

MISSIONS A320 : EVALUATION DES ENJEUX SANITAIRES

Réhabilitation d'un ancien site
industriel

40 boulevard de la Jamagne
GERARDMER (88)



Dossier 6800613 - Janvier 2026



Un Joli Nom
105 boulevard d'Alsace
88 400 GERARDMER

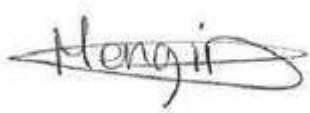
CLIENT

NOM	Un Joli Nom
ADRESSE	40 boulevard de la Jamagne 88 400 GERARDMER
INTERLOCUTEUR	M. Olivier CHASSON

ECR ENVIRONNEMENT

CHARGE D'AFFAIRES	Marion MENGIN
CHARGÉE D'AFFAIRES	Gwenaëlle BOUVET

DATE	INDICE	OBSERVATION / MODIFICATION	REDACTEUR	VERIFICATEUR
09/01/2026	01	-	M. MENGIN	G. BOUVET

Rédacteur	Superviseur
 Marion MENGIN Chargée d'affaires Environnement	 Gwenaëlle BOUVET Chargée d'affaires Environnement



RESUME TECHNIQUE

GENERALITES	
Client	Un Joli Nom - AQCIOM
Types de missions	Mission A320 Norme NF X31-620-2 « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués » (Décembre 2021)
CARACTERISTIQUES DU SITE A L'ETUDE	
Adresse	40 boulevard de la Jamagne 88 400 GERARDMER
Références cadastrales	AM n° 71, 445 et 459
Superficie	Parcelle : 9 551 m ² Zone d'étude : 9 551 m ²
Description	Ancien site industriel incluant une activité de mise en œuvre de produits de préservation du bois
Environnement	Urbain (industriel et résidentiel)
Projet	Construction d'un ERP activité récréative (bowling, laser-game, trampoline...)
SYNTHESE DES MISSIONS	
A320 : Analyse des enjeux sanitaires	Sur la base des résultats de la campagne de contrôle de la qualité des gaz du sol de décembre 2025, une évaluation quantitative du risque sanitaire ont été réalisé pour le scénario, à partir des concentrations anormales en composés mesurées dans les gaz du sol : l'exposition des futurs travailleurs (adultes) et des enfants par inhalation des polluants se dégazant du sol, à l'intérieur du futur bâtiment. D'après les hypothèses prises en compte et en prenant en compte les seuils d'intervalle de risque de $QD < 1$ et $ERI < 10^{-5}$, l'état des milieux est compatible avec l'usage récréatif tertiaire projeté selon les hypothèses citées dans le présent rapport.



GLOSSAIRE

As : Arsenic

Ba : Baryum

BASIAS : Base de données des Anciens Sites Industriels et Activités de Services

BASOL : Sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif

BDLISA : Base de données des Limites des Systèmes Aquifères

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes

Cd : Cadmium

COT : Carbone Organique Total

COHV : Composés Organo Halogénés Volatils

Cr : Chrome

Cu : Cuivre

DSH : Débourbeur Séparateur à Hydrocarbures

DICT : Déclaration d'Intention de Commencement des Travaux

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

ETM : Eléments traces métalliques

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

HCT : Hydrocarbures totaux

Hg : Mercure

ICPE : Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

IGN : Institut national de l'information Géographique et forestière

ISDD : Installation de Stockage de Déchets Dangereux

ISDI : Installation de Stockage de Déchets Inertes

ISDND : Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux

Mo : Molybdène

MTES : Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

Ni : Nickel

PCB : Polychlorobiphényle

Pb : Plomb

Sb : Antimoine

Se : Selenium

DOCUMENTS FOURNIS PAR LE CLIENT

Nom du document	Auteur	Format
Etude antérieure : mission INFOS (A100, A110, A120 et A130)	ECR Environnement	PDF
Etude antérieure : mission DIAG (A200, A210, A230 et A270)	ECR Environnement	PDF
Plan de masse du projet	AQCIOM / Dénote Architecture	PDF

Le présent rapport est élaboré sur la base des documents fournis par le client (plans, description du contexte ...). En cas de modifications du projet impactant l'interprétation environnementale du site d'étude (changement de l'usage futur, de l'emprise du projet ...), le client se doit d'en informer son interlocuteur privilégié afin de réadapter le rapport aux nouvelles contraintes du projet. Toutes modifications de projet non-signalées ou effectives après le rendu de ce rapport ne pourra faire l'objet de réclamations.

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION.....	5
2.	PRESENTATION DU SITE.....	6
2.1.	LOCALISATION ET IDENTIFICATION	6
2.2.	DESCRIPTION DU PROJET.....	8
3.	RAPPEL DES PRESTATION ANTERIEURES.....	11
3.1.	MISSION INFOS	11
3.2.	MISSION DIAG.....	13
4.	SCHEMA CONCEPTUEL.....	22
4.1.	SOURCES	22
4.2.	CARACTERISATION DES CIBLES	23
4.3.	VOIES DE TRANSFERT ET D'EXPOSITION.....	23
5.	ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES (A320)	26
5.1.	CARACTERISATION DU SITE ET DES COMPOSES RETENUS	26
5.1.1.	<i>Sources, voies d'exposition résiduelles et cibles retenues</i>	<i>26</i>
5.1.2.	<i>Sélection des substances et des concentrations retenues</i>	<i>26</i>
5.2.	ÉVALUATION DE L'EXPOSITION – CHOIX DU MODELE	27
5.2.1.	<i>Sélection du modèle</i>	<i>27</i>
5.2.2.	<i>Sélection des paramètres de modélisation.....</i>	<i>28</i>
5.3.	DETERMINATION DES EXPOSITIONS	29
5.3.1.	<i>Méthodologie appliquée.....</i>	<i>29</i>
5.3.2.	<i>Choix des VTR utilisées.....</i>	<i>29</i>
5.3.3.	<i>Paramètres des classes et des fréquences d'exposition</i>	<i>30</i>
5.4.	CALCUL DES RISQUES SANITAIRES	31
5.4.1.	<i>Quantification des risques</i>	<i>31</i>
5.4.2.	<i>Scénario inhalation en air intérieur</i>	<i>33</i>
5.4.3.	<i>Interprétation des QD et ERI</i>	<i>33</i>
6.	DISCUSSION DES INCERTITUDES.....	34
6.1.1.	<i>Incetitudes liées au modèle.....</i>	<i>35</i>
6.1.2.	<i>Incetitudes liées aux substances et aux concentrations retenues</i>	<i>35</i>
6.1.3.	<i>Incetitudes liées aux paramètres de modélisation</i>	<i>35</i>
6.1.4.	<i>Incetitudes liées aux données de base</i>	<i>36</i>
6.1.5.	<i>Incetitudes liées au calcul de l'exposition.....</i>	<i>37</i>
6.1.6.	<i>Conclusion sur les incertitudes</i>	<i>37</i>
7.	CONCLUSION – RESUME NON TECHNIQUE	38

Liste des figures

Figure 1 : Localisation du site d'étude	6
Figure 2 : Délimitation cadastrale de la zone d'étude	7
Figure 3 : Description du site d'étude	7
Figure 4 : Plan de masse – Etat des lieux de février 2024 – Dénote Architecture	9
Figure 5 : Plan de masse – Projet février 2024 – Dénote Architecture	10
Figure 6 : Cartographie des résultats du diagnostic sol du 03 et 04/11/2025 (1/2) – ECR Environnement.....	18
Figure 7 : Cartographie des résultats du diagnostic sol du 03 et 04/11/2025 (2/2) – ECR Environnement.....	19
Figure 8 : Cartographie des résultats en µg/L des eaux souterraines – novembre 2025 – ECR Environnement.....	20
Figure 9 : Cartographie des résultats des gaz de sols en µg/m ³ – novembre 2025 – ECR Environnement.....	21
Figure 10 : Schéma conceptuel	25

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des prestations réalisées selon la codification de la norme NF X31-620 dans le cadre de l'étude.....	5
Tableau 2 : Synthèse des voies de transfert et d'exposition retenues dans le cadre de l'étude	24
Tableau 3 : Éléments retenus, issus du Schéma Conceptuel	26
Tableau 4 : Concentrations retenues dans les gaz du sol.....	27
Tableau 5 : Paramètres de modélisation pour le scénario inhalation intérieur	28
Tableau 6 : VTR pour voie respiratoire	30
Tableau 7 : Caractéristiques des classes d'exposition.....	31
Tableau 8 : Temps d'exposition annuel des cibles	31
Tableau 9 : Détermination des concentrations dans l'air intérieur.....	33
Tableau 10 : Récapitulatif des QD et ERI obtenus pour les différents scénarios	34

Annexes

Annexe 1 : Rapport de modélisation inhalation – MODUL'ERS (28 pages)

1. INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de réhabilitation d'un ancien site industriel, la société **AQCIOM** pour le compte de la société **UN JOLI NOM**, a missionné **ECR ENVIRONNEMENT** pour la réalisation d'une étude historique et documentaire ainsi que des investigations au droit d'un site localisé à Gerardmer (88). Ces études ont montré la présence d'impacts marqués dans les sols, les eaux souterraines et les gaz de sol, conduisant à la réalisation d'une évaluation quantitative du risque sanitaire (EQRS).

L'objectif de cette étude est le suivant :

- *Evaluer les risques sanitaires inhérents à l'état actuel du site d'étude (avant toute mesure de gestion et pour le nouvel usage projeté).*

La prestation est conforme aux préconisations de la circulaire (et de ses annexes) du 8 février 2007 et à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués du Ministère de la transition écologique et solidaire en date d'avril 2017, adaptée de la norme AFNOR NF X 31-620 « Qualité du sol – Prestations de services relatives aux sites et sols pollués » révisée en décembre 2021 pour le domaine A : « Etudes, assistance et contrôle ».

Les prestations réalisées dans le cadre de cette étude sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 1 : Liste des prestations réalisées selon la codification de la norme NF X31-620 dans le cadre de l'étude

Prestation élémentaire	Descriptif
A320	Analyse des enjeux sanitaires

Le présent document dresse la liste des hypothèses d'entrée, présente la méthodologie de réalisation de l'étude de risques sanitaires et en synthétise les résultats. Le cas échéant, des recommandations sont émises.

2. PRESENTATION DU SITE

2.1. Localisation et identification

La zone d'étude est localisée au 40 boulevard de la Jamagne à Gérardmer, dans le département des Vosges (88). Elle correspond aux parcelles cadastrales n°71, 445 et 459 de la section AM, pour une superficie totale de 9 551 m².

Selon le plan local d'urbanisme de Gérardmer (approuvé le 26/02/2025), la parcelle est classée en secteur Ue (zone urbanisée destinée aux activités économiques).

La situation géographique et l'emprise cadastrale de la zone d'étude sont présentées ci-après.

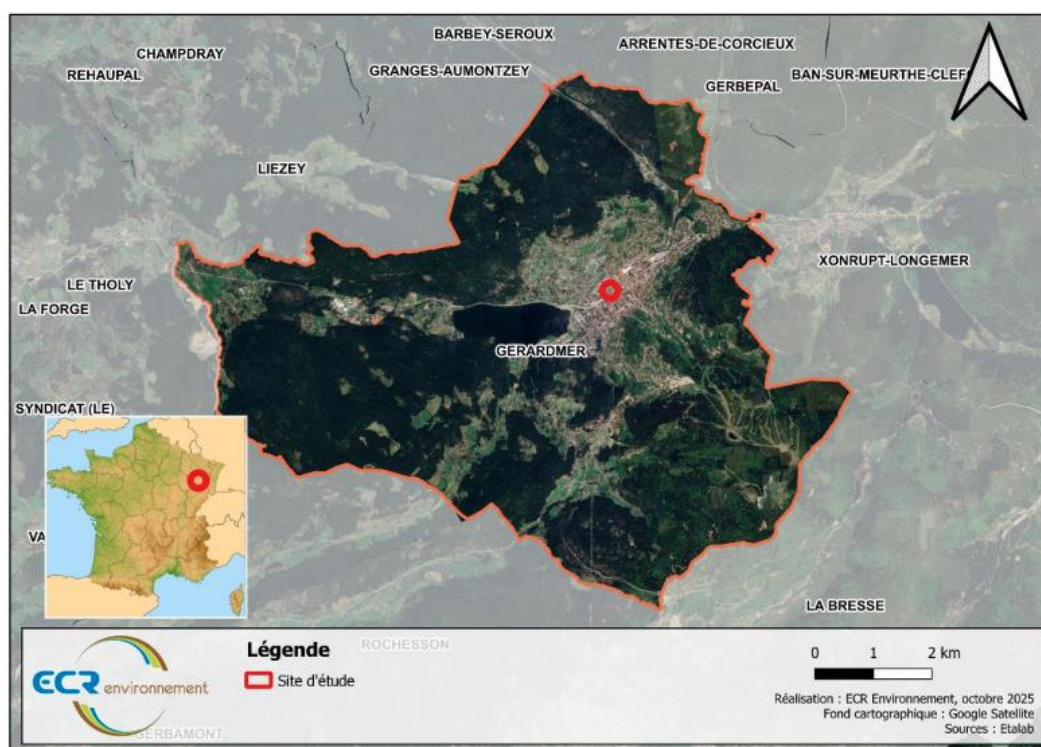


Figure 1 : Localisation du site d'étude



Figure 2 : Délimitation cadastrale de la zone d'étude

Le site d'étude est composé d'un grand bâtiment, appelé bâtiment A, et d'un bâtiment de type entrepôt appelé bâtiment B. La société de traiteur « Traiteur Events Gérardmer » exerce dans une partie du bâtiment A et occupe également le bâtiment B. Cette activité est exercée sur site depuis 2015.



Figure 3 : Description du site d'étude

2.2. Description du projet

Le projet consiste au réaménagement d'un ancien bâtiment industriel en activité récréative dans la ville de Gérardmer. Le bâtiment aura un usage tertiaire, il sera fréquenté par des travailleurs et un accueil plus au moins important de la population générale (adultes et enfants).

Le terrain a une superficie totale de 9 551 m², les espaces verts occuperont 1 575 m² du site soit un total de 16,49% du site. 50 % des parkings seront réalisés en matériaux perméables. Au stade du projet, aucun potager n'est prévu. Cependant, il est prévu de planter 12 cerisiers à fleurs, 14 érable champêtre et 21 tilleuls soit un total de 47 arbres du l'ensemble du site. Le cerisier est un arbre fruitier mais surtout ornemental.

Le projet d'aménagement concerne le bâtiment A. Il est composé des installations suivantes :

- 2 espaces pour des jeux d'arcades (67,72 m² et 29,31 m²) ;
- Un mini karting 52,46 m² ;
- Un espace grand jeu ;
- Un espace TODDLER ;
- Un bowling de 8 pistes de 420 m² ;
- Un laser Game de 393,34 m² ;
- Un karaoké de 25 m² ;
- Une quiz boxing 24,98 m² ;
- Un trampoline de 540,52 m².

Des espaces techniques, des sanitaires et un local transformateur sont également prévus.

Le projet prévoit la démolition partielle du bâtiment B pour la création d'un auvent qui servira de parking couvert. La partie non-démolie du bâtiment B reste inchangée. Il s'agit d'un espace pour le traiteur. Le traiteur est également présent dans une partie du bâtiment A dans la zone inscrite « Hors-opération » sur le plan de masse du projet.

