

RAPPORT

HINES / Site de Paray-Vieille-Poste / Analyse des enjeux sanitaires / EQRS (ARR Prospective) / Usage Industriel

Démarche d'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS) - Analyse prospective des Risques Résiduels (ARR)

Opération / Projet : Centre de données

Identification du site : Ancien site Air France - Paray-Vieille-Poste (91)

Contexte : mise à jour suite à une campagne d'investigations complémentaires sur les gaz du sol



Agence de Lyon

Démarche de gestion des sites et sols pollués - avril 2017
Prestation élémentaire A320 selon NFX31-620-2

Les prestations d'étude, d'assistance et de contrôle (domaine A) relatives aux sites et sols pollués APAVE SA sont certifiées LNE suivant le référentiel de certification de service des prestataires dans le domaine des sites et sols pollués. Plus d'information sur www.lne.fr

N° de rapport : C24225955_ARR_Juillet_2025

N° de version : 1

Date : 04/07/2025

Lieu d'intervention :

**Ancien site Air France
Avenue du Maréchal Devaux
91550 - PARAY-VIEILLE-POSTE**

Destinataire rapport :
Monsieur Fabrice DOUYLENS

Superviseur :
Cédric BAYART
cedric.bayart@apave.com

Chef de projet :
Claire LALIGANT
claire.laligant@apave.com

Signature :



Ce rapport comporte 37 pages M.VSSP0010.080- v5 (05/2023)

SOMMAIRE

1.	CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA PRESTATION - CONTEXTE DE GESTION	6
2.	PÉRIMETRE.....	6
3.	REGLEMENTATION, REFERENTIELS ET GUIDES METHODOLOGIQUES	7
4.	SYNTHESE DES DONNEES EXISTANTES SUR LE PERIMETRE D'ETUDE	8
4.1.	Etudes environnementales	8
4.2.	Objectifs de réhabilitation	9
5.	SCHÉMA CONCEPTUEL BASE DE L'ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES.....	10
5.1.	Caractéristiques du projet et usages associés	10
5.2.	Mesures de gestion définies dans le cadre du Plan de Gestion / Orientations globales retenues.....	11
5.3.	Configuration du site / enjeux et population devant être protégés	11
5.4.	Scénarii d'exposition retenus	11
5.5.	Voies de transfert potentielles	12
5.6.	Scenarios d'expositions potentielle étudiés	12
5.6.1.	Sur site	12
5.6.2.	Hors site.....	13
6.	ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES.....	14
6.1.	Réglementation et guides méthodologiques	14
6.2.	Démarche méthodologique	14
6.3.	Outil de modélisation utilisé : le logiciel MODUL'ERS	15
6.4.	Généralités sur les mécanismes de transfert des polluants	15
6.5.	Identification des dangers	16
6.5.1.	Scénarii d'exposition retenus.....	16
6.5.2.	Identification et caractéristiques des sources	16
6.5.3.	Budgets espace-temps	17
6.5.4.	Concentrations considérées	17
6.6.	Relation dose / effets pour les substances.....	17
6.6.1.	Caractéristiques physico-chimiques des éléments traceurs du risque retenus	17
6.6.2.	Définition des Valeurs Toxicologiques de Références	18
6.7.	Évaluation des expositions	20
6.7.1.	Modèles de transfert / exposition utilisés et choix des données d'entrée	20
6.7.2.	Paramètres physico chimiques des éléments traceurs retenus	22
6.7.3.	Détermination des doses d'expositions	22
6.8.	Evaluation et caractérisation des risques	23
6.8.1.	Modalités d'évaluation du risque	23
6.8.2.	Comparaison aux valeurs de gestion.....	23
6.8.3.	Résultats des calculs de risques	24
7.	INCERTITUDES	26
7.1.	Etude qualitative des incertitudes	26
7.1.1.	Incertaines portant sur la définition des cibles et des usages.....	26
7.1.2.	Concentrations retenues	26
7.1.3.	Caractéristiques physico-chimiques des polluants et valeurs toxicologiques de référence.....	26
7.1.4.	Incertaines liées aux modèles utilisés	26
7.2.	Évaluation quantitative des incertitudes	27
7.3.	Evaluation globale des incertitudes	28
8.	CONCLUSION	28

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 : LOCALISATION DU SITE (PÉRIMÈTRE PRESTATION) (CARTE TOPOGRAPHIQUE IGN / SOURCE GÉOPORTAIL)	6
FIGURE 2 : EXTRAIT DE PLAN CADASTRAL (SOURCE CADASTRE.GOUV.FR)	7
FIGURE 3 : PLAN DE MASSE DU PROJET (SOURCE DONNEUR D'ORDRE)	10
FIGURE 4 : SCHÉMA CONCEPTUEL « SUR SITE », SUITE DIAG AIR 2025 – STADE ARR PROSPECTIVE	13

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : IDENTIFICATION ET LOCALISATION DU SITE D'ÉTUDE	6
TABLEAU 2 : ÉTUDES ENVIRONNEMENTALES RÉALISÉES SUR LE SITE DEPUIS 2010	8
TABLEAU 3 : CARACTÉRISTIQUES DES CONDITIONS FUTURES D'ÉTAT ET D'USAGE DU SITE BASE DE LA SYNTHÈSE DES VOIES D'EXPOSITION EN CAS DE MODIFICATION DU SCHÉMA CONCEPTUEL	11
TABLEAU 4 : SYNTHÈSE DES SCÉNARI D'EXPOSITION « SUR SITE » – STADE ARR PROSPECTIVE, SUITE INVESTIGATIONS GAZ DU SOL 2025	12
TABLEAU 5 : BUDGET ESPACE-TEMPS DES CIBLES CONSIDÉRÉES	17
TABLEAU 6 : TENEURS PRISES EN COMPTE EN ÉLÉMENTS TRACEURS POUR CHAQUE ZONE	17
TABLEAU 7 : VALEURS TOXICOLOGIQUES DE RÉFÉRENCE (VTR) RETENUES POUR L'ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES	19
TABLEAU 8 : DONNÉES D'ENTRÉE ASSIMILÉES AU TYPE DE SOL RETENU	20
TABLEAU 9 : MODÈLES DE TRANSFERT / EXPOSITION UTILISÉES POUR L'ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES	21
TABLEAU 10 : COMPARAISON DES CONCENTRATIONS DANS L'AIR INTÉRIEUR AVEC LES VALEURS DE GESTION	24
TABLEAU 11 : SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DE CALCULS DE RISQUES	24
TABLEAU 12 : VARIATION DU PARAMÈTRE LITHOLOGIE	27
TABLEAU 13 : INCERTITUDE VARIATION DE LA LITHOLOGIE (INHALATION AIR INTÉRIEUR BÂTIMENT « BUREAUX »)	27
TABLEAU 14 : SYNTHÈSE CALCULS DE RISQUES	28

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 :	34
ANNEXE 2 :	34
ANNEXE 3 :	34

SYNTHÈSE TECHNIQUE

OBJET	OBSERVATIONS ESSENTIELLES
Donneur d'Ordre	HINES
Localisation du site	1 Avenue du Maréchal Devaux – PARAY-VIEILLE-POSTE (91)
Contexte de la prestation	Analyse des risques résiduels prédictive dans le cadre d'un projet de construction d'un Pôle tertiaire et d'un Centre de données avec bureaux adjacents Mise à jour suite à des investigations complémentaires sur le milieu air du sol
Objectif(s) de la prestation	Vérification de la compatibilité sanitaire entre l'état des milieux et les usages. Analyse des Risques Résiduels (ARR) prospective
Etudes préalables Codifications selon NFX31-620-2	Nombreuses études réalisées entre 2010 et 2024, cf. Tableau 2
Mesures de gestion prévues (conditions de validité)	<u>Au stade plan de gestion</u>, les objectifs de réhabilitation définis sont : ➤ <u>SOLS</u> : • Objectif composés HCT C10-C40 sur les sols : 1200 mg/kg MS au droit des 2 cuves FOD inertées et de la station de traitement des eaux au nord du restaurant d'entreprise ; • Zone source sol COHV au droit du bâtiment SHEDS et de la zone nord. Suppression des anomalies liées à la zone source avec une zone à curer de 4 580 m³ ; ➤ <u>EAUX SOUTERRAINES</u> : Panache de pollution en COHV sur la partie ouest du site. • Objectif composés PCE+TCE sur les eaux souterraines : 5000 µg/l ; • Objectif composé CV (chlorure de vinyle) sur les eaux souterraines : 900 µg/l ; ➤ <u>GAZ DE SOLS</u> : Aucun objectif n'est fixé sur les gaz du sol, une ARR fin de travaux permettra de justifier l'arrêt du traitement sur le milieu des gaz du sol. De plus, le traitement de la nappe permettra une atténuation des concentrations dans les gaz du sol sur le long terme. <u>Au stade AP</u>, les objectifs de réhabilitation ont été estimés avec des pourcentages d'abattement compris entre : • 60 à 80% pour les PCE/TCE/CV dans les Eaux souterraines - traitement in situ (oxydation, sparging venting) ; • 43 et 80% pour les HCT C10-C40 en zone saturée et non saturée - traitement in situ (bio-sparging) ; • 60 et 90% pour les sources SOL en COHV et HCT.
Schéma conceptuel / scénarios d'expositions retenus Sources, Vecteurs, Cibles	Sources : sols, eaux souterraines et gaz des sols Vecteurs de transfert : inhalation de composés volatils en intérieur Cibles : futurs usagers (travailleurs adultes)
Polluants considérés	HC C8-C12 aromatiques, xylènes, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène et/ou benzène
Modèle utilisé	MODUL'ERS (INERIS)
Résultats valeurs de gestion / réglementaires (CE)	Air Ambiant Intérieur
Résultats des calculs de risques	Respect de la valeur de gestion pour la concentration modélisée en air intérieur du bâtiment « Pôle tertiaire », donc une compatibilité sanitaire ; Respect des valeurs de gestion pour les concentrations modélisées en air intérieur du bâtiment « Poste de garde », donc une compatibilité sanitaire ; Quotients de danger cumulés acceptables (QD<1) pour la voie d'exposition par inhalation en air intérieur du bâtiment « Bureaux ». Nota : En l'absence de VTR sans seuil pour les hydrocarbures volatils, aucune valeur d'ERI n'a pu être établie.
Résultats des calculs d'incertitude	L'analyse des risques résiduels a été menée en considérant des hypothèses de travail et données d'entrée visant à respecter le principe de précaution. Les incertitudes calculées ne sont pas de nature à réévaluer les conclusions de la présente étude, sauf en ce qui concerne une lithologie plus pénalisante au droit du bâtiment « poste de garde ».
Servitudes / restrictions d'usages et d'exploitation	Cf. plan de gestion
Surveillance environnementale	Cf. plan de gestion
Archivage - communication	Le présent rapport pourra être annexé aux documents fonciers.
Préconisations	Par mesure de précaution, il est préconisé de prévoir une action sur la zone du bâtiment « poste de garde » dans le cadre de l'aménagement, telle qu'une purge des sols avant construction du bâtiment poste de garde et/ou la mise en place d'une ventilation mécanique permettant un taux de renouvellement d'air d'a minima 1 volume / heure.
Limites	Pour toute autre affectation des terrains, il sera nécessaire de reprendre les calculs de risques sanitaires.

SYNTHÈSE NON TECHNIQUE

Dans le cadre d'un projet d'acquisition de l'ancien site Air France sis 1 avenue du Maréchal Devaux à PARAY-VIEILLE-POSTE (91), la société HINES (Donneur d'Ordre) a confié à Apave Exploitation France la réalisation d'une prestation d'analyse des risques résiduels prédictive.

Cette étude a pour but de vérifier la compatibilité sanitaire au droit du site, entre l'état des milieux et les usages envisagés après mise en œuvre des mesures de gestion des pollutions concentrées définies par Apave.

Le projet vise à ériger :

- En partie Nord, un bâtiment « Pôle tertiaire » en R+2 avec 1 niveau de sous-sol où une salle de sport sera aménagée ;
- En partie Sud, un bâtiment « Centre de données » en R+2, bordé au nord par des bureaux et une zone de livraison ;
- Un poste de garde à l'entrée du site, à l'Est ;
- Des places de stationnement en extérieur.

Cette Evaluation des Risques Sanitaires a été réalisée en considérant les concentrations résiduelles dans les gaz des sols, à l'aide du logiciel MODUL'ERS développé par l'INERIS. Cette évaluation a montré une compatibilité sanitaire avec les différents lieux d'usage projetés : bureaux, pôle tertiaire et poste de garde.

Des hypothèses réalistes ou sécuritaires ont été priorisées, ce qui rend l'évaluation des risques fiable.

Par mesure de précaution, il est tout de même recommandé de prévoir une action sur la zone du bâtiment « poste de garde » dans le cadre de l'aménagement, telle qu'une purge des sols avant construction du bâtiment et/ou la mise en place d'une ventilation mécanique permettant un taux de renouvellement d'air suffisant.

En cas de changement d'affectation de la zone d'étude, les calculs de risques sanitaires seraient à reprendre.

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE LA PRESTATION - CONTEXTE DE GESTION

Dans le cadre d'un projet d'acquisition de l'ancien site Air France de Paray-Vieille-Poste (91), la société HINES (Donneur d'Ordre) a confié à Apave la réalisation d'une prestation d'analyse des enjeux (risques) sanitaires.

Cette prestation s'inscrit dans la continuité des études antérieures menées entre 2010 et 2025, et après une redéfinition des implantations projet.

L'objectif de cette prestation est de vérifier la compatibilité sanitaire, au droit du site, entre l'état des milieux après gestion des pollutions concentrées et les usages projetés : Centre de données et Pôle tertiaire.

Elle prendra en compte les dernières mesures disponibles sur le milieu Air du Sol, au droit des futurs usages.

La prestation élémentaire réalisée dans le cadre de cette évaluation selon la norme NF X31-620-2 est codifiée A320.

Le présent rapport Apave rend compte des moyens mis en œuvre et des résultats obtenus.

2. PÉRIMETRE

Les caractéristiques du site, objet de ce rapport, sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Désignation	Ancien site Air France PVP		
Adresse/lieu-dit	1 Avenue du Maréchal Devaux		
Commune / Département	PARAY-VIEILLE-POSTE / 91		
Surface en m² (ou ha) site d'étude (périmètre d'intervention spécifique)	33 721 m²		
Parcelle(s) cadastrale(s)	N°53 de la section AB		
Coordonnées géographiques (LAMBERT 93 centre du site/ source géoportail)	X = 653 493 m	Y = 6 849 618 m	Z = 86 m NGF

Tableau 1 : Identification et localisation du site d'étude

Le site est localisé et délimité sur les figures ci-après.

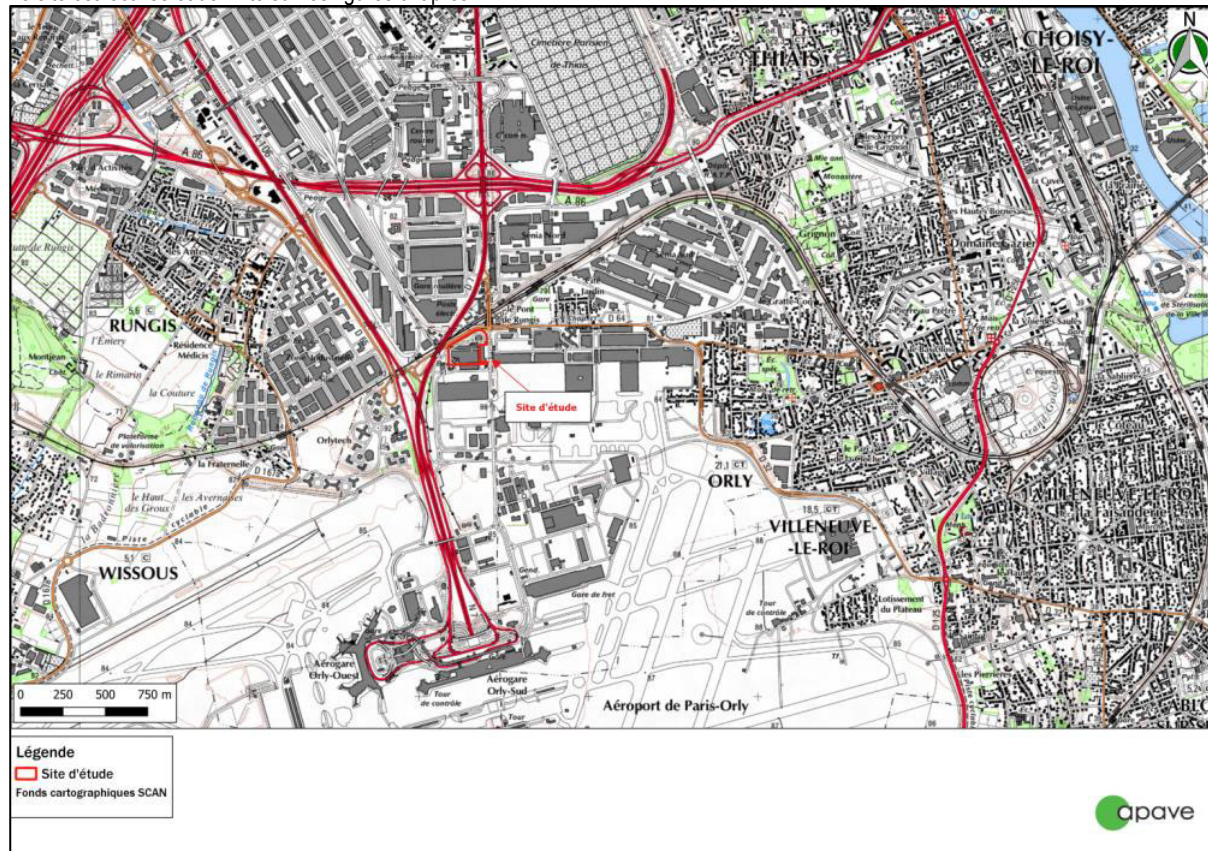


Figure 1 : Localisation du site (périmètre prestation) (carte topographique IGN / Source Géoportail)

