation source sol

Paramètres	Unité	Valeurs	Commentaires
Température du sol	K	283	Valeur par défaut (10°C)
Volume de la surface sol	m ²	0	Source considérée comme infinie (volume non connu)
Couche de sol 2 (sol en surface)			
Type de sol de la couche 2	m		
Type de sol de la couche 2	-	Sable limoneux	Spécifique au site : basé sur observations de terrain
Densité du sol	g/cm ³	1,2	Valeur standard pour ce type de sol (US-EPA)
Porosité du sol	-	0,39	Porosité totale θ_s pour ce type de sol (US-EPA)
Teneur en eau du sol	cm ³ /cm ³	0,076	Valeur standard $\theta_{w,unsat}$ pour ce type de sol (US EPA)
Teneur en carbone organique du sol (COT)	-	0,002	Valeur par défaut (US EPA)

Modélisation source eaux souterraines

Paramètres	Unité	Valeurs	Commentaires
Température du sol	K	283	Valeur par défaut (10°C)
Longueur de diffusion dans la nappe	m	0	Nappe considérée comme homogène au droit du site
Frange capillaire			
Epaisseur de la frange capillaire	m	0,17	Valeur standard pour ce type de sol (US-EPA)
Porosité de la frange capillaire	-	0,375	Valeur standard pour ce type de sol (US-EPA)
Teneur en eau de la frange capillaire	cm ³ /cm ³	0,253	Valeur standard pour ce type de sol (US-EPA)
Couche de sol 2 (située au contact du bâtiment)			
Epaisseur de la couche de sol entre le bâtiment et la source (couche 2)	m	1,83	Profondeur de la nappe-épaisseur de la frange capillaire
Type de sol de la couche 2	-	Sable	Spécifique au site : basé sur observations de terrain
Densité du sol	g/cm ³	1,66	Valeur standard pour ce type de sol (US-EPA)
Porosité du sol	-	0,375	Porosité totale θ_s pour ce type de sol (US-EPA)
Perméabilité intrinsèque du sol	m ²	9,9E-12	Valeur calculée pour ce type de sol
Teneur en eau du sol	cm ³ /cm ³	0,054	Valeur standard $\theta_{w,unsat}$ pour ce type de sol (US-EPA)
Teneur en carbone organique du sol (COT)	-	0,002	Valeur par défaut (US EPA)

- Caractéristiques des espaces extérieurs :

Paramètres	Unité	Valeurs	Commentaires
Vitesse de vent	m/s	2,4	Moyenne des vitesses de vents observées à la station météorologique de Bonneville (74), de Janvier 2004 à décembre 2006
Hauteur de mélange	m	cf. paramètres d'exposition	Hauteur de respiration des cibles
Longueur de la source parallèle au vent W	m	250	Plus grande diagonale du site (hypothèse majorante)

Annexe VI : **Synthèse des données toxicologiques et des VTR**

Substances		Effets non cancérigènes et organes cibles	Effets cancérigènes			
Dénomination	N°CAS		Classification USEPA CIRC UE			Types de cancer
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)						
Naphtalène	91-20-3	Sang/système hématopoïétique, appareil cardiovasculaire, système nerveux central, yeux, foie, reins, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, rate, effets foetotoxiques /développement, système endocrinien, appareil respiratoire	C	2B	C2	Tumeurs bénignes pulmonaires (études chez l’animal)
Acénaphtène	83-32-9	Foie, sang/système hématopoïétique, appareil cardiovasculaire, appareil respiratoire, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, appareil reproducteur, système endocrinien	D	3	-	-
Acénaphtylène	206-96-8	Appareil cardiovasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien, appareil respiratoire	D	-	-	-
Phénanthrène	85-01-8	Appareil respiratoire, appareil cardiovasculaire, foie, sang/système hématopoïétique, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	D	3	-	-
Fluoranthène	206-44-0	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien, reins	D	3	-	-
Fluorène	86-73-7	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	D	3	-	-
Anthracène	120-12-7	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	D	3	C2	-
Pyrène	129-00-0	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, reins, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	D	3	-	-

