



RAPPORT TECHNIQUE

EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES (EQRS – A320)

15 novembre 2021






INFORMATIONS GÉNÉRALES

Identification

N° projet	Indice	Version	Date	Nbre pages (Hors annexes)	Annexes
E4114P02	T03	V2	01/12/2021	30	4
E4114P02	T02	V3	01/12/2023	30	4

Contributions

Noms	Fonction	VISA
Delphine VALENTIN	Ingénieur d'études Rédaction	
Thomas DESCHAMPS	Contrôle qualité	
Thomas DESCHAMPS	Vérification	

Destinataires

Nom	Société	Coordonnées	Envoyé le :
Justine ROY	BS Consultant	14 Avenue du Québec 91140 Villebon-sur-Yvette	02/12/23

Votre contact pour toute question (Superviseur)

Thomas DESCHAMPS Tel : 01 39 41 49 83 Email : thomas.deschamps@egis.fr	EGIS Structures et Environnement 15, avenue du Centre 78286 GUYANCOURT Cedex Tel : 01.39.41.40.00
--	--



Egis Structures & Environnement - Egis Environnement
15 Avenue du Centre CS 20538 Saint-Quentin-en-Yvelines
78286 Guyancourt cedex
Tel. + 33 (0)1.39.41.42.84 – Fax + 33 (0)1.39.41.57.49

SAS au capital de 7 246 370 Euros – RCS Versailles 493 389 670 – TVA FR 44 493 389 670 – APE 7112B

Liste des prestations de la norme NFX 31-620-2 applicables à l'étude

Codes	<u>PRESTATIONS GLOBALES</u>	DOMAINES APPLIQUES
AMO Etudes	Assistance à maîtrise d'ouvrage en phase Etudes,	<input type="checkbox"/>
LEVE	Levée de doute pour savoir si un site relève ou non de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués	<input type="checkbox"/>
INFOS	Réalisation des études historiques, documentaires et de vulnérabilité afin d'élaborer un schéma conceptuel et, le cas échéant, un programme prévisionnel d'investigations.	<input type="checkbox"/>
DIAG	Mise en œuvre d'un programme d'investigations et interprétation des résultats.	<input type="checkbox"/>
PG	Plan de gestion dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou aménagement d'un site.	<input type="checkbox"/>
IEM	Interprétation de l'état des milieux	<input type="checkbox"/>
SUIVI	Surveillance environnementale.	<input type="checkbox"/>
BQ	Bilan quadriennal.	<input type="checkbox"/>
CONT	Contrôle : - de la mise en œuvre du programme d'investigation ou de surveillance ; de la mise en œuvre des mesures de gestion.	<input type="checkbox"/>
XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués.	<input type="checkbox"/>
VERIF	Vérifications en vue d'évaluer le passif environnemental lors d'un projet d'acquisition d'une entreprise.	<input type="checkbox"/>
Codes	<u>PRESTATIONS ELEMENTAIRES</u>	DOMAINES APPLIQUES
A100	Visite du site.	<input type="checkbox"/>
A110	Etudes historiques, documentaires, mémorielles.	<input type="checkbox"/>
A120	Etudes de vulnérabilité des milieux.	<input type="checkbox"/>
A130	Elaboration d'un programme prévisionnel d'investigations.	<input type="checkbox"/>
A200	Prélèvements, mesures, observations, analyses des sols.	<input type="checkbox"/>
A210	Prélèvements, mesures, observations, analyses des eaux souterraines.	<input type="checkbox"/>
A220	Prélèvements, mesures, observations, analyses des eaux superficielles, sédiments	<input type="checkbox"/>
A230	Prélèvements, mesures, observations, analyses sur gaz du sol	<input type="checkbox"/>
A240	Prélèvements, mesures, observations, analyses sur air ambiant et poussières atmosphériques	<input type="checkbox"/>
A250	Prélèvements, mesures, observations, analyses sur denrées alimentaires	<input type="checkbox"/>
A260	Prélèvements, mesures, observations, analyses sur terres excavées	<input type="checkbox"/>
A270	Interprétation des résultats des investigations.	<input type="checkbox"/>
A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux.	<input type="checkbox"/>
A310	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales.	<input type="checkbox"/>
A320	Analyse des enjeux sanitaires.	<input checked="" type="checkbox"/>
A330	Identification des différentes options de gestion, bilan coûts/avantages.	<input type="checkbox"/>
A400	Dossiers de restriction d'usage, de servitudes.	<input type="checkbox"/>

Liste des prestations de la norme NFX 31-620-3 applicables à l'Ingénierie

Codes	<u>PRESTATIONS GLOBALES</u>	DOMAINES APPLIQUES
AMO travaux	Assistance à maîtrise d'ouvrage dans la phase des travaux.	<input type="checkbox"/>
PCT	Plan de conception des travaux	<input type="checkbox"/>
MOE	Maîtrise d'œuvre dans la phase des travaux	<input type="checkbox"/>
Codes	<u>PRESTATIONS ELEMENTAIRES</u>	DOMAINES APPLIQUES
B111	Essais en laboratoire.	<input type="checkbox"/>
B112	Essais de terrain.	<input type="checkbox"/>
B120	Etudes d'avant-projet (AP).	<input type="checkbox"/>
B130	Etude de projet.	<input type="checkbox"/>
B200	Etablissement des dossiers administratifs.	<input type="checkbox"/>
B310	Assistance aux contrats de travaux.	<input type="checkbox"/>
B320	Direction de l'exécution des travaux	<input type="checkbox"/>
B330	Assistance aux opérations de réception	<input type="checkbox"/>

Résumé non technique

I. IDENTIFICATION DU SITE

Nom : Limay Porcheville

Adresse : 266 Route de la Noue, 78520 Limay

Superficie de la zone d'étude : environ 173 000 m²

II. DESCRIPTION DU PROJET

Projet : Implantation d'un entrepôt – centre de distribution clients (usage tertiaire)

III. INVESTIGATIONS SUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR AMBIANT (Voir Rapport de Diagnostic EGIS du 28/10/2021)

Les investigations sur les gaz du sol et l'air ambiant ont été réalisées par EGIS en octobre 2021. La description des investigations et les résultats obtenus sont détaillés dans le rapport intitulé *Diagnostic de pollution de l'air ambiant (A240) et des gaz du sol (A230) et interprétation des résultats (A270)*, référence E4114P02, V1 du 28/10/2021.

Les investigations réalisées ont consisté en la réalisation de trois prélèvements de gaz du sol (PG1, PG2 et PG3) et d'un prélèvement d'air intérieur (AA1) sur un cycle de 8h.

Les résultats d'analyses de l'air ambiant ont révélé la présence de traces de BTEX (benzène, toluène et xylènes) et de tétrachloroéthylène (composé organo-halogéné volatil). Les résultats d'analyses de gaz du sol ont mis en évidence la présence d'hydrocarbures C5-C16, de BTEX et de COHV.

IV. SCHEMA CONCEPTUEL

Le schéma conceptuel a mis en évidence une pollution hétérogène dans les sols. Une seule voie de transfert et d'exposition à la pollution pour les usagers du site a été retenue : l'inhalation de composés volatils remontant depuis les sols.

L'EQRS a pour objectif de vérifier la compatibilité sanitaire du site au regard du risque potentiel par inhalation de composés volatils pour les usagers du site. Il est donc considéré que les espaces qui ne seront ni bâtis, ni recouverts de voiries seront couverts d'une épaisseur de 30 cm de terres saines.

Par ailleurs, la migration verticale des polluants (hors site et sur site) présents dans les sols vers la nappe a été retenue du fait de la forte vulnérabilité de la nappe alluviale de la Seine ainsi que de la nappe de la craie du Vexin français situées à moins de 3 mètres de profondeur au droit de la zone d'étude.

V. ÉVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES

L'EQRS a été réalisée en considérant le scénario suivant :

- Usage du site : Usage tertiaire ;
- Concentrations sources retenues : Prise en compte des concentrations mesurées dans les gaz du sol et l'air ambiant lors de la campagne de prélèvement d'octobre 2021 ;
- Milieu d'exposition : Intérieur du futur entrepôt – centre de distribution clients (usage tertiaire). Exposition en extérieur non prise en compte car le niveau de risque par inhalation est considéré comme négligeable au droit des futurs espaces extérieurs, en raison de temps de présence plus courts, et du phénomène de dilution des polluants en espace extérieur ventilé ;
- Cibles retenues : Futurs employés du site tertiaire.

VI. RÉSULTATS ET CONCLUSION

La présente étude a abouti aux résultats suivants :

- **Les Quotients de Danger (QD) cumulés sont inférieurs au seuil de risque défini à 1 ;**
- **Les Excès de Risque Individuel (ERI) globaux sont inférieurs au seuil de 1.10-5.**

La qualité du sous-sol au droit du site est ainsi considérée comme compatible avec l'usage projeté, pour les hypothèses retenues et en considérant la seule voie de transfert par inhalation dans l'air intérieur d'un futur bâtiment à usage tertiaire. Ainsi sur la base d'hypothèses réalistes et sécuritaires, les résultats de l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires confirment la compatibilité de la qualité du sous-sol du site avec un usage tertiaire.

L'étude des incertitudes a permis de faire apparaître les éléments suivants :

- Les risques par inhalation sont également acceptables en intégrant les concentrations quantifiées dans l'air ambiant supérieures aux concentrations modélisées à partir des gaz du sol ;
- Les risques par inhalation sont également acceptables en considérant un faible taux de renouvellement d'air de 0,3 vol/h ;
- Les risques par inhalation sont également acceptables en considérant une dimension maximale de dalle de 10 x 10 m.

SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION.....	8
1.1 - Contexte et méthodologie.....	8
1.2 - Référentiels d'étude	8
1.3 - Objectif de la présente étude	9
2 - PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	10
2.1 - Localisation de la zone d'étude	10
2.2 - Etat actuel de la zone d'étude	10
2.3 - Environnement de la zone d'étude	10
3 - INVESTIGATIONS REALISEES SUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR AMBIANT	12
4 - SCHEMA CONCEPTUEL	13
5 - EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES (EQRS)	14
5.1 - Méthodologie de l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) ...	14
5.2 - Définition des scénarios d'exposition.....	14
5.2.1 - Usage du site et identification des cibles.....	14
5.2.2 - Milieux « sources » retenus.....	14
5.3 - Identification des dangers : substances et concentrations retenues.....	15
5.4 - Calcul des concentrations inhalables dans l'air intérieur	16
5.4.1 - Modèle utilisé.....	16
5.4.2 - Paramètres utilisés pour le calcul des concentrations dans l'air intérieur	17
5.4.3 - Concentrations calculées dans l'air intérieur	19
5.5 - Évaluation de l'exposition.....	20
5.5.1 - Calcul de la concentration moyenne inhalée	20
5.5.2 - Paramètres d'exposition des cibles	21
5.6 - Caractérisation des risques sanitaires.....	21
5.6.1 - Effets sanitaires	21
5.6.1.1 - Effets sanitaires à seuil.....	21
5.6.1.2 - Effets sanitaires sans seuil	22
5.6.2 - Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence	23
5.6.2.1 - Méthodologie de sélection	23
5.6.2.2 - VTR sélectionnées.....	24
5.6.3 - Résultats.....	24
5.7 - Évaluation des incertitudes.....	26
5.7.1 - Incertitudes relatives aux sources de pollution modélisées.....	26
5.7.1.1 - Milieux contaminés considérés.....	26
5.7.1.2 - Substances et concentrations retenues.....	26

5.7.1.3 - Évolution des concentrations en polluants dans le temps.....	27
5.7.2 - Incertitudes relatives aux voies et modes de transfert de gaz.....	27
5.7.2.1 - Choix du module de calcul de transfert.....	27
5.7.2.2 - Caractéristiques du bâti	27
5.7.2.3 - Caractéristiques des sols.....	28
5.7.3 - Incertitudes relatives à la typologie d'exposition et aux valeurs toxicologiques de référence.....	29
5.7.3.1 - Choix des cibles exposées, fréquence et degré d'exposition.....	29
5.7.3.2 - Influence des données toxicologiques	29
5.7.3.3 - Effets cumulatifs des substances.....	29
6 - SYNTHÈSE ET CONCLUSION.....	30

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Substances et concentrations (mg/m ³) retenues pour l'EQRS	16
Tableau 2 : Paramètres retenus pour la modélisation des gaz du sol vers l'air ambiant.....	18
Tableau 3 : Concentrations inhalables calculées dans l'air ambiant du lieu d'exposition (mg/m ³)	19
Tableau 4 : Paramètres d'exposition des cibles	21
Tableau 5 : Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence	24
Tableau 6 : Résultats des calculs de risques sanitaires	24
Tableau 7 : Résultats des calculs de risques sanitaires – Intégration des résultats air ambiant.....	27
Tableau 8 : Résultats des calculs de risques sanitaires – Taux de renouvellement d'air de 0,3 vol/h	28
Tableau 9 : Résultats des calculs de risques sanitaires – Dimension maximale de la dalle de 10 x 10 m	28

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Plan de localisation des prélèvements de gaz du sol / air ambiant et teneurs mesurées
Annexe 2 : Caractéristiques toxicologiques et physico-chimiques des substances
Annexe 3 : Rapport de Modélisation Modul'ERS – Scénario de base
Annexe 4 : Rapports de modélisation Modul'ERS – Calculs d'incertitudes

1 - INTRODUCTION

1.1 - Contexte et méthodologie

Dans le cadre de la valorisation d'un parking localisé au 266 Route de la Noue à Limay (78), la société IKEA DEVELOPPEMENT SAS a confié à EGIS la réalisation d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS). La présente étude est réalisée en complément d'un diagnostic sur le milieu sol réalisé par BS consultant, et d'un diagnostic des gaz du sol et de l'air ambiant réalisé par EGIS.

La mission objet de la présente consultation correspond aux « Prestations de services relatives aux sites et sols pollués », définies dans la norme AFNOR NF X 31-620-2 de Décembre 2018. Elle correspond à la prestation élémentaire suivante :

- A320 : « Analyse des enjeux sanitaires ».

Cette étude est réalisée conformément aux prescriptions de la circulaire ministérielle du 8 Février 2007 « Sites et sols pollués – Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués » du ministère en charge de l'environnement qui en fixent les modalités d'application mise à jour le 19 Avril 2017 (cf. *Note du 19 Avril 2017 relative aux Sites et sols pollués*).

1.2 - Référentiels d'étude

Les documents de référence suivants ont été utilisés dans le cadre de la présente étude :

Référentiels généraux :

- **Norme AFNOR NF X31-620 (2018)** « Qualité du sol – **Prestations de services relatives aux sites et sols pollués** (études, ingénierie, réhabilitation de sites pollués et travaux de dépollution) » ;
- **Note ministérielle du 19 avril 2017** relative « aux Sites et sols pollués – Mise à jour des textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués de 2007 » du Ministère en charge de l'Environnement ;
- **Méthodologie nationale de gestions des sites et sols pollués (avril 2017)** - Direction générale de la prévention des risques et Bureau du Sol et du Sous-sol.

Référentiels spécifiques à la réalisation d'une EQRS

- **Évaluation de l'État des milieux et des risques sanitaires** – Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées – Impact des activités humaines sur les milieux et la santé – Première édition – Août 2013 – Rapport DRC – 12 – 125929 – 13162B ;
- **Synthèse des valeurs réglementaires pour les substances chimiques**, en vigueur dans l'eau, les denrées alimentaires et dans l'air en France au 30 juin 2020, Ineris-20-200358-2190502-v 1.0 (INERIS – 19/10/2020) ;
- **Note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014** relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués ;
- **Typologies d'usage dans le contexte des sites et sols pollués** - Ineris-201082-2199664-v2.0 – 24/07/2020.

1.3 - Objectif de la présente étude

La présente étude a pour objectifs :

- D'évaluer les risques sanitaires liés aux teneurs présentes dans le sous-sol, à partir de prélèvements de gaz du sol et d'air ambiant ;
- De conclure sur la compatibilité sanitaire du site au regard de l'usage envisagé ;
- D'émettre des recommandations sur les éventuelles suites à donner à l'étude.

2 - PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

2.1 - Localisation de la zone d'étude

La zone d'étude correspond à l'emprise de l'ancien parc Citroën, localisé sur la Route de la Noue, sur la commune de Limay dans le département des Yvelines (78).



FIGURE 1: LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE (© GEOPORTAIL, 2021)

La zone d'étude est référencée sous la parcelle cadastrale 131 de la section BK de la commune de Limay (78).

L'altimétrie de la zone d'étude est de l'ordre de + 21 m NGF. La topographie du site est variable.

Les coordonnées moyennes en Lambert II étendu sont les suivantes :

- X : 556 465 m ;
- Y : 2 442 586 m.

2.2 - Etat actuel de la zone d'étude

La superficie de la zone d'étude est d'environ 173 000 m². L'activité exercée au droit de la zone d'étude est du commerce de voitures et véhicules automobiles légers. La zone d'étude correspond à un parking de stockage de véhicules, et est entièrement recouverte d'un enrobé.

2.3 - Environnement de la zone d'étude

La zone d'étude est située en zone d'activités industrielles, est bordée :

- Au nord, par des établissements spécialisés (emballages en bois, fabrication de béton) et la route départementale D146 ;
- A l'est, par la route de la Noue puis des entrepôts tel qu'un établissement spécialisé en recyclage de matelas (« Recy Matelas Europe »), puis la Seine à environ 135m à l'est de la zone d'étude ;

- A l'ouest, par des établissements spécialisés dans le recyclage de plastique PET (« Paperec »), de matériaux (« Guy Dauphin Environnement ») ;
- Au sud, par la route des Près de la Mer, la Lyonnaise des Eaux et une entreprise spécialisée dans la vente de produits chimique (« Laviosa MPC »), et la Seine à environ 130 m au sud de la zone d'étude.

Les premières habitations sont situées à environ 800 m au sud-ouest de la zone d'étude.

La zone d'étude n'est plus en activité depuis le 1^{er} juillet 2022 (ancienne zone de stockage de véhicules).

3 - INVESTIGATIONS REALISEES SUR LES GAZ DU SOL ET L'AIR AMBIANT

Les investigations sur les gaz du sol et l'air ambiant ont été réalisés par EGIS en octobre 2021. La description des investigations et les résultats obtenus sont détaillés dans le rapport intitulé *Diagnostic de pollution de l'air ambiant (A240) et des gaz du sol (A230) et interprétation des résultats (A270)*, référence E4114P02, V1 du 28/10/2021.

Une synthèse des investigations réalisées est rappelée ci-dessous (extrait du rapport de diagnostic EGIS d'octobre 2021) :

- Les investigations ont été réalisées les 8 octobre (gaz du sol) et le 13 octobre 2021 (air ambiant), pour évaluer la qualité de l'air ambiant au droit de la zone d'étude. En raison de la forte humidité des sols, le prélèvement de gaz du sol PG4 prévu initialement au sud-est du futur bâtiment n'a pas pu être réalisé ;
- Les investigations ont donc consisté en la réalisation de trois prélèvements de gaz du sol (PG1, PG2 et PG3) et d'un prélèvement d'air intérieur (AA1) sur un cycle de 8h ;
- Les résultats d'analyses de l'air ambiant réalisés sur la zone ont révélé la présence de traces de BTEX (benzène, toluène et xylènes) et de tétrachloroéthylène (composé organo-halogéné volatil) au droit de AA1. L'air ambiant ne présente aucun impact en TPH et en naphtalène.
- Les résultats d'analyses de gaz du sol réalisés sur la zone n'ont révélé aucun impact. Néanmoins, les analyses ont mis en évidence une contamination des sols en :
 - Hydrocarbures aromatiques (fractions C₇-C₈ et C₈-C₁₀) au droit de PG1 et PG2 ainsi que des traces en hydrocarbures aliphatiques (fraction C₆-C₈) au droit de PG1 ;
 - BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) au droit de l'ensemble des échantillons analysés (pouvant notamment provenir des anciennes activités au droit de la zone d'étude) ;
 - Composé organo-halogéné volatil (tétrachloroéthylène) au droit de tous les échantillons, ainsi que des traces en 1,1,1-trichloroéthane et Trichloroéthylène au droit de PG3 ;
 - Les gaz du sol ne présentent aucun impact en naphtalène.

