



HUB ENVIRONNEMENT – GESTION DES SITES ET SOLS POLLUÉS

3 rue des Entrepôts 69004 LYON - Tel. 09 52 81 14 74

www.hub-environnement.fr - contact@hub-environnement.com

Mémoire de dépollution

**780 rue César Vuarchex,
74950 Scionzier**

Affaire 20251112

POPPE & POTTHOFF

N° & version	Date	Rédacteur	Chef de projet	Vérificateur
RF 20260729	29 juillet 2026	N. JOULIA	N. GARNIER	N. JOULIA



Sommaire

Liste des figures	3
Liste des tableaux	3
Glossaire	4
1. Objet de l'étude	5
2. Contexte réglementaire et normatif	6
3. Localisation du site de l'étude	7
4. Synthèse de la zone source dans les sols	9
5. Travaux de dépollution	11
5.1 Déroulement général des travaux	11
5.2 Description des travaux préparatoires	11
5.3 Résumé des essais de laboratoire (Prestation B111 - Janvier à Mars 2026)	12
6. Description des travaux de dépollution réalisés	12
6.1.1 Travaux d'excavation	12
6.1.2 Traitement hors site des terres polluées	13
6.1.3 Traitement de finition en fond de fouille par oxydation chimique – ZS2-HCT	13
6.1.4 Remblaiement	14
7. Contrôle des fouilles après travaux	14
7.1 Contrôle des sols en bords et fonds de fouilles	14
7.1.1 Zone ZS1	15
7.1.2 Zone ZS2-HCT	15
7.1.3 Zone ZS2-COV	16
7.2 Contrôle des gaz des sols en fonds de fouilles	18
7.2.1 Investigations des gaz du sol	18
7.2.2 Résultats des analyses laboratoires des gaz des sols	19
8. Analyse des risques résiduels (ARR) après travaux	21
8.1 Méthodologie de l'EQRS	21
8.2 Evaluation de l'exposition	21
8.2.1 Caractérisation du lieu d'exposition	21
8.2.2 Voies d'exposition retenues	21
8.2.3 Cibles retenues	23
8.2.4 Sélection des substances	23
8.3 Scénario d'exposition	24
8.4 Evaluation de la relation dose-réponse	25
8.4.1 Synthèse des données toxicologiques	25
8.4.2 Valeurs toxicologique retenues (VTR)	26
8.5 Choix des modèles	27
9. Résultats de l'EQRS	27
9.1 Principe de calcul	27
9.1.1 Estimation du risque pour les effets avec seuils (non cancérogènes)	27
9.1.2 Estimation du risque pour les effets sans seuil	28
9.2 Résultats des calculs	28
10. Conclusions	29
10.1 Bilan des travaux	29
10.2 Analyse des risques résiduels	30
10.3 Préconisations	30
Annexes	32
Annexe 1 : Fiches de prélèvements des gaz des sols	33
Annexe 2 : Bordereaux d'analyses des gaz des sols	35
Annexe 3 : Méthodologie EQRS	45
Annexe 4 : Présentation du logiciel Modul'ERS	51
Annexe 5 : Données des calculs	53
Annexe 6 : Evaluation des incertitudes	81

Liste des figures

Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur fond de carte IGN (géoportail.gouv.fr)	7
Figure 2 : Photographie aérienne de la zone d'étude (délimitation rouge, géoportail.gouv.fr)	8
Figure 3 : Plan de la zone d'étude sur fond de carte cadastrale (délimitation rouge, géoportail.gouv.fr)	8
Figure 4 : Cartographie de synthèse des zones sources	9
Figure 5 : Déroulé général du chantier	11
Figure 6 : Plan de synthèse des analyses de bord et fond de fouille (d'après 9DG3315-DOE-VA)	17
Figure 7 : Localisation des prélèvements de gaz des sols	18
Figure 8 : Schéma conceptuel usage futur – activité commercial	24

Liste des tableaux

Tableau 1 : Seuils de définition de source de pollution concentrée retenus	9
Tableau 2 : Synthèse et caractéristiques des zones sources	10
Tableau 3 : Résultats d'analyse des contrôles de la ZS1 (mg/kg MS) – prélèvements du 15/04/2026	15
Tableau 4 : Résultats d'analyse de la ZS2-HCT (mg/kg MS) – prélèvement du 15/04/2026	15
Tableau 5 : Résultats d'analyse des contrôles de ZS2-COV (mg/kg MS) – prélèvements du 22/04/2026	16
Tableau 6 : Résultats d'analyse de la ZS2-HCT (mg/kg MS) – prélèvement du 28/04/2026	16
Tableau 7 : Caractéristiques des prélèvements de gaz du sol	18
Tableau 8 : Liste des paramètres ayant un impact potentiel sur le dégazage	19
Tableau 9 : Résultats des composés organiques dans les gaz du sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ et $\mu\text{g}/\text{support}$)	20
Tableau 10 : Paramètres d'exposition retenus pour l'étude	23
Tableau 11 : Données toxicologiques	25
Tableau 12 : VTR – Scénario inhalation	26
Tableau 13 : Résultats des calculs de risques inhalation	28

1. Objet de l'étude

- **Objectif et résumé de la demande :** HUB-Environnement a été missionné dans le cadre du suivi des travaux de dépollution de 3 zones sources concentrées. Le présent rapport constitue le mémoire de fin de travaux de dépollution réalisés par ORTEC SOLEO.
- **Donneur d'ordre :**

POPPE & POTTHOFF
- **Localisation étude :** 780 rue César Vuarchex, 74950 Scionzier – parcelles cadastrales n°44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62 de la section 0C pour une surface d'environ 12 600 m².
- **Documents à disposition :**
 - Rapports HUB-Environnement et résultats de la première campagne de prélèvements ;
 - Rapport de plan de gestion d'HUB-Environnement de novembre 2025 ;
 - 9DG3315-Rapport de fin de travaux-VA – DOE ORTE SOLEO (juillet 2026).
- **Activité du site :**
 - Activités anciennes et actuelles : Activité de décolletage – usage industriel ;
 - Activités futures : Cessation d'activité – changement d'usage vers de l'activité commercial.
- **Risques identifiés :**
 - Au vu de la présence de concentrations supérieures au seuil ISDI en hydrocarbures totaux et en hydrocarbures polycycliques, de la présence de composés dans les prélèvements de gaz du sol ainsi que des zones d'anomalies en composés organiques volatils, une zone source potentielle a été mise en évidence à proximité de la zone de récupération de copeaux.
 - De plus, les anomalies fortes en métaux lourds et notamment en cadmium dans la partie Nord de la zone d'étude (St3) devront être excavées et évacuées hors site.
 - Concernant les autres anomalies en métaux lourds mises en évidence sur la totalité du site, elles sont liées à une problématique de qualité des remblais. Les anomalies en métaux lourds mise en évidence au droit du bâtiment faisant l'objet d'un recouvrement par la dalle, elles ne devront pas faire l'objet de mesure de gestion particulières et peuvent être laissés en place.
 - L'intérieur du bâtiment n'est pas concerné par la présence de zones source concentrées.
- **Prestations réalisées :**

Afin de répondre aux objectifs de la demande, la présente mission comporte les prestations suivantes :

 - B320 : Direction de l'exécution des travaux ;
 - B330 : Assistance aux opérations de réception ;
 - A200 : Prélèvements des échantillons de sol en bords et fond de fouille (analyses détaillées au laboratoire agréé) ;
 - A270 : Interprétation des résultats d'analyses par rapport aux référentiels existants, cartographie de la qualité environnementale des sols et proposition d'un schéma conceptuel ;
 - Rédaction d'un mémoire de fin de travaux.
 - A320 : ARR, analyse des risques résiduels, avec modélisation des voies de transfert pour l'usage défini.
- **Résumé non technique :** Afin d'éviter tout risque de mauvaise interprétation concernant nos résultats, le chapitre « Conclusions et préconisations » a été rédigé dans un esprit de synthèse et tient lieu de résumé non technique.

- **Résumé technique :** Afin d'éviter tout risque de mauvaise interprétation concernant nos résultats, nous recommandons de parcourir la totalité du rapport comprenant des illustrations fondamentales (cf. schéma conceptuel, cartes de synthèse des zones d'impacts). Des commentaires de synthèse sont disponibles à la fin de chaque chapitre (cf. encadrés bleus) pour une lecture plus rapide. Ce sont ces encadrés bleus qui tiennent lieu de résumé technique.

2. Contexte réglementaire et normatif

La démarche suivie pour le diagnostic est basée sur :

- Méthodologie de ministère de l'Environnement applicable aux sites et sols pollués en date du 08 février 2007 révisée par la circulaire du 19 Avril 2017 ;
- Norme AFNOR NF X 31-620 « Qualité du sol – Prestations de service relatives aux sites et sols pollués » ;
- Norme AFNOR NF X50-110 de mai 2003 sur les « prescriptions générales de compétence pour une expertise », pouvant prévaloir sur les normes précédentes ;

Pour les terres excavées, les critères d'acceptations en Centre de Stockage de Déchet Ultime (CSDU) sont définis par les textes de loi suivants :

- Décision du Conseil Européen n°2003/33/CE du 19 décembre 2002 établissant des critères et des procédures d'admission des déchets dans les décharges, conformément à l'article 16 et à l'Annexe II de la directive 1999/31/CE ;
- La transcription dans le droit français par l'arrêté du 28 octobre 2010 modifié relatif aux installations de stockage de déchets inertes ;
- Chaque CSDU de classes 2 et 1 possède ses propres critères d'acceptation (définis dans leurs arrêtés préfectoraux). Nous utiliserons néanmoins les valeurs guides de la Fédération Nationale des Activités de la Dépollution et de l'Environnement (FNADE) ;
- Arrêté ministériel du 4 juin 2021 fixant les critères de sortie du statut de déchet pour les terres excavées et sédiments ayant fait l'objet d'une préparation en vue d'une utilisation en génie civil ou en aménagement.

3. Localisation du site de l'étude

Le site d'étude se trouve au 780 Rue César Vuarchex, sur la commune de Scionzier, localisé dans le département de la Haute-Savoie (74). Le site comprend les parcelles cadastrales n°44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62 de la section 0C pour une surface d'environ 12 600 m² dont 7 420 m² de bâti. Le site est globalement plat avec une altitude moyenne de 346,5 mNGF.

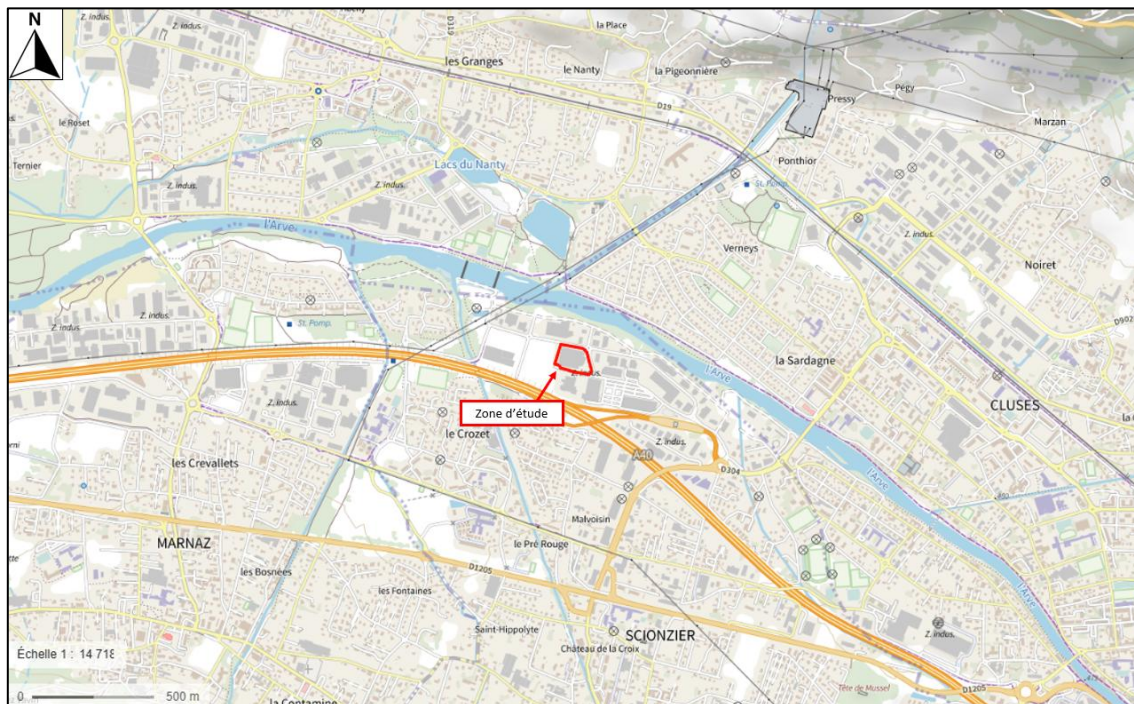


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude sur fond de carte IGN (géoportail.gouv.fr)



Figure 2 : Photographie aérienne de la zone d'étude (délimitation rouge, geoportail.gouv.fr)

Cette étude concerne la totalité des parcelles. Le périmètre exact de l'étude est présenté ci-dessous.

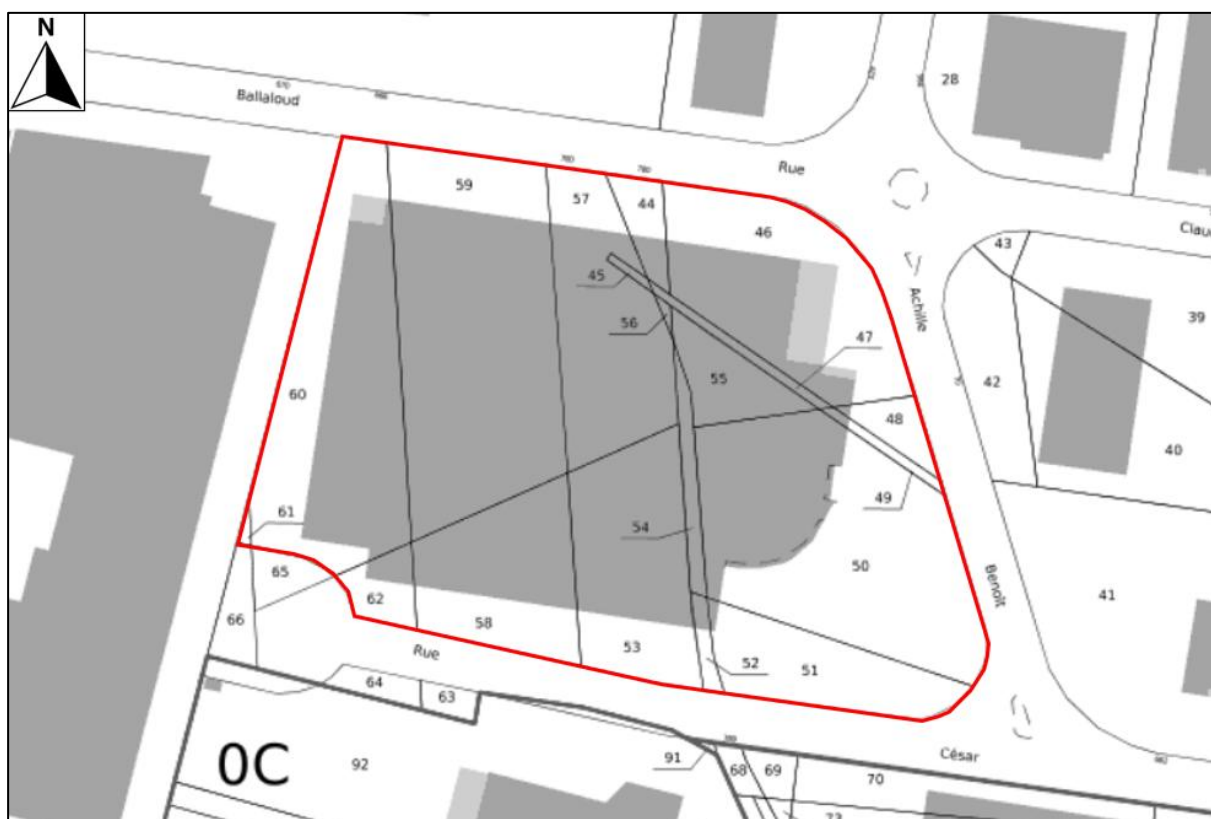


Figure 3 : Plan de la zone d'étude sur fond de carte cadastrale (délimitation rouge, geoportail.gouv.fr)

4. Synthèse de la zone source dans les sols

D'après les investigations réalisées par HUB-Environnement, 3 zones sources concentrées ont été mise en évidence. Compte tenu des teneurs en HCT C₁₀-C₄₀ et HAP mises en évidence par le diagnostic de février-mars 2025 (respectivement jusqu'à 1600 et 69,6 mg/kg MS) et de leur répartition spatiale (uniquement au droit du sondage St2) nous retiendrons comme seuil de coupure les seuils ISDI pour ces composés définis dans l'arrêté ministériel du 12/12/2014.

Le tableau ci-après synthétise les seuils de coupure retenus pour chaque paramètre. Pour rappel, la méthodologie de définition des seuils de coupure n'a pas été appliquée pour les HCT C₁₀-C₄₀ et HAP en raison du nombre de sondages et d'analyses qui est insuffisant pour la détermination pertinente des seuils de coupure.

Tableau 1 : Seuils de définition de source de pollution concentrée retenus

	Seuil de coupure		
	COV – gaz du sol	HCT - sols	HAP - sols
Analyse statistique	10-15 ppmV	Non défini	Non défini
Analyse cartographique	20 ppmV		
Bilan de masse	10 ppmV		
Seuil de coupure retenu	20 ppmV	500 mg/kg	50 mg/kg

Les zones sources concentrées définies par ces seuils sont illustrées ci-dessous.



Figure 4 : Cartographie de synthèse des zones sources

Les caractéristiques des zones sources concentrées sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Synthèse et caractéristiques des zones sources

Zones sources	Concentrations maximales	Superficie (m²)		Volume (m³)	Zone source concentrée
		0-1 m	1-3 m		
ZS1 – Parking Nord	Gaz du sol COV : 46,2 ppmV CAV : 0,42 mg/m³ HC Aro : 0,42 mg/ m³ HC Ali : 2,29 mg/m³	500	-	500	Non retenu
	Sol Cd : 54 mg/kg	25		25	Retenu
ZS2 – Zone de déchets	Gaz du sol COV : > 150 ppmV CAV : 1,22 mg/m³ HC Aro : 1,28 mg/ m³ HC Ali : 8,39 mg/m³	125	-	125	Retenu
	Sols HCT : 1600 mg/kg HAP : 69,6 mg/kg	150		450	Retenu
ZS3 – Parking Est	COV : 23,6 ppmV	60	-	60	Non retenu
VOLUME TOTAL ARRONDI (m³)				1200	600 m³

Il est à noter que les zones sources ZS1 et ZS3 sont définies uniquement par une qualité altérée des gaz du sol, sans lien avec des impacts dans les sols. **Ces zones sources seront gérées par recouvrement et étanchéification en place** et ne feront pas l'objet d'un bilan coûts-avantages. Cependant, il est recommandé de gérer l'anomalie forte en cadmium mise en évidence au droit du sondage St3 (54 mg/kg) **par excavation et évacuation en filière extérieure adaptée**.

➔ **La volumétrie de la zone source concentrée à traiter est estimé à environ 600 m³, soit environ 1000 à 1100 tonnes (coefficient de 1,8 m³/t).**

NB : Les flottants mis en évidence au droit du piézomètre Pz3 et de la zone source ZS2 nécessiteront une gestion spécifique. Il est proposé pour ce chantier de réaliser un pompage écrémage en fond de fouille au cours des excavations de ZS2.