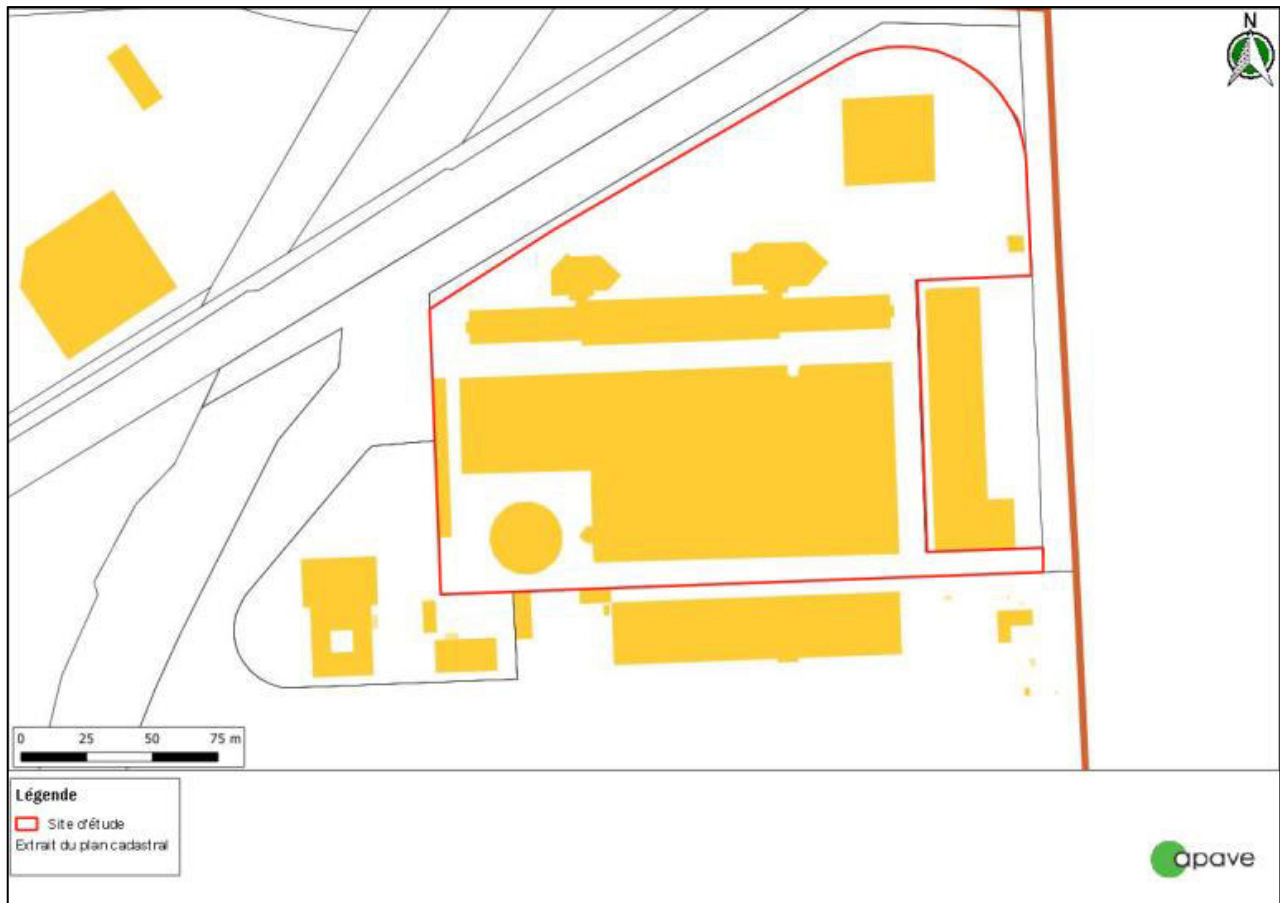


Figure 2 : Extrait de plan cadastral (Source cadastre.gouv.fr)

3. REGLEMENTATION, REFERENTIELS ET GUIDES METHODOLOGIQUES

Cette prestation a été réalisée conformément :

- à la réglementation en vigueur et notamment le Code de l'Environnement ;
- à la méthodologie nationale de gestion des Sites et Sols Pollués définie par la note ministérielle et guide du 19 avril 2017 ;
- aux guides méthodologiques nationaux ;
- à la norme NF X31-620-2 et aux référentiels d'application associés.

4. SYNTHÈSE DES DONNÉES EXISTANTES SUR LE PÉRIMÈTRE D'ÉTUDE

4.1. Etudes environnementales

Le tableau suivant précise quelles sont les sources des données disponibles et notamment les prestations élémentaires et globales « Sites et Sols Pollués ».

Date rapport	Référence bibliographique (client, titre, auteur, n°rapport)	Codification prestation selon la norme NFX31-620 le cas échéant
6 Mai 2011	FR0010-003359-ETU-00001-RPT-A01 / ARCADIS	A100, A120, A200, A300
12 Février 2014	FR0010-003359-DIA-00002-RPT-A01 / ARCADIS	CPIS / A200, A210, A230
19 Novembre 2014	FR0010-003359-DIA-00003-RPT-A01 / ARCADIS	CPIS / A200, A210, A230
10 Octobre 2016	FR0110.003359 FR0110.003359-PG-00001-RPT-A01 / ARCADIS	PG
21 Novembre 2019	FR0010-003359 FR0155-Bilan quadriennal-10-003359 01-RPT-A01 / ARCADIS	BQ / SUIVI / A210
2014 à 2022	Rapport non communiqué / ARCADIS	SUIVI / A210
2020-2021	FR0155-SUI-30123839-19-RPT-A01 / ARCADIS	SUIVI / A210
07 Juillet 2021	201343/112268 (n°70990, 70991, 70992, 70993) / ADIAG pour APAVE	Repérage matériaux amiante (hors NFX 31-620-2)
21 Juillet 2021	21 910 LSO 14077 00 P / APAVE	INFOS / A100, A110, A120, A130
07 Octobre 2021	8515354-V1 / ARTELIA	XPER
27 Octobre 2021	Rapport n°81533 / ADIAG pour APAVE	RAT (Repérage Avant Travaux Amiante) (hors NFX 31-620-2)
Novembre 2021	21 910 LSO 22732 00 O / APAVE	DIAG / A200, A230, A250, A270
31 Mars 2022	8515354-R2V1 / ARTELIA	A100, A130, A200, A210, A230, A270
17 Mai 2022	22 910 LSO 10694 00 Q/ APAVE	DIAG / A230, A240, A250 A270
20 Mai 2022	8515354-R3V1 / ARTELIA	DIAG / A210, A230, A270
28 Septembre 2022	22 910 LSO 20128 00 S – IEM / APAVE	DIAG / A100, A130, A210, A230, A270
21 Octobre 2022	22 910 LSO 10128 00 S / APAVE	DIAG / A130, A200, A210, A230, A260, A270
12 Décembre 2022	22 910 LSO 20128 00 S- EQRS- ARR / APAVE	A320
16 Décembre 2022	22 910 LSO 20128 00 S- V1 du PG / APAVE	PG / A200, A230, A270, A320, A330
03 Juillet 2023	22 910 LSO 20128 00 S- V2 du PG / APAVE	PG / A230, A270, A320, A330
24 Janvier 2023	22 910 LSO 20128 00 S- EQRS- ARR_V2 / APAVE	A320
14 Septembre 2023	22 910 LSO 20128 00 S / APAVE	PCT / B111, B112, B120
12 Janvier 2024	C23059963- DIAG Complémentaire / APAVE	DIAG / A210, A240, A250, A270
25 Avril 2024	C24040454 / APAVE	ATTES-SECUR
30 Avril 2024	C24039747 / APAVE	SUIVI / A210, A270
22 Juillet 2024	C24109354_PG	PG / A320, A330
27 novembre 2024	C24039747 / APAVE	SUIVI (A210 A270)
24 Février 2025	C25022454 « Hines site PVP PG » / APAVE	PG / A320, A330
23 juin 2025	C24225955 « HINES_site_PVP_GDS_A230_v1 » / APAVE	A230, A270

Tableau 2 : Etudes environnementales réalisées sur le site depuis 2010

4.2. Objectifs de réhabilitation

Au stade plan de gestion, les objectifs de réhabilitation définis sont :

- SOLS :
 - Objectif composés HCT C10-C40 sur les sols : 1200 mg/kg MS au droit des 2 cuves FOD inertées et de la station de traitement des eaux au nord du restaurant d'entreprise ;
 - Zone source sol COHV au droit du bâtiment SHEDS et de la zone nord. Suppression des anomalies liées à la zone source avec une zone à curer de 4 580 m³ ;
- EAUX SOUTERRAINES : Panache de pollution en COHV sur la partie ouest du site.
 - Objectif composés PCE+TCE sur les eaux souterraines : 5000 µg/l ;
 - Objectif composé CV (chlorure de vinyle) sur les eaux souterraines : 900 µg/l ;
- GAZ DE SOLS :

Aucun objectif n'est fixé sur les gaz du sol, une ARR fin de travaux permettra de justifier l'arrêt du traitement sur le milieu des gaz du sol. De plus, le traitement de la nappe permettra une atténuation des concentrations dans les gaz du sol sur le long terme.

Au stade AP, les objectifs de réhabilitation ont été estimés avec des pourcentages d'abattement compris entre :

- 60 à 80% pour les PCE/TCE/CV dans les Eaux souterraines - traitement in situ (oxydation, sparging venting) ;
- 43 et 80% pour les HCT C10-C40 en zone saturée et non saturée - traitement in situ (bio-sparging) ;
- 60 et 90% pour les sources SOL en COHV et HCT.

5. SCHÉMA CONCEPTUEL BASE DE L'ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES

5.1. Caractéristiques du projet et usages associés

Comme le précise l'article L. 241-1 du code de l'environnement, le principe de gestion des risques selon les usages repose sur la connaissance des sources, vecteurs et cibles d'exposition (synthétisée dans un schéma dit « conceptuel » au sens de l'article R. 556-2 du code de l'environnement) et sur le respect de valeurs de gestion conformes aux objectifs nationaux de santé publique pour les usages impliquant des expositions humaines.

Le terme « usage » a été défini au travers d'un nouvel article dans le code de l'environnement (article L. 556-1 A). L'usage est ainsi défini « comme la fonction ou la ou les activités ayant cours ou envisagées pour un terrain ou un ensemble de terrains donnés, le sol de ces terrains ou les constructions et installations qui y sont implantées. »

Pour rappel, le schéma conceptuel constitue un état des lieux d'un site précisant les relations entre : (1) des sources potentielles de substances dangereuses, (2) des voies de transfert potentielles, incluant les divers mécanismes de transport dans chaque milieu et leurs caractéristiques, (3) les enjeux et populations devant être protégés.

À noter que le terme « occasionnellement » s'entend au sens d'une fréquence d'exposition relativement faible, correspondant à quelques minutes par jour sans dépasser deux heures par jour.

Dans le contexte réglementaire d'une ICPE, la notion de site correspond à l'emprise foncière placée sous la responsabilité de l'exploitant, c'est-à-dire au terrain d'assiette de l'installation concernée par l'arrêté préfectoral d'autorisation, l'arrêté d'enregistrement ou par la déclaration. Dans les autres cas, il s'agit de l'emprise foncière constituée de parcelles cadastrales comprises dans le périmètre d'une opération d'aménagement ou de construction.

Le contact cutané est considéré par les autorités sanitaires comme une voie mineure d'exposition aux sols pollués au regard des autres voies d'exposition. Cette voie d'exposition n'est donc généralement pas retenue dans les schémas conceptuels. La méthodologie de gestion des sites et sols pollués rappelle par ailleurs qu'en l'absence de valeur toxicologique de référence (VTR) associée à la voie cutanée, l'évaluation des risques associés ne peut se faire que de manière qualitative.

En l'état actuel des connaissances, le projet prévoit la réalisation de :

- En partie Nord, un bâtiment « Pôle tertiaire » en R+2 avec 1 niveau de sous-sol où une salle de sport sera aménagée ;
- En partie Sud, un bâtiment « Centre de données » en R+2, bordé au nord par des bureaux et une zone de livraison ;
- Un poste de garde à l'entrée du site, à l'Est ;
- Des places de stationnement en extérieur.

Le plan de masse du projet est présenté ci-dessous. Il présente également les derniers ouvrages de prélèvements d'air implantés au droit des futurs usages.



Figure 3 : Plan de masse du projet (Source Donneur d'ordre)

5.2. Mesures de gestion définies dans le cadre du Plan de Gestion / Orientations globales retenues

En l'état des données connues sur le projet, il est considéré :

- la démolition des bâtiments actuels « Astrolab », « Sheds » et « Simulateurs » ;
- la gestion des pollutions concentrées telle que définie dans le plan de gestion source de cette ARR prospective (version mise à jour de février 2025) ;
- le projet d'aménagement tel que présenté sur la figure ci-dessus.

5.3. Configuration du site / enjeux et population devant être protégés

A ce stade de la démarche de **Cession-acquisition** :

- l'usage retenu est un mixte industriel / tertiaire :
 - 1° Usage industriel, pouvant comprendre un bâti (y compris des entrepôts), des infrastructures industrielles et, le cas échéant, des aménagements accessoires, tels que des bureaux ou des places de stationnement associés à l'activité industrielle,
 - 2° Usage tertiaire, correspondant notamment aux commerces, aux activités de service, aux activités d'artisanat ou aux bureaux ;
- les récepteurs (cibles) considérés sont les futurs usagers : adultes de type population générale « **SUR SITE** » fréquentant les espaces localisés au droit des sources potentielles de pollution du sol et du sous-sol.

5.4. Scénarii d'exposition retenus

Les hypothèses retenues pour les modifications des conditions futures d'usages (modifications du Schéma Conceptuel) sur la base des données disponibles sont présentées dans le tableau suivant :

Conditions d'usages futurs (modification du Schéma Conceptuel)	Oui	Non	?	Source données/observations
Est-ce que l'usage et l'état futur du site font l'objet d'une opération (projet) spécifique ? <i>construction, aménagement extérieurs, parking enterré, Vide Sanitaire, réseaux (eau potable) ?...</i>	X			Projet d'aménagement
Usage habitat / logements collectifs avec population : adultes et enfants ?		X		
Usage habitat individuel avec jardins avec population : adultes et enfants ?		X		
Usage tertiaire (bureaux) et/ou commerces avec population : adultes ?	X			Pôle tertiaire et bureaux, ainsi qu'un poste de garde
Usage industriel avec population : adulte ?	X			Datacenter
Usage enfance : crèche, école, collège, Lycée...avec population : adultes et enfants ?		X		
Usage sportif : gymnase, terrain de sports...avec population adulte et enfants	X			Salle de sport envisagée en sous-sol du Pôle tertiaire
Aménagements extérieurs sensibles :				
Jardin individuel (donc avec potagers par défaut ...) ?		X		
Jardin collectif avec potagers ?		X		
Espaces verts paysagers collectifs ?	X			
Espaces collectifs récréatifs (aire de jeu, sports, pique-nique...?)		X		
Bâtiments :				
Parking (semi) enterré ? <i>profondeur déblais, ventilation...</i>		X		
Vide Sanitaire ? Vide sous dalle ? galerie technique ? <i>ventilation...</i>		X		
Gestion des terres :				
Déblais- remblais sur site ? <i>volume...</i>		X		
Réutilisation de la Terre Végétale ? <i>décapage, mise en stockage temporaire...</i>			X	
Usage des eaux (réseaux, surface, souterraines) :				
Réseaux d'eau potable : modifications, créations ?	X			
Usage des eaux souterraines (arrosage, piscine...) ?		X		
Usage des eaux de surface (plan d'eau, gravière, bassin EP en eau...) ?		X		

- ? : Non connu en l'état des données disponibles

Tableau 3 : Caractéristiques des conditions futures d'état et d'usage du site base de la synthèse des voies d'exposition en cas de modification du schéma conceptuel

5.5. Voies de transfert potentielles

Les divers mécanismes de transport potentiel dans chaque milieu sont intégrés dans le tableau de synthèse d'étude des scénarios d'expositions ci-après.

5.6. Scénarios d'expositions potentielle étudiés

5.6.1. Sur site

A ce stade de la démarche, les récepteurs (cibles) considérés sont les futurs usagers de type population générale « SUR SITE » et fréquentant les espaces localisés au droit des sources d'anomalies (pollution) du sol.

Les hypothèses retenues pour les conditions d'usages « SUR SITE » sont celles de l'opération présentées dans le chapitre ci-avant.

