

SAS EAST PARK 2

**Anciens terrains SOMEFOR
139, boulevard Pont de Vivaux
à Marseille (13)**

**Projet immobilier Eastpark – Tranche 2
Evaluation des risques sanitaires**



Rapport n°A93474/B – 29 mai 2018



Projet suivi par Mathieu CASTET – 07.77.96.20.22 – mathieu.castet@anteagroup.com

Fiche signalétique

Anciens terrains SOMEFOR
 139, boulevard Pont de Vivaux
 à Marseille (13)
 Projet immobilier Eastpark – Tranche 2
 Evaluation des risques sanitaires

CLIENT	SITE
SAS EAST PARK 2	
17, rue de la République 13002 MARSEILLE	139, boulevard Pont de Vivaux 13010 MARSEILLE
Mme GUESSAB Magali mguessab@nacarat.com Mme GEHRES Amély agehres@nacarat.com 04 96 11 18 20	

RAPPORT D'ANTEA GROUP	
Responsable du projet	Mathieu CASTET
Interlocuteur commercial	Mathieu CASTET
Société	ANTEA FRANCE
Implantation chargée du suivi du projet	Implantation D'Aubagne 04.42.08.70.70 secretariat.marseille-fr@anteagroup.com
Rapport n°	A93474/B
Version n°	B
Votre commande et date	Bon pour accord du 14/03/2018
Codes prestation selon NF X31-620	A320

	Nom	Fonction	Date	Signature
Rédaction	Béatrice LANDRY	Chef de projet	04/2018	
Vérification	Mathieu.CASTET	Chef de projet	05/2018	

Suivi des modifications

Indice Version	Date de révision	Nombre de pages	Nombre d'annexes	Objet des modifications

Sommaire

Résumé non technique	6
1. Abréviations.....	8
2. Contexte et objectif de la mission	9
3. Méthodologie générale	10
4. Contexte environnemental du site	11
4.1. Description du site.....	11
4.2. Documents relatifs au site et mis à disposition	12
4.3. Contexte historique.....	13
4.4. Projet d'aménagement envisagé	13
5. Caractérisation de l'exposition	17
5.1. Caractérisation des sources de contamination identifiées sur le site.....	17
5.2. Identification des voies d'exposition.....	17
5.3. Sélection des substances et teneurs / concentrations associées	18
5.4. Cibles retenues.....	23
5.5. Schéma conceptuel	23
5.7. Quantification de l'exposition	25
5.7.1. Choix du modèle d'exposition.....	25
5.7.2. Calcul de la dose journalière ou concentration d'exposition.....	31
5.7.3. Paramètres d'exposition	31
6. Evaluation de la relation dose réponse	33
6.1. Synthèse des données toxicologiques.....	33
6.2. Valeurs toxicologiques de référence retenues.....	33
7. Quantification des risques sanitaires	38
8. Comparaison aux valeurs de gestion.....	40
9. Evaluation des incertitudes	41
9.1. Analyse qualitative	41
9.1.1. Incertitudes sur les caractéristiques physiques des milieux	41
9.1.2. Incertitudes sur la sélection des substances et teneurs / concentrations associées.....	41
9.1.3. Incertitudes sur l'évaluation de l'exposition	42
9.1.4. Incertitudes sur l'évaluation de la toxicité	42
9.1.5. Incertitudes sur la caractérisation du risque.....	43
9.2. Analyse quantitative.....	43

10. Conclusion	44
----------------------	----

Table des figures

Figure 1 : Plan de localisation du site	11
Figure 2 : Emprise du projet immobilier Tranche 2	12
Figure 3 : Plans du projet d'aménagement	16
Figure 4 : Schéma conceptuel	24
Figure 5 : Modélisation du transfert des substances volatiles en phase vapeur au niveau du bâti	27

Table des tableaux

Tableau 1 : Dispositions d'aménagement	6
Tableau 2 : Liste des documents mis à disposition d'Antea France	13
Tableau 3 : Résumé des voies d'exposition	18
Tableau 4 : Substances et teneurs / concentrations retenues pour l'évaluation des risques sanitaires – Inhalation de vapeurs en extérieur	21
Tableau 5 : Substances et teneurs / concentrations retenues pour l'évaluation des risques sanitaires – Inhalation de vapeurs en intérieur au droit des bâtiments ne disposant pas d'aire de stationnement sous logements	22
Tableau 6 : Substances et teneurs / concentrations retenues pour l'évaluation des risques sanitaires – Inhalation de vapeurs en intérieur dans les bâtiments disposant d'un ou plusieurs niveaux de sous-sol	23
Tableau 7 : Paramètres pris en compte pour la modélisation – Inhalation en extérieur	28
Tableau 8 : Paramètres pris en compte pour la modélisation – Inhalation en intérieur au droit des bâtiments ne disposant pas d'aire de stationnement sous logements	29
Tableau 9 : Paramètres pris en compte pour la modélisation – Inhalation en intérieur au droit des bâtiments disposant d'aire de stationnement sous logements	30
Tableau 10 : Paramètres d'exposition retenus pour l'évaluation des risques sanitaires	32
Tableau 11 : Valeurs Toxicologiques de Référence retenues pour la voie inhalation	34
Tableau 12 : Résultats de l'évaluation des risques sanitaires	39
Tableau 13 : Comparaison des concentrations modélisées aux valeurs du HCSP ou ANSES	40
Tableau 14 : Dispositions d'aménagement	44

Table des annexes

Annexe I :	Méthodologie Générale
Annexe II :	Textes réglementaires et bibliographiques
Annexe III :	Présentation et paramétrage du logiciel MODUL'ERS
Annexe IV :	Synthèse des données toxicologiques
Annexe V :	Synthèse des données physico-chimiques

Annexe VII : Calculs de Risque Sanitaire

Résumé non technique

Dans le cadre du projet de reconversion des anciens terrains SOMEFOR sis 139, boulevard Pont de Vivaux à Marseille (13), la SAS EAST PARK 2 a mandaté la société Antea France pour la réalisation d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS), dans l'objectif d'étudier la compatibilité de l'aménagement envisagé (Tranche 2 - Logements) avec la contamination observée au droit du site (sols et/ou eaux souterraines et/ou gaz des sols).

