

MISSION ELEMENTAIRE A320

ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES

Création d'un bâtiment de contrôle commande, d'un bâtiment local comptage/TCFM, un local sécurité et un local sanitaire

12 rue du Château d'Alleuze,
SAINT-FLOUR (15)

Spécialiste en ingénierie du sol et de l'aménagement



• Études géotechniques & études de sol



• Topographie, cartographie - SIG



• Ingénierie VRD et aménagements urbains



• Études environnementales

➔ www.ecr-environnement.com

Dossier 2501444 v1 - Janvier 2026



ENEDIS - Sillon Rhodanien
BRIPS Auvergne
7, rue Marcel Paul,
03100 MONTLUÇON

CLIENT

NOM	ENEDIS – Sillon Rhodanien - BRIPS Auvergne
ADRESSE DU PROJET	7 Rue Marcel Paul – 03 100 MONTLUÇON
INTERLOCUTEUR	M. Nicolas BERNADY

ECR ENVIRONNEMENT

COORDONNEES AGENCE	Agence de Besançon 92 rue de l'Esplanade Ouest, 25 220 THISE Tel : 03 81 80 27 10 Mail : besancon@ecr-environnement.com
CHARGE D'AFFAIRES	Anaïs BAZART
CHARGE D'AFFAIRES	Marion MENGIN

DATE	INDICE	OBSERVATION / MODIFICATION	REDACTEUR	VERIFICATEUR
18/12/2025	0	Première version	A. BAZART	M. MENGIN
21/01/2026	1	Mise à jour : page 3 et 32	C. PEUCH	T. DUFRESNE

Rédacteur	Vérificateur
	
Anaïs BAZART Chargée d'affaires Environnement	Marion MENGIN Chargée d'affaires Environnement

RESUME TECHNIQUE

GENERALITES	
Client	ENEDIS BRIPS Auvergne 7 rue Marcel Paul, 03100 MONTLUÇON
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	12 rue du Château d'Alleuze, SAINT-FLOUR (15 100)
Références cadastrales	103 et 104, section AO
Projet	Création d'un bâtiment de contrôle commande, d'un bâtiment local comptage/TCFM, un local sécurité et un local sanitaire
SYNTHESE DES MISSIONS	
A320 : Analyse des enjeux sanitaires	Sur la base des résultats de la campagne de contrôle de la qualité de la qualité des gaz du sol d'octobre 2025, une ARR « prédictive » ainsi que des calculs de risques ont été réalisés pour le scénario suivant à partir des concentrations anormales en composés mesurées dans les gaz du sol : L'exposition des futurs travailleurs (jeunes adultes et adultes) par inhalation aux polluants se dégageant du sol, à l'intérieur des futurs bâtiments. 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, <u>l'état des milieux est compatible avec l'usage de poste source projeté selon les hypothèses citées dans le présent rapport.</u> Néanmoins, lors des travaux dans le cadre de ce projet, les sols contaminés seront terrassés, déblayés par endroit et remaniés. De ce fait, le personnel de chantier sera directement exposé à la pollution par inhalation des gaz, contact cutané direct avec les sols impactés et inhalation/ingestion de poussières contaminées mises en suspension. De ce fait, il sera nécessaire de prévoir une préparation et un accompagnement des travaux pour adapter les équipements de protection collectifs et individuels aux phasages des opérations, de sorte à limiter l'exposition des travailleurs aux composés détectés. Cet appui pourra être accompagné d'un plan de conception des travaux simplifié pour gérer les éventuels impacts relatifs au caractère pollué des sols (odeurs, poussières) sur le voisinage pendant les travaux. Des contrôles en fin de chantier pourront être mis en place afin de s'assurer que les teneurs en composés détectés sont équivalentes ou inférieures aux hypothèses retenues.
Actions en cours en date de janvier 2026	Ce rapport fait l'objet d'une mise à jour en janvier 2026 dont l'objectif est de préciser les suites à donner. Comme demandé dans la paragraphe précédent, ENEDIS a confié à ECR Environnement la réalisation du plan de conception des travaux. En date du 21 janvier 2026, ECR Environnement est en train de le réaliser. Ce plan de conception des travaux va, entre autres, prévoir la mise en place d'instrumentation sur site pendant le terrassement afin de mesurer les teneurs des gaz volatils et apprécier la qualité de l'air. L'objectif de ce suivi est de pouvoir arrêter immédiatement les travaux en cas de dépassement des seuils réglementaires et limiter ainsi les éventuels impacts sur l'environnement proche et les riverains. En cas de dépassement des seuils réglementaires, les entreprises devront mettre en place tous les moyens nécessaires pour éviter les émanations dans l'air.

GLOSSAIRE

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

BTEX : Benzène Toluène Ethylbenzène et Xylène

DDTM : Direction Départementale des territoires et de la Mer

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

HAP : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique

HCT : Hydrocarbures Totaux

IGN : Institut national de l'information Géographique et forestière

m/TA : Mètre(s) depuis le Terrain Actuel

m/TN : Mètre(s) depuis le Terrain Naturel

MTES : Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

RDC : Rez-de-chaussée

VTR : Valeurs Toxicologiques de Référence



DOCUMENTS CONSULTÉS

Organismes	Informations recherchées
Documents externes	
INERIS Rapport INERIS-DRC-14-141968-11173C (23/06/2017)	Paramètres d'exposition de l'homme du logiciel MODUL'ERS
INERIS Rapport INERIS-DRC-15-149181-04282A (25/06/2015)	Paramètres physico-chimiques des substances prédéfinies dans le logiciel MODUL'ERS
ENEDIS BRIPS AUBIERE Plan d'implantation générale après-travaux – Ind. H - 1/100 06.11.2025	Plan d'implantation générale après-travaux
Documents ECR Environnement	
ECR Environnement Dossier 1901491 – DIAG (A200, A210, A270) Juillet 2025	Investigations et résultats analytiques sur les sols et les eaux souterraines.
ECR Environnement Dossier 1901683 – DIAG (A230, A270) Novembre 2025	Investigations et résultats analytiques sur les gaz du sol.

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.....	9
2.	PRESENTATION DU SITE.....	10
2.1.	LOCALISATION ET IDENTIFICATION	10
2.2.	DESCRIPTION DU PROJET	12
3.	RAPPEL DES PRESTATIONS « DIAG » ANTERIEURES	13
4.	SCHEMA CONCEPTUEL.....	17
4.1.	SOURCES DE POLLUTIONS RETENUES	17
4.2.	USAGE FUTUR – PRESENTATION DU PROJET	17
4.3.	CARACTERISATION DES CIBLES	18
4.4.	VOIES DE TRANSFERT ET D'EXPOSITION	18
5.	ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS (A320)	20
5.1.	OBJECTIFS DE L'ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS	20
5.2.	CARACTERISATION DU SITE ET DES COMPOSES RETENUS.....	20
5.2.1.	Sources, voies d'exposition résiduelles et cibles retenues.....	20
5.2.2.	Sélection des substances et des concentrations retenues.....	21
5.3.	ÉVALUATION DE L'EXPOSITION – CHOIX DU MODELE	21
5.3.1.	Sélection du modèle	21
5.3.2.	Sélection des paramètres de modélisation.....	22
5.4.	DETERMINATION DES EXPOSITIONS	23
5.4.1.	Méthodologie appliquée.....	23
5.4.2.	Choix des VTR utilisés.....	23
5.4.3.	Durée et fréquence d'exposition	24
5.4.4.	Quantification des risques	25
5.4.5.	Scénario – Inhalation d'air intérieur ambiant	26
5.4.6.	Interprétation des QD et ERI	28
5.5.	DISCUSSION DES INCERTITUDES.....	29
5.5.1.	Incertitudes liées au modèle	29
5.5.2.	Incertitudes liées aux substances et aux concentrations retenues	29
5.5.3.	Incertitudes liées aux paramètres de modélisation	30
5.5.4.	Incertitudes liées aux données de base	30
5.5.5.	Incertitudes liées au calcul de l'exposition.....	31
5.5.6.	Conclusion sur les incertitudes	31
5.6.	CONCLUSION DE L'ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS	31
5.7.	ACTIONS EN COURS A CE JOUR.....	32

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Extrait de la carte IGN de la zone d'étude (source : IGN).....	10
Figure 2 : Localisation géographique et parcelles cadastrales du site d'étude (source : Géoportail).....	11
Figure 3 : Photographie d'archive de l'ancienne usine à gaz	11
Figure 4 : Plan d'implantation générale (modifié d'après ENEDIS)	12
Figure 5 : Implantation des points d'investigation.....	16
Figure 6 : Schéma conceptuel	19
Figure 7 : Concentrations des composés inhalés en intérieur en fonction de l'exposition (MODUL'ERS).....	27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des prestations réalisées selon la codification de la norme NF X31-620 dans le cadre de l'étude.....	9
Tableau 2 : Voies de transfert et d'exposition	18
Tableau 3 : Éléments retenus, issus du Schéma Conceptuel	20
Tableau 4 : Concentrations retenues dans les gaz du sol.....	21
Tableau 5 : Paramètres de modélisation pour le scénario inhalation intérieur	22
Tableau 6 : VTR pour voie respiratoire.....	24
Tableau 7 : Caractéristiques des classes d'exposition.....	25
Tableau 8 : Temps d'exposition annuel des cibles	25
Tableau 9 : Détermination des concentrations moyennes dans l'air intérieur et concentrations inhalées (MODUL'ERS)	26
Tableau 10 : Récapitulatif des QD et ERI obtenus pour le scénario d'étude.....	28

LISTE DES ANNEXES

Annexe : Rapport MODUL'ERS – Scénario : Inhalation de l'air intérieur

1. INTRODUCTION

Dans le cadre d'un projet d'extension et de rénovation d'un poste source, **ENEDIS BRIPS Auvergne** a missionné **ECR ENVIRONNEMENT** pour la réalisation de diagnostics de la qualité des sols, des eaux souterraines et des gaz du sol. Ce dernier a montré la présence d'impacts marqués dans chacun de ces milieux, conduisant à la réalisation d'une évaluation quantitative du risque sanitaire (EQRS). Cette étude concerne le site localisé au 12 rue du Château d'Alleuze à SAINT-FLOUR (15).