Substances		Effets non cancérigènes et organes cibles	Effets cancérigènes			
Dénomination	N°CAS		Classification USEPA CIRC UE			Types de cancer
Benzo(a)anthracène	56-55-3	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, appareil reproducteur, effets foetotoxiques, système lymphatique, système endocrinien	B2	2B	C1B	Peau, système urinaire, poumons, tractus gastro-intestinal (études chez l'animal)
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	B2	2B	C1B	Peau, système urinaire, poumons, tractus gastro-intestinal (études chez l'animal)
Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	D	3	-	-
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	B2	2B	C1B	Peau, système urinaire, poumons, tractus gastro-intestinal (études chez l'animal)
Chrysène	218-01-9	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, système nerveux central, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien, tissu mammaire, tissu adipeux	B2	2B	C1BM2	Peau, système urinaire, poumons, tractus gastro-intestinal (études chez l'animal)
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, peau, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	B2	2A	C1B	Peau, système urinaire, poumons, tractus gastro-intestinal (études chez l'animal)
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, appareil reproducteur, effets foetotoxiques/développement, système endocrinien	B2	1	C1BM1BR 1B	Estomac, foie, poumons et peau (études chez l'animal)
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	193-39-5	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	B2	2B	-	Peau, système urinaire, poumons, tractus gastro-intestinal (études chez l'animal)
TPH C5-C6 aliphatiques	-	Foie, reins	-	-	-	-

Substances		Effets non cancérogènes et organes cibles	Effets cancérogènes			
Dénomination	N°CAS		Classification USEPA CIRC UE			Types de cancer
TPH C6-C8 aliphatiques	-	Foie, reins	-	-	-	-
TPH C8-C10 aliphatiques	-	Foie, sang	-	-	-	-
TPH C10-C12 aliphatiques	-	Foie, sang	-	-	-	-
TPH C12-C16 aliphatiques	-	Foie, sang	-	-	-	-
TPH C8-C10 aromatiques	-	Perte de poids	-	-	-	-
TPH C10-C12 aromatiques	-	Perte de poids	-	-	-	-
TPH C12-C16 aromatiques	-	Perte de poids	-	-	-	-
METAUX						
Antimoine	7440-36-0	Les yeux, la peau, le système respiratoire et gastro-intestinal, céphalées	-	-	-	
Baryum	7440-39-3	Effets digestifs, musculaires, cardiaques et neurologiques	-	-	-	
Cadmium	7440-43-9	Reins, poumons et tissu osseux	B1	1	M2C1BR2	Cancers pulmonaires et de la prostate
Chrome (III)	16065-83-1	Système respiratoire	InI	3	C2	
Cuivre	7440-50-8	Les yeux, la peau, le système respiratoire et gastro-intestinal, le foie et les reins	-	-	-	
Mercure	7439-97-6	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, système nerveux central, peau, reins, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, effets foetotoxiques/développement	D	3	R1B	-
Nickel	7440-02-0	La peau, système respiratoire	A	2B	C2	
Plomb	7439-92-1	Sang, système nerveux, reins, tissus osseux, système cardio-vasculaire	B2	2B	R1A	Risque accru de cancers des poumons, de l'estomac ou des reins

Substances		Effets non cancérigènes et organes cibles	Effets cancérigènes			
Dénomination	N°CAS		Classification USEPA CIRC UE			Types de cancer
Zinc	7440-66-6	Effets au niveau gastro-intestinal, sanguin et immunitaire, ainsi que des anémies, et des effets sur le pancréas	D	-	-	
AUTRES SUBSTANCES						
PCB	1336-36-3	Peau, épithélium nasale et olfactif, Foie, SNC, Système immunologique	B2	2A	-	Tumeurs hépatiques

Valeurs Toxicologiques de Référence retenues pour la voie inhalation (vapeurs ou particules)

N° CAS	Substances	Voie d'exposition : inhalation Durée d'exposition : chronique								
		Effets à seuil					Effets sans seuil			
		VTR (mg/m³)	Effet/organe cible	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)	VTR (mg/m³) ⁻¹	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)										
83-32-9	acénaphène	-	-	-	-	-	6,0E-04	US EPA + FET	2017	INERIS 2018
208-96-8	acénaphthylène	-	-	-	-	-	6,0E-04	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
120-12-7	anthracène	-	-	-	-	-	6,0E-03	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
56-55-3	benzo(a)anthracène	-	-	-	-	-	6,0E-02	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
50-32-8	benzo(a)pyrène	2,0E-06	Développement	US EPA	2017	-	6,0E-01	US EPA	2017	INERIS 2019
205-99-2	benzo(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	6,0E-02	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
191-24-2	benzo(ghi)pérylène	-	-	-	-	-	6,0E-03	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
207-08-9	benzo(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	6,0E-02	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
218-01-9	chrysène	-	-	-	-	-	6,0E-03	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
53-70-3	dibenzo(ah)anthracène	-	-	-	-	-	6,0E-01	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
206-44-0	fluoranthène	-	-	-	-	-	6,0E-04	US EPA + FET	2019	INERIS 2019
86-73-7	fluorène	-	-	-	-	-	6,0E-04	US EPA + FET	2019	INERIS 2019
193-39-5	Indeno(123cd)pyrène	-	-	-	-	-	6,0E-02	US EPA + FET	2017	INERIS 2019
91-20-3	naphtalène	3,7E-02	Respiratoire	ANSES	2013	INERIS 2019	5,6E-03	ANSES	2013	INERIS 2019