Cette évaluation des risques sanitaires fait suite aux différentes campagnes d'investigations réalisées entre 2007 et 2016.

Les investigations ont mis en évidence la présence de contaminants dans les sols, les eaux souterraines et les gaz des sols :

- présence dans les sols d'HCT, HAP, CAV, PCB, métaux ... ;
- présence dans les eaux souterraines d'HCT, HAP, CAV, COHV ... ;
- présence dans les gaz des sols de CAV et mercure.

La voie d'exposition étudiée est l'inhalation de substances volatiles en phase vapeur présentes dans les sols / eaux souterraines / gaz des sols au droit des espaces intérieurs et extérieurs.

Au regard de l'aménagement envisagé (logements), les cibles étudiées sont donc les résidents sur site : prise en compte d'un enfant grandissant (0-30 ans).

Cette évaluation des risques sanitaires indique que les niveaux de risque sont inférieurs aux seuils de risque recommandés dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (rédigée par le Ministère chargé de l'Environnement, avril 2017).

Cette conclusion est établie en tenant compte des dispositions d'aménagement devant être mises en œuvre et présentées dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Dispositions d'aménagement

AMENAGEMENTS CONCERNES	DISPOSITIONS D'AMENAGEMENT
Bâti	<p>Respect des plans d'aménagement PC 03a et PC 03b du 30/03/2018.</p> <p>Un recouvrement des sols laissés en place par un substrat sain de 30 cm d'épaisseur au minimum au droit des bâtiments dont les premiers niveaux sont à usage de stationnement, de 50 cm d'épaisseur au minimum au droit des bâtiments dont le 1^{er} niveau est à usage de logements (PC 03a et PC 03b du 30/03/2018 pour le bâti) et de type sable.</p> <p>Une épaisseur de dalle de fond de 10 cm minimum.</p> <p>Une hauteur sous-plafond de 2,6 m minimum.</p> <p>Un taux de renouvellement d'air dans les aires de stationnement et logements de 1,39E-04 v/s.</p> <p>Absence de voie préférentielle d'intrusion des gaz du sol vers le bâti, en particulier via des événements ou dispositifs équivalents. Le cas échéant, la présence de tels dispositifs devra faire l'objet d'un calcul de risque spécifique.</p> <p>Absence de puits permettant l'utilisation des eaux souterraines de la nappe superficielle. Dans le cas contraire, les usages de l'eau issue de la nappe superficielle devront faire l'objet d'un</p>

AMENAGEMENTS CONCERNES	DISPOSITIONS D'AMENAGEMENT
	nouveau calcul de risque conforme à la méthodologie décrite dans les outils de gestion des sites (potentiellement) pollués, rédigée par le M.E.D.D.E, V0 - février 2007.
Espaces extérieurs	<p>Elimination hors site des matériaux caractérisant le prélèvement T2-E2 (préconisation de gestion des pollutions indiquée dans le rapport Antea France n°86049/A de novembre 2016).</p> <p>Respect du plan Epaisseur substrat du 21/03/2018.</p> <p>Un recouvrement des sols laissés en place par un substrat sain de 30 cm d'épaisseur au minimum au droit des espaces verts (Epaisseur substrat du 21/03/2018) et de type limon sableux.</p> <p>Absence de puits permettant l'utilisation des eaux souterraines de la nappe superficielle. Dans le cas contraire, les usages de l'eau issue de la nappe superficielle devront faire l'objet d'un nouveau calcul de risque conforme à la méthodologie décrite dans les outils de gestion des sites (potentiellement) pollués, rédigée par le M.E.D.D.E, V0 - février 2007.</p> <p>Passage de canalisations souterraines d'eau potable, notamment celles en polyéthylène, hors des zones contaminées. Dans le cas contraire, les canalisations souterraines situées au droit des zones contaminées devront circuler dans des remblais d'apport sains ou devront être de nature imperméable aux substances organiques (acier, fonte).</p>

Il faut noter que tout changement concernant le projet d'aménagement ou les scénarios d'exposition pris en considération est susceptible de modifier les résultats de l'évaluation des risques sanitaires.

1. Abréviations

AEI : Alimentation en Eau Industrielle	HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
AEP : Alimentation en Eau Potable	HCSP : Haut Conseil de la Santé Publique
ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail	HCT : Hydrocarbures Totaux
As : Arsenic	Hg : Mercure
ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry	IEM : Interprétation de l'Etat des Milieux
B(a)P : Benzo(a)pyrène	INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières	JE : Johnson & Ettinger
BTEX : Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes	LOAEL : Lowest-Observed-Adverse-Effect-Level
BW : Body Weight (Poids corporel)	LQ : Limite de quantification
CAV : Composés Aromatiques Volatils	M.E.D.A.D : Ministère de l'Ecologie, du Développement et de l'Aménagement Durables
Cd : Cadmium	M.E.E.M : Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer
cDCE : cis-1,2-dichloroéthylène	MS : Matière Sèche
CE : Concentration d'Exposition	NAF : Facteur d'Atténuation Naturelle
CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer	NOAEL : No-Observed-Adverse-Effect-Level
CMA : Concentration Maximale Admissible	Ni : Nickel
CN : Cyanures	OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment
COHV : Composés Organiques Halogénés volatils	OMS : Organisation Mondiale de la Santé
COT : Carbone Organique Total	Pb : Plomb
Cr : Chrome	PCB : Polychlorobiphényles
CV : Chlorure de Vinyle	PCE : Tétrachloroéthylène
Cu : Cuivre	QD : Quotient de Danger
DJA : Dose Journalière Admissible	RAIS : Risk Assessment Information System
DJE : Dose Journalière d'Exposition	RBCA : Risk-Based Corrective Action
EC : Equivalent Carbone	RDC : Rez-de-chaussée
ED : Durée d'Exposition	RDJ : Rez-de-jardin
EF : Fréquence d'Exposition	RfC : Reference Concentration
EFSA : Autorité Européenne de Sécurité des Aliments	RIVM : Institut National de Santé Publique et de l'Environnement, Hollande
EQRS : Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires	SF : Slope Factor
ERI : Excès de Risque Individuel	TCE : Trichloroéthylène
ERP : Etablissement Recevant du Public	TPH : Total Petroleum Hydrocarbons
ERU : Excès de Risque Unitaire	TPHCWG : Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group
ET : Temps d'Exposition	UE : Union Européenne
ETM : Eléments Traces Métalliques	US-EPA : United States - Environmental Protection Agency
ETBE : Ethyl TertioButyl Ether	VGAI : Valeurs Guides de qualité de l'Air Intérieur
F : Fraction du temps d'exposition	VF : Facteur de Volatilisation
FET : Facteur d'équivalence toxique	VTR : Valeurs Toxicologiques de Référence
Foc : Fraction de carbone organique	