4 - SCHEMA CONCEPTUEL

Le schéma conceptuel relatif au site étudié a pu être initié au travers des informations collectées lors des investigations de terrain. Dans l'état actuel des connaissances, les éléments constitutifs du schéma conceptuel pour son usage futur (source, transfert/exposition, cibles) sont listés ci-après (extrait du rapport de diagnostic EGIS du 28/10/2021):

■ Sources identifiées :

- Présence d'une pollution hétérogène dans les sols

■ Vecteurs de transfert / voies d'exposition potentielles :

SUR SITE

- Contact direct (cutané, ingestion) avec les terres potentiellement impactées : **non retenue** on considère que les terrains nus seront recouverts de 30 cm de terres saines ;
- Inhalation de composés volatils remontant depuis les sols : cette voie de transfert est **retenue** au droit des bâtiments, du fait de la présence de traces en divers composés d'hydrocarbures ainsi que des BTEX et de COHV au droit de l'ensemble des échantillons analysés.
- Migration verticale des polluants présents dans les sols vers la nappe : **retenue** en raison de la proximité de la Seine à la zone d'étude, et de la faible profondeur de celle-ci au droit de la zone d'étude (environ 4m de profondeur) ;
- Contact cutané / ingestion des eaux souterraines polluées : **non-retenu** (aucun captage d'eau et point d'eau superficiel ne sont connu lors de la rédaction du présent rapport).

HORS SITE

- Migration hors site d'un éventuel impact des eaux souterraines : **potentielle** à ce stade de l'étude au vu de la forte vulnérabilité de la nappe alluviale de la Seine.

■ Cibles potentielles :

SUR SITE

- Usagers du site : **retenu** ;

HORS SITE

- Riverains des habitations et des commerces environnants situés en aval hydraulique du site : **potentiel** en raison de la forte vulnérabilité de la nappe ;
- Usagers des captages d'eau en aval de la zone d'étude : **non-retenu** (aucun captage n'est connu lors de la rédaction de ce rapport)

L'EQRS a pour objectif de vérifier la compatibilité sanitaire du site au regard du risque potentiel par inhalation de composés volatils par les usagers sur site.

5 - EVALUATION QUANTITATIVE DES RISQUES SANITAIRES (EQRS)

5.1 - Méthodologie de l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS)

L'Évaluation des Risques Sanitaires est une démarche itérative et évolutive. Les résultats doivent être adaptés à tout élément nouveau : connaissance sur les sources, leur mode de transfert, ou encore les cibles. Quatre grands principes sont à respecter lors d'une démarche d'évaluation des risques sanitaires :

- Le principe de prudence scientifique ;
- Le principe de proportionnalité ;
- Le principe de spécificité ;
- Le principe de transparence.

La démarche d'Évaluation des Risques Sanitaires se compose conventionnellement de 4 étapes :

- **L'identification des dangers** : détermination des effets indésirables que les substances chimiques sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'homme ;
- **L'estimation des relations dose-réponse** : estimation du rapport entre le niveau ou la dose d'exposition, l'incidence et la gravité des effets ;
- **L'estimation des expositions** ;
- **La caractérisation des risques sanitaires.**

Pour rappel, L'EQRS sert à estimer un risque d'exposition chronique, elle ne sert pas à statuer sur une exposition ponctuelle.

5.2 - Définition des scénarios d'exposition

5.2.1 - Usage du site et identification des cibles

Le projet du site comprend la construction **d'un entrepôt – centre de distribution clients (usage tertiaire)**.

Au regard de ces éléments, **les cibles retenues sont les futurs employés du site.**

5.2.2 - Milieux « sources » retenus

Conformément au schéma conceptuel du site présenté ci-avant, un transfert potentiel par inhalation de composés volatils remontant depuis les sols est retenu au droit du futur bâtiment, en raison de la présence de divers composés d'hydrocarbures ainsi que des BTEX et de COHV dans les prélèvements de gaz du sol.

Dans le cas présent, seule l'exposition en intérieur a été étudiée car elle est prépondérante par rapport à une exposition en extérieur (niveau de risque par inhalation considéré comme négligeable au droit des espaces extérieurs, en raison de temps de présence plus courts, et du phénomène de dilution des polluants en espace extérieur ventilé).

La présente EQRS est réalisée sur la base des concentrations mesurées dans les gaz du sol lors de la campagne de prélèvements d'Octobre 2021.

5.3 - Identification des dangers : substances et concentrations retenues

Conformément à la méthodologie recommandée dans la Note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, les composés sont sélectionnés en fonction :

- De leur identification dans les différents compartiments environnementaux lors des études historiques et documentaires, et lors des étapes d'investigations ;
- De l'identification des dangers associés à ces composés ;
- De leur comportement dans les milieux de transfert et d'exposition.

Les composés volatils suivants ont été recherchés dans l'air du sol : hydrocarbures volatils C5-C16, BTEX, naphthalène et COHV.

Les substances et concentrations mesurées dans les gaz du sol, pour la réalisation d'une modélisation des concentrations dans l'ambient intérieur, ont été retenues suivant l'approche suivante :

- Prise en compte des concentrations maximales observées dans l'un ou l'autre des prélèvements de gaz du sol ;
- Prise en compte de tous les composés quantifiés (concentrations supérieures aux seuils de détection du laboratoire) ;
- Prise en compte des composés non quantifiés dont le seuil de quantification est supérieur au seuil R1 (valeur d'analyse de la situation).

Pour rappel, le prélèvement de gaz du sol PG4 prévu initialement au sud-est du futur bâtiment n'a pas pu être réalisé en raison de la forte humidité des sols, et a été remplacé par un prélèvement d'air intérieur (AA1) sur un cycle de 8h. Dans le cadre de l'EQRS, seules les concentrations mesurées dans les gaz du sol sont retenues en première approche pour les raisons suivantes :

- Une mesure de l'air ambient permet de fournir une information sur la qualité de l'air ambient dans l'état actuel du site. Cette donnée n'est cependant pas forcément représentative de la qualité future de l'air ambient étant donné que le site va être réaménagé (construction d'un nouveau bâtiment, etc.) ;
- Il est fréquent de retrouver dans les prélèvements d'air ambient des composés interférant liés à l'environnement du site (pollution atmosphérique, etc.), et non pas forcément liés aux composés volatils présents dans le sous-sol.

A noter néanmoins qu'un calcul d'incertitudes a été effectué à titre indicatif en intégrant les concentrations quantifiées dans l'air ambient supérieures aux concentrations modélisées sur la base des résultats gaz du sol (voir chapitre 5.8 – Evaluation des incertitudes).

Le tableau suivant synthétise les substances et concentrations en polluants retenues dans les gaz du sol qui serviront pour les calculs des risques sanitaires.

Les caractéristiques toxicologiques des substances retenues sont détaillées en **Annexe 2**.

Tableau 1 : Substances et concentrations (mg/m3) retenues pour l'EQRs

Substance	Concentration retenue dans les gaz du sol (mg/m ³)	Commentaire
TPH C5-C16		
fraction aromat. >C7-C8	0,4889	Teneur maximale quantifiée au droit du PG1
fraction aromat. >C8-C10	0,6222	Teneur maximale quantifiée au droit du PG1
fraction aromat. >C10-C12	0,2222	Non quantifié, mais seuil de quantification > seuil R1 → la concentration retenue est le seuil de quantification
fraction aromat. >C12-C16	0,2222	Non quantifié, mais seuil de quantification > seuil R1 → la concentration retenue est le seuil de quantification
fraction aliphat. >C6-C8	0,2444	Teneur maximale quantifiée au droit du PG1
CAV-BTEX		
Benzène	0,01356	Teneur maximale quantifiée au droit du PG1
Toluène	0,48889	Teneur maximale quantifiée au droit du PG1
Ethylbenzène	0,06444	Teneur maximale quantifiée au droit du PG1
Xylènes	0,33333	Teneur maximale quantifiée au droit du PG1
COHV		
Dichlorométhane	0,01111	Non quantifié, mais seuil de quantification > seuil R1 → la concentration retenue est le seuil de quantification
Tétrachloroéthylène	0,05111	Teneur maximale quantifiée au droit du PG3
1,1,1-trichloroéthane	0,003111	Teneur maximale quantifiée au droit du PG3
Trichloroéthylène	0,005556	Teneur maximale quantifiée au droit du PG3

5.4 - Calcul des concentrations inhalables dans l'air intérieur

5.4.1 - Modèle utilisé

La modélisation du transfert de substances volatiles vers l'air intérieur est réalisée à l'aide d'un modèle de calcul qui est choisi en fonction du contexte du site et construit à l'aide du logiciel MODUL'ERS (développé par l'INERIS, mise-à-jour du logiciel du 04/12/18). Les équations associées sont issues du document « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle » (INERIS, 2010).

Deux modèles sont disponibles pour le calcul du transfert de polluants depuis un sol (ou nappe) vers l'air intérieur : Volasoil ou Johnson & Ettinger. La principale différence entre les deux modèles réside dans le type de transfert de vapeurs à travers la dalle :

- Volasoil : ce modèle prend en compte un flux convectif et diffusif à travers la dalle. Le flux d'air est évalué à partir de la surface occupée par les fissures du plancher et leur perméabilité. Ces fissures sont modélisées sous forme de cylindre réparti de façon homogène sur la surface du plancher → L'utilisation de ce modèle est recommandé dans le cas d'une dalle portée.
- Johnson&Ettinger : ce modèle prend en compte un flux convectif et diffusif à travers la dalle. Le flux d'air est évalué à partir de la largeur de la fissure de retrait entre le plancher et les murs. Le modèle considère que le flux se répartit ensuite de façon homogène autour du plancher → L'utilisation de ce modèle est recommandé dans le cas d'un dallage indépendant.

Dans le cas présent, sur la base des données entrantes transmises du projet du site mentionnant un dallage sur matelas de répartition et inclusion / dallage sur terre-plein, la modélisation du transfert des substances volatiles vers l'air intérieur a été réalisé à l'aide du modèle Johnson&Ettinger.

5.4.2 - Paramètres utilisés pour le calcul des concentrations dans l'air intérieur

Le calcul du transfert de polluants dans l'air intérieur à l'aide du logiciel MODUL'ERS nécessite la définition de certains paramètres utilisés par le modèle précité. Ces paramètres, détaillés dans le tableau ci-après, sont issus :

- Des données du projet (caractéristiques du bâtiment, plans, lithologies / granulométries observées...) quand elles sont disponibles ;
- Des données bibliographiques ;
- Des hypothèses prises suivant une approche sécuritaire ;
- Des valeurs par défaut du logiciel MODUL'ERS (issues de la bibliographie).

Les paramètres et hypothèses constructives retenus pour la modélisation du transfert des polluants volatils depuis les gaz du sol vers l'air ambiant sont synthétisés dans le tableau en page suivante :

Tableau 2 : Paramètres retenus pour la modélisation des gaz du sol vers l'air ambiant

	Futur bâtiment tertiaire		
Paramètres	Valeurs	Unité	Source de la donnée
Caractéristiques du sol			
Profondeur de la source sol sous le bâtiment	0,8	m	Prélèvement des gaz du sol entre -0,8 et -1 m de profondeur
Masse volumique des particules du sol	2650.0	kg.m ⁻³	Valeur bibliographique par défaut M'ERS
Couche 2 au contact de la dalle du bâtiment			
Epaisseur de la couche 2	0,65	m	Sols compris entre la partie basse de la dalle et la source à -0,8 m
Type de sol	Sables (sand)		D'après coupes techniques terrain T101 à T116: présence de remblais sableux entre 0 et 1 m de profondeur
Porosité	0,375	-	Valeurs issues de la bibliographie pour des sables (sand)
Teneur en eau	0,05	-	
Perméabilité intrinsèque	1.10 ⁻¹¹	m ²	
Couche contenant la source de pollution			
Type de sol	Sables (sand)		D'après coupes techniques terrain T101 à T116: présence de remblais sableux entre 0 et 1 m de profondeur
Porosité	0,375	-	Valeur issue de la bibliographie pour des sables (sand)
Autres caractéristiques du site			
Température du sol	285.5	K	Valeur par défaut M'ERS → 12°C
Concentration dans l'air extérieur	0	mg.m-3	Absence de contribution de l'air extérieur
Volume de la source sol	0	m ³	Pour une source infinie
Viscosité dynamique de l'air	1,80E-04	g/cm ¹ /s ¹	Valeur par défaut M'ERS
Caractéristiques du bâtiment			
Hauteur des pièces du bâtiment	3	m	Données entrantes: hauteur sous plafond des bureaux (scénario le plus majorant)
Longueur du bâtiment	50	m	D'après les données entrantes du projet, le futur entrepôt sera constitué de 6 cellules d'environ 11 500 m ² chacune + d'une extension. Etant donné la surface importante du bâtiment, EGIS considère une dimension maximale de dalle de 50 x 50 m au-delà de laquelle des joints de dilatation supplémentaires sont nécessaires (pour le modèle Johnson Ettinger)
Largeur du bâtiment	50	m	

Taux de renouvellement d'air	2,78E-04	vol.s ⁻¹	D'après les données entrantes: les bureaux sont ventilés à minima à 25 m ³ /h/ personne, avec 1 personne pour 3,5 m ² des surface de salle (soit 1 personne pour 10,5 m ³ en considérant une hauteur sous plafond de 3 m) → cela donne une ventilation de 2,4 vol/h (en considérant 1 vol = 10,5 m ³ / personne). Par précaution, nous retiendrons ici une hypothèse interne plus sécuritaire d'un renouvellement de 1 vol/h qui correspond à un taux de renouvellement classiquement applicable pour des bâtiments à usage industriel/tertiaire disposant d'un système d'aération.
Différence de pression entre les sols sous le bâtiment et l'intérieur du bâtiment	4	kg/m/s ²	Valeur bibliographique de l'USEPA, 2004 Valeur conservatoire, la différence de pression varie dans la littérature de 0 à 20 Pa (1 Pa = 10 g/cm-s ²). L'effet du vent et de la température (chauffage) induit des variations de pression comprises typiquement entre 4 et 5 Pa (Loureiro et al. 1990 ; Grimsrud et al. 1983).
Épaisseur dalle béton	0,15	m	Hypothèse: valeur classique minimale pour un bâtiment de type tertiaire / industriel.
Rayon de fissure	1,00E-03	m	Valeur proposée par la littérature (Johnson et Ettinger, 1991 ; EPA, 2003 ; EPA, 2004 ; Bakker et al. 2008)

5.4.3 - Concentrations calculées dans l'air intérieur

Les concentrations modélisées dans l'air intérieur des espaces d'exposition ont été calculées à l'aide du module « Conc_gaz_air_interieur_J_E » du logiciel MODUL'ERS, à partir des concentrations mesurées dans les gaz du sol.

Les concentrations modélisées dans l'air intérieur, comparées aux concentrations mesurées dans l'air ambiant (dans le prélèvement AA1) sont synthétisées dans le tableau ci-dessous (il s'agit des concentrations gazeuses inhalables à l'intérieur, dans le lieu de vie). Les rapports de modélisation fournis par le logiciel sont disponibles en **Annexe 3**.

Tableau 3 : Concentrations inhalables calculées dans l'air ambiant du lieu d'exposition (mg/m³)

Substance	Concentrations modélisées dans l'air ambiant du lieu d'exposition (mg/m ³)	Concentrations mesurées dans l'air ambiant - prélèvement AA1 (mg/m ³)
TPH C5-C16		
fraction aromat. >C7-C8	0,00011	<i>Composés non quantifiés dans l'air ambiant (concentrations < LQ)</i>
fraction aromat. >C8-C10	0,00014	
fraction aromat. >C10-C12	0,00005	
fraction aromat. >C12-C16	0,00005	
fraction aliphat. >C6-C8	0,00005	

CAV-BTEX		
Benzène	2,92E-06	0,00050
Toluène	0,00011	0,00142
Ethylbenzène	0,00001	<i>Non quantifié</i>
Xylènes	0,00007	0,00196
COHV		
Dichlorométhane	2,41E-06	<i>Non quantifié</i>
Tétrachloroéthylène	0,00001	0,00054
1,1,1-trichloroéthane	6,62E-07	<i>Non quantifié</i>
Trichloroéthylène	1,18E-06	<i>Non quantifié</i>

Les résultats des modélisations font apparaître des concentrations modélisées inférieures aux concentrations mesurées dans le prélèvement d'air ambiant AA1 pour les composés benzène, toluène, xylènes et tétrachloroéthylène.

Par précaution, un calcul d'incertitudes a été effectué à titre indicatif en intégrant les concentrations quantifiées dans l'air ambiant supérieures aux concentrations modélisées sur la base des résultats gaz du sol (voir chapitre 5.8 – Evaluation des incertitudes).

Pour rappel, les concentrations mesurées dans l'air ambiant n'ont pas été retenues en première approche pour la réalisation de l'EQRS pour les raisons suivantes :

- Une mesure de l'air ambiant permet de fournir une information sur la qualité de l'air ambiant dans l'état actuel du site. Cette donnée n'est cependant pas forcément représentative de la qualité future de l'air ambiant étant donné que le site va être réaménagé (construction d'un nouveau bâtiment, etc.) ;
- Il est fréquent de retrouver dans les prélèvements d'air ambiant des composés interférant liés à l'environnement du site (pollution atmosphérique, etc.), et non pas forcément liés aux composés volatils présents dans le sous-sol.

5.5 - Évaluation de l'exposition

5.5.1 - Calcul de la concentration moyenne inhalée

La concentration inhalée, dans l'air intérieur par exemple, pour chaque substance est calculée selon la formule suivante :

$$CI = \frac{(C_{\text{air intérieur}} \cdot t_{\text{intérieur}}) \cdot T \cdot F}{T_m}$$

où :

$i_{\text{intérieur}}$ = fraction quotidienne de temps passé dans le milieu d'exposition (air intérieur)

$C_{\text{air-intérieur}}$ = concentration de la substance dans le milieu d'exposition (air intérieur)

T : durée d'exposition (années)

F : fréquence d'exposition : nombre de jours d'exposition par an

T_m : période de temps sur laquelle est moyennée l'exposition (jours)

5.5.2 - Paramètres d'exposition des cibles

Les paramètres d'exposition retenus sont détaillés dans le tableau suivant pour la cible étudiée : futurs employés du site tertiaire. Il est considéré que l'adulte est employé durant 43 ans sur le même lieu de travail (hypothèse majorante).

L'ensemble des paramètres d'exposition est synthétisé dans le tableau suivant :

Tableau 4 : Paramètres d'exposition des cibles

Paramètres d'exposition des futurs employés du site			
Paramètres	Valeurs	Unité	Source
Modul'ERS			
Classes d'âge	> 18 ans	année	Hypothèse standard
Age de l'individu au début de l'exposition	18	année	Age de la majorité - considéré comme âge minimal d'un salarié adulte
Age minimum de la classe d'âge	18	année	Age de début d'exposition
Date de début d'exposition de l'individu par-rapport au début de la simulation (calcul de tranche de vie)	0	année	Date de début d'exposition de l'individu
Durée d'exposition de l'individu	43	année	La valeur de 43 ans est actualisée (par EGIS) sur la base du nombre de trimestres de cotisations pour une retraite pleine (173 trimestres).
Fraction de temps annuel passé dans le lieu de vie	0,21	-	pour 40 heures par semaine et 47 semaines de travail par an
Durée de la simulation	70	année	Pour les substances cancérigènes, Tm est égale à la durée de vie (70 ans, valeur utilisée par de nombreux organismes dont l'INERIS et l'USEPA)

5.6 - Caractérisation des risques sanitaires

5.6.1 - Effets sanitaires

5.6.1.1 - Effets sanitaires à seuil

Les effets sanitaires à seuil ou systémiques, dits également toxiques, sont caractérisés par comparaison des apports estimés des substances potentiellement polluantes avec une dose dite de référence ou valeur toxicologique de référence (VTR). La VTR est une évaluation du niveau d'exposition quotidien acceptable pour la population humaine au cours d'une vie. Les effets toxiques potentiels d'une exposition donnée à un élément justifient une action corrective si l'apport quotidien chronique estimé dépasse la VTR. Parmi les doses de référence, on distingue : les doses administrées, correspondant à la quantité reçue par l'organisme, les doses absorbées, correspondant à la quantité effectivement absorbée par l'organisme (et donc inférieure ou égale à la dose administrée) et les concentrations de référence. Pour la voie d'exposition orale, la dose de référence est généralement la dose administrée. Enfin, pour la voie respiratoire, la dose de référence est assimilée à une concentration dans l'air.

Le rapport de l'apport quotidien chronique à la VTR chronique est référencé sous le nom de quotient de danger :

$$QD = CI / VTR \text{ pour l'inhalation de gaz}$$

Le seuil au-delà duquel le quotient de danger est considéré comme inacceptable est égal à 1. Un rapport de quotient de danger supérieur à 1 indique qu'un effet sanitaire sur l'organisme peut être attendu.