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).*

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 se situe au 12 rue du château d'Alleuze, en bordure de la route D40, au sein de la commune de SAINT-FLOUR (15 100).

Le projet est situé sur les parcelles cadastrales n°103 et 104 de la section AO, d'une superficie totale d'environ 3400 m² (enceinte close).

L'aire du projet de poste électrique est délimitée par :

- La route départementale D40 à l'Est ;
- Le ruisseau de Villedieu à l'Ouest ;
- La rue du Mérignac entourant le site du nord au sud.

Le site présente une topographie plane avec une cote altimétrique d'environ +787 m NGF (données Géoportail).

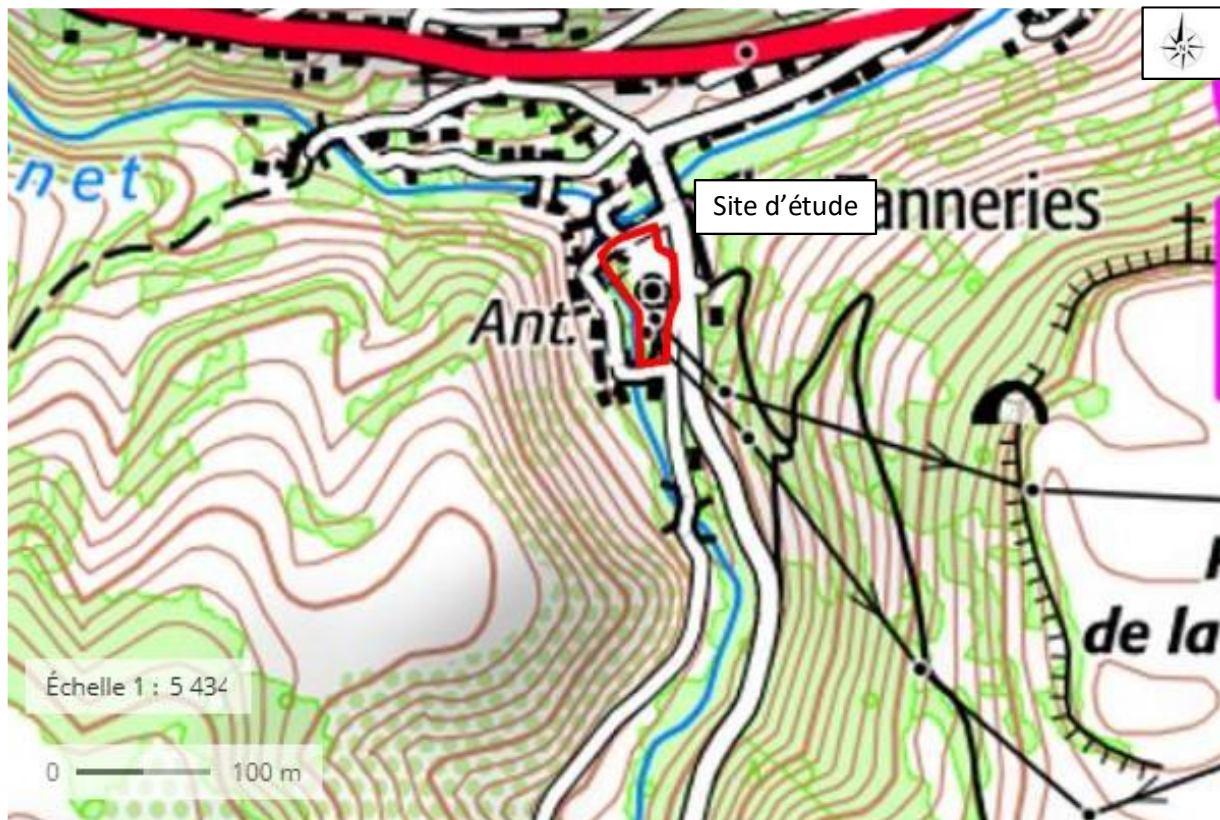


Figure 1 : Extrait de la carte IGN de la zone d'étude (source : IGN)



Figure 2 : Localisation géographique et parcelles cadastrales du site d'étude (source : Géoportail)

Au vu des documents fournis par ENEDIS et des cartes historiques du secteur, **le site est un ancien terrain d'usine à gaz** (Gaz de France). Il ne reste aucun vestige de l'ancienne usine.



Figure 3 : Photographie d'archive de l'ancienne usine à gaz

2.2. Description du projet

Les travaux projetés prévoient la construction de :

- Un bâtiment de contrôle commande ;
- Un transformateur ;
- Un local comptage ;
- Un local TCFM ;
- 2 PAC4UF ;
- Un local sécurité ;
- Un local sanitaire.

Compte tenu de la planéité de la plateforme actuelle, il est fort probable qu'aucune modification de la pente pour le projet n'ait lieu.

Le plan des travaux envisagés est présenté page suivante.

Nota : Il revient au comité de pilotage de l'opération de nous signaler toutes différences importantes à ces hypothèses afin que nous puissions reconsidérer, si nécessaire, tout ou partie de nos conclusions. Il en est de même si le projet venait à changer.



Figure 4 : Plan d'implantation générale (modifié d'après ENEDIS)

3. RAPPEL DES PRESTATIONS « DIAG » ANTERIEURES

GENERALITES	
Types de prestations	Prestations DIAG (Missions A200, A210 et A270) et DIAG Complémentaire (Missions A230, A270) Norme NFX31-620-2 « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués »
SYNTHESE DE L'ETUDE	
DIAG : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols (Mission A200)	Sondages réalisés : 6 Profondeur maximale : 2 m Prélèvements : 10 Synthèse des résultats : Les résultats analytiques sur les sols ont principalement permis de mettre en exergue : ➤ Des concentrations en COT très supérieures au seuil d'admission en ISDI (30 000 mg/kg MS) pour les sondages SP5-1 (0,00-1,00 m), SP5-2 (1,00-2,00 m), SP6-2 (1,00-2,00 m), et ST2-1 (0,00-1,00) ; ➤ Des concentrations en hydrocarbures totaux (C10-C40) supérieures au seuil d'admission en ISDI (500 mg/kg MS) pour les sondages SP5-1 (0,00-1,00 m), SP5-2 (1,00-2,00 m), SP6-1 (0,00-1,00 m), SP6-2 (1,00-2,00 m) et ST2-1 (0,00-1,00m). Tous les échantillons, à l'exception de SP1-2 (1,00-2,00 m), présentent également des valeurs supérieures au seuil de valorisation de niveau 1 (50 mg/kg MS) ; ➤ Des concentrations en HAP totaux supérieures aux seuils ISDI (50 mg/kg MS) pour les sondages SP5-1 (0,00-1,00 m), SP6-1 (0,00-1,00 m), SP6-2 (1,00-2,00 m) et ST2-1 (0,00-1,00). Seuls les échantillons SP1-2 (1,00-2,00 m) et SP4 (0,00-1,00 m) présentent des teneurs inférieures au seuil de valorisation de niveau 1 (10 mg/kg MS) ; ➤ Des concentrations mesurées en BTEX toutes inférieures, ou très proches, des limites de quantification du laboratoire et donc inférieures aux seuils ISDI (6 mg/kg MS) et à ceux du guide de valorisation ; ➤ Des concentrations en PCB inférieures ou égales à la limite de quantification du laboratoire (0,01 mg/kg MS), donc bien en dessous des seuils ISDI (1 mg/kg MS) et du guide de valorisation niveau 1 (0,1 mg/kg MS) ; ➤ Des concentrations sur éluât en COT, métaux et autres paramètres globalement en-dessous du seuil d'admissibilité en ISDI, à l'exception de l'échantillon SP6-2 (1,00-2,00 m), qui dépasse les seuils pour la fraction soluble (14 900 mg/kg MS), les sulfates (9 440 mg/kg MS) et l'arsenic (0,914 mg/kg MS). Des dépassements ponctuels ont également été observés sur SP6-1 (0,00-1,00 m) (antimoine, arsenic) et SP5-1 (0,00-1,00 m) (fluorures).
DIAG : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines (Mission A210)	Ouvrages prélevés : PZ1, PZ2 Synthèse des résultats : Les résultats analytiques sur les eaux souterraines ont principalement permis de mettre en exergue : ➤ Des concentrations en benzo(a)pyrènes supérieurs aux valeurs guides européennes (UE 1998) pour les deux piézomètres analysés : ○ Pz1 : 0,52 µg/L (valeur guide UE 1998 : 0,01 µg/L) ○ Pz2 : 2,42 µg/L (valeurs guide OMS/ UE 1998 : 0,7 / 0,01 µg/L) ; ➤ Des dépassements importants des valeurs guides de l'OMS et/ou de l'UE pour les composés benzéniques et aromatiques au droit du piézomètre Pz2 : Benzène : 1 130 µg/L (valeurs guide OMS / UE : 10 / 1 µg/L) ; Toluène : 2 500 µg/L (valeur guide OMS : 700 µg/L) ; o-Xylène : 567 µg/L (valeur guide OMS : 500 µg/L) et méta-, para-Xylène : 1 520 µg/L (valeur guide OMS : 500 µg/L) ; ➤ Des concentrations inférieures aux seuils de référence pour l'ensemble des autres paramètres analysés.