Le tableau ci-dessous présente les scénarios d'exposition pertinents retenus « SUR SITE » en l'état actuel avec les résultats des investigations disponibles sur les milieux :

Milieu/substances polluantes identifiées	Modalités d'exposition	Futurs Cibles/usagers « sur site »	Voie (scénario) d'exposition potentielle	Observations/hypothèses/conditions retenues selon tableau ci-avant
Sol (campagnes 2021/2022) Substances : COHV HCT C10-C40 / HAP dont naphtalène / m+p Xylènes / Méthanol / PCB / Métaux Lourds / Sulfates	Ingestion de sols par portage main bouche	Travailleurs Adultes	NON	Absence de sols nus au droit du projet d'aménagement
	Inhalation de sols par mise en suspension poussières (envol)	Travailleurs Adultes	NON	Absence de cibles pérennes sur les espaces extérieurs
	Contact direct de sols (cutané)	Travailleurs Adultes	NON	Absence d'air récréative extérieure
	Ingestion de légumes/fruits produits sur site	Travailleurs Adultes	NON	Absence de jardins potagers dans le projet d'aménagement
Air COHV / HCT / naphtalène / BTEX	Inhalation à l'intérieur des bâtiments de composés volatils provenant des sols et/ou des eaux souterraines (air intérieur via l'air du sol)	Travailleurs Adultes	OUI	Présence de substances volatiles dans les sols, gaz du sol et eaux souterraines au droit des futurs bâtiments (notamment future salle de sport, loge gardien et futurs bureaux)
	Inhalation à l'extérieur de composés volatils provenant des sols et/ou des eaux souterraines (air ambiant via l'air du sol)	Travailleurs Adultes	NON	Absence d'exposition chronique
Eaux souterraines (Campagnes 2022, 2023 et 2024) Substances : COHV HCT C10-C40 / Fer / Arsenic / HAP / BTEX	Contact direct d'eaux souterraines (cutané) à partir de puits sur site	Travailleurs Adultes	NON	Absence d'eau souterraine accessible et/ou utilisée sur site.
	Ingestion d'eau souterraine à partir de puits sur site (et donc inhalation si produits volatils)	Travailleurs Adultes	NON	
Eaux de surface Sans Objet	Contact direct d'eaux de surface (cutané) à partir de plan d'eau et/ou ruisseau sur site	Travailleurs Adultes	NON	Absence d'eau de surface accessible et/ou utilisée sur site.
	Ingestion d'eau de surface à partir de plan d'eau et/ou ruisseau sur site	Travailleurs Adultes	NON	
	Ingestion potentielle de poisson en plan d'eau privé aval	Travailleurs Adultes	NON	
Sol/air/eaux Substances : Cf. ci-dessus	Transfert par les conduites enterrées (perméation et contamination eau potable) et inhalation lors de la douche, ingestion eau et absorption cutanée (via l'air du sol - sol - eaux)	Travailleurs Adultes	NON	Mesure de gestion simple : mise en place sur l'ensemble du site de conduites anti perméation gaz projets neufs (fonte ductile, PEHD Tricouche...)

HCT : Hydrocarbures Totaux / PCB : Polychlorobiphényles / HAP : Hydrocarbures Aromatiques Volatils / COHV : Composés Organo-Halogénés Volatils / BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes

Tableau 4 : Synthèse des scénarii d'exposition « SUR SITE » – stade ARR prospective, suite investigations gaz du sol 2025

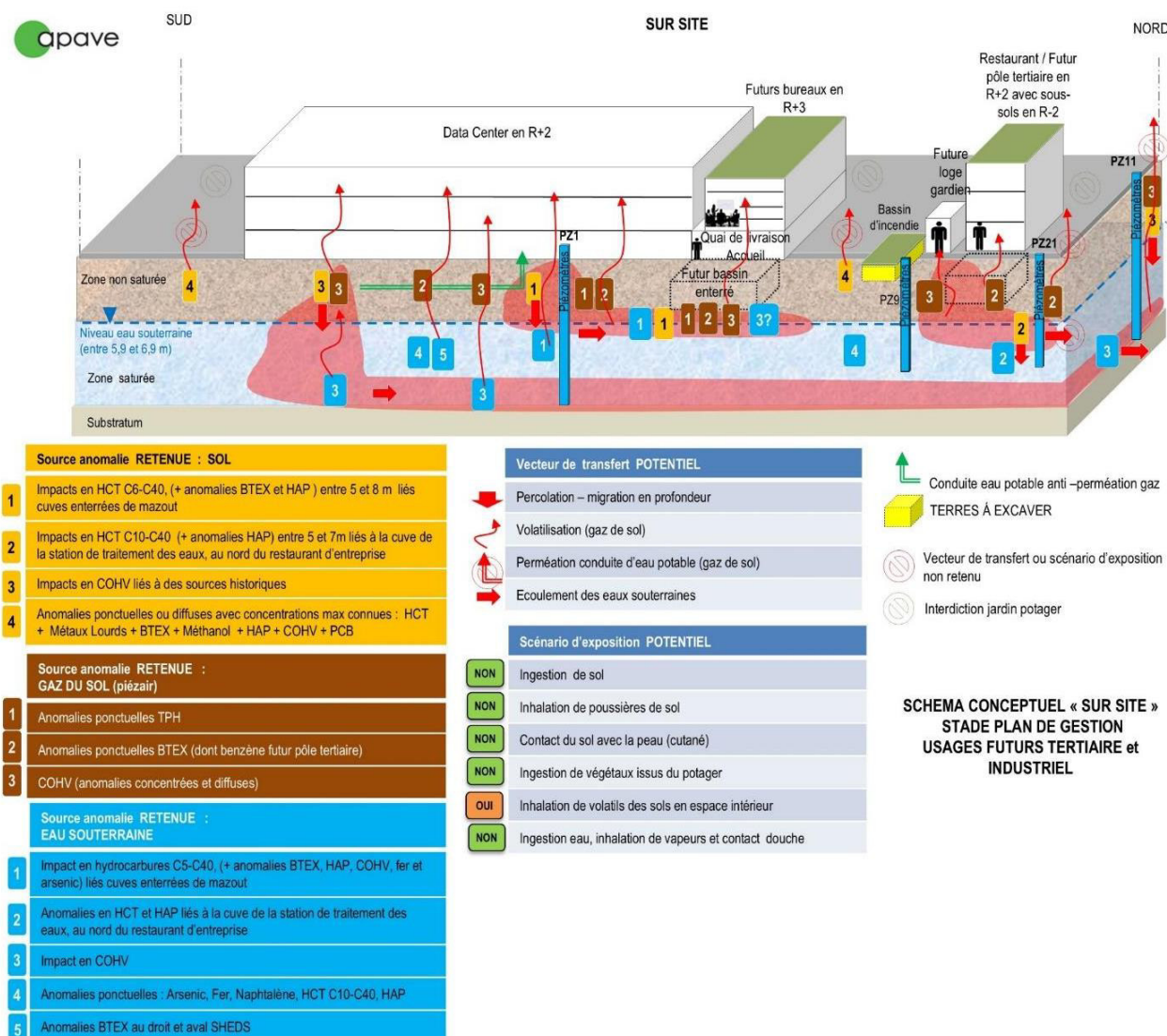


Figure 4 : Schéma conceptuel « SUR SITE », suite DIAG Air 2025 – stade ARR prospective

5.6.2. Hors site

Cf. rapport n° 22 910 LSO 25847 00 Q_IEM2 V1.

Les données disponibles montrent une migration des COHV hors du site Air France PVP via les eaux souterraines.

Les scénarios potentiels d'expositions retenus sont l'inhalation de substances volatiles dans l'air intérieur des bâtiments via les eaux souterraines et les gaz du sol et le transfert par les conduites enterrées (perméation et contamination eau potable).

Pour les usages fixés hors site en considérant les pollutions mesurées en place, le calcul de risque sanitaire indique pour le scénario considéré que les risques toxiques et cancérigènes sont acceptables.

A ce jour, l'étendue du panache en PCE et TCE n'est pas connue.

En l'absence de cibles et d'usages sensibles sur plusieurs km à l'aval du site Air France PVP, de la suppression des sources et impacts en COHV sur le site Air France PVP et de la compatibilité sanitaire avec un usage tertiaire, il convient à ce jour de mettre en place une surveillance des eaux souterraines hors site avant, pendant et après la phase de dépollution du site Air France PVP, ainsi que deux campagnes de mesures des eaux du robinet au droit des zones les plus proches des zones d'études concernées.

Conformément à la demande de la DRIEAT datée du 22 juin 2023, réf. D2023-0619, Air France réalise une surveillance environnementale des eaux souterraines hors du site depuis octobre 2023.

Afin, de réaliser un bilan quadriennal, codifié BQ dans la norme NFX 31-620-2 de décembre 2021, cette surveillance des eaux souterraines est prévue sur une période de 4 ans.

6. ANALYSE DES ENJEUX SANITAIRES

6.1. Réglementation et guides méthodologiques

La présente étude se base, au moment de sa réalisation, sur la réglementation et les guides méthodologiques existants applicables.

6.2. Démarche méthodologique

L'évaluation porte sur les risques sanitaires liés à l'exposition chronique des populations (sensibles) aux substances à impact potentiel décelées lors des diagnostics environnementaux.

La méthodologie respecte les principes inscrits ou inspirés par les différents textes implicitement contenus dans le Code de l'Environnement :

- Le principe de prudence scientifique ; ce principe revient notamment à adopter en cas d'absence de données reconnues des hypothèses raisonnablement majorantes ;
- Le principe de proportionnalité ; la présente étude se base sur les données disponibles liées aux moyens mis en œuvre par les différents acteurs sur le site ;
- Le principe de spécificité ; la présente étude est pertinente par rapport aux usages futur du site et de son environnement.

L'évaluation des risques est menée dans le but de conclure sur un éventuel effet sur la santé (risque sanitaire) du site vis-à-vis de l'Homme (population sensible), lié à son exposition chronique⁽¹⁾ aux effets potentiels de ce site.

⁽¹⁾ Note sur la notion de chronique et subchronique.

Chez l'homme et chez l'animal, la toxicité subchronique et chronique sont distinguées :

- La toxicité subchronique correspond aux effets d'une administration répétée à court terme ;
- La toxicité chronique correspond aux effets d'une administration répétée à long terme et à faibles doses (exposition durable à un polluant).

En toxicité chronique, on distingue les effets systémiques (substance à effet à seuil) des effets cancérogènes (sans seuil). De même, une distinction doit être faite entre les valeurs d'exposition en milieu professionnelle et les valeurs d'exposition hors milieu professionnel.

Quatre étapes constituent la démarche d'évaluation des risques pour la santé (EQRS) :

1. L'identification du potentiel dangereux ou identification des dangers qui consiste en l'identification des effets indésirables que les substances sont intrinsèquement capables de provoquer chez l'Homme ;
2. L'évaluation de la relation dose-réponse : l'estimation de la relation entre la dose, ou le niveau d'exposition aux substances, et l'incidence et la gravité de ces effets ;
3. L'évaluation de l'exposition qui consiste en la détermination des voies de passage du polluant de la source vers la cible, ainsi qu'en l'estimation de la fréquence, la durée et l'importance de l'exposition ;
4. La caractérisation des risques qui correspond à la synthèse des informations issues de l'évaluation de l'exposition et de l'évaluation de la toxicité sous la forme d'une expression qualitative et si possible quantitative du risque.

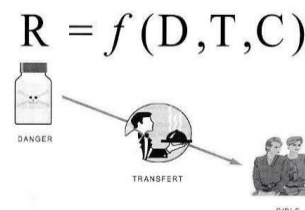
Pour un scénario donné, le risque sanitaire par substance est obtenu en procédant au calcul d'un Quotient de Danger (QD⁽²⁾) et de l'Excès de Risque Individuel (ERI⁽³⁾), et en comparant les résultats obtenus aux critères sanitaires en vigueur :

⁽²⁾ QD ou IR (Indice de Risque) : est calculé en faisant le rapport entre la Dose Journalière d'Exposition (DJE) ou la Concentration Moyenne dans l'Air (CMA ou CI) et la Valeur Toxicologique de Référence (VTR) pour la voie considérée.

⁽³⁾ ERI : est calculé en multipliant la DJE ou la CMA par la valeur toxicologique (Excès de Risque Unitaire (ERU⁽¹⁾))

Les modèles d'évaluation des risques pour la santé humaine reposent sur le concept « sources-vecteurs-cibles » :

1. Source de substances à impact potentiel ;
2. Transfert des substances (par un « vecteur ») vers un point d'exposition ;
3. Exposition à ces substances des populations (ou « cibles ») situées au point d'exposition.



Les informations sur les « sources » sont extraites des résultats des investigations de terrain (présentés plus haut).

Dans les modèles utilisés, l'hypothèse d'une source infinie (transport de masse permanent) est faite, ce qui est sécuritaire.

6.3. Outil de modélisation utilisé : le logiciel MODUL'ERS

Les calculs ont été réalisés à partir du logiciel MODUL'ERS de l'INERIS Version 2.0.1.

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

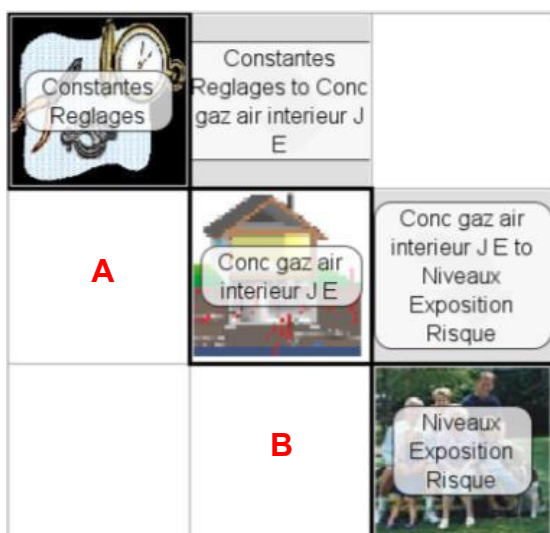
MODUL'ERS est un outil logiciel pour la réalisation des évaluations prospectives des risques sanitaires effectuées dans le cadre de l'analyse des effets sur la santé des Installations Classées Pour l'Environnement (ICPE) et pour la réalisation des Analyses de Risques Résiduels (ARR) des sites et sols pollués.

Il permet d'estimer les concentrations dans les milieux, les niveaux d'exposition et les niveaux de risque en fonction du temps. Il consiste en une plateforme de modélisation et de simulation et en une bibliothèque de modules, basée sur le manuel référencé DRC-08—94882-16675B (INERIS, 2010) et intitulé « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle ».

MODUL'ERS permet de :

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

Plus précisément pour cette étude, les schémas de modélisation suivant ont été appliqués :



Avec comme modules de modélisation :

- **A : Conc gaz air intérieur J E** : Le module est basé sur les équations du modèle de Johnson et Ettinger (USEPA, 2004; Johnson et al., 1991). Il permet le calcul des concentrations gazeuses attendues dans l'air d'un bâtiment à partir d'une source sol ou d'une source nappe et l'estimation des concentrations attendues dans un bâtiment ;
- **B : Niveaux Exposition Risque** : 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'individu (défini par l'âge en début d'exposition et la date au début de l'exposition), et d'autre part les niveaux de risques chroniques pour des effets cancérogènes et non cancérogènes.

6.4. Généralités sur les mécanismes de transfert des polluants

Dans le sol non saturé en place, un polluant organique se trouve sous trois formes (bilan de masse triphasique) :

- Une fraction est fixée sur la matière solide du sol ;
- Une autre se trouve en solution dans l'eau des pores de ce sol ;
- Enfin, une partie est sous forme de vapeur dans l'air de ces pores.

La théorie montre que :

- Les fractions dissoutes et fixées sur le solide sont dans un rapport fonction de la teneur en carbone organique du sol (f_{oc}) et d'un coefficient de partage entre l'eau et ce carbone organique, dénommé Koc, caractéristique de la substance ;
- Les fractions vapeurs et dissoutes sont dans un rapport appelé constante de Henry de la substance considérée.

Mécanisme de transport - transfert diffusif

Phénomène de diffusion moléculaire : lorsque deux volumes d'air ayant des concentrations différentes en substances sont en présence, les substances se déplacent de façon à tendre vers une concentration homogène des deux volumes d'air (déplacement du à l'agitation brownienne).

Mécanisme de transport - transfert convectif

Phénomène induit par une différence de pression : le moteur de la convection est la différence de pression entre le sol et l'intérieur de l'habitation, entraînant un mouvement d'air depuis le sol vers le bâtiment. Les origines du gradient de pression sont :

- Les différences de température entre l'intérieur et l'extérieur de l'habitat ;
- La surpression du vent sur les façades de l'habitat ;
- La présence d'appareils de ventilation mécanique.

L'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (E.Q.R.S.) se base sur ces notions pour notamment les calculs d'exposition par inhalation de vapeurs émises.

Il est à retenir également que les concentrations dans l'air du sol et dans le sol sont limitées par les valeurs correspondant à la limite de solubilité de la substance considérée dans l'eau (à l'équilibre). Cela signifie qu'au-delà d'un certain niveau de pollution dans les sols ou les eaux souterraines, la concentration des vapeurs émises dans l'air du sol atteint un maximum et constitue donc une limite physique au scénario inhalation.

6.5. Identification des dangers

6.5.1. Scénarii d'exposition retenus

Sur la base des données disponibles, le schéma conceptuel retient les cibles et voies de transfert suivantes :

- Voies de transfert :
 - inhalation de composés volatils en intérieur,
- Cibles :
 - futurs travailleurs (adultes).

Dans ce contexte, le scénario d'exposition retenu dans le cadre de la présente étude est le suivant :

- Inhalation de composés volatils en milieu intérieur pour les travailleurs (adultes).