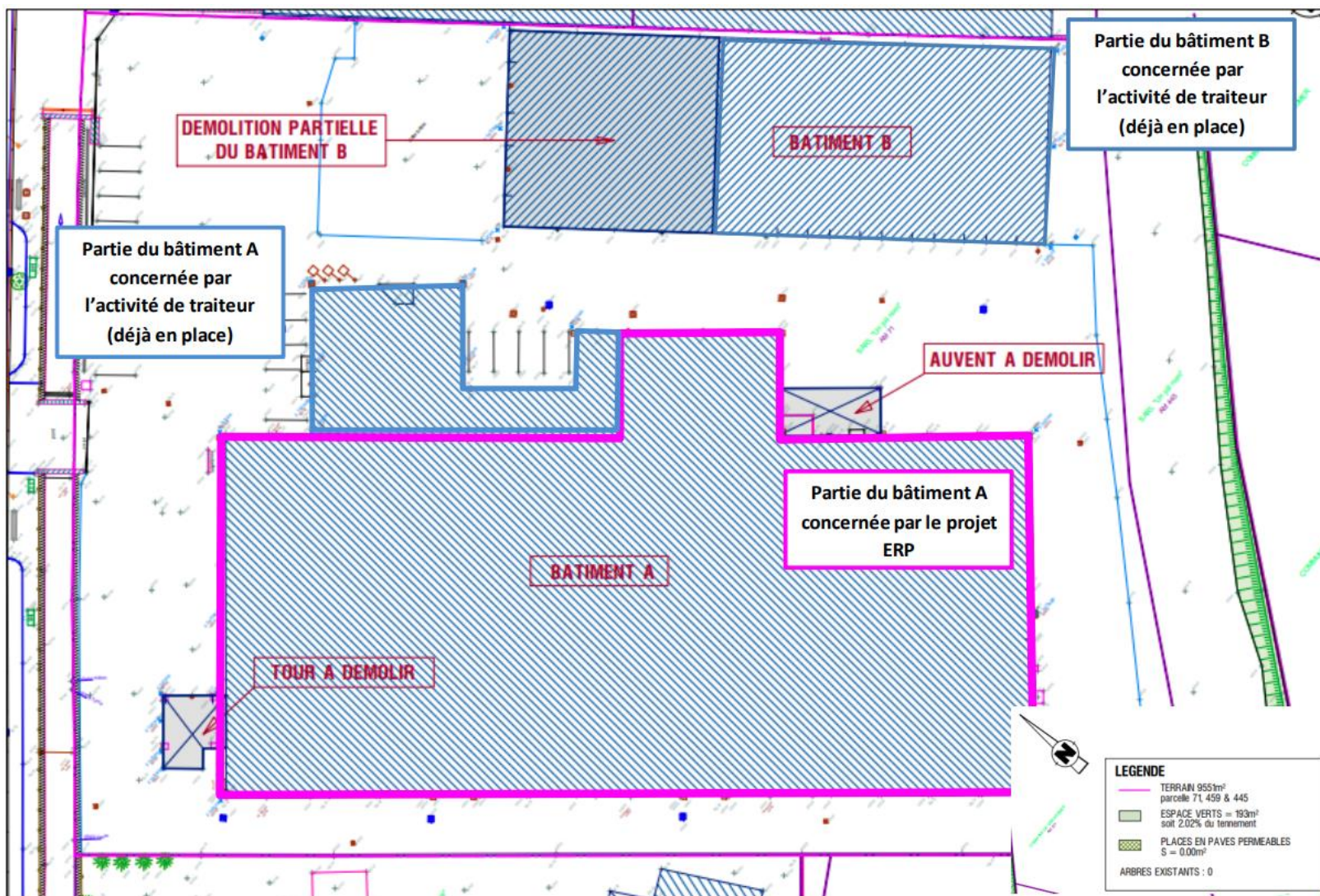


Figure 4 : Plan de masse – Etat des lieux de février 2024 – Dénote Architecture

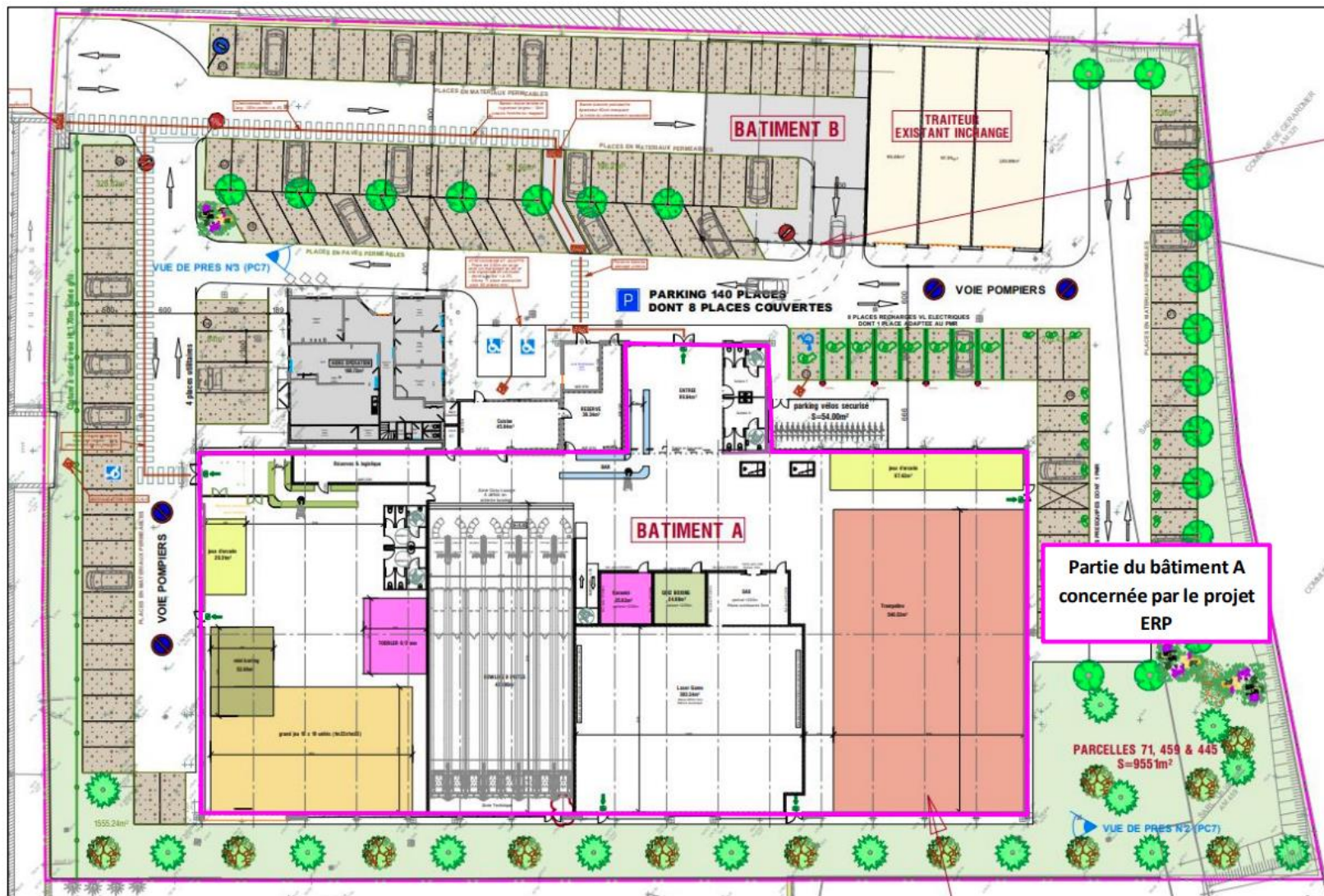


Figure 5 : Plan de masse – Projet février 2024 – Dénote Architecture

3. RAPPEL DES PRESTATION ANTERIEURES

3.1. Mission INFOS

Les informations ci-après sont issues du rapport n°6800613 réalisé par la société **ECR ENVIRONNEMENT** en Octobre 2025.

GENERALITES			
Nom du Client	Un Joli Nom – Interlocuteur Monsieur Olivier CHASSON – AQCIOM		
Adresse	108 boulevard d’Alsace 88 400 GERARDMER		
Types de prestations	Prestation INFOS (Missions A100, A110, A120, A130) Norme NF X31-620-2 « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués » (Décembre 2021)		
CARACTERISTIQUES DU SITE A L’ETUDE			
Adresse	40 boulevard de la Jamagne 88 400 GERARDMER		
Références cadastrales	Parcelles n° 71, 445 et 459 de la section AM		
Superficie	Parcelle : 9 551 m² Zone d’étude : 9 551 m²		
Projet	Construction d’un ERP activité récréative (bowling, laser-game, trampoline...)		
Usage	Usage actuel : industriel Usage projeté : tertiaire		
SYNTHESE ETUDE DOCUMENTAIRE ET HISTORIQUE			
Visite du site (A100)	Date : 16/10/2025 Contact sur site : Madame Stéphanie SAINT-POL – Propriétaire Activité actuelle : aucune activité sur site à l’exception d’une partie du bâtiment A (activité de traiteur depuis 2015) Source de pollution identifiée : aucune		
Etudes historiques documentaires et mémorielles (A110)	Sources d’information		
	Données publiques : InfoTerre, CASIAS, BASOL, IGN, ICPE, ARIA Organismes publics : archives départementales, archives DREAL		
	Synthèse		
	Contexte industriel		
		Zone d’étude	Dans un rayon de 500 m
	BASIAS/CASIAS	OUI	OUI
	Ex-BASOL	OUI	OUI
	SIS	OUI	OUI
ICPE	NON	OUI	
D’après l’étude historique et documentaire en 1935, le site d’étude étant un champ. La société CHARPENTE HOUOT, ancien et dernier exploitant de ce site, a exercé sur la parcelle du site d’étude de 1961 à 2014, une activité de mise en œuvre de produits de préservation du bois qui était soumise à la législation des installations classées pour la protection de l’environnement. En 2016, suite à la cessation d'activité du site, l’inspection des installations			

	classées a procédé à une visite d'inspection du site qui a permis de constater que les travaux de mise en sécurité ont été effectués ; en particulier les produits dangereux et les déchets ont été évacués. Les différentes mesures de mise en sécurité du site démontrent que le site est compatible avec un usage futur industriel.
Etude de vulnérabilité des milieux (A120)	Contexte topographique
	Pente : faible (0-1 %) - 658 m NGF.
	Contexte géologique
	Substrat : alluvions fluvio-glaciaires (galets et de sables)
	Contexte hydrographique
	Bassin versant : Rhin-Meuse Hydrographie en aval hydraulique : • La Jamagne adjacent au site et la Vologne à 2 km au nord-est • Usage des eaux superficielles : Loisirs nautiques, pêches, baignade • Captages AEP aval hydraulique : -
	Contexte hydrogéologique
	Masse d'eau souterraine : CG114 - Alluvions de la Meurthe, de la Moselle et de leurs affluents Usage des eaux souterraines : • Captage AEP hydraulique : site d'étude en dehors d'un Périmètre de Protection Eloignée (PPE) ou Rapprochée (PPR) d'un captage d'alimentation en eau potable. Un captage d'Alimentation en Eau Potable (adduction collective publique) est présent à 2,37 kilomètres en amont. Le PPR du captage est placé à 1 km au niveau du lac de Gérardmer. Pas d'usage AEP en aval recensé. • Autre usage en aval hydraulique : Pas d'usage en aval recensé.
	Espaces naturels remarquables sensibles
	La zone d'étude est intégrée dans le Parc naturel régional des Ballons des Vosges . <u>ZNIEFF de type I</u> : • Forêt en rive gauche de la Vologne à l'aval de Gérardmer (410030499) à 1,36 ; • Tourbière de la Chenezelle à Gérardmer (410015822) à 1,21 km du site ; • Ancienne carrière des Rochires à Gérardmer (410006945) à 1,16 km du site ; • Tourbière de la pépinière des Xettes à Gérardmer (410006944) à 2,10 km du site. <u>ZNIEFF de type II</u> : • Massif vosgien (410010387) à 350 m au nord. <u>Natura 2000 (SIC)</u> : Massif de Vologne (FR4100197) à 2,89 km au nord. <u>Natura 2000 (ZPS)</u> : Massif vosgien (FR4112003) à 430 m du site.
	Etablissements sensibles
	Parmi les établissements recevant du public, plusieurs groupes scolaires sont recensés dans un périmètre de 500 mètres autour du site d'étude ainsi qu'un centre hospitalier.
CONCLUSION	
Schéma conceptuel	Le schéma conceptuel, établi pour un usage tertiaire et le projet d'aménagement futur , a mis en évidence des risques potentiels, pour les futurs usagers de la zone d'étude, par inhalation d'air ambiant en intérieur et en extérieur, ou/et par inhalation/ingestion lors de la consommation de l'eau du réseau, par inhalation ou/et ingestion de poussières sur les zones végétalisés ou/et par consommation de fruits auto-produits disponibles sur site.

Programme prévisionnel d'investigations (A130)	Milieu	Objectif	Programme d'investigation	Analyses
	Sol	Reconnaissance des sols restant en place sous le projet	11 sondages descendus à 2 m (niveau d'eau attendu entre 1,1 et 2 m) : S1 à S11 Prélèvement : 1 échantillon tous les 1 m environ ou au changement de lithologie Au total : 30 échantillons	HCH-HCB (ISO) dont Lindane (HCH Gamma) Chlorophénols dont Pentachlorophénol HCT C5-C40, BTEX, HAP, COHV, 8 Métaux lourds
		Reconnaissance des sols dans les zones de pleine terre	6 sondages descendus à 1,0 m de profondeur : TM12 à TM17 Prélèvement : 1 échantillon à 30 cm de profondeur et jusqu'à 1 m Au total : 12 échantillons	HCH-HCB (ISO) dont Lindane (HCH Gamma) Chlorophénols dont Pentachlorophénol HCT C5-C40, BTEX, HAP, COHV, 8 Métaux lourds
	Eaux souterraines	Reconnaissance des eaux souterraines sur site	Mise en place d'un piézomètre à 5 mètres Prélèvements dans 2 piézomètres déjà présents Au total : 3 prélèvements	Chlorophénols dont Pentachlorophénol Pesticides XXL-GC dont Perméthrine + Lindane (HCH Gamma) HCT C5C10+C10C40+8ML+HAP+BTEX
	Gaz du sol	Reconnaissance des gaz des sols sous le bâtiment A	4 piézairs à 1 mètre de profondeur Au total : 4 prélèvements	Hydrocarbures volatils C5-C16 BTEX Naphtalène COHV

3.2. Mission DIAG

Les informations ci-après sont issues du rapport n°6800613 réalisé par la société **ECR ENVIRONNEMENT** en Décembre 2025.

GENERALITES	
Nom du Client	Un Joli Nom – Interlocuteur Monsieur Olivier CHASSON – AQCIOM
Adresse	108 boulevard d'Alsace 88 400 GERARDMER
Types de prestations	Prestation INFOS (Missions A100, A110, A120, A130) Norme NF X31-620-2 « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués » (Décembre 2021)
CARACTERISTIQUES DU SITE A L'ETUDE	
Adresse	40 boulevard de la Jamagne 88 400 GERARDMER
Références cadastrales	Parcelles n° 71, 445 et 459 de la section AM
Superficie	Parcelle : 9 551 m ² Zone d'étude : 9 551 m ²
Projet	Construction d'un ERP activité récréative (bowling, laser-game, trampoline...)
Usage	Usage actuel : industriel Usage projeté : tertiaire
SYNTHESE INVESTIGATIONS SUR LES SOLS	

Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols (A200) et interprétation des résultats (A270)	Sondages réalisés : 17 sondages ; Profondeur maximale : 2,5 mètres ; Nombre d'échantillons analysés : 25 échantillons. Les résultats d'analyses mettent en évidence des matériaux hétérogènes composés essentiellement de remblais. A l'intérieur du bâtiment A (futur bâtiment ERP), les résultats d'analyses mettent en évidence des concentrations en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) au droit des sondages S8, S9, S10, S11 et S12 avec des teneurs comprises entre 0,18 mg/kg MS et 39,70 mg/kg MS. Au droit de ces sondages, des teneurs en naphtalène ont été mesurées entre 0,14 et 0,29 mg/kg MS. Des fortes concentrations en hydrocarbures totaux C10-C40 (HCT) ont été détectées sur le site au niveau des sondages S13, S14 et S15 positionnés au niveau de l'ancienne zone de traitement du bois. Les sondages présentent les valeurs plus élevées de l'ensemble du site avec des teneurs comprises entre 1 400 mg/kg MS et 3 300 mg/kg MS, valeurs supérieures au seuil d'acceptabilité en filière ISDI selon l'arrêté du 12/12/2014. Les valeurs les plus élevées en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ont été observées au droit des sondages S13 et S15 positionnés au niveau de l'ancienne zone de traitement du bois, avec des teneurs comprises entre 20,60 mg/kg MS et 37,20 mg/kg MS, valeurs inférieures au seuil d'acceptabilité en filière ISDI selon l'arrêté du 12/12/2014. Au droit de ces sondages, des teneurs en naphtalène ont été mesurées entre 0,17 et 0,86 mg/kg MS. Le naphtalène est l'élément le plus volatil des HAP, il est susceptible d'occasionner des risques pour la santé humaine en cas d'inhalation. Des concentrations en Chlorophénols et Phénols (dont pentachlorophénol) ont été mesurées sur l'ensemble des échantillons des sondages S13, S14, S15 et S16, positionnés au niveau de l'ancienne zone de traitement du bois. Des concentrations en hexachlorobenzène (HCB) et en pesticides (somme de HCH) ont également été mesurées sur l'ensemble des échantillons des sondages S13, S14 et S15. Pour rappel, en 1992, une fuite d'une cuve de stockage de produit de traitement du bois a été à l'origine d'une pollution des sols et des eaux souterraines par du lindane (HCH) et du pentachlorophénol au niveau des sondages S13 à S15. Les teneurs en somme de HCH mesurées sur les échantillons du site sont comprises entre 0,005 et 1,80 mg/kg MS. Les valeurs sont nettement supérieures aux valeurs issues de la note du 9 mai 2019 « la contamination des sols par les pesticides » comprises entre 0,16 et 5 µg/kg en Lindane (hexachlorocyclohexane HCH) dans les sols métropolitains. Les teneurs les plus élevées en somme de chlorophénols (dont pentachlorophénol) mesurées sur les échantillons du site sont de 2,9 mg/kg et 3,9 mg/kg MS. Les valeurs sont inférieures à la recommandation canadienne de concentration limite pour la qualité des sols des sites industriels fixée à RQSSH = 7,6 mg/kg MS. Les résultats du diagnostic des sols réalisé par ECR Environnement permettent de mettre en évidence la persistance de l'impact des sols en pentachlorophénol et lindane (HCH) au niveau de l'ancienne zone de traitement du bois S13, S14 et S15, ainsi qu'un impact en hydrocarbures totaux C10-C40 (HCT) et en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Conformément à la méthodologie nationale, la gestion des sites et sols pollués repose sur la maîtrise des sources de pollution et des transferts, et la maîtrise des impacts. La circulaire d'avril 2017 précise que le traitement des sources de pollution, lorsqu'elle est facile à mettre en place, est à privilégier avant toutes autres mesures de gestion. ECR Environnement recommande la purge de la zone impactée en hydrocarbures totaux C10-C40 (HCT), en pentachlorophénol et en lindane. Les concentrations problématiques appartiennent à la zone délimitée par les sondages S23, S14 et S15, jusqu'à minimum 2 mètres de profondeur.
---	--