5. Travaux de dépollution

5.1 Déroulement général des travaux

Les travaux de dépollution se sont déroulés selon le planning suivant – à partir du DOE ORTEC-SOLEO du 15/07/2026 :

Date	Phasage des opérations	Intervention menée
08/12/2025	Réception de la commande	Réception par ORTEC SOLEO du bon de commande
Du 09/12/2025 au 07/01/2026	Préparation de chantier hors site	DICT PAQ et procédures Obtention des CAP et BSD
30/12/2025	Opérations préalables sur site – Phase 1	Constat d'huissier
08/01/2026	Opérations préalables sur site – Phase 2	Géo-détection / Tracé des réseaux Etude géotechnique G5 Prélèvement des matrices sol et eau pour la réalisation des essais en laboratoire
Du 09/01/2026 au 24/03/2026	Essais en laboratoire	Analyses initiales des sols et eaux souterraines Test de demande chimique du sol en oxydant (DSO) Test d'oxydation chimique (2 oxydants) Test de respirométrie et biodégradation aérobie Rapports d'essai
Le 13/04/2026	Préparation de chantier sur site	Balises et zonage chantier Implantation des zones de terrassement Livraison des engins et du matériel (dont blindages) Découpe des enrobés Dépose de la clôture
Du 14/04/2026 au 23/04/2026	Travaux – Phase 1	Gestion des terrassements des trois zones impactées Pompes et écrémage en fond de fouille Campagne d'oxydation en fond de fouille Prélèvements en bord et fond de fouille et sur les matériaux stockés Evacuation en filière des matériaux retirés
Du 27/05/2026 au 28/05/2026	Travaux – Phase 2	Reprises des fonds de fouille sur la ZS2-COV et remblaiement Contrôle de la portance (essais de plaque)
Du 08/06/2026 au 10/08/2026	Opérations finales sur site – Phase 1	Réfection de la clôture déposée Forage des 2 piézomètres retirés dans le cadre des travaux
Le 25/06/2026	Opérations finales sur site – Phase 2	PV de réception Constat d'huissier après travaux

Figure 5 : Déroulé général du chantier

5.2 Description des travaux préparatoires

Les travaux préparatoires ont été conduits par ORTEC SOLEO conformément aux exigences de la norme NF X31-620 (prestations B111, C100, C110, C120, C130). Ils visaient à sécuriser le chantier, à dimensionner précisément les techniques de traitement et à valider la faisabilité géotechnique et environnementale des interventions.

■ Démarches administratives et réglementaires :

- Commande & cadre : Prise en compte de la commande par ORTEC SOLEO le 08/12/2025. Mise en place du carnet de chantier quotidien et affectation d'une équipe dédiée ORTEC SOLEO (Chef de projet, Chef de chantier, Technicien SSP, Cellule QHSE).
- Réseaux & voirie : Réalisation des Déclarations d'Intention de Commencement de Travaux (DICT) auprès des concessionnaires de réseaux par ORTEC SOLEO. Obtention d'un arrêté de voirie autorisant l'occupation temporaire du trottoir périphérique à la zone ZS2-HCT.
- Filières de déchets : Établissement préalable des Certificats d'Acceptation Préalable (CAP) et émission des Bordereaux de Suivi de Déchets (BSD) vers les centres agréés.

▪ **Phases préparatoires sur site et essais de dimensionnement :**

- Constats d'huissier & réseaux : Réalisation d'un état des lieux initial par huissier le 30/12/2025 et géo-détection / tracé sur site des réseaux enterrés le 08/01/2026.
- Étude géotechnique G5 : Réalisée par ORTEC SOLEO au droit de la zone ZS2-HCT afin d'évaluer le confortement nécessaire vis-à-vis des fondations du bâtiment usine adjacent. Elle a conduit au redimensionnement de la technique d'excavation avec la mise en œuvre obligatoire de caissons de blindage coulisant.

5.3 Résumé des essais de laboratoire (Prestation B111 - Janvier à Mars 2026)

Entre le 9 janvier et le 24 mars 2026, ORTEC SOLEO a réalisé des essais en laboratoire afin de vérifier la faisabilité d'un traitement de la zone saturée ZS2-HCT. Les matrices étudiées présentaient principalement des hydrocarbures C₁₀-C₄₀, dominés par la fraction C₂₂-C₃₀, ainsi que des HAP.

Trois types d'essais ont été menés :

- une mesure de la demande du sol en oxydant (DSO) ;
- des essais d'oxydation chimique au peroxyde d'hydrogène et au persulfate de sodium, appliqués à des doses de 1, 3 et 5 g/kg ;
- un essai de biodégradation aérobie de 45 jours, avec ou sans apport d'azote, de phosphore et de glucose.

La DSO mesurée correspond à 2,2 g/kg de permanganate de sodium, soit une valeur équivalente de 0,44 g/kg de peroxyde d'hydrogène. Compte tenu du caractère carbonaté des sols, susceptible d'entraîner une consommation importante d'oxydant, les essais ont été conduits à des doses supérieures.

Le peroxyde d'hydrogène s'est montré efficace sur les hydrocarbures dissous, avec un abattement de 86 % dès 1 g/kg. Dans les sols, une diminution mesurable des teneurs apparaît à partir de 3 g/kg. Un abattement de 77 % des HAP dissous a également été observé à 1 g/kg. À l'inverse, le persulfate de sodium n'a présenté aucune efficacité significative, quelle que soit la dose testée.

Les essais de respirométrie ont confirmé l'activité des microorganismes présents dans les eaux. Après 45 jours, la condition aérobie avec apport d'azote et de phosphore a permis un abattement supérieur à 94 % des HCT, avec une décroissance régulière des concentrations. L'ajout de glucose n'a pas amélioré les performances. Les teneurs en HAP étant initialement très faibles, aucun abattement significatif n'a pu être établi.

Les essais concluent à la pertinence d'un traitement en fond de fouille au peroxyde d'hydrogène, avec un dosage recommandé de 3 g/kg, susceptible d'être complété par la biodégradation aérobie naturellement favorisée par l'oxygénation du milieu. Un apport d'azote et de phosphore pourrait renforcer cette activité biologique. Ces résultats de laboratoire ne préjugent toutefois pas directement des performances obtenues à l'échelle du terrain.

6. Description des travaux de dépollution réalisés

6.1.1 Travaux d'excavation

Les travaux de dépollution ont été réalisés entre avril et mai 2026 par ORTEC SOLEO au droit des trois zones sources identifiées : ZS1, ZS2-HCT et ZS2-COV. Ils ont principalement consisté à démolir les revêtements existants, excaver les sols impactés, évacuer les matériaux vers des filières de traitement autorisées, puis remblayer et compacter les fouilles. Les travaux ont été complétés, au droit de la ZS2-HCT, par un traitement des eaux et de la zone de battement de la nappe par écrémage et oxydation chimique.

- Au droit de la ZS1, les enrobés ont préalablement été découpés à la scie à sol, puis retirés à la pelle mécanique. Les terres impactées ont ensuite été excavées jusqu'à environ 1 m de profondeur. Ces opérations ont été réalisées le 15 avril 2026.

- Au droit de la ZS2-HCT, les terrassements ont été réalisés du 14 au 21 avril 2026, jusqu'à environ 2,5 m de profondeur, correspondant à la limite technique d'excavation et au toit de la nappe. Compte tenu de la proximité des infrastructures existantes, les travaux ont nécessité la mise en place successive de deux caissons de blindage coulissants d'environ 5 m × 1,5 m. Les sols ont été excavés jusqu'à la zone de battement de la nappe, où une phase libre d'hydrocarbures a été observée. Celle-ci a fait l'objet d'un pompage-écrémage, suivi d'un traitement par injection de peroxyde d'hydrogène.
- Au droit de la ZS2-COV, la dalle en béton a été sciée puis démolie au brise-roche hydraulique. Une première excavation a été menée jusqu'à environ 1 m de profondeur entre les 20 et 21 avril 2026. Les contrôles analytiques ayant mis en évidence une teneur résiduelle de 1 550 mg/kg MS en hydrocarbures C₁₀-C₄₀ au niveau du fond de fouille sud, une reprise des terrassements a été réalisée le 27 mai 2026 jusqu'à environ 2 m de profondeur. Le contrôle final a mis en évidence une teneur de 161 mg/kg MS, inférieure à l'objectif de dépollution fixé à 500 mg/kg MS.

6.1.2 Traitement hors site des terres polluées

Les terres et matériaux excavés ont été chargés directement ou après stockage temporaire dans des semi-remorques bâchées, puis évacués vers des filières autorisées. Les évacuations ont fait l'objet de certificats d'acceptation préalable (CAP), de bordereaux de suivi des déchets (BSD) et d'un registre de suivi. Les BSD sont disponibles dans le DOE ORTEC SOLEO (9DG3315-Rapport de fin de travaux-VA).

Au total, les évacuations ont concerné :

- ✓ **535,68 tonnes de terres polluées orientées vers le biocentre Biogénie de Château-Gaillard ;**
- ✓ **61,48 tonnes de terres orientées vers une installation de stockage de déchets non dangereux – ISDND ;**
- ✓ **29,34 tonnes de bétons pollués orientées vers une filière ISDND.**

La répartition des terres envoyées en biocentre était la suivante : 54,02 tonnes pour la ZS1, 177,92 tonnes pour la ZS2-HCT et 303,74 tonnes pour la ZS2-COV, dont 91,18 tonnes issues de la reprise complémentaire du fond de fouille sud.

→ **Le tonnage total de matériaux évacués hors site s'élève à 626,50 tonnes.**

6.1.3 Traitement de finition en fond de fouille par oxydation chimique – ZS2-HCT

Après l'excavation des terres impactées jusqu'au toit de la nappe et l'écémage de la phase libre d'hydrocarbures, ORTEC SOLEO a réalisé un traitement de finition par oxydation chimique entre le 14 et le 21 avril 2026. La technique et le dosage ont été définis à partir des essais de laboratoire (cf chap 5.3), qui avaient mis en évidence une meilleure efficacité du peroxyde d'hydrogène par rapport au persulfate de sodium.

Le dispositif comprenait une pompe doseuse, une pompe immergée assurant la circulation des eaux en fond de fouille, des drains d'injection, une rétention et une planche de régulation. Au total, 100 L de peroxyde d'hydrogène à 35 % ont été utilisés, à raison de 50 L par caisson de blindage. Le réactif a été injecté sous la forme d'une solution diluée à 3 %, avec un débit annoncé de 238 L/h. L'objectif était d'oxyder les hydrocarbures résiduels présents dans la zone de battement de la nappe après retrait mécanique de la phase libre.

L'efficacité du traitement a été suivie par des mesures du potentiel d'oxydoréduction, de la conductivité, du pH et de la température. Pendant les injections, une augmentation moyenne du potentiel RedOx d'environ 100 mV a été observée, confirmant la création de conditions oxydantes. La conductivité a également augmenté temporairement, ce qui a été interprété comme la conséquence du relargage de métabolites issus de l'oxydation des hydrocarbures. Après consommation du réactif, le potentiel RedOx et la conductivité ont progressivement diminué, pour atteindre en juin 2026 des valeurs inférieures à celles de l'état initial.

Le contrôle analytique a été réalisé au droit de Pz3 avant traitement, le 8 janvier 2026, puis au droit de l'ouvrage de remplacement Pz3bis, le 10 juin 2026, soit 57 jours après les travaux. À l'état initial, une épaisseur d'environ 2 cm de produit en phase libre était présente et les eaux souterraines contenaient 6 750 µg/L d'HCT C₁₀-C₄₀ et 1,90 µg/L pour la somme des 16 HAP. Lors du contrôle final, aucune phase libre n'a été observée, la concentration en HCT C₁₀-C₄₀ était inférieure à la limite de quantification du laboratoire, soit < 30 µg/L, et la somme des 16 HAP atteignait 0,97 µg/L.

Les travaux d'excavation, d'écrouissage et d'oxydation chimique ont ainsi permis la résorption de la lentille d'hydrocarbures en phase libre et un abattement supérieur à 99 % des HCT dissous à 57 jours. Ces résultats montrent une amélioration très significative de la qualité des eaux souterraines au droit de la ZS2-HCT.

- ➔ **Le traitement combinant excavation, écrémage et oxydation chimique a permis la disparition de la phase libre et un abattement supérieur à 99 % des HCT dissous à J+57.**
- ➔ **Cette étape a donc permis une amélioration très significative de la qualité des eaux souterraines au droit de la ZS2-HCT.**

6.1.4 Remblaiement

Les fouilles ont été remblayées à l'avancement au moyen de matériaux d'apport extérieurs. Le remblaiement courant a été réalisé avec des matériaux granulaires de type 0/80, tandis que les 15 derniers centimètres sous le terrain fini ont été constitués de matériaux de type 0/20.

Au droit de la ZS2-HCT, les prescriptions de l'étude géotechnique ont conduit à mettre en place, entre environ 2,5 et 2 m de profondeur, un géotextile associé à une couche de cloutage en matériaux grossiers de type 50/200. Les remblais ont été mis en œuvre à la pelle mécanique par passes successives d'environ 50 cm, puis compactés au pied de mouton.

Au total, **617,4 tonnes de matériaux d'apport** ont été utilisées, comprenant :

- ✓ 586,8 tonnes de matériaux de type 0/80 et 0/20 ;
- ✓ 30,6 tonnes de matériaux de type 50/200.

À l'issue du remblaiement, quatre essais de plaque ont été réalisés afin de contrôler la portance des zones remblayées. L'objectif de 50 MPa fixé pour la partie sud de la ZS2-COV, destinée à recevoir une voirie lourde, a été atteint, avec une valeur mesurée de 53,85 MPa.

7. Contrôle des fouilles après travaux

7.1 Contrôle des sols en bords et fonds de fouilles

À l'issue des terrassements, des prélèvements de contrôle ont été réalisés sur les bords et les fonds de fouille afin d'évaluer les teneurs résiduelles dans les sols laissés en place. Les résultats ont été comparés aux objectifs de dépollution fixés à :

- ✓ 500 mg/kg pour les hydrocarbures C₁₀-C₄₀ ;
- ✓ 50 mg/kg pour la somme des 16 HAP.

Justification du seuil retenu pour le cadmium

En l'absence de valeur réglementaire définissant un objectif générique de dépollution des sols pour le cadmium, un seuil de gestion de 10 mg/kg MS a été retenu par analogie avec les critères d'orientation des déchets définis par la charte FNADE de 2007 (*). Selon ce référentiel, une teneur en cadmium inférieure à 10 mg/kg MS relève de la catégorie K2, tandis qu'une teneur supérieure à 10 mg/kg MS conduit à une orientation en installation de stockage de déchets dangereux de type K1.

Le seuil de 10 mg/kg MS constitue ainsi une valeur de coupure opérationnelle permettant de s'assurer que les sols résiduels laissés en place ne présentent pas, au regard de leur teneur totale en cadmium, une qualité assimilable à celle de matériaux nécessitant une gestion en filière de déchets dangereux. Ce seuil est un critère de gestion des matériaux et non une valeur sanitaire réglementaire applicable aux sols.

(*) FNADE, Charte qualité du métier stockage des déchets, juillet 2004, 4 pages.

7.1.1 Zone ZS1

Cinq échantillons ont été prélevés par ORTEC SOLEO le 15 avril 2026 sur les quatre bords et le fond de fouille.

Tableau 3 : Résultats d'analyse des contrôles de la ZS1 (mg/kg MS) – prélèvements du 15/04/2026

Composé	Seuil de dépollution	ZS1-BF Nord	ZS1-BF Sud	ZS1-BF Est	ZS1-BF Ouest	ZS1-FF
Cadmium (Cd)	10	< 0,40	0,50	0,65	9,78	0,62

Légende :

<LD : Valeur inférieure à la limite de détection du laboratoire
X Supérieur au seuil de dépollution

➔ Les sols laissés en place au droit de ZS1 sont conformes au seuil de dépollution.

7.1.2 Zone ZS2-HCT

Les résultats d'analyse des bords et fonds de fouille sont présentés ci-dessous et les bordereaux d'analyse sont disponibles dans le DOE ORTEC SOLEO (9DG3315-Rapport de fin de travaux-VA).

Tableau 4 : Résultats d'analyse de la ZS2-HCT (mg/kg MS) – prélèvement du 15/04/2026

Composé	Seuil de dépollution	ZS2-HCT-FF
HCT C ₁₀ -C ₄₀	500	4820
HAP (16)	50	11,2

Légende :

<LD : Valeur inférieure à la limite de détection du laboratoire
X Supérieur au seuil de dépollution

➤ **Commentaires :**

Les résultats d'analyse laboratoire mettent en évidence :

- La teneur en HCT C₁₀-C₄₀ demeure supérieure à l'objectif de 500 mg/kg MS.
- La teneur en HAP est inférieure à l'objectif de 50 mg/kg MS.

➔ La présence des caissons de blindage n'a pas permis de réaliser des prélèvements composites représentatifs des bords de fouille, lesquels constituent des limites techniques des travaux.
➔ La zone de fond de fouille a ensuite fait l'objet d'un écrémage et d'un traitement par oxydation chimique.

7.1.3 Zone ZS2-COV

Les résultats d'analyse des bords et fonds de fouille sont présentés ci-dessous et les bordereaux d'analyse sont disponibles dans le DOE ORTEC SOLEO (9DG3315-Rapport de fin de travaux-VA).

Tableau 5 : Résultats d'analyse des contrôles de ZS2-COV (mg/kg MS) – prélèvements du 22/04/2026

Composé	Seuil de dépollution	ZS2-COV-BF Nord	ZS2-COV-BF Est	ZS2-COV-BF Ouest	ZS2-COV-FF1	ZS2-COV-FF2	ZS2-COV-BF Sud	Sondage -2,5m FF1	Sondage -2,5m FF2
HCT C ₅ -C ₁₀	-	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00
HCT C ₁₀ -C ₄₀	500	1 880	7 170	40,8	50,9	1 550	246	370	138
HAP (16)	50	0,995	1,25	< 0,05	3,78	10,0	0,883	48,5	3,93

- Les bords Nord et Est présentaient des teneurs résiduelles supérieures à l'objectif fixé pour les hydrocarbures. Ces deux points étant situés en limite de site, ils correspondent à des limites techniques de terrassement.
- Le dépassement mesuré au niveau du fond de fouille FF2 a conduit à réaliser un approfondissement de la partie sud de la fouille. Les sondages sous-jacents mettaient en évidence des teneurs inférieures à l'objectif de 500 mg/kg MS.

▪ Contrôle après reprise des terrassements

La partie sud de la fouille a été reprise jusqu'à environ 2 m de profondeur les 27 et 28 mai 2026. Un nouveau prélèvement a été réalisé le 28 mai 2026.

Tableau 6 : Résultats d'analyse de la ZS2-HCT (mg/kg MS) – prélèvement du 28/04/2026

Composé	Seuil de dépollution	ZS2 COV Surcreusement (-2m)
HCT C ₁₀ -C ₄₀	500	161

- Ce contrôle final confirme l'atteinte de l'objectif de dépollution au niveau de la partie sud du fond de fouille après les terrassements complémentaires.
- Les impacts résiduels en HCT demeurent principalement localisés sur les bords Nord et Est de la ZS2-COV, correspondant aux limites techniques et foncières des travaux.

Ci-dessous la figure d'illustrations des zones sources et prélèvements de contrôle réalisés par ORTEC SOLEO.