6.5.2. Identification et caractéristiques des sources

Les substances retenues pour l'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires dénommées également éléments traceurs du risque sont issues des résultats des investigations réalisées lors des diagnostics initial et approfondi.

Les composés sont retenus sur la base de :

- leur présence en tant qu'anomalie anthropique dans les sols ;
- leur mobilité et notamment leur volatilité ;
- leur toxicité, et la disponibilité de « Valeurs Toxicologique de Référence » (VTR) pour la voie d'exposition considérée.

Au droit du site d'étude, les contaminations retenues concernent les milieux sols, eaux souterraines et gaz des sols.

Les données récoltées lors des investigations antérieures serviront de base pour les calculs de risques présentés ci-après. Il sera également considéré que les zones de pollution concentrée seront traitées conformément aux dispositions présentées dans le plan de gestion.

Pour les voies d'exposition liées à l'inhalation d'air, l'évaluation des risques sanitaires sera réalisée sur la base des anomalies actuellement retenues sur le milieu gaz du sol, considéré comme intégrateur des contaminations sols et eaux souterraines.

Ainsi, les concentrations considérées sont issues des diagnostics antérieurs, en privilégiant les données les plus proches des différents lieux d'exposition, soit :

- les piézaires Pza33 et 34 pour le bâtiment « Bureaux » ;
- le prélèvement d'air sous dalle ASD13 pour le bâtiment « Pôle tertiaire » ;
- le piézair Pza35 pour le bâtiment « poste de garde ».

6.5.3. Budgets espace-temps

Les budgets espace-temps de ce scénario ont été définis après échange avec le donneur d'ordre, en fonction des activités projetées, de la configuration des futurs bâtiments et des cibles identifiées.

Ces budgets espace-temps sont synthétisés dans le tableau ci-après.

Nota : Aucune exposition n'est considérée pour le bâtiment « Centre de données », la présence de personnel de maintenance étant ponctuelle.

Paramètres des cibles	Bâtiment « Pôle tertiaire », « Bureaux » et « Poste de garde »	
	Valeurs considérées	Justification
Classe d'âge (an)	>18 ans	Travailleurs adultes
Date de début d'exposition	0	Exposition dès l'arrivée des cibles sur le site
Durée d'exposition	46 ans	Temps de carrière, valeur retenue sur la base de l'âge légal de départ à la retraite
Fraction d'exposition annuelle INTERIEUR	0,20	Hypothèse de travail pour les adultes : Présence en intérieur 220 j/an et 8 h/j (7h de travail + 1h de pause)

Tableau 5 : Budget espace-temps des cibles considérées

6.5.4. Concentrations considérées

En tenant compte des éléments précédents, les concentrations résiduelles maximales considérées dans la présente évaluation des risques sanitaires sont présentées dans le tableau suivant.

Éléments traceurs retenus pour la voie d'exposition « inhalation »	Pôle tertiaire - Teneurs maximales Gaz des sols (mg/m³)	Bureaux - Teneurs maximales Gaz des sols (mg/m³)	Poste de garde - Teneurs maximales Gaz des sols (mg/m³)
HC aromatiques C8-C10	/	2,37 (Pza 34)	/
HC aromatiques C10-C12	/	0,58 (Pza 34)	/
Xylènes somme	/	0,54 (Pza33)	/
Benzène	0,0021 (ASD13)	/	/
Trichloroéthylène	/	0,23 (Pza34)	3,79 (Pza35)
Tétrachloroéthylène	/	0,38 (Pza33)	0,61 (Pza35)

Entre parenthèses sont indiquées les références des échantillons ou ouvrages correspondant à la teneur mesurée.

Tableau 6 : Teneurs prises en compte en éléments traceurs pour chaque zone

6.6. Relation dose / effets pour les substances

6.6.1. Caractéristiques physico-chimiques des éléments traceurs du risque retenus

Les évaluations de risque font intervenir un nombre important de paramètres, et notamment des paramètres relatifs aux caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques des substances.

Les caractéristiques physico-chimiques des substances sont présentées en **Annexe 1**.

6.6.2. Définition des Valeurs Toxicologiques de Références

Cette étape concerne d'une part la description des symptômes pouvant être observés suite à une exposition à long terme, d'autre part le choix des Valeurs Toxicologiques de Référence (V.T.R.).

On distingue conventionnellement deux grands types d'effets chroniques :

- les effets non cancérogènes procédant par des mécanismes non génotoxiques (et non mutagènes) : ces effets dits systémiques sont considérés comme ne survenant que si une certaine dose d'exposition est atteinte et dépasse les capacités de détoxification de l'organisme. Il existe un seuil d'exposition en dessous duquel le danger ne peut pas se manifester ;
- les effets cancérogènes génotoxiques (et mutagènes) : ils ne sont pas considérés comme régis par un phénomène de seuil et peuvent apparaître quelle que soit la dose d'exposition. Dans ce cas, il existe une probabilité, infime mais non nulle, que l'effet se développe si une seule molécule pénètre dans le corps humain.

La relation dose-réponse est représentée par un indice, la Valeur Toxicologique de Référence (V.T.R.) dont la nature diffère selon l'effet :

- **Effet cancérogène ou sans seuil** pour lequel on définit un Excès de Risque Unitaire (ERU) : augmentation de la probabilité de l'effet sanitaire par unité d'augmentation de l'exposition. Pour le risque cancer, cet excès est conventionnellement calculé sur une vie entière (70 ans) ; pour d'autres effets, la durée est à préciser au cas par cas ;
- **Effet systémique** pour lequel sont définies des doses ou concentrations de référence jugées sans danger, compte tenu des connaissances scientifiques du moment ; il s'agit de valeurs limites d'exposition (MRL en anglais - Minimum Risk Levels), de Doses Hebdomadaires Tolérables (DHT), de Doses Journalières Admissibles (DJA) ou de Concentrations Admissibles dans l'Air (CAA). Ces indices sont déterminés selon différentes procédures de calcul, à partir des Doses Sans Effet Nocif Observé (DSENO) ou des Doses Minimum avec Effet Nocif Observé (DMENO) constatées généralement chez l'animal.

Des organisations nationales ou internationales éditent des monographies qui présentent l'intérêt de faire une synthèse des connaissances acquises sur les produits chimiques et leur toxicité. On peut citer parmi les plus connues, l'US-EPA, l'ATSDR, l'OMS et ses agences spécialisées (CIRC et IPCS). Au niveau européen, on dispose des listes élaborées par l'Union Européenne et, au niveau national, ou par la Commission de Toxicovigilance et le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France. Des bases de données existent sur support informatique, accessibles en ligne (via le réseau Internet) ou sur CD-ROM.

La sélection des substances à prendre en compte dans l'évaluation quantitative du risque sanitaire est réalisée :

- selon la démarche de l'INERIS (rapport n° INERIS-DRC-05-41113-ETSC/R01a) ;
- **et conformément à 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 ».**

L'objet de la sélection des traceurs du risque est d'évaluer les substances toxiques principalement émises qui sont des déterminants essentiels du risque potentiel lié au site. Les critères de sélection pour l'évaluation quantitative du risque pour la santé (EQRS) sont liés :

- A la toxicité des substances (bonne description, connaissances des mécanismes, littérature, base de données) ;
- A l'occurrence des effets associés aux substances en présence ;
- A la connaissance de la relation dose-effet attribuable à la substance, et le degré de confiance qui lui est associé ;
- A l'observation constatée de la substance dans l'environnement de l'installation, sa quantité émise ;
- A la spécificité de la substance par rapport à la source étudiée ;
- Au comportement de la substance dans l'environnement...

La méthodologie de choix de la Valeur Toxicologique de Référence (V.T.R.) est la suivante :

- La VTR doit appartenir à l'une des 8 bases de données suivantes :
 - ✓ Anses (Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail),
 - ✓ US-EPA (United States – Environmental Protection Agency),
 - ✓ ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Etats-Unis)),
 - ✓ OMS/IPCS (Organisation Mondiale de la Santé / International Program on Chemical Safety),
 - ✓ Santé Canada,
 - ✓ RIVM (Institut national de la Santé publique et de l'Environnement (Pays-Bas)),
 - ✓ OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment (antenne californienne de l'US-EPA),
 - ✓ EFSA (European Food Safety Authority) ;
- En cas de VTR disponibles dans plusieurs bases :
 - Sélection en premier lieu de la VTR proposée par l'ANSES (même si des VTR plus récentes sont proposées par les autres bases) ;
 - A défaut, sélection des VTR ayant fait l'objet d'une expertise nationale menée postérieurement à la date de la VTR la plus récente ;
 - Sinon, sélection de la VTR la plus récente dans les bases de l'US-EPA, ATSDR ou OMS ;
 - En dernier lieu, sélection de la dernière VTR proposée par Santé Canada, RIVM, OEHHA ou EFSA.

NB : Pour les composés qui disposent de valeurs de gestion pour un milieu d'exposition, les concentrations estimées sont comparées à celles-ci mais ne font pas l'objet de calculs pour ce milieu d'exposition.

Pour les autres composés, les Valeurs Toxicologiques de Référence disponibles et retenues dans le cadre de la présente Analyse des Risques Résiduels sont présentées dans le tableau suivant.

Substances	N° CAS	Inhalation à seuil <i>mg/m³</i>	Inhalation sans seuil <i>(mg/m³)⁻¹</i>
Hydrocarbures			
C8 - C10 / Aromatique	TPHCWG	2,00E-01 <i>TPHCWG - 1999</i>	/
C10 - C12 / Aromatique	TPHCWG	2,00E-01 <i>TPHCWG - 1999</i>	/
BTEX			
Benzène	71-43-2	9,75E-03 <i>ATSDR – 2007 Expertise ANSES - 2024</i>	1,60E-03 <i>ANSES – 2024</i>
Xylènes	1330-20-7	1,00E-01 <i>US EPA – 2003 Expertise ANSES 2020 - Expertise R1 2021</i>	/
COHV			
Trichloroéthylène	79-01-6	3,2E+00 <i>ANSES – 2018</i>	1,00E-03 <i>ANSES – 2018</i>
Tétrachloroéthylène	127-18-4	4,00E-01 <i>ANSES - 2024</i>	2,60E-04 <i>ANSES – 2024</i>

Tableau 7 : Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues pour l'analyse des enjeux sanitaires

6.7. Évaluation des expositions

L'approche retenue pour l'évaluation des expositions et des risques est une approche « composé par composé », notamment pour les Valeurs Toxicologiques de Référence VTR et les paramètres physico chimiques (absence de modélisation et de calculs de risques sanitaires en cas d'absence de données).

6.7.1. Modèles de transfert / exposition utilisés et choix des données d'entrée

➤ Nature des sols

Aucune analyse granulométrique n'a été réalisée dans le cadre des diagnostics menés sur site. Les données considérées seront donc celles observées au niveau des échantillons montrant les concentrations sélectionnées, soit majoritairement des limons sableux à argileux (couche source et couche 2 utilisées dans MODUL'ERS).

Les données d'entrée assimilées au type de sol retenu sont présentées dans le tableau suivant.

Paramètre	Unité	Valeur retenue	Remarque APAVE	Référence MODULERS
SOL				
Température du sol	K	2,90E+02	Fonction de la météo	Température moyenne annuelle en France
Teneur en eau de la couche contenant la source sol	sans unité	1,03E-01	Valeurs Johnson-Ettinger Couche source : limons sableux (approche sécuritaire)	
Porosité de la couche contenant la source sol	sans unité	3,87E-01		
Teneur en carbone organique	sans unité	2,00E-03	Valeur par défaut Johnson-Ettinger	
Masse volumique des particules du sol	kg/m3	2,65E+03		Brady et al. (2008)
Epaisseur de la couche 2 de la ZNS	m	0,3	Profondeur minimale de l'horizon crépiné des piézairs : Bureaux : en Pza33 et Pza34, tube plein de 0 à 0.3m uniquement	
		1	Poste de garde : en Pza35, 1m de tube plein	
		0,3	Tertiaire : prélèvement d'air sous dalle en sous-sol du restaurant actuel (tube plein de la canne gaz : 30cm)	
Perméabilité intrinsèque de la couche 2	m²	5,93E-13	Valeurs Johnson-Ettinger Couche 2 : limons sableux	
Perméabilité air relative	cm²	9,01E-01		
Porosité de la couche de sol 2	Sans unité	3,87E-01		
Teneur en eau de la couche de sol 2	Sans unité	1,03E-01		
Epaisseur couche 1	m	0	Sol considéré homogène	
Viscosité dynamique de l'air	g/cm/s	1,80E-04		Valeur par défaut INERIS

Tableau 8 : Données d'entrée assimilées au type de sol retenu

➤ Inhalation de composés volatils

Les modèles de transfert et d'exposition utilisés, selon les scénarii, sont présentés dans le tableau suivant. Ces modèles ont considéré des sources infinies. Les équations sont disponibles dans le rapport INERIS « RAPPORT D'ÉTUDE de Mars 2014 – Guide d'utilisateur MODUL'ERS n°DRC-14-141968-00696A ».

Le détail des données d'entrée des modélisations est fourni en **annexe 2**.

Les données d'entrée utilisées dans le modèle de transfert « **Conc gaz air intérieur JOHNSON ETTINGER** » pour les sols et les bâtiments sont synthétisées dans le tableau suivant.

Paramètre	Unité	Valeur retenue	Remarque APAVE	Référence MODULERS
BATIMENT				
Dépression entre l'intérieur du bâtiment (lieu où a lieu l'émission) et le sol	kg/m/s2	4	Valeur conservatrice par défaut - Loureiro et al., 1990; Grimsrud et al., 1983	USEPA (1997, 2004), Johnson et al. (1991), RIVM (1996, 2008)
Epaisseur de la dalle du bâtiment	m	0,15 0,1	Données projet bâtiments « bureau » et « tertiaire » Hypothèse de travail pour le bâtiment « poste de garde »	
Profondeur de la surface inférieure de la dalle par rapport à la surface du sol	m	0,15 0,1	Hypothèse d'une dalle directement sous le niveau de la surface du sol	
Rayon de fissure	m	1,00E-03		
Longueur / largeur	m	3 / 4	Pièce de 12 m² pour le bâtiment « Pôle tertiaire », correspondant au bureau du directeur de la salle de sport en R-1	
		4 / 5	Pièce de 20 m² pour le bâtiment « Bureaux », correspondant à la zone d'accueil en RDC (seul espace avec exposition chronique en RDC, les bureaux étant situés en R+1 et R+2)	
		4 / 4	Pièce de 16m² pour le bâtiment « poste de garde »	
Hauteur	m	2,5	Donnée projet	
Taux de renouvellement d'air dans la zone du bâtiment où a lieu l'émission	s ⁻¹	1,25E-04	0,45 vol/h Moyenne pour tout type de locaux résidentiels (Guide EAP : Exposure Factors Handbook - Octobre 2011) -	
			Approche sécuritaire en l'absence de donnée projet	
Taux de transfert entre le lieu où a lieu l'émission et le lieu de vie	sans unité	1	Exposition dès le premier niveau de chaque bâtiment considéré	

Tableau 9 : Modèles de transfert / exposition utilisées pour l'analyse des enjeux sanitaires

6.7.2. Paramètres physico chimiques des éléments traceurs retenus

Les paramètres physico chimiques des éléments traceurs retenus (coefficients de diffusion, constantes de Henry, masses molaires....) et leurs sources bibliographiques sont précisés directement dans les rapports de modélisation MODUL'ERS (présentés en annexe).

6.7.3. Détermination des doses d'expositions

A l'aide des concentrations d'exposition (environnement) et des facteurs d'expositions (facteurs humains), on détermine la quantité de polluant administrée (part de l'absorption). Cela correspond en fait à déterminer la quantité de polluant mise au contact des surfaces d'échanges (paroi alvéolaire, paroi intestinale, peau) de la population. D'une manière générale, les quantités de polluants administrées s'expriment sous la forme d'une Dose Journalière d'Exposition (DJE) pouvant se définir de la façon suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{C_i \times Q_j \times F \times T}{P \times T_m}$$

Avec :

DJE_{ij} : dose journalière d'exposition liée à une exposition au milieu i par la voie d'exposition j (en mg/kg jour)

C_i : concentration d'exposition relative au milieu i (eaux, sol, aliment,...) exprimée en mg/kg, mg/m³ ou mg/l

Q_j : quantité de milieu i, c'est à dire de sol, d'eau... administrée par la voie j par jour, exprimé en kg/jour pour les milieux solides et en m³/jour ou l/j pour les milieux gazeux ou liquides

F : fréquence ou taux d'exposition : nombre annuel d'heures ou de jours d'exposition ramené au nombre total annuel d'heures ou de jours (sans unité)

P : poids corporel de la cible (kg)

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

T : durée d'exposition (années)

Si, pour la voie d'exposition j, plusieurs milieux sont concernés, il faut alors calculer une DJE totale :

$$DJE_{ij} = \sum_i DJE_{ij}$$

Dans le cas particulier de polluants atmosphériques et pour la voie unique d'exposition par inhalation, la dose d'exposition est généralement remplacée par la concentration inhalée. Lorsque l'on considère des expositions chroniques (longues durées), on s'intéresse à la concentration moyenne inhalée par jour, retranscrite par :

$$CI = \frac{C_i \times t_i \times F \times T}{T_m}$$

Avec :

CI = concentration moyenne dans l'air inhalé (mg/m³ ou µg/m³),

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

t_i = fraction de temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée,

T : durée d'exposition (en années),

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

T_m : période de temps sur laquelle l'exposition est moyennée (en années).