SYNTHESE DES INVESTIGATIONS SUR LES EAUX SOUTERRAINES	
Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines (A210) et interprétation des résultats (A270)	Ouvrages prélevés : PZ1 aval ; PZ2 aval ; PZ3 amont. Sens d'écoulement de la nappe supposé : Le sens d'écoulement local des eaux souterraines est supposé orienté du sud-ouest au nord-est, parallèle à la Jamagne. Sur les échantillons du piézomètre PZ1 aval, les résultats d'analyses mettent en évidence une détection en Tétrachloroéthylène (COHV) de 0,7 µg/l. La valeur est supérieure aux normes de qualité pour les eaux souterraines (NQE) mais inférieure aux valeurs limites de l'Annexe 1 et 2 de l'arrêté ministériel du 11 janvier 2007. Sur les échantillons du piézomètre PZ2 aval, les résultats mettent en évidence des traces en hydrocarbures aromatiques polycycliques (somme HAP : 0,068 µg/l) et en hydrocarbures totaux (HC fraction C12-C16 : 11 µg/l). Les concentrations sont inférieures aux valeurs limites de l'Annexe 1 et 2 de l'arrêté ministériel du 11 janvier 2007. Les résultats mettent en évidence une détection en chlorobenzène (1,4-Dichlorobenzène et 1,3-Dichlorobenzène). La somme des valeurs (0,235 µg/l) est inférieure aux normes de qualité pour les eaux souterraines et aux valeurs limites de l'Annexe 2 de l'arrêté ministériel du 11 janvier 2007. Une détection en pesticides a également été mise en évidence (Endosulfane sulfate et bêta-Endosulfane). La somme des valeurs (0,19 µg/l) est inférieure aux normes de qualité pour les eaux souterraines et aux valeurs limites de l'Annexe 2 de l'arrêté ministériel du 11 janvier 2007. En réalisant la somme de l'ensemble des valeurs détectées en 1,4-Dichlorobenzène ; 1,3- Dichlorobenzène ; Endosulfane sulfate et bêta-Endosulfane, sur les échantillons du piézomètre PZ2, on obtient la concentration totale en pesticides : 0,425 µg/l. Cette somme totale est légèrement inférieure à la norme de qualité pour les eaux souterraines fixée à 0,5 µg/l et à la valeur limite de l'Annexe 1 de l'arrêté ministériel du 11 janvier 2007. Sur les échantillons du piézomètre PZ3 amont, les résultats d'analyses mettent en évidence des traces en hydrocarbures aromatiques polycycliques (somme HAP : 0,24 µg/l). Les concentrations sont inférieures aux valeurs limites de l'Annexe 1 et 2 de l'arrêté ministériel du 11 janvier 2007.
SYNTHESE DES INVESTIGATIONS SUR LES GAZ DE SOL	
Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz de sol (A230) et interprétation des résultats (A270)	Ouvrages prélevés : PzA1, PzA2, PzA3, PzA4 Supports analysés : CA Les résultats d'analyses mettent en évidence : - La présence de teneurs en hydrocarbures aliphatiques et aromatiques au droit des 4 ouvrages prélevés, avec des concentrations inférieures aux valeurs guides de qualité d'Air Intérieur de l'Anses (borne R1). - La présence de teneurs en benzène (BTEX) au droit de 3 ouvrages prélevés, avec : - Pour l'ouvrage PzA1, une teneur en benzène de 6,84 µg/m³ ; - Pour l'ouvrage PzA3, une teneur en benzène de 8,66 µg /m³ ; - Pour l'ouvrage PzA4, une teneur en benzène de 9,81 µg /m³. Les teneurs en benzène sont supérieures à la valeur guide de qualité d'Air Intérieur de l'Anses (borne R1) au droit des ouvrages PzA1, PzA3 et PzA4. - La présence de COHV (tétrachloroéthylène) dans les piézaires PzA1, PzA2 et PzA3 avec des teneurs faibles et inférieures à la valeur guide de qualité d'Air Intérieur de l'Anses (borne R1). - La présence de teneurs en naphtalène (HAP) au droit de 4 ouvrages prélevés, avec des concentrations plus importantes dans les piézaires PzA1 et PzA3 : - Pour l'ouvrage PzA1, une teneur en naphtalène de 25,00 µg /m³ ; - Pour l'ouvrage PzA3, une teneur en naphtalène de 32,71 µg /m³. Les teneurs en naphtalène sont supérieures à la valeur guide de qualité d'Air Intérieur de l'Anses (borne R1) au droit des ouvrages PzA1 et PzA3. Les résultats d'analyses mettent en évidence le dépassement de la borne R1 (valeur guide de qualité d'Air Intérieur de l'Anses) pour le benzène au droit des piézaires PzA1, PzA2 et PzA3 ainsi qu'un dépassement de la borne R1 pour le naphtalène au droit des piézaires PzA1 et PzA3. Au vu des concentrations rencontrées en benzène et naphtalène dans les gaz du sol, ECR Environnement recommande la réalisation d'une mission A320 : analyse des enjeux sanitaires. Cette prestation permet de réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS), il s'agit de calculs de risques sanitaires spécifiques aux sites et sols pollués menés dans une situation en l'état (avant toute mesure de gestion).

CONCLUSION	
Schéma conceptuel	Les résultats de l'étude ont permis de mettre en évidence : - Un impact dans les sols et les gaz du sol : au droit du bâtiment A (futur bâtiment ERP), avec des teneurs en HAP dans les sols comprises entre 0,18 mg/kg et 39,70 mg/kg, dont des teneurs en naphtalène. L'étude menée sur les gaz du sol a permis de mettre en évidence des teneurs en naphtalène (HAP) et des teneurs en benzène (BTEX) supérieures à la valeur guide de qualité d'Air Intérieur de l'Anses (borne R1). - Une zone source concentrée dans les sols : en extérieur au niveau de l'ancienne zone de traitement du bois, au droit des sondages S13, S14, S15 avec : - Des teneurs significatives en HAP comprises entre 20,60 mg/kg MS et 37,20 mg/kg MS, - Des teneurs significatives en hydrocarbures totaux C10-C40 (HCT) comprises entre 1400 mg/kg MS et 3300 mg/kg MS, - Des concentrations Chlorophénols et Phénols (dont pentachlorophénol) comprises entre 0,00035 mg/kg et 2,100 mg/kg ; - Ainsi que des teneurs en hexachlorobenzène (HCB lindane) et en pesticides (somme de HCH) comprises entre 0,005 et 1,80 mg/kg MS. - Un impact des eaux souterraines en pesticides au droit du PZ2 au niveau de la zone concentrée. Les résultats du diagnostic des milieux réalisé par ECR Environnement permettent de mettre en évidence la persistance de l'impact des sols en pentachlorophénol et lindane (HCH) au niveau de l'ancienne zone de traitement du bois (sondages S13, S14 et S15), ainsi qu'un impact en hydrocarbures totaux C10-C40 (HCT) et en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). ECR Environnement recommande la purge de la zone impactée en hydrocarbures totaux C10-C40 (HCT), en pentachlorophénol et en lindane. Sur la base des résultats obtenus et des mesures simples de gestion recommandées, l'étude du schéma conceptuel du site permet de mettre en évidence que les différents impacts en polluants sont susceptibles d'engendrer des risques sanitaires et environnementaux, pour l'usage projeté. À ce titre, des études complémentaires s'avèrent nécessaires pour vérifier la compatibilité du site avec son projet d'aménagement concernant le risque d'inhalation des polluants en intérieur dans le bâtiment A, avec la réalisation d'une mission d'analyse des enjeux sanitaires. Cette prestation permet de réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS), il s'agit de calculs de risques sanitaires spécifiques aux sites et sols pollués menés dans une situation en l'état (avant toute mesure de gestion).
	Les recommandations suivantes ne constituent pas un réel plan de gestion du site, mais ont pour but d'orienter les éventuels projets d'aménagement. Au regard des impacts identifiés dans les sols et des risques potentiels pour les usagers et la population hors site, les mesures suivantes sont recommandées : - Réaliser une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) pour le naphtalène et le benzène concernant l'inhalation des polluants à l'intérieur du bâtiment A pour un adulte travailleur et un enfant (ERP). En fonction des résultats obtenus, ECR Environnement peut recommander une 2ème campagne de prélèvement des gaz du sol dans une période plus favorable au dégazage des polluants (période estivale). Dans le cadre des futurs travaux d'aménagement, ECR Environnement recommande de : - Réaliser l'évacuation en filières adaptées des terres impactées de la zone concentrée au niveau des sondages S13, S14, S15 avec contrôle analytique des bords et fonds de fouilles ; - Mettre en place sur site un recouvrement de surface (béton ou enrobé) ou par 50 cm de terres végétales saines (après compactage). Cette mesure de gestion permettra également de se prémunir des risques liés à d'éventuelles contaminations sur les terrains superficiels non retrouvées ; - Interdire la création de cultures de pleine terre (potagers et arbres fruitiers) ; - Remblayer les tranchées d'alimentation eau potable (AEP) par des matériaux d'apports sains, interdire le passage de canalisations au droit de la zone impactée ;

- Conserver la mémoire des pollutions découvertes sur ce site.

En cas d'absence d'action de réhabilitation, ECR Environnement recommande une surveillance environnementale semestrielle (SUIVI) des eaux souterraines en aval hydraulique du site. Lorsqu'une surveillance environnementale est mise en œuvre, les résultats sont interprétés après chaque campagne de suivi et les actions appropriées sont recommandées en cas de constats d'anomalies.

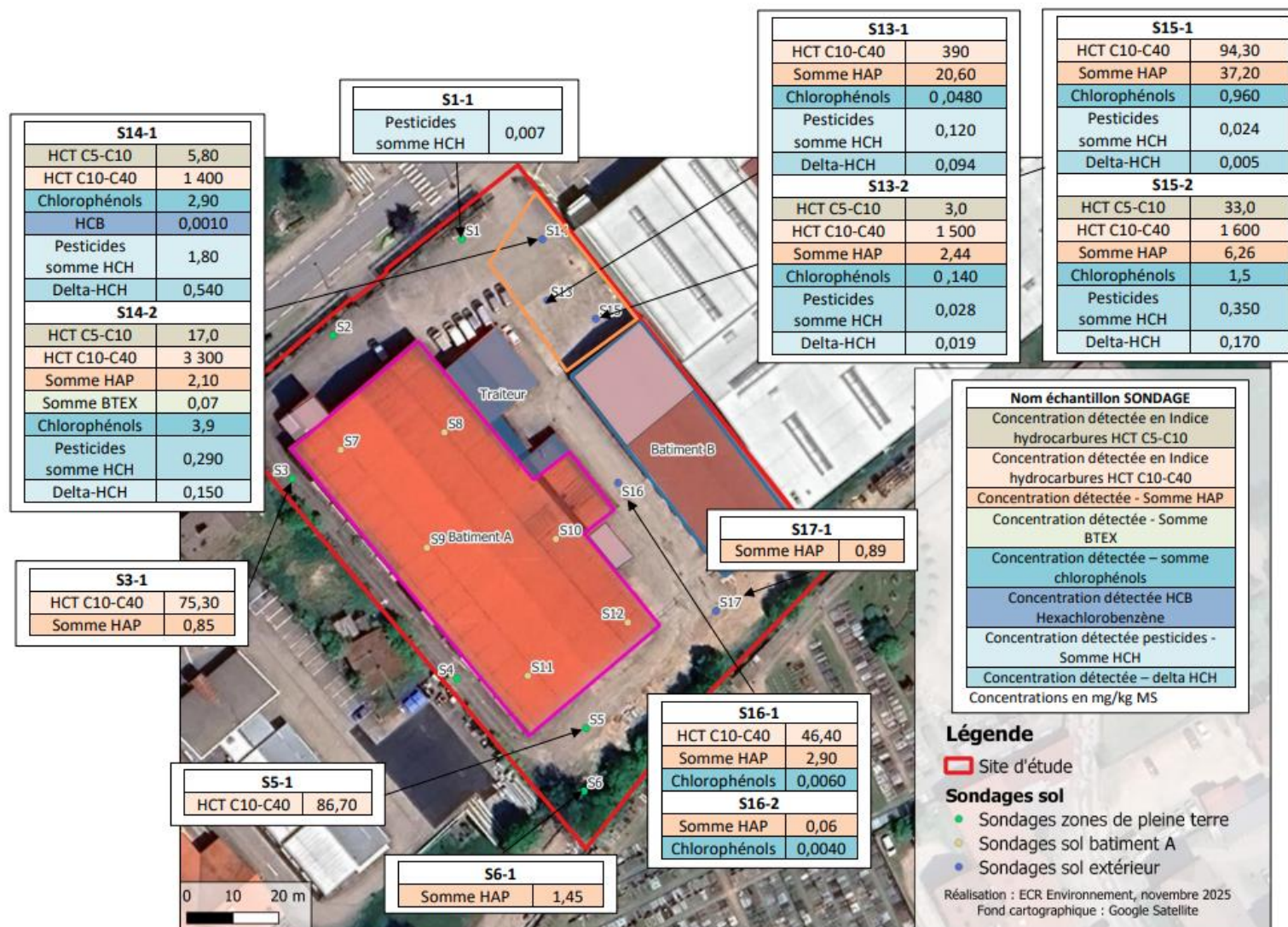


Figure 6 : Cartographie des résultats du diagnostic sol du 03 et 04/11/2025 (1/2) – ECR Environnement

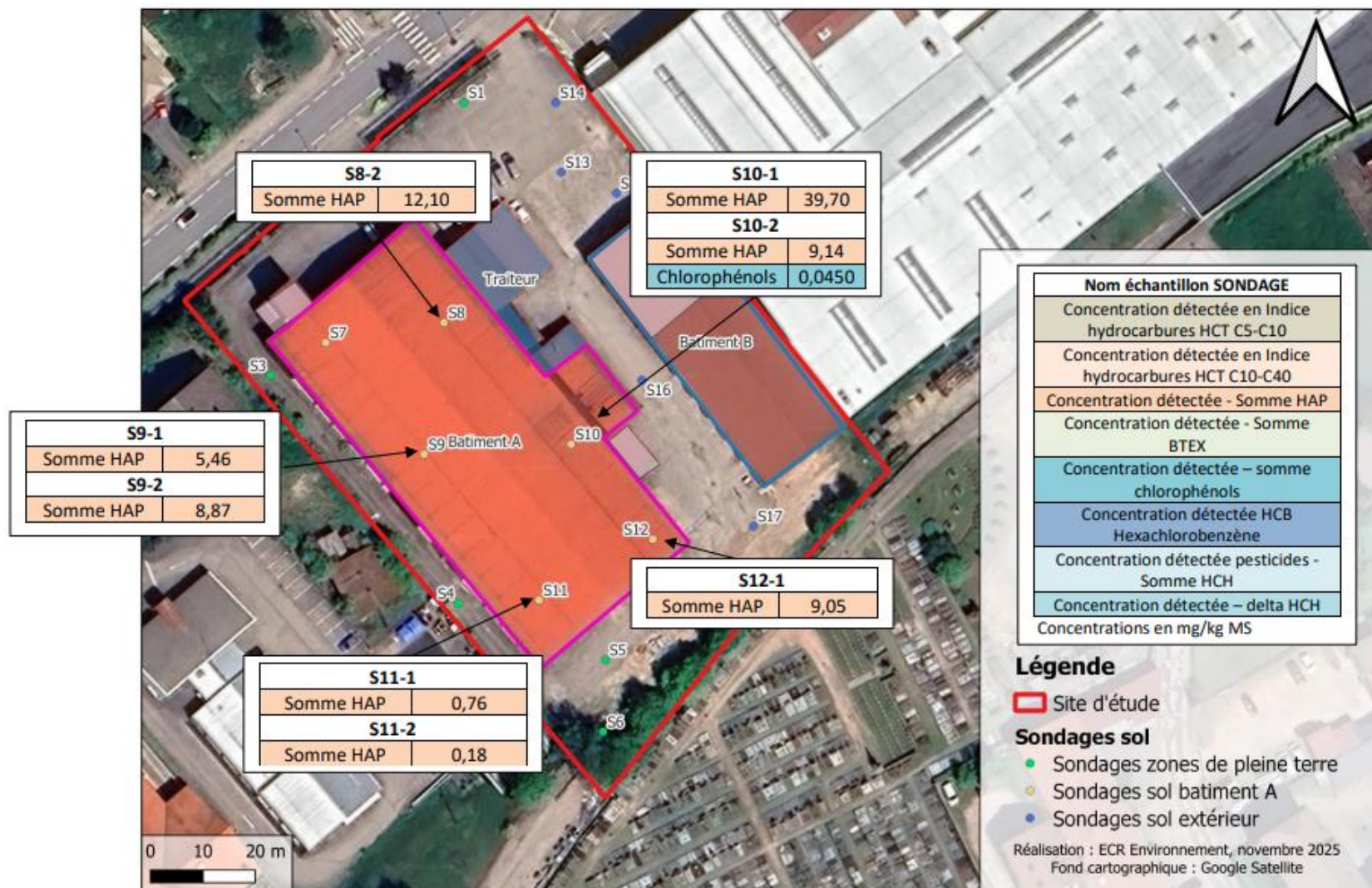


Figure 7 : Cartographie des résultats du diagnostic sol du 03 et 04/11/2025 (2/2) – ECR Environnement