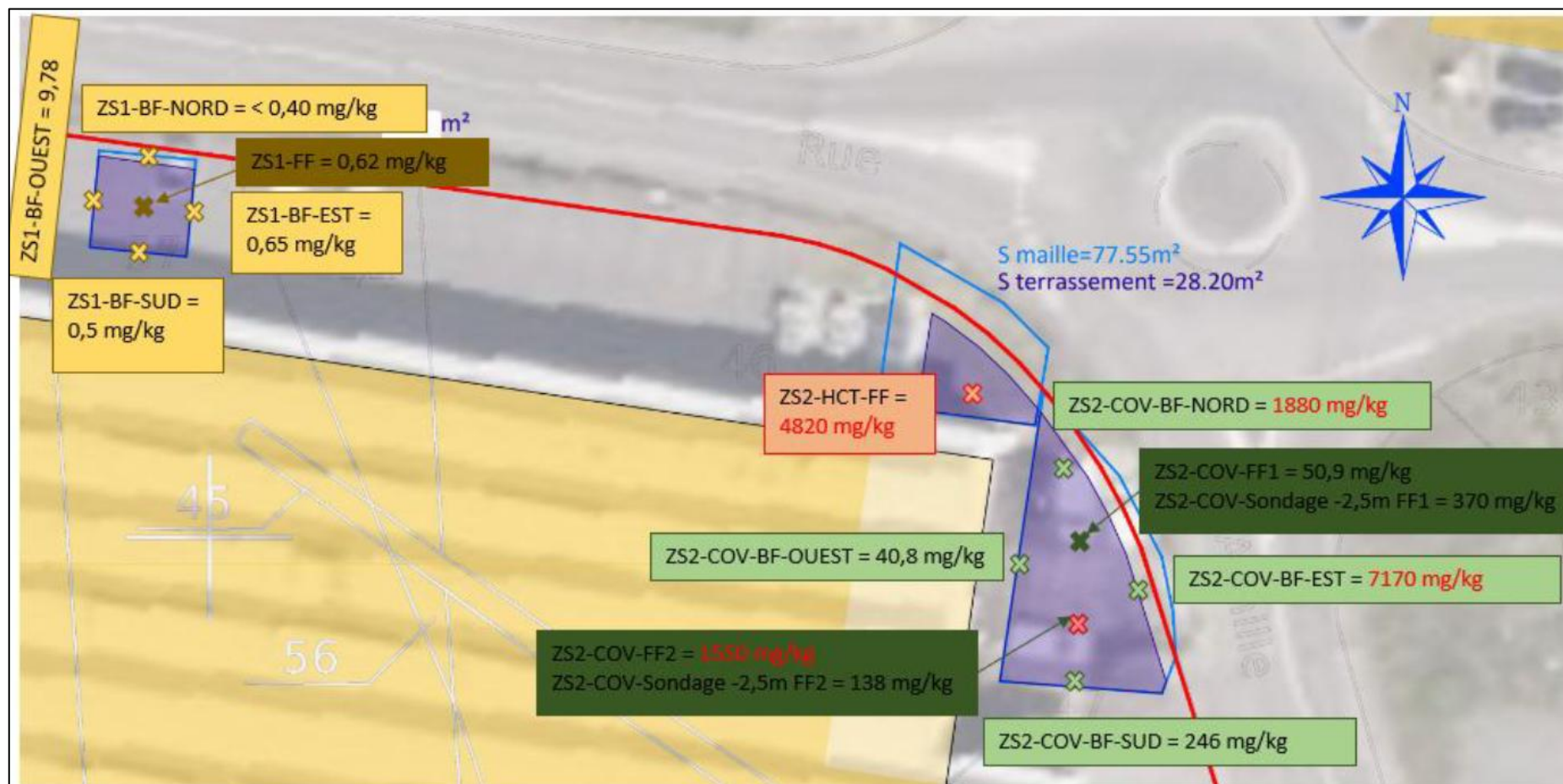


Figure 6 : Plan de synthèse des analyses de bord et fond de fouille (d'après 9DG3315-DOE-VA)

7.2 Contrôle des gaz des sols en fonds de fouilles

7.2.1 Investigations des gaz du sol

Les prélèvements de gaz des sols ont été réalisés HUB-Environnement le 04 juin 2026. L'implantation des points d'investigation est reportée sur la carte suivante.



Figure 7 : Localisation des prélèvements de gaz des sols

Après les travaux de dépollution, des prélèvements de gaz du sol ont été réalisés des zones sources traitées en vue d'une analyse en laboratoire. Un blanc de terrain a été réalisé. Les caractéristiques de ces prélèvements sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 7 : Caractéristiques des prélèvements de gaz du sol

Échantillon	Support	Début de prélèvement	Fin de prélèvement	Débit de prélèvement	Volume prélevé
Gs101	Charbon actif	8h37	9h07	0,5 L/min	15,0 L
Gs102	Charbon actif	11h42	12h12	0,5 L/min	15,0 L

La liste des paramètres pouvant avoir un impact sur le dégazage et/ou les concentrations de composés volatils dans les sols est présentée dans le tableau en page suivante. Cette liste est donnée à titre indicative et provient du « Guide pratique pour la caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en lien avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines » édité par le BRGM et l'INERIS en novembre 2016.

Tableau 8 : Liste des paramètres ayant un impact potentiel sur le dégazage

Paramètres	Détails	Impact	Sur site
Paramètres environnementaux			
Température des gaz du sol (ordre de grandeur indicatifs)	>10°C (température extérieure)	+	15
Pression atmosphérique	< 1013 hPa	+	
Vent	3-5 km/h	+	4,6
Pluviométrie / humidité	50-58%	+	78
Perméabilité des sols	Faible	-	
Compaction des sols	Forte	-	

Légende :

- : impact minimisant le dégazage	= : impact neutre sur le dégazage	+ : impact majorant sur le dégazage
NC : non concerné		

- Les données météorologiques le jour du prélèvement indiquent que les conditions étaient plutôt favorables au dégazage des composés volatils au moment de notre campagne d'investigation.

7.2.2 Résultats des analyses laboratoires des gaz du sols

Les résultats d'analyse des échantillons de gaz du sol envoyé au laboratoire WESSLING sont disponibles ci-après. Les bordereaux d'analyses et fiche de prélèvements sont disponibles en **Annexe 1 et 2**.

➤ **Commentaires :**

Les résultats d'analyse laboratoire mettent en évidence :

- Aucun composé organique détecté parmi la liste des substances recherchées.

Tableau 9 : Résultats des composés organiques dans les gaz du sol ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ et $\mu\text{g}/\text{support}$)

Analyses	Gs101-CM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Gs101-CC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Gs102-CM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Gs102-CC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Gs-blanc-CM ($\mu\text{g}/\text{support}$)	Gs-blanc-CC ($\mu\text{g}/\text{support}$)
CAV – BTEX						
Benzène	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Toluène	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Ethylbenzène	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
m-, p-Xylène	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
o-Xylène	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Cumène	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
m-, p-Ethyltoluène	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
1,3,5-Triméthylbenzène (Mésitylène)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
o-Ethyltoluène	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
1,2,4-Triméthylbenzène (Pseudocumène)	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Naphtalène	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Somme des CAV-BTEX	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
COHV						
Chlorure de vinyle	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
1,1-Dichloroéthylène	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Dichlorométhane	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
trans-1,2-Dichloroéthylène	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
1,1-Dichloroéthane	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
cis-1,2-Dichloroéthylène	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Trichlorométhane	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Tétrachlorométhane	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
1,1,1-Trichloroéthane	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Trichloroéthylène	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Tétrachloroéthylène	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Somme des COHV	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Hydrocarbures volatils totaux						
Somme HC Aromatiques C₆-C₁₆	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Somme HC Aliphatiques C₅-C₁₆	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD

Légende :

<LD : Valeur inférieure à la limite de détection du laboratoire	
CM : Couche de Mesure	CC : Couche de contrôle

8. Analyse des risques résiduels (ARR) après travaux

8.1 Méthodologie de l'EQRS

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

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

Les objectifs spécifiques de l'étude de risque sont :

- De quantifier les risques associés aux substances non cancérogènes (Indice de Risque ou IR), et ceux associés aux substances cancérogènes (Excès de Risque Individuel ou ERI).
- De recommander, si nécessaire, des mesures compensatoires (dépollution, restrictions d'usage, mesures constructives, surveillance, etc.) qui pourront, le cas échéant, être intégrées au plan de gestion.

L'étude est élaborée selon les standards environnementaux de l'US EPA (United States Environmental Protection Agency) en vigueur à ce jour, tout en respectant la méthodologie décrite dans les outils de gestion des sites (potentiellement) pollués, rédigée par le ministère de l'Environnement, V0 - février 2007.

Les niveaux de risque acceptables sont ceux usuellement retenus au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé. Ils sont indiqués dans le guide « La démarche d'Analyse des Risques Résiduels » (Ministère de l'environnement, 2007). La méthodologie qui sera adoptée est décrite en **Annexe 3**.

8.2 Evaluation de l'exposition

8.2.1 Caractérisation du lieu d'exposition

L'usage futur prévu correspond à un changement d'usage potentiel vers des activités commerciales.

8.2.2 Voies d'exposition retenues

Les voies d'exposition des cibles aux polluants sont de trois types : l'ingestion, l'inhalation et le contact cutané.

Elles sont détaillées dans le tableau suivant détaille chaque voie d'exposition potentielle et conclut sur l'intérêt de l'étudier dans la présente étude au vu du futur projet aménagement et des travaux prévus.

Les hypothèses suivantes sont à considérer :

- Aucun usage des eaux souterraines n'est envisagé et réseau AEP totalement étanche supprimant tout risque d'ingestion.

Tableau 11 : Caractérisation des voies d'exposition potentielles

Milieu d'exposition		Voie d'exposition potentielle	Voie de transfert potentielle	Cible potentielle sur site	Sélection pour l'évaluation
Espaces intérieurs	Au droit des futurs bâtiments	Inhalation de substances volatiles sous forme gazeuse	Volatilisation dans l'air du sol depuis les sols et/ou la nappe phréatique et transfert vers l'air ambiant intérieur	Employés	OUI
		Ingestion d'eau contaminée / contact cutané	Transfert dans la canalisation enterrée d'alimentation en cas de parcours du réseau au travers d'une zone de sols souillés	Non concerné	NON
Espaces extérieurs	Non revêtus	Ingestion directe de sol / poussières	Contact direct au niveau des zones découvertes ou mal isolées	Non concerné	NON
		Absorption cutanée de sol / poussières.	Contact direct au niveau des zones découvertes ou mal isolées	Non concerné	NON
		Ingestion d'aliments d'origine végétale ou animale produits sur le site	Du sol vers des aliments d'origine végétale ou animale produits sur le site	Non concerné	NON
		Inhalation de substances volatiles sous forme gazeuse	Volatilisation dans l'air du sol depuis les sols et/ou la nappe phréatique et transfert dans l'air ambiant	Non concerné	NON
	Revêtus	Inhalation de substances volatiles sous forme gazeuse	Volatilisation dans l'air du sol depuis les sols et/ou la nappe phréatique et transfert dans l'air ambiant	Employés	OUI
Eaux souterraines au droit du site		Inhalation des COV, ingestion d'eau contaminée / contact cutané / ingestion d'aliments contaminés par eau d'arrosage	Volatilisation de COV par migration dans la zone non saturée	Non concerné	NON

→ La voie d'exposition la plus probable est l'inhalation de composés volatils en intérieur et extérieur (volatilisation des substances volatils depuis les sols et remise en suspension des substances depuis les sols).

8.2.3 Cibles retenues

Compte tenu du scénario choisi, nous étudierons les cibles suivantes :

➤ Employés

Ces cibles sont les plus sensibles en termes d'exposition et donc de risques sanitaires.

Les paramètres généraux caractérisant l'exposition des différentes cibles ou récepteurs sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 10 : Paramètres d'exposition retenus pour l'étude

Paramètres	Unités	Employés	Justification
Durée d'exposition	ans	42	INERIS 2017
Fréquence d'exposition en intérieur	h/j	7,5	INERIS 2017
Fréquence d'exposition en extérieur	h/j	0,5	Jugement d'expert
Fréquence d'exposition annuelle	j/an	220	INERIS 2017
Période sur laquelle est moyennée l'exposition pour les effets à seuil	ans	42	INERIS 2017 et jugement d'expert
Période sur laquelle est moyennée l'exposition pour les effets sans seuil	ans	70	INERIS 2017

Les périodes sur lesquelles l'exposition est moyennée (T_m) sont prises égales à :

- 70 ans (correspondant à la durée de vie considérée par l'ensemble des organismes nationaux et internationaux pour l'établissement de valeurs toxicologiques et l'évaluation des risques) pour les effets cancérogènes quelle que soit la cible considérée ;
- 42 ans (durée d'exposition pour les employés) pour les effets toxiques non cancérogènes.

8.2.4 Sélection des substances

Les substances sélectionnées pour la modélisation des risques sanitaires par inhalation (intérieure et extérieure) comprennent les substances détectées dans les sols en laboratoire en fond de fouille. En effet, les prélèvements de gaz des sols réalisés en fond de fouille n'ont pas mis en évidence de composés organiques parmi la liste des substances analysées. Les substances retenues pour le calcul des risques sanitaires sont résumées ci-dessous.

Milieux	Substance sélectionnée		Concentration (mg/kg MS)	Ouvrage concerné
Sol	Hydrocarbures	Hydrocarbures aromatiques C ₁₀ -C ₁₂	3,5 (*)	ZS2-COV-BF-Est
		Hydrocarbures aliphatiques C ₁₀ -C ₁₂	3,5(*)	
		Hydrocarbures aromatiques C ₁₂ -C ₁₆	50,9 (*)	
		Hydrocarbures aliphatiques C ₁₂ -C ₁₆	50,9 (*)	

(*) Les fractions d'hydrocarbures les plus volatiles détectées, à savoir les fractions C₁₀-C₁₂ & C₁₂-C₁₆, ont été retenues. En l'absence de données analytiques permettant de distinguer les hydrocarbures aliphatiques des hydrocarbures aromatiques, cette concentration a été répartie de manière conservatoire à parts égales, soit 50% pour la fraction aliphatique et 50% pour la fraction aromatique.

8.3 Scénario d'exposition

Un schéma résumant le scénario d'exposition proposé est présenté ci-après.

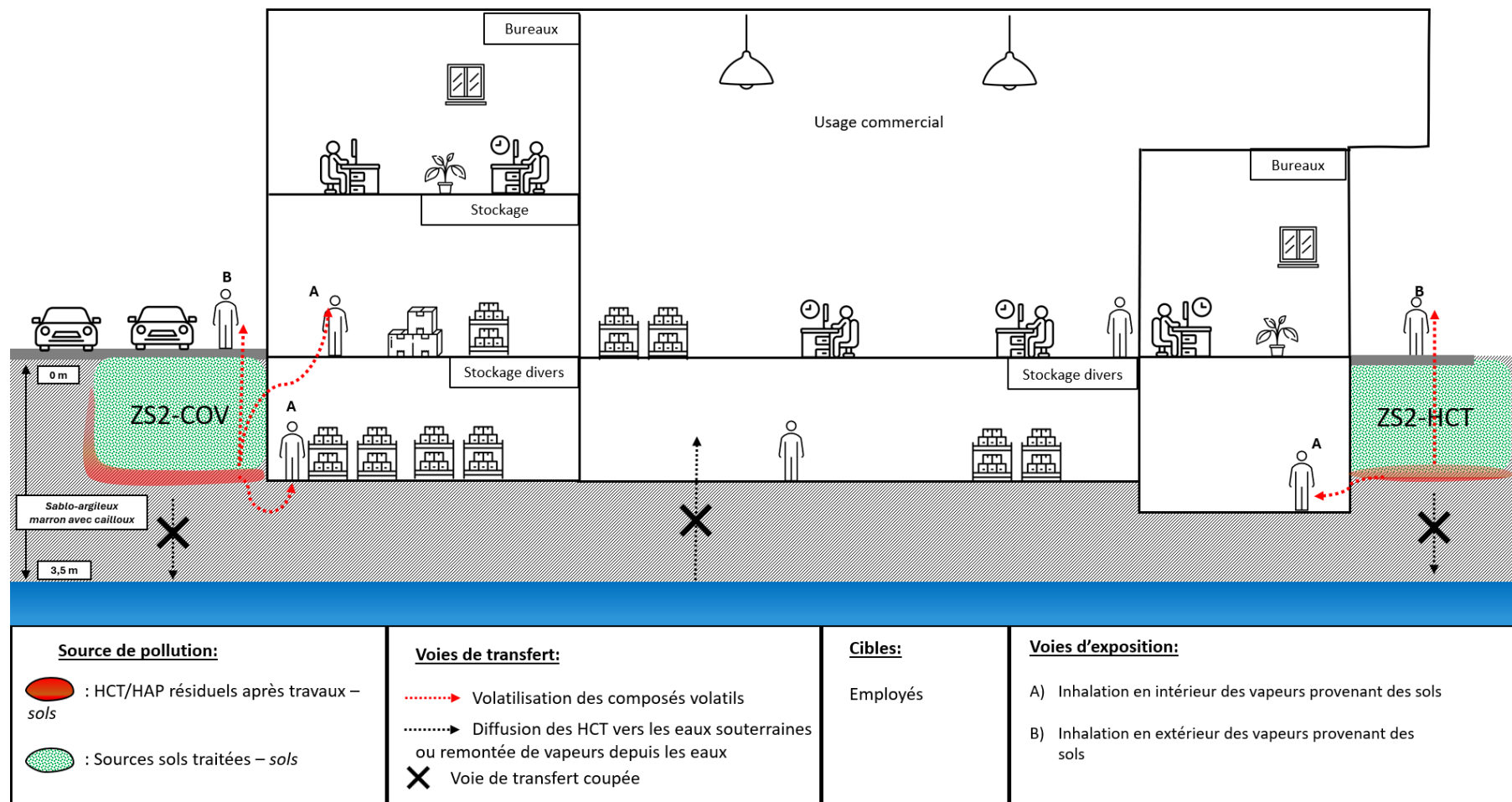


Figure 8 : Schéma conceptuel usage futur – activité commerciale

8.4 Evaluation de la relation dose-réponse

8.4.1 Synthèse des données toxicologiques

Les effets indésirables que les substances sont capables de provoquer chez l'homme (identification du potentiel dangereux des substances) sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau 11 : Données toxicologiques

Substances		Effets non cancérogènes	Effets cancérogènes			
			Classification			Types de cancer
Dénomination	N°CAS		US EPA	CIRC	UE	
Hydrocarbures aromatiques C ₁₀ -C ₁₂	-	Atteinte du système hépatique	-	-	-	Aucune étude spécifique produite chez l'homme à ce jour
Hydrocarbures aromatiques C ₁₂ -C ₁₆	-	Atteinte du système hépatique	-	-	-	Aucune étude spécifique produite chez l'homme à ce jour
Hydrocarbures aliphatiques C ₁₀ -C ₁₂	-	Perte de poids	-	-	-	Aucune étude spécifique produite chez l'homme à ce jour
Hydrocarbures aliphatiques C ₁₂ -C ₁₆	-	Perte de poids	-	-	-	Aucune étude spécifique produite chez l'homme à ce jour

8.4.2 Valeurs toxicologique retenues (VTR)

Cette étape permet d'estimer l'apparition d'un effet indésirable en fonction de la dose d'exposition. L'évaluation des risques sanitaires est établie grâce à une grandeur numérique appelée « valeur toxicologique de référence » (VTR).

On distingue les VTR à seuil de dose (pour les substances dont la sévérité augmente avec la dose absorbée) et les VTR sans seuil de dose (pour les substances pour lesquelles l'effet peut apparaître quelle que soit la dose reçue). Ces VTR sont également spécifiques à la voie d'exposition (voie respiratoire, orale ou cutanée). Les VTR sont établies expérimentalement par des organismes de santé de notoriété internationale ou nationale. Les valeurs proposées peuvent donc diverger en fonction de l'organisme qui les établit ou encore en fonction des conditions expérimentales.

La note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 aide à la sélection des VTR proposées en recommandant de respecter la hiérarchisation suivante :

- En premier lieu, sélectionner les VTR construites par l'ANSES si elles existent ;
- En second lieu, si une expertise nationale a été menée, retenir les VTR issues de la sélection approfondie réalisée dans le cadre de l'expertise (sous réserve que l'expertise soit postérieure à la date de parution de la VTR la plus récente) ;
- Sinon, sélectionner la VTR la plus récente parmi les trois bases de données suivantes : l'US-EPA, l'ASTDR, ou l'OMS, sauf s'il est fait mention par l'organisme de référence que la VTR n'est pas basée sur l'effet survenant à la plus faible dose et jugé pertinent pour la population visée ;
- Enfin, si aucune VTR n'est retrouvée dans les quatre bases de données précédentes, choisir la plus récente proposée par Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA.