Il est admis que les effets toxiques de l'évaluation peuvent être ajoutés à partir d'une combinaison de composés chimiques lorsque ceux-ci produisent les mêmes effets sur les mêmes organismes ou systèmes vitaux et selon les mêmes mécanismes. Les quotients de danger spécifiques aux substances sont additionnés pour produire un indice de risque par mode d'exposition. Ces indices sont ensuite additionnés pour produire un risque total pour chaque population concernée.

Dans la pratique, les organes cibles et les mécanismes d'action des polluants ne sont pas toujours bien renseignés dans les bases de données consultées. Par conséquent, dans une démarche majorante et itérative, le quotient de danger total sera pris égal à la somme de l'ensemble des risques individuels, quel que soit l'organe cible et le mécanisme en jeu.

Risque non cancérigène acceptable si $\Sigma QD < 1$

5.6.1.2 - Effets sanitaires sans seuil

Les effets sanitaires sans seuil concernent les agents cancérigènes génotoxiques (agissant sur le matériel génétique comme l'ADN). Pour ces composés, il est considéré que toute absorption est susceptible d'engendrer un cancer, la probabilité de survenue de ce cancer étant d'autant plus grande que la dose totale reçue est élevée.

Comme il est difficile de déterminer avec certitude si un composé cancérigène est génotoxique, la plupart des composés cancérigènes sont assimilés comme tels, leurs effets sont ainsi considérés sans seuil. Les effets sanitaires sans seuil concernent donc la majorité des composés cancérigènes potentiels.

Les risques attribuables à ces effets sont évalués comme probabilité supplémentaire de survenue d'un cancer. Cette probabilité est dite supplémentaire puisqu'elle résulte de l'exposition aux substances polluantes. Or, il existe toujours un risque de cancer pour un quelconque individu, appelé risque de base, indépendant de la pollution et lié à des paramètres intrinsèques (âge, facteurs génétiques...).

Pour la caractérisation des risques, les valeurs auxquelles se référer sont des coefficients, appelés « facteur de pente cancérigène » ou Excès de Risque Unitaire (ERU), exprimant le risque de cancer accru par unité de dose de substance polluante. Les risques de cancer spécifiques aux substances, appelés Excès de Risque Individuel (ERI), sont ainsi estimés en multipliant le facteur de pente ou ERU par les estimations d'apport quotidien en la substance sur une durée de vie. Les calculs des risques spécifiques aux éléments constitutifs pour le site seront présentés, dans les sections suivantes, par mode d'exposition.

$$\text{Pour l'inhalation : ERI} = CI \times ERU_i$$

Pour évaluer le risque global des effets cancérigènes que constitue le mélange des substances présentes sur le site, il est admis que l'on peut les additionner, indépendamment de leurs effets. Les risques cancérigènes sont donc estimés pour chaque substance, puis les risques spécifiques sont additionnés pour produire une estimation du risque cancérigène global spécifique à un mode donné.

Cette valeur d'ERI globale est à comparer à un niveau de risque acceptable généralement compris entre 10^{-4} et 10^{-6} . Un risque de 10^{-5} signifie l'apparition d'un cas de cancer supplémentaire dû à l'exposition à la substance, dans une population de 100 000 personnes exposées, en plus du risque de base.

Le risque de cancer sur une vie n'étant jamais nul, il ne peut pas être défini de valeur de seuil sans effet. Un seuil dit « d'acceptabilité » est donc établi : l'ERI doit être inférieur à 10^{-5} , (probabilité d'apparition d'un cas supplémentaire de cancer sur une population de 100 000 personnes exposées).

La circulaire de février 2007, relative à la gestion des sites et sols pollués, indique que **le niveau de risque acceptable correspond à un ERI inférieur à la valeur de 10^{-5} .**

Risque cancérigène acceptable si $\Sigma \text{ERI} < 10^{-5}$

Un même composé peut engendrer des effets sans seuil et à seuil (cas du benzène par exemple).

5.6.2 - Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

5.6.2.1 - Méthodologie de sélection

La note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués stipule la démarche à suivre pour le choix des VTR, synthétisée ci-dessous.

Plusieurs valeurs toxicologiques de référence existent dans les bases de données suivantes :

- ANSES (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) ;
- Base de données IRIS (US-EPA : agence gouvernementale américaine pour la protection de l'environnement)
- ATSDR (organisme public américain)
- OMS (Organisation Mondiale de la Santé)
- OEHHA, définissant à l'échelle de l'état de Californie les VTR
- IPCS (International Program on Chemical Safety)
- Santé Canada (agence gouvernementale canadienne pour la santé des personnes)
- RIVM (agence gouvernementale néerlandaise pour la protection de l'environnement)
- EFSA (European Food Safety Authority).

Ces organismes publient parfois des VTR différentes pour un même effet critique, une même voie et une même durée d'exposition.

Par mesure de simplification, dans la mesure où il n'existe pas de méthode de choix faisant consensus, il est recommandé de sélectionner en premier lieu les VTR construites par l'ANSES même si des VTR plus récentes sont proposées par les autres bases de données.

À défaut, si pour une substance une expertise nationale a été menée et a abouti à une sélection approfondie parmi les VTR disponibles, alors il est nécessaire de retenir les VTR correspondantes, sous réserve que cette expertise ait été réalisée postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente.

Sinon, la VTR la plus récente est sélectionnée parmi les trois bases de données : US-EPA, ATSDR ou 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.

Si aucune VTR n'était retrouvée dans les 4 bases de données précédemment citées (Anses, US-EPA, ATSDR et OMS), la dernière VTR proposée par Santé Canada, RIVM, l'OEHHA ou l'EFSA est alors utilisée.

Les organismes précités ne fournissent pas de VTR pour les fractions aromatiques et aliphatiques des hydrocarbures. Seul le TPHCWG¹ a étudié les effets et le comportement des hydrocarbures, et proposé des VTR qui sont retenues dans la présente étude.

¹ TPHCWG : Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group. Groupe de travail étasunien formé de représentants du gouvernement, de scientifiques et d'industries, qui a publié en 1997 une étude du risque sanitaire lié aux hydrocarbures.

5.6.2.2 - VTR sélectionnées

Les VTR sélectionnées suivant la méthodologie définie au paragraphe précédent sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Choix des Valeurs Toxicologiques de Référence

Substance	n° cas	VTR avec seuils (mg/m3)	Organe cible	Origine de la donnée	VTR sans seuils ((mg/m3)-1)	Organe cible	Origine de la donnée
Benzène	71-43-2	0,01	Système sanguin	ATSDR, 2007 (choix ANSES 2008)	0,026	Système sanguin	ANSES 2014
1,1,1-Trichloroéthane	71-55-6	1,00	Altération biochimiques	INERIS 2014 (retenu OEHHA 2008)	-	-	-
Dichlorométhane	75-09-2	0,6	Foie	US EPA 2011	1,00E-03	Tumeurs pulmonaires	OEHHA, 2009 - Choix INERIS,
Trichloroéthylène	79-01-6	3,2	Rein	ANSES 2018	0,001	cancer du rein	ANSES 2018
Ethylbenzène	100-41-4	1,5	Oreille	ANSES 2016	0,0025	Effets rénaux	OEHHA 2007
Toluène	108-88-3	19	Système neurologique	ANSES 2017	-	-	-
Tétrachloroéthylène	127-18-4	0,4	Système neurologique	ANSES 2018	0,00026	Système sanguin	ANSES 2018
Xylènes	1330-20-7	0,1	Système neurologique	ANSES, 2020	-	-	-
Aliphatiques C6-C8	-	18,4	Système nerveux	TPHCWG, 1997	-	-	-
Aromatique C7-C8	-	0,4	Foie / Reins	TPHCWG, 1997	-	-	-
Aromatique C8-C10	-	0,2	Système immunitaire	TPHCWG, 1997	-	-	-
Aromatique C10-C12	-	0,2	Système immunitaire	TPHCWG, 1997	-	-	-
aromatique C12-C16	-	0,2	Système immunitaire	TPHCWG, 1997	-	-	-

5.6.3 - Résultats

L'évaluation des risques sanitaires a été réalisée à l'aide du logiciel MODUL'ERS.

Le rapport de simulation pour le scénario de base retenu est disponible en **Annexe 3**.

Les résultats des calculs des Quotients de Danger (DQ) et Excès de Risques Individuels (ERI) sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 6 : Résultats des calculs de risques sanitaires

	Somme des Quotient de Danger* (effet à seuil)	Excès de Risque Individuel cumulé (effet sans seuil)
CAV-BTEX		
benzène	6,12E-05	9,77E-09
toluène	1,16E-06	-
éthylbenzène	1,91E-06	4,40E-09
xylènes	1,50E-04	-
TPH C5-C16		
fraction aromat. >C7-C8	5,57E-05	-
fraction aromat. >C8-C10	1,42E-04	-
fraction aromat. >C10-C12	5,06E-05	-
fraction aromat. >C12-C16	5,06E-05	-
fraction aliphat. >C6-C8	6,06E-07	-
COHV		

Dichlorométhane	8,44E-07	3,11E-10
Tétrachloroéthylène	5,67E-06	3,62E-10
1,1,1-trichloroéthane	1,39E-07	-
Trichloroéthylène	7,77E-08	1,53E-10
SOMME	5,21E-04	1,50E-08

Le tableau fait apparaître les résultats suivants

- **Les Quotients de Danger (QD) cumulés sont inférieurs au seuil réglementaire de risque défini à 1.** Les substances qui tirent le risque vers le haut sont le benzène, les xylènes et les hydrocarbures aromatiques C8-C10 (représentant respectivement 12%, 29% et 27% de la somme des QD) ;
- **Les Excès de Risque Individuel (ERI) globaux sont inférieurs au seuil réglementaire de 1.10-5.** Les substances qui tirent le risque vers le haut sont le benzène et l'éthylbenzène (respectivement 65% et 29% de la somme des ERI)

5.7 - Évaluation des incertitudes

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

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

5.7.1 - Incertitudes relatives aux sources de pollution modélisées

5.7.1.1 - Milieux contaminés considérés

La contamination du sous-sol a été modélisée en considérant le milieu « gaz du sol ». Conformément aux préconisations du Ministère en charge de l'environnement, les mesures directes ont été privilégiées à la modélisation des transferts depuis les milieux sols et eaux souterraines. Cette démarche est plus réaliste du risque que la modélisation du transfert des polluants adsorbés dans la matrice solide ou solubilisés dans la matrice liquide, vers le milieu gaz du sol, puis la volatilisation des polluants vers les milieux d'exposition, car elle nécessite de retenir moins d'hypothèses (pas de calcul du transfert du milieu « sols » ou « nappe » vers l'air du sol).

Dans le cas présent, 3 points de prélèvement de gaz du sol ont été réalisés au droit du site. Les concentrations maximales observées dans l'un ou l'autre des points de prélèvements ont été retenues.

Pour la modélisation du transfert des polluants, une source « infinie » de gaz du sol est considérée (pas de délimitation horizontale et verticale). Cette hypothèse est majorante.

5.7.1.2 - Substances et concentrations retenues

Les substances ont été sélectionnées suivant les recommandations méthodologiques, en fonction de leur présence dans les différents milieux, leur comportement dans l'environnement et de leur toxicité.

Les substances et concentrations mesurées dans les gaz du sol, pour la réalisation de la modélisation, ont été retenues suivant l'approche suivante :

- Prise en compte des concentrations maximales observées dans l'un ou l'autre des prélèvements de gaz du sol ;
- Prise en compte de tous les composés quantifiés (concentrations supérieures aux seuils de détection du laboratoire) ;
- Prise en compte des composés non quantifiés dont le seuil de quantification est supérieur au seuil R1 (valeur d'analyse de la situation).

Les résultats des modélisations à partir des teneurs gaz du sol ont fait apparaître des concentrations modélisées inférieures aux concentrations mesurées dans le prélèvement d'air ambiant AA1 pour les composés benzène, toluène, xylènes et tétrachloroéthylène.

Par précaution, un calcul d'incertitudes a été effectué à titre indicatif en intégrant les concentrations quantifiées dans l'air ambiant supérieures aux concentrations modélisées sur la base des résultats gaz du sol.

Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 7 : Résultats des calculs de risques sanitaires – Intégration des résultats air ambiant

Scénarios	Somme des Quotient de Danger (effet à seuil)	Excès de Risque Individuel cumulé (effet sans seuil)
Scénario de base - C° modélisées Gaz du sol	5,21E-04	1,50E-08
Calcul d'incertitudes - en intégrant les concentrations mesurées dans l'air ambiant supérieures aux concentrations modélisées (concerne le benzène, toluène, xylènes et tétrachloroéthylène)	1,52E-02	1,70E-06

Les résultats des calculs réalisés en intégrant les concentrations quantifiées dans l'air ambiant supérieures aux concentrations modélisées font toujours apparaître des niveaux de risques inférieurs aux valeurs de référence.

Les rapports de modélisation pour les calculs d'incertitudes sont disponibles en **Annexe 4**.

5.7.1.3 - Évolution des concentrations en polluants dans le temps

Les calculs de risques ont été réalisés en considérant les sources de pollution stables dans le temps. Le sous-sol constitue alors, selon cette hypothèse, une source d'émission de gaz constante et infinie. Ainsi, aucune dégradation chimique ou biologique ni aucune diminution dans le temps des concentrations en polluants organiques au sein des sols n'a été modélisée.

Considérant les polluants présents dans les gaz du sol, cette hypothèse est raisonnablement majorante. En effet le dégazage vers l'atmosphère entraîne logiquement une diminution des concentrations avec le temps : l'hypothèse retenue est donc sécuritaire.

5.7.2 - Incertitudes relatives aux voies et modes de transfert de gaz

5.7.2.1 - Choix du module de calcul de transfert

Deux modèles sont disponibles pour le calcul du transfert de polluants depuis le sol vers l'air intérieur : Volasoil ou Johnson & Ettinger.

Dans le cas présent, sur la base des données entrantes transmises du projet du site mentionnant un dallage sur matelas de répartition et inclusion / dallage sur terre-plein, la modélisation du transfert des substances volatiles vers l'air intérieur a été réalisée à l'aide du modèle Johnson&Ettinger.

5.7.2.2 - Caractéristiques du bâti

Des données et plans ont été transmis décrivant le projet d'aménagement du site : construction d'un entrepôt – centre de distribution clients (usage tertiaire).

Concernant spécifiquement le taux de ventilation : d'après les données entrantes, les bureaux seront ventilés à minima à 25 m³/h/personne, avec 1 personne pour 3,5 m² des surfaces de salle (soit 1 personne pour 10,5 m³ en considérant une hauteur sous plafond de 3 m) → cela donne une ventilation de 2,4 vol/h (en considérant 1 vol = 10,5 m³/ personne). Il a été retenu en base une hypothèse interne

plus sécuritaire d'un renouvellement de 1 vol/h qui correspond à un taux de renouvellement classiquement applicable pour des bâtiments à usage industriel/tertiaire disposant d'un système d'aération.

Un calcul d'incertitude a été réalisé en considérant un faible taux de renouvellement d'air de 0,3 vol/h. Les résultats des calculs effectués sur la base de cette hypothèse sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 8 : Résultats des calculs de risques sanitaires – Taux de renouvellement d'air de 0,3 vol/h

Scénarios	Somme des Quotient de Danger (effet à seuil)	Excès de Risque Individuel cumulé (effet sans seuil)
Scénario de base - Taux de renouvellement d'air de 1 vol/h	5,21E-04	1,50E-08
Calcul d'incertitudes - Taux de renouvellement d'air de 0,3 vol/h	1,74E-03	5,00E-08

Les résultats des calculs réalisés avec un taux de renouvellement d'air faible fixé à 0,3 vol/h font toujours apparaître des niveaux de risques inférieurs aux valeurs de référence.

Concernant spécifiquement les dimensions du futur bâtiment: D'après les données entrantes du projet, le futur entrepôt sera constitué de 6 cellules d'environ 11 500 m² chacune + d'une extension. Etant donné la surface importante du bâtiment, EGIS considère une dimension maximale de dalle de 50 x 50 m au-delà de laquelle des joints de dilatation supplémentaires sont nécessaires. Par précaution, un calcul d'incertitudes a été réalisé en considérant une dimension maximale de dalle de 10 x 10 m.

Les résultats des calculs effectués sur la base de cette hypothèse sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 9 : Résultats des calculs de risques sanitaires – Dimension maximale de la dalle de 10 x 10 m

Scénarios	Somme des Quotient de Danger (effet à seuil)	Excès de Risque Individuel cumulé (effet sans seuil)
Scénario de base - 50 m x 50m	5,21E-04	1,50E-08
Calcul d'incertitudes - 10m x 10m	2,00E-03	5,36E-08

Les résultats des calculs réalisés en considérant une dimension maximale de dalle de 10 x 10 m font toujours apparaître des niveaux de risques inférieurs aux valeurs de référence.

Les rapports de modélisation pour les calculs d'incertitudes sont disponibles en **Annexe 4**.

5.7.2.3 - Caractéristiques des sols

Les hypothèses prises pour les caractéristiques des sols (teneur en eau, porosité) sont adaptées à des sols sableux. Cette typologie de sol est issue des coupes techniques transmises : d'après les coupes terrain T101 à T116: présence de remblais sableux entre 0 et 1 m de profondeur.

5.7.3 - Incertitudes relatives à la typologie d'exposition et aux valeurs toxicologiques de référence

5.7.3.1 - Choix des cibles exposées, fréquence et degré d'exposition

La cible retenue, à savoir un employé adulte travaillant conformément au temps de travail légal en France, est conforme à un usage de type tertiaire / industriel pour lequel le site est cédé. Il est par ailleurs considéré que :

- La cible adulte est employée durant 43 ans sur le même lieu de travail ;
- L'employé passe l'intégralité de son temps de travail à l'intérieur du bâtiment.

Ces hypothèses sont majorantes.

5.7.3.2 - Influence des données toxicologiques

La sélection des VTR a été effectuée sur la base des préconisations du Ministère en charge de l'environnement au travers de la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.

En l'absence de données disponibles dans les bases de données des principaux organismes de référence, d'autres sources ont été utilisées (TPHCWG pour les HCT, INERIS pour les HAP).

5.7.3.3 - Effets cumulatifs des substances

Le quotient de danger total a été pris égal à la somme de l'ensemble des quotients de danger spécifiques, quel que soit l'organe cible et le mécanisme en jeu. En effet, ceux-ci sont souvent mal identifiés et ne permettent pas d'exclure tel ou tel effet. Ainsi, cette démarche conduit à une estimation majorante et sécuritaire du risque sanitaire pour les effets à seuil.

6 - SYNTHÈSE ET CONCLUSION

Dans le cadre de la valorisation d'un parking localisé sur la Route de la Noue à Limay (78), la société IKEA DEVELOPPEMENT a confié à EGIS la réalisation d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS).

La seule voie d'exposition retenue pour cette étude est l'inhalation de polluants volatils résiduels issus du sous-sol, présents dans l'air ambiant intérieur du lieu de vie, par les futurs employés du site tertiaire (on considère donc que tous les terrains nus seront recouvert d'un minimum de 30 cm de terres saines).

Les calculs de risques ont été effectués sur la base des données disponibles du projet et d'hypothèses sécuritaires.

Pour rappel, L'EQRS sert à estimer un risque d'exposition chronique, elle ne sert pas à statuer sur une exposition ponctuelle.

La présente étude a abouti aux résultats suivants :

- **Les Quotients de Danger (QD) cumulés sont inférieurs au seuil de risque défini à 1 ;**
- **Les Excès de Risque Individuel (ERI) globaux sont inférieurs au seuil de 1.10⁻⁵.**

La qualité du sous-sol au droit du site est ainsi considérée comme compatible avec l'usage projeté, pour les hypothèses retenues et en considérant la seule voie de transfert par inhalation dans l'air intérieur d'un futur bâtiment à usage tertiaire.

Ainsi sur la base d'hypothèses réalistes et sécuritaires, les résultats de l'Évaluation Quantitative des Risques Sanitaires confirment la compatibilité de la qualité du sous-sol du site avec un usage tertiaire.

L'étude des incertitudes a permis de faire apparaître les éléments suivants :

- Les risques par inhalation sont également acceptables en intégrant les concentrations quantifiées dans l'air ambiant supérieures aux concentrations modélisées à partir des gaz du sol ;
- Les risques par inhalation sont également acceptables en considérant un faible taux de renouvellement d'air de 0,3 vol/h ;
- Les risques par inhalation sont également acceptables en considérant une dimension maximale de dalle de 10 x 10 m.