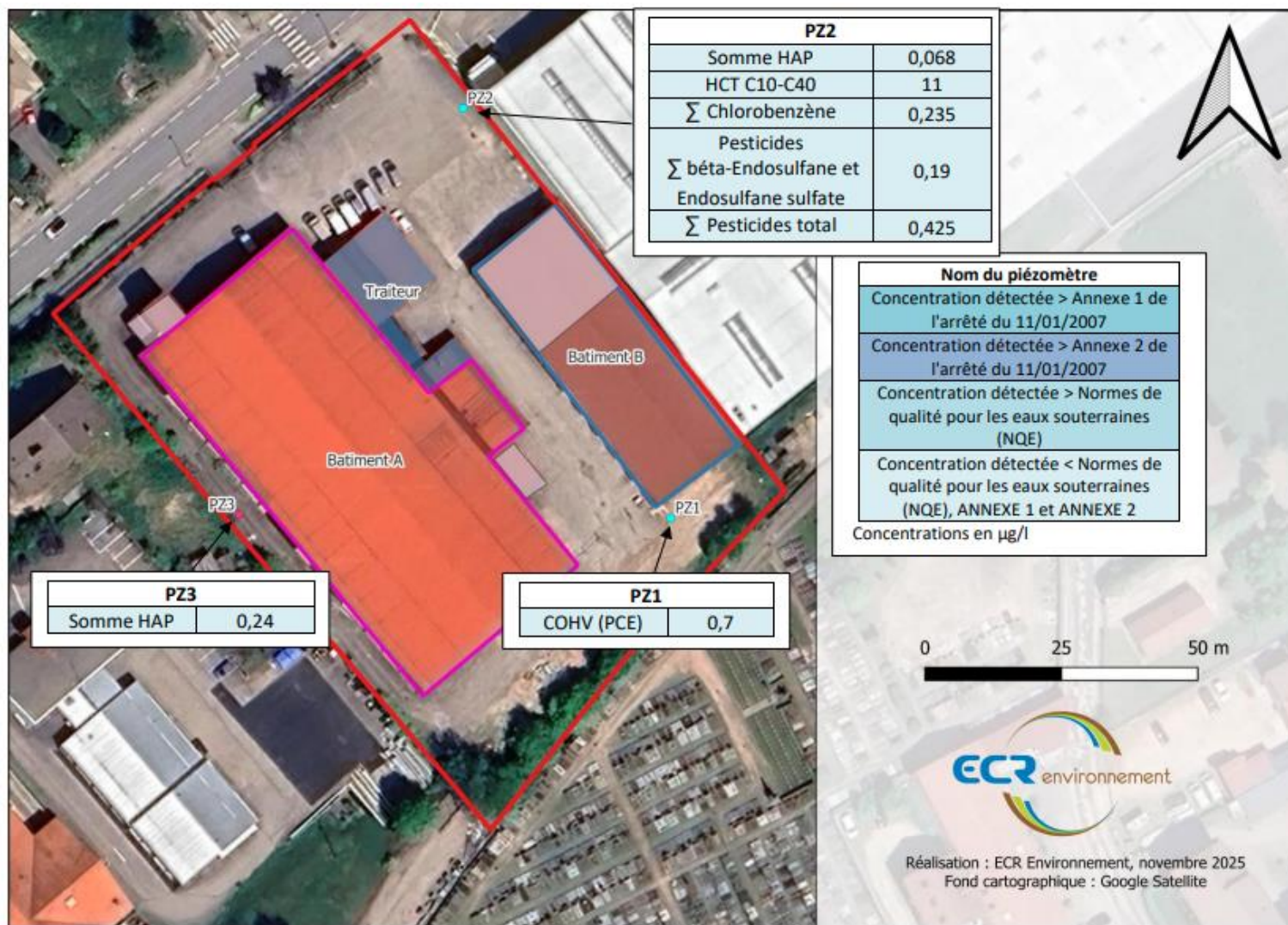


Figure 8 : Cartographie des résultats en $\mu\text{g/L}$ des eaux souterraines – novembre 2025 – ECR Environnement

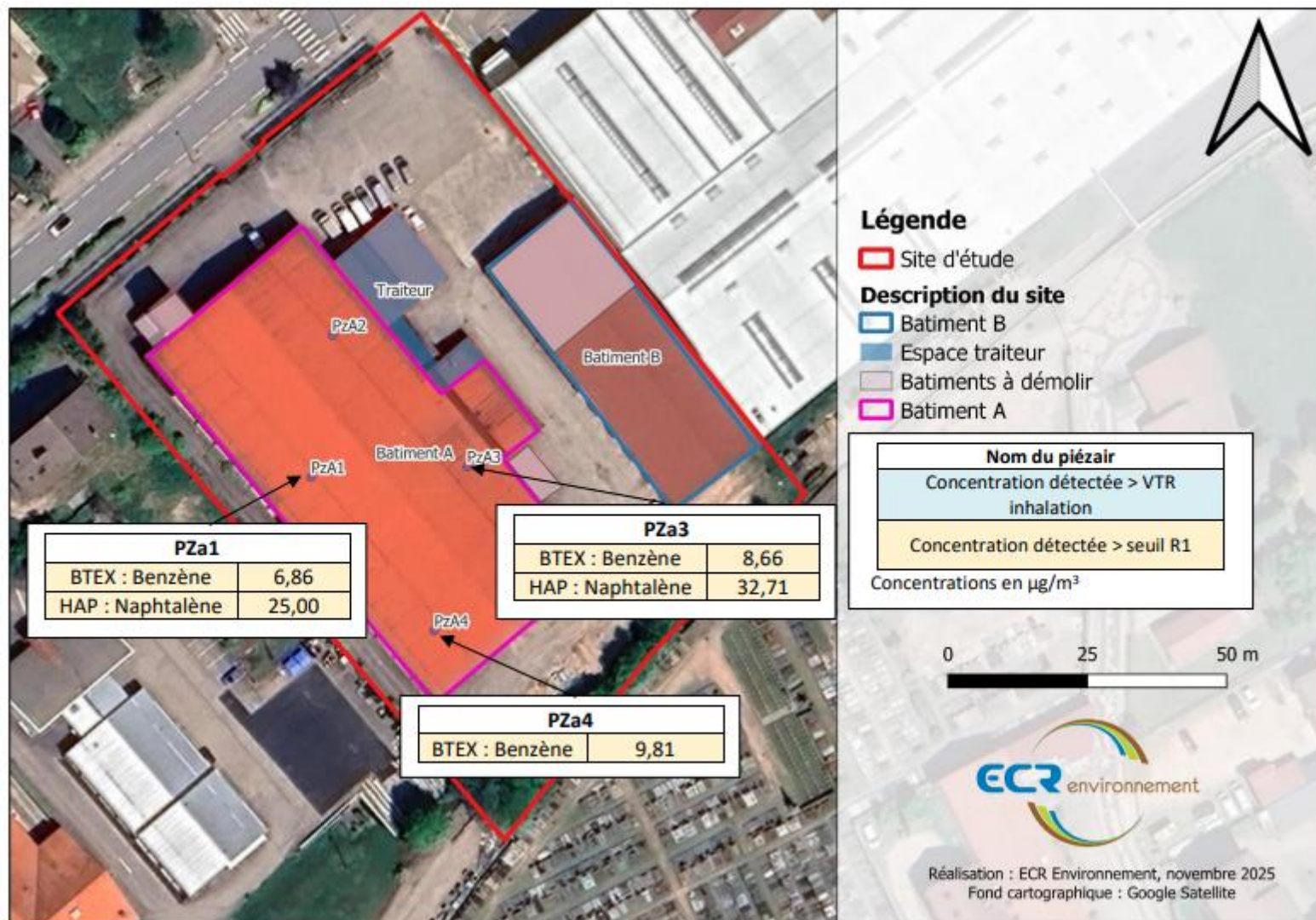


Figure 9 : Cartographie des résultats des gaz de sols en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – novembre 2025 – ECR Environnement

4. SCHEMA CONCEPTUEL

Selon la méthodologie de gestion des sites et sols pollués en application de la Note Ministérielle du 19 avril 2017, le schéma conceptuel présente de manière synthétique toutes les données collectées sur le site pour évaluer qualitativement un risque pour la population et l'environnement, au regard des usages, des modes d'exposition et des enjeux.

Cet état des lieux permet d'appréhender l'état des pollutions des milieux et les voies d'exposition aux pollutions au regard des activités constatées ou prévues.

Le schéma conceptuel s'inscrit dans une démarche progressive et itérative. A ce stade de l'étude, il présente :

- La (ou les) source(s) de pollution ;
- Les voies de transferts possibles ;
- Les cibles potentielles ;
- Les milieux d'exposition.

Il traduit le concept de « Source-Vecteur-Cible ».

Le but du schéma conceptuel est de représenter de façon synthétique tous les scénarii d'exposition directe ou indirecte, susceptibles d'intervenir. Il identifie les enjeux sanitaires et environnementaux à considérer dans la gestion du site.

4.1. Sources

Les résultats de l'étude ont permis de mettre en évidence :

Milieu sol :

Les résultats de l'étude ont permis de mettre en évidence sous le bâtiment A (futur bâtiment ERP), des concentrations en HAP au droit des sondages S8 à S12, avec des teneurs comprises entre 0,18 mg/kg MS et 39,70 mg/kg MS, dont des teneurs en naphtalène comprises entre 0,14 et 0,29 mg/kg MS.

Les résultats de l'étude ont permis de mettre en évidence une zone concentrée au niveau de l'ancienne zone de traitement du bois au droit des sondages S13, S14, S15 avec :

- Des teneurs significatives en HAP comprises entre 20,60 mg/kg MS et 37,20 mg/kg MS ;
- Des teneurs significatives en hydrocarbures totaux C10-C40 (HCT) comprises entre 1 400 mg/kg MS et 3 300 mg/kg MS ;
- Des concentrations Chlorophénols et Phénols (dont pentachlorophénol) comprises entre 0,00035 mg/kg et 2,100 mg/kg ;
- Des teneurs en hexachlorobenzène (HCB lindane) et en pesticides (somme de HCH) comprises entre 0,005 et 1,80 mg/kg MS.

Milieu eau souterraine :

Les résultats d'analyses mettent en évidence un impact des eaux souterraines en pesticides au droit du PZ2 au niveau de la zone concentrée.

Milieu gaz du sol :

Les résultats d'analyses mettent en évidence un impact en benzène (BTEX) au droit des ouvrages prélevés, avec des teneurs en benzène supérieures à la valeur guide de qualité d'Air Intérieur de l'Anses (borne R1).

Les résultats d'analyses mettent en évidence un impact en naphtalène (HAP) au droit des ouvrages prélevés. Les teneurs en naphtalène sont supérieures à la valeur guide de qualité d'Air Intérieur de l'Anses (borne R1) au droit des ouvrages PzA1 et PzA3.

4.2. Caractérisation des cibles

La cible principale considérée est l'humain, qu'il soit atteint de manière directe ou indirecte. Ici, les cibles potentielles sont les futurs usagers de la zone d'étude : les travailleurs (femme adulte, homme adulte) qui seront les usagers quotidiens du site ainsi que la clientèle (femme adulte, homme adulte, enfants). Le schéma conceptuel est établi sur la base du projet d'aménagement à la date de la présente étude (Bâtiment A : ERP, sans sous-sol).

Pour couper les risques de transfert et d'exposition au droit du futur projet, nous recommandons la mise en place des mesures simples de gestion, ci-dessous :

- L'évacuation en filières adaptées des terres impactées de la zone concentrée au niveau des sondages S13, S14 et S15 ;
- Le recouvrement de surface (béton ou enrobé) ou par 50 cm de terres végétales saines (après compactage). Cette mesure de gestion permettra également de se prémunir des risques liés à d'éventuelles contaminations sur les terrains superficiels non retrouvées ;
- Les réseaux d'eau potable devront être mis en place dans des tranchées comblées par des matériaux sains.

Ces mesures simples de gestion ont été prises en compte dans l'évaluation des risques présentée ci-après.

4.3. Voies de transfert et d'exposition

Les voies de transfert potentielles de la source vers les autres milieux et les voies d'exposition associées, **avec la réalisation de mesure de gestion particulière** (purge de la zone concentrée en extérieur) et sous réserve de la représentativité des investigations réalisées, sont listées dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Synthèse des voies de transfert et d'exposition retenues dans le cadre de l'étude

Polluants potentiels significatifs supposés	Voies de transfert		Milieu d'exposition	Voies d'exposition	Cibles	Conclusion	
	Primaires	Secondaires				Risque d'exposition possible ?	Justification
HCT, HAP, BTEX Chlorophénols (Pentachlorophénol), gamma-hexachlorocyclohexane HCH (lindane)	Ingestion	-	Sol de surface	Ingestion de sol Contact cutané	Travailleurs (adulte : femme et homme) (Fréquentation quotidienne) Public (adulte : femme et homme, enfants) (Fréquentation ponctuelle)	NON	Non concerné, aucune pollution significative a été mise en évidence au droit des espaces verts et des zones de pleine terre.
	Envol de poussière	-	Air ambiant ext.	Inhalation, Ingestion de poussières/Contact cutané		NON	Non concerné, aucune pollution significative a été mise en évidence au droit des espaces verts et des zones de pleine terre.
	Dégazage	-	Air ambiant int. ext.	Inhalation d'air		OUI	Concerné, des polluants volatils (benzène et naphtalène) ont été détectés dans les gaz du sols issus des piézajirs du futur bâtiment ERP. Les concentrations obtenues sont supérieures à la valeur guide de qualité d'Air intérieure. Le risque de dégazage en intérieur n'est pas à exclure. ECR Environnement recommande la réalisation d'une analyse des enjeux sanitaires avec une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS).
	Perméation	-	Eau du réseau	Ingestion, contact cutané avec l'eau du réseau		NON	La présence de polluants dans les sols sous-jacents peut entraîner une contamination des conduites d'Alimentation en Eau Potable (AEP) par perméation. De ce fait, tranchées AEP doivent être remblayées par des matériaux sains (voir Recommandations).
		Dégazage	Air ambiant	Inhalation lors de l'utilisation de l'eau		NON	
	Bioaccumulation	-	Légumes, bétail...	Consommation de légumes, viandes		NON	Non concerné, en raison de l'absence de jardin et de bétails sur le site d'étude. Le projet doit exclure l'implantation de cerisiers à fleurs (arbres à fruits) selon le plan d'aménagement.
	Migration verticale (transfert sol vers la nappe)	-	Eaux souterraines	Ingestion d'eau, Contact cutané, Irrigation		NON	Aucun impact des eaux souterraines après la purge des matériaux impactées en pesticides et en hydrocarbures.
		Dégazage	Air ambiant	Inhalation d'air		NON	Aucun impact des eaux souterraines après la purge des matériaux impactées en pesticides et en hydrocarbures.
	Migration latérale (via les eaux souterraines vers l'extérieur du site)	-	Eaux souterraines	Ingestion, contact cutané, inhalation, irrigation		NON	Aucun impact des eaux souterraines après la purge des matériaux impactées en pesticides et en hydrocarbures.
			Air ambiant	Inhalation d'air		NON	Aucun impact des eaux souterraines après la purge des matériaux impactées en pesticides et en hydrocarbures.
	Migration eaux de ruissellement vers eaux superficielles	-	Eaux superficielles	Usage des eaux superficielles (baignade, pêche, activités nautiques)		NON	Après la purge de la zone impactée, le risque de contamination des cours d'eaux par le ruissellement des eaux est minime