Zn : Zinc

2. Contexte et objectif de la mission

Dans le cadre du projet de reconversion des anciens terrains SOMEFOR sis 139, boulevard Pont de Vivaux à Marseille (13), la SAS EAST PARK 2 a mandaté la société Antea France pour la réalisation d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS), dans l'objectif d'étudier la compatibilité de l'aménagement envisagé (Tranche 2 - Logements) avec la contamination observée au droit du site (sols et/ou eaux souterraines et/ou gaz des sols).

Cette évaluation des risques sanitaires fait suite aux différentes campagnes d'investigations réalisées entre 2007 et 2016.

L'objet d'une évaluation des risques sanitaires est de produire une analyse quantitative des risques pour la santé humaine associés aux expositions à certaines substances chimiques, expositions définies selon l'usage actuel ou prévisible du site considéré.

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

- **une source** de contamination constituée d'une ou plusieurs substances toxiques et/ou cancérigènes,
- **un vecteur** de transport et de dispersion des contaminants, c'est-à-dire un milieu par lequel transite le contaminant (eau de surface, eau souterraine, sol, air), et
- **une cible**, le récepteur du contaminant (ici l'Homme, en tant qu'utilisateur du site).

Les objectifs spécifiques de l'évaluation des risques sanitaires sont :

- de quantifier les risques associés aux substances non cancérigènes (Quotient de Danger ou QD), et ceux associés aux substances cancérigènes (Excès de Risque Individuel ou ERI),
- de recommander, si nécessaire, des mesures compensatoires (dépollution, restrictions d'usage, mesures constructives, surveillance) qui pourront, le cas échéant, être intégrées à la mise en œuvre d'un plan de gestion.

3. Méthodologie générale

L'évaluation des risques sanitaires est élaborée selon les exigences de la norme NF X-31-620 et suivant les standards environnementaux de l'US EPA (United States Environmental Protection Agency) en vigueur à ce jour, tout en respectant la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués publiée en avril 2017 par le Ministère chargé de l'Environnement.

Les niveaux de risque acceptables sont ceux usuellement retenus au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé. Ils sont indiqués dans la méthodologie nationale ainsi que dans le guide « La démarche d'Analyse des Risques Résiduels » (MEDDE, 2007).

L'évaluation des risques sanitaires a pour but de présenter de manière explicite, aux différentes parties, les éléments d'analyse sur lesquels la prise de décision pourra s'appuyer en matière d'acceptabilité des risques, de faisabilité de projet. A ce titre, cette évaluation des risques sanitaires est un outil d'analyse au service de la politique de gestion des sites et sols pollués, elle doit respecter les principes suivants :

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

La démarche d'évaluation des risques sanitaires a été développée par l'Académie américaine des Sciences au début des années 1980. Elle a ensuite été reprise par l'Union Européenne. Selon cette démarche, l'évaluation des risques sanitaires liés aux substances chimiques se décompose en plusieurs étapes :

- la caractérisation du contexte environnemental du site
 - ✓ identification et caractérisation des sources de contamination ;
 - ✓ identification des vecteurs de transfert ;
 - ✓ identification des récepteurs / cibles ;
- la caractérisation des expositions
 - ✓ identification des voies d'exposition (sources, vecteurs, cibles) ou schéma conceptuel ;
 - ✓ sélection des substances et des teneurs / concentrations associées ;
- la caractérisation de la toxicité
 - ✓ recueil des valeurs toxicologiques de référence disponibles et choix d'une de ces valeurs pour chaque substance retenue ;
 - ✓ évaluation des relations dose-effet ou dose-réponse ;
- la caractérisation du risque
 - ✓ quantification des doses journalières ou concentrations d'exposition ;
 - ✓ quantification du risque lié aux substances retenues ;
 - ✓ interprétation des résultats de l'évaluation des risques sanitaires et, si nécessaire, détermination d'objectifs de dépollution ou de servitudes à mettre en place ;
 - ✓ discussion des incertitudes.

Un descriptif plus précis des différentes étapes mises en œuvre dans l'étude est présenté en **Annexe I**.

Une revue des textes réglementaire et bibliographiques utilisés est présentée en **Annexe II**.

4. Contexte environnemental du site

4.1. Description du site

Le site des anciens terrains SOMEFOR est localisé au 139, boulevard Pont de Vivaux à Marseille (13). Il occupe une superficie d'environ 33 000 m². Seule une partie du site fait l'objet du projet immobilier Eastpark Tranche 2 (environ 17 000 m²) (Cf. **Figure 1** et **Figure 2**).