ANNEXES

Annexe 1 : Plan de localisation des prélèvements de gaz du sol / air ambiant et teneurs mesurées

16	TARIÈRE
8	PELLE MÉCANIQUE
3	DESTRUCTIF - PIEZOMÈTRE
3	PRESSIOMÉTRIQUE
17	PENETROMÉTRIQUE
REP.	NB.
TYPE DE SONDAGE	



PG1		
Composés	Unité	µg/m³
fraction aromat. >C7-C8		488,9
fraction aromat. >C8-C10		622,2
fraction aliphat. >C6-C8		244,4
CAV/BTEX totaux		911,11
Tétrachloroéthylène		3,33
1,1,1-trichloroéthane		<2,22
Trichloroéthylène		<2,22

PG2		
Composés	Unité	µg/m³
fraction aromat. >C7-C8		288,9
fraction aromat. >C8-C10		244,4
fraction aliphat. >C6-C8		171,1
CAV/BTEX totaux		466,67
Tétrachloroéthylène		3,11
1,1,1-trichloroéthane		<2,22
Trichloroéthylène		<2,22

PG3		
Composés	Unité	µg/m³
fraction aromat. >C7-C8		<111,1
fraction aromat. >C8-C10		<111,1
fraction aliphat. >C6-C8		<111,1
CAV/BTEX totaux		117,78
Tétrachloroéthylène		51,11
1,1,1-trichloroéthane		3,11
Trichloroéthylène		5,56

AA1		
Composés	Unité	µg/m³
TPH (>MeC5 - C16)		<LQ
CAV/BTEX totaux		3,88
Naphtalène		<LQ
Tétrachloroéthylène		0,54

⊗ Prélèvements de gaz du sol (canne gaz)

⊗ Prélèvements d'air ambiant

Emprise de la zone d'étude

Annexe 2 : Caractéristiques toxicologiques et physico-chimiques des substances

Table des matières

1.	PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES SUBSTANCES RETENUES 2
1.1	Hydrocarbures C5 à C402
1.2	COHV3
1.3	Naphtalène – CAS 91-20-33
1.4	Benzène – CAS 71-43-2.....3
1.5	Toluène - CAS 108-88-3.....4
1.6	Ethylbenzène - CAS 100-41-45
1.7	Xylènes – CAS 1330-20-7.....5
1.8	Dichlorométhane (chlorure de méthylène)6
1.9	Trichloréthylène - CAS 79-01-67
1.10	Tétrachloroéthylène - CAS 127-18-4.....7
1.11	1,1,1-trichloroéthane – 71-55-6.....8
2.	TOXICITE DES SUBSTANCES RETENUES..... 9
2.1	Hydrocarbures C5 à C409
2.2	BTEX.....10
2.3	Benzène – CAS 71-43-210
2.4	Toluène - CAS 108-88-3.....11
2.5	Ethylbenzène - CAS 100-41-412
2.6	Xylènes– CAS 1330-20-713
2.7	Naphtalène – 91-20-315
2.8	Trichloréthylène - CAS 79-01-615
2.9	Tétrachloréthylène - CAS 127-18-4.....16
2.10	1,1,1-TRICHLOROETHANE.....18
2.11	Dichlorométhane (chlorure de méthylène)18



1. PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DES SUBSTANCES RETENUES

1.1 Hydrocarbures C5 à C40

■ Description

Les hydrocarbures sont des composés organiques exclusivement composés d'atomes de carbones et d'hydrogène. Ils peuvent avoir des chaînes carbonées aromatiques (présence d'un noyau benzénique) ou non (hydrocarbures aliphatiques).

Les hydrocarbures présents dans l'environnement peuvent provenir de l'industrie pétrolière. Concernant cette famille, les travaux TPHCWG ont consisté à regrouper les substances ayant des caractéristiques physico-chimiques et une toxicité semblable. Les hydrocarbures sont regroupés dans les familles suivantes :

Hydrocarbures aliphatiques	Hydrocarbures aromatiques
C ₅ -C ₆	-
C _{>6} -C ₈	C _{>6} -C ₈
C _{>8} -C ₁₀	C _{>8} -C ₁₀
C _{>10} -C ₁₂	C _{>10} -C ₁₂
C _{>12} -C ₁₆	C _{>12} -C ₁₆
C _{>16} -C ₂₁	C _{>16} -C ₂₁
C _{>21} -C ₃₅	C _{>21} -C ₃₅

Les hydrocarbures ayant un plus petit nombre d'atomes de carbone sont plus mobiles dans les sols et plus volatils. Les hydrocarbures ayant un nombre important d'atomes de carbone vont se dégrader dans le temps dans les sols et/ou les eaux souterraines et donner des composés plus mobiles et/ou volatils.

■ Comportement dans l'environnement

La capacité des hydrocarbures à diffuser dans un milieu ou un autre dépend du nombre d'atomes de carbone des chaînes carbonées. D'après le RIVM, qui a tenté d'établir des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) pour les hydrocarbures, les composés en C16 à C35 et >C35 se volatilisent très peu.

En revanche, les hydrocarbures ayant une chaîne carbonée inférieure à C16 ont une capacité à se volatiliser plus élevée, et peuvent donc se retrouver dans l'air des bâtiments.

Les hydrocarbures totaux dont les chaînes carbonées contiennent entre 10 et 16 atomes de carbone sont modérément à peu volatils.

Les paramètres physico-chimiques utilisés pour la modélisation du transfert des polluants sont indiqués dans le rapport de modélisation.



1.2 COHV

Tous les COHV sont par définition des composés volatils. Ainsi le tétrachloréthylène, dont la pression de vapeur saturante est de 1 900 Pa à 20°C est susceptible d'atteindre des récepteurs humains par migration à travers les sols et les barrières physiques de type dalle béton. De même pour le trichloréthylène, dont la pression de vapeur saturante est de 8 600 Pa à 20°C.

Le 1,1-dichloroéthène, dont la pression de vapeur saturante est de 66 500 Pa à 20°C est susceptible d'atteindre des récepteurs humains par migration à travers les sols et les barrières physiques de type dalle béton. De même pour le 1,1,1-trichloroéthane, dont la pression de vapeur saturante est de 13 300 Pa à 20°C.

1.3 Naphtalène – CAS 91-20-3

■ Description

Le naphtalène est un hydrocarbure aromatique polycycliques (HAP) possédant 10 atomes de carbone. Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) ne sont pas présents ubiquitairement dans la nature. Ils ont une origine anthropique uniquement.

Le naphtalène est un constituant du goudron de houille (11 %) et du pétrole brut (1,3 %) et peut donc être obtenu à partir de ces deux produits par distillation fractionnée.

Les principales sources de naphtalène dans l'environnement sont la combustion du bois et de combustibles fossiles et la sublimation du naphtalène utilisé dans les antimites (boules de naphtaline).

■ Comportement dans l'environnement

Le naphtalène est volatil : son évaporation depuis la surface du sol est importante.

Il est relativement mobile dans les sols et lixiviable.

La substance est rapidement dégradée dans des conditions aérobies et dénitrifiantes.

Dans l'environnement, les HAP sont en général faiblement solubles dans l'eau, on les retrouve donc peu dans les milieux aquatiques, et essentiellement sous forme de matières en suspension et adsorbés à la matière organique

Le naphtalène est présent dans l'air majoritairement sous forme de vapeur (30 % du naphtalène est perdu par évaporation).

Les paramètres physico-chimiques utilisés pour la modélisation du transfert des polluants sont indiqués dans le rapport de modélisation.

1.4 Benzène – CAS 71-43-2

■ Description

Le benzène est un hydrocarbure aromatique possédant 6 atomes de carbone. Il fait partie des Composés Aromatiques Volatils (CAV), des BTEX et des hydrocarbures aromatiques C6.

La présence de benzène dans l'environnement est naturelle (feux de forêt,...) ou anthropique. L'automobile est en grande partie responsable de la pollution atmosphérique par le benzène (gaz d'échappement,...).



La concentration ubiquitaire dans l'air est de l'ordre de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Elle est estimée à inférieure à $1 \mu\text{g}/\text{l}$ dans les eaux de surface, inférieure à $30 \text{ ng}/\text{L}$ dans les eaux souterraines, inférieure à $5 \text{ ng}/\text{L}$ dans l'eau de mer (INERIS, 2006).

■ Comportement dans l'environnement

A partir des eaux superficielles, le benzène se volatilise rapidement. Étant relativement soluble, une partie du benzène présent dans l'atmosphère est déposé sur le sol ou dans les eaux par précipitation.

Dans les sols, le benzène est mobile. De par sa pression de vapeur et sa solubilité élevées, il se volatilise à partir de la surface du sol et est entraîné vers les eaux superficielles par ruissellement et vers les eaux souterraines par lixiviation.

Dans l'atmosphère, il existe sous forme gazeuse. Il est principalement dégradé en réagissant avec les radicaux hydroxyles formés par réaction photochimique.

Son hydrolyse est négligeable en raison de sa stabilité chimique.

L'ensemble des essais réalisés montre que la substance peut être considérée comme facilement biodégradable.

La substance présente un faible potentiel de bioaccumulation.

Les paramètres physico-chimiques utilisés pour la modélisation du transfert des polluants sont indiqués dans le rapport de modélisation.

1.5 Toluène - CAS 108-88-3

■ Description

Le toluène est un hydrocarbure aromatique possédant 7 atomes de carbone. Il fait partie des Composés Aromatiques Volatils (CAV), des BTEX et des hydrocarbures aromatiques $\text{C}_{>6}\text{-C}_8$.

Le toluène est présent à l'état naturel dans les huiles lourdes ou dans les condensats recueillis lors de la production de gaz naturel. La substance est présente dans l'essence automobile. Elle est utilisée pour la fabrication du benzène, comme solvant dans les peintures, les adhésifs, les encres, les produits pharmaceutiques et cosmétiques.

La concentration ubiquitaire dans l'air est de l'ordre de $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (étude ATSDR de 2000).

■ Comportement dans l'environnement

Le toluène présente une faible solubilité dans l'eau.

Il est moyennement mobile dans les sols, et peut ainsi atteindre les eaux souterraines.

Le toluène se volatilise rapidement à partir de l'eau ou du sol.

Dans l'atmosphère, le toluène se décompose principalement par réaction photochimique, ce qui entraîne la formation d'ozone. La photolyse n'est pas considérée comme une voie majeure de dégradation.

Le toluène s'est avéré être facilement biodégradable en aérobie dans des essais standards.

De façon générale, la substance présente un faible potentiel de bioaccumulation.



Les paramètres physico-chimiques utilisés pour la modélisation du transfert des polluants sont indiqués dans le rapport de modélisation.

1.6 Ethylbenzène - CAS 100-41-4

■ Description

L'éthylbenzène est un hydrocarbure aromatique possédant 8 atomes de carbone. Il fait partie des Composés Aromatiques Volatils (CAV) et BTEX et des hydrocarbures aromatiques $C_{>6}-C_8$.

La présence d'éthylbenzène dans l'environnement est d'origine anthropique. Elle provient essentiellement de l'industrie pétrochimique : carburants, production de matières plastiques, solvant pour peintures.

Il est ajouté à l'essence automobile pour son rôle anti-détonnant. Il entre également dans la composition des carburants pour l'aviation.

Aucune donnée de concentration ubiquitaire dans les sols n'est disponible.

Dans les eaux souterraines, sa concentration ubiquitaire est inférieure à 0,1 µg/l.

Dans l'air, sa concentration ubiquitaire est inférieure à 2 µg/m³.

■ Comportement dans l'environnement

Dans les sols, l'éthylbenzène est peu mobile. Il a tendance à se disperser par volatilisation dans l'atmosphère.

Dans l'air, ce composé est présent uniquement sous forme gazeuse.

Dans les eaux souterraines, l'éthylbenzène est dégradé très rapidement.

Les paramètres physico-chimiques utilisés pour la modélisation du transfert des polluants sont indiqués dans le rapport de modélisation.

1.7 Xylènes – CAS 1330-20-7

■ Description

Les xylènes regroupent le o-xylène (CAS 95-47-6), le m-xylène (CAS 108-38-3) et le p-xylène (106-42-3). Le mélange des isomères des xylènes a le numéro CAS 1330-20-7.

Ce sont des hydrocarbures aromatiques possédant 8 atomes de carbone. Ils font partie des Composés Aromatiques Volatils (CAV) et BTEX et des hydrocarbures aromatiques $C_{>6}-C_8$.

La présence de xylènes dans l'environnement est d'origine anthropique. Elle provient essentiellement de l'industrie pétrochimique : carburants, production de matières plastiques, solvant, production d'encre d'imprimeries, pesticides,...

Aucune donnée de concentration ubiquitaire dans les sols n'est disponible.



Dans les eaux souterraines, sa concentration ubiquitaire est inférieure à 0,1 µg/l (INERIS, 2005).

Dans l'air, la concentration ubiquitaire est estimée entre 1 et 2 µg/m³ (INERIS, 2005).

■ Comportement dans l'environnement

Dans les sols, les xylènes présents en surface sont volatilisés dans l'atmosphère. Dans les sols plus profonds, les xylènes auront tendance à être lixiviés.

Dans l'air, ils sont présents uniquement sous forme gazeuse.

Dans les eaux souterraines, les xylènes ne sont pas susceptibles de se fixer sur la phase particulaire.

Étant donné leur volatilité importante, les xylènes ne sont généralement pas persistants dans les eaux de surface à des concentrations très importantes.

D'une manière générale, la plus grande partie (99,68 %) des xylènes libres dans l'environnement se retrouve dans l'atmosphère.

Les isomères du xylène sont facilement dégradés dans l'atmosphère, la photooxydation étant le processus le plus important.

Les xylènes ne sont pas détruits directement par photolyse (absence de fonction absorbant les radiations supérieures à 290 nm).

L'oxydation atmosphérique des xylènes est rapide, elle a lieu par réaction avec les radicaux libres et principalement les radicaux hydroxyles.

Le m-xylène et le p-xylène sont facilement biodégradables.

Les paramètres physico-chimiques utilisés pour la modélisation du transfert des polluants sont indiqués dans le rapport de modélisation.

1.8 Dichlorométhane (chlorure de méthylène)

Il n'existe pas de source naturelle de chlorure de méthylène. L'exposition environnementale, uniquement anthropique, résulte de la fabrication et des diverses utilisations de la substance.

Les rejets dans l'environnement se répartissent de la manière suivante : environ 97,4 % dans l'atmosphère, environ 2 % dans l'eau, le reste dans les sols et les sédiments.

Dans l'eau, en raison de ses propriétés physico-chimiques, le phénomène d'adsorption à la phase particulaire n'est pas significatif.

Le chlorure de méthylène se volatilise rapidement à partir de l'eau de surface et n'est généralement pas persistant dans les eaux superficielles.

Sa mobilité est très importante. Il est entraîné vers les eaux souterraines par lixiviation.

Compte tenu de sa constante de Henry, la volatilisation du chlorure de méthylène dans les sols humides est un processus significatif.

Compte tenu de ses caractéristiques physico-chimiques, le chlorure de méthylène est uniquement sous forme vapeur lorsqu'il est présent dans l'atmosphère. Dans ce compartiment, il est principalement dégradé en réagissant avec les radicaux hydroxyles formés par réactions photochimiques. La demi-vie via ce processus de dégradation est estimée à 119 jours.



1.9 Trichloréthylène - CAS 79-01-6

■ Description

Le trichloroéthylène n'est pas présent à l'état naturel.

Il est utilisé dans l'industrie pour le dégraissage des pièces métalliques, comme solvant des graisses et des goudrons, dans l'industrie textile pour le nettoyage du coton, ou encore dans la fabrication des adhésifs, colles, peintures et pesticides.

■ Comportement dans l'environnement

Le trichloréthylène est mobile dans les sols. L'adsorption aux particules du sol est fonction de l'humidité du sol. Il s'accumule dans la partie souterraine du sol et peut passer dans l'eau souterraine.

Le trichloréthylène est soluble dans l'eau. Il se volatilise rapidement à partir de l'eau ou du sol.

Le trichloréthylène est hydrolysable. Plusieurs résultats expérimentaux sont disponibles indiquant une demi-vie supérieure à 10,7 mois. Cette substance est peu biodégradable en milieu aérobie. Des essais ont montré qu'une biodégradation est possible en anaérobiose.

Le trichloréthylène est peu bioaccumulable dans les poissons. Il est faiblement accumulable dans les plantes.

Les paramètres physico-chimiques utilisés pour la modélisation du transfert des polluants sont indiqués dans le rapport de modélisation.

1.10 Tétrachloroéthylène - CAS 127-18-4

■ Description

Le tétrachloroéthylène (C_2Cl_4) fait partie de la famille des Composés Organo-Halogénés Volatils (COHV).

Il n'est pas présent de manière naturelle dans l'environnement.

Il est utilisé principalement comme solvant dans l'industrie métallurgique (dégraissage des métaux) et comme nettoyeur à sec dans la fabrication et finition textile.

Les concentrations ubiquitaire relevées sont $< 0,3 \mu g/m^3$ dans l'air, environ $1 \mu g/l$ dans les eaux de surface.

■ Comportement dans l'environnement

Le tétrachloroéthylène a une solubilité relativement faible dans l'eau. Il est plus fluide que l'eau, donc génère des migrations plus rapides que l'eau en sous-sol. Il est plus dense que l'eau et peut s'accumuler au fond de l'aquifère.

En cas de pollution du sous-sol, une grande partie du polluant peut se volatiliser ou se retrouver dans l'air du sol.

Le tétrachloroéthylène s'adsorbe en quantité négligeable dans les sols, il est donc assez mobile dans les sols, et il gagne facilement les eaux souterraines.

Le tétrachloroéthylène contenu dans les eaux de surface se volatilise rapidement dans l'atmosphère. La volatilisation est d'autant plus rapide que le taux de mélange des eaux est fort, ce qui entraîne de fortes



variations dans les taux d'évaporation mesurés. Les demi-vies par évaporation ont été estimées à 5 - 12 jours pour des étangs, 3 heures à 7 jours en rivières et 3 - 14 jours en lacs.

Dans l'atmosphère, le tétrachloroéthylène est soumis à une photooxydation, sa persistance peut varier entre une demi-vie de deux mois et une dégradation complète en une heure.

Les produits de dégradation du tétrachloroéthylène sont le trichloroéthylène, le dichloroéthylène (principalement le cis-1,2) et le chlorure de vinyle.

En milieu aquatique, la dégradation chimique du tétrachloroéthylène est assez lente. La volatilisation est son principal processus de perte.

Il n'y a pas de biodégradation du tétrachloroéthylène en aérobie. Certaines études montrent une biodégradation en anaérobie mais celle-ci est très dépendante des conditions d'essai.

Les paramètres physico-chimiques utilisés pour la modélisation du transfert des polluants sont indiqués dans le rapport de modélisation.

1.11 1,1,1-trichloroéthane – 71-55-6

Le 1,1,1-trichloréthane pénètre facilement dans l'environnement.

Comme il séjourne longtemps dans la troposphère (environ six ans) et qu'il n'est que lentement biodégradable, on le retrouve maintenant partout dans l'environnement, même à grande distance des zones industrielles.

Le trichloréthane se déplace dans le sol et parvient jusqu'aux eaux souterraines. Ce phénomène peut être à l'origine de la contamination des réserves d'eau potable.

On estime que 15% des émissions annuelles de 1,1,1-trichloréthane sont entraînées dans la stratosphère où elles peuvent endommager la couche d'ozone par libération d'atomes de chlore.

Des essais biologiques sur des crustacés et des poissons à des concentrations supérieures à 7 mg/litre ont révélé des effets toxiques aigus.

Il semble que le composé ne s'accumulerait que faiblement chez les organismes aquatiques. En raison du caractère limité des données disponibles, il est difficile d'évaluer les effets qu'il peut avoir sur les organismes terrestres.



2. TOXICITE DES SUBSTANCES RETENUES

2.1 Hydrocarbures C5 à C40

■ Voie d'exposition et taux d'absorption

En fonction des familles de composés, les voies d'exposition prépondérantes vont être l'inhalation pour les fractions les plus volatiles (jusqu'à C₁₆) et l'ingestion pour les fractions les moins volatiles (C₁₆ à C₃₅).