DIAG Complémentaire : Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz de sols (Mission A230)	Ouvrages prélevés : PZa1, PZa2 Supports analysés : 2 supports en Charbon Actif Synthèse des résultats : Les résultats analytiques ont mis en évidence : - Absence de composé quantifiable dans le blanc ce qui signifie que les échantillons n'ont pas été contaminés pendant le transport ; - La présence de chlorure de vinyle au droit des piézaires PZa1 et PZa2 à une concentration respectivement de 4 µg/m³ et 3,92 µg/m³ ; ces concentrations sont égales à la limite de quantification du laboratoire et supérieure au seuil R1 (2,6 µg/m³) ; - Concernant les hydrocarbures totaux, pour le PZa1, les teneurs des fractions aromatiques C8-C10 (1700 µg/m³), C10-C12 (1876 µg/m³) et C12-C16 (556 µg/m³) sont largement supérieures au seuil R1 (200 µg/m³).
Recommandations	DIAG Mai/Juin 2025 D'après le schéma conceptuel établi, les voies d'exposition pertinentes qui ont été mises en évidence sont : - Le contact direct avec les sols et poussières contaminés (ingestion et contact cutané) ; - La dispersion atmosphérique de poussières (inhalation de particules) ; - La volatilisation vers la surface depuis les sols ou la nappe (inhalation de vapeurs) ; - La percolation vers la nappe et migration dans la nappe - La perméation via les canalisations d'eau potable (ingestion d'eau potable). Les substances polluantes concernées sont les substances observées dans le sol lors du diagnostic à des concentrations significatives et dont les propriétés physico-chimiques les rendent pertinentes pour les voies d'exposition envisagées, à savoir : • Les hydrocarbures ; • Le carbone organique total ; • Les hydrocarbures aromatiques polycycliques ; • L'arsenic, l'antimoine et le sulfate • Le benzène et aromatiques à de fortes teneurs (eau souterraine) <u>Pour la maîtrise des risques sanitaires dans le cadre du projet</u> Les teneurs pour les paramètres benzènes et aromatiques ainsi que pour le benzo(a)pyrène sont très supérieures aux seuils des valeurs guide de l'OMS pour les échantillons prélevés au niveau du Pz2. Le prélèvement réalisé au niveau du piézomètre Pz1 présente également une teneur en benzo(a)pyrène en supérieure au seuil de la valeur guide de l'OMS. Compte-tenu des concentrations mesurées, des investigations complémentaires doivent être réalisées afin de pouvoir déterminer les mesures de gestion à mettre en place pour la maîtrise des risques sanitaires. <u>Pour la gestion des terres excavées</u> Les terres excavées au droit des sondages SP5-1 (0,00-1,00 m), SP5-2 (1,00-2,00 m), SP6-1 (0,00-1,00 m), SP6-2 (1,00-2,00 m) et ST2-1 (0,00-1,00) ne pourront pas être évacuées en filière ISDI. Ces sondages ont été réalisés dans la partie nord-ouest du poste source, au droit des futurs bâtiments de contrôle de commande, du local TCFM et comptage ou à proximité compte tenu de la présence de la zone instable relative à la destruction d'un ancien bâtiment. Seules les terres excavées provenant des zones à proximités des sondages SP1, SP4 et ST1 (zones accueillant le transformateur et les locaux sanitaire/vestiaire et 2PAC4UF) pourront être réutilisées sur site pour des besoins en remblais sous réserve qu'elles soient compatibles avec le projet d'un point de vue géotechnique. Elles pourront également faire l'objet d'un aménagement paysager après réalisation d'un dossier Permis d'aménager. En dernier recours, elles pourront être envoyées en Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI). Ainsi, les terres excavées ne nécessiteront pas de traitement. <u>Investigations complémentaires</u> Compte tenu des teneurs relativement importantes en benzène et aromatiques au droit de l'échantillon d'eau souterraine dans le Pz2, des investigations complémentaires sur les sols et les gaz de sol sont nécessaires pour

définir les mesures de gestion à mettre en place afin de limiter les risques sanitaires et d'évaluer la nécessité ou non de réaliser un plan de gestion et une analyse des risques.

En effet, ces investigations permettraient de mieux cibler, délimiter et caractériser les zones de pollutions mises en évidence dans ce rapport. Rappelons la présence du ruisseau à proximité du site.

DIAG Complémentaire Octobre 2025

D'après le schéma conceptuel établi, les voies d'exposition pertinentes qui ont été mises en évidence sont :

- Le contact direct avec les sols et poussières contaminés (ingestion et contact cutané) ;
- La dispersion atmosphérique de poussières (inhalation de particules) ;
- La volatilisation vers la surface depuis les sols ou la nappe (inhalation de vapeurs) ;
- La percolation vers la nappe et migration dans la nappe
- La perméation via les canalisations d'eau potable (ingestion d'eau potable).

Les substances polluantes concernées sont les substances observées dans le sol lors du diagnostic à des concentrations significatives et dont les propriétés physico-chimiques les rendent pertinentes pour les voies d'exposition envisagées, à savoir :

Campagne de mai/juin 2025 :

- Les hydrocarbures ;
- Le carbone organique total ;
- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques ;
- L'arsenic, l'antimoine et le sulfate
- Le benzène et aromatiques à de fortes teneurs (eau souterraine)

Campagne d'octobre 2025 :

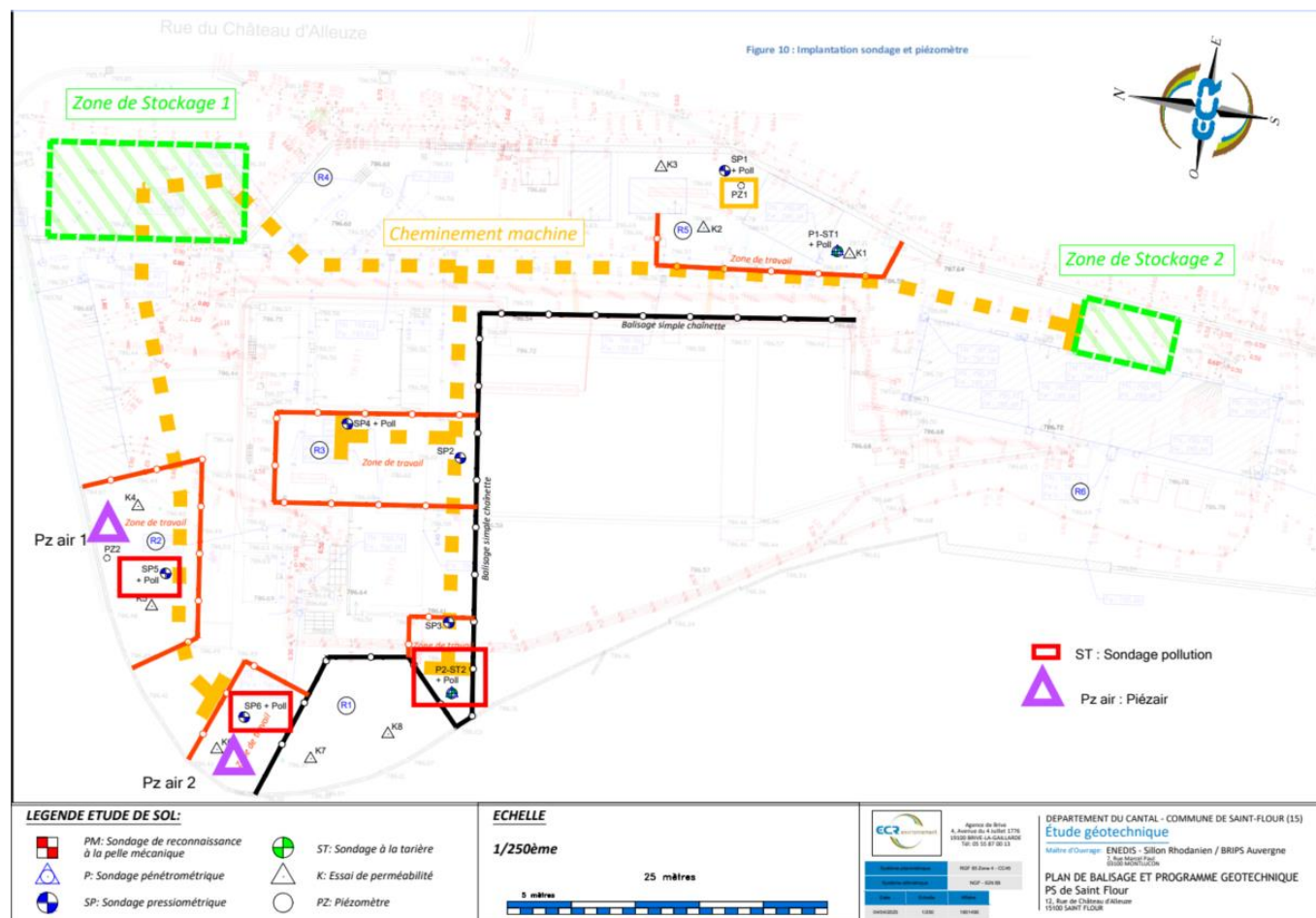
- Les métaux lourds (arsenic, cuivre, plomb) ;
- Les BTEX (benzène) ;
- Le chlorure de vinyle et les hydrocarbures totaux (gaz de sol) ;

Compte tenu de la présence de gaz dans le sol à de fortes teneurs (chlorure de vinyle et hydrocarbures totaux), une analyse des enjeux sanitaires doit être réalisée (A320).

L'analyse des enjeux sanitaires est basée sur le schéma conceptuel qui permet de visualiser les cibles, les polluants et les voies de transfert des polluants sur le site. Elle permet de faire le lien entre ces différents éléments pour connaître les voies d'exposition et la sensibilité du site.