L'ensemble des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues dans le cadre de la présente étude est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 12 : VTR – Scénario inhalation

Substances		Effets non Cancérigènes (mg/m³)	Sources	Effets Cancérigènes (mg/m³) ⁻¹	Sources
Dénomination	N°CAS	INHALATION		INHALATION	
Hydrocarbures aromatiques C ₁₀ -C ₁₂	-	0,2	TPHCWG, 1999		
Hydrocarbures aromatiques C ₁₂ -C ₁₆	-	0,2	TPHCWG, 1999		
Hydrocarbures aliphatiques C ₁₀ -C ₁₂	-	1,0	TPHCWG, 1999		
Hydrocarbures aliphatiques C ₁₂ -C ₁₆	-	1,0	TPHCWG, 1999		

8.5 Choix des modèles

L'EQRS est réalisée à l'aide du logiciel MODUL'ERS conçu par l'INERIS. Ce logiciel, qui permet d'estimer les niveaux d'exposition des cibles étudiées et les niveaux de risque sanitaire associés, est basé sur l'ensemble des équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle fourni par l'INERIS et le guide de l'utilisateur Modul'ERS. Le logiciel Modul'ERS utilisé est présenté en **Annexe 4**.

Concernant l'évaluation des transferts de substances volatiles issues du sol, deux modèles mathématiques sont généralement utilisés :

- **JOHNSON & ETTINGER** permet de modéliser des transferts dans des bâtiments de plain-pied ou avec parkings souterrains. Les équations de JOHNSON & ETTINGER sont utilisées dans le modèle RISC HUMAN.
- **VOLASOIL** permet de modéliser des transferts dans des bâtiments, avec généralement un vide sanitaire. Toutefois, une partie des équations du modèle peut être utilisée pour modéliser des transferts depuis le rez-de-chaussée d'un bâtiment vers le 1er étage (transfert équivalent à celui du vide sanitaire vers le rez-de-chaussée).

Au regard du projet, c'est-à-dire un bâtiment plain-pied, **le modèle JOHNSON & ETTINGER a été retenu pour la modélisation**.

9. Résultats de l'EQRS

9.1 Principe de calcul

Le principe de calcul repose sur les formules suivantes :

9.1.1 Estimation du risque pour les effets avec seuils (non cancérigènes)

On définit un indice de risque (QD) par la formule suivante :

$$QD = CI/VTR$$

Avec :

QD : Quotient de Danger

CI : Concentration moyenne Inhalée théorique

VTR : Valeur Toxicologique de référence

La survenue d'un effet toxique est considérée comme fonction de la somme des indices de risques liés aux différentes voies d'administration du polluant et aux différentes substances à seuil d'effet :

- Si $QD < 1$ la survenue d'un effet toxique apparaît peu probable même pour une population sensible ;
- Si $QD \geq 1$ l'effet toxique peut vraisemblablement apparaître.

9.1.2 Estimation du risque pour les effets sans seuil

L'excès de risque individuel sera déterminé par la formule suivante :

$$ERI = CI \cdot VTR$$

Avec :

ERI : Excès de Risque Individuel

CI : Concentration moyenne Inhalée théorique

VTR : Valeur Toxicologique de Référence

Dans le cas de présence de plusieurs substances sans seuil, la détermination d'un ERI total sera calculée en faisant :

- La somme des risques liés à chacune des substances cancérigènes ;
- La somme des risques liés aux différentes durées d'exposition (chronique, sub-chronique et aiguë).

Le niveau de risque toxicologique pour les substances sans seuil est considéré comme acceptable lorsque les valeurs d'excès de risque individuel (ERI) sont inférieures à 10^{-5} (circulaire du 10 décembre 1999).

Des incertitudes sont présentes tout au long du processus de calcul du risque et peuvent parfois être significatives. Elles seront évaluées dans notre étude.

9.2 Résultats des calculs

Les données des calculs sont disponibles en **Annexe 5**. Le calcul de risques donne les résultats suivants :

Tableau 13 : Résultats des calculs de risques inhalation

Scénario – Inhalation en intérieur et extérieur			
Substances		Quotient de Danger (QD)	Excès de Risque Individuel (ERI)
		Employés	Employés
Hydrocarbures totaux	Hydrocarbures aromatiques C ₁₀ -C ₁₂	1,24E-4	
	Hydrocarbures aromatiques C ₁₂ -C ₁₆	2,95E-4	
	Hydrocarbures aliphatiques C ₁₀ -C ₁₂	1,36E-5	
	Hydrocarbures aliphatiques C ₁₂ -C ₁₆	2,27E-4	
TOTAL		3,68E-4	

Légende :

QD < 1 et/ou ERI < 10^{-5}
QD ≥ 1 et/ou ERI ≥ 10^{-5}

➤ Commentaires :

- Les risques sanitaires par inhalation de composés organiques volatils en intérieur et extérieur sont acceptables pour les usagers au droit de la zone d'étude.

L'analyse des risques résiduels fait l'objet d'incertitudes dues aux outils de modélisation et au choix arbitraire de certains paramètres. Conformément à la méthodologie ces incertitudes ont été évaluées et sont présentées en **Annexe 6**.

10. Conclusions

10.1 Bilan des travaux

Dans le cadre de la gestion des zones sources identifiées sur le site POPPE & POTTHOFF de Scionzier, des essais préliminaires en laboratoire puis des travaux de dépollution ont été réalisés par ORTEC SOLEO entre janvier et juin 2026, et sous la supervision de HUB-Environnement. Les opérations ont porté sur les zones ZS1, ZS2-HCT et ZS2-COV et ont compris l'excavation des matériaux impactés, leur évacuation vers des filières autorisées, le traitement de la zone de battement de la nappe ainsi que le remblaiement des fouilles. Des contrôles analytiques ont ensuite été réalisés afin de vérifier les teneurs résiduelles en bords et fonds de fouille.

➤ Travaux d'excavation :

Les travaux ont concerné les trois zones sources suivantes :

- ✓ ZS1 (0-1 m/TN) : Cadmium (jusqu'à 54 mg/kg MS) et CAV / hydrocarbures volatils dans les gaz des sols ;
- ✓ ZS2-HCT (0-3 m/TN) : HCT C₁₀-C₄₀ (jusqu'à 1600 mg/kg MS), HAP (jusqu'à 69,6 mg/kg MS) & une phase libre d'environ 2 cm dans les eaux souterraines ;
- ✓ ZS2-COV (0-3 m/TN) : COV supérieurs à 150 ppmV CAV / hydrocarbures volatils dans les gaz des sols.

Au droit de la ZS1, les enrobés ont été découpés et retirés, puis les terres impactées ont été excavées jusqu'à environ 1 m de profondeur.

Au droit de la ZS2-HCT, les terrassements ont été réalisés jusqu'à environ 2,5 m de profondeur, correspondant au toit de la nappe et à la limite technique d'excavation. La proximité du bâtiment a nécessité l'emploi de deux caissons de blindage coulissants. Une phase libre d'hydrocarbures a été observée au niveau de la nappe.

Au droit de la ZS2-COV, la dalle en béton a été sciée puis démolie, avant excavation des terres jusqu'à environ 1 m. À la suite des contrôles analytiques, la partie sud de la fouille a été reprise jusqu'à environ 2 m de profondeur.

- Traitement complémentaire de la zone saturée ZS2-HCT : Environ 900 litres d'eaux souillées ont été pompés et mis en décantation. La phase libre a été écrémée et les eaux ont été filtrées sur charbon actif. Un traitement complémentaire par oxydation chimique a ensuite été réalisé avec 100 litres de peroxyde d'hydrogène à 35 %, à raison de 50 litres par caisson.
- Traitement hors site des matériaux pollués : Au total, 535,68 tonnes de terres polluées ont été orientées vers un biocentre, 61,48 tonnes de terres vers une installation de stockage de déchets non dangereux et 29,34 tonnes de bétons pollués vers une filière autorisée. Le tonnage total de matériaux évacués hors site s'élève ainsi à 626,50 tonnes.
- Remblaiement et remise en état : Les fouilles ont été remblayées et compactées avec 617,4 tonnes de matériaux d'apport. Les essais de plaque réalisés après remblaiement ont confirmé l'obtention de la portance requise, notamment au droit de la partie sud de la ZS2-COV destinée à recevoir une voirie lourde.

➤ Contrôle des sols & gaz des sols en bords et fonds de fouilles :

- Zone source ZS1 : Les prélèvements réalisés en bords et en fond de fouille ont mis en évidence des teneurs en cadmium comprises entre < 0,40 et 9,78 mg/kg MS. La concentration maximale a été mesurée au droit du bord ouest.
- Zone source ZS2-HCT : L'échantillon de fond de fouille présentait une concentration de 4 820 mg/kg MS en HCT C₁₀-C₄₀, supérieure à l'objectif de 500 mg/kg MS. Les bords de fouille n'ont pas pu être contrôlés de manière représentative en raison de la présence des blindages et constituent des limites techniques. Le fond de fouille, situé au niveau du toit de la nappe, a fait l'objet d'un traitement complémentaire par écrémage et oxydation chimique. Lors du contrôle final, aucune phase libre n'a été observée, la concentration en HCT C₁₀-C₄₀ était inférieure à la limite de quantification du laboratoire, soit < 30 µg/L, et la somme des 16 HAP atteignait 0,97 µg/L. Lors prélèvement de gaz des sols réalisés après travaux, aucun composé organique n'a été détecté parmi la liste des substances recherchées (Gs201).

- **Zone source ZS2-COV** : Les contrôles initiaux ont mis en évidence des concentrations de 1 880 mg/kg MS et 7 170 mg/kg MS en HCT C₁₀-C₄₀ sur les bords nord et Est. Ces secteurs correspondent à des limites foncières et techniques des terrassements. Le fond de fouille FF2 présentait initialement une concentration de 1 550 mg/kg MS, conduisant à un surcreusement de la partie sud jusqu'à environ 2 m. Le contrôle réalisé après reprise a mis en évidence une teneur de 161 mg/kg MS, conforme à l'objectif de 500 mg/kg MS. Les teneurs en HAP sont restées inférieures à l'objectif de 50 mg/kg MS sur l'ensemble des prélèvements. Lors du prélèvement de gaz des sols réalisés après travaux, aucun composé organique n'a été détecté parmi la liste des substances recherchées (Gs201).

→ **Les travaux ont permis l'excavation et l'évacuation de 626,50 tonnes de matériaux impactés.**
 → **Les principales zones sources accessibles ont été traitées puis remblayées.**
 → **Des impacts résiduels en hydrocarbures subsistent toutefois sur les bords nord et est de la ZS2-COV ainsi qu'au niveau du fond de fouille de la ZS2-HCT. Ces secteurs correspondent à des limites techniques ou foncières et devront être conservés dans la mémoire environnementale du site.**

10.2 Analyse des risques résiduels

A partir des contrôles des sols et gaz des sols en fond de fouille une Analyse des risques résiduels (ARR) a été réalisée. Cette modélisation a été réalisée avec MODUL'ERS, selon le modèle de transfert de Johnson et Ettinger, pour les milieux intérieur et extérieur. Les paramètres suivants ont entre autres été renseignés :

- Quatre fractions ont été retenues : hydrocarbures aliphatiques C₁₀-C₁₂ et C₁₂-C₁₆, et aromatiques C₁₀-C₁₂ et C₁₂-C₁₆.
- Les concentrations sources modélisées sont de 3,5 mg/kg MS pour chacune des fractions aliphatiques et de 50,9 mg/kg MS pour chacune des fractions aromatiques.
- Le scénario considère un adulte exposé à partir de 18 ans pendant 42 ans, dans le cadre d'une simulation déterministe conduite sur 70 ans.

Les résultats de cette modélisation indiquent :

- Le quotient de danger total (QD) est inférieur au seuil d'acceptabilité de 1. Le risque est principalement porté par les fractions aromatiques C₁₂-C₁₆ et C₁₀-C₁₂.

→ **Les risques sanitaires liés à l'inhalation des hydrocarbures résiduels sont donc considérés comme acceptables pour le scénario étudié.**
 → **Le site est compatible pour un usage industriel.**

10.3 Préconisations

Compte tenu des impacts résiduels conservés au droit du fond de fouille de la ZS2-HCT et des limites nord et est de la ZS2-COV, les mesures suivantes sont recommandées :

➤ Suivi post-travaux :

Conserver et entretenir les revêtements de surface (dalles, enrobés et remblais) au droit des zones traitées. Toute fissuration ou dégradation significative devra faire l'objet d'une réparation, afin de maintenir les hypothèses d'exposition retenues dans l'ARR et de limiter les contacts directs, l'infiltration des eaux et les transferts de vapeurs.

Interdiction d'utilisation des eaux souterraines pour la consommation, l'arrosage, les usages sanitaires ou les besoins industriels, sauf après une nouvelle vérification analytique et une évaluation spécifique de leur compatibilité avec l'usage envisagé.

➤ En cas de changement d'usage post-travaux :

En cas de changement d'usage, de construction d'un bâtiment différent de celui modélisé, de création d'un sous-sol, de suppression des revêtements ou d'aménagement destiné à des populations plus sensibles, une réactualisation de l'analyse des risques résiduels pourrait être recommandée.

➤ **En cas de travaux de terrassements au droit des zones ZS2-HCT et ZS2-COV :**

Toute intervention devra intégrer une caractérisation préalable des terres, des dispositions de protection des travailleurs, une surveillance des indices organoleptiques et des composés volatils, ainsi qu'une gestion des matériaux excavés dans des filières adaptées.

➤ **Conservation de la mémoire :**

Il est préconisé de conserver la mémoire des teneurs résiduelles mises en évidence sur site pour informer durablement les propriétaires successifs de l'état de pollution des sols. Cette mémoire peut ici être assurée en conservant de façon pérenne toutes les informations concernant l'historique du site ainsi que la qualité des terres laissées en place. Le présent rapport devra être transmis à l'occasion de tout acte de changement de propriétaire, être intégré au document technique du bien immobilier (DDT) et être porté à la connaissance de tout responsable de travaux de terrassement ou travaux souterrains (sondages...).

Annexes

Annexe 1 : Fiches de prélèvements des gaz des sols	33
Annexe 2 : Bordereaux d'analyses des gaz des sols	35
Annexe 3 : Méthodologie EQRS	45
Annexe 4 : Présentation du logiciel Modul'ERS	51
Annexe 5 : Données des calculs	53
Annexe 6 : Evaluation des incertitudes	81

Annexe 1 : Fiches de prélèvements des gaz des sols

Fiche prélèvement gaz du sol							
Référence dossier : Scionzier MOE				Nom du prélèvement : Gs101			
Préleveur : NGP				Adresse : 780 Rue César Vuarchex, 74950 Scionzier			
Date : 04/06/2026				Longitude : 46.071047		Latitude : 6.548873 Altitude :	
Description de l'ouvrage							
Type d'ouvrage : ☐ Piézair (permanent) ☒ Canne gaz (temporaire) ☐ Sub-slab (temporaire)				Profondeur de l'ouvrage (m) : 0,8 Type d'étanchéité : Silicone Description des sols :			
Conditions météorologiques							
Météo : temps variable à nuageux T°C ext : / T°C int : 19,4 °C				Pression (hPa) : 1 010 hPa Taux d'humidité dans l'air (%) : 60 % Vitesse et sens du vent : vent d'ouest-nord-ouest 14 km/h (env.)			
Description du prélèvement							
Type d'échantillonnage : ☒ Actif avec pompe ☐ Actif naturel ☐ Passif Blanc : ☒ Terrain ☐ Transport							
☒ Pompe Gilair ☒ Débitmètre GoCal ☒ Flexible PEHD		Nombre de supports : 1 Nature des supports : ☒ Charbon actif ☐ Fluorisil ☐ Carulite ☐ Autre :		☐ Vapor pin ☒ Canne gaz ☐ Vanne SDEC ☐ Préleveur passif			
Plan de localisation				Photographie du prélèvement			
Purge de l'ouvrage							
Détail de la purge : purge réalisée jusqu'à stabilisation des mesures en COV, CH ₄ et CO							
Mesures semi-quantitatives des gaz du sol avant prélèvement							
Paramètres	PID (ppmV)	O ₂ (%)	H ₂ S (ppmV)	CH ₄ (%)	CO (ppmV)		
Valeur	0						
Contrôle de débit (l/min)							
Heure début	Heure de fin	Durée de prélèvement	Débit t ₀ (début)	Débit t ₁ (interméd.)	Débit t ₂ (fin)	Débit moyen retenu	Volume total prélevé
8h37	9h07	30 min	0,5		0,5	0,5	
Conditionnement et transport							
Laboratoire de destination : WESSLING				Transporteur : UPS			
Type de conditionnement : Glacière réfrigérée				Date et heure de remise au transporteur : 05/06/2026			
Substances recherchées							
☒ TPH C5-C16, BTEX, COHV, naphtalène ☐ Mercure volatil				☐ PCB ☐ HAP ☐ Autre :			

Fiche prélèvement gaz du sol							
Référence dossier : Scionzier MOE			Nom du prélèvement : Gs102				
Préleveur : NGP			Adresse : 780 Rue César Vuarchex, 74950 Scionzier				
Date : 04/06/2026			Longitude : 46.070927 Latitude : 6.548988 Altitude :				
Description de l'ouvrage							
Type d'ouvrage : ☐ Piézair (permanent) ☒ Canne gaz (temporaire) ☐ Sub-slab (temporaire)			Profondeur de l'ouvrage (m) : 0,8 Type d'étanchéité : Silicone Description des sols :				
Conditions météorologiques							
Météo : temps variable à nuageux			Pression (hPa) : 1 010 hPa				
T°C ext : /			Taux d'humidité dans l'air (%) : 60 %				
T°C int : 19,4 °C			Vitesse et sens du vent : vent d'ouest-nord-ouest 14 km/h (env.)				
Description du prélèvement							
Type d'échantillonnage : ☒ Actif avec pompe ☐ Actif naturel ☐ Passif							
Blanc : ☒ Terrain ☐ Transport							
☒ Pompe Gilair ☒ Débitmètre GoCal ☒ Flexible PEHD		Nombre de supports : 1 Nature des supports : ☐ XAD-2 ☒ Charbon actif ☐ Fluorisil ☐ Carulite ☐ Autre :		☐ Vapor pin ☒ Canne gaz ☐ Vanne SDEC ☐ Préleveur passif			
Plan de localisation			Photographie du prélèvement				
Purge de l'ouvrage							
Détail de la purge : purge réalisée jusqu'à stabilisation des mesures en COV, CH ₄ et CO							
Mesures semi-quantitatives des gaz du sol avant prélèvement							
Paramètres	PID (ppmV)	O ₂ (%)	H ₂ S (ppmV)	CH ₄ (%)	CO (ppmV)		
Valeur	0						
Contrôle de débit (l/min)							
Heure début	Heure de fin	Durée de prélèvement	Débit t ₀ (début)	Débit t ₁ (interméd.)	Débit t ₂ (fin)	Débit moyen retenu	Volume total prélevé
8h37	9h07	30 min	0,5		0,5	0,5	30
Conditionnement et transport							
Laboratoire de destination : WESSLING			Transporteur : UPS				
Type de conditionnement : Glacière réfrigérée			Date et heure de remise au transporteur : 05/06/2026				
Substances recherchées							
☒ TPH C5-C16, BTEX, COHV, naphtalène ☐ Mercure volatil			☐ PCB ☐ HAP ☐ Autre :				

Annexe 2 : Bordereaux d'analyses des gaz des sols

ALS France
Z.I. de Chesne Tharabie
40 rue du Ruisseau BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
france@alsglobal.com
www.alsglobal.com/France



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

HUB ENVIRONNEMENT
Monsieur Nicolas GARNIER PINEL
24 avenue Joannès Masset
69009 LYON

N° rapport d'essai ULY26-020197-1
N° commande ULY-20936-26
Interlocuteur (interne) Y. Lafond
Téléphone +33 47 49 90 55 4
Courrier électronique yann.lafond@alsglobal.com
Date 16.06.2026

Rapport d'essai

MOE Scionzier



Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'essai et tels qu'ils ont été reçus (dans le cas où le laboratoire n'a pas prélevé les échantillons).
Ce rapport d'essai ne peut être reproduit que sous son intégralité et avec l'autorisation des laboratoires ALS France.
Les laboratoires ALS France autorisent leurs clients à extraire tout ou partie des résultats d'essai envoyés à titre indicatif sous format excel uniquement à des fins de retraitement, de suivi et d'interprétation de données.
Les données fournies par le client sont sous sa responsabilité et identifiées en italique.