N° CAS	Substances	Voie d'exposition : inhalation Durée d'exposition : chronique								
		Effets à seuil					Effets sans seuil			
		VTR (mg/m³)	Effet/organe cible	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)	VTR (mg/m³) ⁻¹	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)
85-01-8	phénanthrène	-	-	-	-	-	6,0E-04	US EPA + FET	2019	INERIS 2019
129-00-0	pyrène	-	-	-	-	-	6,0E-04	US EPA + FET	2019	INERIS 2019
Métaux										
7440-38-2	arsenic	1,5E-05	Développement, cardiologique, neurologique et respiratoire	OEHHA	2014	INERIS, 2010	1,5E-01	ANSES	2012	
7440-43-9	cadmium	3,0E-04	Effet cancérigène à seuil : effet respiratoire	ANSES	2012	INERIS, 2014	-	ANSES	2012	INERIS, 2014
744-04-73	Chrome III (sels insolubles)	2,0E-03	Respiratoire	ATSDR	2012	INERIS, 2017	-	-	-	-
16065-83-1	Chrome III	1,0E-04	Respiratoire	SANTE CANADA	2021		-	-	-	-
18540-29-9	Chrome VI	3,0E-05	Respiratoire	US-EPA	2024	-	1,1E+01	US-EPA	2024	
7440-50-8	cuivre	1,0E-03	Respiratoire et immunologique	RIVM	2001	INERIS, 2019	-	-	-	-
7439-97-6	mercure inorganique	3,0E-04	Neurologique	ATSDR	2024		-	-	-	-
7440-02-0	nickel	2,3E-04	Respiratoire	ANSES	2011		1,7E-01	ANSES	2011	
7439-92-1	plomb	9,0E-04	Reins	ANSES	2013	ANSES 2013	1,2E-02	OEHHA	2011	INERIS 2016
7440-66-6	zinc	-	-	-	-	INERIS, 2004	-	-	-	INERIS, 2004
Hydrocarbures Totaux (HCT)										

N° CAS	Substances	Voie d'exposition : inhalation Durée d'exposition : chronique								
		Effets à seuil					Effets sans seuil			
		VTR (mg/m ³)	Effet/organe cible	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)	VTR (mg/m ³) ⁻¹	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)
HCTal1	HCT ALIPHATIQUES EC5-EC6	1,8E+01	Foie, reins	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTal2	HCT ALIPHATIQUES EC6-EC8	1,8E+01	Foie, reins	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTal3	HCT ALIPHATIQUES EC8-EC10	1,0E+00	Foie, sang	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTal4	HCT ALIPHATIQUES EC10-EC12	1,0E+00	Foie, sang	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTal5	HCT ALIPHATIQUES EC12-EC16	1,0E+00	Foie, sang	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTar3	HCT AROMATIQUES EC8-EC10	2,0E-01	Perte de poids	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTar4	HCT AROMATIQUES EC10-EC12	2,0E-01	Perte de poids	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTar5	HCT AROMATIQUES EC12-EC16	2,0E-01	Perte de poids	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
Autres										
11097-69-1	PCB (Equivalent Aroclor 1254)	1,0E-03	Hépatique, poids	RIVM	2000	INERIS, 2004	-			INERIS, 2023