Pour cela, le projet d'aménagement doit nous être communiqué de manière la plus complète possible

La figure suivante présente une cartographie des points d'investigation sur les milieux (Cf. Figure 3).



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 de pollutions retenues

Les substances polluantes observées dans les milieux lors des diagnostics de mai/juin et d'octobre 2025 à des **concentrations significatives** sont :

Campagne de mai/juin 2025 :

- Les hydrocarbures ;
- Le carbone organique total ;
- Les hydrocarbures aromatiques polycycliques ;
- L'arsenic, l'antimoine et le sulfate
- Le benzène et aromatiques à de fortes teneurs (eau souterraine)

Campagne d'octobre 2025 :

- Les métaux lourds (arsenic, cuivre, plomb) ;
- Les BTEX (benzène) ;
- Le chlorure de vinyle et les hydrocarbures totaux (gaz de sol) .

4.2. Usage futur – Présentation du projet

L'usage projeté est la construction de plusieurs bâtiments techniques et sociaux, sans niveau de sous-sol. Concernant les extérieurs, ceux-ci sont composés uniquement de voiries et d'espaces recouverts par une couche de forme.



4.3. Caractérisation des cibles

La cible principale considérée est l'homme, qu'il soit atteint de manière directe (par contact ou ingestion), ou indirecte (par ingestion d'eau potable potentiellement pollués via la perméation des composés volatils à travers les canalisations par exemple). **Ici, les cibles potentielles sont les travailleurs intervenant sur le site (environ 8h/mois).**

4.4. Voies de transfert et d'exposition

Le schéma conceptuel est établi dans le cadre du projet de rénovation du poste source situé sur la commune de Saint-Flour.

Les voies de transfert possibles de la source vers les autres milieux en l'absence de mesures de gestion particulières et les voies d'exposition associées, sont listées dans le tableau suivant.

Tableau 2 : Voies de transfert et d'exposition

Voie de transfert	Voie d'exposition	Voie retenue	Justification
Contact direct avec les sols et poussières contaminés	Ingestion et contact cutané	OUI	Présence potentielle de composés dans les sols de surface (métaux, hydrocarbures, chlorure de vinyle...)
Dispersion atmosphérique de poussières	Inhalation de particules	OUI	Présence potentielle de composés dans les sols de surface (métaux, hydrocarbures, chlorure de vinyle...)
Volatilisation vers la surface depuis les sols ou la nappe	Inhalation de vapeurs	OUI	Présence de polluants volatils, de gaz de sol
Percolation vers la nappe et migration dans la nappe	Utilisation de la ressource en eau souterraine	OUI	Pas d'usage des eaux souterraines prévu dans le projet mais proximité du ruisseau et présence de polluants volatils dans le sol, de benzène et HAP dans le ruisseau
Perméation via les canalisations d'eau potable	Ingestion d'eau potable	OUI	Présence potentielle de composés dans les sols de surface
Bioaccumulation dans les végétaux	Consommation des végétaux autoproduits	NON	Pas de jardins potagers, arbres fruitiers sur site

Toutes les voies de transfert et d'exposition pertinentes sont retenues compte tenu de la présence de polluants au droit des échantillons analysés.

Le Schéma Conceptuel est présenté dans la figure ci-dessous (Cf. Figure 6).

Compte tenu de la présence de polluants et de cibles exposées, ECR ENVIRONNEMENT considère l'existence d'un risque sanitaire, lequel devra être pris en compte lors de l'élaboration du projet.



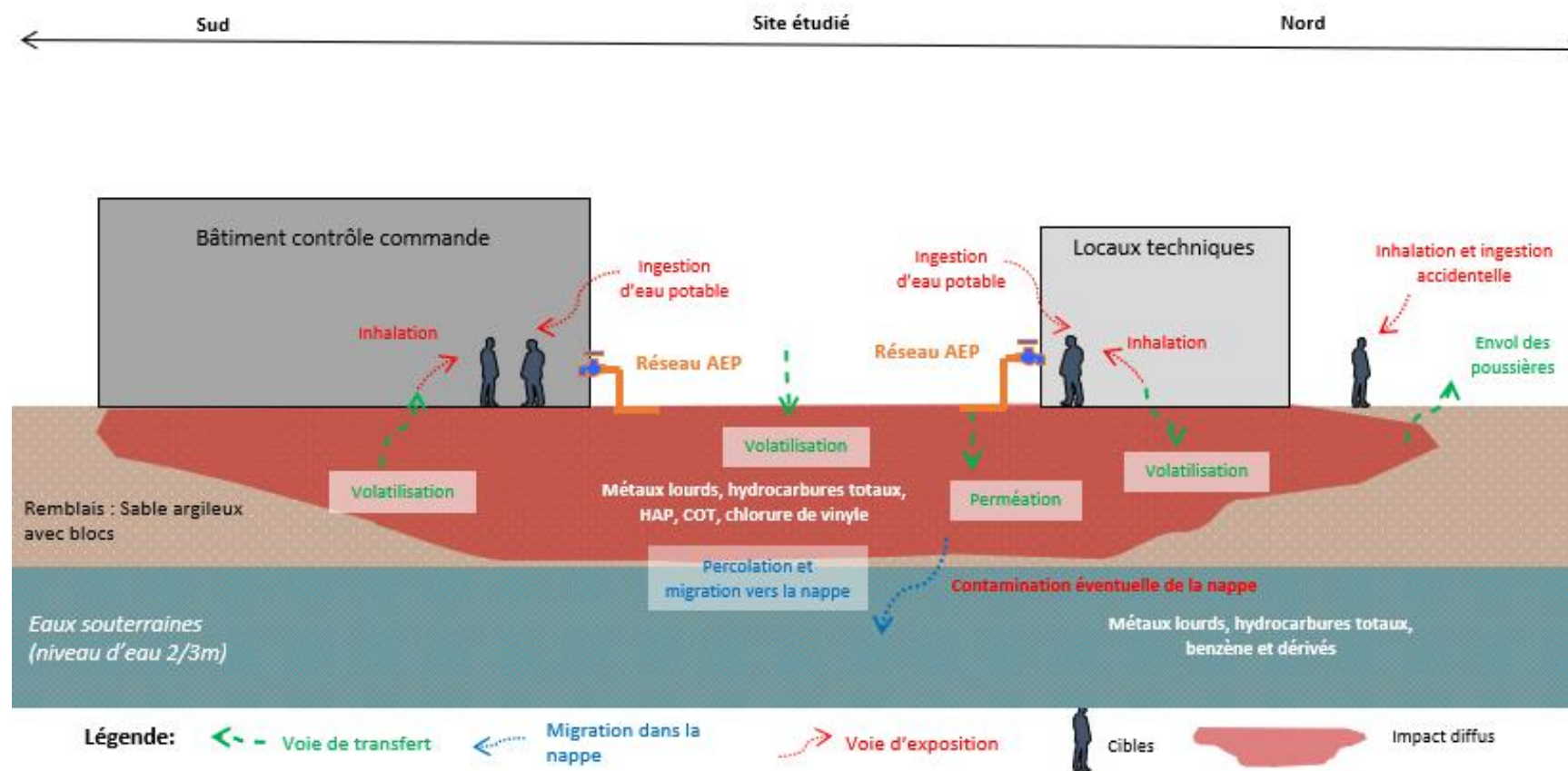


Figure 6 : Schéma conceptuel

5. ANALYSE DES RISQUES RESIDUELS (A320)

5.1. Objectifs de l'Analyse des Risques Résiduels

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

- **Étape 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 ;
- **Étape 2** : Détermination des concentrations dans les milieux d'exposition et estimation de la relation dose-effet pour les substances retenues ;
- **Étape 3** : Estimation des expositions et caractérisation du risque sanitaire associé ;
- **Étape 4** : Étude des incertitudes de l'étude.

5.2. Caractérisation du site et des composés retenus

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

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.

D'après le Schéma Conceptuel établi précédemment (Cf. *Tableau 3*), 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

Source	Voie de transfert	Milieu d'exposition Voie d'exposition	Cibles
GAZ DU SOL <i>Composés aromatiques (benzène et xylènes, naphtalène), composés chlorés (chlorure de vinyle) et hydrocarbures aromatiques C8-C16</i>	Volatilisation des polluants des sols vers l'air ambiant intérieur	Intérieur des locaux sociaux Inhalation d'air intérieur	Travailleurs sur site (agents de maintenance du poste) – fréquentation occasionnelle (max. : 8h/mois)

Remarque :

- 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 suspension dans l'air a été écarté en raison du recouvrement des sols par des voiries en enrobé ou par une couche de forme graveleuse.

5.2.2. Sélection des substances et des concentrations retenues

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

- Concentrations mesurées dans le milieu « gaz du sol » ;
- 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) (Cf. Tableau 4).

Tableau 4 : Concentrations retenues dans les gaz du sol

Composés	N° CAS	Concentrations (mg/m³)	Echantillons
Hydrocarbures volatils			
Fraction aromatique > C8-C10	-	1,70	PZa1
Fraction aromatique > C10-C12	-	1,88	
Fraction aromatique > C12-C16	-	5,56.10 ⁻¹	
Composés aromatiques volatils (BTEX)			
Benzène	71-43-2	2,48.10 ⁻²	PZa1
Para- et métaxylène	-	1,68.10 ⁻¹	
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)			
Naphtalène	91-20-3	1,02.10 ⁻¹	PZa1
Composés Organo-halogénés volatils (COHV)			
Chlorure de vinyle	75-01-4	4,00.10 ⁻³	PZa1

5.3. Évaluation de l'exposition – Choix du modèle

5.3.1. Sélection du modèle

Afin de quantifier le risque sanitaire que génèrent les pollutions résiduelles 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 faire 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.

5.3.2. 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 (Cf. Tableau 5).