Rapport d'essai n° : ULY26-020197-1
Projet : MOE Scionzier

ALS France
Z.I. de Chesne Tharabie
40 rue du Ruisseau BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
france@alsglobal.com
www.alsglobal.com/France



Le 16.06.2026

N° d'échantillon		26-075254-01	26-075254-02	26-075254-03	26-075254-04
Désignation d'échantillon	Unité	Aa Témoin	Gs Blanc	Aa101	Aa102

Hydrocarbures volatils - Couche de Mesure (CM)

Indice hydrocarbures volatils C5 à C16 - Méthode Interne : AIR ACTIF-TPH-COHV-BTEX-GC/MS - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Date d'extraction		11/06/2026	11/06/2026	11/06/2026	11/06/2026
Type de support / N° de lot		SKC - 2022	SKC - 2022	SKC - 2022	SKC - 2022
Hydrocarbures aromatiques C6-C7	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C7-C8	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C8-C9	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	1,5
Hydrocarbures aromatiques C9-C10	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C10-C11	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C11-C12	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C12-C13	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C13-C14	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C14-C15	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C15-C16	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Indice Hydrocarbures Aromatiques C6-C16	µg / support	<5,0	<5,0 (R307)	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C5-C6	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C6-C7	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C7-C8	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C8-C9	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C9-C10	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C10-C11	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C11-C12	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C12-C13	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C13-C14	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C14-C15	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C15-C16	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Indice Hydrocarbures Aliphatiques C5-C16	µg / support	<25	<25 (R307)	<25	<25

Rapport d'essai n° : ULY26-020197-1
Projet : MOE Scionzier

ALS France
Z.I. de Chesne Tharabie
40 rue du Ruisseau BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
france@alsglobal.com
www.alsglobal.com/France



Le 16.06.2026

N° d'échantillon	Unité	26-075254-01 <i>Aa Témoin</i>	26-075254-02 <i>Gs Blanc</i>	26-075254-03 <i>Aa101</i>	26-075254-04 <i>Aa102</i>
------------------	-------	----------------------------------	---------------------------------	------------------------------	------------------------------

Hydrocarbures volatils - Couche de Contrôle (CC)

Indice hydrocarbures volatils C5 à C16 - Méthode interne - AIR ACTIF-TPH-COHV-BTEX-GC/MS - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Hydrocarbures aromatiques C6-C7 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C7-C8 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C8-C9 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C9-C10 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C10-C11 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C11-C12 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C12-C13 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C13-C14 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C14-C15 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C15-C16 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0
Indice Hydrocarbures Aromatiques C6-C16 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0 (R307)	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C5-C6 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C6-C7 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C7-C8 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C8-C9 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C9-C10 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C10-C11 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C11-C12 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C12-C13 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C13-C14 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C14-C15 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C15-C16 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0
Indice Hydrocarbures Aliphatiques C5-C16 (CC)	µg / support	<25	<25 (R307)	<25	<25

Rapport d'essai n° : ULY26-020197-1
Projet : MOE Scionzier

ALS France
Z.I. de Chesne Tharabie
40 rue du Ruisseau BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
france@alsglobal.com
www.alsglobal.com/France



Le 16.06.2026

N° d'échantillon		26-075254-01	26-075254-02	26-075254-03	26-075254-04
Désignation d'échantillon	Unité	Aa Témoin	Gs Blanc	Aa101	Aa102

Hydrocarbures halogénés volatils (COHV) - Couche de Mesure (CM)

Hydrocarbures halogénés volatils - Méthode interne : AIR ACTIF-TPH-COHV-BTEX-GC/MS - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Date d'extraction		11/06/2026	11/06/2026	11/06/2026	11/06/2026
Type de support / N° de lot		SKC - 2022	SKC - 2022	SKC - 2022	SKC - 2022
Chlorure de vinyle	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
1,1-Dichloroéthylène	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Dichlorométhane	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	0,24
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
1,1-Dichloroéthane	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Trichlorométhane	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Tétrachlorométhane	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
1,1,1-Trichloroéthane	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Trichloroéthylène	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Tétrachloroéthylène	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Somme des COHV	µg / support	-/-	-/-	-/-	0,24

Hydrocarbures halogénés volatils (COHV) - Couche de Contrôle (CC)

Hydrocarbures halogénés volatils - Méthode interne : AIR ACTIF-TPH-COHV-BTEX-GC/MS - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Chlorure de vinyle (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
1,1-Dichloroéthylène (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Dichlorométhane (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
trans-1,2-Dichloroéthylène (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
1,1-Dichloroéthane (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
cis-1,2-Dichloroéthylène (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Trichlorométhane (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Tétrachlorométhane (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
1,1,1-Trichloroéthane (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Trichloroéthylène (CC)	µg / support	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Tétrachloroéthylène (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Somme des COHV (CC)	µg / support	-/-	-/-	-/-	-/-

Composés aromatiques volatils (CAV - BTEX) - Couche de Mesure (CM)

Benzène et aromatiques (CAV-BTEX) - Méthode interne : AIR ACTIF-TPH-COHV-BTEX-GC/MS - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Date d'extraction		11/06/2026	11/06/2026	11/06/2026	11/06/2026
Type de support / N° de lot		SKC - 2022	SKC - 2022	SKC - 2022	SKC - 2022
Benzène	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Toluène	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	0,87
Ethylbenzène	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	0,35
m-, p-Xylène	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	0,84
o-Xylène	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	0,29
Cumène	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
m-, p-Ethyltoluène	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
1,3,5-Triméthylbenzène (Mésitylène)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
o-Ethyltoluène	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
1,2,4-Triméthylbenzène (Pseudocumène)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Naphtalène	µg / support	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Somme des CAV-BTEX	µg / support	-/-	-/-	-/-	2,35

Rapport d'essai n° : ULY26-020197-1
Projet : MOE Scionzier

ALS France
Z.I. de Chesne Tharabie
40 rue du Ruisseau BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
france@alsglobal.com
www.alsglobal.com/France



Le 16.06.2026

N° d'échantillon		26-075254-01	26-075254-02	26-075254-03	26-075254-04
Désignation d'échantillon	Unité	Aa Témoin	Gs Blanc	Aa101	Aa102

Composés aromatiques volatils (CAV - BTEX) - Couche de Contrôle (CC)

Benzène et aromatiques (CAV-BTEX) - Méthode interne : AIR ACTIF-TPH-COHV-BTEX-GC/MS - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Benzène (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Toluène (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Ethylbenzène (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
m-, p-Xylène (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
o-Xylène (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Cumène (isopropylbenzène) (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
m-, p-Ethyltoluène (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
1,3,5-Triméthylbenzène (Mésitylène) (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
o-Ethyltoluène (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
1,2,4-Triméthylbenzène (Pseudocumène) (CC)	µg / support	<0,2	<0,2 (R307)	<0,2	<0,2
Naphtalène (CC)	µg / support	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Somme des CAV (CC)	µg / support	-/-	-/-	-/-	-/-

< : résultat inférieur à la limite de quantification

Informations sur les échantillons

Date de réception :	08.06.2026	08.06.2026	08.06.2026	08.06.2026
Type d'échantillon :	Air ambient	Gaz du sol	Air ambient	Air ambient
Date de prélèvement :	04.06.2026	04.06.2026	04.06.2026	04.06.2026
Heure de prélèvement :	11:44	11:44	11:44	11:44
Récipient :	1CA NON ALS	1CA NON ALS	1CA NON ALS	1CA NON ALS
Température à réception (C°) :	11.5	11.5	11.5	11.5
Début des analyses :	10.06.2026	10.06.2026	10.06.2026	10.06.2026
Fin des analyses :	16.06.2026	16.06.2026	16.06.2026	16.06.2026

Rapport d'essai n° : ULY26-020197-1
Projet : MOE Scionzier

ALS France
Z.I. de Chesne Tharabie
40 rue du Ruisseau BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
france@alsglobal.com
www.alsglobal.com/France



Le 16.06.2026

N° d'échantillon	26-075254-05	26-075254-06	26-075254-07
Désignation d'échantillon	Gs101	Gs102	Gs103

Hydrocarbures volatils - Couche de Mesure (CM)

Indice hydrocarbures volatils C5 à C16 - Méthode Interne : AIR ACTIF-TPH-COHV-BTEX-GC/MS - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Date d'extraction		11/06/2026	11/06/2026	11/06/2026
Type de support / N° de lot		SKC - 2022	SKC - 2022	SKC - 2022
Hydrocarbures aromatiques C6-C7	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C7-C8	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C8-C9	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C9-C10	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C10-C11	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C11-C12	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C12-C13	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C13-C14	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C14-C15	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0
Hydrocarbures aromatiques C15-C16	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0
Indice Hydrocarbures Aromatiques C6-C16	µg / support	<5,0 (R307)	<5,0 (R307)	<5,0 (R307)
Hydrocarbures aliphatiques C5-C6	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C6-C7	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C7-C8	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C8-C9	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C9-C10	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C10-C11	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C11-C12	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C12-C13	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C13-C14	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C14-C15	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0
Hydrocarbures aliphatiques C15-C16	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0
Indice Hydrocarbures Aliphatiques C5-C16	µg / support	<25 (R307)	<25 (R307)	<25 (R307)

Rapport d'essai n° : ULY26-020197-1
Projet : MOE Scionzier

ALS France
Z.I. de Chesne Tharabie
40 rue du Ruisseau BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
france@alsglobal.com
www.alsglobal.com/France



Le 16.06.2026

N° d'échantillon	Unité	26-075254-05 Gs101	26-075254-06 Gs102	26-075254-07 Gs103
------------------	-------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Hydrocarbures volatils - Couche de Contrôle (CC)

Indice hydrocarbures volatils C5 à C16 - Méthode interne : AIR ACTIF-TPH-COHV-BTEX-GC/MS - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Hydrocarbures aromatiques C6-C7 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	
Hydrocarbures aromatiques C7-C8 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	
Hydrocarbures aromatiques C8-C9 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	
Hydrocarbures aromatiques C9-C10 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	
Hydrocarbures aromatiques C10-C11 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	
Hydrocarbures aromatiques C11-C12 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	
Hydrocarbures aromatiques C12-C13 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	
Hydrocarbures aromatiques C13-C14 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	
Hydrocarbures aromatiques C14-C15 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	
Hydrocarbures aromatiques C15-C16 (CC)	µg / support	<1,0	<1,0	<1,0	
Indice Hydrocarbures Aromatiques C6-C16 (CC)	µg / support	<5,0 (R307)	<5,0 (R307)	<5,0 (R307)	
Hydrocarbures aliphatiques C5-C6 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	
Hydrocarbures aliphatiques C6-C7 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	
Hydrocarbures aliphatiques C7-C8 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	
Hydrocarbures aliphatiques C8-C9 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	
Hydrocarbures aliphatiques C9-C10 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	
Hydrocarbures aliphatiques C10-C11 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	
Hydrocarbures aliphatiques C11-C12 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	
Hydrocarbures aliphatiques C12-C13 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	
Hydrocarbures aliphatiques C13-C14 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	
Hydrocarbures aliphatiques C14-C15 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	
Hydrocarbures aliphatiques C15-C16 (CC)	µg / support	<5,0	<5,0	<5,0	
Indice Hydrocarbures Aliphatiques C5-C16 (CC)	µg / support	<25 (R307)	<25 (R307)	<25 (R307)	

Rapport d'essai n° : ULY26-020197-1
Projet : MOE Scionzier

ALS France
Z.I. de Chesne Tharabie
40 rue du Ruisseau BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
france@alsglobal.com
www.alsglobal.com/France



Le 16.06.2026

N° d'échantillon	Unité	26-075254-05	26-075254-06	26-075254-07
Désignation d'échantillon		Gs101	Gs102	Gs103

Hydrocarbures halogénés volatils (COHV) - Couche de Mesure (CM)

Hydrocarbures halogénés volatils - Méthode interne : AIR ACTIF-TPH-COHV-BTEX-GC/MS - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Date d'extraction		11/06/2026	11/06/2026	11/06/2026
Type de support / N° de lot		SKC - 2022	SKC - 2022	SKC - 2022
Chlorure de vinyle	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
1,1-Dichloroéthylène	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Dichlorométhane	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
trans-1,2-Dichloroéthylène	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
1,1-Dichloroéthane	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
cis-1,2-Dichloroéthylène	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Trichlorométhane	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Tétrachlorométhane	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
1,1,1-Trichloroéthane	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Trichloroéthylène	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Tétrachloroéthylène	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Somme des COHV	µg / support	-/-	-/-	-/-

Hydrocarbures halogénés volatils (COHV) - Couche de Contrôle (CC)

Hydrocarbures halogénés volatils - Méthode interne : AIR ACTIF-TPH-COHV-BTEX-GC/MS - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Chlorure de vinyle (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
1,1-Dichloroéthylène (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Dichlorométhane (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
trans-1,2-Dichloroéthylène (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
1,1-Dichloroéthane (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
cis-1,2-Dichloroéthylène (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Trichlorométhane (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Tétrachlorométhane (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
1,1,1-Trichloroéthane (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Trichloroéthylène (CC)	µg / support	<0,2	<0,2	<0,2
Tétrachloroéthylène (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Somme des COHV (CC)	µg / support	-/-	-/-	-/-

Composés aromatiques volatils (CAV - BTEX) - Couche de Mesure (CM)

Benzène et aromatiques (CAV-BTEX) - Méthode interne : AIR ACTIF-TPH-COHV-BTEX-GC/MS - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Date d'extraction		11/06/2026	11/06/2026	11/06/2026
Type de support / N° de lot		SKC - 2022	SKC - 2022	SKC - 2022
Benzène	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Toluène	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Ethylbenzène	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
m-, p-Xylène	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
o-Xylène	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Cumène	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
m-, p-Ethyltoluène	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
1,3,5-Triméthylbenzène (Mésitylène)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
o-Ethyltoluène	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
1,2,4-Triméthylbenzène (Pseudocumène)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Naphtalène	µg / support	<0,2	<0,2	<0,2
Somme des CAV-BTEX	µg / support	-/-	-/-	-/-

Rapport d'essai n° : ULY26-020197-1
Projet : MOE Scionzier

ALS France
Z.I. de Chesne Tharabie
40 rue du Ruisseau BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
france@alsglobal.com
www.alsglobal.com/France



Le 16.06.2026

N° d'échantillon	26-075254-05	26-075254-06	26-075254-07
Désignation d'échantillon	Gs101	Gs102	Gs103

Composés aromatiques volatils (CAV - BTEX) - Couche de Contrôle (CC)

Benzène et aromatiques (CAV-BTEX) - Méthode interne : AIR ACTIF-TPH-COHV-BTEX-GC/MS - Réalisé par ALS France, Lyon (France)

Benzène (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Toluène (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Ethylbenzène (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
m-, p-Xylène (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
o-Xylène (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Cumène (isopropylbenzène) (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
m-, p-Ethyltoluène (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
1,3,5-Triméthylbenzène (Mésitylène) (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
o-Ethyltoluène (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
1,2,4-Triméthylbenzène (Pseudocumène) (CC)	µg / support	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)	<0,2 (R307)
Naphtalène (CC)	µg / support	<0,2	<0,2	<0,2
Somme des CAV (CC)	µg / support	-/-	-/-	-/-

< : résultat inférieur à la limite de quantification

Informations sur les échantillons

Date de réception :	08.06.2026	08.06.2026	08.06.2026
Type d'échantillon :	Gaz du sol	Gaz du sol	Gaz du sol
Date de prélèvement :	04.06.2026	04.06.2026	04.06.2026
Heure de prélèvement :	11:44	11:44	11:44
Récipient :	1CANON ALS	1CANON ALS	1CANON ALS
Température à réception (C°) :	11.5	11.5	11.5
Début des analyses :	10.06.2026	10.06.2026	10.06.2026
Fin des analyses :	16.06.2026	16.06.2026	16.06.2026

Rapport d'essai n° : ULY26-020197-1
Projet : MOE Scionzier

ALS France
Z.I. de Chesne Tharabie
40 rue du Ruisseau BP 50705
38297 Saint-Quentin-Fallavier
Tél. +33 (0)4 74 99 96 20
france@alsglobal.com
www.alsglobal.com/France



Le 16.06.2026

Commentaires retirant l'accréditation de vos résultats d'analyses :

R307 : Le support de prélèvement ne correspond pas à celui validé lors de notre validation de méthode et peut entraîner une potentielle sur ou sous quantification du résultat

Informations sur vos résultats d'analyses :

Les résultats fournis et les limites de quantification indiquées ne prennent pas en compte le rendement de désorption du support.
Les seuils sont susceptibles d'être augmentés en fonction d'interférences chimiques.
Seuls les résultats quantifiés (résultats égaux ou supérieurs à la LQ) sont pris en compte dans le calcul des sommes. Dans le cas contraire la somme est rendue "-/-".

Le support de prélèvement ne correspond pas à celui validé lors de notre validation de méthode et peut entraîner une potentielle sur ou sous quantification du résultat :

-Indice hydrocarbures volatils C5 à C16, Hydrocarbures aliphatiques C15-C16, Date d'extraction, Type de support / N° de lot, Hydrocarbures aromatiques C6-C7, Hydrocarbures aromatiques C7-C8, Hydrocarbures aromatiques C8-C9, Hydrocarbures aromatiques C9-C10, Hydrocarbures aromatiques C10-C11, Hydrocarbures aromatiques C11-C12, Hydrocarbures aromatiques C12-C13, Hydrocarbures aromatiques C13-C14, Hydrocarbures aromatiques C14-C15, Hydrocarbures aromatiques C15-C16, Hydrocarbures aliphatiques C5-C6, Hydrocarbures aliphatiques C6-C7, Hydrocarbures aliphatiques C7-C8, Hydrocarbures aliphatiques C8-C9, Hydrocarbures aliphatiques C9-C10, Hydrocarbures aliphatiques C10-C11, Hydrocarbures aliphatiques C11-C12, Hydrocarbures aliphatiques C12-C13, Hydrocarbures aliphatiques C13-C14, Hydrocarbures aliphatiques C14-C15, CC_Hydrocarbures aliphatiques C5-C6, CC_Hydrocarbures aromatiques C6-C7, CC_Hydrocarbures aromatiques C7-C8, CC_Hydrocarbures aromatiques C8-C9, CC_Hydrocarbures aromatiques C9-C10, CC_Hydrocarbures aromatiques C10-C11, CC_Hydrocarbures aromatiques C11-C12, CC_Hydrocarbures aromatiques C12-C13, CC_Hydrocarbures aromatiques C13-C14, CC_Hydrocarbures aromatiques C14-C15, CC_Hydrocarbures aromatiques C15-C16, CC_Hydrocarbures aliphatiques C6-C7, CC_Hydrocarbures aliphatiques C7-C8, CC_Hydrocarbures aliphatiques C8-C9, CC_Hydrocarbures aliphatiques C9-C10, CC_Hydrocarbures aliphatiques C10-C11, CC_Hydrocarbures aliphatiques C11-C12, CC_Hydrocarbures aliphatiques C12-C13, CC_Hydrocarbures aliphatiques C13-C14, CC_Hydrocarbures aliphatiques C14-C15, CC_Hydrocarbures aliphatiques C15-C16 : Valable pour tous les échantillons.