Valeurs Toxicologiques de Référence retenues pour la voie ingestion

N°CAS	Substances	Voie d'exposition : ingestion Durée d'exposition : chronique								
		Effets à seuils					Effets sans seuil			
		VTR (mg/kg/j)	Effet/organe cible	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)	VTR (mg/kg/j) ⁻¹	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)										
83-32-9	acénaphène	6,0E-02	Hépatique	US EPA	1990	INERIS, 2019	1,0E-03	US EPA + FET	2017	INERIS, 2019
208-96-8	acénaphthylène	-	-	-	-	-	1,0E-03	US EPA + FET	2017	INERIS, 2019
120-12-7	anthracène	3,0E-01	Pas d'effet observé	US EPA	1990	INERIS, 2019	1,0E-02	US EPA + FET	2017	INERIS, 2019
56-55-3	benzo(a)anthracène	-	-	-	-	-	1,0E-01	US EPA + FET	2017	INERIS, 2019
50-32-8	benzo(a)pyrène	3,0E-04		US - EPA	2017	ANSES, 2017	1,0E+00	US EPA	2017	ANSES, 2019
205-99-2	benzo(b)fluoranthène	-	-	-	-	-	1,0E-01	US EPA	2017	ANSES, 2019
191-24-2	benzo(ghi)pérylène	3,0E-02	Hématologique, poids, reins et foie	RIVM	2001	INERIS, 2018	1,0E-02	US EPA	2017	ANSES, 2019
207-08-9	benzo(k)fluoranthène	-	-	-	-	-	1,0E-01	US EPA	2017	ANSES, 2019
218-01-9	chrysène	-	-	-	-	-	1,0E-02	US EPA	2017	ANSES, 2019
53-70-3	dibenzo(ah)anthracène	-	-	-	-	-	1,0E+00	US EPA	2017	ANSES, 2019
206-44-0	fluoranthène	4,0E-02	Hématologique, reins et foie	US EPA	1990	INERIS, 2019	1,0E-03	US EPA + FET	2017	INERIS, 2019
8-673-7	fluorène	4,0E-02	Hématologique	US EPA	1990	INERIS, 2019	1,0E-03	US EPA + FET	2017	INERIS, 2019
193-39-5	Indéno(123cd)pyrène	-	-	-		-	1,0E-01	US EPA	2017	ANSES, 2019
91-20-3	naphtalène	2,0E-02	Poids	US EPA	1998	INERIS, 2019	1,2E-01	OEHHA	2010	INERIS, 2019

N°CAS	Substances	Voie d'exposition : ingestion Durée d'exposition : chronique								
		Effets à seuils					Effets sans seuil			
		VTR (mg/kg/j)	Effet/organe cible	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)	VTR (mg/kg/j) ⁻¹	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)
85-01-8	phénanthrène	4,0E-02	Hématologique, poids, reins et foie	RIVM	2001	INERIS, 2019	1,0E-03	US EPA + FET	2017	INERIS, 2019
129-00-0	pyrène	3,0E-02	Reins	Santé Canada	2010	INERIS, 2019	1,0E-03	US EPA + FET	2017	INERIS, 2019
Elément trace métallique (ETM)										
7440-43-9	cadmium	3,5E-04	Os	ANSES	2019	-	-	-	-	INERIS, 2013
744-04-73	chrome III (sels insolubles)	3,0E-01	Pas d'effet observé	ANSES	2014		-	-	-	
18540-29-9	chrome VI	9,0E-04	Gastrique	US-EPA	2024		1,6E-01	US-EPA	2024	
74405-08-	cuivre	1,5E-01	Poids	EFSA	2018	INERIS, 2019	-	-	-	-
7439-97-6	mercure inorganique	5,71E-04	Reins	EFSA	2012	ANSES, 2012	-	-	-	-
115-09-3	mercure organique (méthyl mercure)	1,9E-04	Développement	ESA	2021	ANSES, 2016	-	-	-	-
7440-02-0	nickel	1.3E-02	Reprotoxique	EFSA	2020	INERIS, 2023	-	-	-	-
7439-92-1	plomb	6,3E-04	Reins	ANSES	2013	-	8,5E-03	OEHHA	2011	INERIS, 2013
7440-66-6	zinc	3,0E-01	Hématologique	US EPA	2005	-	-	-	-	-
Hydrocarbures Totaux (HCT)										
HCTa1	HCT aliphatiques EC5-EC6	5,0E+00	Foie, reins	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTa2	HCT aliphatiques EC6-EC8	5,0E+00	Foie, reins	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTa3	HCT aliphatiques EC8-EC10	1,0E-01	Foie, sang	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-