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 : sablo-limono argileux à graves + blocs	Données terrain
Porosité du sol	0,385	Données Johnson et Ettinger pour des « sables-argileux »
Teneur en eau du sol	0,1	Données du laboratoire d'analyses
Distance entre la source de pollution et les cibles	0,08 m	Épaisseur minimale de dalle existante au droit du futur bâtiment
Bâtiment		
Hauteur bâtiment	2,3 m	Pour Bâtiment contrôle commande : 2,60 m Pour Bâtiment Comptage/Sécurité : 2,30 m Pour Bâtiment TCFM : 2,30 m
Longueur bâtiment	2,8 à 10,5 m	10,5 m (bâtiment contrôle commande) 5,2 m (bâtiment Comptage/Sécurité) 2,80 m (bâtiment TCFM)
Largeur bâtiment	2,46 à 2,85 m	2,85 m (bâtiment contrôle commande) 2,7 m (bâtiment Comptage/Sécurité) 2,46 m (bâtiment TCFM)
Taux de renouvellement de l'air	1 h ⁻¹ (3.10 ⁻⁴ s ⁻¹)	Pour le Bâtiment contrôle commande : 1 vol/h naturel Pour le Bâtiment Comptage/Sécurité : 1 vol/h naturel pour la partie sécurité, 8 vol/h forcé pour la partie comptage.
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 (USEPA 1997, 2004, Johnson et al. 1991, RIVM 2008)

Caractéristiques	Données d'entrée	Source(s)/Justification(s)
Épaisseur de la dalle	0,08 à 0,1 m	0,08 m (dalle 8 cm d'épais pour les bâtiments contrôle commande et comptage/Sécurité) 0,1 m (dalle 10 cm d'épais pour le bâtiment TCFM)
Bâtiment		
Température du sol	12,3°C	Valeur par défaut MODUL'ERS
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

5.4. Détermination des expositions

5.4.1. 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.

5.4.2. Choix des VTR utilisés

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 (Cf. *Tableau 6*) présentent 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 aromatique > C8-C10	-	0,2	TPHCWG 1998	-	-	Diminution poids du corps
Fraction aromatique > C10-C12	-	0,2	TPHCWG 1998	-	-	Diminution poids du corps
Fraction aromatique > C12-C16	-	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						
Chlorure de Vinyle	75-01-4	0,06	INERIS 2020	3,80E-03	INERIS 2020	SR, peau, rate, Os, SNC, SC, SI, SRESP, SNP

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

5.4.3. Durée et fréquence 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-dessous :

Tableau 7 : Caractéristiques des classes d'exposition

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

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
Classe d'âge 2	0
Classe d'âge 3	0
Classe d'âge 4	0
Classe d'âge 5	0
Classe d'âge 6	0,011 (8h/mois)
Classe d'âge 7	0,011 (8h/mois)

5.4.4. Quantification des risques

➤ Les effets à seuil

Ils correspondent aux effets aigus et à certains effets chroniques non cancérigènes, 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.

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

Dans le cadre d'une EQRS, $QD \leq 1 \Rightarrow$ 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 cancérigènes 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 cancérigènes génotoxiques agissent sans seuil de dose. Cela signifie qu'à toute inhalation non nulle d'un toxique cancérigène 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, $ERI \leq 10^{-5} \rightarrow$ Risque acceptable

5.4.5. Scénario – Inhalation d'air intérieur ambiant

Tableau 9 : Détermination des concentrations moyennes dans l'air intérieur et concentrations inhalées (MODUL'ERS)

Composés	Concentration inhalée, moyennée sur la durée d'exposition
Unité	mg/m ³
Fraction aromatique > C8-C10	7,57.10 ⁻⁶
Fraction aromatique > C10-C12	8,37.10 ⁻⁶
Fraction aromatique > C12-C16	2,48.10 ⁻⁶
Benzène	1,08.10 ⁻⁷
Para-, métaxylènes	6,06.10 ⁻⁷
Toluène	1,98.10 ⁻⁷
Éthylbenzène	3,01.10 ⁻⁸
Naphtalène	3,79.10 ⁻⁷
Chlorure de Vinyle	1,99.10 ⁻⁸

Il est à noter que la concentration inhalée varie en fonction de la durée d'exposition à chaque composé.

Le graphique suivant présente les concentrations sous forme gazeuse inhalées en intérieur, pondérées par la fraction du temps d'exposition annuelle et calculées en fonction de l'âge de l'individu (Cf. Figure 7).

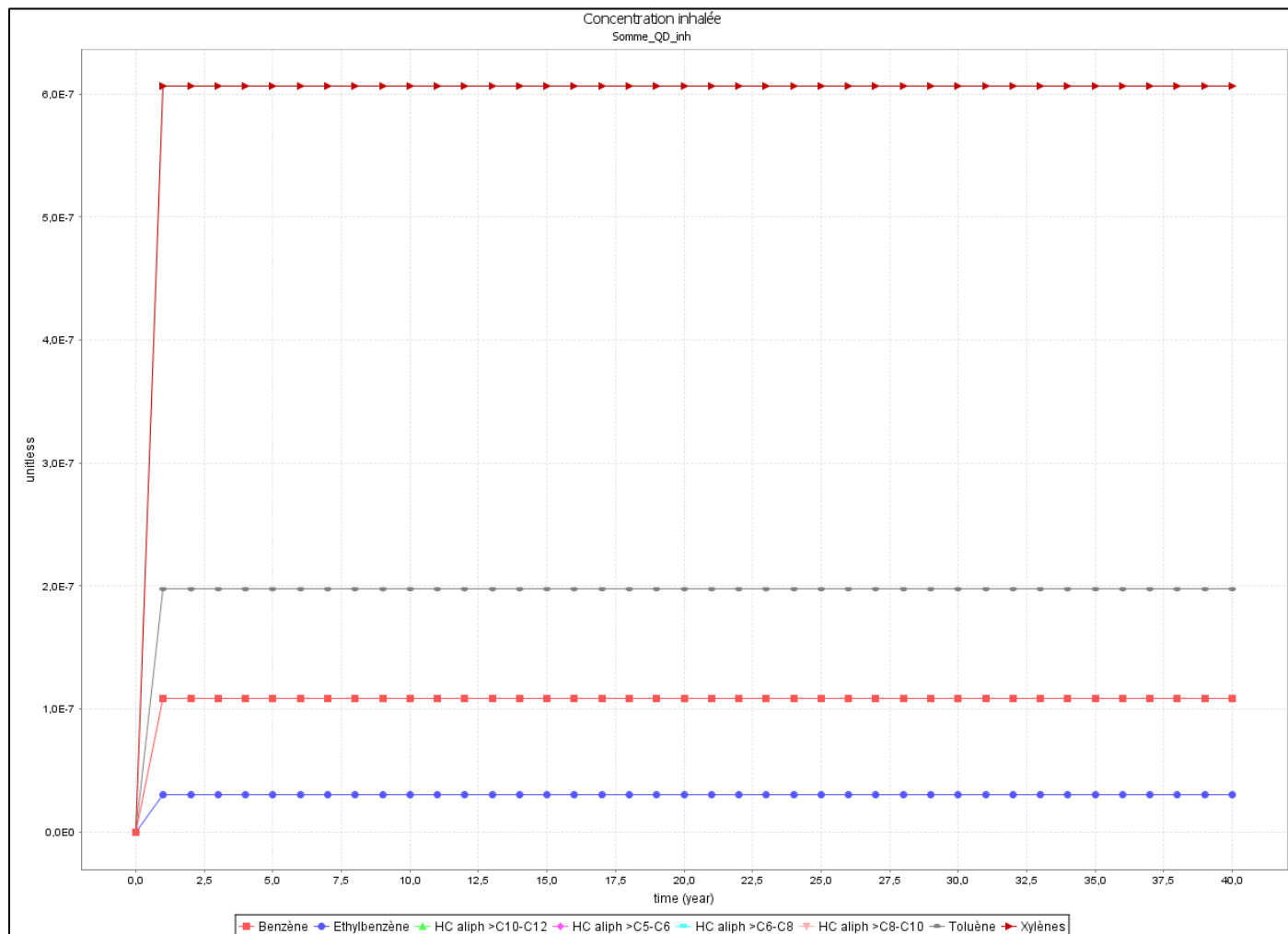


Figure 7 : Concentrations des composés inhalés en intérieur en fonction de l'exposition (MODUL'ERS)

5.4.6. Interprétation des QD et ERI

Le tableau ci-après présente la synthèse des résultats des risques pour le scénario d'étude (Cf. Tableau 10).

Tableau 10 : Récapitulatif des QD et ERI obtenus pour le scénario d'étude

Voies d'exposition	Somme des QD	Polluant prépondérant dans le calcul de risque	ERI	Polluant prépondérant dans le calcul de risque
Inhalation de l'air ambiant des futurs locaux techniques et sociaux				
Cumul pour les enfants de 15 à 18 ans	$1,2 \cdot 10^{-4}$	42,4 % HC arom. > C10-12 38,3 % HC arom. > C8-10		55 % Benzène 42 % Naphtalène
Cumul pour les adultes de 18 à 80+ ans	$1,2 \cdot 10^{-4}$	12,5 % HC arom. > C12-16 3,1 % Xylènes		
Cumul total pour les personnes de 0 à 80+ ans	$2,4 \cdot 10^{-4}$	1,9 % Naphtalène	$2,91 \cdot 10^{-9}$	
Valeurs limites d'acceptation	1		$1 \cdot 10^{-5}$	

Ainsi, les résultats de la simulation de l'inhalation de l'air intérieur des futurs locaux techniques et sociaux par les travailleurs jeunes adultes et adultes (> 16 ans) menée à partir des concentrations en polluant mesurées dans l'air du sol pour une épaisseur de sol sablo-limono-argileux à graves impactés en HCT, BTEX, HAP et COHV sur environ 2 mètres, sont les suivants :

- le cumul des QD est inférieur à 1 ($2,4 \cdot 10^{-4}$) ;
- le cumul des ERI est inférieur à $1 \cdot 10^{-5}$ ($2,91 \cdot 10^{-9}$).