■ Effets sur la santé humaine

Le potentiel de dangerosité des hydrocarbures en mélange est assez peu connu et peu d'études portent dessus. Actuellement, le principal organisme de référence est le TPHCWG (Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group) créé en 1993 aux États-Unis afin d'établir notamment des seuils de contamination des sols en hydrocarbures. D'autres organismes tels que le RIVM, le MaDEP... ont également travaillé sur les hydrocarbures totaux et ont établi des valeurs toxicologiques de référence (VTR).

■ Toxicologie

Afin d'établir des VTR communes à plusieurs substances, celles-ci ont été regroupées en fonction des dangers pour les voies d'exposition.

Pour l'exposition par inhalation, les effets répertoriés sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Les effets sans seuil ne sont pas établis pour les groupements de substances dans le cadre des travaux du TPHCWG. Ils sont à prendre en compte substance par substance.

■ Classification

Les hydrocarbures totaux étant un ensemble de substances complexes et nombreuses, il n'existe pas actuellement, à notre connaissance, de classification pour cet ensemble de substances. Cependant, il est de toute façon reconnu qu'un sol pollué par des carburants peut représenter une source de danger pour la santé humaine.

■ Valeurs Toxicologiques de Référence - Inhalation

Les composés en C₁₆ à C₃₅ et >C₃₅ se volatilisent très peu. En conséquence, il n'existe pas de VTR pour ces composés, pour une exposition par inhalation.

Les VTR ont été élaborés pour chaque groupement de substances par le TPHCWG. Elles sont présentées dans le tableau ci-dessous pour la voie d'exposition par inhalation :

Substance	VTR Inhalation (mg/m ³)	Effet critique observé / organe cible
Aromatiques C₆	0,4	Effets sur les reins et le foie
Aromatiques C_{>6-C₈}	0,4	
Aromatiques C_{>8-C₁₀}	0,2	Perte de poids
Aromatiques C_{>10-C₁₂}		
Aromatiques C_{>12-C₁₆}		
Aliphatiques C_{5-C₆}	18,4	Neurotoxicité
Aliphatiques C_{>6-C₈}		
Aliphatiques C_{>8-C₁₀}	1	Changements hépatiques et hématologiques



Aliphatiques C_{>10}-C₁₂

Aliphatiques C_{>12}-C₁₆

2.2 BTEX

Potentiel cancérigène

Tableau n°7 : Classification des BTEX / CAV

Substance	N° CAS	Classification		
		UE	CIRC	US EPA
Benzène	71-43-2	1	1	A
Toluène	108-88-3	NC	3	D
Ethylbenzène	100-41-4	NC	2B	D
Xylène	1330-20-7	NC	3	D
pseudocumène / 1,2,4-triméthylbenzène Mesitylène / 1,3,5-triméthylbenzène	95-63-6 108-67-8	NC	NC	D

NC : Non-classé (non cancérigène)

Ainsi, le Benzène est considéré comme une substance cancérigène, alors que le Toluène et les Xylènes ne sont pas considérés comme cancérigène, ou non classifiables comme tels.

Le CIRC émet un doute concernant l'Ethylbenzène, qui « pourrait être cancérigène ». Il a donc été retenu comme substance à effets sans seuils.

2.3 Benzène – CAS 71-43-2

■ Voie d'exposition et taux d'absorption

La voie d'exposition principale pour le benzène est l'inhalation. Le taux d'absorption représente 50% de la quantité inhalée. Il est rapidement distribué via le sang à l'ensemble de l'organisme. Du fait de sa grande lipophilie, les concentrations tissulaires seront plus élevées dans la moelle osseuse et dans les graisses.

Le benzène est éliminé sous une forme inchangée dans les urines (1%) et dans l'air expiré (10 à 50%) selon l'activité physique et l'importance du tissu adipeux.

■ Effets sur la santé humaine

■ Toxicologie aiguë

Des concentrations élevées de benzène inhalé entraînent des effets de somnolence, similaire à celle observée pour d'autres gaz anesthésiants, habituellement précédée d'une excitation. Cette dépression du système nerveux central peut s'accompagner de convulsions et la mort résulte d'une dépression respiratoire. L'exposition à 20 000 ppm pendant 5 à 10 minutes est létale.

Une fibrillation ventriculaire peut également survenir du fait d'une sensibilisation myocardique. Dans les formes légères d'intoxication, une excitation puis des troubles de la parole, des céphalées, des vertiges,



des insomnies, des nausées, des fourmillements dans les mains et les pieds et de la fatigue sont rapportés.

■ Toxicologie chronique

De nombreuses études ont mis en évidence des effets hématotoxiques et immunotoxiques. L'atteinte de la moelle osseuse est un des tous premiers signes de la toxicité chronique du benzène : Diminution anormale de la concentration d'hémoglobine dans le sang. ou leucémie.

Des effets sur le système immunitaire ont été décrits dans le cadre d'expositions professionnelles au benzène.

■ Classification

Le benzène est classé en catégorie 1 : substance que l'on sait être cancérogène pour l'homme par l'Union Européenne (2004), en groupe 1 : agent cancérogène pour l'homme par le CIRC (1987) et en catégorie A : substance cancérogène pour l'homme par l'US EPA (1998).

■ Valeurs Toxicologies de Référence

Les VTR choisies dans la présente étude selon la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, sont les suivantes :

Substance	N° CAS	VTR inhalation Effets à seuils (mg/m ³)	Origine de la donnée	VTR inhalation Effets sans seuils (mg/m ³) ⁻¹	Origine de la donnée
Benzène	71-43-2	0,01	ANSES 2008	0,026	ANSES 2014

2.4 Toluène - CAS 108-88-3

■ Voies d'exposition et taux d'absorption

La principale voie d'absorption du toluène est l'inhalation, l'ingestion restant un phénomène accidentel ou volontaire. Par inhalation, l'absorption est rapide, de 10 à 15 minutes après le début de l'exposition. Le taux d'absorption, d'environ 50%, est proportionnel au niveau de ventilation pulmonaire. Par voie orale, le toluène est entièrement absorbé.

Le toluène s'accumule dans les tissus adipeux, le cerveau, et dans de nombreux autres organes (sang, foie, rein, moelle osseuse). 99% du Toluène sont métabolisés sous forme d'acide benzoïque. Puis, toujours au niveau hépatique, l'acide benzoïque réagit principalement avec la glycine pour former l'acide hippurique. Parmi les métabolites formés, les crésols présentent une action toxique. D'autres métabolites mineurs en terme de quantité, le méthylhydroquinone et le méthylbenzoquinone, présentent également un potentiel toxique pouvant être à l'origine d'effets cancérogènes ou d'effets sur la reproduction.

Le toluène est éliminé principalement par voie pulmonaire, sous forme inchangée (15%) ou par voie urinaire, sous forme de métabolites (80 à 90 %).

■ Effets sur la santé humaine

De manière générale, l'organe cible pour une exposition au toluène par inhalation est le système nerveux central.

■ Toxicologie aiguë

Par inhalation, des expositions au toluène comprises entre 281 et 562 mg/m³ induisent des maux de tête, des vertiges, des muqueuses irritées et une somnolence.



Chez l'homme, les troubles sont généralement réversibles dans les quelques heures suivant l'arrêt de l'exposition.

■ Toxicologie chronique

A des concentrations élevées, des effets neurologiques sévères comportant des dysfonctionnements cérébraux, pyramidaux et cognitifs tels que tremblements, ataxie, troubles de la mémoire ainsi qu'une atrophie du cervelet sont décrits.

L'exposition professionnelle de type chronique aux solvants induit un syndrome psycho-organique. Les principaux symptômes associés sont une neurasthénie et une diminution de la réponse aux tests psychomoteurs.

Les études réalisées en milieu professionnel montrent qu'une exposition chronique à des concentrations comprises entre 115 et 500 mg/m³ induisent entre autres des atteintes neurologiques.

La seule étude épidémiologique considérée comme représentative a porté sur une cohorte de 1020 salariés de la rotogravure exposés au minium 3 mois entre 1925 et 1985 en Suède. Cette étude montre un excès de mortalité pour les cancers du tractus respiratoire, de l'estomac ou colorectaux.

Deux études montrent l'influence du toluène sur les niveaux d'hormones LH, FSH et de testostérone lors d'expositions professionnelles. Chez les salariées exposées au cours des premiers mois de grossesse, il a été montré une augmentation du risque d'avortement spontané. Les données chez l'homme et chez l'animal montrent un retard sur le développement de l'enfant.

■ Classification

Classification harmonisée CLP (règlement européen n°1272/2008) : REPR2 (H361d) – susceptible d'être toxique pour la reproduction.

Classification IARC – Groupe 3 – non classifiable comme cancérigène pour l'homme

■ Valeurs Toxicologiques de Référence

Les VTR choisies dans la présente étude selon la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, sont les suivantes :

Substance	N° CAS	VTR inhalation Effets à seuils (mg/m ³)	Origine de la donnée	VTR inhalation Effets sans seuils (mg/m ³) ⁻¹	Origine de la donnée
Toluène	108-88-3	19	ANSES 2017	nd	-

2.5 Ethylbenzène - CAS 100-41-4

■ Voie d'exposition et taux d'absorption

L'éthylbenzène est principalement absorbé par voie pulmonaire et cutanée. Le taux d'absorption par inhalation varie entre 49 et 64%.

Aucune donnée concernant l'absorption de l'éthylbenzène par voie orale n'est disponible chez l'homme. Par voie cutanée, le taux d'absorption de l'éthylbenzène sous forme de vapeurs est quasi-nulle.

La majorité de l'éthylbenzène absorbé est excrété sous forme d'acide ménélique ou phénylglyoxylique dans les urines.

Aucun effet néfaste des métabolites de l'éthylbenzène n'a été rapporté chez l'homme.



■ Effets sur la santé humaine

Les études ont montré que la répartition de l'éthylbenzène dans l'organisme est similaire chez l'homme et chez l'animal. Chez l'animal, les organes cibles de l'éthylbenzène après une exposition chronique par voie respiratoire sont le foie et les reins.

■ Toxicologie aiguë

Le principal effet des vapeurs d'éthylbenzène est l'irritation des yeux, du nez et des muqueuses à des concentrations d'environ 200 ppm. Les concentrations les plus élevées peuvent entraîner une dépression du système nerveux central et des atteintes transitoires hépatiques et rénales.

Aucune donnée concernant les effets induits par une exposition aiguë par voie orale à l'éthylbenzène n'est disponible chez l'homme.

Chez l'homme, il n'y a pas d'étude traitant de l'effet seul de l'éthylbenzène après une application cutanée.

■ Toxicologie chronique

Les études réalisées ont montré des résultats contradictoires concernant les effets systémiques induits par une exposition chronique par voie pulmonaire à l'éthylbenzène : aucun effet néfaste, augmentation du nombre de lymphocytes ou diminution du taux d'hémoglobine.

Aucune donnée concernant les effets systémiques induits par une exposition chronique par voie orale ou par voie cutanée à l'éthylbenzène n'est disponible chez l'homme.

L'OEHHA a tout de même établi une VTR liée à l'apparition de carcinome rénal chez les rats en 2007.

■ Classification

L'éthylbenzène a été examiné mais n'a pas été classé par l'Union Européenne.

L'éthylbenzène est rangé en classe 2B : l'agent pourrait être cancérigène pour l'homme par le CIRC.

L'éthylbenzène est en classe D : substance non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme par l'US EPA (1991).

■ Valeurs Toxicologies de Référence

Les VTR choisies dans la présente étude selon la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, sont les suivantes :

Substance	N° CAS	VTR inhalation Effets à seuils (mg/m ³)	Origine de la donnée	VTR inhalation Effets sans seuils (mg/m ³) ⁻¹	Origine de la donnée
Ethylbenzène	100-41-4	1,5	ANSES 2016	0,0025	OEHHA 2007

2.6 Xylènes– CAS 1330-20-7

■ Voie d'exposition et taux d'absorption

Le xylène est principalement absorbé par voie pulmonaire et cutanée. Le taux d'absorption par inhalation des différentes formes de Xylènes varie entre 62 et 64%.



Les 3 formes sont présentes dans l'organisme. Le m-xylène est capable de s'accumuler dans l'organisme.

Chez l'homme, les informations concernant la distribution des xylènes dans l'organisme sont succinctes. Néanmoins, il a été constaté la présence de xylène dans le sang d'individus exposés.

Une analyse post mortem, réalisée chez une femme ayant avalé du xylène, a révélé que le xylène se trouvait dans l'estomac, le foie, les reins, le cerveau, le myocarde, les tissus adipeux et le sang.

Les xylènes sont d'abord oxydés en acide méthylbenzoïque. Cet acide peut se conjuguer principalement avec la glycine et être excrété dans les urines sous forme d'acide méthylhippurique.

Chez l'homme, les xylènes absorbés sont principalement excrétés sous forme de leurs métabolites dans les urines.

■ Effets sur la santé humaine

De manière générale, les organes cibles pour une exposition aux xylènes par inhalation sont le système nerveux central, le foie, le sang et les poumons.

■ Toxicologie aiguë

L'exposition aiguë à des vapeurs de xylène par inhalation peut entraîner la mort, et à des concentrations moindres, de la tachycardie, une irritation du nez et de la gorge, la perte de mémoire et un déséquilibre.

L'ingestion de Xylène provoque la mort ou un coma.

L'exposition par voie cutanée peut entraîner des irritations des yeux et de la peau.

■ Toxicologie chronique

Plusieurs études épidémiologiques ont été réalisées dans le milieu professionnel. Cependant, la spécificité des xylènes sur la survenue des symptômes était difficile à mettre en évidence.

De nombreuses études ont montré que l'exposition des salariés était associée à une respiration difficile et une altération des fonctions pulmonaires. Des effets tels que des irritations nasales, de la gorge, mais aussi des effets neurologiques ont été recensés.

Des études en milieu professionnel ont analysé la possible relation entre l'inhalation de xylène et la survenue de leucémies, mais aucune conclusion n'a pu aboutir.

Les xylènes pourraient être liés à des taux d'avortement plus importants en milieu professionnel.

■ Classification

Les xylènes sont non classés cancérigènes par l'Union Européenne (1998).

Les xylènes sont classés en groupe 3 : l'agent ne peut être classé pour sa cancérogénicité pour l'homme par le CIRC (1999).

Les xylènes sont en classe D : substance non classifiable quant à sa cancérogénicité pour l'homme par l'US EPA (1999).



2.7 Naphtalène – 91-20-3

■ Voie d'exposition et taux d'absorption

Chez l'homme, l'absorption du naphtalène, par inhalation notamment, a très peu été étudiée.

■ Effets sur la santé humaine

La toxicité du naphtalène dépend du taux de glutathion réduit capable de se conjuguer avec les métabolites du naphtalène. Le glutathion oxydé est réduit par la glutathion réductase, une enzyme qui nécessite comme co-facteur le NADPH. La principale source de NADPH dans les globules rouges est l'enzyme glucose-6-phosphate déshydrogénase (G6PD). Les personnes déficientes en G6PD et les nouveau-nés dont le foie a un fonctionnement encore insuffisant sont plus sensibles à l'action du naphtalène.

■ Toxicologie aiguë

Des cas d'ingestion de boules antimites, contenant du naphtalène, et ayant entraîné la mort, ont été rapportés. L'exposition par voie orale aurait des effets respiratoires et hépatiques.

■ Toxicologie chronique

Les études sont peu nombreuses. L'exposition au naphtalène est responsable d'anémies hémolytiques.

■ Classification

Substance	Classification			
	CLP	CIRC	US EPA	Commentaire
Naphtalène	Carc. 2. H351	2B	C	Possiblement cancérigène

Le naphtalène est donc considéré comme possiblement cancérigène pour l'homme.

2.8 Trichloréthylène - CAS 79-01-6

■ Voie d'exposition et taux d'absorption

La voie respiratoire est la voie d'absorption principale du TCE. L'absorption pulmonaire est rapide et le taux d'absorption est proportionnel à la concentration, la durée d'exposition et la fréquence respiratoire. Chez l'homme, plusieurs études ont montré que 37 à 64 % du trichloréthylène inhalé était mobilisé, le reste étant éliminé par l'expiration (Astrand et Ovrum, 1976 ; Bantonicek, 1962 ; Monster et al. 1976).

Après passage dans le sang, le trichloréthylène se répartit dans tout l'organisme, particulièrement au niveau du foie et des graisses. Il est également capable de passer la barrière placentaire.

■ Effets sur la santé humaine

■ Toxicité aiguë

Dans le cas d'expositions aiguës, le trichloréthylène inhalé a pour organe cible privilégié le système nerveux central (SNC). L'inhalation de fortes quantités induit une phase d'excitation (euphorie, ébriété) suivie d'une dépression du SNC, caractérisée par une hypotonie musculaire, une perte des réflexes et de la coordination motrice, pouvant aller jusqu'au coma. Des cas de décès ont été rapportés chez l'homme après inhalation de vapeurs de trichloréthylène (Kleinfeld et Tabershaw, 1954).

■ Toxicité chronique

D'une manière générale, le trichloréthylène a des effets sur le système nerveux central, puis sur le rein, le foie, le cœur, le système immunitaire et la peau.

- Effets à seuil



Plusieurs études menées sur des travailleurs exposés au trichloréthylène ont montré des symptômes tels que céphalées, léthargie, somnolence, vertiges, nausées et vomissements, pour des concentrations allant de 270 à 540 mg/m³.

Pour des concentrations dans l'air importantes, une sécheresse de la gorge et une irritation oculaire ont été notées (Stewart et al., 1970). Une intolérance à l'alcool, caractérisée par une rougeur transitoire affectant le visage et le cou a été également fréquemment constatée (Szulc-Kuberska, 1972).

D'autres effets, comme des altérations légères de la fonction hépatique, des arythmies ventriculaires ou des lésions cutanées (irritation, érythème) ont également été parfois observés.

- Effets sans seuil

Chez l'homme, les différentes études épidémiologiques réalisées n'ont pas permis d'établir clairement un lien entre exposition par inhalation au trichloréthylène et cancer (difficulté de suivi des cohortes présence d'autres solvants,...). Il semblerait néanmoins que le risque de cancer du col de l'utérus chez les femmes, du foie et de la prostate chez les hommes soit accru pour les personnes exposées professionnellement au trichloréthylène pendant une période supérieure à vingt ans.

Chez l'animal le lien entre cancer et exposition au trichloréthylène par inhalation est bien établi : présence de lymphomes, tumeurs des testicules ou sur le rein,...

- Classification

Classification CLP (règlement européen n° 1272/2008) :

- CARC 1B (H350) : potentiel cancérigène pour l'être humain est supposé
- MUTA 2 (H341) : susceptible d'être mutagène pour l'Homme

Classement IARC : 1 - cancérigène pour l'homme (2014)

Classement USEPA : cancérigène (2011)

- Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)

Les VTR choisies dans la présente étude selon la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, sont les suivantes :

Substance	N° CAS	VTR inhalation Effets à seuils (mg/m ³)	Organe cible	Origine de la donnée	VTR inhalation Effets sans seuils (mg/m ³) ⁻¹	Organe cible	Origine de la donnée
Trichloroéthylène	79-01-6	3,2	Rein	ANSES 2018	0,001	Rein	ANSES 2018

2.9 Tétrachloréthylène - CAS 127-18-4

- Voie d'exposition et taux d'absorption

La pénétration du tétrachloroéthylène dans l'organisme se fait principalement par voie pulmonaire, et dans une moindre mesure par voie orale et cutanée. La rétention alvéolaire est estimée à environ 60%, mais le taux de rétention pulmonaire n'a pas été déterminé chez l'homme. L'absorption pulmonaire est rapide, et le passage au niveau sanguin se fait rapidement. La voie principale de dégradation du tétrachloroéthylène fait intervenir les cytochromes P450, et conduit à l'acide trichloroacétique.

Par inhalation, les organes cibles principaux sont le système nerveux central, le foie et le rein.



■ Effets sur la santé humaine

■ Toxicologie aiguë

En cas d'inhalation de fortes concentrations, le tétrachloroéthylène possède des propriétés anesthésiques pouvant s'accompagner de troubles du rythme cardiaque, voire de perte de conscience, narcose ou coma. Un cas de décès suite à l'inhalation de vapeurs de tétrachloroéthylène, causant une dépression du système nerveux central, a été rapporté.

Des effets transitoires sur le système hépatique ont également été notés.

Par voie orale, le tétrachloroéthylène a été très utilisé pour lutter contre les vers intestinaux. Ceci suggère une absence de toxicité marquée à faible dose.

Le contact cutané peut provoquer des érythèmes, voire des œdèmes qui régressent spontanément.