N°CAS	Substances	Voie d'exposition : ingestion Durée d'exposition : chronique								
		Effets à seuils					Effets sans seuil			
		VTR (mg/kg/j)	Effet/organe cible	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)	VTR (mg/kg/j) ⁻¹	Organisme	Date de construction	Expertise (organisme, date)
HCTal4	HCT aliphatiques EC10-EC12	1,0E-01	Foie, sang	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTal5	HCT aliphatiques EC12-EC16	1,0E-01	Foie, sang	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTal6	HCT aliphatiques EC16-EC35	2,0E+00	Foie	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTal7	HCT aliphatiques >EC35	2,0E+01		TPHCWG, VOL 4	1999	-	-	-	-	-
HCTar3	HCT aromatiques EC8-EC10	4,0E-02	Perte de poids	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTar4	HCT aromatiques EC10-EC12	4,0E-02	Perte de poids	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTar5	HCT aromatiques EC12-EC16	4,0E-02	Perte de poids	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTar6	HCT aromatiques EC16-EC21	3,0E-02	Reins	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
HCTar7	HCT aromatiques EC21-EC35	3,0E-02	Reins	TPHCWG, VOL 5	1999	-	-	-	-	-
Autres										
11097-69-1	PCB Equivalent Aroclor 1254	2,0E-05	Immunologique	OMS	2002	INERIS, 2004	-			INERIS, 2023
1763-23-1	Acide sulfonique de perfluorooctane (PFOS)	1,0E-07		US-EPA	2023		39,5		US-EPA	2023

Annexe VII : **Calculs de Risques Sanitaires**

Bâtiment plain-pied A partir des sols	Inhalation d'air intérieur							ERI	CINH en mg/m3
	QD_inh Classe 1	QD_inh Classe 2	QD_inh Classe 3	QD_inh Classe 4	QD_inh Classe 5	QD_inh Classe 6	QD_inh Classe 7		
Acénaphthylène	-	-	-	-	-	-	-	9,5E-07	2,2E-03
Anthracène	-	-	-	-	-	-	-	6,6E-07	1,5E-04
Dioxine (2,3,7,8-tcdd)	9,9E-04	9,9E-04	8,6E-04	8,6E-04	8,7E-04	8,2E-04	9,3E-04	-	5,4E-11
Fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	1,8E-08	4,1E-05
Mercure	6,2E-02	6,2E-02	5,4E-02	5,4E-02	5,5E-02	5,2E-02	5,9E-02	-	2,6E-05
Phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	5,5E-07	1,3E-03
Pyrène	-	-	-	-	-	-	-	1,1E-08	2,5E-05
Somme	6,3E-02	6,3E-02	5,5E-02	5,5E-02	5,6E-02	5,3E-02	6,0E-02	2,2E-06	

Bâtiment plain-pied A partir des Eaux souterraines	Inhalation d'air intérieur							ERI	CINH en mg/m3
	QD_inh Classe 1	QD_inh Classe 2	QD_inh Classe 3	QD_inh Classe 4	QD_inh Classe 5	QD_inh Classe 6	QD_inh Classe 7		
Acénaphthylène	-	-	-	-	-	-	-	7,4E-11	1,7E-07
Acénaphthène	-	-	-	-	-	-	-	1,3E-10	3,1E-07
Anthracène	-	-	-	-	-	-	-	1,6E-09	3,7E-07
Dioxine (2,3,7,8-tcdd)	1,1E-02	1,1E-02	9,2E-03	9,2E-03	9,3E-03	8,8E-03	1,0E-02	-	5,8E-10
Fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	1,1E-10	2,7E-07
Fluorène	-	-	-	-	-	-	-	9,2E-11	2,2E-07
Phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	1,1E-10	2,6E-07
Pyrène	-	-	-	-	-	-	-	7,9E-11	1,9E-07

A partir des sols	Inhalation d'air extérieur						QD_inh Classe 7	ERI
	QD_inh Classe 1	QD_inh Classe 2	QD_inh Classe 3	QD_inh Classe 4	QD_inh Classe 5	QD_inh Classe 6		
Acénaphthylène	-	-	-	-	-	-	-	2,3E-09
Anthracène	-	-	-	-	-	-	-	1,4E-09
Dioxine (2.3.7.8-tcdd)	5,7E-05	2,4E-05	6,1E-05	5,0E-05	1,5E-05	1,3E-05	9,9E-06	-
Fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	6,2E-11
Mercure	6,1E-04	2,6E-04	6,5E-04	5,3E-04	1,6E-04	1,4E-04	1,1E-04	-
Naphtalène	8,7E-04	3,7E-04	9,4E-04	7,7E-04	2,3E-04	2,0E-04	1,5E-04	3,4E-08
Phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	1,5E-09
Pyrène	-	-	-	-	-	-	-	2,8E-11
Somme	1,5E-03	6,6E-04	1,6E-03	1,3E-03	4,0E-04	3,6E-04	2,7E-04	3,9E-08