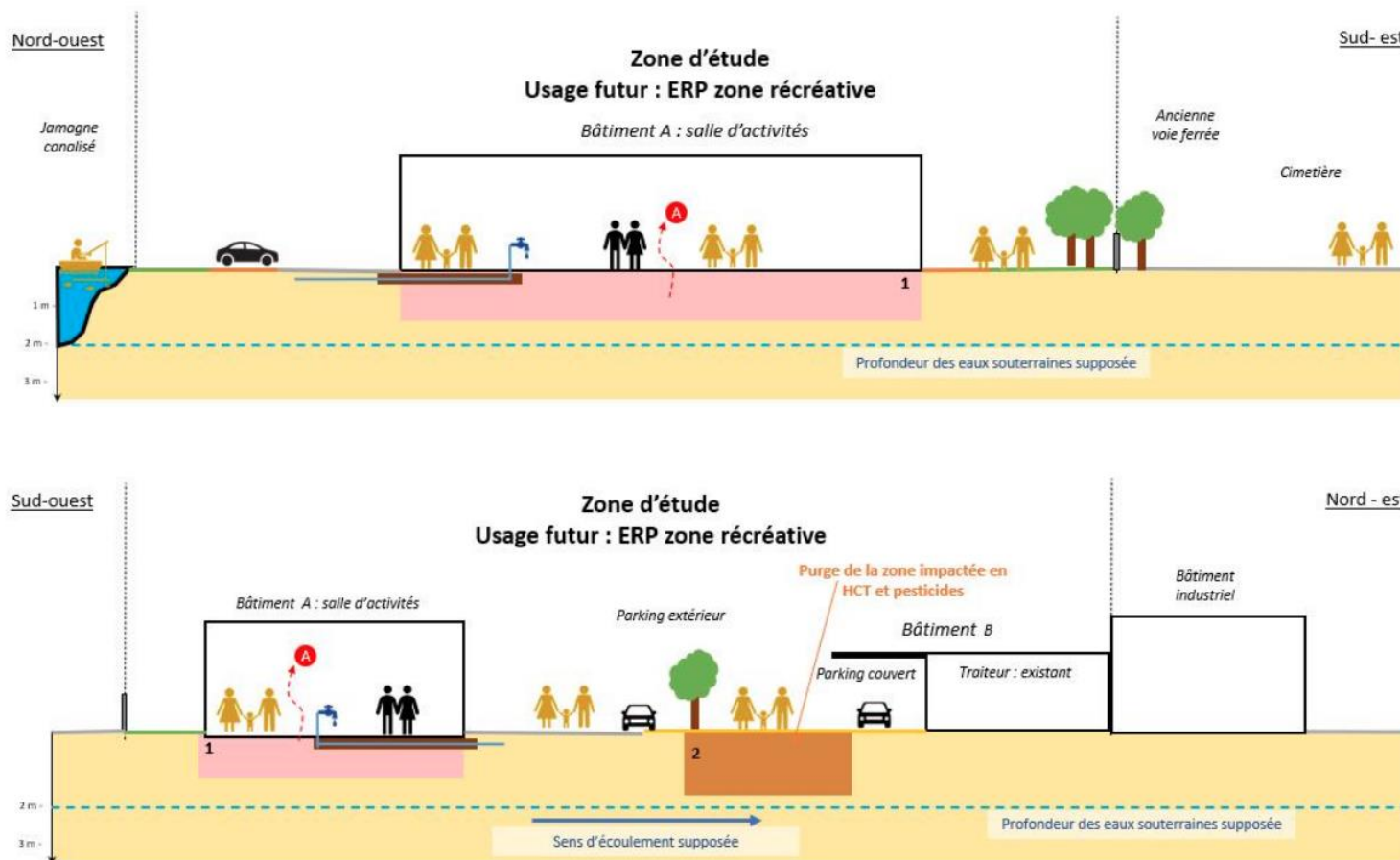


Figure 10 : Schéma conceptuel

Source de pollutions :	Lithologie :	Voies de transferts :	Voies d'expositions :	Cibles :
1 Valeurs en HAP dans les sols et les gaz du sol	— Béton / Enrobé	Volatilisation	A Inhalation de composé volatils	Adultes salariés
2 Ancienne zone de traitement du bois impactée en HAP, HCT, Chlorophénols et Phénols et pesticides,	— Terrain Végétalisé	Migration vers la nappe	B Inhalation de poussières / ingestion de sol	Adultes et enfants
	— Matériaux perméables parking	Envol de poussières	C Ingestion / contact cutané avec eau du réseau	?
	— Alluvions Sables et graviers	Perméation	D Ingestion / contact cutané avec eaux souterraines et superficielles	Incertitude
	— Apport matériaux sains AEP	Pompage, usage halieutique, usage récréatif	E Consommation de légumes autoproduits	
	— Apport matériaux sains - SPOT purgé	Migration eaux de ruissellement vers eaux superficielles		

5. ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES (A320)

Les différentes étapes de l'Analyse des Enjeux Sanitaires, détaillées dans les paragraphes qui suivent, sont les suivantes :

- **Etape 1** : Identification des dangers basée sur le schéma conceptuel afin de déterminer les sources de pollution résiduelles, les vecteurs de transferts potentiels et les cibles ou personnes identifiées,
- **Etape 2** : Détermination des concentrations dans les milieux d'exposition et estimation de la relation dose-effet pour les substances retenues,
- **Etape 3** : Estimation des expositions et caractérisation du risque sanitaire associé,
- **Etape 4** : Étude des incertitudes de l'étude.

5.1. Caractérisation du site et des composés retenus

L'exposition résiduelle de la population ne peut avoir lieu que lorsque sont présents simultanément une source, une voie d'exposition et une cible, ce qui est le cas du site d'étude.

5.1.1. Sources, voies d'exposition résiduelles et cibles retenues

D'après le Schéma Conceptuel établi précédemment, les sources, les voies de transferts, le milieu d'exposition et les cibles retenues sont les suivantes :

Tableau 3 : Éléments retenus, issus du Schéma Conceptuel

Sources	Voies de transfert	Milieux d'exposition <i>Voie d'exposition</i>	Cibles
CONTAMINATION DES GAZ DE SOL HYDROCARBURES, BTEX, NAPHTALENE, COHV	Volatilisation des polluants vers l'air ambiant intérieur	En intérieur, par inhalation d'air	Futurs salariés Enfants amenés à fréquenter la zone pour des activités récréatives

Remarques :

- Le risque d'inhalation d'air extérieur a été écarté en raison de la très grande dilution à l'air libre ;
- Le risque de contact cutané, d'ingestion et d'inhalation de particules de sol contaminées mises en suspensions dans l'air a été écarté en raison du recouvrement des sols par des voiries en enrobé ou par 50 cm de terre végétale compactée (mesure de gestion simple).

5.1.2. Sélection des substances et des concentrations retenues

La sélection des composés à prendre en compte est basée sur les éléments suivants :

- Concentrations mesurées dans les différents milieux ;
- Concentrations du bruit de fond géochimique si elles sont disponibles ;

- Principales propriétés physico-chimiques des composés : volatilité et solubilité ;
- Toxicité et cancérogénicité des polluants retenus.

Suite à l'identification des voies d'exposition potentielles à l'étape du schéma conceptuel, seules les substances potentiellement volatiles sont retenues. En effet, des mesures de gestion simples (recouvrement des sols, déploiement des réseaux AEP dans matériaux sains, etc.) devront être mises en place dans le cadre du projet pour supprimer les voies d'exposition suivantes : contact cutané avec les sols contaminés, ingestion/inhalation de poussières et de particules de sol, ingestion/contact cutané avec l'eau de ville.

Selon la démarche de gestion des sites et sols pollués formalisée par la note ministérielle d'avril 2017, il faut privilégier pour l'analyse des risques sanitaires, les mesures directes dans le milieu d'exposition. Toutefois, aucune mesure dans l'air ambiant n'aurait été représentative de la concentration en polluants dans l'air intérieur du futur bâtiment d'habitations qui n'existe pas encore à ce jour.

Dans un premier niveau d'approche sécuritaire, la concentration maximale de chaque polluant décelé dans les gaz du sol sera retenue.

Le tableau présenté ci-dessous synthétise les teneurs en polluants retenues dans le milieu source (gaz du sol).

Tableau 4 : Concentrations retenues dans les gaz du sol

Paramètres		Fractions retenues		Echantillons
		Fractions	Teneur retenue (en µg/m³)	
BTEX	Benzène	-	9,8135	PzA4
	Ethylbenzène	-	7,0330	
	Toluène	-	2289,8266	
	Xylènes	-	40,5626	
HCT	Fraction C5-C6	Aliphatiques C5-C6	1210,3369	
	Fraction C6-C8	Aliphatiques C6-C8	294,4063	PzA2
	Fraction C8-C10	Aliphatiques C8-C10	294,4063	
		Aromatiques C8-C10	111,2202	
	Fraction C10-C12	Aliphatiques C10-C12	539,7448	
	Fraction C12-C16	Aliphatiques C12-C16	51,4809	PzA2
Naphtalène		-	32,7118	PzA3
COHV	Tétrachloroéthylène	-	22,8982	PzA1
	Trichloroéthylène	-	1,4720	PzA3

5.2. Évaluation de l'exposition – Choix du modèle

5.2.1. Sélection du modèle

Afin de quantifier le risque sanitaire que génèrent les pollutions présentes au droit du site en fonction de son futur usage, nous avons utilisé le logiciel MODUL'ERS pour réaliser ces calculs. Il s'agit d'un logiciel développé par INERIS pour la réalisation des analyses de risque.

Le scénario étudié dans cette étude est celui de l'exposition des travailleurs adultes par inhalation aux polluants se dégageant du sol, à l'intérieur des futurs locaux. L'exposition des enfants venant disposer des activités de loisir sera elle aussi étudiée.

5.2.2. Sélection des paramètres de modélisation

Le modèle comporte plusieurs niveaux de paramètres :

- Paramètres liés au sous-sol ;
- Paramètres liés à la configuration de la pollution ;
- Paramètres liés aux bâtiments et aux aménagements du site (enrobés, pelouses...) ;
- Paramètres liés aux occupants du site.

Dans le cas où certaines données ne sont pas connues, on retient les valeurs par défaut préconisées par le modèle ou les données utilisées par le groupe de travail « réutilisation des terres » (INERIS/BRGM) et le guide de gestion des résultats des diagnostics réalisés dans les lieux accueillant enfants & adolescents – Choix des valeurs permettant la construction des seuils R1, R2 et R3.

Pour le dégazage à l'intérieur du bâtiment, le modèle JOHNSON ET ETTINGER (JE), intégré dans MODUL'ERS est utilisé. En effet, dans le cadre d'un bâtiment construit sur une dalle au niveau du sol, ce modèle est le plus pertinent, et est recommandé par l'INERIS.

Les paramètres retenus pour le modèle sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 5 : Paramètres de modélisation pour le scénario inhalation intérieur

Caractéristiques	Données d'entrée	Source(s)/Justification(s)
Paramètres milieu sol		
Épaisseur de la zone polluée	2,0 m	Données terrain
Type de matériaux du sol	Remblais : sables, argile et limons contenant des bétons et briques rouges	Données terrain
Porosité du sol	0,375	Données Johnson et Ettinger pour des « sables »
Perméabilité du sol	$1,00 \cdot 10^{-10}$	Données Johnson et Ettinger pour des « sables »
Teneur en eau du sol	0,15	Données du laboratoire d'analyses
Distance entre la source de pollution et les cibles	0,15 m	Épaisseur minimale de dalle existante au droit du futur bâtiment
Bâtiment		
Surface de la plus petite pièce	15 m ² 25 m ²	Le bureau des employés : 15 m ² La salle de jeu quiz box : 25 m ²
Taux de renouvellement de l'air	$2,3 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$	Taux de ventilation du milieu où se déroule le dégazage (<i>réglementation dans un bâtiment tertiaire 25 m³/h</i>)
Coefficient de contribution du sol au RDC	100%	Absence de couche intermédiaire entre la source gaz du sol et la dalle béton
Dépression de pression entre les sols sous le bâtiment et l'intérieur du bâtiment	4 kg/m/s ²	Valeur par défaut MODUL'ERS (<i>USEPA 1997, 2004, Johnson et al. 1991, RIVM 2008</i>)
Épaisseur de la dalle	15 cm	15 cm de dalle béton minimum + finition de sol envisagé (résine, sol souple)
Contexte		
Température du sol	10°C	Valeur par défaut MODUL'ERS

Caractéristiques	Données d'entrée	Source(s)/Justification(s)
Concentration dans l'air extérieur	0 mg/m ³	Pas de contribution de l'air extérieur
Volume de la source sol	0 m ³	Pour une source infinie
Viscosité dynamique de l'air	1,8.10 ⁻⁴ g/cm/s	Valeur par défaut MODUL'ERS

5.3. Détermination des expositions

5.3.1. Méthodologie appliquée

Des extrapolations des données sont nécessaires afin de réaliser les calculs. Le logiciel les réalise en interne, cependant il est important de connaître le cheminement suivi.

Comme vu précédemment, les concentrations inhalées ont été calculées à partir de la concentration dans les gaz du sol.

Pour la voie respiratoire, la dose d'exposition est généralement remplacée par la concentration inhalée. Lorsque l'on considère des expositions de longue durée, on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour, retranscrite par la formule suivante :

$$CI = \left(\sum_i (C_i \times t_i) \right) \times F \times \frac{T}{T_m}$$

Avec :

CI : concentration moyenne inhalée (mg/m³ ou µg/m³),

C_i : concentration de polluant dans l'air inhalé pendant la fraction de temps t_i (en mg/m³),

t_i : fraction du temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée,

T : durée d'exposition (en années),

F : fréquence ou taux d'exposition nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours,

T_m : Période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée.

5.3.2. Choix des VTR utilisées

On utilise les valeurs toxicologiques de référence recommandées par l'INERIS pour la réalisation des évaluations quantitatives des risques sanitaires. Les résultats de calcul fournissent des valeurs d'exposition des utilisateurs du site aux substances polluantes présentes dans le sol. Ces valeurs se traduisent sous forme de quantité de produit absorbé par unité de poids corporel d'individu ou sous forme de concentration moyenne inhalée. Ces valeurs sont comparées aux valeurs toxicologiques de référence (VTR) afin d'évaluer le risque sanitaire.

Le choix des VTR s'est fait selon la circulaire de la DGS 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.

Les VTR sont issues d'études menées par divers organismes : ANSES, OMS, US EPA, ATSDR, OEHHA, RIVM, Santé Canada.

Principales sources concernant les VTR :

ANSES : Agence nationale de Sécurité Sanitaire de l'Alimentation, de l'Environnement et du Travail.

USEPA : United-States Environmental Protection Agency, base de données des Etats-Unis

ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry, base de données des Etats-Unis

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, base de données des Pays-Bas

OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment, base de données de l'état de Californie

Les valeurs les plus pertinentes de VTR ont été sélectionnées. Le choix des VTR a été réalisé à partir du site substances.ineris.fr, consulté en juin 2024. Nous avons d'abord sélectionné les VTR retenues par l'INERIS puis celles retenues par l'ANSES. Lorsque celles-ci ne sont pas disponibles et que plusieurs valeurs toxicologiques sont présentées, nous avons d'abord choisi celles de l'US EPA, l'OMS et l'ATSDR puis enfin celles de Santé Canada, RIVM, OEHHA et EFSA.

Le tableau ci-après présente les VTR disponibles pour les substances étudiées qui présentent des effets à seuil ou sans seuil pour la voie respiratoire.

Tableau 6 : VTR pour voie respiratoire

Composés	N° CAS	Avec seuil (mg/m ³)	Sources	Sans seuil (mg/m ³) ⁻¹	Sources	Organes Cibles*
HCT						
Fraction aliphatique C5-C6	-	18,4	TPHCWG 1998	-	-	SN, SH
Fraction aliphatique C6-C8	-	18,4	TPHCWG 1998	-	-	SN, SH
Fraction aliphatique C8-C10	-	1	TPHCWG 1998	-	-	SH, SS
Fraction aliphatique C10-C12	-	1	TPHCWG 1998	-	-	SH, SS
Fraction aliphatique C12-C16	-	1	TPHCWG 1998	-	-	SH, SS
Fraction aromatique > C8-C10	-	0,2	TPHCWG 1998	-	-	Diminution poids du corps
BTEX						
Benzène	71-43-2	1.10 ⁻²	INERIS 2021	2,6.10 ⁻²	ANSES 2014	Sang
Para- et méta-xylène	100-41-4	1,5	INERIS 2021	2,5.10 ⁻³	OEHHA 2007	SR, SH
Toluène	108-88-3	19	INERIS 2022	-	-	SNC, SR
Ethylbenzène	100-41-4	1,5	INERIS 2021	2,50E-03	OEHHA 2007	SR, SH
HAP						
Naphtalène	91-20-3	0,037	ANSES 2013	5,60E-03	ANSES 2013	SP, SS, yeux, SR
COHV						
Tétrachloroéthylène	127-18-4	0,4	ANSES 2018	0,00026	ANSES 2018	SNC, SR
Trichloroéthylène	79-01-6	3,2	INERIS 2022	1,00E-03	INERIS 2022	SR, SNC, SI, peau

*SP : Système pulmonaire / SR : système rénal / SS : système sanguin / SNC : système nerveux central / SI : système immunologique / SH : système hématopoïétique / SN : système neurologique

5.3.3. Paramètres des classes et des fréquences d'exposition

Dans le cas présent, par rapport au schéma de fonctionnement préalablement établi, **le milieu d'exposition est l'air ambiant au niveau futurs locaux, qui pourront être impactés par le dégazage de substances volatiles depuis les sols.**

L'objectif est donc de déterminer les concentrations des substances dans ce milieu d'exposition.

Les concentrations des substances sous forme gazeuse dans l'air ambiant peuvent être déterminées par :

- Des analyses directes dans l'air ambiant, non réalisées dans le cas présent ;

- Une estimation via des modèles de transfert à partir de concentrations mesurées dans l'air du sol.

Nous rappelons que la modélisation est généralement majorante par rapport à la mesure réalisée directement dans le milieu d'exposition (air ambiant).