Figure 1 : Plan de localisation du site

Source carte topographique de fond : geoportail.gouv.fr

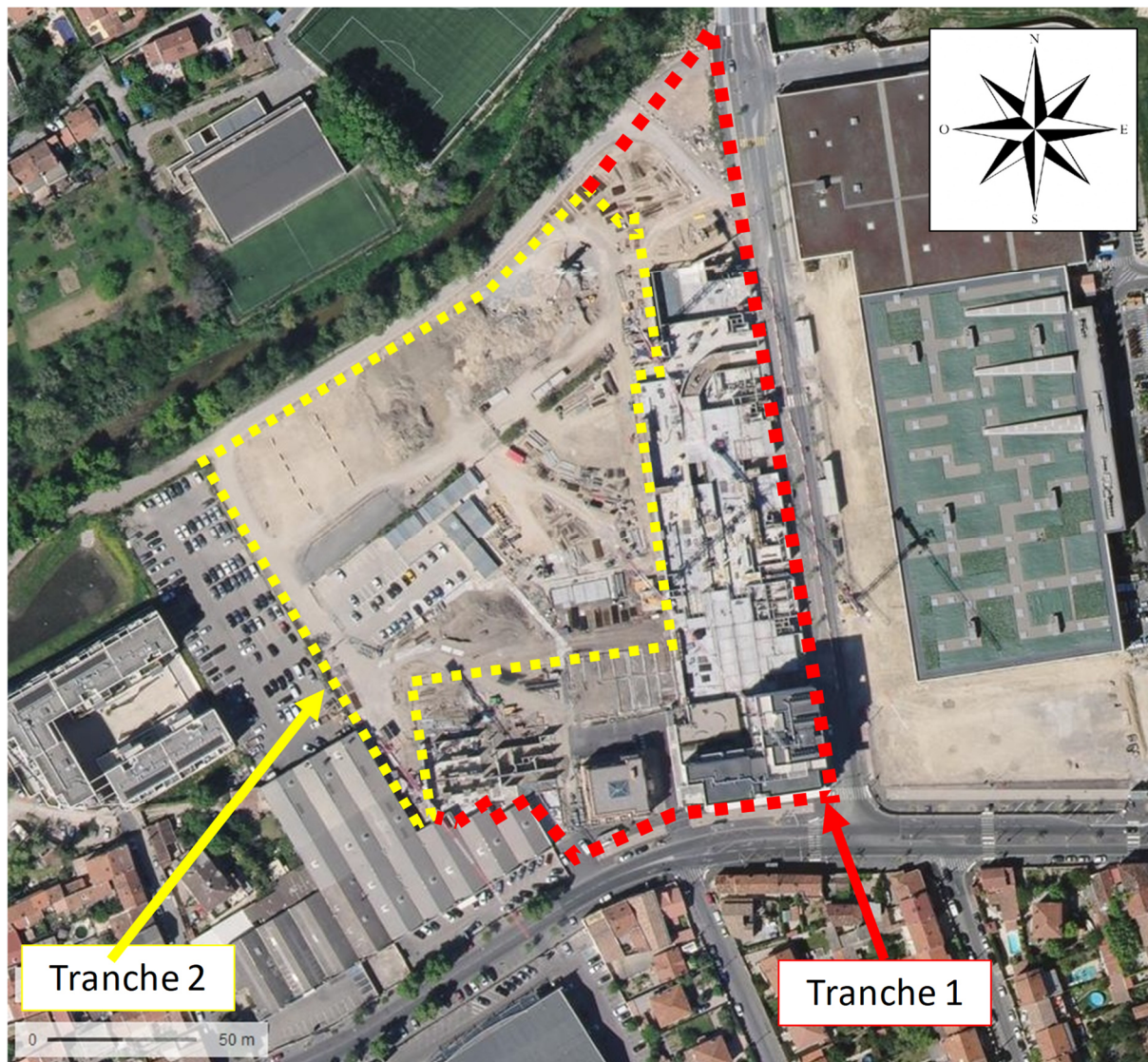


Figure 2 : Emprise du projet immobilier Tranche 2

Source photographie aérienne de fond : geoportail.gouv.fr

4.2. Documents relatifs au site et mis à disposition

Le terrain étudié a fait l'objet de diverses études (Cf. **Tableau 2**).

Tableau 2 : Liste des documents mis à disposition d'Antea France

Sujets	Versions	Intervenants	Clients	N° rapports
Diagnostic approfondi, plan de gestion	Novembre 2007	Antea France	SOMEFOR	45231/C
Evaluation des risques sanitaires	Novembre 2007	Antea France	SOMEFOR	46992/B
Evaluation des risques sanitaires	Juillet 2010	Antea France	LC2I	58443/A
Etat des lieux 2016, évaluation des risques sanitaires, préconisations de gestion des pollutions	Novembre 2016	Antea France	SAS EAST PARK 1 Chez SAS EAST PARK 2	86049/A
Plans Epaisseur substrat, coupes	21/03/2018 30/03/2018	Architectes	SAS EAST PARK 2	/

4.3. Contexte historique

Le site a accueilli des activités industrielles pendant tout le 20^{ème} siècle (fabrication de blanc de zinc, d'hydroxyde d'indium puis de peintures). Il en résulte un impact sur les sols, principalement en métaux : zinc, cuivre et plomb et ponctuellement en hydrocarbures. Les eaux souterraines sont légèrement impactées par des hydrocarbures. Il n'est pas exclu que l'origine des impacts en hydrocarbures soit le site voisin des Moteurs Baudouin.

4.4. Projet d'aménagement envisagé

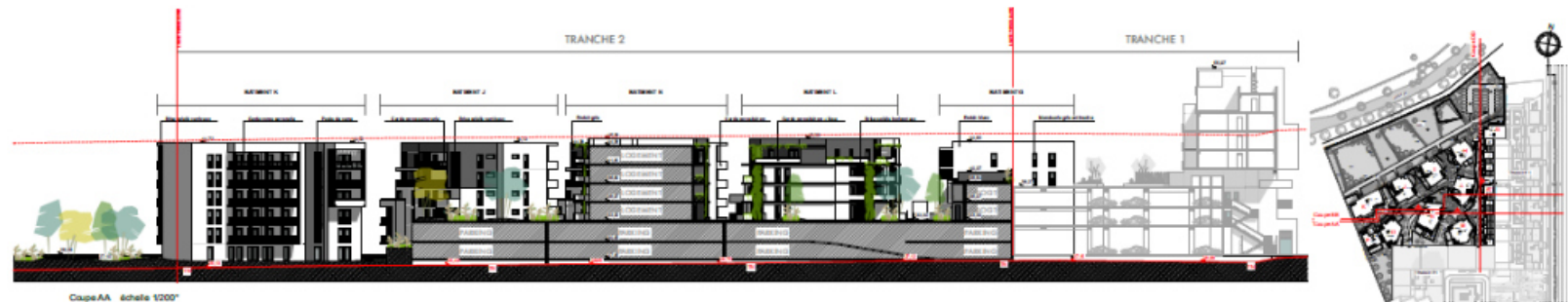
Selon les informations fournies par la SAS EAST PARK 2, la zone d'aménagement Tranche 2 :

- est dédiée à des logements (bâtiments disposant ou non de niveaux sous-jacents à usage de stationnement), à du stationnement (niveaux non enterrés) et à des espaces verts ;
- fait l'objet d'un apport de matériaux sains d'une épaisseur minimale de 30 cm.