A partir des eaux	Inhalation d'air extérieur						QD_inh Classe 7	ERI
	QD_inh Classe 1	QD_inh Classe 2	QD_inh Classe 3	QD_inh Classe 4	QD_inh Classe 5	QD_inh Classe 6		
Acénaphthylène	-	-	-	-	-	-	-	9,8E-14
Acénaphène	-	-	-	-	-	-	-	1,7E-13
Anthracène	-	-	-	-	-	-	-	2,1E-12
Dioxine (2,3,7,8-tcdd)	4,9E-05	2,1E-05	5,3E-05	4,3E-05	1,3E-05	1,1E-05	8,6E-06	-
Fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	1,3E-13
Fluorène	-	-	-	-	-	-	-	1,2E-13
Phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	1,5E-13
Pyrène	-	-	-	-	-	-	-	6,5E-14
Somme	7,1E-05	7,4E-05	9,7E-05	5,6E-05	2,4E-05	2,0E-05	8,6E-06	2,8E-12

Futurs résidents	Ingestion de sol							ERI
	QD_inh Classe 1	QD_inh Classe 2	QD_inh Classe 3	QD_inh Classe 4	QD_inh Classe 5	QD_inh Classe 6	QD_inh Classe 7	
Acénaphthylène	-	-	-	-	-	-	-	8,2E-11
Aliphatique C>16 C35	9,7E-05	9,9E-05	6,9E-05	4,3E-05	2,6E-05	2,0E-05	1,7E-05	-
Anthracène	1,7E-06	1,7E-06	1,2E-06	7,5E-07	4,6E-07	3,6E-07	3,1E-07	3,1E-09
Antimoine	1,3E-03	1,3E-03	9,4E-04	5,8E-04	3,5E-04	2,8E-04	2,4E-04	-
Aromatique C>21 C35	6,4E-03	6,6E-03	4,6E-03	2,8E-03	1,7E-03	1,4E-03	1,2E-03	-
Baryum	3,4E-03	3,4E-03	2,4E-03	1,5E-03	9,0E-04	7,1E-04	6,0E-04	-
Benzo (a) Anthracène	-	-	-	-	-	-	-	8,8E-08
Benzo (b) Fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	5,0E-08
Benzo (g h i) pérylène	4,6E-05	4,7E-05	3,3E-05	2,0E-05	1,2E-05	9,7E-06	8,3E-06	8,4E-09
Benzo (k) Fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	1,3E-08
Benzo(a)pyrène	5,4E-03	5,5E-03	3,8E-03	2,4E-03	1,4E-03	1,1E-03	9,7E-04	9,8E-07
Chrysène	-	-	-	-	-	-	-	7,7E-09
Cuivre	2,4E-03	2,5E-03	1,7E-03	1,1E-03	6,5E-04	5,1E-04	4,4E-04	-
Dioxine (2,3,7,8-tcdd)	6,8E-02	6,9E-02	4,8E-02	3,0E-02	1,8E-02	1,4E-02	1,2E-02	-
Fluoranthène	6,2E-05	6,4E-05	4,4E-05	2,7E-05	1,7E-05	1,3E-05	1,1E-05	1,5E-09
Indeno(1,2,3,c,d)Pyrène	-	-	-	-	-	-	-	7,4E-08
Mercure	1,4E-03	1,4E-03	9,9E-04	6,1E-04	3,7E-04	2,9E-04	2,5E-04	-
Molybdène	1,6E-03	1,6E-03	1,1E-03	7,0E-04	4,2E-04	3,3E-04	2,8E-04	-
Naphtalène	1,2E-05	1,2E-05	8,4E-06	5,2E-06	3,2E-06	2,5E-06	2,1E-06	4,5E-09
PFOS	8,7E-03	8,9E-03	6,2E-03	3,8E-03	2,3E-03	1,8E-03	1,6E-03	5,5E-09
Phénanthrène	1,6E-05	1,6E-05	1,1E-05	7,0E-06	4,2E-06	3,3E-06	2,8E-06	3,8E-10
Pyrène	6,6E-05	6,7E-05	4,7E-05	2,9E-05	1,8E-05	1,4E-05	1,2E-05	1,2E-09
Zinc	4,6E-03	4,7E-03	3,3E-03	2,0E-03	1,2E-03	9,7E-04	8,3E-04	-
Somme	1,0E-01	1,1E-01	7,3E-02	4,5E-02	2,8E-02	2,2E-02	1,9E-02	1,2E-06