■ Toxicologie chronique

• Effets à seuil

Chez des travailleurs exposés durant 2 à 8 h par semaine à des concentrations très élevées de tétrachloroéthylène (230 – 385 ppm), des effets neurologiques ont été notés : maux de tête, nausées, vertiges, sensations d'ébriété et fatigue.

De nombreuses études épidémiologiques ont été menées sur des travailleurs exposés de façon répétée aux vapeurs de tétrachloroéthylène. Par ailleurs, des études récentes ont été menées pour une exposition environnementale, à proximité d'entreprises de nettoyage à sec. Elles ont montré des effets sur le système nerveux central.

• Effets sans seuil

De nombreuses études montrent une association entre cancers (système hématopoïétique, foie, vessie, poumon) et l'exposition par inhalation au tétrachloroéthylène mais les excès de risques restent faibles, les populations restreintes, les biais possibles et la causalité n'est pas établie.

Le tétrachloroéthylène n'est pas classé génotoxique par l'Union Européenne du fait de résultats positifs uniquement dans des tests non utilisés habituellement.

Chez l'homme, les rares données disponibles ne mettent pas en évidence d'effet sur la reproduction.

■ Classification

- Classification CLP (règlement européen n° 1272/2008) :
- CARC 2 (H351) : substance supposée être cancérogène

Classement IARC : 2A - cancérogène probable pour l'homme (2014)

Classement USEPA : susceptible d'être cancérigène (2012)

■ Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)

Les VTR choisies dans la présente étude selon la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014, sont les suivantes :

Substance	N° CAS	VTR inhalation Effets à seuils (mg/m ³)	Organe cible	Origine de la donnée	VTR inhalation Effets sans seuils (mg/m ³) ⁻¹	Organe cible	Origin e de la
-----------	--------	---	-----------------	-------------------------	---	-----------------	----------------------



					donné e
Tétrachloro-éthylène	127-18-4	0,4	Système neurologique ANSES 2018	0,00026	Système sanguin ANSES 2018

2.10 1,1,1-TRICHLOROETHANE

Ce composé est bien absorbé par voie pulmonaire et orale, plus faiblement à travers la peau saine. Il est peu métabolisé par l'organisme (6%).

■ Toxicologie aiguë

L'exposition au 1,1,1-trichloroéthane par inhalation entraîne des troubles de conscience variables (somnolence, ébriété, coma), des nausées et à forte doses des troubles cardiaques parfois mortels.

Par ingestion, des douleurs digestives, nausées et vomissements ont été notés.

■ Toxicologie chronique

L'exposition aux vapeurs de 1,1,1-trichloroéthane entraîne à long terme des irritations cutanée, oculaire et respiratoire.

Le 1,1,1-trichloroéthane est bien absorbé par voies orale et pulmonaire. Il est peu métabolisé par l'organisme. Chez l'animal, 98 % du produit absorbé se retrouve dans l'air expiré. Chez l'homme, un faible pourcentage est métabolisé.

L'exposition chronique aux vapeurs de 1,1,1-trichloroéthane est à l'origine d'irritations cutanées, oculaires et respiratoires.

2.11 Dichlorométhane (chlorure de méthylène)

Il n'existe pas de source naturelle de chlorure de méthylène. L'exposition environnementale, uniquement anthropique, résulte de la fabrication et des diverses utilisations de la substance.

Les rejets dans l'environnement se répartissent de la manière suivante : environ 97,4 % dans l'atmosphère, environ 2 % dans l'eau, le reste dans les sols et les sédiments.

Dans l'eau, en raison de ses propriétés physico-chimiques, le phénomène d'adsorption à la phase particulaire n'est pas significatif.

Le chlorure de méthylène se volatilise rapidement à partir de l'eau de surface et n'est généralement pas persistant dans les eaux superficielles.

Sa mobilité est très importante. Il est entraîné vers les eaux souterraines par lixiviation.

Compte tenu de sa constante de Henry, la volatilisation du chlorure de méthylène dans les sols humides est un processus significatif.

Compte tenu de ses caractéristiques physico-chimiques, le chlorure de méthylène est uniquement sous forme vapeur lorsqu'il est présent dans l'atmosphère. Dans ce compartiment, il est principalement



dégradé en réagissant avec les radicaux hydroxyles formés par réactions photochimiques. La demi-vie via ce processus de dégradation est estimée à 119 jours.

■ Toxicité chronique

➤ Toxicité systémique

En milieu industriel, l'exposition à des concentrations de l'ordre de 2600 mg/m³ (1000 ppm) qui n'étaient pas rares avant 1974 pendant des périodes d'un mois à plusieurs années était à l'origine d'un syndrome pathologique particulier observé chez des ouvriers travaillant sur le chlorure de vinyle et appelé maladie du chlorure de vinyle.

Les symptômes évoqués consistaient en des douleurs articulaires et des céphalées, étourdissements, troubles visuels, fatigue et perte d'appétit, nausées, insomnies, essoufflements, douleurs abdominales, douleurs et picotements dans les membres, sensation de froid aux extrémités, diminution de la libido et perte de poids.

Par ailleurs, une hypertrophie du foie et de la rate et des troubles respiratoires sont notés ainsi que des troubles neurologiques comprenant une polyneuropathie sensorielle et motrice et des troubles psychiatriques tels des syndromes neurasthéniques et dépressifs.

➤ Potentiel cancérigène

Le chlorure de vinyle est classé en catégorie 1 : substance que l'on sait être cancérigène pour l'homme par l'Union Européenne (1993), en groupe 1 : agent cancérigène pour l'homme par le CIRC (1987) et en catégorie A : substance cancérigène pour l'homme par l'US EPA (1993).



Annexe 3 : Rapport de Modélisation Modul'ERS – Scénario de base

Limay_Sc Base



Report generated: Mon Nov 15 14:40:43 CET 2021

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
- 4 Simulation settings
- 5 Results

1. Project properties

Project name	Limay_Sc Base
Author	X
Description	Modele_base : version 2.0.1

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
Benzene	Yes
Ethylbenzene	Yes
Tetrachloroethylene (PCE)	Yes
Toluene	Yes
TPH Aliphatic C6 8	Yes
TPH Aromatic C7 8	Yes
TPH Aromatic C8 10	Yes
TPH Aromatic C10 12	Yes
TPH Aromatic C12 16	Yes
Trichloroethane (1'1'1)	Yes
Trichloroethylene (TCE)	Yes
Xylenes (total)	Yes
Dichloromethane	Yes

3. Model description

Interaction Matrix

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

3.1. Constantes Reglages

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

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
type_Polluant	type Polluant	
Description		
Indiquer s'il s'agit d'un polluant organique ou inorganique		
Materials	Value	Predefined value
Benzene	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Ethylbenzene	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Tetrachloroethylene_(PCE)	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Toluene	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aliphatic_C6_8	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C7_8	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C8_10	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C10_12	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C12_16	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Trichloroethane_(1'1'1')	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Trichloroethylene_(TCE)	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Xylenes_(total)	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Dichloromethane	organique	Constantes_Reglages.non_defini

Parameter changes

Scalar parameters

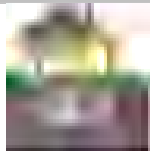
Full Name				Symbol	Unit
Age de l'individu au début de l'exposition				Age _{individu,debut,expo}	year
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes)					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
18.0	0.0			unid(0,18)	

Full Name				Symbol	Unit
Durée d'exposition de l'individu				Duree _{expo,individu}	year
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes).Durée d'exposition de l'individu à ou aux source(s) de contamination du site.					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
43.0	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	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Conc gaz air interieur J E	
Description	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>La concentration de la source est définie comme une constante .</p> <p><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></p> <p>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 . 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 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></p> <p>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").</p> <p>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> .</p> <p>* <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.</p> <p>*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.</p> <p>- 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 $J \times t \times X_{\text{Surface_batiment}} = Q$ (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</p>	

(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 (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).

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 (Cag_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 (Cag_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
inorganique	inorganique	Constantes Reglages
type Polluant	type Polluant	Constantes Reglages
organique	organique	Constantes Reglages
Object	Output	Sub-system
Cinh fraction,expo,vie,entiere	Cinh fraction,expo,vie,entiere	Niveaux Exposition Risque
Cinh fraction expo classe age moy an	Cinh fraction,expo,classe,age,moy,an	Niveaux Exposition Risque

General variable changes

Vector general variables

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
Benzene	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Ethylbenzene	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Tetrachloroethylene_(PCE)	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Toluene	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aliphatic_C6_8	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C7_8	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C8_10	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C10_12	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C12_16	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Trichloroethane_(1'1'1)	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Trichloroethylene_(TCE)	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Xylenes_(total)	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Dichloromethane	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
Benzene	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Ethylbenzene	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Tetrachloroethylene_(PCE)	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Toluene	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aliphatic_C6_8	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C7_8	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C8_10	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C10_12	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C12_16	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Trichloroethane_(1'1'1)	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Trichloroethylene_(TCE)	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Xylenes_(total)	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini

Parameter changes

Scalar parameters

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

Full Name				Symbol	Unit
Hauteur du bâtiment				HBat	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
3.0	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
50.0	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
50.0	0.0				

Full Name				Symbol	Unit
Perméabilité intrinsèque de la couche 2				ka,2	m ²
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Sert au calcul du flux d'air du sol entrant dans le bâtiment (Qsol).					

Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment : utiliser alors la perméabilité de la couche polluée

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
1.0E-11	0.0	1.0E-16	1.0E-10		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 10^{-13} à 10^{-10} ; Sols limoneux : 10^{-13} à 10^{-11} ; Sols argileux : 10^{-16} à 10^{-12}					

Full Name				Symbol	Unit
Porosite de la couche de sol 2				n2	unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment : utiliser alors la même porosité que celle de la couche polluée					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.375	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

Full Name				Symbol	Unit
Porosité de la couche de sol pollué				Porosite couche,source	unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et s'il s'agit d'une source sol (definition Cas_source_sol=valeur_calculée_sol ou definition Cas_source_sol=valeur_entree_sol)					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.375	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

Full Name				Symbol	Unit
Profondeur de la surface inférieure de la dalle par rapport à la surface du sol				Profondeur dalle	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. La valeur doit être strictement supérieure à 0 et dans le cas d'une source sol et pour un calcul prenant en compte une source finie, la valeur de ce paramètre doit être inférieure ou égale à celle de l'épaisseur de la dalle (Epaisseur_dalle).					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.15	0.12				

Full Name				Symbol	Unit
Rayon de fissure				Rayon fissure	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.0010	0.0	5.0E-4	0.0050		

Full Name				Symbol	Unit
Taux de renouvellement d'air dans la zone du bâtiment où a lieu l'émission				t_{ra}	s^{-1}
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
2.78E-4	1.4E-4	2.8E-5	4.2E-4		
Comment					
Valeur par défaut correspondant à $t_{ra}=0,5 \text{ h}^{-1}$					

Vector parameters

Full Name				Symbol	Unit	
Coefficient de diffusion dans l'air				Da	m ² s ⁻¹	
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	8.799999999999999E-6	NaN				
Ethylbenzene	7.499999999999999E-6	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	7.2E-6	NaN				
Toluene	8.7E-6	NaN				
TPH_Aliphatic_C6_8	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C7_8	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C8_10	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C10_12	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C12_16	1.0E-5	NaN				
Trichloroethane_(1'1'1)	7.8E-6	NaN				
Trichloroethylene_(TCE)	7.9E-6	NaN				
Xylenes_(total)	8.5E-6	NaN				
Dichloromethane	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
Benzene	9.8E-10	NaN				
Ethylbenzene	7.8E-10	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	8.2E-10	NaN				
Toluene	8.6E-10	NaN				
TPH_Aliphatic_C6_8	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C7_8	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C8_10	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C10_12	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C12_16	1.0E-9	NaN				
Trichloroethane_(1'1'1)	8.800000000000001E-10	NaN				

Trichloroethylene_(TCE)	9.1E-10	NaN
Xylenes_(total)	9.9E-10	NaN
Dichloromethane	6.4E-10	NaN

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

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et si definition_Cas_source==valeur_entree_sol ou valeur_entree_nappe

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	0.01356	NaN				
Ethylbenzene	0.06444	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	0.051111	NaN				
Toluene	0.48889	NaN				
TPH_Aliphatic_C6_8	0.2444	NaN				
TPH_Aromatic_C7_8	0.4889	NaN				
TPH_Aromatic_C8_10	0.6222	NaN				
TPH_Aromatic_C10_12	0.2222	NaN				
TPH_Aromatic_C12_16	0.2222	NaN				
Trichloroethane_(1'1'1)	0.003111	NaN				
Trichloroethylene_(TCE)	0.005556	NaN				
Xylenes_(total)	0.33333	NaN				
Dichloromethane	0.01111	NaN				

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

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Mettre à 0 pour les substances inorganiques (hors mercure)

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	565.20288	-1.0				
Ethylbenzene	800.70408000000001	-1.0				
Tetrachloroethylene_(PCE)	1869.13584000000001	-1.0				
Toluene	674.27712000000001	-1.0				
TPH_Aliphatic_C6_8	126426.96	-1.0				
TPH_Aromatic_C7_8	669.3192	-1.0				
TPH_Aromatic_C8_10	1214.6904	-1.0				
TPH_Aromatic_C10_12	347.054400000000004	-1.0				
TPH_Aromatic_C12_16	133.86384	-1.0				
Trichloroethane_(1'1'1)	1747.6668	-1.0				
Trichloroethylene_(TCE)	1046.12112	-1.0				
Xylenes_(total)	520.5816	-1.0				

Dichloromethane	257.0	-1.0
-----------------	-------	------

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

Description

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

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	0.65	0.0				
Ethylbenzene	0.65	0.0				
Tetrachloroethylene_(PCE)	0.65	0.0				
Toluene	0.65	0.0				
TPH_Aliphatic_C6_8	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C7_8	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C8_10	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C10_12	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C12_16	0.65	0.0				
Trichloroethane_(1'1'1)	0.65	0.0				
Trichloroethylene_(TCE)	0.65	0.0				
Xylenes_(total)	0.65	0.0				
Dichloromethane	0.65	0.0				

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

Description

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

Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	0.21	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	

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	0.05	

3.3. Niveaux Exposition Risque

Niveaux Exposition Risque		Sub-system
Id	Niveaux_Exposition_Risque	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Niveaux Exposition Risque	
Description	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>La classe d'âge ayant les niveaux de risque non cancérigènes les plus élevés est mise en évidence (Max_Age_QD_).</p> <p>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 et le profil d'individus définis ou bien connecter ces données à partir des modules adhoc (modules "Sol", "Vegetaux", "Animaux_aquatiques"...).</p> <p>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 la fréquence d'exposition (Cinh_fraction_expo_vie_entiere) sera définie ou connectée aux données des modules adhoc.</p> <p>Attention : Les VTR (Valeurs de Référence Toxicologiques) et les organes cibles de chaque substance ne sont pas renseignés par défaut.</p>	
Object	Input	
Cinh fraction,expo,classe,age,moy,an	Cinh fraction expo classe age moy an	Conc gaz air interieur J E
Cinh fraction,expo,vie,entiere	Cinh fraction,expo,vie,entiere	Conc gaz air interieur J E

Parameter changes

Vector parameters

Full Name	Symbol	Unit				
VTR à seuil par voie respiratoire	VTR _{seuil,inh}	mg m ⁻³				
Description						
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets à seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	0.01	NaN				

Ethylbenzene	1.5	NaN
Tetrachloroethylene_(PCE)	0.4	NaN
Toluene	19.0	NaN
TPH_Aliphatic_C6_8	18.4	NaN
TPH_Aromatic_C7_8	0.4	NaN
TPH_Aromatic_C8_10	0.2	NaN
TPH_Aromatic_C10_12	0.2	NaN
TPH_Aromatic_C12_16	0.2	NaN
Trichloroethane_(1'1'1)	1.0	NaN
Trichloroethylene_(TCE)	3.2	NaN
Xylenes_(total)	0.1	NaN
Dichloromethane	0.6	NaN

Full Name	Symbol	Unit
VTR sans seuil par voie respiratoire	VTRinh,ss	mg ⁻¹ m ³

Description

Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets sans seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	0.026	NaN				
Ethylbenzene	0.0025	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	2.6E-4	NaN				
Toluene	NaN					
TPH_Aliphatic_C6_8	NaN					
TPH_Aromatic_C7_8	NaN					
TPH_Aromatic_C8_10	NaN					
TPH_Aromatic_C10_12	NaN					
TPH_Aromatic_C12_16	NaN					
Trichloroethane_(1'1'1)	NaN					
Trichloroethylene_(TCE)	0.0010	NaN				
Xylenes_(total)	NaN					
Dichloromethane	0.0010	NaN				

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

Concentrations calculées dans l'air intérieur

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Benzene]
1	2,92E-6

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Dichloromethane]
1	2,41E-6

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Ethylbenzene]
1	1,37E-5

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aliphatic C6 8]
1	5,31E-5

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C10 12]
1	4,82E-5

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C12 16]
1	4,82E-5

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C7 8]
1	1,06E-4

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C8 10]
1	1,35E-4

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Tetrachloroethylene (PCE)]
1	1,08E-5

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Toluene]
1	1,05E-4

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Trichloroethane (1'1'1)]
1	6,62E-7

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Trichloroethylene (TCE)]
1	1,18E-6

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Xylenes (total)]
1	7,15E-5

ERI

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Benzene]
1	9,77E-9

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Dichloromethane]
1	3,11E-10

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Ethylbenzene]
1	4,40E-9

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aliphatic C6 8]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C10 12]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C12 16]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C7 8]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C8 10]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Tetrachloroethylene (PCE)]
1	3,62E-10

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Toluene]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Trichloroethane (1'1'1)]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Trichloroethylene (TCE)]
1	1,53E-10

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Xylenes (total)]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.Somme ERI inh
1	1,50E-8

QD

Iteration	Niveaux Exposition Risque.Max Age QD inh
1	5,21E-4

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Benzene] [classe 1]
1	6,12E-5

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Dichloromethane] [classe 1]
1	8,44E-7

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Ethylbenzene] [classe 1]
1	1,91E-6

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aliphatic C6 8] [classe 1]
1	6,06E-7

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C10 12] [classe 1]
1	5,06E-5

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C12 16] [classe 1]
1	5,06E-5

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C7 8] [classe 1]
1	5,57E-5

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C8 10] [classe 1]
1	1,42E-4

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Tetrachloroethylene (PCE)] [classe 1]
1	5,67E-6

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Toluene] [classe 1]
1	1,16E-6

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroethane (1'1'1)] [classe 1]
1	1,39E-7

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroethylene (TCE)] [classe 1]
1	7,77E-8

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Xylenes (total)] [classe 1]
1	1,50E-4

Annexe 4 : Rapports de modélisation Modul'ERS – Calculs d'incertitudes

Limay_Incertitude Conc AA



Report generated: Mon Nov 15 16:01:16 CET 2021

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
- 4 Simulation settings
- 5 Results

1. Project properties

Project name	Limay_Incertitude Conc AA
Author	X
Description	Modele_base : version 2.0.1

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
Benzene	Yes
Dichloromethane	Yes
Ethylbenzene	Yes
Tetrachloroethylene (PCE)	Yes
Toluene	Yes
TPH Aliphatic C6 8	Yes
TPH Aromatic C10 12	Yes
TPH Aromatic C12 16	Yes
TPH Aromatic C7 8	Yes
TPH Aromatic C8 10	Yes
Trichloroethane (1'1'1)	Yes
Trichloroethylene (TCE)	Yes
Xylenes (total)	Yes

3. Model description

Interaction Matrix

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

3.1. Constantes Reglages

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

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
type_Polluant	type Polluant	
Description		
Indiquer s'il s'agit d'un polluant organique ou inorganique		
Materials	Value	Predefined value
Benzene	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Dichloromethane	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Ethylbenzene	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Tetrachloroethylene_(PCE)	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Toluene	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aliphatic_C6_8	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C10_12	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C12_16	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C7_8	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C8_10	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Trichloroethane_(1'1'1')	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Trichloroethylene_(TCE)	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Xylenes_(total)	organique	Constantes_Reglages.non_defini

Parameter changes

Scalar parameters

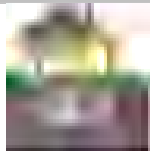
Full Name				Symbol	Unit
Age de l'individu au début de l'exposition				Age _{individu,debut,expo}	year
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes)					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
18.0	0.0			unid(0,18)	

Full Name				Symbol	Unit
Durée d'exposition de l'individu				Duree _{expo,individu}	year
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes).Durée d'exposition de l'individu à ou aux source(s) de contamination du site.					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
43.0	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	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Conc gaz air interieur J E	
Description	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>La concentration de la source est définie comme une constante .</p> <p><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></p> <p>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 . 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 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></p> <p>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").</p> <p>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> .</p> <p>* <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.</p> <p>*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.</p> <p>- 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 $J \times t \times X_{\text{Surface_batiment}} = Q$ (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</p>	

(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 (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).