Les plans d'aménagement pris en compte dans cette étude sont en date du 21/03/2018 (épaisseur de substrat) et 30/03/2018 (plan masse, plans coupes) (Cf. **Figure 3**).



Coupe DD échelle 1/200'



Coupe AA échelle 1/200'



Coupe BB échelle 1/200'


EASTPARK																					
Dossier de Permis de Construire																					
Marsactu Développement - 137 Boulevard Pont de Vivaux 13008 Marseille																					
																					
<p>Plan de l'Etat Major</p>																					
<p>Manœuvre/Activité : AMÉNAGEMENT - DÉVELOPPEMENT URBAIN</p>																					
<p>Dossier de Permis de Construire</p>																					
<p>Coupe</p>																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NO</th> <th>DATE</th> <th>NOM</th> <th>DESIGNATION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		NO	DATE	NOM	DESIGNATION																
NO	DATE	NOM	DESIGNATION																		



Figure 3 : Plans du projet d'aménagement

5. Caractérisation de l'exposition

Les résultats de cette évaluation des risques sanitaires sont élaborés en l'état actuel des connaissances scientifiques tant du point de vue chimique que toxicologique (avril 2018).

La caractérisation de l'exposition s'établit en fonction des trois composantes d'un risque :

- une source de contamination ;
- un transfert, c'est-à-dire un milieu par lequel transite le contaminant ;
- une cible.

Ces trois composantes sont détaillées dans les chapitres suivants.

Enfin, un schéma conceptuel a été établi en vue de synthétiser les 3 composantes retenues dans cette évaluation des risques sanitaires.

5.1. Caractérisation des sources de contamination identifiées sur le site

Le détail des données analytiques est disponible dans les différents rapports cités en 4.2.

Les investigations réalisées sur site entre 2007 et 2016 ont mis en évidence la présence de contaminants dans les sols, les eaux souterraines et les gaz des sols :

- présence dans les sols d'HCT, HAP, CAV, PCB, métaux ... ;
- présence dans les eaux souterraines d'HCT, HAP, CAV, COHV ... ;
- présence dans les gaz des sols de CAV et mercure.

5.2. Identification des voies d'exposition

Le **Tableau 3** synthétise les voies d'exposition retenues pour l'évaluation des risques sanitaires.

Tableau 3 : Résumé des voies d'exposition

Voies d'exposition potentielles	Pris en compte, ou non, dans l'étude	Commentaires
Ingestion de particules de sol	non	La zone d'aménagement Tranche 2 fait l'objet d'un apport de matériaux sains d'une épaisseur minimale de 30 cm.
Inhalation de poussières sur site	non	
Contact cutané avec les sols	non	
Inhalation de substances volatiles en phase vapeur à partir des sols / eaux souterraines / gaz du sol	oui	Une contamination des sols / eaux souterraines / gaz des sols a été identifiée sur site. Les mesures réalisées dans les gaz du sol permettent d'estimer de façon plus réaliste, d'une part, le dégazage des substances volatiles à partir des sols, et potentiellement des eaux souterraines, et d'autre part, l'exposition des usagers.
Ingestion d'eau souterraine contaminée par infiltration à travers les sols	non	Absence de puits au droit du site.
Contact direct ou indirect avec les eaux superficielles	non	Absence d'eau superficielle
Ingestion de végétaux autoproduits sur site	non	L'arrêté préfectoral n°86-2009 PC du 12 mai 2009 indique pour : *la zone A, l'interdiction de réaliser des jardins potagers, cultures ou espaces verts (seuls seront autorisés des bacs de terre hors sol) ; *la zone B, le maintien de l'interdiction de plantations à racines pénétrantes. L'aménagement prévoit des apports de matériaux sains sur dalle et sur sols d'une épaisseur de 30 à 450 cm pour la zone A, et sur sols d'une épaisseur de 30 à 150 cm pour la zone B pouvant permettre la création de jardins potagers ou espaces verts. Compte-tenu de ces recouvrements, cette voie n'est pas retenue dans l'évaluation des risques sanitaires.
Ingestion d'eau potable issue des réseaux souterrains	non	Implantation des réseaux souterrains dans des zones non contaminées. Dans le cas contraire, les canalisations souterraines situées au droit des zones polluées devront circuler dans des remblais d'apport sains ou devront être de nature imperméable aux substances organiques (acier, fonte).

5.3. Sélection des substances et teneurs / concentrations associées

L'ensemble des substances quantifiées par le laboratoire d'analyse et volatiles en phase vapeur a été sélectionné puisque l'ensemble de la zone d'aménagement Tranche 2 fait l'objet d'un recouvrement des sols et que les sols ne sont donc pas en contact direct avec les cibles.

D'une façon générale, les substances retenues pour l'évaluation quantitative des risques répondent à certains critères¹:

- toute substance dont les données disponibles (notamment physico-chimiques et toxicologiques) sont d'une qualité suffisante pour être exploitées en analyse des risques (critères définis par la circulaire DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014) ;
- toute substance dont la teneur / concentration est supérieure à la limite de quantification et considérée comme anormale dans les sols / eaux souterraines / gaz des sols, selon les voies d'exposition étudiées. Donc, pour l'inhalation de substances volatiles en phase vapeur, dans une démarche sécuritaire, toute substance présentant des données physico-chimiques relatives à sa volatilité (pression de vapeur, constante de Henry). Ainsi, l'ensemble des substances organiques est retenu, incluant les HAP et les PCB. En revanche, parmi les ETM, seul le mercure est considéré comme volatil.