Pour les effets à seuil des polluants, les quantités administrées seront moyennées sur la durée de l'exposition (T_m = T).

Pour les effets sans seuil des polluants, T_m sera assimilé à la durée de vie entière (prise conventionnellement égale à 70 ans).

Cette distinction repose sur l'hypothèse d'un mécanisme d'action différent dans chacun des deux cas. Pour les effets à seuil, le risque est associé au dépassement d'une dose donnée pendant la période d'exposition. Pour les effets sans seuil, on considère que l'effet de chaque dose reçue isolément s'ajoute sans aucune perte et que la survenue de la réponse cancéreuse est fonction de la somme totale des doses reçues ; une forte dose sur une courte période produit le même effet qu'une plus faible dose reçue sur une période plus longue. Dans ce cas, le risque s'exprime sous la forme d'une probabilité d'occurrence qui augmente avec la dose reçue tout au long de la vie.

6.8. Evaluation et caractérisation des risques

6.8.1. Modalités d'évaluation du risque

Le danger est une propriété intrinsèque d'une substance. Le risque est une probabilité d'expression d'un danger qui dépend du potentiel dangereux et de l'exposition.

Estimation du risque pour les effets à seuil :

Pour les effets à seuil, la possibilité de survenue d'un effet toxique chez la cible ne s'exprime pas par le calcul d'une probabilité. Cette probabilité de survenue est représentée par un indice de risque IR.

$$IR = DJE / Rfd$$

Lorsque cet indice est inférieur à 1, la survenue d'un effet toxique apparaît peu probable même pour les populations sensibles. Au-delà de 1, la possibilité d'apparition d'un effet toxique ne peut plus être exclue.

Estimation du risque pour les effets sans seuil :

Pour les effets sans seuil, un excès de risque individuel (ERI) est calculé en multipliant la dose journalière d'exposition (DJE) par l'excès de risque unitaire par voie orale (ERUo) ou la concentration inhalée (CI) par l'excès de risque unitaire par inhalation (ERUi).

$$ERI = DJE \times ERUo \text{ ou } ERI = CI \times ERUi$$

Aux faibles expositions, l'hypothèse est faite d'une relation linéaire entre l'effet et l'exposition, l'ERUo et l'ERUi sont donc des constantes.

L'ERI représente la probabilité qu'un individu a de développer l'effet associé à la substance pendant sa vie du fait de l'exposition considérée.

6.8.2. Comparaison aux valeurs de gestion

Dans le cadre des analyses des enjeux sanitaires Sites et Sols Pollués, il convient de comparer, pour un milieu d'exposition donné, les concentrations mesurées ou modélisées en substances chimiques aux valeurs de gestion disponibles, conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 et au document INERIS DRC-19-180783-04768A « Evaluation des Risques sanitaires – Conduite à tenir en cas de valeurs de gestion » - Juin 2019.

Les substances pour lesquelles des valeurs de gestion existent ne doivent pas être intégrées dans les calculs de risques pour le milieu étudié si les concentrations modélisées sont inférieures à ces valeurs.

Pour l'Air intérieur, l'utilisation des valeurs s'opère dans l'ordre de priorité suivante :

- 1) les valeurs définies dans le Code de l'Environnement pour la qualité de l'air intérieur (valeurs guides pour l'air intérieur VGAI et pour certains ERP, valeurs seuils pour action et information du préfet) :
 - VGAI Code de l'Environnement : niveau de concentration de polluants dans l'air intérieur fixé, pour un espace clos donné, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine, à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné - Source : Article R221-29 du Code de l'Environnement ;
- 2) les valeurs élaborées par le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP), dont valeur repère de l'air intérieur VRAI et valeur d'action rapide VAR :
 - VRAI HCSP : concentration en dessous de laquelle il n'y a pas d'action spécifique à engager à court terme. En termes de gestion, elle peut être considérée comme une teneur maximale provisoire vis-à-vis du polluant considéré dans les conditions d'occupation régulière d'un local au long cours, sa valeur devant tendre vers la VGAI ANSES selon un calendrier déterminé pour chaque polluant - Source : Rapport "Valeurs repères d'aide à la gestion de la qualité de l'air intérieur- Présentation de la démarche méthodologique" - HCSP 2019,
 - VAR HCSP : concentration correspondant à un dépassement important de la VRAI qui doit conduire à identifier dans les plus brefs délais les causes de cette pollution élevée afin de les neutraliser en engageant à court terme des travaux et actions d'amélioration - Source : Rapport "Valeurs repères d'aide à la gestion de la qualité de l'air intérieur- Présentation de la démarche méthodologique" - HCSP 2019 ;
- 3) les Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur (VGAI) publiées par l'ANSES :
 - VGAI ANSES : concentrations dans l'air d'une substance chimique en dessous desquelles, en l'état actuel des connaissances, aucun effet sanitaire ou aucune nuisance ayant un retentissement sur la santé n'est attendu pour la population générale - Source : ANSES - <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualit%C3%A9-d%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-vgai>

La comparaison à ces différentes valeurs est présentée dans le tableau suivant.

Composé	Valeur de gestion (mg/m³)	Concentration modélisée dans l'air intérieur (mg/m³)		
		Bâtiment « Pôle tertiaire »	Bâtiment « Bureaux »	Bâtiment « Poste de garde »
Aromatiques C8-C10	/	/	8,45E-04	/
Aromatiques C10-C12	/	/	2,06E-04	/
Xylènes	/	/	1,94E-04	/
Trichloroéthylène	1,00E-02 (VRAI du HCSP)	/	8,28 E-05	1,46 E-03
Tétrachloroéthylène	4,00E-01 (VGAI long terme ANSES)	/	1,36E-04	2,32 E-04
Benzène	2,00E-03 (VGAI Code de l'Environnement)	9,74E-07	/	/

Tableau 10 : Comparaison des concentrations dans l'air intérieur avec les valeurs de gestion

Les concentrations en benzène, trichloroéthylène et/ou tétrachloroéthylène modélisées dans l'air intérieur des bâtiments considérés étant inférieures aux valeurs de gestion retenues, ces composés ne seront pas intégrés dans les calculs de risques qui suivent.

6.8.3. Résultats des calculs de risques

Les quotients de danger (QD) et les excès de risque individuels (ERI) calculés pour chaque substance et pour chaque scénario sont présentés dans la suite.

Le cumul des effets entre voies et substances se traduit, en toute rigueur, par la sommation des quotients de danger ou des excès de risque individuel, selon les règles suivantes :

- Pour les effets à seuil : à l'addition des quotients de danger, uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible ;
- Pour les effets sans seuil : à l'addition de tous les excès de risque individuel.

En première approche maximisante, toutes les substances ont été cumulées en fonction de leur caractère toxique (sans distinction des organes cibles) ou cancérigène.

Les critères d'acceptabilité des risques calculés sont ceux qui sont usuellement retenus au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé. Ces critères doivent donc impérativement être les suivants :

- Pour les effets à seuils, le quotient de danger théorique doit être inférieur à 1 ; l'apparition d'un effet toxique ne peut être exclue lorsque la valeur du quotient de danger est supérieure à 1 (uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible) ;
- Pour les effets sans seuils, la somme des excès de risque individuels théorique doit être inférieure à 1.10^{-5} (probabilité d'apparition d'un cas supplémentaire de cancer sur une population de 100 000 personnes exposées).

Source : Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués / Avril 2017

Le tableau suivant synthétise les valeurs de risque obtenues par lieu considéré.

Voie d'exposition	Lieu d'exposition	Cible	QD / ERI
Inhalation air intérieur	Bâtiment « Pôle tertiaire »	Adulte	Non considéré du fait du respect de la valeur de gestion en benzène
	Bâtiment « Bureaux »	Adulte	QD = 1,44E-03 ERI = /
	Bâtiment « Poste de garde »	Adulte	Non considéré du fait du respect des valeurs de gestion en tri et tétrachloroéthylène

Tableau 11 : Synthèse des résultats de calculs de risques

Sur la base des sources, modes et scénario d'expositions considérés, des hypothèses retenues sur les VTR et des concentrations maximales retenues, les résultats indiquent, pour les scénarii étudiés :

- un respect de la valeur de gestion pour la concentration modélisée en air intérieur du bâtiment « Pôle tertiaire », donc une compatibilité sanitaire ;
- un respect des valeurs de gestion pour les concentrations modélisées en air intérieur du bâtiment « Poste de garde », donc une compatibilité sanitaire ;
- des quotients de danger cumulés acceptables ($QD < 1$) pour la voie d'exposition par inhalation en air intérieur du bâtiment « Bureaux ».

Nota : En l'absence de VTR sans seuil pour les hydrocarbures volatils et les xylènes, aucune valeur d'ERI n'a pu être établie.

Le détail des résultats par composé est présenté en **Annexe 3**.

7. INCERTITUDES

7.1. Etude qualitative des incertitudes

7.1.1. Incertitudes portant sur la définition des cibles et des usages

L'évaluation quantifiée des risques sanitaires a été menée en considérant les caractéristiques du projet d'aménagement connues à la date du présent rapport.

Pour toute autre affectation des terrains, il est nécessaire de reprendre les calculs de risques sanitaires. Si d'autres scénarii devaient être envisagés, de nouveaux calculs seraient nécessaires.

7.1.2. Concentrations retenues

Les concentrations retenues dans les gaz des sols pour les calculs de risques ont été les valeurs maximales mesurées lors des différentes phases d'investigations de terrain.

Les ouvrages considérés (piézairs ou air sous dalle) sont ceux situés au droit des futurs bâtiments du nouveau projet, à savoir :

- Bâtiment « tertiaire » : ASD13 ;
- Bâtiment « bureaux » : Pza 33 et 34 ;
- Bâtiment « poste de garde » : Pza35.

Pour ce qui est de la somme des xylènes, elle a été assimilée au « o-xylène », qui représente la concentration majoritaire de la somme de ces composés.

Par ailleurs, les prélèvements sont réalisés à un instant t. Ils présentent donc une incertitude quant à leur représentativité. Les investigations et analyses ont été réalisées selon une approche proportionnée aux enjeux, au projet, délais et coûts de réalisation.

L'approche proportionnée mise en œuvre ne permet pas toutefois de lever la totalité des incertitudes. La présence de poches de pollution avec des concentrations plus importantes ne peut être exclue.

7.1.3. Caractéristiques physico-chimiques des polluants et valeurs toxicologiques de référence

En ce qui concerne les valeurs physico-chimiques et toxicologiques, la valeur la plus pénalisante a été retenue à chaque fois que nous disposions de plusieurs sources de données, dans la limite où cette valeur a été validée par un organisme international.

Les relations dose-réponse utilisées dans la présente étude sont celles disponibles en l'état actuel des connaissances.

Dans une approche sécuritaire, toutes les substances ont été cumulées en fonction de leur caractère toxique (sans distinction des organes cibles) ou cancérigène.

7.1.4. Incertitudes liées aux modèles utilisés

Les scénarios d'exposition retenus dans le cadre de la présente étude ont nécessité la réalisation des modélisations suivantes :

- Modélisation du milieu gaz du sol vers l'air ambiant intérieur :

Le modèle de JOHNSON ET ETTINGER a été retenu dans le cadre de cette modélisation. Ce dernier est reconnu internationalement et est recommandé par l'USEPA. Ce modèle prend en compte simultanément les phénomènes de convection et de diffusion, ce qui se rapproche des phénomènes observés dans les sols ;

A noter que les calculs de diffusion vers l'air intérieur ont été établis pour une source infinie.

7.2. Évaluation quantitative des incertitudes

Pour affiner l'évaluation des incertitudes, une étude de sensibilité des principaux paramètres intervenant dans le calcul de risque a été réalisée.

Nous avons fait ainsi varier les paramètres considérés comme les plus sensibles selon notre expérience, soit la nature des sols.

La modélisation a considéré une lithologie de limons sableux majoritairement observée lors des différentes phases d'investigations.

Des horizons sableux ou de remblais ont également été observés.

La sensibilité de ce paramètre a été évaluée en considérant une lithologie de sables graveleux pour la couche source et la couche 2.

Les données d'entrée suivantes ont ainsi été considérées :

Paramètre	Unité	Valeur retenue	Remarque APAVE	Référence MODUL'ERS
Porosité de la couche contenant la source sol	Sans unité	3,80E-01	Valeurs Johnson-Ettinger Couche source et couche de diffusion : sables graveleux	
Teneur en carbone organique de la couche contenant la source sol	sans unité	2,00E-03		
Porosité de la couche de sol 2	Sans unité	3,80E-01		
Teneur en eau de la couche de sol 2	Sans unité	5,40E-02		
Perméabilité intrinsèque de la couche 2	m ²	9,92E-12		
Perméabilité relative à l'air	Sans unité	9,98E-01		
Epaisseur couche 1	m	0		

Tableau 12 : Variation du paramètre lithologie

Les calculs de risques pour l'inhalation d'air intérieur évoluent comme suit :

- Au droit du bâtiment « Bureaux » :

Lithologie couche source	QD adulte Bâtiment « Bureaux »	ERI adulte
Sables limoneux (scénario de base)	1,44E-03	/
Sables graveleux (incertitude testée)	1,80E-02	/

Tableau 13 : Incertitude variation de la lithologie (inhalation air intérieur bâtiment « Bureaux »)

Les valeurs de gestion air intérieur pour le tri et tétrachloroéthylène restent respectées (1,09E-03 et 1,74E-03).

La variation de ce paramètre n'est pas de nature à remettre en cause les conclusions de la présente étude pour le bâtiment « Bureaux ».

- Pour le bâtiment « Poste de garde », la valeur de gestion air intérieur pour le tétrachloroéthylène reste respectée (1,67E-03), mais celle pour le trichloroéthylène est supérieure à la valeur de gestion (1,11E-02).

Toutefois, en considérant en la lithologie de sable graveleux et un taux de renouvellement de 1,5vol/h (4.17E-04 / moyenne pour tout type de locaux non résidentiels - Guide EAP : Exposure Factors Handbook - Octobre 2011), les valeurs de gestion air intérieur pour le tri et tétrachloroéthylène sont alors respectées (3.36E-03 et 5.04E-04).

Il en est de même avec une hypothèse de taux de renouvellement de 1 vol/h (2.8E-04), pour lequel les valeurs de gestion en air intérieur pour le tri et tétrachloroéthylène sont alors respectées (5.00E-03 et 7.49E-04).

La variation du paramètre lithologie est de nature à réévaluer les conclusions de la présente étude pour le bâtiment « Poste de garde ». Par mesure de précaution, il est donc préconisé de prévoir une action sur cette zone dans le cadre de l'aménagement, telle qu'une purge des sols avant construction du bâtiment poste de garde et/ou la mise en place d'une ventilation mécanique permettant un taux de renouvellement d'air d'a minima 1 volume / heure.

- Pour le bâtiment « Pôle tertiaire », la valeur de gestion air intérieur pour le benzène reste respectée (1,E-05).

La variation de ce paramètre n'est pas de nature à remettre en cause les conclusions de la présente étude pour le bâtiment « tertiaire ».

7.3. Evaluation globale des incertitudes

Les hypothèses testées sont réalistes et intègrent le principe de précaution. Les incertitudes calculées sont potentiellement de nature à réévaluer les conclusions de la présente étude.

Une action est donc requise au droit du bâtiment « Poste de garde » afin de tenir compte du principe de précaution.

8. CONCLUSION

La présente étude d'évaluation des risques sanitaires a été réalisée, à la demande de la société HINES, dans le cadre d'un projet d'acquisition de l'ancien site Air France de Paray-Vieille-Poste (91).

Elle vise à statuer sur la compatibilité sanitaire entre les concentrations résiduelles après gestion des pollutions concentrées et l'usage mixte industriel/tertiaire projeté.

En l'état actuel des connaissances, le projet de l'acquéreur prévoit la réalisation de :

- En partie Nord, un bâtiment « Pôle tertiaire » en R+2 avec 1 niveau de sous-sol où une salle de sport sera aménagée ;
- En partie Sud, un bâtiment « Centre de données » en R+2, bordé au nord par des bureaux et une zone de livraison ;
- Un poste de garde à l'entrée du site, à l'Est ;
- Des places de stationnement en extérieur.

➤ Sources retenues

Les composés traceurs ont été retenus sur la base de :

- Leur présence en tant que concentrations résiduelles quantifiables dans les gaz des sols ;
- Leur toxicité, et la disponibilité de « Valeurs Toxicologique de Référence » (VTR) pour les voies d'exposition considérées et de facteurs de bioconcentration.

Sur cette base, les polluants traceurs suivants ont été retenus :

- benzène pour le bâtiment « Pôle tertiaire » ;
- hydrocarbures (C8-C12 aromatiques), xylènes, trichloroéthylène et tétrachloroéthylène pour le bâtiment « Bureaux » ;
- trichloroéthylène et tétrachloroéthylène pour le bâtiment « poste de garde ».

Nota : Aucune exposition n'est considérée pour le bâtiment « Centre de données », la présence de personnel de maintenance étant ponctuelle.

➤ Vecteurs

Les voies d'exposition retenues concernent l'inhalation de composés volatils en milieu intérieur.

➤ Cibles

Les cibles retenues sont les futurs usagers du site, adultes travailleurs.

➤ Résultats des calculs

Le tableau suivant synthétise les résultats des calculs de risques réalisés.