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 poste source 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.

5.5. 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.

5.5.1. 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 du fait du lessivage vers la nappe, ce choix est fortement conservatoire et majore les résultats obtenus.

La présente étude a été menée en ne considérant que les risques sanitaires induits par la présence de polluants en concentration supérieure au bruit de fond du site. Cette pratique correspond à ce qui est couramment réalisé dans ce type d'étude.

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.

5.5.2. 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 trouvent 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.

5.5.3. Incertitudes liées aux paramètres de modélisation

Pour le calcul de l'inhalation de l'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 le diagnostic. 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.

5.5.4. Incertitudes liées aux données de base

- Les sols : Nous avons pris le type de sols rencontré lors des prélèvements de terre lors de la campagne d'échantillonnage des sols. Les caractéristiques sont celles usuellement prises pour des sols sablo-argileux. Aucune analyse granulométrique n'ayant été réalisée, les paramètres liés au sol reposent sur des critères qualitatifs (observations de terrain) et non sur des analyses quantitatives.
- Les cibles : Pour les durées d'exposition, nous avons pris les scénarios d'exposition retenus par l'INERIS pour chaque cible identifiée.
- La distance source/cible : a été adaptée au scénario afin de majorer les risques ;
- Les concentrations choisies : nous avons choisi les concentrations maximales obtenues lors des investigations sur les gaz du sol réalisées par **ECR ENVIRONNEMENT**.

Dans le cas le plus défavorable, nous aurions pu utiliser les caractéristiques de modélisation suivante :

Caractéristique	Hypothèse initiale	Hypothèse d'incertitude très majorante
Type de matériaux du sol	Sables argileux	Sables
Porosité du sol	0,385	0,375

Ainsi, les résultats auraient été les suivants :

Caractéristique	Qd	ERI
Résultats des calculs initiaux	2,4. 10⁻⁴	2,91.10⁻⁹
Résultats avec les hypothèses d'incertitude	2,2.10⁻⁴	2,80.10⁻⁹
Limite d'acceptation	1	1.10⁻⁵

Les résultats restent tous compatibles avec l'usage projeté.



5.5.5. 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.

5.5.6. 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 conservatoire.

5.6. Conclusion de l'Analyse des Risques Résiduels

Dans le cadre de la construction de bâtiments techniques et sociaux sans niveau de sous-sol, ENEDIS a missionné ECR ENVIRONNEMENT pour la réalisation d'une Analyse des Risques Résiduels (ARR) afin de contrôler l'acceptabilité des risques associés aux pollutions mises en évidence sur le site à l'étude.

Sur la base des résultats de la campagne de contrôle de la qualité de la qualité des gaz du sol d'octobre 2025, une ARR « prédictive » ainsi que des calculs de risques ont été réalisés pour le scénario suivant à partir des concentrations anormales en composés mesurées dans les gaz du sol : L'exposition des futurs travailleurs (jeunes adultes et adultes) par inhalation aux polluants se dégazant du sol, à l'intérieur des futurs bâtiments.

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 de poste source projeté selon les hypothèses citées dans le présent rapport.**

Néanmoins, **lors des travaux** dans le cadre de ce projet, les sols contaminés seront terrassés, déblayés par endroit et remaniés. De ce fait, **le personnel de chantier sera directement exposé à la pollution par inhalation des gaz, contact cutané direct avec les sols impactés et inhalation/ingestion de poussières contaminées mises en suspension. De ce fait, il sera nécessaire de prévoir une préparation et un accompagnement des travaux pour adapter les équipements de protection collectifs et individuels aux phasages des opérations et de sorte à limiter l'exposition des travailleurs aux composés détectés. Cet appui pourra être accompagné d'un plan de conception des travaux simplifié pour gérer les éventuels impacts relatifs au caractère pollué des sols (odeurs, poussières) sur le voisinage pendant les travaux.**

Des contrôles en fin de chantier pourront être mis en place afin de s'assurer que les teneurs en composés détectés sont équivalentes ou inférieures aux hypothèses retenues.

5.7. Actions en cours à ce jour

Ce rapport fait l'objet d'une mise à jour en janvier 2026 dont l'objectif est de préciser les suites à donner. Comme demandé dans la paragraphe précédent, ENEDIS a confié à ECR Environnement la réalisation du plan de conception des travaux. En date du 21 janvier 2026, ECR Environnement est en train de le réaliser.

Ce plan de conception des travaux va, entre autres, prévoir la mise en place d'instrumentation sur site pendant le terrassement afin de mesurer les teneurs des gaz volatils et apprécier la qualité de l'air. L'objectif de ce suivi est de pouvoir arrêter immédiatement les travaux en cas de dépassement des seuils réglementaires et limiter ainsi les éventuels impacts sur l'environnement proche et les riverains.

En cas de dépassement des seuils réglementaires, les entreprises devront mettre en place tous les moyens nécessaires pour éviter les émanations dans l'air.

Conditions particulières

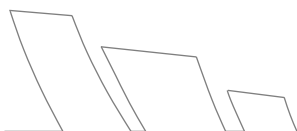
Cette étude est basée sur des reconnaissances dont le caractère ponctuel ne peut prétendre traduire de manière continue la nature et l'état de l'ensemble de la zone d'étude.

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.

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.



Annexe

Rapport MODUL'ERS – Scénario : Inhalation de l'air intérieur

AIR_INTERIEUR_JE_SOURCE_GAZ SOL



Report generated: Thu Dec 18 12:37:25 CET 2025

Table of contents

- 1 Project properties**
- 2. Model description**
 - 2.1. Constantes_Reglages**
 - 2.2. Conc_gaz_air_interieur_J_E**
 - 2.3. Niveaux_Exposition_Risque**
- 3 Results**

1. Project properties

Project name	AIR_INTERIEUR_JE_SOURCE GAZ SOL
Author	X

2. 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	

2.1. Constantes Reglages

Constantes Reglages		Sub-system
Enabled flag	Yes	
Symbol	Constantes Reglages	
Object	Output	Sub-system
type Polluant	type Polluant	Conc gaz air interieur J E
organique	organique	Conc gaz air interieur J E
inorganique	inorganique	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	
Chlorure de vinyle	organique	
Ethylbenzène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
HC arom.> C10-C12	organique	
HC arom.> C12-C16	organique	
HC arom.> C8-C10	organique	
Naphtalène	organique	
Toluène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
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
16.0	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				

2.2. 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
inorganique	inorganique	Constantes Reglages
type Polluant	type Polluant	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

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
0.08	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
2.3	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
2.46	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
2.8	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-12	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
Porosité 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
Porosité 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
0.385	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 définition Cas_source_sol=valeur_entree_sol)

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.385	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
0.08	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
3.0E-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	9.669999999999999E-6					
Chlorure de vinyle	1.229999999999999E-5					
Ethylbenzène	7.5E-6	NaN				
HC arom.> C10-C12	1.0E-5	NaN				
HC arom.> C12-C16	1.0E-5	NaN				

HC arom.> C8-C10	1.0E-5	NaN
Naphtalène	7.33E-6	
Toluène	8.7E-6	NaN
Xylènes	7.0E-6	NaN
Materials	Comment	
Benzène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 9,1E-6	
Chlorure de vinyle	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 1,2E-5	
Ethylbenzène		
HC arom.> C10-C12		
HC arom.> C12-C16		
HC arom.> C8-C10		
Naphtalène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 6,9E-6	
Toluène		
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	1.03E-9					
Chlorure de vinyle	1.29E-9					
Ethylbenzène	2.1E-10	NaN				
HC arom.> C10-C12	1.0E-9	NaN				
HC arom.> C12-C16	1.0E-9	NaN				
HC arom.> C8-C10	1.0E-9	NaN				
Naphtalène	7.989999999999999E-10					
Toluène	8.6E-10	NaN				
Xylènes	8.2E-10	NaN				
Materials	Comment					
Benzène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 7,2E-10					
Chlorure de vinyle	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 9,0E-10					
Ethylbenzène						
HC arom.> C10-C12						
HC arom.> C12-C16						
HC arom.> C8-C10						
Naphtalène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 5,6E-10					
Toluène						
Xylènes						

Full Name	Symbol	Unit
Concentration dans l'air du sol à la surface de la nappe ou au niveau de la source sol (hors bruit de fond)	Cas _{source,E}	mg m ³
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	0.0248	NaN				
Chlorure de vinyle	0.0040	NaN				
Ethylbenzène	0.0080	NaN				
HC arom.> C10-C12	1.88	NaN				
HC arom.> C12-C16	0.556	NaN				
HC arom.> C8-C10	1.7	NaN				
Naphtalène	0.102	NaN				
Toluène	0.048	NaN				
Xylènes	0.168	NaN				

Full Name	Symbol	Unit
Constante de Henry à température du sol	H_{Ts}	$\text{Pa m}^3 \text{mol}^{-1}$

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		
Chlorure de vinyle	2786.0					
Ethylbenzène	820.0	-1.0				
HC arom.> C10-C12	340.1	-1.0				
HC arom.> C12-C16	128.9	-1.0				
HC arom.> C8-C10	1186.17732895385	-1.0				
Naphtalène	48.0					
Toluène	673.0	-1.0				
Xylènes	758.0	-1.0				

Materials	Comment
Benzène	Valeurs à 25°C - Valeur ponctuelle ajustée à 12,5°C : 330
Chlorure de vinyle	Valeur à 25°C - Valeur ponctuelle ajustée à 12,5°C : 1600
Ethylbenzène	
HC arom.> C10-C12	
HC arom.> C12-C16	
HC arom.> C8-C10	
Naphtalène	Valeur à 25°C - Valeur ajustée à 12,5°C : 19
Toluène	
Xylènes	