Pour chaque substance considérée, les mesures réalisées dans les gaz du sol sont privilégiées car elles sont un reflet plus réaliste du dégazage des substances volatiles présentes dans les sols et/ou les eaux souterraines. Pour les substances quantifiées dans les sols et/ou les eaux souterraines, mais non quantifiées dans les gaz du sol, la concentration dans les gaz du sol peut éventuellement être retenue comme égale à la limite de quantification du laboratoire.

Si une substance quantifiée dans les sols et/ou eaux souterraines n'a pas été recherchée dans les gaz du sol, sa concentration dans les gaz des sols est modélisée à partir de la donnée sols et/ou eaux souterraines.

Dans chaque milieu retenu et pour chaque composé, la teneur / concentration maximale observée parmi les données disponibles pouvant caractériser le site après aménagement a été retenue (il a été considéré l'élimination hors site des matériaux caractérisant le prélèvement T2-E2 - préconisation de gestion des pollutions indiquée dans le rapport Antea France n°86049/A de novembre 2016).

¹ Cf. Annexe 1, Méthodologie Générale, 3-Sélection des substances.

Les éléments suivants ont, par ailleurs, été pris en compte :

Pour les hydrocarbures totaux :

Un élément important pour la réalisation d'une évaluation des risques sanitaires dans le cas d'une contamination par des hydrocarbures (HCT) est l'identification du type de produit pétrolier en présence, et la détermination de la répartition des fractions hydrocarbonées aromatiques et aliphatiques qui le composent. En effet, il n'existe pas, dans les bases de données spécialisées (US-EPA, ATSDR, OEHHA, etc.) de Valeur Toxicologique de Référence (VTR) correspondant aux hydrocarbures totaux (Indice HCT).

Le groupe de travail TPHCWG² a défini, pour chaque fraction hydrocarbonée (fractions aliphatiques et aromatiques >EC₆-EC₈, >EC₈-EC₁₀, >EC₁₀-EC₁₂, >EC₁₂-EC₁₆, ...) ³, une VTR et des paramètres physico-chimiques spécifiques. Pour une exposition par inhalation, seuls les hydrocarbures présentant un nombre d'équivalents-carbone inférieur à 16 ont été pris en compte, car ce sont les seuls considérés volatils et bénéficiant d'une VTR pour la voie respiratoire.

Pour les PCB :

D'après les études expérimentales réalisées, les 7 congénères analysés sont présents dans l'Aroclor 1254 à hauteur de 40 à 50%. Ainsi, les résultats des analyses basés sur les 7 PCB indicateurs sont multipliés par 2 pour être exprimés en équivalent Aroclor (1254). Les VTR de l'Aroclor 1254 sont ensuite appliquées.

Les substances pour l'évaluation des risques sanitaires sont présentées dans les **Tableaux 4 à 6**. Les teneurs / concentrations prises en compte sont surlignées en bleu.

² Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group, Human Health Risk-Based Evaluation of Petroleum Release Sites: Implementing the Working Group Approach, Volume 5, June 1999.

³ EC : équivalent-carbone. Comme recommandé par le TPHCWG, les fractions sont définies par un « équivalent-carbone (EC) » et non pas par le nombre de carbones contenus dans le composé. Cet « équivalent-carbone » est calculé sur la base du point d'ébullition et du temps de rétention sur chromatographie gazeuse de chaque composé. Par exemple, l'EC du benzène (6 carbones) est 6,5 car son point d'ébullition et son temps de rétention sont approximativement situés entre ceux du n-hexane (6 carbones) et du n-heptane (7 carbones).

Tableau 4 : Substances et teneurs / concentrations retenues pour l'évaluation des risques sanitaires – Inhalation de vapeurs en extérieur

Substances détectées en phase de diagnostics (hors HCT C16-C40 et métaux autres que mercure car non volatiles en phase vapeur)	Inhalation de vapeurs en extérieur Sondages éloignés Tranche 2 donc exclus : S1, S3 à S5, S21, S23 à S36, S38 à S42, S44, S51, T1 à T3 2007, PZA1, T2-E2						
	Concentration maximale sur les sols (mg/kg-MS)	Référence	Concentration maximale sur les eaux souterraines 2006-2007 (µg/l)	Référence	Concentration maximale sur les gaz des sols (mg/m ³)	Référence	Remarque
Hydrocarbures Aliphatiques et/ou Aromatiques C10-C12	25	S2	230	Puits			Rmq 1 (sols)
Hydrocarbures Aliphatiques et/ou Aromatiques C12-C16	2900	TC					
Hydrocarbures Aliphatiques C10-C12	17	S2					Rmq 2
Hydrocarbures Aliphatiques C12-C16	2726	TC					/
Hydrocarbures Aromatiques C10-C12	8	S2					Rmq 2
Hydrocarbures Aromatiques C12-C16	174	TC					/
Naphtalène	0.66	S12			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Acénaphthylène	0.15	T1-E3			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Acénaphthène	1.6	DEP1-E5			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Fluorène	1	T2-E4	0.02	PzA	<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Phénanthrène	15	T2-E4	0.06	PzA	<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Anthracène	2.8	T2-E4			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Fluoranthène	14	T2-E4	0.05	PzA	<0.0016	PZA2 / PZA3	Rmq 2 (eaux)
Pyrène	13	T2-E4	0.2	PzA	<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Benzo(a)anthracène	6.2	T2-E4			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Chrysène	6.2	T2-E4			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Benzo(b)fluoranthène	5.7	T2-E4			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Benzo(k)fluoranthène	2.5	T2-E4			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Benzo(a)pyrène	5.6	T2-E4			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Dibenzo(ah)anthracène	0.72	T2-E4			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Benzo(ghi)perylène	2.7	T2-E4			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Indéno(123-cd)pyrène	2.7	T2-E4			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Benzène	0.17	S48	0.1	Pz18	<0.0016	PZA2 / PZA3	Rmq 2 (eaux)
Toluène	0.21	S48	32	Pz18	0.0125	PZA3	Rmq 2 (eaux)
Ethylbenzène			0.2	Pz18	0.0028	PZA3	Rmq 2 (eaux)
Xylène	0.6	S15	0.7	Pz18	0.0217	PZA3	Rmq 2 (eaux)
Styrène			0.2	Puits PzA			/
tert-Butylbenzène			0.3	Pz18			Rmq 3
1,2,4-Triméthylbenzène (Pseudocumène)	0.05	S43					/
1,1-Dichloroéthane			0.91	PzA			/
PCB	0.14	T2-E4					/
Mercuré	260	S16			0.000454	PG2	/
Biphenyl	0.017	S22/S43					Rmq 3
o-Crésol	0.08	S20					/
Cyperméthrine	0.07	S15					Rmq 3
2,4-DDD	0.079	S18					Rmq 3
2,4-DDE	0.13	S18					Rmq 3
4,4-DDE	0.001	S14 S15					/
4,4-DDT	0.012	S18					/
Dibenzofurane	0.18	S12					Rmq 3
a-Endosulfan	0.44	S18					Rmq 3
Permethrine A	0.19	S18					Rmq 3
Simazine			0.26	Pz17			Rmq 3
Terbutryne			0.62	Pz17			Rmq 3