Voie d'exposition	Lieu d'exposition	Cible	QD / ERI
Inhalation air intérieur	Bâtiment « Pôle tertiaire »	Adulte	Non considéré du fait du respect de la valeur de gestion
	Bâtiment « Bureaux »	Adulte	QD = 1,44E-03 ERI = /
	Bâtiment « Poste de garde »	Adulte	Non considéré du fait du respect des valeurs de gestion

Tableau 14 : Synthèse calculs de risques

Nota : Conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 et au document INERIS DRC-19-180783-04768A « Evaluation des Risques sanitaires – Conduite à tenir en cas de valeurs de gestion » - Juin 2019, les concentrations en benzène, trichloroéthylène et/ou tétrachloroéthylène modélisées dans l'air intérieur des bâtiments considérés étant inférieures aux valeurs de gestion retenues, ces composés n'ont pas été intégrés dans les calculs de risques.

Sur la base des données retenues, l'étude de risques réalisée a permis de mettre en évidence :

- un respect de la valeur de gestion pour la concentration modélisée en air intérieur du bâtiment « Pôle tertiaire », donc une compatibilité sanitaire ;
- un respect des valeurs de gestion pour les concentrations modélisées en air intérieur du bâtiment « Poste de garde », donc une compatibilité sanitaire ;
- des quotients de danger cumulés acceptables ($QD < 1$) pour la voie d'exposition par inhalation en air intérieur du bâtiment « Bureaux ».

Nota : En l'absence de VTR sans seuil pour les hydrocarbures volatils, aucune valeur d'ERI n'a pu être établie.

➤ Incertitudes

La discussion sur les incertitudes a montré que les hypothèses testées sont réalistes et intègrent le principe de précaution.

Les incertitudes calculées ne sont pas de nature à réévaluer les conclusions de la présente étude, sauf en ce qui concerne une lithologie plus pénalisante au droit du bâtiment « poste de garde ».

➤ Préconisations

Par mesure de précaution, il est préconisé de prévoir une action sur la zone du bâtiment « poste de garde » dans le cadre de l'aménagement, telle qu'une purge des sols avant construction du bâtiment poste de garde et/ou la mise en place d'une ventilation mécanique permettant un taux de renouvellement d'air d'a minima 1 volume / heure.

Par ailleurs, pour toute autre affectation des terrains, il sera nécessaire de reprendre les calculs de risques sanitaires.

BIBLIOGRAPHIE

Réglementation

Code de l'Environnement

Guides et rapports (liste non exhaustive - cf. portail Internet site et sols pollués Ministère de la Transition écologique et solidaire)

Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer - « Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués » - **avril 2017**

Note d'information de la direction générale de la santé 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 »

INERIS - rapport d'étude DRC-16-156196-11306A – Choix des valeurs toxicologiques de référence (VTR), Méthode appliquée par l'INERIS – **décembre 2016**

INERIS - rapport d'étude DRC-05-57278-DESP/R03a - **15/04/2005** - étude des modèles d'évaluation de l'exposition et des risques liés aux sols pollués - modélisation du transfert de vapeurs du sous-sol ou du vide sanitaire vers l'air intérieur

INERIS - DRC-05-65654/DESP - Formation RC06 « EDR Santé liés aux sites et sols pollués » - Session **2005A** (mars -avril) - divers supports de formations

User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings - EPA Contract Number 68-W-02-33 - revised February 22, **2004** (version 3.1 Johnson and Ettinger (1991) model)

RISC4 - User's Manual - Lynn R. Spence, Spence Engineering Pleasanton, California - Terry Walden BP Oil International Sunbury, UK - **October 2001** - BP

Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes - Applications dans un contexte de gestion des impacts sur les eaux souterraines - documents du BRGM 300 - **2008**

Méthode de calcul des Valeurs de Constat d'Impact dans les sols - document général - version 1 - GT sols pollués - santé publique - **22/04/99**

Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group - volume 5 - Human Health Risk-Based Evaluation of Petroleum Release Sites : Implementing the Working Group Approach - **June 1999**

Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group - volume 4 - Development of Fraction Specific Reference Doses (RfDs) and Reference Concentrations (RfCs) for Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) - **1997**

Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group - volume 3 - Selection of Representative TPH Fractions Based on Fate and Transport Considerations - **July 1997**

National Institute of Public Health and the environment Bilthoven, The Netherlands - report n°715810014 - the VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds - MFW Waitz, JI Freijer, P Kreule, FA Swartjes - **May 1996**

ASTM E 1739-95 - Standard Guide for Risk-Based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites.

Heuristic Model for Predicting the Intrusion Rate of Contaminant Vapors into Buildings - Paul C. Johnson and Robert A. Ettinger - Shelle Development, Westhollow Research Center, Houston, Texas 77251 - Environ. Sci. technol. **1991**, vol. 25, n°8, 1445-1452 - American Chemical Society

Conditions d'utilisation du rapport

Le présent rapport (dans son intégralité) :

- *est réalisé pour le donneur d'ordre selon le contrat passé avec Apave Exploitation France ;*
- *est la propriété exclusive du donneur d'ordre ;*
- *est basé sur les limites et incertitudes à la date de sa rédaction des :*
 - *connaissances techniques, réglementaires, normatives et scientifiques disponibles et applicables...,*
 - *informations transmises à Apave Exploitation France ;*
- *est limité à une emprise spatiale précise à la date de son élaboration.*

Le présent rapport est un tout indissociable, une utilisation partielle ou toute interprétation, ou décisions prises à l'issue de son élaboration et/ou en dehors de ses limites de validité ne saurait engager la responsabilité de Apave Exploitation France.

PRESTATION(S) REALISEE(S) SELON LA NORME NFX 31-620-2

Le tableau suivant précise les prestations élémentaires et globales « Sites et Sols Pollués » réalisées, objet du présent rapport, selon la norme NFX31-620-2.

CODE PRESTATION ELEMENTAIRE			
Offre Apave	Code	Désignation	Objectifs
	A100	Visite de site	Procéder à un état des lieux
	A110	Etudes historiques, documentaire et mémorielles	Reconstituer, à travers l'histoire des pratiques industrielles et environnementales du site, d'une part les zones potentiellement polluées et d'autre part les types de polluants potentiellement présents au droit du site concerné.
	A120	Etude de vulnérabilité des milieux	Identifier les possibilités de transfert des pollutions et les usages réels des milieux concernés.
	A130	Elaboration d'un programme prévisionnel d'investigations	Définir, caractériser et localiser un programme prévisionnel d'investigations.
	A200	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les sols	Procéder aux prélèvements, mesures, observations et/ou analyses en fonction des milieux concernés.
	A210	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux souterraines	
	A220	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les eaux superficielles et/ou sédiments	
	A230	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les gaz du sol	
	A240	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur l'air ambiant et les poussières atmosphériques	
	A250	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les denrées alimentaires	
	A260	Prélèvements, mesures, observations et/ou analyses sur les terres excavées	
	A270	Interprétation des résultats des investigations	Interpréter pour chaque milieu reconnu les résultats des investigations réalisées.
	A300	Analyse des enjeux sur les ressources en eaux	Évaluer l'état actuel d'une ressource en eau ou prévoir son évolution. Définir les actions pour prévenir et améliorer la qualité de la ressource en eau.
	A310	Analyse des enjeux sur les ressources environnementales	Identifier les espèces ou habitats naturels susceptibles d'être affectés par une pollution et définir les mesures de prévention appropriées.
X	A320	Analyse des enjeux sanitaires	Évaluer les risques sanitaires pour la population générale en fonction des contextes de gestion.
	A330	Identification des différentes options de gestion possibles et réalisation d'un Bilan Coûts Avantages (BCA)	Proposer les options de gestion présentant le bilan coûts/avantages le plus adapté.
	A400	Dossiers de restriction d'usages ou de servitudes	Élaborer un dossier de restriction d'usage ou de servitudes

CODE PRESTATION GLOBALE

Offre Apave	Code	Désignation	Objectifs
	AMO Etudes	Assistance à Maîtrise d'Ouvrage (AMO) en phase Etudes	Assister et conseiller le Donneur d'Ordre pendant tout ou partie de la durée du projet.
	LEVE	Levée de doute pour savoir si un site relève ou non de la méthodologie nationale des sites pollués	Identifier les sites qui n'ont pas été pollués par des activités industrielles et/ou de service (sites industriels, zones de stockage, décharges, etc.), ou par des activités d'épandage des effluents ou de déchets.
	INFOS	Réalisation des études historiques, documentaires et de vulnérabilité afin d'élaborer un schéma conceptuel et, le cas échéant, un programme prévisionnel d'investigations	La prestation INFOS est généralement le principal point d'entrée de toute étude dans le domaine des sites et sols pollués. Elle intervient dès lors que le site, objet de l'étude, relève de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. Cette prestation est réalisée notamment dans le contexte d'acquisition de terrain, réaménagement des friches, de reconstitution de l'historique d'un site du point de vue environnemental.
	DIAG	Mise en œuvre d'un programme d'investigations et interprétation des résultats	La prestation DIAG correspond à la réalisation d'un diagnostic et comprend obligatoirement des investigations sur les milieux. L'élaboration préalable d'un programme prévisionnel d'investigations (A130) est un prérequis pour réaliser la prestation DIAG. <u>La prestation DIAG comporte :</u> - en tant que de besoin les prestations de prélèvements, mesures, observations et/ou analyses des milieux jugés pertinents (A200 à A260) ; - l'interprétation des résultats des investigations (A270).
	PG	Plan de Gestion (PG) dans le cadre d'un projet de réhabilitation ou d'aménagement d'un site	Définir des modalités de réhabilitation et d'aménagement d'un site pollué. Supprimer ou, à défaut, maîtriser les sources de pollution et leurs impacts.
	IEM	Interprétation de l'Etat d'un Milieu (IEM)	Distinguer les milieux avec des usages déjà fixés qui : ne nécessitent aucune action particulière ; peuvent faire l'objet d'actions simples de gestion pour rétablir la compatibilité entre l'état des milieux et leurs usages constatés ; nécessitent la mise en œuvre d'un plan de gestion.
	SUIVI	Surveillance environnementale	Lorsqu'une surveillance environnementale est mise en œuvre, les résultats sont interprétés après chaque campagne de suivi et les actions appropriées sont recommandées en cas de constats d'anomalies.
	BQ	Bilan Quadriennal	Dans tous les cas où une surveillance environnementale (prestation globale SUIVI) s'inscrit dans la durée (par exemple : eaux souterraines, gaz du sol, etc.), à l'issue d'une période de surveillance de quatre ans, un bilan est réalisé pour décider de sa poursuite avec ou sans adaptation, voire de son arrêt. La prestation globale SUIVI est un prérequis pour la réalisation de la prestation globale BQ.
	CONT	Contrôles : - de la mise en œuvre du programme d'investigation ou de surveillance - de la mise en œuvre des mesures de gestion	Vérifier la conformité des travaux d'exécution des ouvrages d'investigations ou de surveillance. Contrôler, au fur et à mesure de leur avancement, que les mesures de gestion (opérations de dépollution, réalisation des aménagements, etc.) sont réalisées conformément aux dispositions prévues.
	XPER	Expertise dans le domaine des sites et sols pollués	Réaliser une revue critique de l'intégralité du dossier ou répondre à des questions spécifiques.
	VERIF	Vérifications en vue d'évaluer le passif environnemental lors d'un projet d'acquisition d'une entreprise	La prestation VERIF correspond au volet sites et sols pollués de l'évaluation du passif environnemental d'un ou plusieurs sites réalisé généralement dans le cadre d'une cession/acquisition d'une entreprise (due diligence en anglais) et/ou d'une demande d'une tierce partie souhaitant évaluer spécifiquement ce passif (banque, assurance, actionnaire principal, futur actionnaire, etc.).

LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Caractéristiques des substances / Traceurs du risque**
- Annexe 2 : Rapports MODUL'ERS**
- Annexe 3 : Détail des calculs de risques par composés et lieu d'exposition**

ANNEXE 1

 Polluant/ Substance	Comportement dans l'environnement					Effets sur la santé humaine						
	<i>sol</i>	<i>eau</i>	<i>air</i>	<i>Biodegradation</i>	<i>Bioaccumulation</i>	voies d'exposition	Toxicité aigue	Toxicité chronique	Organes cibles principaux	<i>effets cancérigènes</i>	<i>effets sur la reproduction et le développemnt</i>	<i>effets génotoxiques et mutagènes</i>
C5-C40 aromatiques	peu mobile à modéré	peu soluble	volatils	peu biodégradables	certain composés s'accumulent dans les especes aquatiques, pas de données sur les autres êtres vivants	inhalation ingestion cutanée (faible)	troubles neurologiques (céphalées, nausées, étourdissements, désorientation, confusion) irritaion respiratoire et syndromes cardio-vasculaires	irritation des muqueuses respiratoires	-	certain composés classés cancérigènes par UE	-	-
Benzène	mobile, se volatilise rapidement	très soluble, se volatilise de la surface	volatil, sous forme gazeuse	biodégradation aérobie possible, temps de demi-vie de 15 jours dans l'eau.	faible potentiel de bioaccumulation	inhalation (principal) ingestion cutanée	<u>inhalation</u> : narcose, vertiges, nausées, maux de tete, dépression du système nerveux central, convulsion, dépression respiratoire qui entraine la mort <u>cutanée</u> : irritation, dyspnées	effets hémutoxiques et immunotoxiques (atteinte de la moelle osseuse, anémie aplastique , leucopénie, leucémie), diminution d'hémoglobine,	<u>inhalation et ingestion</u> : système hématopoiétique <u>cutanée</u> : irritant	catégorie 1 : substance que l'on sait etre cancérigène pour l'homme (UE) groupe 1 (CIRC) : substance cancérigène pour l'homme	non classé par l'UE, les études ne sont pas suffisantes pour établir une relation causale	étudié par l'ue et classé mutagène catégorie 2
Tetrachloroéthylène	assez mobile, gagane facilement les eaux souterraines	solubilité faible, migre rapidement, s'accumule au fond de l'aquifère	volatil	pas de biodégradation en conditions aérobie, possible en conditions anaérobie (dépend des conditions du milieu)	bioaccumulation peu probable dans les poissons, pas de données pour les autres organismes	inhalation (principale) orale cutanée	<u>inhalation</u> : propriétés anesthésiques, troubles du rythme cardiaque, coma, effets hépatiques, mort par dépression du système nerveux central, irritations <u>orale</u> :perte de conscience, choc anaphylactiques, vomissements, saignements gastro-intestinaux,narcose, anémie, décès <u>cutanée</u> : oedèmes	<u>inhalation</u> : effets neurologiques (nausée, vomissements, altération de la visison des couleurs), hépatiques, rénaux	<u>inhalation</u> : système nerveux central, foie, rein <u>ingestion</u> : foie, reins	Groupe 2A (CIRC) : cancérogène probable pour l'homme	rare données disponibles ne mettent pas en evidence d'effet sur la reproduction	pas classé par l'UE
Trichloroéthylène (TCE)	fortement mobile trnsfert vers les eaux souterraines	soluble	facilement volatil	peu biodégradable	peu de bioaccumulation dans les organismes aquatiques, possible bioaccumulation dans les végétaux, voir BAPPOP	inhalation ingestion cutanée	<u>inhalation</u> : dépression du système nerveux central, pertes de connaissance, vertiges,fatigue , somnolence, perte de réflexe <u>ingestion</u> : irritation du tube digestif entraine vomissements, délires et perte de connaissance <u>cutanée</u> : irritations, dessèchement, érythème cutané, gerçures	<u>inhalation</u> : système nerveux central (céphalées, létargie, somnolence, asthénie, vertiges, nausées, vomissements), irritation oculaire,lésions cutanées <u>ingestion</u> : troubles neurologiques, gastro-intestinaux,cardiaques, immunologiques, respiratoires	<u>inhalation et ingestion</u> : reins, système nerveux central	pas de lien clairement établi, possible risque accru de cancer rénal et de leucémies lymphoblastiques catégorie 1B (UE) : assimilé à une substance cancérogène pour l'homme groupe 1 (CIRC) : cancérogène pour l'homme	<u>reproduction</u> : pas étudié chez l'homme, chez l'animal peu de perturbations engendrées <u>developpement</u> : non classé par l'UE	classé catégorie 2 (UE) : subsyance préoccupante pour l'homme en raison d'effets mutagènes
Xylènes mélange d'isomère	en surface se volatilise, dans les sols profonds lixiviation	peu présent car forte volatilisation	volatil, forte présence dans l'air	facilement dégradé dans l'atmosphère, et l'eau de surface	pas de données suffisantes, possibilité de s'accumuler dans l'organisme humain	inhalation (principale) cutanée ingestion	(pour mélange de xylènes) <u>par inhalation</u> : tachycardie, perte de mémoire, déséquilibre, irritations du nez et de la gorge, troubles repsiratoires, troubles cardiovasculaires, gastro-intestinaux, troubles neurologiques, décès <u>ingestion</u> : décès du a une détresse respiratoire et hypoxie cérébrale <u>cutanée</u> : irritation de la peau, dessèchement, vasodilatation, desuqmation coma et mort possible lors mélange des xylènes	(Pour mélange de xylènes) <u>inhalation</u> :effets pulmonaires, irritations, troubles hématologiques, vertiges, perte de mémoire, possibles effets cardiaques et neurologiques	(pour mélange de xylènes) <u>inhalation</u> : système nerveux central, foie, sang, poumons <u>cutanée</u> : yeux, système nerveux central, peau, foie	pas classé par l'UE groupe 3 (CIRC) : l'agent ne peut etre classé pour sa cancérogénicité pour l'homme	pas classé, possibles effets trop peu de données pour conclure	pas d'effets génotoxiques, pas classé par l'UE