Full Name	Symbol	Unit
Epaisseur de la couche 2 de la ZNS	l_2	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				
Chlorure de vinyle	2.0					
Ethylbenzène	2.0	0.0				
HC arom.> C10-C12	2.0					
HC arom.> C12-C16	2.0					
HC arom.> C8-C10	2.0					
Naphtalène	2.0					
Toluène	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	0.0	0.726				
classe_10	0.0					
classe_2	0.0	0.726				
classe_3	0.0	0.63				
classe_4	0.0	0.63				
classe_5	0.0	0.643				
classe_6	0.011	0.606				
classe_7	0.011	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	0.1		

2.3. 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				
Chlorure de vinyle	0.06	NaN				
Ethylbenzène	1.5	NaN				
HC arom.> C10-C12	0.2	NaN				
HC arom.> C12-C16	0.2	NaN				
HC arom.> C8-C10	0.2	NaN				
Naphtalène	0.037	NaN				
Toluène	19.0	NaN				
Xylènes	0.1	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				
Chlorure de vinyle	0.0038	NaN				
Ethylbenzène	0.0025	NaN				
HC arom.> C10-C12	NaN					
HC arom.> C12-C16	NaN					
HC arom.> C8-C10	NaN					
Naphtalène	0.0056	NaN				
Toluène	NaN					

Xylènes

NaN

3. Results

Tables

ERI_inh

Âge	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Benzène]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	0,00E0
2,00E0	0,00E0
3,00E0	0,00E0
4,00E0	0,00E0
5,00E0	0,00E0
6,00E0	0,00E0
7,00E0	0,00E0
8,00E0	0,00E0
9,00E0	0,00E0
1,00E1	0,00E0
1,10E1	0,00E0
1,20E1	0,00E0
1,30E1	0,00E0
1,40E1	0,00E0
1,50E1	0,00E0
1,60E1	0,00E0
1,70E1	0,00E0
1,80E1	0,00E0
1,90E1	0,00E0
2,00E1	0,00E0
2,10E1	0,00E0
2,20E1	0,00E0
2,30E1	0,00E0
2,40E1	0,00E0
2,50E1	0,00E0
2,60E1	0,00E0
2,70E1	0,00E0
2,80E1	0,00E0
2,90E1	0,00E0
3,00E1	0,00E0
3,10E1	0,00E0
3,20E1	0,00E0
3,30E1	0,00E0
3,40E1	0,00E0
3,50E1	0,00E0
3,60E1	0,00E0
3,70E1	0,00E0
3,80E1	0,00E0
3,90E1	0,00E0
4,00E1	1,61E-9

Âge	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Chlorure de vinyle]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	0,00E0
2,00E0	0,00E0
3,00E0	0,00E0
4,00E0	0,00E0
5,00E0	0,00E0
6,00E0	0,00E0
7,00E0	0,00E0
8,00E0	0,00E0
9,00E0	0,00E0
1,00E1	0,00E0
1,10E1	0,00E0
1,20E1	0,00E0
1,30E1	0,00E0
1,40E1	0,00E0
1,50E1	0,00E0
1,60E1	0,00E0
1,70E1	0,00E0
1,80E1	0,00E0
1,90E1	0,00E0
2,00E1	0,00E0
2,10E1	0,00E0
2,20E1	0,00E0
2,30E1	0,00E0
2,40E1	0,00E0
2,50E1	0,00E0
2,60E1	0,00E0
2,70E1	0,00E0
2,80E1	0,00E0
2,90E1	0,00E0
3,00E1	0,00E0
3,10E1	0,00E0
3,20E1	0,00E0
3,30E1	0,00E0
3,40E1	0,00E0
3,50E1	0,00E0
3,60E1	0,00E0
3,70E1	0,00E0
3,80E1	0,00E0
3,90E1	0,00E0
4,00E1	4,32E-11

Âge	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Ethylbenzène]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	0,00E0
2,00E0	0,00E0
3,00E0	0,00E0
4,00E0	0,00E0
5,00E0	0,00E0
6,00E0	0,00E0
7,00E0	0,00E0
8,00E0	0,00E0
9,00E0	0,00E0
1,00E1	0,00E0
1,10E1	0,00E0
1,20E1	0,00E0
1,30E1	0,00E0
1,40E1	0,00E0
1,50E1	0,00E0
1,60E1	0,00E0
1,70E1	0,00E0
1,80E1	0,00E0
1,90E1	0,00E0
2,00E1	0,00E0
2,10E1	0,00E0
2,20E1	0,00E0
2,30E1	0,00E0
2,40E1	0,00E0
2,50E1	0,00E0
2,60E1	0,00E0
2,70E1	0,00E0
2,80E1	0,00E0
2,90E1	0,00E0
3,00E1	0,00E0
3,10E1	0,00E0
3,20E1	0,00E0
3,30E1	0,00E0
3,40E1	0,00E0
3,50E1	0,00E0
3,60E1	0,00E0
3,70E1	0,00E0
3,80E1	0,00E0
3,90E1	0,00E0
4,00E1	4,30E-11

Âge	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [HC arom.> C10-C12]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	0,00E0
2,00E0	0,00E0
3,00E0	0,00E0
4,00E0	0,00E0
5,00E0	0,00E0
6,00E0	0,00E0
7,00E0	0,00E0
8,00E0	0,00E0
9,00E0	0,00E0
1,00E1	0,00E0
1,10E1	0,00E0
1,20E1	0,00E0
1,30E1	0,00E0
1,40E1	0,00E0
1,50E1	0,00E0
1,60E1	0,00E0
1,70E1	0,00E0
1,80E1	0,00E0
1,90E1	0,00E0
2,00E1	0,00E0
2,10E1	0,00E0
2,20E1	0,00E0
2,30E1	0,00E0
2,40E1	0,00E0
2,50E1	0,00E0
2,60E1	0,00E0
2,70E1	0,00E0
2,80E1	0,00E0
2,90E1	0,00E0
3,00E1	0,00E0
3,10E1	0,00E0
3,20E1	0,00E0
3,30E1	0,00E0
3,40E1	0,00E0
3,50E1	0,00E0
3,60E1	0,00E0
3,70E1	0,00E0
3,80E1	0,00E0
3,90E1	0,00E0
4,00E1	0,00E0

Âge	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [HC arom.> C12-C16]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	0,00E0
2,00E0	0,00E0
3,00E0	0,00E0
4,00E0	0,00E0
5,00E0	0,00E0
6,00E0	0,00E0
7,00E0	0,00E0
8,00E0	0,00E0
9,00E0	0,00E0
1,00E1	0,00E0
1,10E1	0,00E0
1,20E1	0,00E0
1,30E1	0,00E0
1,40E1	0,00E0
1,50E1	0,00E0
1,60E1	0,00E0
1,70E1	0,00E0
1,80E1	0,00E0
1,90E1	0,00E0
2,00E1	0,00E0
2,10E1	0,00E0
2,20E1	0,00E0
2,30E1	0,00E0
2,40E1	0,00E0
2,50E1	0,00E0
2,60E1	0,00E0
2,70E1	0,00E0
2,80E1	0,00E0
2,90E1	0,00E0
3,00E1	0,00E0
3,10E1	0,00E0
3,20E1	0,00E0
3,30E1	0,00E0
3,40E1	0,00E0
3,50E1	0,00E0
3,60E1	0,00E0
3,70E1	0,00E0
3,80E1	0,00E0
3,90E1	0,00E0
4,00E1	0,00E0

Âge	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [HC arom.> C8-C10]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	0,00E0
2,00E0	0,00E0
3,00E0	0,00E0
4,00E0	0,00E0
5,00E0	0,00E0
6,00E0	0,00E0
7,00E0	0,00E0
8,00E0	0,00E0
9,00E0	0,00E0
1,00E1	0,00E0
1,10E1	0,00E0
1,20E1	0,00E0
1,30E1	0,00E0
1,40E1	0,00E0
1,50E1	0,00E0
1,60E1	0,00E0
1,70E1	0,00E0
1,80E1	0,00E0
1,90E1	0,00E0
2,00E1	0,00E0
2,10E1	0,00E0
2,20E1	0,00E0
2,30E1	0,00E0
2,40E1	0,00E0
2,50E1	0,00E0
2,60E1	0,00E0
2,70E1	0,00E0
2,80E1	0,00E0
2,90E1	0,00E0
3,00E1	0,00E0
3,10E1	0,00E0
3,20E1	0,00E0
3,30E1	0,00E0
3,40E1	0,00E0
3,50E1	0,00E0
3,60E1	0,00E0
3,70E1	0,00E0
3,80E1	0,00E0
3,90E1	0,00E0
4,00E1	0,00E0

Âge	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Naphtalène]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	0,00E0
2,00E0	0,00E0
3,00E0	0,00E0
4,00E0	0,00E0
5,00E0	0,00E0
6,00E0	0,00E0
7,00E0	0,00E0
8,00E0	0,00E0
9,00E0	0,00E0
1,00E1	0,00E0
1,10E1	0,00E0
1,20E1	0,00E0
1,30E1	0,00E0
1,40E1	0,00E0
1,50E1	0,00E0
1,60E1	0,00E0
1,70E1	0,00E0
1,80E1	0,00E0
1,90E1	0,00E0
2,00E1	0,00E0
2,10E1	0,00E0
2,20E1	0,00E0
2,30E1	0,00E0
2,40E1	0,00E0
2,50E1	0,00E0
2,60E1	0,00E0
2,70E1	0,00E0
2,80E1	0,00E0
2,90E1	0,00E0
3,00E1	0,00E0
3,10E1	0,00E0
3,20E1	0,00E0
3,30E1	0,00E0
3,40E1	0,00E0
3,50E1	0,00E0
3,60E1	0,00E0
3,70E1	0,00E0
3,80E1	0,00E0
3,90E1	0,00E0
4,00E1	1,21E-9