-Indice hydrocarbures volatils C5 à C16, Indice Aliphatiques C5-C16, Indice Aromatiques C6-C16, CC_Indice Aromatiques C6-C16, CC_Indice Aliphatiques C5-C16 : Valable pour les échantillons 26-075254-01, -03, -04

-Hydrocarbures halogénés volatils, Date d'extraction, Type de support / N° de lot, Somme des COHV, CC_Trichloroéthylène, CC_Somme des COHV : Valable pour tous les échantillons.

-Hydrocarbures halogénés volatils, cis-1,2-Dichloroéthylène, Trichlorométhane, Tétrachlorométhane, 1,1,1-Trichloroéthane, Trichloroéthylène, Tétrachloroéthylène, Chlorure de vinyle, 1,1-Dichloroéthylène, Dichlorométhane, trans-1,2-Dichloroéthylène, 1,1-Dichloroéthane, CC_Tétrachloroéthylène, CC_trans-1,2-Dichloroéthylène, CC_1,1-Dichloroéthane, CC_cis-1,2-Dichloroéthylène, CC_Trichlorométhane, CC_Tétrachlorométhane, CC_1,1,1-Trichloroéthane, CC_Chlorure de vinyle, CC_1,1-Dichloroéthylène, CC_Dichlorométhane : Valable pour les échantillons 26-075254-01, -03, -04

-Benzène et aromatiques (CAV-BTEX), Date d'extraction, Naphtalène, Type de support / N° de lot, Somme des CAV-BTEX, CC_Somme des CAV-BTEX, CC_Naphtalène : Valable pour tous les échantillons.

-Benzène et aromatiques (CAV-BTEX), Benzène, Toluène, Ethylbenzène, m-, p-Xylène, o-Xylène, Cumène (isopropylbenzène), m-, p-Ethyltoluène, 1,3,5-Triméthylbenzène (Mésitylène), o-Ethyltoluène, 1,2,4-Triméthylbenzène (Pseudocumène), CC_m-, p-Xylène, CC_o-Xylène, CC_Cumène (isopropylbenzène), CC_m-, p-Ethyltoluène, CC_1,3,5-Triméthylbenzène (Mésitylène), CC_o-Ethyltoluène, CC_1,2,4-Triméthylbenzène (Pseudocumène), CC_Benzène, CC_Toluène, CC_Ethylbenzène : Valable pour les échantillons 26-075254-01, -03, -04

Approuvé par :

Robin T JAMPENS

Responsable Pôle Déchet / Directeur de site
adjoint

Annexe 3 : Méthodologie EQRS

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

- **Le principe de prudence scientifique** (prise en compte tous les risques avérés)
- **Le principe de proportionnalité** (adéquation des moyens avec le but recherché)
- **Le principe de spécificité** (utilisation d'outils spécifiques)
- **Le principe de transparence** (explicitation de tous les moyens mis en œuvre)

1. Méthodologie générale

L'évaluation des risques liés aux substances chimiques se décompose en quatre étapes :

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

2. Descriptif technique

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

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

2.1. Analyse des données

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

2.2. L'évaluation de l'exposition

L'évaluation de l'exposition est constituée de plusieurs étapes :

- Une caractérisation des lieux d'exposition (en accord avec les plans de réaménagement envisagés)
- Une identification des voies d'exposition (inhalation de gaz, ingestion de sols, etc.)
- Une identification des cibles susceptibles d'être exposées
- Une définition des scénarii d'exposition (construction du schéma conceptuel d'exposition)
- Une quantification de l'exposition (Dose Journalière d'Exposition (DJE) ou, pour un gaz, Concentration Inhalée (CI))

2.2.1 Caractérisation du lieu d'exposition

Le lieu d'exposition est décrit dans les plans du site. Il est important de connaître précisément ses caractéristiques au vu des calculs à effectuer.

Cette étape sert également à établir les voies de transfert et d'exposition potentielles.

2.2.2 Identification des voies d'exposition et des cibles

Dans une étude de risques, les **voies d'exposition** potentielles sont les voies de contact directes (ingestion des sols, inhalation de poussières) et indirectes (inhalation de substances volatiles, ingestion de végétaux, etc.). Le choix des voies retenues est fonction de l'aménagement prévu sur le site.

Les **cibles** sont les futurs usagers du site. Afin d'englober tous les cas de figures, les cibles retenues pour effectuer le calcul de risque sont les cibles les plus vulnérables (les plus exposées aux substances polluantes).

2.2.3 Définition des scénarii d'exposition

Plusieurs scénarii d'exposition peuvent être étudiés séparément, puis compilés. Chaque scénario doit contenir :

- Une source de pollution,
- Une voie de transfert (volatilisation, infiltration dans les nappes souterraines, etc.),
- Une cible,
- Un mode d'exposition (inhalation, ingestion, etc.).

Un schéma conceptuel d'exposition résumant de façon claire et précise tous les scénarii d'exposition doit être élaboré.

2.2.4 Quantification de l'exposition

Elle vise à calculer les doses journalières (ou concentration pour les gaz) d'exposition des cibles aux substances identifiées. Pour cela, il est important de définir les différents paramètres d'exposition :

- Les durées et fréquences d'exposition,
- Les caractéristiques des cibles (âge, poids, etc.),
- Les concentrations dans les sols ou dans l'air intérieur ou extérieur.

La **concentration de substance inhalée** permet la quantification de l'exposition journalière à une substance gazeuse polluante, présente dans l'air ambiant. Elle est définie comme une concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) et se calcule grâce à la formule suivante dans le cas d'un risque lié à une inhalation de gaz.

$$CI = \frac{(Ci * Ti + Ce * Te) * T * Ef}{24 * Tm * 365}$$

Avec :

CI : concentration moyenne inhalée théorique ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Ci : concentration de la substance testée dans l'air intérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Ti : fréquence d'exposition à la substance dans l'air intérieur (h/j)
Ce : concentration de la substance testée dans l'air extérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Te : fréquence d'exposition à la substance dans l'air extérieur (h/j)
T : durée d'exposition théorique (an)
Ef : fréquence d'exposition théorique (j/an)
Tm : période de temps sur laquelle est moyennée l'exposition (ans)

2.3 La sélection des substances

Les substances sont sélectionnées pour l'étude à partir des analyses effectuées sur les sols et du schéma conceptuel.

Les différentes analyses effectuées en amont de l'analyse des risques sanitaires servent à déterminer quelles substances sont présentes dans les sols ou nappes souterraines dans des proportions supérieures aux normes tolérées ; le risque sera calculé relativement à ces substances.

Le schéma conceptuel permet d'indiquer quelles substances sont susceptibles d'entrer en contact avec les cibles. Si le seul mode d'exposition est l'inhalation par exemple, il ne faut prendre en compte que les substances volatiles et donc susceptibles d'être inhalées.

Les substances sélectionnées sont connues pour être toxiques pour la santé humaine. Elles ne peuvent être utilisées pour les calculs que s'il existe des valeurs toxicologiques de référence associées qui soient accessibles et fiables.

2.4 L'évaluation de la relation dose-effet

Le but de l'évaluation dose-effet est d'identifier les effets indésirables qu'une substance peut avoir sur la santé humaine et, si possible, de déterminer une relation entre le niveau d'exposition et la gravité de ces effets.

Les valeurs toxicologiques de références (VTR) qui sont utilisées dans les évaluations de risques sont calculées à partir de la relation dose-effet des substances. Le portail des substances chimiques de l'INERIS (2009) consultable sur internet, propose une bibliothèque de fiches toxicologiques de nombreuses substances.

Il existe deux grandes catégories de substances toxiques. Les substances dites sans seuil d'effet qui sont cancérigènes, et les substances à seuil d'effet, non cancérigènes.

Il n'est pas rare de constater que des substances entrent dans les deux catégories : c'est-à-dire qu'elles ont des effets cancérigènes mais peuvent provoquer d'autres maux à partir d'une certaine dose. Dans le cas de ces substances, les risques sont calculés pour les deux effets, puis hiérarchisés en fonction de la gravité des conséquences.

2.4.1 Caractérisation des substances à effets cancérigènes (sans seuil)

Les substances à effets cancérigènes, aussi appelées substances sans seuil d'effet, présentent un risque à tous les niveaux d'exposition, excepté le niveau 0 (dose d'exposition nulle).

Plusieurs classifications des substances existent. Elles sont classées par rapport à leur niveau de cancérogénicité. L'US EPA définit les classes suivantes :

Classification US EPA :

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

Le Centre International de Recherche sur le Cancer de l'Organisation Mondiale de la Santé (CIRC/IARC) a également effectué une classification décrite ci-dessous :

Classification du CIRC / IARC :

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

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

Classification de l'Union Européenne

- Catégorie 1 :** Substances que l'on sait être cancérogène pour l'homme.
- Catégorie 2 :** Substances devant être assimilées à des substances cancérogènes pour l'homme
Substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets cancérogènes possible mais pour
- Catégorie 3 :** lesquelles les informations disponibles ne permettent pas une évaluation satisfaisante (preuves insuffisantes).

Pour évaluer le risque de ces substances cancérigènes la valeur toxicologique de référence est utilisée. Il peut s'agir de :

- **L'Excès de Risques Unitaire (ERU)** pour la voie orale. Il correspond à la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance cancérigène. Cet indice est l'inverse d'une dose et s'exprime en (mg/kg MS MS/j)⁻¹.
- **L'Inhalation Unit Risk (IUR)** élaboré par l'US-EPA, pour la voie respiratoire. Cet indice est l'inverse d'une concentration et s'exprime en m³/µg.

2.4.2 Caractérisation des substances à effets non cancérigènes (avec seuil)

Les substances à effets non cancérigènes présentent un risque lorsque le niveau d'exposition dépasse un certain seuil. En dessous de ce seuil, des mécanismes physiologiques tels que l'absorption, la distribution, l'excrétion, et le métabolisme, réduisent les effets néfastes de la substance. La dose (ou concentration) seuil est la dose (ou concentration) la plus basse engendrant un effet néfaste. Elle est estimée à partir d'études sur les animaux, ou à partir de données humaines lorsqu'elles sont disponibles.

Plusieurs valeurs de VTR sont disponibles et varient selon le mode d'exposition (orale ou respiratoire) et les conditions d'exposition (chronique, aiguë, ...). En général, un calcul de risque s'effectue pour des expositions chroniques. On utilise alors la **Reference concentration** (RfC) pour la voie respiratoire. Cet indice est homogène à une concentration et s'exprime en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ces VTR, élaborées par l'US-EPA sont les plus utilisées pour une évaluation des risques sanitaires.

2.4.3 Choix des valeurs toxicologiques de référence

Les VTR sont choisies conformément aux instructions de la circulaire du 30 mai 2006 du ministre en charge de la santé.

2.5 La caractérisation du risque

La caractérisation du risque est l'étape finale de l'EQRS. Elle sert à quantifier le risque à partir des valeurs obtenues aux étapes précédentes.

2.5.1 Calcul du risque pour une substance cancérigène

Pour une substance cancérigène, l'Excès de Risque Individuel (ERI) est calculé. Il représente l'excès de risque théorique de développer un cancer dans les conditions d'expositions spécifiques au calcul.

Il s'agit du produit entre la dose (ou concentration) journalière d'exposition et la valeur toxicologique de référence sélectionnée pour la substance.

Il est sans unité.

Pour une inhalation :

$$ERI = CI * IUR$$

Avec :

ERI : Excès de Risque Individuel, calculé pour des substances cancérigènes (sans dimension)

CI : Concentration moyenne inhalée théorique, calculé à l'étape *Quantification de l'exposition* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

IUR : Inhalation Unit Risk ; valeur toxicologique de référence sélectionnée pour la substance cancérigène $\text{m}^3/\mu\text{g}$.

2.5.2 Calcul du risque pour une substance non cancérigène

Pour une substance non cancérigène, le Quotient de Danger (QD) est calculé.

Il s'agit du rapport entre la dose (ou concentration) journalière d'exposition et la valeur toxicologique de référence sélectionnée pour la substance.

Il est sans unité.

Pour une inhalation :

$$QD = \frac{CI}{RfC}$$

Avec :

IR : Indice de Risque théorique, calculé pour des substances non cancérigènes (sans dimension)

CI : Concentration moyenne inhalée théorique, calculé à l'étape *Quantification de l'exposition* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

RfC : Reference Concentration ; valeur toxicologique de référence sélectionnée pour la substance non cancérigène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

2.5.3 Règle de cumul des effets

Les risques sont calculés séparément pour chaque substance intervenant dans l'étude. En l'absence de connaissances sur les interférences entre les différentes substances, il est considéré que les effets produits par ces différentes substances s'ajoutent.

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

2.5.4 Interprétation des résultats

Les valeurs ainsi calculées sont à comparer aux intervalles de gestion des risques publiés par le MEEDDAT dans un document présentant les nouvelles démarches de gestion des sites et sols pollués (V0. Février 2007).

Pour les substances non cancérogènes (à seuil) :

- Si $IR < 1$ la survenue d'un effet toxique apparaît peu probable même pour une population sensible : le risque est acceptable.
- Si $IR \geq 1$ l'effet toxique peut vraisemblablement apparaître : le risque est inacceptable.

Pour les substances cancérogènes (sans seuil) :

- Si $ERI < 10^{-6}$ le niveau de risque toxicologique est considéré comme acceptable
- Si $ERI \geq 10^{-6}$ le niveau de risque toxicologique est considéré comme inacceptable

2.6 Evaluation des incertitudes

L'analyse des risques résiduels fait bien sûr l'objet de nombreuses incertitudes dues aux outils de modélisation et au choix arbitraire de certains paramètres. Les incertitudes sont donc présentes tout au long du processus de calcul du risque et peuvent parfois être significatives.

Une évaluation des incertitudes est alors nécessaire à effectuer à la fin de toute EQRS.

Annexe 4 : Présentation du logiciel Modul'ERS

D'après le rapport d'étude INERIS DRC-14-141968-00696A (Mars 2014), « Guide l'utilisateur ».

MODUL'ERS a été produit par l'INERIS dans le cadre des programmes d'appui de l'institut pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE).

MODUL'ERS est un outil logiciel pour la réalisation des évaluations prospectives des risques sanitaires effectuées dans le cadre de l'analyse des effets sur la santé des Installations Classées Pour l'Environnement (ICPE) et pour la réalisation des Evaluations de Risque Sanitaire (ERS) des sites et sols pollués. Il permet d'estimer les concentrations dans les milieux, les niveaux d'exposition et des niveaux de risque en fonction du temps.

Il consiste en une plateforme de modélisation et de simulation et en une bibliothèque de modules, basée sur le manuel référencé DRC-08—94882-16675B et intitulé « *Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle* ».

MODUL'ERS permet de :

- Construire des modèles multimédias adaptés, en agencant les modules prédéfinis de la bibliothèque, selon le schéma conceptuel du site étudié ;
- Mener des simulations déterministes, probabilistes et des analyses de sensibilité sur les résultats.

Cet outil a été développé à partir de la plateforme de modélisation et simulation ECOLEGO, logiciel de la société Facilia. MODUL'ERS est en fait un applicatif d'ECOLEGO, dont les fonctionnalités ont été augmentées et adaptées, avec le concours de Facilia, aux besoins des études menées dans le cadre de la politique de gestion des Installations Classées Pour l'Environnement (ICPE) et des sites et sols pollués.

MODUL'ERS est un outil permettant de faire concrètement le lien entre le schéma conceptuel défini pour le site d'étude et l'évaluation prospective des expositions et des risques sanitaires, puisque la première étape consiste pour l'utilisateur à construire son modèle sur la base du schéma conceptuel.

MODUL'ERS se veut donc avant tout un outil flexible, permettant de construire un modèle adapté au cas d'étude, en termes de mécanismes de transfert à prendre en compte (principe de spécificité) et en terme de précision requise et d'informations disponibles (principe de proportionnalité).

Ainsi, pour chaque substance étudiée, l'utilisateur peut choisir :

- **De prendre en compte ou non un mécanisme de transfert pour modéliser la concentration attendue dans un milieu.** Par exemple, il peut tenir compte de la perte de polluant par le sol lié au ruissellement pour calculer la concentration dans le sol et de l'apport équivalent vers les eaux superficielles pour calculer la concentration dans les eaux superficielles. Mais ces deux aspects « apport » et « perte », liés au phénomène de ruissellement peuvent être découplés, et l'utilisateur peut, dans une approche conservatoire, ne considérer que le phénomène d'apport pour éviter de sous-estimer la concentration attendue dans le sol ;
- **Entre différentes approches de modélisation, pour représenter certains mécanismes de transfert ou estimer des coefficients de transfert entre différentes matrices** (exemples : modèle Volasoil ou Johnson et Ettinger pour le transfert de polluant du sol vers l'air intérieur, approche dynamique ou stationnaire pour le calcul des concentrations dans les matrices animales...) ;
- **Entre l'utilisation de données mesurées pour les concentrations dans les milieux et les niveaux d'exposition ou le recours à la modélisation.** Si, par exemple, l'utilisateur voulant évaluer l'exposition aux polychlorodibenzodioxines (PCDD) et aux polychlorobiphényles (PCB) par ingestion d'œufs dispose de données de mesure uniquement pour le premier groupe de substances, il pourra entrer ses données pour des dioxines et estimer les concentrations de PCB dans les œufs par modélisation au cours d'une même simulation.

MODUL'ERS vise aussi à améliorer la transparence des études.

Les éléments contribuant à cet objectif sont :

- **La fourniture d'un manuel présentant les équations sur lesquelles MODUL'ERS est basé. Ce document, revu par des experts nationaux et internationaux, présente les hypothèses et les limites des équations utilisées.** Ce manuel et le rapport reprenant les commentaires et les réponses apportées par l'INERIS sont accessibles dans la documentation jointe au logiciel ;
- **La possibilité de visualiser la manière dont les équations ont été implémentées dans le logiciel,** grâce à une syntaxe simple du type de celle utilisée sous Excel. La navigation par lien hypertexte permet ainsi de retrouver facilement l'ensemble des équations utilisées pour estimer une grandeur donnée ;
- **La mise en évidence des données d'entrée modifiées par l'utilisateur dans son étude par rapport aux valeurs prédéfinies.** Cette mise en évidence se traduit, à l'écran, par l'apparition des valeurs modifiées en caractères gras et, dans le rapport éditables, par la fourniture des valeurs prédéfinies dans l'outil, à côté de celles retenues par l'utilisateur.
- **L'accès aux valeurs, intervalles de valeurs ou/et distributions statistiques renseignant les données d'entrée, la fourniture au sein du logiciel des références utilisées pour définir ces valeurs par défaut et le statut de validation accordée à ces valeurs.**

Le travail de collecte, de vérification et de sélection de valeurs, intervalles de valeurs ou/et distributions statistiques pour chaque donnée d'entrée est un travail très consommateur de temps, mais important au vu de la sensibilité des modèles d'exposition à un certain nombre de données d'entrée. Dans un premier temps, ce statut de validation vise à qualifier le niveau d'analyse effectuée par l'INERIS pour renseigner la donnée d'entrée considérée, et ainsi aider l'utilisateur, ayant réalisé une analyse de sensibilité, à identifier les données d'entrée pour lesquelles une estimation plus fine est possible. In fine, cela permettra à l'utilisateur d'améliorer la qualité de son étude en réduisant les incertitudes entourant le résultat.

A terme, l'objectif est d'aller plus loin en fournissant des rapports spécifiques pour présenter les sources consultées de manière plus détaillée, les données collectées et leur contexte d'obtention, ainsi que les raisons ayant orienté la sélection de valeurs pour chaque donnée d'entrée du modèle. Ce travail a déjà été réalisé pour les paramètres d'exposition relatifs aux animaux. Le rapport correspondant est accessible dans la documentation annexée au logiciel.