Futurs résidents	Inhalation de poussières							ERI
	QD_inh Classe 1	QD_inh Classe 2	QD_inh Classe 3	QD_inh Classe 4	QD_inh Classe 5	QD_inh Classe 6	QD_inh Classe 7	
Acénaphthylène	-	-	-	-	-	-	-	4,1E-14
Aliphatique C>16 C35	-	-	-	-	-	-	-	-
Anthracène	-	-	-	-	-	-	-	1,1E-12
Antimoine	5,2E-06	5,2E-06	1,7E-05	1,7E-05	6,0E-06	6,0E-06	4,7E-06	-
Aromatique C>21 C35	-	-	-	-	-	-	-	-
Baryum	1,3E-04	1,3E-04	4,3E-04	4,3E-04	1,5E-04	1,5E-04	1,2E-04	-
Benzo (a) Anthracène	-	-	-	-	-	-	-	3,2E-11
Benzo (b) Fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	1,8E-11
Benzo (g h i) pérylène	-	-	-	-	-	-	-	3,0E-12
Benzo (k) Fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	4,6E-11
Benzo(a)pyrène	1,6E-04	1,6E-04	5,1E-04	5,1E-04	1,8E-04	1,8E-04	1,4E-04	3,5E-10
Cadmium	1,6E-06	1,6E-06	5,0E-06	5,0E-06	1,8E-06	1,8E-06	1,4E-06	-
Chrysène	-	-	-	-	-	-	-	2,8E-12
Cuivre	7,1E-05	7,1E-05	2,3E-04	2,3E-04	8,3E-05	8,3E-05	6,4E-05	-
Dioxine (2,3,7,8-tcdd)	2,3E-07	2,3E-07	7,5E-07	7,5E-07	2,7E-07	2,7E-07	2,1E-07	-
Fluoranthène	-	-	-	-	-	-	-	5,4E-13
Indeno(1,2,3,c,d)Pyrène	-	-	-	-	-	-	-	2,7E-11
Mercure	5,2E-07	5,2E-07	1,7E-06	1,7E-06	6,0E-07	6,0E-07	4,7E-07	-
Naphtalène	1,3E-09	1,3E-09	4,1E-09	4,1E-09	1,5E-09	1,5E-09	1,1E-09	1,8E-13
PFOS	-	-	-	-	-	-	-	-
Phénanthrène	-	-	-	-	-	-	-	1,4E-13
Plomb	4,9E-05	4,9E-05	1,6E-04	1,6E-04	5,7E-05	5,7E-05	4,4E-05	3,6E-10
Pyrène	-	-	-	-	-	-	-	4,3E-13
Zinc	-	-	-	-	-	-	-	-
Somme	4,2E-04	4,2E-04	1,3E-03	1,3E-03	4,9E-04	4,9E-04	3,8E-04	8,4E-10

Bâtiment plain-pied A partir des sols	Inhalation d'air intérieur			Inhalation d'air extérieur	
	QD_inh Classe 7	ERI	CINH en mg/m3	QD_inh Classe 7	ERI
Acénaphthylène	-	1,6E-07	2,2E-03	-	3,5E-10
Anthracène	-	1,1E-07	1,5E-04	-	2,1E-10
Dioxine (2,3,7,8-tcdd)	2,7E-04	-	5,4E-11	8,8E-06	-
Fluoranthène	-	3,0E-09	4,1E-05	-	9,3E-12
Mercure	1,7E-02	-	2,6E-05	9,4E-05	-
Phénanthrène	-	9,3E-08	1,3E-03	1,4E-04	1,7E-08
Pyrène	-	1,8E-09	2,5E-05	-	2,3E-10
Somme	1,7E-02	3,7E-07		2,4E-04	1,8E-08

Bâtiment plain-pied A partir des Eaux souterraines	Inhalation d'air intérieur			Inhalation d'air extérieur	
	QD_inh Classe 7	ERI	CINH en mg/m3	QD_inh Classe 7	ERI
Acénaphthylène	-	1,3E-11	1,7E-07	-	1,5E-14
Acénaphthène	-	2,3E-11	3,1E-07	-	2,7E-14
Anthracène	-	2,7E-10	3,7E-07	-	3,2E-13
Dioxine (2,3,7,8-tcdd)	2,9E-03	-	5,8E-10	7,7E-06	-
Fluoranthène	-	2,0E-11	2,7E-07	-	1,9E-14
Fluorène	-	1,6E-11	2,2E-07	-	1,9E-14
Phénanthrène	-	1,9E-11	2,6E-07	-	2,4E-14
Pyrène	-	1,4E-11	1,9E-07	-	1,0E-14
Somme	2,9E-03	3,8E-10		7,7E-06	4,3E-13