L'INERIS fournit les caractéristiques des cibles afin de modéliser leur exposition. Ces données sont regroupées dans le tableau ci-après :

Tableau 7 : Caractéristiques des classes d'exposition

Paramètre	Source
Exposition d'un enfant de 0 à 1 an	<i>Classe 1 de MODUL'ERS</i>
Exposition d'un enfant de 1 à 3 ans	<i>Classe 2 de MODUL'ERS</i>
Exposition d'un enfant de 3 à 6 ans	<i>Classe 3 de MODUL'ERS</i>
Exposition d'un enfant de 6 à 11 ans	<i>Classe 4 de MODUL'ERS</i>
Exposition d'un enfant de 11 à 15 ans	<i>Classe 5 de MODUL'ERS</i>
Exposition d'un enfant de 15 à 18 ans	<i>Classe 6 de MODUL'ERS</i>
Exposition d'un adulte de plus de 18 ans	<i>Classe 7 de MODUL'ERS</i>
Durée d'exposition d'un individu	<i>40 ans (Exposition d'un salarié)</i>

Cette étape de l'évaluation a pour objectif de calculer la dose d'exposition (Ci) des individus sur la base des concentrations en substances polluantes dans l'air ambiant et les voies d'exposition considérées selon le scénario suivant :

Tableau 8 : Temps d'exposition annuel des cibles

Classes d'âges	Valeurs retenues
	Fraction annuelle du temps passé à l'intérieur
Classe d'âge 1	0,0178 (3h/semaine)
Classe d'âge 2	0,0178 (3h/semaine)
Classe d'âge 3	0,0178 (3h/semaine)
Classe d'âge 4	0,0178 (3h/semaine)
Classe d'âge 5	0,0178 (3h/semaine)
Classe d'âge 6	0,0178 (3h/semaine)
Classe d'âge 7	0,33 (8h/jour, temps de travail moyen)

5.4. Calcul des risques sanitaires

5.4.1. Quantification des risques

➤ Les effets à seuil

Ils correspondent aux effets aigus et à certains effets chroniques non cancérogènes, non génotoxiques et non mutagènes, dont la gravité est proportionnelle à la dose. Selon cette approche classique de la toxicologie, les effets ne surviennent que si une certaine dose est atteinte et dépasse les capacités de détoxification, de réparation ou de compensation de l'organisme : il existe donc une dose limite en dessous de laquelle le danger ne peut apparaître.

L'évaluation est de nature qualitative : un **quotient de danger (QD) inférieur ou égal à 1** signifie que l'exposition de la population n'atteint pas le seuil de dose à partir duquel peuvent apparaître des effets indésirables pour la santé humaine. Un ratio supérieur à 1 signifie que l'effet toxique peut se déclarer dans la population sans qu'il soit possible d'estimer la probabilité de survenue de cet événement.

$$QD = \frac{DJE}{VTR (oral)} \text{ ou } QD = \frac{CI}{VTR (inhalation)}$$

Avec :

QD : quotient de danger par voie respiratoire (sans unité)

VTR : valeur toxicologique de référence (mg/m³ ou mg/kg/j)

CI : concentration moyenne inhalée (mg/m³)

Dans le cadre d'une EQRS, QD ≤ 1 => Risque acceptable

Lorsqu'un quotient de danger (QD) est supérieur à 1, le nombre de cas d'effet toxique dans une population donnée n'est pas accessible mais l'apparition d'un effet toxique ne peut pas être exclue. **Lorsqu'il est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît peu probable, il n'y a théoriquement aucun cas.**

Le potentiel d'effet toxique est représenté par le rapport entre la dose ou concentration d'exposition et la valeur toxicologique de référence (VTR).

➤ Les effets toxiques sans seuil

Il s'agit des effets cancérogènes génotoxiques (et des mutations génétiques) pour lesquels la fréquence (mais non la gravité) est proportionnelle à la dose. Ces effets réputés sans seuil pourraient apparaître quelle que soit la dose reçue par l'organisme.

Ces effets sans seuil ont également été suggérés pour des manifestations autres que le cancer, comme des troubles respiratoires inflammatoires en lien avec des particules fines atmosphériques.

Il est admis que les substances cancérogènes génotoxiques agissent sans seuil de dose. Cela signifie qu'à toute inhalation non nulle d'un toxique cancérogène correspond une probabilité non nulle de développer un effet.

Cette probabilité est appelée l'Excès de Risque Individuel (ERI).

$$ERI = VTR (inhalation) \times CI \text{ ou } ERI = VTR (oral) \times DJE$$

Avec :

ERI : excès de risque individuel par voie respiratoire ou orale, sans unité

VTR : valeur toxicologique de référence

CI : concentration moyenne inhalée

DJE : Dose journalière d'exposition

Dans le cadre d'une EQRS, ERI ≤ 10⁻⁵ => Risque acceptable

5.4.2. Scénario inhalation en air intérieur

Les concentrations modélisées dans l'air extérieur sont présentées dans le tableau page suivante.

Tableau 9 : Détermination des concentrations dans l'air intérieur

Composés	Concentration gazeuse inhalable en intérieur (mg/m ³)
COMPOSES AROMATIQUES VOLATILS	
Naphtalène	7,11E-6
Benzène	3,46E-6
Toluène	7,98E-4
Ethylbenzène	2,12E-6
Xylène	1,14E-5
HYDROCARBURES TOTAUX	
HCT aliphatique C5-C6	4,85E-4
HCT aliphatique C6-C8	1,18E-4
HCT aliphatique C8-C10	1,18E-4
HCT aliphatique C10-C12	2,16E-4
HCT aliphatique C12-C16	2,06E-5
HCT aromatique C8-C10	4,45E-5
COMPOSES ORGANO-HALOGENES VOLATILS	
Trichloroéthylène	4,66E-7
Tétrachloroéthylène	6,61E-6

5.4.3. Interprétation des QD et ERI

Les détails des résultats des calculs de risques sanitaires sont présentés en **Annexe 2**.

Le tableau ci-après présente les synthèses des résultats des risques :

Tableau 10 : Récapitulatif des QD et ERI obtenus pour les différents scénarios

Voies d'exposition	Somme des QD	Polluant prépondérant dans le calcul de risque	ERI	Polluant prépondérant dans le calcul de risque
Pour les enfants de 0 à 18 ans (classes 1 à 6 de Modul'ERS)		28% pour le benzène 18% pour les HCT aliphatiques C10-C12 18% pour les HCT aromatiques C8-C10 15% pour le naphtalène 10% pour les HCT aliphatiques C8-C10 Moins de 10% pour les autres composés	1,79.10⁻⁸	54% par le benzène 24% par le naphtalène 17% pour les xylènes Moins de 10% pour les autres composés
Inhalation	1,30.10⁻⁴			
Pour les adultes de 18 à 70 ans (classe 7 de Modul'ERS)				
Inhalation	4,01.10⁻⁴			
Valeurs limites d'acceptation	1		1.10⁻⁵	

Il en ressort les résultats suivants :

- le cumul des QD est inférieur à 1 ($2,16.10^{-5}$ pour les enfants et $4,01.10^{-4}$ pour les adultes), majoritairement porté par le benzène, le naphtalène et certaines fractions d'hydrocarbures ;
- le cumul des ERI est inférieur à 1.10^{-5} ($1,79.10^{-8}$), majoritairement porté par le benzène, le naphtalène et les xylènes.

L'état des milieux - sur la base des données et éléments transmis au moment de la rédaction du présent rapport, et au regard des résultats d'analyses effectuées sur les gaz du sol et selon les paramètres sélectionnés et définis - **est compatible avec l'usage de bâtiment tertiaire projeté selon les hypothèses citées dans le présent rapport.**

Ce résultat est critiqué et réétudié dans le chapitre suivant pour affiner les paramètres problématiques et donner les premières mesures de gestion, le cas échéant.

6. DISCUSSION DES INCERTITUDES

La quantification des risques sanitaires par modélisation nécessite de choisir des hypothèses et d'intégrer un certain nombre de paramètres, mesurés ou évalués à partir de données issues de mesures sur site, en laboratoire ou provenant d'une recherche bibliographique, et sur lesquels porte une incertitude plus ou moins grande. De ce fait, l'analyse des incertitudes permet d'évaluer qualitativement et quantitativement « l'erreur » induite par les choix effectués et pouvant conduire soit à une surestimation soit à une sous-estimation des effets sanitaires ; c'est-à-dire, en d'autres termes, la variabilité des indices de risques et des excès de risques calculés.

Cette partie décrit donc avec le plus grand détail l'ensemble des paramètres qui peuvent influencer le résultat de l'évaluation des risques pour la santé humaine. Ces paramètres concernent soit la source, soit le mode de transfert, soit la typologie d'exposition et l'interprétation toxicologique.

L'approche générale se veut sécuritaire et conduit à des valeurs de risques majorantes.

6.1.1. Incertitudes liées au modèle

La source sol est considérée comme infinie, c'est-à-dire que le logiciel ne prend pas en compte une atténuation des teneurs dans la source des sols en fonction du temps, ce choix est fortement conservatoire et majore les résultats obtenus.

La présente étude a été menée en considérant les risques sanitaires induits par la présence de polluants et ce, peu importe la teneur observée dans les sols. Cela correspond à pratique majorante et sécuritaire.

Nous rappellerons cependant que :

- La présence potentielle de composés organiques volatils (benzène, solvants, ...) ou poussières dans l'air de certaines agglomérations, non liées au site, n'est pas prise en compte.
- La présence potentielle dans l'air intérieur de composés organiques volatils (solvants, formaldéhydes, etc.) issus des aménagements, non liés au site, n'est pas prise en compte.

6.1.2. Incertitudes liées aux substances et aux concentrations retenues

La modélisation a été établie sur la base des résultats d'analyse menées sur les échantillons des gaz du sol. La réalisation de sondages et l'échantillonnage ponctuels ne permettent pas de s'affranchir de toute anomalie d'extension limitée subsistante, qui n'aurait pas été appréhendée au travers des investigations.

L'hypothèse est de considérer la concentration maximale pour chaque substance étudiée dans les gaz du sol. Cela revient à prendre l'hypothèse que ces concentrations se rencontrent dans l'ensemble de la zone impactée, ce qui renforce le caractère sécuritaire de la modélisation.

Les valeurs les plus pertinentes de VTR ont été sélectionnées. Lorsque plusieurs valeurs toxicologiques sont disponibles, les valeurs validées par l'INERIS ou l'ANSES sont choisies en priorité ensuite se sont les valeurs les plus récentes et émanant des organismes internationalement reconnus puis en cas d'absence d'études : les valeurs anciennes ou émanant d'organisme peu reconnu.

En résumé, malgré l'existence d'incertitudes sur les VTR (concernant le degré de confiance accordées aux études, les facteurs de sécurité, les désaccords entre expert toxicologues), l'approche que nous avons retenue rend compte des connaissances scientifiques et techniques du moment et sont sécuritaires.

Il est à noter que les calculs de risque ont été réalisés avec les connaissances scientifiques du moment. Certaines substances, bien que présentes dans les sols, n'ont pas été retenues dans les calculs à défaut de VTR disponibles dans la bibliographie ou parce qu'elles sont considérées comme non pertinentes pour les voies d'exposition considérées.

Les incertitudes sur la ponctualité des résultats se trouve être relativement fortes puisqu'il s'agit de la première campagne de mesure de la qualité des gaz du sol réalisée. Conformément à la méthodologie nationale, les données sur les gaz de sol doivent être confortées par une campagne de contrôle à une saisonnalité différente.

6.1.3. Incertitudes liées aux paramètres de modélisation

Pour les calculs d'inhalation d'air, on considère les paramètres standards du modèle.

Des hypothèses ont été prises afin de définir certains paramètres inconnus. Ces hypothèses sont prises de manière à ce que l'évaluation des risques soit conservatoire. La mesure de ces paramètres permettrait d'affiner la modélisation et de la faire tendre davantage vers la situation réelle.

La modélisation est établie pour le scénario envisagé et pour la situation environnementale telle qu'elle a été établie par les diagnostics. Dans le cas où l'aménagement du site diffère, ou dans le cas où la situation environnementale ou sa connaissance est modifiée, une modélisation complémentaire devrait idéalement être réalisée afin d'identifier les risques potentiels pour la santé liés à la présence de concentrations résiduelles dans le sol.

Pour le scénario par inhalation l'hypothèse selon laquelle 100% des polluants présent dans les sols sont transférés verticalement vers le lieu d'exposition (intérieur) est majorante.

6.1.4. Incertitudes liées aux données de base

- Les sols : Nous avons pris le type de sols le plus pénalisant rencontré lors des sondages. Les caractéristiques sont celles usuellement prises pour un sable.
- Les cibles : Pour les durées d'exposition, nous avons pris le scénario selon lequel un employé est présent 8h par jour, tous les jours de la semaine. Ce scénario est majorant puisqu'il ne tient pas compte du temps de travail (35 ou 40h par semaine) ni des congés légaux obligatoires. Concernant l'exposition des enfants, il a été choisi de considérer que les enfants passeraient 3 heures par semaine dans la zone d'étude, ce qui apparaît majorant ;
- La distance source/cible : a été adaptée au scénario afin de majorer les risques, à savoir présence de la pollution directement sous la dalle béton de 15 cm minimum ;
- Les concentrations choisies : nous avons choisi les concentrations maximales obtenues lors des investigations sur les gaz du sol réalisées par **ECR ENVIRONNEMENT**.
- La source de pollution est majorée puisqu'elle intègre toutes les contaminations les plus importantes ; ces concentrations sont appliquées à l'ensemble des gaz du sol sous le futur bâtiment.

Dans un cas plus réaliste, nous aurions pu utiliser les caractéristiques de modélisation suivante :

Caractéristique	Hypothèse initiale	Hypothèse d'incertitude très majorante
Milieu sol		
Géologie de la zone d'étude	Sables (<i>Sand</i>)	Limons argilo-sableux (<i>Sandy clay loam</i>)
Porosité du sol	0,375	0,384
Teneur en eau du sol	0,15	0,063
Perméabilité intrinsèque	$1,00 \cdot 10^{-10}$	$1,00 \cdot 10^{-13}$
Bâtiment		
Taux de renouvellement d'air	25m ³ /h soit $2,3 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$	18m ³ /h soit $1,7 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$

Ainsi, les résultats auraient été les suivants :

Caractéristique	Qd	ERI
Résultats des calculs initiaux	Enfants : $1,30.10^{-4}$ Adultes : $4,01.10^{-4}$	$1,79.10^{-8}$
Résultats des calculs pour : - Géologie inchangée - Concentrations inchangées - Taux de renouvellement d'air de $18\text{m}^3/\text{h}$	Enfants : $1,72.10^{-3}$ Adultes : $5,32.10^{-4}$	$2,38.10^{-8}$
Résultats des calculs pour : - Géologie limons argilo-sableux - Concentrations inchangées - Taux de renouvellement d'air de $25\text{m}^3/\text{h}$	Enfants : $4,03.10^{-5}$ Adultes : $1,25.10^{-4}$	$5,83.10^{-9}$
Résultats des calculs pour : - Géologie limons argilo-sableux - Concentrations inchangées - Taux de renouvellement d'air de $18\text{m}^3/\text{h}$	Enfants : $9,09.10^{-6}$ Adultes : $5,45.10^{-5}$	$7,89.10^{-9}$
Limite d'acceptation	1	1.10^{-5}

Les résultats restent tous compatibles avec l'usage projeté.

6.1.5. Incertitudes liées au calcul de l'exposition

Conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués et aux recommandations des instances sanitaires au niveau national, on procède à l'additivité des risques liés aux différentes substances d'une même voie d'exposition et à l'additivité des risques entre les différentes voies d'exposition.

6.1.6. Conclusion sur les incertitudes

On constate que plusieurs facteurs engendrent des incertitudes sur les risques évalués car basés sur des hypothèses. Pour certains d'entre eux, les connaissances actuelles ne permettent pas de réduire ces incertitudes. La démarche générale adoptée va dans le sens d'une surestimation probable des risques. Cette approche est donc majorante.

7. CONCLUSION – RESUME NON TECHNIQUE

Dans le cadre du projet de réhabilitation d'un ancien site industriel sur la commune de GERARDMER (88), la société AQCIOM a mandaté ECR Environnement pour la réalisation de diagnostics de la qualité des sols. Ces diagnostics ont montré la présence d'impacts dans les sols, les eaux souterraines et les gaz de sol, conduisant à la réalisation d'une évaluation quantitative du risque sanitaire (EQRS).

Sur la base des résultats de la campagne de contrôle de la qualité des gaz du sol de décembre 2025, une évaluation quantitative du risque sanitaire ont été réalisé pour le scénario, à partir des concentrations anormales en composés mesurées dans les gaz du sol : l'exposition des futurs travailleurs (adultes) et des enfants par inhalation des polluants se dégazant du sol, à l'intérieur du futur bâtiment.

D'après les hypothèses prises en compte et en prenant en compte les seuils d'intervalle de risque de $QD < 1$ et $ERI < 10^{-5}$, l'état des milieux est compatible avec l'usage récréatif tertiaire projeté selon les hypothèses citées dans le présent rapport.

En cas de changement d'usage, de nouveaux calculs de risque sanitaire seront nécessaires.

Conditions particulières

Cette étude est basée sur des reconnaissances dont le caractère ponctuel ne peut prétendre traduire de manière continue la nature et l'état de l'ensemble de la zone d'étude.

La réalisation de sondages ponctuels ne permet pas de s'affranchir de toute anomalie d'extension limitée subsistante, qui n'aurait pas été appréhendée au travers des investigations.

La mise en évidence de remblai n'exclue pas la présence de produits amiantés qui n'ont pas fait l'objet d'investigations particulières dans le cadre de ce diagnostic. Cependant, ce paramètre peut être traité par le biais d'une autre étude.

Les prix par filières de gestion annoncés dans le présent rapport ne sont pas contractuels, il s'agit d'une fourchette déterminée en fonction des tarifs pratiqués par la profession. A ce titre, le montant de dépollution annoncé est indicatif et peut être amené à varier.

Le présent rapport, ainsi que tous les documents annexés, constituent un ensemble indissociable.

En conséquence, la société ECR Environnement se dégage de toute responsabilité dans le cas d'une communication ou reproduction partielle de cette étude et de ses annexes. Il en est de même pour toute interprétation au-delà des termes employés par ECR Environnement.