Annexe 5 : Données des calculs

Page 1 of 28

MODULERS v.1.0.142

ARR_inh_Scionzier



Report generated: Wed Jul 29 16:50:26 CEST 2026

Table of contents

- 1 Project properties
- 2 Materials/Species
- 3. Model description
 - 3.1. Constantes_Reglages
 - 3.2. Conc_gaz_air_interieur_J_E
 - 3.3. Niveaux_Exposition_Risque
 - 3.4. Conc_gaz_air_exterieur
- 4 Simulation settings
- 5 Results

1. Project properties

Project name	ARR_inh_Scionzier
Author	NJ
Description	Modele_base : version 2.0.3

CHAMP D'UTILISATION

MODUL'ERS est un outil logiciel pour la réalisation des évaluations de risque prospectives effectuées dans le cadre de l'analyse des effets pour la santé des installations classées et pour la réalisation des Analyses de Risques Résiduels des sites et sols pollués.

Il est donc avant tout orienté vers l'estimation des expositions et des risques chroniques pour une source de contamination locale.

Toutefois, les concentrations dans les milieux et les niveaux d'exposition sont également données en fonction du temps. La représentativité de ces données de sortie dépend de celles des données d'entrée et des hypothèses sur lesquelles reposent les modèles utilisés (calcul dynamique ou à l'état stationnaire, temps nécessaire pour satisfaire une hypothèse d'équilibre,...). Le détail de ces hypothèses est présenté dans le document "Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle" (référence INERIS DRC-08-94882-16675B).

MODUL'ERS peut être utilisé pour des substances organiques et inorganiques. Toutefois, dans sa version actuelle, MODUL'ERS ne prend pas en compte le pH des milieux et ne calcule pas la fraction ionisée des substances organiques partiellement ionisables. Pour étudier les substances organiques partiellement ionisables, il peut être nécessaire d'ajuster les paramètres relatifs aux substances en fonction de la répartition entre la forme neutre et la forme ionisée dans le milieu. Pour le mercure, MODUL'ERS donne des valeurs de paramètres pour les formes inorganique et organique, mais n'estime pas la répartition des deux formes dans les différents milieux.

2. Materials/Species

Materials

Name	Enabled
HC aliph C10 C12	Yes
HC aliph C12 C16	Yes
HC arom C10 C12	Yes
HC arom C12 C16	Yes

3. Model description

Interaction Matrix

Constantes Reglages	Constantes Reglages to Conc gaz air interieur J E	Constantes Reglages to Conc gaz air exterieur		1
	Conc gaz air interieur J E		Conc gaz air interieur J E to Niveaux Exposition Risque	2
	Conc gaz air exterieur to Conc gaz air interieur J E	Conc gaz air exterieur	Conc gaz air exterieur to Niveaux Exposition Risque	3
			Niveaux Exposition Risque	4
1	2	3	4	

3.1. Constantes Reglages

Constantes Reglages		Sub-system
Id	Constantes_Reglages	
Symbol	Constantes Reglages	
Object	Output	Sub-system
organique	organique organique	Conc gaz air interieur J E Conc gaz air exterieur
type Polluant	type Polluant type Polluant	Conc gaz air interieur J E Conc gaz air exterieur
inorganique	inorganique inorganique	Conc gaz air interieur J E Conc gaz air exterieur

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
18.0	0.0			unid(0,18)	

Full Name	Symbol	Unit			
Date du début d'exposition de l'individu	Date _{debut,expo,individu}	year			
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes). Date du début d'exposition de l'individu à ou aux sources de contamination étudiée(s) par rapport au début de la simulation.					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.0	0.0			unid(0,30)	

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
42.0	30.0				

Vector parameters

--

Full Name	Symbol	Unit				
Age minimal de chaque classe d'âge	Age _{min,classes}	year				
Description						
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes). Pour chaque classe d'âge à prendre en compte, définir l'âge minimal. Les classes doivent se succéder selon l'âge croissant. Pour les classes non utilisées, laisser la valeur infinie par défaut.						
Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	18.0	0.0				
classe_10	Infinity					
classe_2	Infinity	1.0				
classe_3	Infinity	3.0				
classe_4	Infinity	6.0				
classe_5	Infinity	11.0				
classe_6	Infinity	15.0				
classe_7	Infinity	18.0				
classe_8	Infinity					
classe_9	Infinity					

3.2. Conc gaz air interieur J E

Conc gaz air interieur J E		Sub-system
Id	Conc_gaz_air_interieur_J_E	
Symbol	Conc gaz air interieur J E	
Description	Le module est basé sur les équations du modèle de Johnson et Ettinger (Johnson et al., 1991). Il permet le calcul du flux d'émission à partir d'une source sol ou d'une source nappe et l'estimation des concentrations attendues dans l'endroit où a lieu l'émission (sous-sol ou pièces à vivre selon les cas) et dans le lieu de vie, si le bâtiment comporte un sous-sol. La moyenne annuelle de la concentration dans le lieu de vie et les niveaux d'exposition par inhalation sont également calculées. Dans le cas d'un bâtiment sur sous-sol, il est possible de distinguer la fraction de temps passé dans le sous-sol et la fraction de temps passé dans les pièces à vivre. La concentration de la source est définie comme une constante . <u>Ce module est conçu pour un bâtiment construit sur une dalle (dalle d'un bâtiment de plain pied ou dalle d'un sous-sol). Il n'est pas adapté dans le cas d'un bâtiment sur vide sanitaire.</u> Pour le calcul du flux d'émission, <u>l'utilisateur peut définir les caractéristiques de 2 couches de sol différentes entre la source et la surface inférieure de la dalle du bâtiment . Ces couches de sol sont numérotées de la source vers la surface .</u> La partie enterrée du bâtiment est supposée incluse dans une couche de mêmes caractéristiques que la couche 2 (utilisation par le modèle des caractéristiques de cette couche de sol pour estimer les flux convectif et diffusif au niveau de la dalle). Par conséquent, si <u>une seule couche de sol a besoin d'être renseignée entre la source et la surface d'émission (sol homogène), renseigner la couche numérotée 2 et laisser les valeurs par défaut des données d'entrée pour la couche 1 .</u> 1) <u>Dans le cas d'une source nappe</u> , en plus du transfert dans la frange capillaire, il est possible de considérer la diffusion du polluant dans la nappe ("aquifère mal mélangé"). 2) Dans le cas d'une source sol, la concentration attendue dans le bâtiment peut être estimée en utilisant la solution pour une <u>source infinie</u> ou la solution pour une <u>source finie</u> . * <u>La solution en source finie</u> peut être utilisée dans <u>le cas d'un bâtiment avec ou sans sous-sol</u> . Dans le cas d'un sous-sol, <u>celui-ci doit se trouver au-dessus de la source sol</u> (sous-sol non inclus dans la source-sol). Par ailleurs, dans le cas d'une source finie, si la distance entre la source et la dalle est nulle (epaisseur_couche1 et epaisseur_couche2 égales à 0), par défaut cette distance sera considérée comme égale à 1 cm par le modèle. *Dans le cas de la solution pour une <u>source sol considérée comme infinie</u> , si l'utilisateur définit <u>le volume de la source et la concentration dans le sol (Cs_source)</u> , le flux d'émission émis à un instant t peut être limité par un <u>contrôle de la masse de polluant dans le sol</u>. Le contrôle de la masse de polluant porte soit sur le flux d'émission instantané, soit sur la quantité de polluant émise depuis le début de la simulation. - Dans le premier cas (contrôle de la masse de polluant portant sur le flux d'émission instantané), le flux d'émission (appelé J), résultant des transferts par convection et diffusion, est constant jusqu'à l'instant t, où $J \times t \times \text{Surface_batiment} = Q$ (quantité initiale présente dans le sol) puis il est égal à : $Q / \text{Surface_batiment} / t$. Le flux ainsi calculé sert notamment au calcul des niveaux d'exposition des cibles à un instant t (Cinh_fraction_expo_classe_age et Cinh_fraction_expo_individu), ainsi qu'au calcul de la concentration dans le lieu de vie en moyenne annuelle (Cinh_lieu_vie_moy_an) et des niveaux d'exposition par inhalation en moyenne annuelle (Cinh_fraction_expo_classe_age_moy_an) au-delà de la première année de simulation.	

- Dans le second cas (contrôle de masse de polluant sur la quantité de polluant émise depuis le début de la simulation), le flux d'émission (appelé J_{prime}), résultant des transferts par convection et diffusion, est constant jusqu'à l'instant t , où $J \times t \times X_{Surface_batiment} = Q$ (quantité initiale présente dans le sol) puis il est égal à 0. Le flux ainsi calculé sert notamment au calcul du niveau d'exposition par inhalation sur la vie entière ($C_{inh_fraction_expo_vie_entiere}$) et aux niveaux d'exposition en moyenne annuelle lors de la première année de simulation (les variables calculées selon cette approche portent le suffixe $_{prime}$).

Pour une source sol infinie, la concentration dans l'air du sol peut aussi être calculée en tenant compte ou non du mélange de substances présentes dans le sol et en appliquant ou non la loi de Raoult pour cela.

L'apport de polluant dans le bâtiment à partir de l'air extérieur peut également être pris en compte en définissant la concentration dans l'air extérieur ($C_{ag_e_Hb_attrib}$). La concentration de bruit de fond dans l'air intérieur peut être prise en compte. La fraction gazeuse peut être définie par l'utilisateur ($C_{ag_i_BF_E}$) ou calculée à partir de l'équation 1.1.35 et de la concentration de bruit de fond dans l'air incluant les fractions gazeuse et particulaire (Ca_i_BF).

Object	Input	Sub-system
$C_{ag_e_Hb_attrib,prime}$	$C_{ag_e_Hb_attrib,prime}$	Conc gaz air exterieur
$C_{ag_e_Hb_attrib}$	$C_{ag_e_Hb_attrib}$	Conc gaz air exterieur
type Polluant	type Polluant	Constantes Reglages
inorganique	inorganique	Constantes Reglages
organique	organique	Constantes Reglages
Object	Output	Sub-system
$C_{inh_classe_age_moy_an}$	$C_{inh_classe,age,moy,an}$	Niveaux Exposition Risque
$C_{inh_moy,duree,expo,AD}$	$C_{inh_moy,duree,expo,AD}$	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
HC aliph C10_C12	valeur_calculée_sol	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree_sol
HC aliph C12_C16	valeur_calculée_sol	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree_sol
HC arom C10_C12	valeur_calculée_sol	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree_sol
HC arom C12_C16	valeur_calculée_sol	Conc_gaz_air_interieur_J_E.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
HC aliph C10_C12	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
HC aliph C12_C16	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
HC arom C10_C12	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
HC arom C12_C16	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree

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
HC aliph C10_C12	source_infinie	source_infinie
HC aliph C12_C16	source_infinie	source_infinie
HC arom C10_C12	source_infinie	source_infinie
HC arom C12_C16	source_infinie	source_infinie

Parameter changes

Scalar parameters

Full Name	Symbol	Unit			
Contribution de l'air du sous-sol à l'air intérieur du lieu de vie	$f_{d, sb}$	unitless			
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Si le plancher du lieu de vie repose directement sur le sol, laisser la valeur par défaut					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
1.0	1.0	0.0	1.0		
Comment					
Valeur par défaut correspondant au cas où l'émission a lieu directement dans le lieu de vie (construction sur terre-plein). Pour des bâtiments sur vide sanitaire, valeurs mesurées par Fast et al. (1987) : médiane =0,15, 95ème percentile de l'ordre de 40%					

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
3.0	0.0				

Full Name	Symbol	Unit			
Perméabilité intrinsèque de la couche 2	$\kappa_{a,2}$	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
4.54E-13	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 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
0.387	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
0.387	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
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
Teneur en carbone organique de la couche contenant la source sol	foc	unitless

Description

A définir si definition_Cas_source=valeur_calculée_sol et si Kd_source est défini à partir de Koc ou logKoc (en l'absence de connexion pour ce paramètre à partir de modules amont)

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.0055	0.0	0.0010	0.01		

Comment

Vérifié

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
HC aliph C10_C12	1.0E-5	NaN				
HC aliph C12_C16	1.0E-5	NaN				
HC arom C10_C12	1.0E-5	NaN				
HC arom C12_C16	1.0E-5	NaN				

Full Name					Symbol	Unit
Coefficient de diffusion dans l'eau					De	m ² s ⁻¹
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
HC aliph C10_C12	1.0E-9	NaN				
HC aliph C12_C16	1.0E-9	NaN				
HC arom C10_C12	1.0E-9	NaN				
HC arom C12_C16	1.0E-9	NaN				

Full Name					Symbol	Unit
Coefficient de partage carbone organique-eau					Koc	l kg ⁻¹
Description						
Coefficient de partage carbone organique-eau. A définir si definition_Cas_source==valeur_calculée_sol. L'utilisateur doit définir pour chaque substance une valeur soit pour Kd_source_E, soit pour log Kd_source_E, soit pour Koc, soit pour log Koc (en l'absence de connexion pour ce paramètre à partir de modules amont). Mettre Koc à -1 (valeur par défaut) en cas de substances inorganiques						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
HC aliph C10_C12	251000.0	-1.0				
HC aliph C12_C16	5000000.0	-1.0				
HC arom C10_C12	2500.0	-1.0				
HC arom C12_C16	5000.0	-1.0				

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
HC aliph C10_C12	3.5	0.0				
HC aliph C12_C16	3.5	0.0				
HC arom C10_C12	50.9	0.0				
HC arom C12_C16	50.9	0.0				

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
HC aliph C10_C12	120.0	-1.0				
HC aliph C12_C16	520.0	-1.0				
HC arom C10_C12	0.14	-1.0				
HC arom C12_C16	0.53	-1.0				

Full Name	Symbol	Unit
Epaisseur de la couche 2 de la ZNS	I2	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
HC aliph C10_C12	2.0	0.15				
HC aliph C12_C16	2.0	0.15				
HC arom C10_C12	2.0	0.15				
HC arom C12_C16	2.0	0.15				

Full Name	Symbol	Unit
Fraction annuelle de temps passé à l'intérieur (lieu de vie + sous-sol) sur le site	$f_{\text{annuelle, temps, int}}$	unitless

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	0.183	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	0.0	0.606				
classe_7	0.0	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	

Full Name	Symbol	Unit
Log du coefficient de partage carbone organique-eau	logKoc	l kg ⁻¹

Description

Log du coefficient de partage carbone organique-eau. A définir si definition_Cas_source==valeur_calculée_sol. L'utilisateur doit définir pour chaque substance une valeur soit Kd_source_E, soit pour log Kd_source_E, soit pour Koc, soit pour log Koc (en l'absence de connexion pour ce paramètre à partir de modules amont). Mettre logKoc à -1 (valeur par défaut) en cas de substances inorganiques. Si pour une substance, logKoc est inférieur ou égal à -1 (la valeur par défaut) ou peut prendre ces valeurs (distribution statistique), renseigner une autre paramètre.

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
HC aliph C10_C12	5.6	-1.0				
HC aliph C12_C16	6.8	-1.0				
HC arom C10_C12	3.5	-1.0				
HC arom C12_C16	3.9	-1.0				

Full Name	Symbol	Unit
Masse molaire	M	g mol ⁻¹

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
HC aliph C10_C12	160.0	-1.0				
HC aliph C12_C16	200.0	-1.0				
HC arom C10_C12	150.0	-1.0				
HC arom C12_C16	170.0	-1.0				

Full Name	Symbol	Unit
Pression de vapeur à température du sol	Pvap _{T_s}	Pa

Description

A définir si definition_Cas_source=valeur_calculée_sol. Paramètre servant au calcul de la concentration dans l'air du sol dans le cas d'une source sol

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
HC aliph C10_C12	65.328	-1.0				
HC aliph C12_C16	4.8	-1.0				
HC arom C10_C12	63.9947	-1.0				
HC arom C12_C16	4.7996	-1.0				

Full Name	Symbol	Unit
Température de fusion	Tm	K

Description

Paramètre servant au calcul des fractions de polluant sous forme particulaire et sous forme gazeuse dans l'air et au calcul de

la concentration dans l'air du sol

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
HC aliph C10_C12	250.0	-1.0				
HC aliph C12_C16	270.0	-1.0				
HC arom C10_C12	350.0	-1.0				
HC arom C12_C16	360.0	-1.0				

Lookup table changes

Scalar lookup tables

Full Name	Symbol	Unit
Teneur en eau de la couche de sol 2	$\Theta_{couche2}$	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	0.039	

3.3. Niveaux Exposition Risque

Niveaux Exposition Risque

Sub-system

Id	Niveaux_Exposition_Risque	
Symbol	Niveaux Exposition Risque	
Description	Ce module permet de calculer, d'une part les niveaux d'exposition chroniques (en moyenne annuelle) pour les différentes classes d'âge définies par l'utilisateur et pour le profil d'individus (défini par l'âge en début d'exposition et la date au début de l'exposition : cf. module Constantes_Reglages), et d'autre part les niveaux de risques chroniques pour des effets cancérigènes et non cancérigènes. Les niveaux de risques sont définis par substance individuelle et pour toutes les substances et peuvent aussi être définis par organe cible, en précisant les organes cibles de chaque substance par voies orale et respiratoire. La classe d'âge ayant les niveaux de risque non cancérigènes les plus élevés est mise en évidence (Max_Age_QD_). Pour la voie orale, l'utilisateur peut définir en données d'entrée les doses d'exposition en fonction du temps pour les différentes classes d'âge (dose_..._classe_age) et pour le profil d'individus définis (dose_..._individu) ou bien connecter ces données à partir des modules adhoc (modules "Sol", "Vegetaux", "Animaux_aquatiques"...). Pour l'inhalation, les concentrations inhalées en moyenne annuelle, pondérées par la fréquence d'exposition pour les différentes classes d'âge (Cinh_fraction_expo_classe_age_moy_an) seront définies par l'utilisateur ou connectées aux données des modules adhoc pour le calcul des risques non cancérigènes. Pour le calcul du risque cancérigène par inhalation, la concentration inhalée moyennée sur la durée d'exposition et pondérée par les facteurs d'ajustement dépendant de l'âge (ADAF) (Cinh_moy_duree_expo_AD) sera définie ou connectée aux données des modules adhoc. Attention : Les VTR (Valeurs de Référence Toxicologiques), les ADAF et les organes cibles de chaque substance ne sont pas renseignés par défaut.	
Object	Input	Sub-system
Cinh_moy,duree,expo,AD	Cinh_fraction,expo,vie,entiere Cinh_moy,duree,expo,AD	Conc gaz air extérieur Conc gaz air intérieur J E
Cinh_classe,age,moy,an	Cinh_fraction_expo_classe_age_moy_an Cinh_classe_age_moy_an	Conc gaz air extérieur Conc gaz air intérieur J E



Parameter changes

Vector parameters

Full Name	Symbol	Unit				
VTR à seuil par voie respiratoire	VTR _{seuil,inh}	mg m ⁻³				
Description						
VTR à seuil par voie respiratoire						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
HC aliph C10_C12	1.0	NaN				
HC aliph C12_C16	1.0	NaN				
HC arom C10_C12	0.2	NaN				
HC arom C12_C16	0.2	NaN				