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 (Cag_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 (Cag_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
inorganique	inorganique	Constantes Reglages
type Polluant	type Polluant	Constantes Reglages
organique	organique	Constantes Reglages
Object	Output	Sub-system
Cinh fraction,expo,vie,entiere	Cinh fraction,expo,vie,entiere	Niveaux Exposition Risque
Cinh fraction expo classe age moy an	Cinh fraction,expo,classe,age,moy,an	Niveaux Exposition Risque

General variable changes

Vector general variables

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
Benzene	valeur_entree	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Dichloromethane	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Ethylbenzene	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Tetrachloroethylene_(PCE)	valeur_entree	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Toluene	valeur_entree	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aliphatic_C6_8	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C10_12	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C12_16	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C7_8	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C8_10	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Trichloroethane_(1'1'1)	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Trichloroethylene_(TCE)	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Xylenes_(total)	valeur_entree	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
Benzene	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Dichloromethane	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Ethylbenzene	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Tetrachloroethylene_(PCE)	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Toluene	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aliphatic_C6_8	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C10_12	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C12_16	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C7_8	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C8_10	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Trichloroethane_(1'1'1)	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Trichloroethylene_(TCE)	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini

Parameter changes

Scalar parameters

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

Full Name				Symbol	Unit
Hauteur du bâtiment				HBat	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
3.0	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
50.0	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
50.0	0.0				

Full Name				Symbol	Unit
Perméabilité intrinsèque de la couche 2				ka,2	m ²
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Sert au calcul du flux d'air du sol entrant dans le bâtiment (Qsol).					

Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment : utiliser alors la perméabilité de la couche polluée

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
1.0E-11	0.0	1.0E-16	1.0E-10		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 10^{-13} à 10^{-10} ; Sols limoneux : 10^{-13} à 10^{-11} ; Sols argileux : 10^{-16} à 10^{-12}					

Full Name				Symbol	Unit
Porosite de la couche de sol 2				n2	unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment : utiliser alors la même porosité que celle de la couche polluée					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.375	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

Full Name				Symbol	Unit
Porosité de la couche de sol pollué				Porosite couche,source	unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et s'il s'agit d'une source sol (definition Cas_source_sol=valeur_calculée_sol ou definition Cas_source_sol=valeur_entree_sol)					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.375	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

Full Name				Symbol	Unit
Profondeur de la surface inférieure de la dalle par rapport à la surface du sol				Profondeur dalle	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. La valeur doit être strictement supérieure à 0 et dans le cas d'une source sol et pour un calcul prenant en compte une source finie, la valeur de ce paramètre doit être inférieure ou égale à celle de l'épaisseur de la dalle (Epaisseur_dalle).					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.15	0.12				

Full Name				Symbol	Unit
Rayon de fissure				Rayon fissure	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.0010	0.0	5.0E-4	0.0050		

Full Name				Symbol	Unit
Taux de renouvellement d'air dans la zone du bâtiment où a lieu l'émission				t_{ra}	s^{-1}
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
2.78E-4	1.4E-4	2.8E-5	4.2E-4		
Comment					
Valeur par défaut correspondant à $t_{ra}=0,5 \text{ h}^{-1}$					

Vector parameters

Full Name				Symbol	Unit	
Coefficient de diffusion dans l'air				Da	m ² s ⁻¹	
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	8.799999999999999E-6	NaN				
Dichloromethane	1.0E-5	NaN				
Ethylbenzene	7.499999999999999E-6	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	7.2E-6	NaN				
Toluene	8.7E-6	NaN				
TPH_Aliphatic_C6_8	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C10_12	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C12_16	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C7_8	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C8_10	1.0E-5	NaN				
Trichloroethane_(1'1'1)	7.8E-6	NaN				
Trichloroethylene_(TCE)	7.9E-6	NaN				
Xylenes_(total)	8.5E-6	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
Benzene	9.8E-10	NaN				
Dichloromethane	6.4E-10	NaN				
Ethylbenzene	7.8E-10	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	8.2E-10	NaN				
Toluene	8.6E-10	NaN				
TPH_Aliphatic_C6_8	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C10_12	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C12_16	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C7_8	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C8_10	1.0E-9	NaN				

Trichloroethane_(1'1'1)	8.8000000000000001E-10	NaN
Trichloroethylene_(TCE)	9.1E-10	NaN
Xylenes_(total)	9.9E-10	NaN

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

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et si definition_Cas_source==valeur_entree_sol ou valeur_entree_nappe

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	NaN	NaN				
Dichloromethane	0.01111	NaN				
Ethylbenzene	0.06444	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	NaN	NaN				
Toluene	NaN	NaN				
TPH_Aliphatic_C6_8	0.2444	NaN				
TPH_Aromatic_C10_12	0.2222	NaN				
TPH_Aromatic_C12_16	0.2222	NaN				
TPH_Aromatic_C7_8	0.4889	NaN				
TPH_Aromatic_C8_10	0.6222	NaN				
Trichloroethane_(1'1'1)	0.003111	NaN				
Trichloroethylene_(TCE)	0.005556	NaN				
Xylenes_(total)	NaN	NaN				

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

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Mettre à 0 pour les substances inorganiques (hors mercure)

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	565.20288	-1.0				
Dichloromethane	257.0	-1.0				
Ethylbenzene	800.70408000000001	-1.0				
Tetrachloroethylene_(PCE)	1869.13584000000001	-1.0				
Toluene	674.27712000000001	-1.0				
TPH_Aliphatic_C6_8	126426.96	-1.0				
TPH_Aromatic_C10_12	347.054400000000004	-1.0				
TPH_Aromatic_C12_16	133.86384	-1.0				
TPH_Aromatic_C7_8	669.3192	-1.0				
TPH_Aromatic_C8_10	1214.6904	-1.0				
Trichloroethane_(1'1'1)	1747.6668	-1.0				
Trichloroethylene_(TCE)	1046.12112	-1.0				

Xylenes_(total)	520.5816	-1.0
-----------------	----------	------

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

Description

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

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	0.65	0.0				
Dichloromethane	0.65	0.0				
Ethylbenzene	0.65	0.0				
Tetrachloroethylene_(PCE)	0.65	0.0				
Toluene	0.65	0.0				
TPH_Aliphatic_C6_8	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C10_12	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C12_16	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C7_8	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C8_10	0.65	0.0				
Trichloroethane_(1'1'1)	0.65	0.0				
Trichloroethylene_(TCE)	0.65	0.0				
Xylenes_(total)	0.65	0.0				

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

Description

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

Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	0.21	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	

Lookup table changes

Scalar lookup tables


Full Name	Symbol	Unit
Teneur en eau de la couche de sol 2	Θ_{couche2}	unitless
Description		
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment : utiliser alors la même teneur en eau que celle de la couche polluée		
Cyclic option		
No		
Interpolation		
Interpolation-Use End Values		
Time	Values	
Predefined	0.0:0.0	
0.0	0.05	

Vector lookup tables

Full Name	Symbol	Unit
Concentration de polluant sous forme gazeuse dans le bâtiment, où a lieu l'émission	$C_{\text{ag},i,\text{Bat},E}$	mg m ⁻³
Description		
Concentration dans les pièces de vie s'il s'agit d'un bâtiment sur dalle ou dans le sous-sol dans les autres cas valeur définie par l'utilisateur. A définir si definition_Cinh=valeur_entree. Il peut s'agir de la concentration gazeuse attribuable au site ou de la concentration gazeuse incluant le bruit de fond selon les besoins de l'évaluation.		
Cyclic option		
No		
Interpolation		
Interpolation-Use End Values		
Time	Benzene	Time
Predefined	0.0:NaN	Predefined
0.0	5.0E-4	0.0
Time	Dichloromethane	Time
Predefined	0.0:NaN	Predefined
0.0	5.0E-4	0.0
Time	Ethylbenzene	Time
Predefined	0.0:NaN	Predefined
0.0	5.4E-4	0.0
Time	Tetrachloroethylene_(PCE)	Time
Predefined	0.0:NaN	Predefined
0.0	5.4E-4	0.0
Time	TPH_Aliphatic_C6_8	Time
Predefined	0.0:NaN	Predefined
0.0	0.00142	0.0
Time	TPH_Aromatic_C10_12	Time
Predefined	0.0:NaN	Predefined
0.0	0.00142	0.0
Time	TPH_Aromatic_C12_16	Time
Predefined	0.0:NaN	Predefined
0.0	0.00142	0.0
Time	TPH_Aromatic_C7_8	Time
Predefined	0.0:NaN	Predefined
0.0	0.00142	0.0
Time	TPH_Aromatic_C8_10	Time
Predefined	0.0:NaN	Predefined
0.0	0.00142	0.0

Predefined		Predefined		Predefined	
0.0	NaN	0.0	NaN	0.0	NaN
Time	Trichloroethane_(1'1'1)	Time	Trichloroethylene_(TCE)	Time	Xylenes_(total)
Predefined		Predefined		Predefined	0.0:NaN
0.0	NaN	0.0	NaN	0.0	0.00196

3.3. Niveaux Exposition Risque

Niveaux Exposition Risque		Sub-system
Id	Niveaux_Exposition_Risque	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Niveaux Exposition Risque	
Description	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>La classe d'âge ayant les niveaux de risque non cancérigènes les plus élevés est mise en évidence (Max_Age_QD_).</p> <p>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 et le profil d'individus définis ou bien connecter ces données à partir des modules adhoc (modules "Sol", "Vegetaux", "Animaux_aquatiques"...).</p> <p>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 la fréquence d'exposition (Cinh_fraction_expo_vie_entiere) sera définie ou connectée aux données des modules adhoc.</p> <p>Attention : Les VTR (Valeurs de Référence Toxicologiques) et les organes cibles de chaque substance ne sont pas renseignés par défaut.</p>	
Object	Input	
Cinh fraction,expo,classe,age,moy,an	Cinh fraction expo classe age moy an	Conc gaz air interieur J E
Cinh fraction,expo,vie,entiere	Cinh fraction,expo,vie,entiere	Conc gaz air interieur J E

Parameter changes

Vector parameters

Full Name	Symbol	Unit				
VTR à seuil par voie respiratoire	VTR _{seuil,inh}	mg m ⁻³				
Description						
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets à seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	0.01	NaN				

Dichloromethane	0.6	NaN
Ethylbenzene	1.5	NaN
Tetrachloroethylene_(PCE)	0.4	NaN
Toluene	19.0	NaN
TPH_Aliphatic_C6_8	18.4	NaN
TPH_Aromatic_C10_12	0.2	NaN
TPH_Aromatic_C12_16	0.2	NaN
TPH_Aromatic_C7_8	0.4	NaN
TPH_Aromatic_C8_10	0.2	NaN
Trichloroethane_(1'1'1)	1.0	NaN
Trichloroethylene_(TCE)	3.2	NaN
Xylenes_(total)	0.1	NaN

Full Name	Symbol	Unit
VTR sans seuil par voie respiratoire	VTRinh,ss	mg ⁻¹ m ³

Description

Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets sans seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	0.026	NaN				
Dichloromethane	0.0010	NaN				
Ethylbenzene	0.0025	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	2.6E-4	NaN				
Toluene	NaN					
TPH_Aliphatic_C6_8	NaN					
TPH_Aromatic_C10_12	NaN					
TPH_Aromatic_C12_16	NaN					
TPH_Aromatic_C7_8	NaN					
TPH_Aromatic_C8_10	NaN					
Trichloroethane_(1'1'1)	NaN					
Trichloroethylene_(TCE)	0.0010	NaN				
Xylenes_(total)	NaN					

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

Concentrations calculées dans l'air intérieur

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Benzene]
1	5,00E-4

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Dichloromethane]
1	2,41E-6

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Ethylbenzene]
1	1,37E-5

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aliphatic C6 8]
1	5,31E-5

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C10 12]
1	4,82E-5

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C12 16]
1	4,82E-5

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C7 8]
1	1,06E-4

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C8 10]
1	1,35E-4

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Tetrachloroethylene (PCE)]
1	5,40E-4

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Toluene]
1	1,42E-3

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Trichloroethane (1'1'1)]
1	6,62E-7

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Trichloroethylene (TCE)]
1	1,18E-6

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Xylenes (total)]
1	1,96E-3

ERI

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Benzene]
1	1,68E-6

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Dichloromethane]
1	3,11E-10

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Ethylbenzene]
1	4,40E-9

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aliphatic C6 8]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C10 12]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C12 16]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C7 8]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C8 10]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Tetrachloroethylene (PCE)]
1	1,81E-8

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Toluene]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Trichloroethane (1'1'1)]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Trichloroethylene (TCE)]
1	1,53E-10

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Xylenes (total)]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.Somme ERI inh
1	1,70E-6

QD

Iteration	Niveaux Exposition Risque.Max Age QD inh
1	1,52E-2

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Benzene] [classe 1]
1	1,05E-2

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Dichloromethane] [classe 1]
1	8,44E-7

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Ethylbenzene] [classe 1]
1	1,91E-6

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aliphatic C6 8] [classe 1]
1	6,06E-7

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C10 12] [classe 1]
1	5,06E-5

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C12 16] [classe 1]
1	5,06E-5

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C7 8] [classe 1]
1	5,57E-5

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C8 10] [classe 1]
1	1,42E-4

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Tetrachloroethylene (PCE)] [classe 1]
1	2,84E-4

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Toluene] [classe 1]
1	1,57E-5

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroethane (1'1'1)] [classe 1]
1	1,39E-7

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroethylene (TCE)] [classe 1]
1	7,77E-8

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Xylenes (total)] [classe 1]
1	4,12E-3

Limay_Incertitude long-Larg Bat



Report generated: Mon Nov 15 15:14:08 CET 2021

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
- 4 Simulation settings
- 5 Results

1. Project properties

Project name	Limay_Incertitude long-Larg Bat
Author	X
Description	Modele_base : version 2.0.1

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
Benzene	Yes
Dichloromethane	Yes
Ethylbenzene	Yes
Tetrachloroethylene (PCE)	Yes
Toluene	Yes
TPH Aliphatic C6 8	Yes
TPH Aromatic C10 12	Yes
TPH Aromatic C12 16	Yes
TPH Aromatic C7 8	Yes
TPH Aromatic C8 10	Yes
Trichloroethane (1'1'1)	Yes
Trichloroethylene (TCE)	Yes
Xylenes (total)	Yes

3. Model description

Interaction Matrix

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

3.1. Constantes Reglages

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

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
type_Polluant	type Polluant	
Description		
Indiquer s'il s'agit d'un polluant organique ou inorganique		
Materials	Value	Predefined value
Benzene	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Dichloromethane	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Ethylbenzene	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Tetrachloroethylene_(PCE)	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Toluene	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aliphatic_C6_8	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C10_12	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C12_16	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C7_8	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C8_10	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Trichloroethane_(1'1'1')	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Trichloroethylene_(TCE)	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Xylenes_(total)	organique	Constantes_Reglages.non_defini

Parameter changes

Scalar parameters

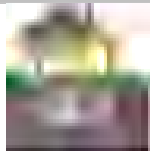
Full Name				Symbol	Unit
Age de l'individu au début de l'exposition				Age _{individu,debut,expo}	year
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes)					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
18.0	0.0			unid(0,18)	

Full Name				Symbol	Unit
Durée d'exposition de l'individu				Duree _{expo,individu}	year
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes).Durée d'exposition de l'individu à ou aux source(s) de contamination du site.					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
43.0	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	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Conc gaz air interieur J E	
Description	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>La concentration de la source est définie comme une constante .</p> <p><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></p> <p>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 . 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 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></p> <p>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").</p> <p>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> .</p> <p>* <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.</p> <p>*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.</p> <p>- 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 $J \times t \times X_{\text{Surface_batiment}} = Q$ (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</p>	

(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 $J \times t \times X_{\text{Surface_batiment}} = Q$ (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 (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).

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 (Cag_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 (Cag_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
inorganique	inorganique	Constantes Reglages
organique	organique	Constantes Reglages
type Polluant	type Polluant	Constantes Reglages
Object	Output	Sub-system
Cinh fraction,expo,vie,entiere	Cinh fraction,expo,vie,entiere	Niveaux Exposition Risque
Cinh fraction expo classe age moy an	Cinh fraction,expo,classe,age,moy,an	Niveaux Exposition Risque

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
definition_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
Benzene	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Dichloromethane	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Ethylbenzene	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Tetrachloroethylene_(PCE)	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Toluene	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aliphatic_C6_8	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C10_12	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C12_16	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C7_8	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C8_10	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Trichloroethane_(1'1'1)	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Trichloroethylene_(TCE)	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Xylenes_(total)	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
Benzene	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Dichloromethane	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Ethylbenzene	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Tetrachloroethylene_(PCE)	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Toluene	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aliphatic_C6_8	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C10_12	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C12_16	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C7_8	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C8_10	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Trichloroethane_(1'1'1)	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Trichloroethylene_(TCE)	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini

Parameter changes

Scalar parameters

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

Full Name				Symbol	Unit
Hauteur du bâtiment				HBat	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
3.0	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
10.0	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
10.0	0.0				

Full Name				Symbol	Unit
Perméabilité intrinsèque de la couche 2				ka,2	m ²
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Sert au calcul du flux d'air du sol entrant dans le bâtiment (Qsol).					

Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment : utiliser alors la perméabilité de la couche polluée

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
1.0E-11	0.0	1.0E-16	1.0E-10		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 10^{-13} à 10^{-10} ; Sols limoneux : 10^{-13} à 10^{-11} ; Sols argileux : 10^{-16} à 10^{-12}					

Full Name				Symbol	Unit
Porosite de la couche de sol 2				n2	unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment : utiliser alors la même porosité que celle de la couche polluée					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.375	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

Full Name				Symbol	Unit
Porosité de la couche de sol pollué				Porosite couche,source	unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et s'il s'agit d'une source sol (definition Cas_source_sol=valeur_calculée_sol ou definition Cas_source_sol=valeur_entree_sol)					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.375	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

Full Name				Symbol	Unit
Profondeur de la surface inférieure de la dalle par rapport à la surface du sol				Profondeur dalle	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. La valeur doit être strictement supérieure à 0 et dans le cas d'une source sol et pour un calcul prenant en compte une source finie, la valeur de ce paramètre doit être inférieure ou égale à celle de l'épaisseur de la dalle (Epaisseur_dalle).					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.15	0.12				

Full Name				Symbol	Unit
Rayon de fissure				Rayon fissure	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.0010	0.0	5.0E-4	0.0050		

Full Name				Symbol	Unit
Taux de renouvellement d'air dans la zone du bâtiment où a lieu l'émission				t_{ra}	s^{-1}
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
2.78E-4	1.4E-4	2.8E-5	4.2E-4		
Comment					
Valeur par défaut correspondant à $t_{ra}=0,5 \text{ h}^{-1}$					

Vector parameters

Full Name				Symbol	Unit	
Coefficient de diffusion dans l'air				Da	m ² s ⁻¹	
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	8.799999999999999E-6	NaN				
Dichloromethane	1.0E-5	NaN				
Ethylbenzene	7.499999999999999E-6	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	7.2E-6	NaN				
Toluene	8.7E-6	NaN				
TPH_Aliphatic_C6_8	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C10_12	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C12_16	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C7_8	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C8_10	1.0E-5	NaN				
Trichloroethane_(1'1'1)	7.8E-6	NaN				
Trichloroethylene_(TCE)	7.9E-6	NaN				
Xylenes_(total)	8.5E-6	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
Benzene	9.8E-10	NaN				
Dichloromethane	6.4E-10	NaN				
Ethylbenzene	7.8E-10	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	8.2E-10	NaN				
Toluene	8.6E-10	NaN				
TPH_Aliphatic_C6_8	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C10_12	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C12_16	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C7_8	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C8_10	1.0E-9	NaN				

Trichloroethane_(1'1'1)	8.800000000000001E-10	NaN
Trichloroethylene_(TCE)	9.1E-10	NaN
Xylenes_(total)	9.9E-10	NaN

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

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et si definition_Cas_source==valeur_entree_sol ou valeur_entree_nappe

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	0.01356	NaN				
Dichloromethane	0.01111	NaN				
Ethylbenzene	0.06444	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	0.051111	NaN				
Toluene	0.48889	NaN				
TPH_Aliphatic_C6_8	0.2444	NaN				
TPH_Aromatic_C10_12	0.2222	NaN				
TPH_Aromatic_C12_16	0.2222	NaN				
TPH_Aromatic_C7_8	0.4889	NaN				
TPH_Aromatic_C8_10	0.6222	NaN				
Trichloroethane_(1'1'1)	0.003111	NaN				
Trichloroethylene_(TCE)	0.005556	NaN				
Xylenes_(total)	0.33333	NaN				

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

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Mettre à 0 pour les substances inorganiques (hors mercure)

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	565.20288	-1.0				
Dichloromethane	257.0	-1.0				
Ethylbenzene	800.7040800000001	-1.0				
Tetrachloroethylene_(PCE)	1869.1358400000001	-1.0				
Toluene	674.2771200000001	-1.0				
TPH_Aliphatic_C6_8	126426.96	-1.0				
TPH_Aromatic_C10_12	347.05440000000004	-1.0				
TPH_Aromatic_C12_16	133.86384	-1.0				
TPH_Aromatic_C7_8	669.3192	-1.0				
TPH_Aromatic_C8_10	1214.6904	-1.0				
Trichloroethane_(1'1'1)	1747.6668	-1.0				
Trichloroethylene_(TCE)	1046.12112	-1.0				

Xylenes_(total)	520.5816	-1.0
-----------------	----------	------

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

Description

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

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	0.65	0.0				
Dichloromethane	0.65	0.0				
Ethylbenzene	0.65	0.0				
Tetrachloroethylene_(PCE)	0.65	0.0				
Toluene	0.65	0.0				
TPH_Aliphatic_C6_8	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C10_12	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C12_16	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C7_8	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C8_10	0.65	0.0				
Trichloroethane_(1'1'1)	0.65	0.0				
Trichloroethylene_(TCE)	0.65	0.0				
Xylenes_(total)	0.65	0.0				

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

Description

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

Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	0.21	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	

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	0.05	

3.3. Niveaux Exposition Risque

Niveaux Exposition Risque		Sub-system
Id	Niveaux_Exposition_Risque	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Niveaux Exposition Risque	
Description	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>La classe d'âge ayant les niveaux de risque non cancérigènes les plus élevés est mise en évidence (Max_Age_QD_).</p> <p>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 et le profil d'individus définis ou bien connecter ces données à partir des modules adhoc (modules "Sol", "Vegetaux", "Animaux_aquatiques"...).</p> <p>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 la fréquence d'exposition (Cinh_fraction_expo_vie_entiere) sera définie ou connectée aux données des modules adhoc.</p> <p>Attention : Les VTR (Valeurs de Référence Toxicologiques) et les organes cibles de chaque substance ne sont pas renseignés par défaut.</p>	
Object	Input	
Cinh fraction,expo,classe,age,moy,an	Cinh fraction expo classe age moy an	Conc gaz air interieur J E
Cinh fraction,expo,vie,entiere	Cinh fraction,expo,vie,entiere	Conc gaz air interieur J E

Parameter changes

Vector parameters

Full Name	Symbol	Unit				
VTR à seuil par voie respiratoire	VTR _{seuil,inh}	mg m ⁻³				
Description						
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets à seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	0.01	NaN				

Dichloromethane	0.6	NaN
Ethylbenzene	1.5	NaN
Tetrachloroethylene_(PCE)	0.4	NaN
Toluene	19.0	NaN
TPH_Aliphatic_C6_8	18.4	NaN
TPH_Aromatic_C10_12	0.2	NaN
TPH_Aromatic_C12_16	0.2	NaN
TPH_Aromatic_C7_8	0.4	NaN
TPH_Aromatic_C8_10	0.2	NaN
Trichloroethane_(1'1'1)	1.0	NaN
Trichloroethylene_(TCE)	3.2	NaN
Xylenes_(total)	0.1	NaN

Full Name	Symbol	Unit
VTR sans seuil par voie respiratoire	VTRinh,ss	mg ⁻¹ m ³

Description

Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets sans seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	0.026	NaN				
Dichloromethane	0.0010	NaN				
Ethylbenzene	0.0025	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	2.6E-4	NaN				
Toluene	NaN					
TPH_Aliphatic_C6_8	NaN					
TPH_Aromatic_C10_12	NaN					
TPH_Aromatic_C12_16	NaN					
TPH_Aromatic_C7_8	NaN					
TPH_Aromatic_C8_10	NaN					
Trichloroethane_(1'1'1)	NaN					
Trichloroethylene_(TCE)	0.0010	NaN				
Xylenes_(total)	NaN					

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

Concentrations calculées dans l'air intérieur

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Benzene]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Dichloromethane]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Ethylbenzene]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aliphatic C6 8]
1	1,11E-5	1	9,41E-6	1	5,00E-5	1	2,07E-4

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C10 12]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C12 16]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C7 8]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C8 10]
1	1,88E-4	1	1,88E-4	1	4,14E-4	1	5,27E-4

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Tetrachloroethylene (PCE)]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Toluene]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Trichloroethane (1'1'1)]
1	3,91E-5	1	3,98E-4	1	2,45E-6

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Trichloroethylene (TCE)]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Xylenes (total)]
1	4,39E-6	1	2,69E-4

ERI

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Benzene]	Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Dichloromethane]	Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Ethylbenzene]
1	3,71E-8	1	1,21E-9	1	1,61E-8

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aliphatic C6 8]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C10 12]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C12 16]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C7 8]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C8 10]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Tetrachloroethylene (PCE)]
1	1,31E-9

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Toluene]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Trichloroethane (1'1'1)]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Trichloroethylene (TCE)]
1	5,65E-10

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Xylenes (total)]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.Somme ERI inh
1	5,63E-8

QD

Iteration	Niveaux Exposition Risque.Max Age QD inh
1	2,00E-3

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Benzene] [classe 1]
1	2,32E-4

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Dichloromethane] [classe 1]
1	3,29E-6

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Ethylbenzene] [classe 1]
1	7,00E-6

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aliphatic C6 8] [classe 1]
1	2,36E-6

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C10 12] [classe 1]
1	1,98E-4

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C12 16] [classe 1]
1	1,98E-4

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C7 8] [classe 1]
1	2,17E-4

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C8 10] [classe 1]
1	5,53E-4

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Tetrachloroethylene (PCE)] [classe 1]
1	2,05E-5

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Toluene] [classe 1]
1	4,40E-6

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroethane (1'1'1)] [classe 1]
1	5,14E-7

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroethylene (TCE)] [classe 1]
1	2,88E-7

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Xylenes (total)] [classe 1]
1	5,65E-4

Limay_Incertitude ventilation



Report generated: Mon Nov 15 14:46:58 CET 2021

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
- 4 Simulation settings
- 5 Results

1. Project properties

Project name	Limay_Incertitude ventilation
Author	X
Description	Modele_base : version 2.0.1

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
Benzene	Yes
Ethylbenzene	Yes
Tetrachloroethylene (PCE)	Yes
Toluene	Yes
TPH Aliphatic C6 8	Yes
TPH Aromatic C7 8	Yes
TPH Aromatic C8 10	Yes
TPH Aromatic C10 12	Yes
TPH Aromatic C12 16	Yes
Trichloroethane (1'1'1)	Yes
Trichloroethylene (TCE)	Yes
Xylenes (total)	Yes
Dichloromethane	Yes

3. Model description

Interaction Matrix

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

3.1. Constantes Reglages

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

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
type_Polluant	type Polluant	
Description		
Indiquer s'il s'agit d'un polluant organique ou inorganique		
Materials	Value	Predefined value
Benzene	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Ethylbenzene	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Tetrachloroethylene_(PCE)	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Toluene	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aliphatic_C6_8	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C7_8	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C8_10	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C10_12	organique	Constantes_Reglages.non_defini
TPH_Aromatic_C12_16	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Trichloroethane_(1'1'1')	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Trichloroethylene_(TCE)	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Xylenes_(total)	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Dichloromethane	organique	Constantes_Reglages.non_defini

Parameter changes

Scalar parameters

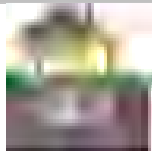
Full Name				Symbol	Unit
Age de l'individu au début de l'exposition				Age _{individu,debut,expo}	year
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes)					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
18.0	0.0			unid(0,18)	

Full Name				Symbol	Unit
Durée d'exposition de l'individu				Duree _{expo,individu}	year
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes).Durée d'exposition de l'individu à ou aux source(s) de contamination du site.					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
43.0	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 cancérogènes). 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	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Conc gaz air interieur J E	
Description	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>La concentration de la source est définie comme une constante .</p> <p><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></p> <p><u>Pour le calcul du flux d'émission, 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 . 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 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></p> <p>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").</p> <p>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> .</p> <p>* <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.</p> <p>*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.</p> <p>- 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 $J \times t \times X_{\text{Surface_batiment}} = Q$ (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</p>	

(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 (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).

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 (Cag_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 (Cag_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
inorganique	inorganique	Constantes Reglages
type Polluant	type Polluant	Constantes Reglages
organique	organique	Constantes Reglages
Object	Output	Sub-system
Cinh fraction,expo,vie,entiere	Cinh fraction,expo,vie,entiere	Niveaux Exposition Risque
Cinh fraction expo classe age moy an	Cinh fraction,expo,classe,age,moy,an	Niveaux Exposition Risque

General variable changes

Vector general variables

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
Benzene	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Ethylbenzene	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Tetrachloroethylene_(PCE)	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Toluene	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aliphatic_C6_8	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C7_8	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C8_10	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C10_12	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
TPH_Aromatic_C12_16	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Trichloroethane_(1'1'1)	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Trichloroethylene_(TCE)	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Xylenes_(total)	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Dichloromethane	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
Benzene	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Ethylbenzene	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Tetrachloroethylene_(PCE)	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Toluene	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aliphatic_C6_8	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C7_8	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C8_10	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C10_12	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
TPH_Aromatic_C12_16	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Trichloroethane_(1'1'1)	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Trichloroethylene_(TCE)	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Xylenes_(total)	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini

Parameter changes

Scalar parameters

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

Full Name				Symbol	Unit
Hauteur du bâtiment				HBat	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
3.0	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
50.0	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
50.0	0.0				

Full Name				Symbol	Unit
Perméabilité intrinsèque de la couche 2				ka,2	m ²
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Sert au calcul du flux d'air du sol entrant dans le bâtiment (Qsol).					

Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment : utiliser alors la perméabilité de la couche polluée

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
1.0E-11	0.0	1.0E-16	1.0E-10		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 10^{-13} à 10^{-10} ; Sols limoneux : 10^{-13} à 10^{-11} ; Sols argileux : 10^{-16} à 10^{-12}					

Full Name				Symbol	Unit
Porosite de la couche de sol 2				n2	unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment : utiliser alors la même porosité que celle de la couche polluée					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.375	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

Full Name				Symbol	Unit
Porosité de la couche de sol pollué				Porosite couche,source	unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et s'il s'agit d'une source sol (definition Cas_source_sol=valeur_calculée_sol ou definition Cas_source_sol=valeur_entree_sol)					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.375	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

Full Name				Symbol	Unit
Profondeur de la surface inférieure de la dalle par rapport à la surface du sol				Profondeur dalle	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. La valeur doit être strictement supérieure à 0 et dans le cas d'une source sol et pour un calcul prenant en compte une source finie, la valeur de ce paramètre doit être inférieure ou égale à celle de l'épaisseur de la dalle (Epaisseur_dalle).					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.15	0.12				

Full Name				Symbol	Unit
Rayon de fissure				Rayon fissure	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.0010	0.0	5.0E-4	0.0050		

Full Name				Symbol	Unit
Taux de renouvellement d'air dans la zone du bâtiment où a lieu l'émission				t_{ra}	s^{-1}
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
8.33333E-5	1.4E-4	2.8E-5	4.2E-4		
Comment					
Valeur par défaut correspondant à $t_{ra}=0,5 \text{ h}^{-1}$					

Vector parameters

Full Name				Symbol	Unit	
Coefficient de diffusion dans l'air				Da	m ² s ⁻¹	
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	8.799999999999999E-6	NaN				
Ethylbenzene	7.499999999999999E-6	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	7.2E-6	NaN				
Toluene	8.7E-6	NaN				
TPH_Aliphatic_C6_8	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C7_8	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C8_10	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C10_12	1.0E-5	NaN				
TPH_Aromatic_C12_16	1.0E-5	NaN				
Trichloroethane_(1'1'1)	7.8E-6	NaN				
Trichloroethylene_(TCE)	7.9E-6	NaN				
Xylenes_(total)	8.5E-6	NaN				
Dichloromethane	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
Benzene	9.8E-10	NaN				
Ethylbenzene	7.8E-10	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	8.2E-10	NaN				
Toluene	8.6E-10	NaN				
TPH_Aliphatic_C6_8	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C7_8	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C8_10	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C10_12	1.0E-9	NaN				
TPH_Aromatic_C12_16	1.0E-9	NaN				
Trichloroethane_(1'1'1)	8.800000000000001E-10	NaN				

Trichloroethylene_(TCE)	9.1E-10	NaN
Xylenes_(total)	9.9E-10	NaN
Dichloromethane	6.4E-10	NaN

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

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et si definition_Cas_source==valeur_entree_sol ou valeur_entree_nappe

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	0.01356	NaN				
Ethylbenzene	0.06444	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	0.051111	NaN				
Toluene	0.48889	NaN				
TPH_Aliphatic_C6_8	0.2444	NaN				
TPH_Aromatic_C7_8	0.4889	NaN				
TPH_Aromatic_C8_10	0.6222	NaN				
TPH_Aromatic_C10_12	0.2222	NaN				
TPH_Aromatic_C12_16	0.2222	NaN				
Trichloroethane_(1'1'1)	0.003111	NaN				
Trichloroethylene_(TCE)	0.005556	NaN				
Xylenes_(total)	0.33333	NaN				
Dichloromethane	0.01111	NaN				

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

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Mettre à 0 pour les substances inorganiques (hors mercure)

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	565.20288	-1.0				
Ethylbenzene	800.70408000000001	-1.0				
Tetrachloroethylene_(PCE)	1869.13584000000001	-1.0				
Toluene	674.27712000000001	-1.0				
TPH_Aliphatic_C6_8	126426.96	-1.0				
TPH_Aromatic_C7_8	669.3192	-1.0				
TPH_Aromatic_C8_10	1214.6904	-1.0				
TPH_Aromatic_C10_12	347.054400000000004	-1.0				
TPH_Aromatic_C12_16	133.86384	-1.0				
Trichloroethane_(1'1'1)	1747.6668	-1.0				
Trichloroethylene_(TCE)	1046.12112	-1.0				
Xylenes_(total)	520.5816	-1.0				

Dichloromethane	257.0	-1.0
-----------------	-------	------

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

Description

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

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	0.65	0.0				
Ethylbenzene	0.65	0.0				
Tetrachloroethylene_(PCE)	0.65	0.0				
Toluene	0.65	0.0				
TPH_Aliphatic_C6_8	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C7_8	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C8_10	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C10_12	0.65	0.0				
TPH_Aromatic_C12_16	0.65	0.0				
Trichloroethane_(1'1'1)	0.65	0.0				
Trichloroethylene_(TCE)	0.65	0.0				
Xylenes_(total)	0.65	0.0				
Dichloromethane	0.65	0.0				

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

Description

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

Classes_d'age	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
classe_1	0.21	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	

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	0.05	

3.3. Niveaux Exposition Risque

Niveaux Exposition Risque		Sub-system
Id	Niveaux_Exposition_Risque	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Niveaux Exposition Risque	
Description	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>La classe d'âge ayant les niveaux de risque non cancérigènes les plus élevés est mise en évidence (Max_Age_QD_).</p> <p>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 et le profil d'individus définis ou bien connecter ces données à partir des modules adhoc (modules "Sol", "Vegetaux", "Animaux_aquatiques"...).</p> <p>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 la fréquence d'exposition (Cinh_fraction_expo_vie_entiere) sera définie ou connectée aux données des modules adhoc.</p> <p>Attention : Les VTR (Valeurs de Référence Toxicologiques) et les organes cibles de chaque substance ne sont pas renseignés par défaut.</p>	
Object	Input	
Cinh fraction,expo,classe,age,moy,an	Cinh fraction expo classe age moy an	Conc gaz air interieur J E
Cinh fraction,expo,vie,entiere	Cinh fraction,expo,vie,entiere	Conc gaz air interieur J E

Parameter changes

Vector parameters

Full Name	Symbol	Unit				
VTR à seuil par voie respiratoire	VTR _{seuil,inh}	mg m ⁻³				
Description						
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets à seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	0.01	NaN				

Ethylbenzene	1.5	NaN
Tetrachloroethylene_(PCE)	0.4	NaN
Toluene	19.0	NaN
TPH_Aliphatic_C6_8	18.4	NaN
TPH_Aromatic_C7_8	0.4	NaN
TPH_Aromatic_C8_10	0.2	NaN
TPH_Aromatic_C10_12	0.2	NaN
TPH_Aromatic_C12_16	0.2	NaN
Trichloroethane_(1'1'1)	1.0	NaN
Trichloroethylene_(TCE)	3.2	NaN
Xylenes_(total)	0.1	NaN
Dichloromethane	0.6	NaN

Full Name	Symbol	Unit
VTR sans seuil par voie respiratoire	VTRinh,ss	mg ⁻¹ m ³

Description

Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets sans seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzene	0.026	NaN				
Ethylbenzene	0.0025	NaN				
Tetrachloroethylene_(PCE)	2.6E-4	NaN				
Toluene	NaN					
TPH_Aliphatic_C6_8	NaN					
TPH_Aromatic_C7_8	NaN					
TPH_Aromatic_C8_10	NaN					
TPH_Aromatic_C10_12	NaN					
TPH_Aromatic_C12_16	NaN					
Trichloroethane_(1'1'1)	NaN					
Trichloroethylene_(TCE)	0.0010	NaN				
Xylenes_(total)	NaN					
Dichloromethane	0.0010	NaN				

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

Concentrations calculées dans l'air intérieur

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Benzene]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Dichloromethane]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Ethylbenzene]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aliphatic C6 8]
1	9,72E-6	1	8,04E-6	1	4,56E-5	1	1,77E-4

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C10 12]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C12 16]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C7 8]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [TPH Aromatic C8 10]
1	1,61E-4	1	1,61E-4	1	3,54E-4	1	4,50E-4

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Tetrachloroethylene (PCE)]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Toluene]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Trichloroethane (1'1'1)]
1	3,60E-5	1	3,50E-4	1	2,21E-6

Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Trichloroethylene (TCE)]	Iteration	Conc gaz air interieur J E.Cinh lieu vie [Xylenes (total)]
1	3,95E-6	1	2,38E-4

ERI

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Benzene]	Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Dichloromethane]	Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Ethylbenzene]
1	3,26E-8	1	1,04E-9	1	1,47E-8

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aliphatic C6 8]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C10 12]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C12 16]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C7 8]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [TPH Aromatic C8 10]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Tetrachloroethylene (PCE)]
1	1,21E-9

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Toluene]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Trichloroethane (1'1'1)]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Trichloroethylene (TCE)]
1	5,09E-10

Iteration	Niveaux Exposition Risque.ERI inh [Xylenes (total)]
1	0,00E0

Iteration	Niveaux Exposition Risque.Somme ERI inh
1	5,00E-8

QD

Iteration	Niveaux Exposition Risque.Max Age QD inh
1	1,74E-3

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Benzene] [classe 1]
1	2,04E-4

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Dichloromethane] [classe 1]
1	2,81E-6

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Ethylbenzene] [classe 1]
1	6,38E-6

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aliphatic C6 8] [classe 1]
1	2,02E-6

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C10 12] [classe 1]
1	1,69E-4

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C12 16] [classe 1]
1	1,69E-4

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C7 8] [classe 1]
1	1,86E-4

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [TPH Aromatic C8 10] [classe 1]
1	4,73E-4

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Tetrachloroethylene (PCE)] [classe 1]
1	1,89E-5

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Toluene] [classe 1]
1	3,87E-6

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroethane (1'1'1)] [classe 1]
1	4,64E-7

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Trichloroethylene (TCE)] [classe 1]
1	2,59E-7

Iteration	Niveaux Exposition Risque.QD inh [Xylenes (total)] [classe 1]
1	5,00E-4

www.egis-group.com