Rmq 1 : Voir spéciation

Rmq 2 : Absence d'anomalie de concentration

Rmq 3 : Absence de VTR Inhalation

Tableau 5 : Substances et teneurs / concentrations retenues pour l'évaluation des risques sanitaires – Inhalation de vapeurs en intérieur au droit des bâtiment ne disposant pas d'aire de stationnement sous logements

Substances détectées en phase de diagnostics et volatiles en phase vapeur	Inhalation de vapeurs en intérieur Bâtiments G, I, J, K Sondages sur ou proximité immédiate : S2, S14 à S16, S18, S37, S47, Pg1 à Pg2, PZA3						
	Concentration maximale sur les sols (mg/kg-MS)	Référence	Concentration maximale sur les eaux souterraines 2006-2007 (µg/l)	Référence	Concentration maximale sur les gaz des sols (mg/m ³)	Référence	Remarque
Hydrocarbures Aliphatiques et/ou Aromatiques C10-C12	25	S2	230	Puits			Rmq 1 (sols)
Hydrocarbures Aliphatiques et/ou Aromatiques C12-C16	25	S2					Rmq 2 (eaux)
Hydrocarbures Aliphatiques C10-C12	17	S2					Rmq 2
Hydrocarbures Aliphatiques C12-C16	24	S2					Rmq 2
Hydrocarbures Aromatiques C10-C12	8	S2					Rmq 2
Hydrocarbures Aromatiques C12-C16	2	S2					Rmq 2
Acénaphène	0.01	S14			<0.0016	PZA3	Rmq 2
Fluorène	0.01	S14	0.02	PzA	<0.0016	PZA3	/
Phénanthrène	0.17	S14	0.06	PzA	<0.0016	PZA3	/
Anthracène	0.05	S14			<0.0016	PZA3	/
Fluoranthène	0.24	S14	0.05	PzA	<0.0016	PZA3	Rmq 2 (Eaux)
Pyrène	0.19	S14	0.2	PzA	<0.0016	PZA3	/
Benzo(a)anthracène	0.1	S14			<0.0016	PZA3	/
Chrysène	0.1	S14			<0.0016	PZA3	/
Benzo(b)fluoranthène	0.12	S14			<0.0016	PZA3	/
Benzo(k)fluoranthène	0.05	S14			<0.0016	PZA3	Rmq 2
Benzo(a)pyrène	0.08	S14			<0.0016	PZA3	/
Dibenzo(ah)anthracène	0.01	S14			<0.0016	PZA3	Rmq 2
Benzo(ghi)pérylène	0.05	S14			<0.0016	PZA3	/
Indéno(123-cd)pyrène	0.06	S14			<0.0016	PZA3	/
Benzène			0.1	Pz18	<0.0016	PZA3	Rmq 2
Toluène	0.079	S47	32	Pz18	0.0125	PZA3	Rmq 2 (Eaux)
Ethylbenzène			0.2	Pz18	0.0028	PZA3	Rmq 2 (Eaux)
Xylène	0.6	S15	0.7	Pz18	0.0217	PZA3	Rmq 2 (Eaux)
Styrène			0.2	Puits PzA			/
tert-Butylbenzène			0.3	Pz18			Rmq 3
1,1-Dichloroéthane			0.91	PzA			/
PCB	0.014	S18					/
Mercuré	260	S16			0.000454	PG2	/
Cyperméthrine	0.07	S15					Rmq 3
2,4-DDD	0.079	S18					Rmq 3
2,4-DDE	0.13	S18					Rmq 3
4,4-DDE	0.001	S14 S15					/
4,4-DDT	0.012	S18					/
a-Endosulfan	0.44	S18					Rmq 3
Permethrine A	0.19	S18					Rmq 3
Simazine			0.26	Pz17			Rmq 3
Terbutryne			0.62	Pz17			Rmq 3

Rmq 1 : Voir spéciation

Rmq 2 : Absence d'anomalie de concentration

Rmq 3 : Absence de VTR Inhalation

Tableau 6 : Substances et teneurs / concentrations retenues pour l'évaluation des risques sanitaires – Inhalation de vapeurs en intérieur dans les bâtiments disposant d'un ou plusieurs niveaux de sous-sol