Âge	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Toluène]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	0,00E0
2,00E0	0,00E0
3,00E0	0,00E0
4,00E0	0,00E0
5,00E0	0,00E0
6,00E0	0,00E0
7,00E0	0,00E0
8,00E0	0,00E0
9,00E0	0,00E0
1,00E1	0,00E0
1,10E1	0,00E0
1,20E1	0,00E0
1,30E1	0,00E0
1,40E1	0,00E0
1,50E1	0,00E0
1,60E1	0,00E0
1,70E1	0,00E0
1,80E1	0,00E0
1,90E1	0,00E0
2,00E1	0,00E0
2,10E1	0,00E0
2,20E1	0,00E0
2,30E1	0,00E0
2,40E1	0,00E0
2,50E1	0,00E0
2,60E1	0,00E0
2,70E1	0,00E0
2,80E1	0,00E0
2,90E1	0,00E0
3,00E1	0,00E0
3,10E1	0,00E0
3,20E1	0,00E0
3,30E1	0,00E0
3,40E1	0,00E0
3,50E1	0,00E0
3,60E1	0,00E0
3,70E1	0,00E0
3,80E1	0,00E0
3,90E1	0,00E0
4,00E1	0,00E0

Âge	Niveaux Exposition
-----	-----------------------

	Risque.ERI inh [Xylènes]
0,00E0	0,00E0
1,00E0	0,00E0
2,00E0	0,00E0
3,00E0	0,00E0
4,00E0	0,00E0
5,00E0	0,00E0
6,00E0	0,00E0
7,00E0	0,00E0
8,00E0	0,00E0
9,00E0	0,00E0
1,00E1	0,00E0
1,10E1	0,00E0
1,20E1	0,00E0
1,30E1	0,00E0
1,40E1	0,00E0
1,50E1	0,00E0
1,60E1	0,00E0
1,70E1	0,00E0
1,80E1	0,00E0
1,90E1	0,00E0
2,00E1	0,00E0
2,10E1	0,00E0
2,20E1	0,00E0
2,30E1	0,00E0
2,40E1	0,00E0
2,50E1	0,00E0
2,60E1	0,00E0
2,70E1	0,00E0
2,80E1	0,00E0
2,90E1	0,00E0
3,00E1	0,00E0
3,10E1	0,00E0
3,20E1	0,00E0
3,30E1	0,00E0
3,40E1	0,00E0
3,50E1	0,00E0
3,60E1	0,00E0
3,70E1	0,00E0
3,80E1	0,00E0
3,90E1	0,00E0
4,00E1	0,00E0

QD

Statistics	Niveaux Exposition

Statistics	Niveaux Exposition

Statistics	Niveaux Exposition

	Risque.Somme QD inh [classe 1]
	0,00E0

	Risque.Somme QD inh [classe 2]
	0,00E0

	Risque.Somme QD inh [classe 3]
	0,00E0

Statistics	Niveaux Exposition Risque.Somme QD inh [classe 4]
	0,00E0

Statistics	Niveaux Exposition Risque.Somme QD inh [classe 5]
	0,00E0

Statistics	Niveaux Exposition Risque.Somme QD inh [classe 6]
	1,20E-4

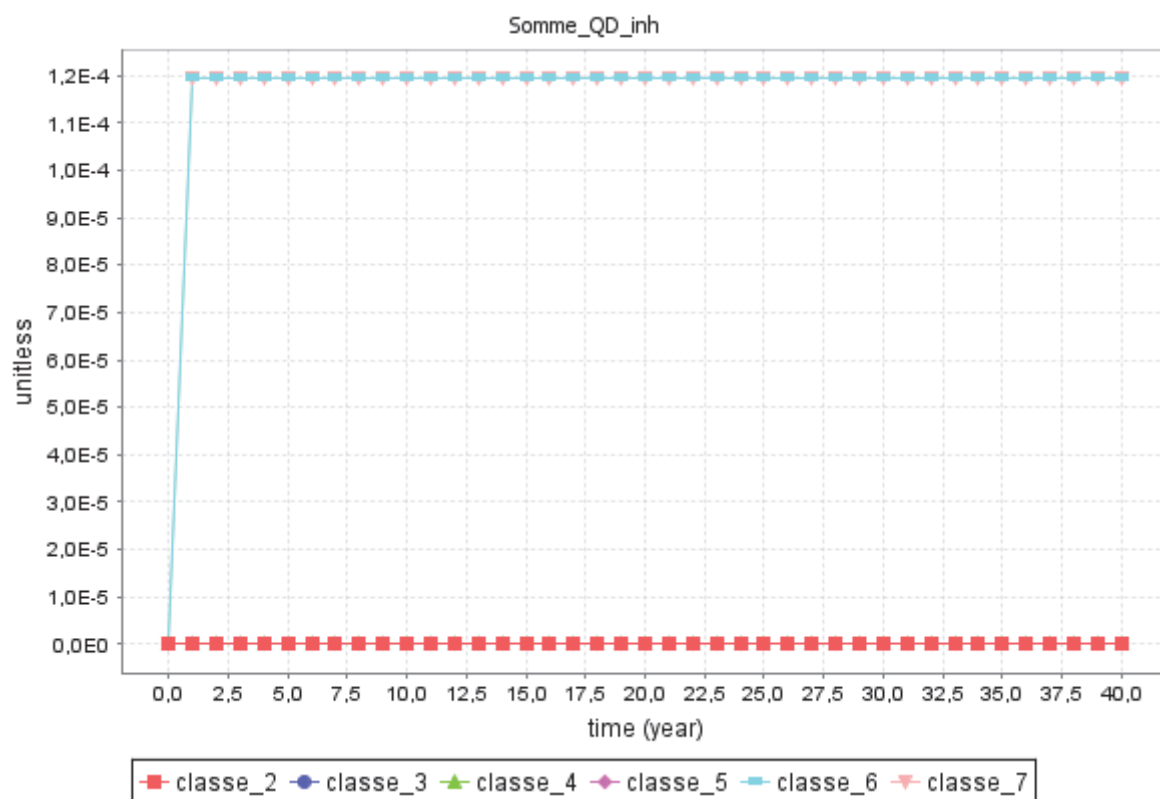
Statistics	Niveaux Exposition Risque.Somme QD inh [classe 7]
	1,20E-4

ERI

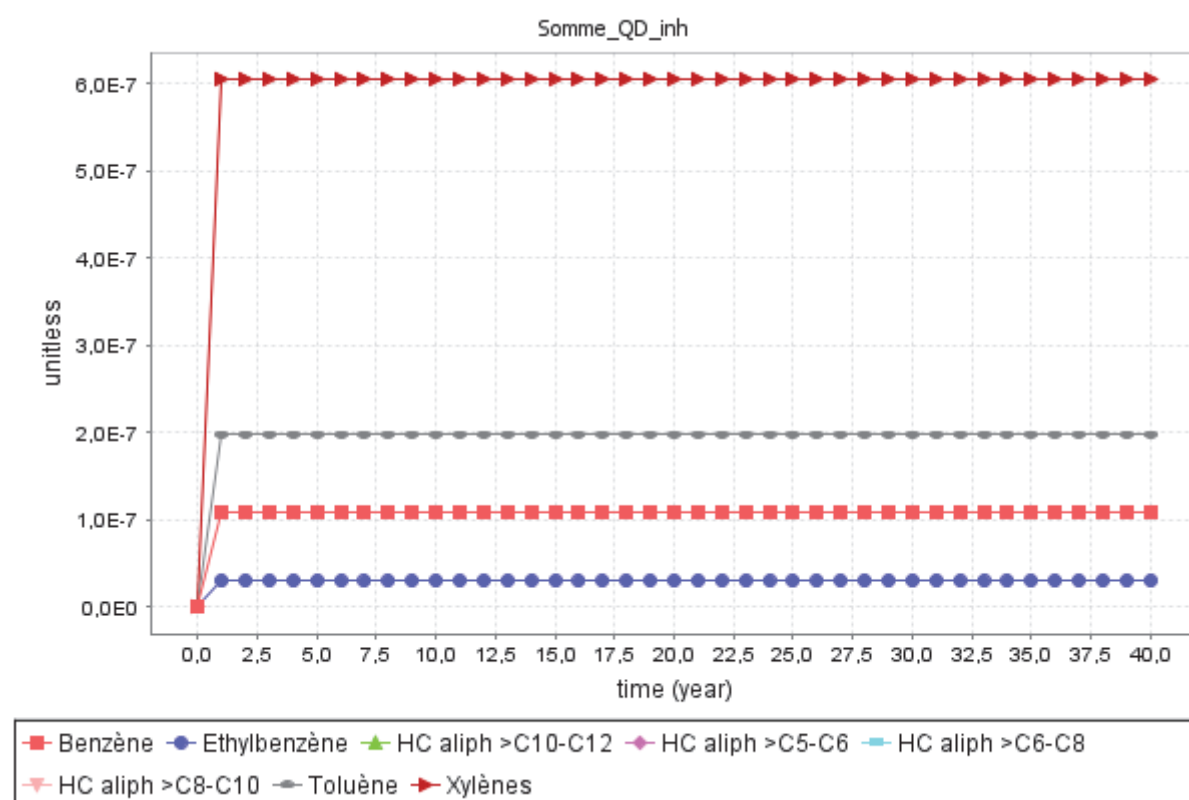
Statistics	Niveaux Exposition Risque.Somme ERI inh
	2,91E-9

Charts

Somme QD



Concentration inhalée



ERI