ANNEXE 2

Inh_int_Bureaux



Report generated: Fri Jul 04 12:19:01 CEST 2025

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

1. Project properties

Project name	Inh_int_Bureaux
Author	Apave
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
HCT 10 12 ar	Yes
HCT 8 10 ar	Yes
o-xylène	Yes
Trichloroéthylène	Yes
Tétrachloroéthylène	Yes

3. Model description

Interaction Matrix

Constantes Reglages	Constantes Reglages to Conc gaz air interieur J E		1
	Conc gaz air interieur J E	Niveaux Exposition Risque to Conc gaz air interieur J E	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
HCT_10_12_ar	organique	Constantes_Reglages.non_defini
HCT_8_10_ar	organique	Constantes_Reglages.non_defini
o-xylène	organique	Constantes_Reglages.non_defini
Trichloroéthylène	organique	
Tétrachloroéthylène	organique	

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)	

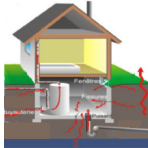
Full Name				Symbol	Unit
Durée d'exposition de l'individu				Duree_expo,individu	year
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes).Durée d'exposition de l'individu à ou aux source(s) de contamination du site.					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
46.0	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	Le module est basé sur les équations du modèle de Johnson et Ettinger (Johnson et al., 1991). Il permet le calcul du flux d'émission à partir d'une source sol ou d'une source nappe et l'estimation des concentrations attendues dans l'endroit où a lieu l'émission (sous-sol ou pièces à vivre selon les cas) et dans le lieu de vie, si le bâtiment comporte un sous-sol. La moyenne annuelle de la concentration dans le lieu de vie et les niveaux d'exposition par inhalation sont également calculées. Dans le cas d'un bâtiment sur sous-sol, il est possible de distinguer la fraction de temps passé dans le sous-sol et la fraction de temps passé dans les pièces à vivre. La concentration de la source est définie comme une constante . <u>Ce module est conçu pour un bâtiment construit sur une dalle (dalle d'un bâtiment de plain pied ou dalle d'un sous-sol). Il n'est pas adapté dans le cas d'un bâtiment sur vide sanitaire.</u> Pour le calcul du flux d'émission, <u>l'utilisateur peut définir les caractéristiques de 2 couches de sol différentes entre la source et la surface inférieure de la dalle du bâtiment . Ces couches de sol sont numérotées de la source vers la surface . 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> 1) <u>Dans le cas d'une source nappe</u> , en plus du transfert dans la frange capillaire, il est possible de considérer la diffusion du polluant dans la nappe ("aquifère mal mélangé"). 2) Dans le cas d'une source sol, la concentration attendue dans le bâtiment peut être estimée en utilisant la solution pour une <u>source infinie</u> ou la solution pour une <u>source finie</u> . * <u>La solution en source finie</u> peut être utilisée dans <u>le cas d'un bâtiment avec ou sans sous-sol</u> . Dans le cas d'un sous-sol, <u>celui-ci doit se trouver au-dessus de la source sol</u> (sous-sol non inclus dans la source-sol). Par ailleurs, dans le cas d'une source finie, si la distance entre la source et la dalle est nulle (epaisseur_couche1 et epaisseur_couche2 égales à 0), par défaut cette distance sera considérée comme égale à 1 cm par le modèle. *Dans le cas de la solution pour une <u>source sol considérée comme infinie</u> , si l'utilisateur définit <u>le volume de la source et la concentration dans le sol (Cs_source)</u> , le flux d'émission émis à un instant t peut être limité par un <u>contrôle de la masse de polluant dans le sol</u>. Le contrôle de la masse de polluant porte soit sur le flux d'émission instantané, soit sur la quantité de polluant émise depuis le début de la simulation. - Dans le premier cas (contrôle de la masse de polluant portant sur le flux d'émission instantané), le flux d'émission (appelé J), résultant des transferts par convection et diffusion, est constant jusqu'à l'instant t, où $J \times t \times \text{Surface_batiment} = Q$ (quantité initiale présente dans le sol) puis il est égal à : $Q / \text{Surface_batiment} / t$. Le flux ainsi calculé sert notamment au calcul des niveaux d'exposition des cibles à un instant t (Cinh_fraction_expo_classe_age et Cinh_fraction_expo_individu), ainsi qu'au calcul de la concentration dans le lieu de vie en moyenne annuelle (Cinh_lieu_vie_moy_an) et des niveaux d'exposition par inhalation en moyenne annuelle	

(Cinh_fraction_expo_classe_age_moy_an) au-delà de la première année de simulation.

- Dans le second cas (contrôle de masse de polluant sur la quantité de polluant émise depuis le début de la simulation), le flux d'émission (appelé J_prime), résultant des transferts par convection et diffusion, est constant jusqu'à l'instant t, où $J \times t \times X_{Surface_batiment} = Q$ (quantité initiale présente dans le sol) puis il est égal à 0. Le flux ainsi calculé sert notamment au calcul du niveau d'exposition par inhalation sur la vie entière (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_moy,duree,expo,AD	Cinh_moy,duree,expo,AD	Niveaux Exposition Risque
Cinh classe age moy an	Cinh_classe,age,moy,an	Niveaux Exposition Risque

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
definition_Cas_source	definition Cas source	
Description		
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Sélectionner le mode d'estimation de la concentration dans l'air du sol, attribuable à la source sol étudiée (hors bruit de fond) : valeur définie par l'utilisateur (valeur_entree), valeur calculée à partir d'une concentration dans le sol (valeur_calculée_sol) ou valeur calculée à partir d'une concentration dans l'eau de la nappe (valeur_calculée_nappe).		
Materials	Value	Predefined value
HCT_10_12_ar	valeur_entree_sol	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree_sol
HCT_8_10_ar	valeur_entree_sol	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree_sol
o-xylène	valeur_entree_sol	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree_sol
Trichloroéthylène	valeur_entree_sol	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree_sol
Tétrachloroéthylène	valeur_entree_sol	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree_sol

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
HCT_10_12_ar	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
HCT_8_10_ar	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
o-xylène	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Trichloroéthylène	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Tétrachloroéthylène	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree

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
HCT_10_12_ar	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
HCT_8_10_ar	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
o-xylène	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Trichloroéthylène	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Tétrachloroéthylène	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
2.5	0.0				
Comment					
Vérifié					

Full Name				Symbol	Unit
Largeur du bâtiment				Largeur _{Bat}	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
4.0	0.0				

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

Full Name				Symbol	Unit
Perméabilité intrinsèque de la couche 2				ka,2	m ²
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Sert au calcul du flux d'air du sol entrant dans le bâtiment (Qsol). Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment : utiliser alors la perméabilité de la couche polluée					

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
5.93E-13	0.0	1.0E-16	1.0E-10		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 10 ⁻¹³ à 10 ⁻¹⁰ ; Sols limoneux : 10 ⁻¹³ à 10 ⁻¹¹ ; Sols argileux : 10 ⁻¹⁶ à 10 ⁻¹²					

Full Name	Symbol	Unit
Perméabilité relative à l'air	Permeabilite _{air,relative}	unitless

Description
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.901	1.0	0.45	1.0		
Comment					
Vérifié. Selon le degré de saturation, sables : 0,67 à 1 ; limons : 0,45 à 1, argiles : 0,57 à 1					

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
0.387	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

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

Description
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et s'il s'agit d'une source sol (definition Cas_source_sol=valeur_calculée_sol ou definition Cas_source_sol=valeur_entree_sol)

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.387	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

Full Name	Symbol	Unit
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
1.25E-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
HCT_10_12_ar	6.4E-6	NaN				
HCT_8_10_ar	7.0E-6	NaN				
o-xylène	8.4E-6	NaN				
Trichloroéthylène	8.73E-6					
Tétrachloroéthylène	7.83E-6					
Materials	Comment					
HCT_10_12_ar						
HCT_8_10_ar						
o-xylène						
Trichloroéthylène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 8,2E-6					
Tétrachloroéthylène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 7,3E-6					

Full Name					Symbol	Unit
Coefficient de diffusion dans l'eau					De	m ² s ⁻¹
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
HCT_10_12_ar	1.0E-9	NaN				
HCT_8_10_ar	1.0E-9	NaN				
o-xylène	1.0E-9	NaN				
Trichloroéthylène	9.65E-10					

Tétrachloroéthylène	8.69E-10
Materials	Comment
HCT_10_12_ar	
HCT_8_10_ar	
o-xylène	
Trichloroéthylène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 6,8E-10
Tétrachloroéthylène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 6,1E-10

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

Description

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

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
HCT_10_12_ar	0.0	1.0				
HCT_8_10_ar	0.0	1.0				
o-xylène	0.0	1.0				
Trichloroéthylène	0.0	1.0				
Tétrachloroéthylène	0.0	1.0				

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
HCT_10_12_ar	0.58	NaN				
HCT_8_10_ar	2.37	NaN				
o-xylène	0.54	NaN				
Trichloroéthylène	0.23	NaN				
Tétrachloroéthylène	0.38	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
HCT_10_12_ar	346.50000000000006	-1.0				

HCT_8_10_ar	1188.0	-1.0
o-xylène	523.0	-1.0
Trichloroéthylène	1024.0	
Tétrachloroéthylène	1794.0	
Materials	Comment	
HCT_10_12_ar		
HCT_8_10_ar		
o-xylène		
Trichloroéthylène	Valeur à 25°C - Valeur ponctuelle ajustée à 12,5°C : 550	
Tétrachloroéthylène	Valeur à 25°C - Valeur ponctuelle ajustée à 12,5°C : 810	

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
HCT_10_12_ar	0.3	1.0				
HCT_8_10_ar	0.3	0.0				
o-xylène	0.3	1.0				
Trichloroéthylène	0.3	1.0				
Tétrachloroéthylène	0.3	1.0				

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	0.2	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
Température du sol		Ts	K
Description			
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree			
Cyclic option			
No			
Interpolation			
Interpolation-Use End Values			
Time	Values		
Predefined	0.0:285.5		
0.0	290.0		

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	0.103		

3.3. Niveaux Exposition Risque

Niveaux Exposition Risque		Sub-system
Id	Niveaux_Exposition_Risque	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Niveaux Exposition Risque	
Description	Ce module permet de calculer, d'une part les niveaux d'exposition chroniques (en moyenne annuelle) pour les différentes classes d'âge définies par l'utilisateur et pour le profil d'individus (défini par l'âge en début d'exposition et la date au début de l'exposition : cf. module Constantes_Reglages), et d'autre part les niveaux de risques chroniques pour des effets cancérigènes et non cancérigènes. Les niveaux de risques sont définis par substance individuelle et pour toutes les substances et peuvent aussi être définis par organe cible, en précisant les organes cibles de chaque substance par voies orale et respiratoire. La classe d'âge ayant les niveaux de risque non cancérigènes les plus élevés est mise en évidence (Max_Age_QD_). Pour la voie orale, l'utilisateur peut définir en données d'entrée les doses d'exposition en fonction du temps pour les différentes classes d'âge (dose_..._classe_age) et pour le profil d'individus définis (dose_..._individu) ou bien connecter ces données à partir des modules adhoc (modules "Sol", "Vegetaux", "Animaux_aquatiques"...). Pour l'inhalation, les concentrations inhalées en moyenne annuelle, pondérées par la fréquence d'exposition pour les différentes classes d'âge (Cinh_fraction_expo_classe_age_moy_an) seront définies par l'utilisateur ou connectées aux données des modules adhoc pour le calcul des risques non cancérigènes. Pour le calcul du risque cancérigène par inhalation, la concentration inhalée moyennée sur la durée d'exposition et pondérée par les facteurs d'ajustement dépendant de l'âge (ADAF) (Cinh_moy_duree_expo_AD) sera définie ou connectée aux données des modules adhoc. Attention : Les VTR (Valeurs de Référence Toxicologiques), les ADAF et les organes cibles de chaque substance ne sont pas renseignés par défaut.	
Object	Input	Sub-system
Cinh classe,age,moy,an	Cinh classe age moy an	Conc gaz air interieur J E
Cinh moy,duree,expo,AD	Cinh moy,duree,expo,AD	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
HCT_10_12_ar	0.2	3.0E-5				
HCT_8_10_ar	0.2	3.0E-5				
o-xylène	0.1	3.0E-5				
Trichloroéthylène	3.2	3.0E-5				
Tétrachloroéthylène	0.4	3.0E-5				

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

VTR sans seuil par voie respiratoire

VTRinh,ss mg⁻¹ m³

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
HCT_10_12_ar	NaN					
HCT_8_10_ar	NaN					
o-xylène	NaN					
Trichloroéthylène	0.0010	NaN				
Tétrachloroéthylène	2.6E-4	NaN				

4. Simulation settings

Simulation type	Deterministic
Start time	0.0 Years
End time	46.0 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

Inh_int_gardien



Report generated: Fri Jul 04 12:16:43 CEST 2025

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

1. Project properties

Project name	Inh_int_gardien
Author	Apave
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
Trichloroéthylène	Yes
Tétrachloroéthylène	Yes

3. Model description

Interaction Matrix

Constantes Reglages	Constantes Reglages to Conc gaz air interieur J E		1
	Conc gaz air interieur J E	Niveaux Exposition Risque to Conc gaz air interieur J E	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
type Polluant	type Polluant	Conc gaz air interieur J E
inorganique	inorganique	Conc gaz air interieur J E

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)	

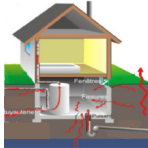
Full Name				Symbol	Unit
Durée d'exposition de l'individu				Duree _{expo,individu}	year
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes).Durée d'exposition de l'individu à ou aux source(s) de contamination du site.					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
46.0	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	Le module est basé sur les équations du modèle de Johnson et Ettinger (Johnson et al., 1991). Il permet le calcul du flux d'émission à partir d'une source sol ou d'une source nappe et l'estimation des concentrations attendues dans l'endroit où a lieu l'émission (sous-sol ou pièces à vivre selon les cas) et dans le lieu de vie, si le bâtiment comporte un sous-sol. La moyenne annuelle de la concentration dans le lieu de vie et les niveaux d'exposition par inhalation sont également calculées. Dans le cas d'un bâtiment sur sous-sol, il est possible de distinguer la fraction de temps passé dans le sous-sol et la fraction de temps passé dans les pièces à vivre. La concentration de la source est définie comme une constante . <u>Ce module est conçu pour un bâtiment construit sur une dalle (dalle d'un bâtiment de plain pied ou dalle d'un sous-sol). Il n'est pas adapté dans le cas d'un bâtiment sur vide sanitaire.</u> Pour le calcul du flux d'émission, <u>l'utilisateur peut définir les caractéristiques de 2 couches de sol différentes entre la source et la surface inférieure de la dalle du bâtiment . Ces couches de sol sont numérotées de la source vers la surface . 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> 1) <u>Dans le cas d'une source nappe</u> , en plus du transfert dans la frange capillaire, il est possible de considérer la diffusion du polluant dans la nappe ("aquifère mal mélangé"). 2) Dans le cas d'une source sol, la concentration attendue dans le bâtiment peut être estimée en utilisant la solution pour une <u>source infinie</u> ou la solution pour une <u>source finie</u> . * <u>La solution en source finie</u> peut être utilisée dans <u>le cas d'un bâtiment avec ou sans sous-sol</u> . Dans le cas d'un sous-sol, <u>celui-ci doit se trouver au-dessus de la source sol</u> (sous-sol non inclus dans la source-sol). Par ailleurs, dans le cas d'une source finie, si la distance entre la source et la dalle est nulle (epaisseur_couche1 et epaisseur_couche2 égales à 0), par défaut cette distance sera considérée comme égale à 1 cm par le modèle. *Dans le cas de la solution pour une <u>source sol considérée comme infinie</u> , si l'utilisateur définit <u>le volume de la source et la concentration dans le sol (Cs_source)</u> , le flux d'émission émis à un instant t peut être limité par un <u>contrôle de la masse de polluant dans le sol</u>. Le contrôle de la masse de polluant porte soit sur le flux d'émission instantané, soit sur la quantité de polluant émise depuis le début de la simulation. - Dans le premier cas (contrôle de la masse de polluant portant sur le flux d'émission instantané), le flux d'émission (appelé J), résultant des transferts par convection et diffusion, est constant jusqu'à l'instant t, où $J \times t \times \text{Surface_batiment} = Q$ (quantité initiale présente dans le sol) puis il est égal à : $Q / \text{Surface_batiment} / t$. Le flux ainsi calculé sert notamment au calcul des niveaux d'exposition des cibles à un instant t (Cinh_fraction_expo_classe_age et Cinh_fraction_expo_individu), ainsi qu'au calcul de la concentration dans le lieu de vie en moyenne annuelle (Cinh_lieu_vie_moy_an) et des niveaux d'exposition par inhalation en moyenne annuelle	

(Cinh_fraction_expo_classe_age_moy_an) au-delà de la première année de simulation.