ANNEXES

Annexe 1 : Rapport de modélisation inhalation – MODUL'ERS (28 pages)

Annexe 1

Rapport de modélisation par inhalation en intérieur – MODUL'ERS

AIR_INTERIEUR_JE_SOURCE_GAZ SOL



Report generated: Wed Jan 07 15:02:39 CET 2026

Table of contents

- 1 Project properties**
- 2 Materials/Species**
- 3 Index lists**
- 4. Model description**
 - 4.1. Constantes_Reglages**
 - 4.2. Conc_gaz_air_interieur_J_E**
 - 4.3. Niveaux_Exposition_Risque**
- 5 Results**

1. Project properties

Project name	AIR_INTERIEUR_JE_SOURCE GAZ SOL
Author	X

2. Materials/Species

Materials

Name	Unit	Enabled
Benzène	mg	Yes
Ethylbenzène		Yes
HC aliph > C10-C12		Yes
HC aliph > C12-C16		Yes
HC aliph > C5-C6		Yes
HC aliph > C6-C8		Yes
HC aliph > C8-C10		Yes
HC arom.> C8-C10		Yes
Naphtalène	mg	Yes
Toluène		Yes
Trichloroéthylène	mg	Yes
Tétrachloroéthylène	mg	Yes
Xylènes		Yes

3. Index lists

Materials	Classes d'age
1234678 Heptachlorodibenzodioxine	classe 1
1234678 Heptachlorodibenzofuranne	classe 10
1234789 Heptachlorodibenzofuranne	classe 2
123478 Hexachlorodibenzodioxine	classe 3
123478 Hexachlorodibenzofuranne	classe 4
123678 Hexachlorodibenzodioxine	classe 5
123678 Hexachlorodibenzofuranne	classe 6
123789 Hexachlorodibenzodioxine	classe 7
123789 Hexachlorodibenzofuranne	classe 8
12378 Pentachlorodibenzodioxine	classe 9
12378 Pentachlorodibenzofuranne	
22'344'5' Hexachlorobiphényle (138)	
22'344'55' Heptachlorobiphényle (180)	
22'44'55' Hexachlorobiphényle (153)	
22'455' Pentachlorobiphényle (101)	
22'55' Tétrachlorobiphényle (52)	
23'44'55' Hexachlorobiphényle (167)	
23'44'5 Pentachlorobiphényle (118)	
233'44'5' Hexachlorobiphényle (157)	
233'44'55' Heptachlorobiphényle (189)	
233'44'5 Hexachlorobiphényle (156)	
233'44' Pentachlorobiphényle (105)	
2344'5 Pentachlorobiphényle (114)	
234678 Hexachlorodibenzofuranne	
23478 Pentachlorodibenzofuranne	
2378 Tétrachlorodibenzodioxine	
2378 Tétrachlorodibenzofuranne	
244' Trichlorobiphényle (28)	
33'44'55' Hexachlorobiphényle (169)	
33'44' Tétrachlorobiphényle (77)	
3344'5 Pentachlorobiphényle (126)	
344'5 Tétrachlorobiphényle (81)	
Arsenic	
Benzo(a)pyrène	
Benzène	
Cadmium	
Chlorure de vinyle	
Chrome	
Ethylbenzène	
Fluoranthène	

HC aliph > C10-C12
HC aliph > C12-C16
HC aliph > C5-C6
HC aliph > C6-C8
HC aliph > C8-C10
HC arom.> C10-C12
HC arom.> C12-C16
HC arom.> C8-C10
m'p Ethyltoluène
Mercure
Mésitylène
Naphtalène
Nickel
Octachlorodibenzodioxine
Octachlorodibenzofuranne
Para- et métaxylène
Plomb
Pseudocumène
Sélénium
Toluène
Trichloroéthylène
Tétrachloroéthylène
Vanadium
Xylènes

4. Model description

Interaction Matrix

Constantes Reglages	Constantes Reglages to Conc gaz air interieur J E		1
	Conc gaz air interieur J E	Conc gaz air interieur J E to Niveaux Exposition Risque	2
		Niveaux Exposition Risque	3
1	2	3	

4.1. Constantes Reglages

Constantes Reglages		Sub-system
Enabled flag	Yes	
Symbol	Constantes Reglages	
Object	Output	Sub-system
inorganique	inorganique	Conc gaz air interieur J E
type Polluant	type Polluant	Conc gaz air interieur J E
organique	organique	Conc gaz air interieur J E

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
type_Polluant	type Polluant	
Description		
Indiquer s'il s'agit d'un polluant organique ou inorganique		
Materials	Value	Predefined value
Benzène	organique	
Ethylbenzène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
HC aliph > C10-C12	organique	Constantes_Reglages.non_defini
HC aliph > C12-C16	organique	
HC aliph > C5-C6	organique	Constantes_Reglages.non_defini
HC aliph > C6-C8	organique	Constantes_Reglages.non_defini
HC aliph > C8-C10	organique	Constantes_Reglages.non_defini
HC arom.> C8-C10	organique	
Naphtalène	organique	
Toluène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Trichloroéthylène	organique	
Tétrachloroéthylène	organique	
Xylènes	organique	Constantes_Reglages.non_defini

Parameter changes

Scalar parameters

Full Name				Symbol	Unit
Age de l'individu au début de l'exposition				Age _{individu,debut,expo}	year
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes)					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.0	0.0			unid(0,18)	

Full Name				Symbol	Unit
Durée d'exposition de l'individu				Duree _{expo,individu}	year
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes).Durée d'exposition de l'individu à ou aux source(s) de contamination du site.					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
40.0	30.0				

4.2. Conc gaz air interieur J E

Conc gaz air interieur J E		Sub-system
Enabled flag	Yes	
Symbol	Conc gaz air interieur J E	
Object	Input	Sub-system
type Polluant	type Polluant	Constantes Reglages
inorganique	inorganique	Constantes Reglages
organique	organique	Constantes Reglages
Object	Output	Sub-system
Cinh fraction,expo,vie,entiere	Cinh fraction,expo,vie,entiere	Niveaux Exposition Risque
Cinh fraction expo classe age moy an	Cinh fraction,expo,classe,age,moy,an	Niveaux Exposition Risque

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
definition_Cas_source	definition Cas source	
Description		
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Sélectionner le mode d'estimation de la concentration dans l'air du sol, attribuable à la source sol étudiée (hors bruit de fond) : valeur définie par l'utilisateur (valeur_entree), valeur calculée à partir d'une concentration dans le sol (valeur_calculée_sol) ou valeur calculée à partir d'une concentration dans l'eau de la nappe (valeur_calculée_nappe).		
Materials	Value	Predefined value
Benzène	valeur_entree_sol	
Ethylbenzène	valeur_entree_sol	
HC aliph > C10-C12	valeur_entree_sol	
HC aliph > C12-C16	valeur_entree_sol	
HC aliph > C5-C6	valeur_entree_sol	
HC aliph > C6-C8	valeur_entree_sol	
HC aliph > C8-C10	valeur_entree_sol	
HC arom.> C8-C10	valeur_entree_sol	
Naphtalène	valeur_entree_sol	
Toluène	valeur_entree_sol	
Trichloroéthylène	valeur_entree_sol	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree_sol
Tétrachloroéthylène	valeur_entree_sol	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree_sol
Xylènes	valeur_entree_sol	

Full Name	Symbol	Unit
definition_Cinh	definition Cinh	
Description		
Sélectionner l'option à prendre en compte pour définir la concentration de polluant dans le bâtiment (lieu d'entrée du flux dans le bâtiment pièce à vivre dans le cas d'un bâtiment sur dalle ou sous-sol dans les autres cas). Il peut s'agir d'une valeur calculée par le modèle : concentration attribuable au site (valeur_Cag_i_inh_attrib) ou concentration totale (valeur_Cag_i_inh_tot) ou d'une valeur définie par l'utilisateur (valeur entrée)		
Materials	Value	Predefined value
Benzène	valeur_Cag_i_inh_attrib	
Ethylbenzène	valeur_Cag_i_inh_attrib	
HC aliph > C10-C12	valeur_Cag_i_inh_attrib	
HC aliph > C12-C16	valeur_Cag_i_inh_attrib	
HC aliph > C5-C6	valeur_Cag_i_inh_attrib	
HC aliph > C6-C8	valeur_Cag_i_inh_attrib	
HC aliph > C8-C10	valeur_Cag_i_inh_attrib	
HC arom.> C8-C10	valeur_Cag_i_inh_attrib	
Naphtalène	valeur_Cag_i_inh_attrib	
Toluène	valeur_Cag_i_inh_attrib	
Trichloroéthylène	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Tétrachloroéthylène	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree

Xylènes valeur_Cag_i_inh_attrib

Full Name	Symbol	Unit
definition_source	definition source	
Description		
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Sélectionner le type de modélisation : modèle de Johnson et Ettingher en source finie, utilisable uniquement dans le cas d'une source sol et si la pollution n'est pas à une profondeur inférieure à celle de la dalle du bâtiment (cas des murs au niveau de la source de pollution), ou en source infinie (source-sol ou source-nappe).		
Materials	Value	Predefined value
Benzène	source_infinie	
Ethylbenzène	source_infinie	
HC aliph > C10-C12	source_infinie	
HC aliph > C12-C16	source_infinie	
HC aliph > C5-C6	source_infinie	
HC aliph > C6-C8	source_infinie	
HC aliph > C8-C10	source_infinie	
HC arom.> C8-C10	source_infinie	
Naphtalène	source_infinie	
Toluène	source_infinie	
Trichloroéthylène	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Tétrachloroéthylène	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Xylènes	source_infinie	

Parameter changes

Scalar parameters

Full Name				Symbol	Unit
Epaisseur de la dalle du bâtiment				ldalle	m
Description					
A définir si definition_Cinh est different de valeur_entree.					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.15	0.12	0.08	0.15		
Comment					
Vérifié. 0,12 m : épaisseur minimale pour une maison (0,08 m autrefois), 0,15 épaisseur minimale pour un usage industriel					

Full Name				Symbol	Unit
Hauteur du bâtiment				HBat	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
2.5	0.0				
Comment					

Vérifié

Full Name				Symbol	Unit
Largeur_Bat				Largeur_Bat	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
3.0	0.0				

Full Name				Symbol	Unit
Longueur du bâtiment				Longueur_Bat	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
5.0	0.0				

Full Name				Symbol	Unit
Perméabilité intrinsèque de la couche 2				ka,2	m ²
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Sert au calcul du flux d'air du sol entrant dans le bâtiment (Qsol). Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment : utiliser alors la perméabilité de la couche polluée					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
1.0E-10	0.0	1.0E-16	1.0E-10		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 10 ⁻¹³ à 10 ⁻¹⁰ ; Sols limoneux : 10 ⁻¹³ à 10 ⁻¹¹ ; Sols argileux : 10 ⁻¹⁶ à 10 ⁻¹²					

Full Name				Symbol	Unit
Porosite de la couche de sol 1				n1	unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et épaisseur_couche1> 0					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.0	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

Full Name				Symbol	Unit
Porosite de la couche de sol 2				n2	unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment : utiliser alors la même porosité que celle de la couche polluée					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined

0.375	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					
Full Name			Symbol		Unit
Porosité de la couche de sol pollué			Porosite _{couche,source}		unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et s'il s'agit d'une source sol (definition Cas_source_sol=valeur_calculée_sol ou definition Cas_source_sol=valeur_entree_sol)					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.375	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					
Full Name			Symbol		Unit
Profondeur de la surface inférieure de la dalle par rapport à la surface du sol			Profondeur _{dalle}		m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. La valeur doit être strictement supérieure à 0 et dans le cas d'une source sol et pour un calcul prenant en compte une source finie, la valeur de ce paramètre doit être inférieure ou égale à celle de l'épaisseur de la dalle (Epaisseur_dalle).					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.15	0.12				
Full Name			Symbol		Unit
Rayon de fissure			Rayon _{fissure}		m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.0050	0.0	5.0E-4	0.0050		
Full Name			Symbol		Unit
Taux de renouvellement d'air dans la zone du bâtiment où a lieu l'émission			t _{ra}		s ⁻¹
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
2.3E-4	1.4E-4	2.8E-5	4.2E-4		
Comment					
Valeur par défaut correspondant à t _{ra} =0,5 h-1					

Vector parameters

--	--	--	--	--	--

Full Name				Symbol	Unit	
Coefficient de diffusion dans l'air				Da	m ² s ⁻¹	
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzène	8.8E-6	9.669999999999999E-6				
Ethylbenzène	7.5E-6	NaN				
HC aliph > C10-C12	1.0E-5	NaN				
HC aliph > C12-C16	1.0E-5	NaN				
HC aliph > C5-C6	1.0E-5	NaN				
HC aliph > C6-C8	1.0E-5	NaN				
HC aliph > C8-C10	1.0E-5	NaN				
HC arom.> C8-C10	1.0E-5	NaN				
Naphtalène	5.4E-6	7.33E-6				
Toluène	8.7E-6	NaN				
Trichloroéthylène	7.9E-6	8.73E-6				
Tétrachloroéthylène	7.2E-6	7.83E-6				
Xylènes	7.0E-6	NaN				
Materials	Comment					
Benzène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 9,1E-6					
Ethylbenzène						
HC aliph > C10-C12						
HC aliph > C12-C16						
HC aliph > C5-C6						
HC aliph > C6-C8						
HC aliph > C8-C10						
HC arom.> C8-C10						
Naphtalène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 6,9E-6					
Toluène						
Trichloroéthylène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 8,2E-6					
Tétrachloroéthylène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 7,3E-6					
Xylènes						

Full Name				Symbol	Unit	
Coefficient de diffusion dans l'eau				De	m ² s ⁻¹	
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzène	9.8E-10	1.03E-9				
Ethylbenzène	2.1E-10	NaN				
HC aliph > C10-C12	1.0E-9	NaN				
HC aliph > C12-C16	1.0E-9	NaN				
HC aliph > C5-C6	1.0E-9	NaN				
HC aliph > C6-C8	1.0E-9	NaN				
HC aliph > C8-C10	1.0E-9	NaN				
HC arom.> C8-C10	1.0E-9	NaN				
Naphtalène	7.2E-10	7.989999999999999E-10				

Toluène	8.6E-10	NaN
Trichloroéthylène	9.1E-10	9.65E-10
Tétrachloroéthylène	8.2E-10	8.69E-10
Xylènes	8.2E-10	NaN
Materials	Comment	
Benzène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 7,2E-10	
Ethylbenzène		
HC aliph > C10-C12		
HC aliph > C12-C16		
HC aliph > C5-C6		
HC aliph > C6-C8		
HC aliph > C8-C10		
HC arom.> C8-C10		
Naphtalène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 5,6E-10	
Toluène		
Trichloroéthylène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 6,8E-10	
Tétrachloroéthylène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 6,1E-10	
Xylènes		

Full Name	Symbol	Unit
Concentration au niveau de la source sol (hors bruit de fond)	Cs _{source,sol}	mg kg ⁻¹

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree, s'il s'agit d'une source sol et 1) si Cas_source est différent de Cas_source_E ou 2) pour tenir compte de la masse initiale présente dans le sol dans le calcul du flux maximal (si Cs_source_sol=0, la concentration dans l'air Cag_i_inh_attrib sera calculée sans tenir compte de ce flux maximal) ou 3) si definition_source=source_finie. Concentration dans le sol prise en compte pour le calcul des émissions de polluants gazeux à partir du sol vers l'air intérieur (concentration hors bruit de fond).Cs_source_sol doit être constante (pas de variation avec le temps)

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzène	0.0					
Ethylbenzène	0.0					
HC aliph > C10-C12	0.0					
HC aliph > C12-C16	0.0					
HC aliph > C5-C6	0.0					
HC aliph > C6-C8	0.0					
HC aliph > C8-C10	0.0					
HC arom.> C8-C10	0.0					
Naphtalène	0.0					
Toluène	0.0					
Trichloroéthylène	0.0	0.0				
Tétrachloroéthylène	0.0	0.0				
Xylènes	0.0					

Full Name	Symbol	Unit
-----------	--------	------

Description						
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et si definition_Cas_source==valeur_entree_sol ou valeur_entree_nappe						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzène	0.0098135	NaN				
Ethylbenzène	0.007033	NaN				
HC aliph > C10-C12	0.5397448	NaN				
HC aliph > C12-C16	0.0514809	NaN				
HC aliph > C5-C6	1.2103369	NaN				
HC aliph > C6-C8	0.2944063	NaN				
HC aliph > C8-C10	0.2944063	NaN				
HC arom.> C8-C10	0.1112202	NaN				
Naphtalène	0.0327118	NaN				
Toluène	2.2898266	NaN				
Trichloroéthylène	0.001472	NaN			ECR - données terrain	
Tétrachloroéthylène	0.0228982	NaN			ECR - données terrain	
Xylènes	0.0405626	NaN				

Full Name	Symbol	Unit
Constante de Henry à température du sol	H _{Ts}	Pa m ³ mol ⁻¹