3.4. Conc gaz air extérieur

Conc gaz air extérieur		Sub-system
Id	Conc_gaz_air_exterieur	
Symbol	Conc gaz air extérieur	
Description	Le module permet le calcul du flux d'émission à partir d'une source sol ou d'une source nappe, l'estimation des concentrations attendues dans l'air et les niveaux d'exposition par inhalation de polluant gazeux en milieux extérieur Dans les deux cas, <u>l'utilisateur peut définir les caractéristiques de 2 couches de sol différentes au-dessus de la source (sauf pour le calcul du flux de diffusion à partir d'une source sol finie). Ces couches de sol sont numérotées de la source vers la surface . Si une seule couche de sol a besoin d'être renseignée entre la source et la surface d'émission (sol homogène), renseigner la couche numérotée 2 et laisser les valeurs par défaut des données d'entrée pour la couche 1 .</u> 1) <u>Dans le cas d'une source nappe , la concentration sera définie comme une constante</u> . Il sera possible de considérer des remontées capillaires jusqu'à la surface ou non et la diffusion du polluant dans la nappe ("aquifère mal mélangé") en plus du transfert dans la frange capillaire. 2) <u>Dans le cas d'une source sol, si la distance entre la source et la surface du sol est non nulle, le flux de diffusion devra être calculé en régime stationnaire (ce qui correspond à une source sol infinie) , avec ou sans remontées capillaires à la surface. La concentration dans le sol ou le gaz du sol sera définie comme une constante .</u> Dans ce cas, <u>en définissant le volume de la source, la surface d'émission (S_émission) et la concentration dans le sol (Cs_source)</u> , il est néanmoins possible de limiter le flux d'émission émis à un instant t par un contrôle de la masse de polluant dans le sol . Le contrôle de la masse de polluant effectué porte soit sur le flux d'émission instantané, soit sur la quantité de polluant émise depuis le début de la simulation. * Dans le premier cas (contrôle de la masse de polluant portant sur le flux d'émission instantané), le flux d'émission (appelé J), résultant des transferts par convection et diffusion, est constant jusqu'à l'instant t, où $J \times t \times X_{S_émission} = Q$ (quantité initiale présente dans le sol) puis il est égal à : $Q / S_émission / t$. Le flux ainsi calculé sert notamment au calcul des niveaux d'exposition des cibles à un instant t (Cinh_fraction_expo_classe_age et Cinh_fraction_expo_individu), ainsi qu'au calcul de la concentration dans le lieu de vie en moyenne annuelle (Cinh_lieu_vie_moy_an) et des niveaux d'exposition par inhalation en moyenne annuelle (Cinh_fraction_expo_classe_age_moy_an) au-delà de la première année de simulation. * Dans le second cas (contrôle de masse de polluant sur la quantité de polluant émise depuis le début de la simulation), le flux d'émission (appelé J_prime), résultant des transferts par convection et diffusion, est constant jusqu'à l'instant t, où $J \times t \times X_{S_émission} = Q$ (quantité initiale présente dans le sol) puis il est égal à 0. Le flux ainsi calculé sert notamment au calcul du niveau d'exposition par inhalation sur la vie entière (Cinh_fraction_expo_vie_entiere) et aux niveaux d'exposition en moyenne annuelle lors de la première année de simulation (les variables calculées selon cette approche portent le suffixe _prime). Par ailleurs, dans le cas d'une source sol infinie, la concentration dans l'air du sol peut être calculée en tenant compte ou non du mélange de substances présentes dans le sol et en appliquant ou non la loi de Raoult pour cela. * <u>Dans le cas d'une source sol, si la distance entre la source et la surface du sol est nulle , le flux de diffusion devra être calculé en utilisant l'approche de Jury (1984) : approche avec une source-sol finie.</u> Pour le calcul de la concentration inhalée par les cibles, il est possible, en plus des	

sources sol ou nappe, de tenir compte de la concentration de polluant liée à d'autres sources de polluants issues du site. Pour définir cette concentration et la concentration de bruit de fond dans l'air, l'utilisateur peut définir les concentrations incluant les fractions gazeuse et particulaire ($Ca_{e_autres_sources_sites}$ et Ca_{e_BF} respectivement) ou les concentrations gazeuses seules ($Cag_{e_autres_sources_sites_E}$ et Cag_{e_BF}). Dans le premier cas, la fraction gazeuse sera calculée à partir de l'équation 1.1.35 du rapport sur les Jeux d'équation.

La concentration inhalée par les cibles est calculée à la hauteur de respiration de ces cibles. Il est aussi possible de calculer la concentration dans l'air à une hauteur H_b différente (exemple hauteur des fenêtres pour connecter cette donnée au module $Conc_{gaz_air_int_Volasoil}$ et tenir compte de l'apport de polluant dans le bâtiment à partir de l'extérieur).

Voir le chapitre 1.2 Partie B du rapport Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle et note INERIS_DRC_18 sur les modes de calcul des flux de polluant.

Object	Input	Sub-system
type Polluant	type Polluant	Constantes Replages
organique	organique	Constantes Replages
inorganique	inorganique	Constantes Replages
Object	Output	Sub-system
$Cag_{e,Hb,attrib}$	$Cag_{e,Hb,attrib}$	Conc gaz air interieur J E
$Cinh_{fraction\ expo\ classe\ age\ moy\ an}$	$Cinh_{classe,age,moy,an}$	Niveaux Exposition Risque
$Cag_{e,Hb,attrib,prime}$	$Cag_{e,Hb,attrib,prime}$	Conc gaz air interieur J E
$Cinh_{fraction,expo,vie,entiere}$	$Cinh_{moy,duree,expo,AD}$	Niveaux Exposition Risque

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
definition_Cinh	definition Cinh	
Description		
Sélectionner la concentration à prendre en compte pour le calcul du niveau d'exposition des cibles. Il peut s'agir d'une valeur calculée par le modèle : concentration attribuable au site (valeur_Cag_e_inh_attrib) ou concentration totale (valeur_Cag_e_inh_tot) ou d'une valeur définie par l'utilisateur (valeur_entree)		
Materials	Value	Predefined value
HC aliph C10_C12	valeur_Cag_e_inh_attrib	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
HC aliph C12_C16	valeur_Cag_e_inh_attrib	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
HC arom C10_C12	valeur_Cag_e_inh_attrib	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
HC arom C12_C16	valeur_Cag_e_inh_attrib	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree

Full Name	Symbol	Unit
definition_flux_J	definition flux J	
Description		
A si definition_Cinh est différent de valeur_entree ou si l'utilisateur veut calculer la concentration gazeuse à la hauteur Hb. Sélectionner le mode d'estimation du flux d'émission à utiliser pour le calcul de la concentration dans l'air extérieur attribuable à la contamination du sol ou de la nappe : valeur calculée par le modèle pour une source-nappe sans remontées capillaires à la surface, pour une source-nappe avec remontées capillaires jusqu'à la surface, pour une source-sol finie, pour une source-sol infinie ou valeur définie par l'utilisateur. Si la source sol affleure à la surface, sélectionner source-sol finie.		
Materials	Value	Predefined value
HC aliph C10_C12	source_sol_infinie	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
HC aliph C12_C16	source_sol_infinie	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
HC arom C10_C12	source_sol_infinie	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree
HC arom C12_C16	source_sol_infinie	Conc_gaz_air_exterieur.valeur_entree

Parameter changes

Scalar parameters

Full Name	Symbol	Unit			
Dimension de la zone d'émission parallèle à la direction du vent	Dim _{zone,emission}	m			
Description					
A définir si definition_C_inh est différent de valeur_entree ou si l'utilisateur veut calculer la concentration gazeuse à la hauteur Hb. Sert au calcul des concentrations gazeuses dans l'air extérieur attribuable au sol ou à la nappe					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
10.0	0.0				

Full Name	Symbol	Unit
Porosité de la couche contenant la source sol	Porosite _{couche,source}	unitless
Description		

A définir si definition_Flux_J=source_sol_finie ou definition_Flux_J=source_sol_infinie

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.387	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				n ₂	unitless
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.387	0.0	0.3	0.7		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,4 par défaut : sols limoneux et argileux : 0,5					

Vector parameters

Full Name	Symbol	Unit
Cas_source_sol_E (Concentration dans l'air du sol au niveau de la source sol (hors bruit de fond))	Cas _{source,sol,E}	mg m ⁻³

Description

Concentration dans l'air du sol au niveau de la source sol (hors bruit de fond) : valeur définie par l'utilisateur.
A définir si definition_Cinh différent de valeur_entree, definition_Cas_source_sol=valeur_entree et s'il s'agit d'une source sol ou bien si l'utilisateur veut calculer la concentration gazeuse à la hauteur Hb, definition_Cas_source_sol=valeur_entree et s'il s'agit d'une source sol

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
HC aliph C10_C12	3.5	NaN				
HC aliph C12_C16	3.5	NaN				
HC arom C10_C12	50.9	NaN				
HC arom C12_C16	50.9	NaN				

Full Name	Symbol	Unit
Coefficient de diffusion dans l'air	Da	m ² s ⁻¹

Description

A définir si definition_Cinh et definition_Flux_J sont différents de valeur_entree ou bien si l'utilisateur veut calculer la concentration gazeuse à la hauteur Hb et definition_Flux_J est différent de valeur_entree.

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
HC aliph C10_C12	1.0E-5	NaN				
HC aliph C12_C16	1.0E-5	NaN				
HC arom C10_C12	1.0E-5	NaN				
HC arom C12_C16	1.0E-5	NaN				

Full Name	Symbol	Unit
Coefficient de diffusion dans l'eau	De	m ² s ⁻¹

Description

A définir si definition_Cinh et definition_Flux_J sont différents de valeur_entree ou bien si l'utilisateur veut calculer la concentration gazeuse à la hauteur Hb et definition_Flux_J est différent de valeur_entree.

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
HC aliph C10_C12	1.0E-9	NaN				
HC aliph C12_C16	1.0E-9	NaN				
HC arom C10_C12	1.0E-9	NaN				
HC arom C12_C16	1.0E-9	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 et definition_Flux_J sont différents de valeur_entree ou bien si l'utilisateur veut calculer la concentration gazeuse à la hauteur Hb et definition_Flux_J est différent de valeur_entree. Mettre à 0 pour les substances inorganiques sauf mercure

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
HC aliph C10_C12	120.0	-1.0				
HC aliph C12_C16	520.0	-1.0				
HC arom C10_C12	0.14	-1.0				
HC arom C12_C16	0.53	-1.0				

Full Name	Symbol	Unit
Epaisseur de la couche 2 de la ZNS (située entre la couche 1 et la surface du sol)	l_2	m

Description

Epaisseur de la couche 2 de la zone insaturée du sol (situé entre la surface et la couche1). A définir si definition_flux_J =source_sol_infinie ou si definition_Cas_source_nappe=valeur_calculée. Si definition_flux_J=source_sol_infinie, l'épaisseur de la couche 2 doit être supérieure à 0 (approche ne pouvant pas être utilisée pour une source sol affleurant à la surface)

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
HC aliph C10_C12	2.0	0.0				
HC aliph C12_C16	2.0	0.0				
HC arom C10_C12	2.0	0.0				
HC arom C12_C16	2.0	0.0				

Full Name	Symbol	Unit
Fraction annuelle de temps passé à l'extérieur sur le site	f	unitless
	annuelle,temps,ext	

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	0.012	0.0313				
classe_10	0.0					
classe_2	0.0	0.0313				

classe_3	0.0	0.09999999999999999
classe_4	0.0	0.1
classe_5	0.0	0.0361
classe_6	0.0	0.0361
classe_7	0.0	0.0279
classe_8	0.0	
classe_9	0.0	
Classes_d'age	Comment	
classe_1	Temps passé à l'extérieur au domicile	
classe_10		
classe_2	Temps passé à l'extérieur au domicile	
classe_3	Temps passé à l'extérieur au domicile	
classe_4	Temps passé à l'extérieur au domicile	
classe_5	Temps passé à l'extérieur au domicile	
classe_6	Temps passé à l'extérieur au domicile	
classe_7	Temps passé à l'extérieur au domicile. Pour les agriculteurs, f_annuelle_temps_ext=0,26	
classe_8		
classe_9		

Full Name	Symbol	Unit				
Hauteur de respiration de la cible	H _{resp}	m				
Description						
doit être supérieure à 0						
Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	1.55	0.3				
classe_10	0.0					
classe_2	0.0	0.7				
classe_3	0.0	0.9				
classe_4	0.0	1.1				
classe_5	0.0	1.35				
classe_6	0.0	1.5				
classe_7	0.0	1.55				
classe_8	0.0					
classe_9	0.0					
Classes_d'age	Comment					
classe_1	Se rapporte à un enfant assis					
classe_10						
classe_2	Estimé à partir de la taille					
classe_3	Estimé à partir de la taille					
classe_4	Estimé à partir de la taille					
classe_5	Estimé à partir de la taille					
classe_6	Estimé à partir de la taille					
classe_7	Estimé à partir de la taille					

classe_8

classe_9

Full Name	Symbol	Unit				
Surface d'émission de la source_sol	S _{emission}	m ²				
Description						
Paramètre utilisé pour calculer le flux maximal émis à partir d'une souce sol de type infini. Si la surface de la source n'est pas connue, laisser la valeur par défaut (le flux maximal émis lié à la quantité initiale de polluant présente dans le sol ne sera alors pris en compte = pas de contrôle de la mase de polluant dans le sol).						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
HC aliph C10_C12	50.0	0.0				
HC aliph C12_C16	50.0	0.0				
HC arom C10_C12	50.0	0.0				
HC arom C12_C16	50.0	0.0				

Full Name					Symbol	Unit
Vitesse du vent dans la boîte à la hauteur de respiration des cibles					u_{Hresp}	m s^{-1}
Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	2.0	0.0				
classe_10	2.0	0.0				
classe_2	2.0	0.0				
classe_3	2.0	0.0				
classe_4	2.0	0.0				
classe_5	2.0	0.0				
classe_6	2.0	0.0				
classe_7	2.0	0.0				
classe_8	2.0	0.0				
classe_9	2.0	0.0				

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 en fonction du bilan hydrique		
A définir en fonction du bilan hydrique, sables : de 0,04 à 0,28, limons : de 0,1 à 0,34, argile : 0,15 à 0,39 (Bruand, 2004 ; EPFL, 2006 ; Cornell University)		
Cyclic option		
No		
Interpolation		
Interpolation-Use End Values		

Time	Values
Predefined	0.0:0.0
0.0	0.039

4. Simulation settings

Simulation type	Deterministic
Start time	0.0 Years
End time	70.0 Years
Output option	Produce specified output only
Time series	Linear Increment(start,end,1.0)
Solver	NDF
Absolute tolerance	Auto
Relative tolerance	0.0010
Initial step size	1.0E-5
Maximum step size	0.5
Minimum step size	Auto
Refine output	1
Limit number of data points to last	1000
Control error relative to norm of solution	No
Allowed number of step size violations	1
Enable saturation	Yes
Maximum order	5
LU decomposition matrix format	Dense

5. Results

Tables

QD

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD tot [HC aliph C10 C12] [classe 1]	Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD tot [HC aliph C12 C16] [classe 1]	Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD tot [HC arom C10 C12] [classe 1]	Time (year)	Niveaux Exposition Risque.QD tot [HC arom C12 C16] [classe 1]
0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0	0,00E0
7,00E1	1,36E-5	7,00E1	3,06E-6	7,00E1	1,24E-4	7,00E1	2,27E-4

Time (year)	Niveaux Exposition Risque.Somme QD tot [classe 1]
0,00E0	0,00E0
7,00E1	3,68E-4

Copyright (C) INERIS 2013-2014 All Rights Reserved

Annexe 6 : Evaluation des incertitudes

Incertitudes liées aux concentrations

Les concentrations prises en compte dans les calculs présentés précédemment sont les concentrations maximales mises en évidence sur le site. Ces concentrations et toutes les étapes précédant les analyses présentent plusieurs points d'incertitudes (liste non exhaustive) :

- La précision des résultats d'analyses au laboratoire, liés à un grand nombre de facteurs physiques et chimiques, qui peut donc sous-estimer ou surestimer la concentration réelle.
- Les délais entre le prélèvement et l'analyse, qui contribue potentiellement à la dégradation partielle des composés les moins stables.
- Les pertes liées à la méthode de prélèvement, qui peut participer à la volatilisation de certains composés.
- La représentativité des forages, chaque sondage donnant une image d'un point précis dont la représentativité dépend du nombre de sondages avoisinant.

Tous ces paramètres contribuent donc à des incertitudes sur les concentrations prises en compte, avec potentiellement des concentrations plus importantes qui n'ont pas été mises en évidence.

Le niveau de risques étant directement proportionnel à la concentration, l'augmentation ou la diminution des concentrations utilisées dans les calculs peut entraîner des résultats significativement différents. Une augmentation de 100% de la concentration d'un composé va donc entraîner une augmentation de 100 % des QD et ERI associés.

Autres sources d'incertitudes

Un certain nombre d'autres facteurs peuvent engendrer des incertitudes sur les résultats des calculs. Les principaux facteurs d'incertitudes mis en évidence sur cette étude sont listés ci-dessous.

- **Influence de la lithologie**

Les calculs réalisés au cours de cette étude ont été faits en considérant que le sol était un ensemble uniforme et homogène dont les caractéristiques dynamiques (porosité, teneur en eau et en air...) étaient des valeurs moyennes pondérées des caractéristiques d'un sol limon sableux et d'un sol argilo-sableux. La lithologie observée ayant mis en évidence une interface entre ces deux faciès lithologiques, il y aura des différences dans l'importance des sources sols (présentes dans les limons sableux) et l'influence de la nappe (dans les argiles sableuses) par rapport aux calculs réalisés ici.

De manière qualitative, on peut déterminer que les sources sols présenteront un risque plus important et la nappe un risque moins important que ceux calculés.

Il est également à noter que les calculs de risques avec le modèle Johnson & Ettinger considère que le sol est constitué de niveaux horizontaux continus et homogènes. Les sols du site n'étant très probablement pas dans cette configuration, de nombreuses différences entre les calculs et la réalité peuvent apparaître dus à l'hétérogénéité des sols (texture, profil...)

- **Influence des temps d'exposition**

Les calculs de risques par inhalation ont été réalisés en considérant des durées d'exposition en intérieur « standards » et régulièrement utilisées, qui sont les valeurs utilisées par l'INERIS dans leur module de calcul MO-DUL'ERS.

- **Incertitudes liées aux modèles et à la méthodologie des prélèvements et des calculs**

Les calculs de risques sanitaires font l'objet de nombreuses incertitudes dues aux outils de modélisation et au choix arbitraire de certains paramètres. Les incertitudes sont donc présentes tout au long du processus de calcul du risque et peuvent parfois être significatives. Certains exemples sont présentés ci-dessous :

- **Le taux de fissuration de la dalle et le taux de ventilation de la pièce** : le taux de fissuration a été pris égal à la valeur par défaut du modèle Johnson and Ettinger. Par principe de précaution, le taux de ventilation dans l'atelier a été choisi égal au minimum réglementaire recommandé par le code du travail pour les locaux à pollution non spécifique. Ces deux paramètres ont une grande importance dans le modèle Johnson & Ettinger et les valeurs par défaut peuvent ne pas représenter la réalité des caractéristiques du bâtiment.
- **Toutes les cibles n'ont pas été prises en compte**, seules les plus vulnérables interviennent dans le calcul. **Les fréquences d'exposition sont issues d'études statistiques** ; elles varient énormément selon les cas de figure.

Il convient de rappeler que les paramètres retenus pour l'EQRS ont tendance à surestimer les risques afin de répondre au principe de prudence scientifique qui régit l'évaluation quantitative des risques sanitaires.

- **La sélection des substances à traiter pour l'EQRS est également une source d'incertitude**. Ici les substances choisies sont les seules constituant un risque d'inhalation et dont les teneurs sont supérieures aux normes. Cependant les autres substances existent même en proportion moindre ; leur influence sur les risques encourus ne sera pourtant pas étudiée.
- **La quantification des concentrations des substances dans le sol par le laboratoire est soumise à des limites de précision.**
- Les délais entre le prélèvement et l'analyse, qui contribue potentiellement à la dégradation partielle des composés les moins stables.
- Les pertes liées à la méthode de prélèvement, qui peut participer à la volatilisation de certains composés.
- La représentativité des forages, chaque sondage donnant une image d'un point précis dont la représentativité dépend du nombre de sondages avoisinants. Des concentrations plus importantes que celles mises en évidence sont donc susceptibles d'être présentes sur le site à proximité des sondages réalisés.
- Les données toxicologiques retenues pour l'étude proviennent de l'US EPA, de l'OEHHA, de RIVM et de l'INERIS. Ce sont des valeurs reconnues dans les procédures de calculs de risques sanitaires, cependant une incertitude non quantifiable réside dans ces valeurs.
- Le calcul de risque se fait sur un scénario très précis, et ne peut pas prendre en compte les situations extérieures. Le calcul ne tient pas rigueur des expositions éventuelles à la même substance ou à d'autres substances auxquelles l'individu est confronté en dehors des scénarii établis et qui pourraient interférer et modifier considérablement l'évaluation des risques.