- Dans le second cas (contrôle de masse de polluant sur la quantité de polluant émise depuis le début de la simulation), le flux d'émission (appelé J_prime), résultant des transferts par convection et diffusion, est constant jusqu'à l'instant t, où $J \times t \times X_{Surface_batiment} = Q$ (quantité initiale présente dans le sol) puis il est égal à 0. Le flux ainsi calculé sert notamment au calcul du niveau d'exposition par inhalation sur la vie entière (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
organique	organique	Constantes Reglages
type Polluant	type Polluant	Constantes Reglages
inorganique	inorganique	Constantes Reglages
Object	Output	Sub-system
Cinh_moy,duree,expo,AD	Cinh_moy,duree,expo,AD	Niveaux Exposition Risque
Cinh classe age moy an	Cinh_classe,age,moy,an	Niveaux Exposition Risque

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
definition_Cas_source	definition Cas source	

Description

A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Sélectionner le mode d'estimation de la concentration dans l'air du sol, attribuable à la source sol étudiée (hors bruit de fond) : valeur définie par l'utilisateur (valeur_entree), valeur calculée à partir d'une concentration dans le sol (valeur_calculée_sol) ou valeur calculée à partir d'une concentration dans l'eau de la nappe (valeur_calculée_nappe).

Materials	Value	Predefined value
Trichloroéthylène	valeur_entree_sol	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree_sol
Tétrachloroéthylène	valeur_entree_sol	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree_sol

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
Trichloroéthylène	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree
Tétrachloroéthylène	valeur_Cag_i_inh_attrib	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree

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
Trichloroéthylène	source_infinie	Conc_gaz_air_interieur_J_E.non_defini
Tétrachloroéthylène	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 différent de valeur_entree.

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.1	0.12	0.08	0.15		

Comment
Vérifié. 0,12 m : épaisseur minimale pour une maison (0,08 m autrefois), 0,15 épaisseur minimale pour un usage industriel

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

Full Name				Symbol	Unit
Largeur du bâtiment				Largeur _{Bat}	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
4.0	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
4.0	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
5.93E-13	0.0	1.0E-16	1.0E-10		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 10^-13 à 10^-10 ; Sols limoneux : 10^-13 à 10^-11 ; Sols argileux : 10^-16 à 10^-12					

Full Name	Symbol	Unit
Perméabilité relative à l'air	Permeabilite _{air,relative}	unitless
Description		
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree		

Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.901	1.0	0.45	1.0		
Comment					
Vérifié. Selon le degré de saturation, sables : 0,67 à 1 ; limons : 0,45 à 1, argiles : 0,57 à 1					

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
0.387	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

Full Name				Symbol	Unit
Porosité de la couche de sol pollué				Porosite couche,source	unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et s'il s'agit d'une source sol (definition Cas_source_sol=valeur_calculée_sol ou definition Cas_source_sol=valeur_entree_sol)					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.387	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

Full Name				Symbol	Unit
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
0.1	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
1.25E-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
Concentration au niveau de la source sol (hors bruit de fond)	$Cs_{source,sol}$	mg kg^{-1}

Description

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

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Trichloroéthylène	0.0	1.0				
Tétrachloroéthylène	0.0	1.0				

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
Trichloroéthylène	3.79	NaN				
Tétrachloroéthylène	0.61	NaN				

Full Name	Symbol	Unit
Epaisseur de la couche 2 de la ZNS	l_2	m

Description

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

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Trichloroéthylène	1.0	0.0				
Tétrachloroéthylène	1.0	0.0				

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

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	0.2	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
Température du sol		Ts	K
Description			
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree			
Cyclic option			
No			
Interpolation			
Interpolation-Use End Values			
Time	Values		
Predefined	0.0:285.5		
0.0	290.0		

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	0.103

3.3. Niveaux Exposition Risque

Niveaux Exposition Risque		Sub-system
Id	Niveaux_Exposition_Risque	
Enabled flag	Yes	
Symbol	Niveaux Exposition Risque	
Description	Ce module permet de calculer, d'une part les niveaux d'exposition chroniques (en moyenne annuelle) pour les différentes classes d'âge définies par l'utilisateur et pour le profil d'individus (défini par l'âge en début d'exposition et la date au début de l'exposition : cf. module Constantes_Reglages), et d'autre part les niveaux de risques chroniques pour des effets cancérigènes et non cancérigènes. Les niveaux de risques sont définis par substance individuelle et pour toutes les substances et peuvent aussi être définis par organe cible, en précisant les organes cibles de chaque substance par voies orale et respiratoire. La classe d'âge ayant les niveaux de risque non cancérigènes les plus élevés est mise en évidence (Max_Age_QD_). Pour la voie orale, l'utilisateur peut définir en données d'entrée les doses d'exposition en fonction du temps pour les différentes classes d'âge (dose_..._classe_age) et pour le profil d'individus définis (dose_..._individu) ou bien connecter ces données à partir des modules adhoc (modules "Sol", "Végétaux", "Animaux_aquatiques"...). Pour l'inhalation, les concentrations inhalées en moyenne annuelle, pondérées par la fréquence d'exposition pour les différentes classes d'âge (Cinh_fraction_expo_classe_age_moy_an) seront définies par l'utilisateur ou connectées aux données des modules adhoc pour le calcul des risques non cancérigènes. Pour le calcul du risque cancérigène par inhalation, la concentration inhalée moyennée sur la durée d'exposition et pondérée par les facteurs d'ajustement dépendant de l'âge (ADAF) (Cinh_moy_duree_expo_AD) sera définie ou connectée aux données des modules adhoc. Attention : Les VTR (Valeurs de Référence Toxicologiques), les ADAF et les organes cibles de chaque substance ne sont pas renseignés par défaut.	
Object	Input	Sub-system
Cinh classe,age,moy,an	Cinh classe age moy an	Conc gaz air interieur J E
Cinh moy,duree,expo,AD	Cinh moy,duree,expo,AD	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
Trichloroéthylène		3.2	3.0E-5				
Tétrachloroéthylène		0.4	3.0E-5				

Full Name			Symbol		Unit	
VTR sans seuil par voie respiratoire			VTR _{inh,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
Trichloroéthylène	0.0010	NaN				
Tétrachloroéthylène	2.6E-4	NaN				

4. Simulation settings

Simulation type	Deterministic
Start time	0.0 Years
End time	46.0 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

Inh_int_tertiaire



Report generated: Fri Jul 04 12:21:41 CEST 2025

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

1. Project properties

Project name	Inh_int_tertiaire
Author	Apave
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
Benzène	Yes

3. Model description

Interaction Matrix

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

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)	

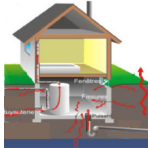
Full Name				Symbol	Unit
Durée d'exposition de l'individu				Duree _{expo,individu}	year
Description					
sert au calcul de la dose d'exposition de l'individu en fonction de son âge (effets cancérigènes).Durée d'exposition de l'individu à ou aux source(s) de contamination du site.					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
46.0	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	Le module est basé sur les équations du modèle de Johnson et Ettinger (Johnson et al., 1991). Il permet le calcul du flux d'émission à partir d'une source sol ou d'une source nappe et l'estimation des concentrations attendues dans l'endroit où a lieu l'émission (sous-sol ou pièces à vivre selon les cas) et dans le lieu de vie, si le bâtiment comporte un sous-sol. La moyenne annuelle de la concentration dans le lieu de vie et les niveaux d'exposition par inhalation sont également calculées. Dans le cas d'un bâtiment sur sous-sol, il est possible de distinguer la fraction de temps passé dans le sous-sol et la fraction de temps passé dans les pièces à vivre. La concentration de la source est définie comme une constante . <u>Ce module est conçu pour un bâtiment construit sur une dalle (dalle d'un bâtiment de plain pied ou dalle d'un sous-sol). Il n'est pas adapté dans le cas d'un bâtiment sur vide sanitaire.</u> Pour le calcul du flux d'émission, <u>l'utilisateur peut définir les caractéristiques de 2 couches de sol différentes entre la source et la surface inférieure de la dalle du bâtiment . Ces couches de sol sont numérotées de la source vers la surface . 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> 1) <u>Dans le cas d'une source nappe</u> , en plus du transfert dans la frange capillaire, il est possible de considérer la diffusion du polluant dans la nappe ("aquifère mal mélangé"). 2) Dans le cas d'une source sol, la concentration attendue dans le bâtiment peut être estimée en utilisant la solution pour une <u>source infinie</u> ou la solution pour une <u>source finie</u> . * <u>La solution en source finie</u> peut être utilisée dans <u>le cas d'un bâtiment avec ou sans sous-sol</u> . Dans le cas d'un sous-sol, <u>celui-ci doit se trouver au-dessus de la source sol</u> (sous-sol non inclus dans la source-sol). Par ailleurs, dans le cas d'une source finie, si la distance entre la source et la dalle est nulle (epaisseur_couche1 et epaisseur_couche2 égales à 0), par défaut cette distance sera considérée comme égale à 1 cm par le modèle. *Dans le cas de la solution pour une <u>source sol considérée comme infinie</u> , si l'utilisateur définit <u>le volume de la source et la concentration dans le sol (Cs_source)</u> , le flux d'émission émis à un instant t peut être limité par un <u>contrôle de la masse de polluant dans le sol</u>. Le contrôle de la masse de polluant porte soit sur le flux d'émission instantané, soit sur la quantité de polluant émise depuis le début de la simulation. - Dans le premier cas (contrôle de la masse de polluant portant sur le flux d'émission instantané), le flux d'émission (appelé J), résultant des transferts par convection et diffusion, est constant jusqu'à l'instant t, où $J \times t \times \text{Surface_batiment} = Q$ (quantité initiale présente dans le sol) puis il est égal à : $Q / \text{Surface_batiment} / t$. Le flux ainsi calculé sert notamment au calcul des niveaux d'exposition des cibles à un instant t (Cinh_fraction_expo_classe_age et Cinh_fraction_expo_individu), ainsi qu'au calcul de la concentration dans le lieu de vie en moyenne annuelle (Cinh_lieu_vie_moy_an) et des niveaux d'exposition par inhalation en moyenne annuelle	

(Cinh_fraction_expo_classe_age_moy_an) au-delà de la première année de simulation.

- Dans le second cas (contrôle de masse de polluant sur la quantité de polluant émise depuis le début de la simulation), le flux d'émission (appelé J_prime), résultant des transferts par convection et diffusion, est constant jusqu'à l'instant t, où $J \times t \times X_{Surface_batiment} = Q$ (quantité initiale présente dans le sol) puis il est égal à 0. Le flux ainsi calculé sert notamment au calcul du niveau d'exposition par inhalation sur la vie entière (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_moy,duree,expo,AD	Cinh_moy,duree,expo,AD	Niveaux Exposition Risque
Cinh classe age moy an	Cinh_classe,age,moy,an	Niveaux Exposition Risque

General variable changes

Vector general variables

Full Name	Symbol	Unit
definition_Cas_source	definition Cas source	
Description		
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Sélectionner le mode d'estimation de la concentration dans l'air du sol, attribuable à la source sol étudiée (hors bruit de fond) : valeur définie par l'utilisateur (valeur_entree), valeur calculée à partir d'une concentration dans le sol (valeur_calculée_sol) ou valeur calculée à partir d'une concentration dans l'eau de la nappe (valeur_calculée_nappe).		
Materials	Value	Predefined value
Benzène	valeur_entree_sol	Conc_gaz_air_interieur_J_E.valeur_entree_sol

Full Name	Symbol	Unit
definition_Cinh	definition Cinh	
Description		
Sélectionner l'option à prendre en compte pour définir la concentration de polluant dans le bâtiment (lieu d'entrée du flux dans le bâtiment pièce à vivre dans le cas d'un bâtiment sur dalle ou sous-sol dans les autres cas). Il peut s'agir d'une valeur calculée par le modèle : concentration attribuable au site (valeur_Cag_i_inh_attrib) ou concentration totale (valeur_Cag_i_inh_tot) ou d'une valeur définie par l'utilisateur (valeur entrée)		
Materials	Value	Predefined value
Benzène	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
Benzène	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
2.5	0.0				
Comment					
Vérifié					

Full Name				Symbol	Unit
Largeur du bâtiment				Largeur _{Bat}	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
3.0	0.0				

Full Name				Symbol	Unit
Longueur du bâtiment				Longueur _{Bat}	m
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
4.0	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
5.93E-13	0.0	1.0E-16	1.0E-10		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 10 ⁻¹³ à 10 ⁻¹⁰ ; Sols limoneux : 10 ⁻¹³ à 10 ⁻¹¹ ; Sols argileux : 10 ⁻¹⁶ à 10 ⁻¹²					

Full Name				Symbol	Unit
Perméabilité relative à l'air				Permeabilite _{air,relative}	unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.901	1.0	0.45	1.0		
Comment					

Vérifié. Selon le degré de saturation, sables : 0,67 à 1 ; limons : 0,45 à 1, argiles : 0,57 à 1

Full Name				Symbol	Unit
Porosité de la couche de sol 2				n2	unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree. Paramètre à renseigner même si la couche polluée vient au contact de la dalle du bâtiment : utiliser alors la même porosité que celle de la couche polluée					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.387	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

Full Name				Symbol	Unit
Porosité de la couche de sol pollué				Porosite couche,source	unitless
Description					
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et s'il s'agit d'une source sol (definition Cas_source_sol=valeur_calculée_sol ou definition Cas_source_sol=valeur_entree_sol)					
Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
0.387	0.0	0.25	0.5		
Comment					
Vérifié. Sols sableux : 0,25 à 0,4 (0,4 par défaut) ; sols limoneux et argileux : 0,35 à 0,5 (0,45 par défaut)					

Full Name				Symbol	Unit
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
1.25E-4	1.4E-4	2.8E-5	4.2E-4		
Comment					
Valeur par défaut correspondant à t_ra=0,5 h-1					

Vector parameters

Full Name					Symbol	Unit
Coefficient de diffusion dans l'air					Da	m ² s ⁻¹
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzène	9.67E-6	9.669999999999999E-6				
Materials	Comment					
Benzène	Valeur à 25°C. Valeur ajustée à 12,5°C : 9,1E-6					

Full Name					Symbol	Unit
Concentration au niveau de la source sol (hors bruit de fond)					Cs _{source,sol}	mg kg ⁻¹
Description						
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree, s'il s'agit d'une source sol et 1) si Cas_source est différent de Cas_source_E ou 2) pour tenir compte de la masse initiale présente dans le sol dans le calcul du flux maximal (si Cs_source_sol=0, la concentration dans l'air Cag_i_inh_attr sera calculée sans tenir compte de ce flux maximal) ou 3) si definition_source=source_finie. Concentration dans le sol prise en compte pour le calcul des émissions de polluants gazeux à partir du sol vers l'air intérieur (concentration hors bruit de fond).Cs_source_sol doit être constante (pas de variation avec le temps)						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzène	0.0	1.0				

Full Name					Symbol	Unit
Concentration dans l'air du sol à la surface de la nappe ou au niveau de la source sol (hors bruit de fond)					Cas _{source,E}	mg m ³
Description						
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree et si definition_Cas_source==valeur_entree_sol ou valeur_entree_nappe						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzène	0.0021	NaN				

Full Name					Symbol	Unit
Epaisseur de la couche 2 de la ZNS					l2	m
Description						
Epaisseur de la couche 2 de la ZNS (située entre la couche 1 et la dalle du bâtiment. Dans le cas d'une source nappe, la hauteur de la frange capillaire n'est pas incluse dans l'épaisseur de la couche 2. A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzène	0.3	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	0.2	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
Température du sol		Ts	K
Description			
A définir si definition_Cinh est différent de valeur_entree			
Cyclic option			
No			
Interpolation			
Interpolation-Use End Values			
Time	Values		
Predefined	0.0:285.5		
0.0	290.0		

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	0.103		

3.3. Niveaux Exposition Risque

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

Parameter changes

Vector parameters

Full Name					Symbol	Unit
VTR à seuil par voie respiratoire					VTR _{seuil,inh}	mg m ⁻³
Description						
Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets à seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"						
Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzène	0.00975	3.0E-5				

Full Name	Symbol	Unit
VTR sans seuil par voie respiratoire	VTR _{inh,ss}	mg ⁻¹ m ³
Description Si la substance ne possède pas de VTR pour les effets sans seuil par voie respiratoire, laisser la mention "NaN"		

Materials	Value	Predefined	Min value	Max value	PDF	Predefined
Benzène	0.0016	NaN				

4. Simulation settings

Simulation type	Deterministic
Start time	0.0 Years
End time	46.0 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

ANNEXE 3

ARR prospective : hypothèses de base

Composés	Inhalation air intérieur - <u>Pôle tertiaire</u>		Inhalation air intérieur - <u>Bureaux</u>		Inhalation air intérieur - <u>Poste de garde</u>	
	QD adulte	ERI adulte	QD adulte	ERI adulte	QD adulte	ERI adulte
>C8-C10 aromatique	-	-	8,45E-04	-	-	-
>C10-C12 aromatique	-	-	2,06E-04	-	-	-
Xylènes	-	-	3,88E-04	-	-	-
Trichloroéthylène	-	-	Non considéré		Non considéré	
Tétrachloroéthylène	-	-	Non considéré		Non considéré	
Benzène	Non considéré		-	-	-	-
TOTAL	-	-	1,44E-03	-	0,00E+00	-

ARR prospective : incertitude lithologie

Composés	Inhalation air intérieur -		Inhalation air intérieur -		Inhalation air intérieur -	
	QD adulte	ERI adulte	QD adulte	ERI adulte	QD adulte	ERI adulte
>C8-C10 aromatique	-	-	1,05E-02	-	-	-
>C10-C12 aromatique	-	-	2,47E-03	-	-	-
Xylènes	-	-	5,07E-03	-	-	-
Trichloroéthylène	-	-	Non considéré		Non considéré	
Tétrachloroéthylène	-	-	Non considéré		Non considéré	
Benzène	Non considéré		-	-	-	-
TOTAL	-	-	1,80E-02	-	-	-