Description						
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Mettre à 0 pour les substances inorganiques (hors mercure)						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzène	560.0		481.0	640.0		
Ethylbenzène	820.0	-1.0				
HC aliph > C10-C12	299000.0	-1.0				
HC aliph > C12-C16	1286625.3	-1.0				
HC aliph > C5-C6	80935.9	-1.0				
HC aliph > C6-C8	121286.8	-1.0				
HC aliph > C8-C10	195983.3	-1.0				
HC arom.> C8-C10	1186.17732895385	-1.0				
Naphtalène	48.9	48.0				
Toluène	673.0	-1.0				
Trichloroéthylène	1044.0	1024.0				
Tétrachloroéthylène	1844.0	1794.0				
Xylènes	758.0	-1.0				
Materials	Comment					
Benzène	Valeurs à 25°C - Valeur ponctuelle ajustée à 12,5°C : 330					
Ethylbenzène						

HC aliph > C10-C12	
HC aliph > C12-C16	
HC aliph > C5-C6	
HC aliph > C6-C8	
HC aliph > C8-C10	
HC arom.> C8-C10	
Naphtalène	Valeur à 25°C - Valeur ajustée à 12,5°C : 19
Toluène	
Trichloroéthylène	Valeur à 25°C - Valeur ponctuelle ajustée à 12,5°C : 550
Tétrachloroéthylène	Valeur à 25°C - Valeur ponctuelle ajustée à 12,5°C : 810
Xylènes	

Full Name	Symbol	Unit
Epaisseur de la couche 2 de la ZNS	l2	m

Description

Epaisseur de la couche 2 de la ZNS (située entre la couche 1 et la dalle du bâtiment. Dans le cas d'une source nappe, la hauteur de la frange capillaire n'est pas incluse dans l'épaisseur de la couche 2. A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzène	2.0	0.0				
Ethylbenzène	2.0	0.0				
HC aliph > C10-C12	2.0	0.0				
HC aliph > C12-C16	2.0					
HC aliph > C5-C6	2.0	0.0				
HC aliph > C6-C8	2.0	0.0				
HC aliph > C8-C10	2.0	0.0				
HC arom.> C8-C10	2.0					
Naphtalène	2.0					
Toluène	2.0	0.0				
Trichloroéthylène	2.0	0.0				
Tétrachloroéthylène	2.0	0.0				
Xylènes	2.0	0.0				

Full Name	Symbol	Unit
Fraction annuelle de temps passé à l'intérieur (lieu de vie + sous-sol) sur le site	f	unitless
	annuelle,temps,int	

Description

A définir pour le calcul du niveau d'exposition par inhalation

Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	0.0178	0.726				
classe_10	0.0					
classe_2	0.0178	0.726				
classe_3	0.0178	0.63				
classe_4	0.0178	0.63				

classe_5	0.0178	0.643
classe_6	0.0178	0.606
classe_7	0.33	0.686
classe_8	0.0	
classe_9	0.0	
Classes_d'age	Comment	
classe_1	Vérifié. temps passé au domicile, à l'intérieur	
classe_10		
classe_2	Vérifié. temps passé au domicile, à l'intérieur	
classe_3	Vérifié. temps passé au domicile, à l'intérieur	
classe_4	Vérifié. temps passé au domicile, à l'intérieur	
classe_5	Vérifié. temps passé au domicile, à l'intérieur	
classe_6	Vérifié. temps passé au domicile, à l'intérieur	
classe_7	Vérifié. temps passé au domicile, à l'intérieur	
classe_8		
classe_9		

Lookup table changes

Scalar lookup tables

Full Name	Symbol	Unit
Teneur en eau de la couche de sol 2	Θ_{couche2}	unitless
Description		
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment : utiliser alors la même teneur en eau que celle de la couche polluée		
Cyclic option		
No		
Interpolation		
Interpolation-Use End Values		
Time	Values	
Predefined	0.0:0.0	
0.0	0.15	

4.3. Niveaux Exposition Risque

Niveaux Exposition Risque		Sub-system
Enabled flag	Yes	
Symbol	Niveaux Exposition Risque	
Object	Input	Sub-system
Cinh fraction,expo,vie,entiere	Cinh fraction,expo,vie,entiere	Conc gaz air interieur J E
Cinh fraction,expo,classe,age,moy,an	Cinh fraction expo classe age moy an	Conc gaz air interieur J E

Parameter changes

Vector parameters

Full Name	Symbol	Unit				
VTR à seuil par voie respiratoire	VTR _{seuil,inh}	mg m ⁻³				
Description						
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets à seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzène	0.01	NaN				
Ethylbenzène	1.5	NaN				
HC aliph > C10-C12	1.0	NaN				
HC aliph > C12-C16	1.0	NaN				
HC aliph > C5-C6	18.4	NaN				
HC aliph > C6-C8	18.4	NaN				
HC aliph > C8-C10	1.0	NaN				
HC arom.> C8-C10	0.2	NaN				
Naphtalène	0.037	NaN				
Toluène	19.0	NaN				
Trichloroéthylène	3.2	NaN				
Tétrachloroéthylène	0.4	NaN				
Xylènes	1.5	NaN				

Full Name					Symbol	Unit	
VTR sans seuil par voie respiratoire					VTRinh,ss	mg ⁻¹ m ³	
Description							
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets sans seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"							
Materials		Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzène		0.026	NaN				
Ethylbenzène		0.0025	NaN				
HC aliph > C10-C12		NaN					
HC aliph > C12-C16		NaN					

HC aliph > C5-C6	NaN	
HC aliph > C6-C8	NaN	
HC aliph > C8-C10	NaN	
HC arom.> C8-C10	NaN	
Naphtalène	0.0056	NaN
Toluène	NaN	
Trichloroéthylène	0.0010	NaN
Tétrachloroéthylène	2.6E-4	NaN
Xylènes	0.0025	NaN

5. Results

Tables

Cinh_lieu_vie

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Benzène]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,46E-6

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Ethylbenzène]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,12E-6

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [HC aliph > C10-C12]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,16E-4

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [HC aliph > C12-C16]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,06E-5

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [HC aliph > C5-C6]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	4,85E-4

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [HC aliph > C6-C8]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	1,18E-4

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [HC aliph > C8-C10]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	1,18E-4

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [HC arom.> C8-C10]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	4,45E-5

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Naphtalène]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	7,11E-6

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Toluène]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	7,98E-4

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Trichloroéthylène]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	4,66E-7

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Tétrachloroéthylène]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	6,61E-6

Time (year)	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Xylènes]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	1,14E-5

Qd_inh

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Somme QD inh [classe 1]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,16E-5

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Somme QD inh [classe 2]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,16E-5

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Somme QD inh [classe 3]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,16E-5

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Somme QD inh [classe 4]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,16E-5

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Somme QD inh [classe 5]

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Somme QD inh [classe 6]

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Somme QD inh [classe 7]

0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,16E-5

0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,16E-5

0,00E0	0,00E0
4,00E1	4,01E-4

Qd_inh_par composé

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Benzène] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	6,16E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Benzène] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	6,16E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Benzène] [classe 3]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	6,16E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Benzène] [classe 4]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	6,16E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Benzène] [classe 5]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	6,16E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Benzène] [classe 6]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	6,16E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Benzène] [classe 7]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	1,14E-4

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Ethylbenzène] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,51E-8

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Ethylbenzène] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,51E-8

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Ethylbenzène] [classe 3]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,51E-8

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Ethylbenzène] [classe 4]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,51E-8

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Ethylbenzène] [classe 5]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,51E-8

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Ethylbenzène] [classe 6]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,51E-8

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Ethylbenzène] [classe 7]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	4,65E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C10-C12] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,85E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C10-C12] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,85E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C10-C12] [classe 3]
0,00E0	0,00E0

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C10-C12] [classe 4]
0,00E0	0,00E0

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C10-C12] [classe 5]
0,00E0	0,00E0

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C10-C12] [classe 6]
0,00E0	0,00E0

4,00E1	3,85E-6
--------	---------

4,00E1	3,85E-6
--------	---------

4,00E1	3,85E-6
--------	---------

4,00E1	3,85E-6
--------	---------

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C10-C12] [classe 7]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	7,13E-5

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C12-C16] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,67E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C12-C16] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,67E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C12-C16] [classe 3]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,67E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C12-C16] [classe 4]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,67E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C12-C16] [classe 5]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,67E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C12-C16] [classe 6]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,67E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C12-C16] [classe 7]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	6,80E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C5-C6] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	4,69E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C5-C6] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	4,69E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C5-C6] [classe 3]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	4,69E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C5-C6] [classe 4]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	4,69E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C5-C6] [classe 5]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	4,69E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C5-C6] [classe 6]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	4,69E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C5-C6] [classe 7]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	8,69E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C6-C8] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	1,14E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C6-C8] [classe 2]
0,00E0	0,00E0

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C6-C8] [classe 3]
0,00E0	0,00E0

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C6-C8] [classe 4]
0,00E0	0,00E0

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C6-C8] [classe 5]
0,00E0	0,00E0

4,00E1	1,14E-7
--------	---------

4,00E1	1,14E-7
--------	---------

4,00E1	1,14E-7
--------	---------

4,00E1	1,14E-7
--------	---------

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C6-C8] [classe 6]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	1,14E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C6-C8] [classe 7]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,11E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C8-C10] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,10E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C8-C10] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,10E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C8-C10] [classe 3]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,10E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C8-C10] [classe 4]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,10E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C8-C10] [classe 5]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,10E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C8-C10] [classe 6]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,10E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC aliph > C8-C10] [classe 7]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,89E-5

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC arom.> C8-C10] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,96E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC arom.> C8-C10] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,96E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC arom.> C8-C10] [classe 3]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,96E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC arom.> C8-C10] [classe 4]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,96E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC arom.> C8-C10] [classe 5]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,96E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC arom.> C8-C10] [classe 6]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,96E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [HC arom.> C8-C10] [classe 7]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	7,35E-5

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Naphtalène] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,42E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Naphtalène] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,42E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Naphtalène] [classe 3]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,42E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Naphtalène] [classe 4]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,42E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Naphtalène] [classe 5]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,42E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Naphtalène] [classe 6]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,42E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Naphtalène] [classe 7]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	6,34E-5

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Toluène] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	7,48E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Toluène] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	7,48E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Toluène] [classe 3]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	7,48E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Toluène] [classe 4]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	7,48E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Toluène] [classe 5]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	7,48E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Toluène] [classe 6]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	7,48E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Toluène] [classe 7]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	1,39E-5

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroéthylène] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,59E-9

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroéthylène] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,59E-9

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroéthylène] [classe 3]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,59E-9

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroéthylène] [classe 4]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,59E-9

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroéthylène] [classe 5]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,59E-9

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroéthylène] [classe 6]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,59E-9

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroéthylène] [classe 7]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	4,81E-8

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Tétrachloroéthylène] [classe 1]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,94E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Tétrachloroéthylène] [classe 2]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,94E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Tétrachloroéthylène] [classe 3]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,94E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Tétrachloroéthylène] [classe 4]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,94E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Tétrachloroéthylène] [classe 7]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	5,46E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Xylènes] [classe 4]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	1,35E-7

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Xylènes] [classe 7]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	2,51E-6

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [HC aliph > C12-C16]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	0,00E0

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [HC arom.> C8-C10]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	0,00E0

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Tétrachloroéthylène]
0,00E0	0,00E0

0,00E0	0,00E0
4,00E1	4,31E-9

0,00E0	0,00E0
4,00E1	0,00E0

0,00E0	0,00E0
4,00E1	5,05E-11

4,00E1	1,86E-10
--------	----------

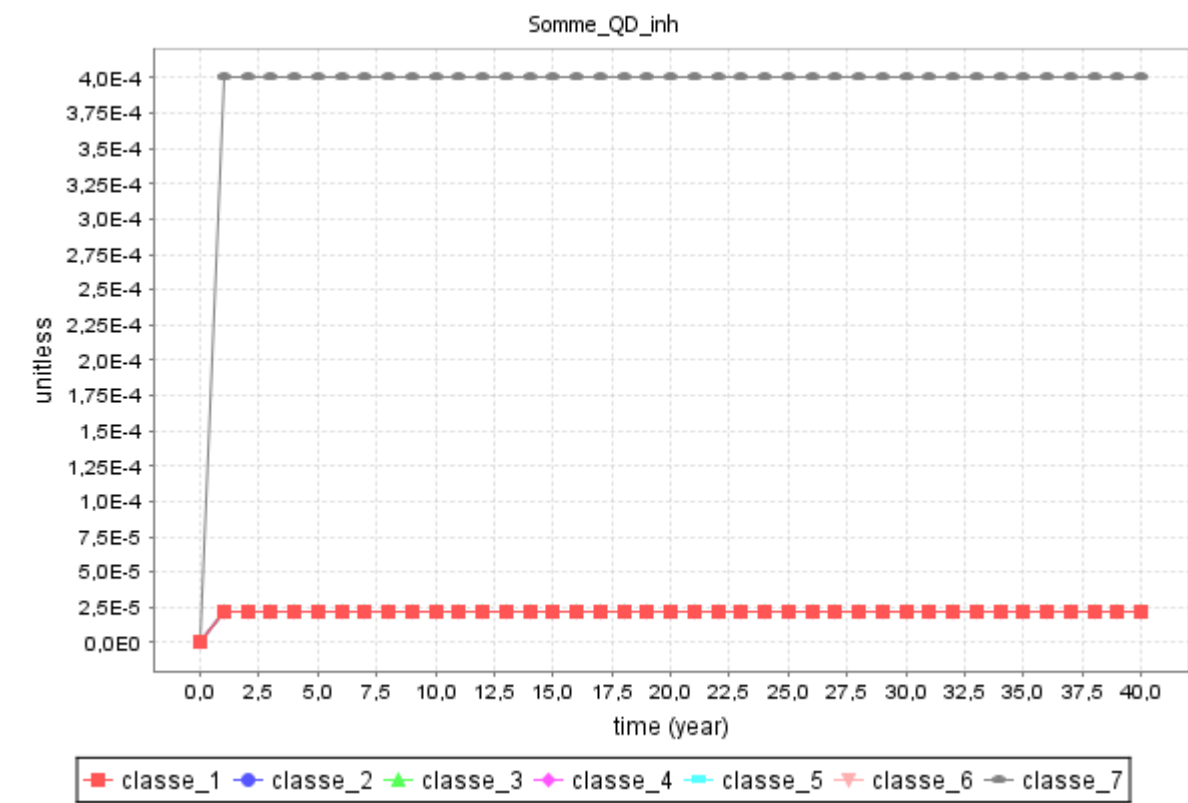
Time (year)	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Xylènes]
0,00E0	0,00E0
4,00E1	3,08E-9

ERI_inh

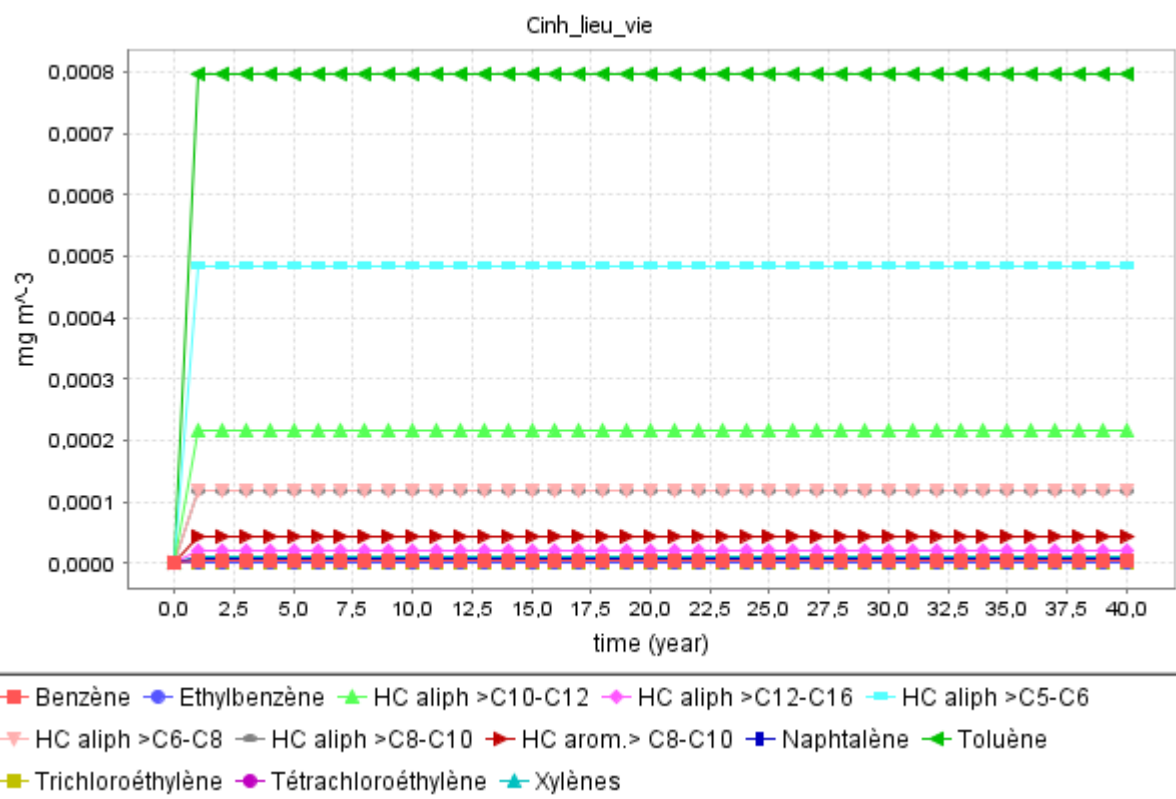
Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Somme ERI inh
0,00E0	0,00E0
4,00E1	1,79E-8

Charts

Somme QD



Concentrations inhalées



ERI