A partir des sols	Ingestion de sol		Inhalation de poussières	
	QD_inh Classe 7	ERI	QD_inh Classe 7	ERI
Acénaphthylène	-	2,4E-11	-	3,0E-14
Aliphatique C>16 C35	1,0E-05	-	-	-
Anthracène	1,9E-07	2,4E-10	-	3,0E-13
Antimoine	1,4E-04	-	4,2E-06	-
Aromatique C>21 C35	7,0E-04	-	-	-
Baryum	3,6E-04	-	1,1E-04	-
Benzo (a) Anthracène	-	6,8E-09	-	8,5E-12
Benzo (b) Fluoranthène	-	3,8E-09	-	4,8E-12
Benzo (g h i) pérylène	5,0E-06	6,4E-10	-	8,0E-13
Benzo (k) Fluoranthène	-	9,7E-10	-	1,2E-11
Benzo(a)pyrène	5,9E-04	7,5E-08	1,3E-04	9,4E-11
Chrysène	-	5,9E-10	-	7,3E-13
Cuivre	2,6E-04	-	5,8E-05	-
Dioxine (2,3,7,8-tcdd)	7,3E-03	-	1,9E-07	-
Fluoranthène	6,7E-06	1,2E-10	-	1,4E-13
Indeno(1,2,3,c,d)Pyrène	-	5,7E-09	-	7,1E-12
Mercure	1,5E-04	-	4,2E-07	-
Naphtalène	1,3E-06	1,3E-09	1,0E-09	1,3E-13
PFOS	9,4E-04	1,6E-09	-	-
Phénanthrène	1,7E-06	2,9E-11	-	3,7E-14
Pyrène	7,1E-06	9,2E-11	-	1,1E-13
Zinc	5,0E-04	-	-	-
Somme	1,1E-02	9,7E-08	3,0E-04	1,3E-10



Acteur majeur de l'ingénierie de l'environnement
et de la valorisation des territoires



EAU

Évaluation, exploitation, gestion et sécurisation de la ressource en eau, géothermie, eau potable et assainissement, traitement des eaux industrielles, aménagements hydrauliques et restauration écologique



ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL

Évaluation, gestion et valorisation des sites et sols pollués, dossiers réglementaires, risques industriels, audits et conseils, clés en main et maîtrise d'œuvre de travaux de dépollution, ingénierie de l'air



INFRASTRUCTURES

Géotechnique, fondations et terrassements, ouvrages et structures, déconstruction, désamiantage, déplombage, gestion et valorisation des matériaux et des déchets, aménagements urbains, risques naturels



MESURES ET GESTION DES DONNÉES

Mesures d'eau, de pollution atmosphérique, d'exposition professionnelle, d'air ambiant, d'air intérieur

Modélisation, simulation numérique et spatialisation, systèmes d'information et solutions pour la gestion des données environnementales

Références :



Portées
communiquées
sur demande

Établissements concernés par les certifications SSP :
Marseille, Gennevilliers, Rouen, Strasbourg, Nancy,
Lille, Toulouse, Bordeaux, Nantes, Lyon et Montpellier



Acteur majeur de l'ingénierie de l'environnement
et de la valorisation des territoires



EAU

Évaluation, exploitation, gestion et sécurisation de la ressource en eau, géothermie, eau potable et assainissement, traitement des eaux industrielles, aménagements hydrauliques et restauration écologique



ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL

Évaluation, gestion et valorisation des sites et sols pollués, dossiers réglementaires, risques industriels, audits et conseils, clés en main et maîtrise d'œuvre de travaux de dépollution, ingénierie de l'air



INFRASTRUCTURES

Géotechnique, fondations et terrassements, ouvrages et structures, déconstruction, désamiantage, déplombage, gestion et valorisation des matériaux et des déchets, aménagements urbains, risques naturels



MESURES ET GESTION DES DONNÉES

Mesures d'eau, de pollution atmosphérique, d'exposition professionnelle, d'air ambiant, d'air intérieur

Modélisation, simulation numérique et spatialisation, systèmes d'information et solutions pour la gestion des données environnementales

Références :



Portées
communiquées
sur demande

Établissements concernés par les certifications SSP :
Marseille, Gennevilliers, Rouen, Strasbourg, Nancy,
Lille, Toulouse, Bordeaux, Nantes, Lyon et Montpellier