Substances détectées en phase de diagnostics (hors HCT C16-C40 et métaux autres que mercure car non volatiles en phase vapeur)	Inhalation de vapeurs en intérieur des Bâtiments autres que les Bâtiments G, I, J, K Sondages sur ou à proximité immédiate : S10 à S14, S17, S22, S43, S45 à S48, Pz2, PZA2 à PZA3						
	Concentration maximale sur les sols (mg/kg-MS)	Référence	Concentration maximale sur les eaux souterraines 2006-2007 (µg/l)	Référence	Concentration maximale sur les gaz des sols (mg/m ³)	Référence	Remarque
Naphtalène	0.66	S12			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Acénaphthène	0.13	S12			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Fluorène	0.18	S12	0.02	PzA	<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Phénanthrène	1.2	S12	0.06	PzA	<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Anthracène	0.38	S12			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Fluoranthène	1.8	S12	0.05	PzA	<0.0016	PZA2 / PZA3	Rmq 2 (eaux)
Pyrène	2.6	S12	0.2	PzA	<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Benzo(a)anthracène	0.72	S12			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Chrysène	0.98	S12			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Benzo(b)fluoranthène	1.2	S12			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Benzo(k)fluoranthène	0.38	S12			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Benzo(a)pyrène	0.65	S12			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Dibenzo(ah)anthracène	0.09	S22			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Benzo(ghi)pérylène	0.53	S12			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Indéno(123-cd)pyrène	0.53	S12			<0.0016	PZA2 / PZA3	/
Benzène	0.17	S48	0.1	Pz18	<0.0016	PZA2 / PZA3	Rmq 2 (eaux)
Toluène	0.21	S48	32	Pz18	0.0125	PZA3	Rmq 2 (eaux)
Ethylbenzène			0.2	Pz18	0.0028	PZA3	Rmq 2 (eaux)
Xylène	0.1	S43	0.7	Pz18	0.0217	PZA3	Rmq 2 (eaux)
Styrène			0.2	Puits PzA			/
tert-Butylbenzène			0.3	Pz18			Rmq 3
1,2,4-Triméthylbenzène (Pseudocumène)	0.05	S43					/
1,1-Dichloroéthane			0.91	PzA			/
Mercure	190	S14			0.000454	PG2	/
Biphenyl	0.017	S22/S43					Rmq 3
4,4-DDE	0.001	S14					/
4,4-DDT	0.004	S14					/
Dibenzofurane	0.18	S12					Rmq 3
Simazine			0.26	Pz17			Rmq 3
Terbutryne			0.62	Pz17			Rmq 3

Rmq 1 : Voir spéciation

Rmq 2 : Absence d'anomalie de concentration

Rmq 3 : Absence de VTR Inhalation

5.4. Cibles retenues

Au regard de l'aménagement envisagé (logements), les cibles étudiées sont donc les résidents sur site : prise en compte d'un enfant grandissant (0-30 ans).

Ces cibles sont les plus sensibles en termes d'exposition et donc de risque sanitaire. L'étude couvre ainsi les autres cibles qui pourraient être présentes sur le site mais qui sont moins exposées du fait d'une durée d'exposition plus faible.

5.5. Schéma conceptuel

Un schéma conceptuel résumant les scénarios d'exposition retenus est présenté en **Figure 4**.

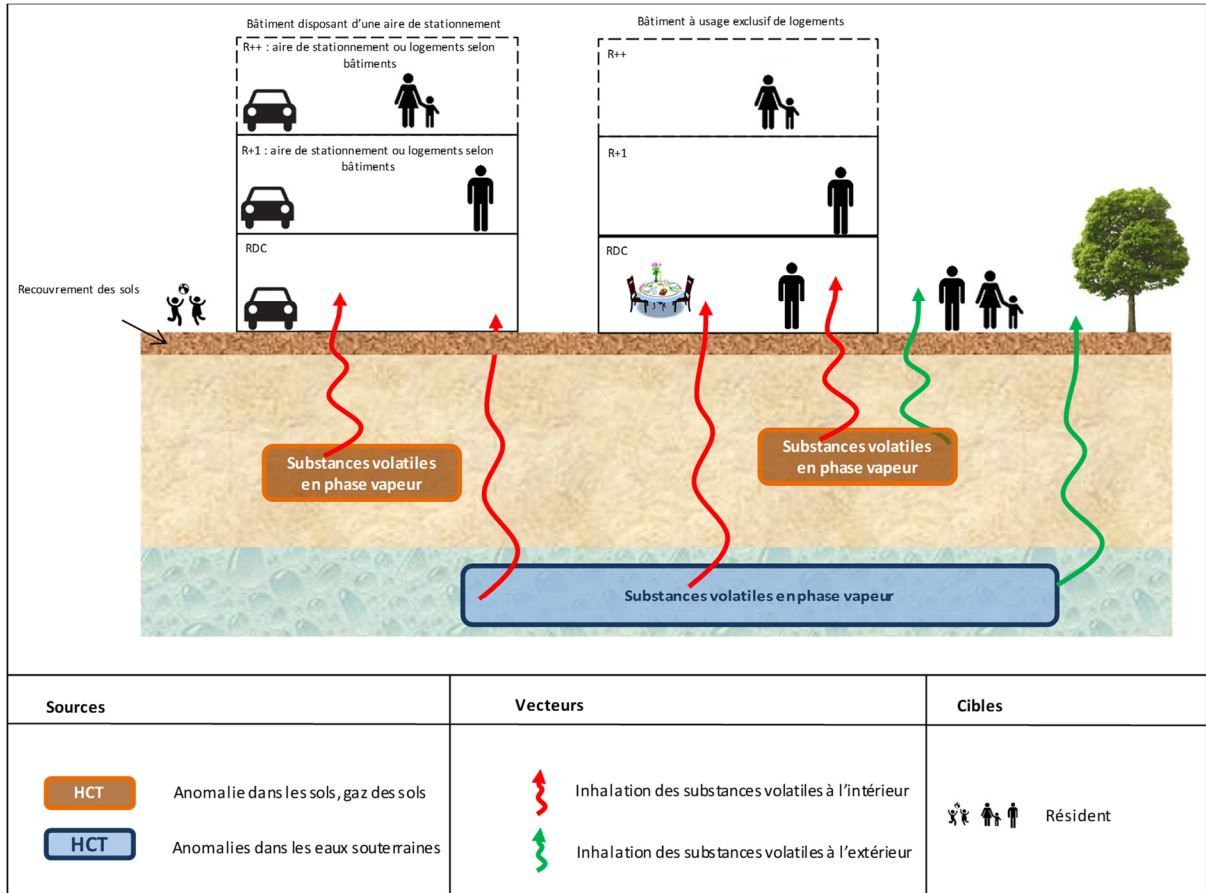


Figure 4 : Schéma conceptuel

5.7. Quantification de l'exposition

Cette section décrit les modèles d'exposition ainsi que les paramètres retenus pour évaluer les doses d'exposition pour les cibles considérées.

5.7.1. Choix du modèle d'exposition

L'évaluation des risques sanitaires est réalisée à l'aide du logiciel MODUL'ERS conçu par l'INERIS. Ce logiciel, qui permet d'estimer les niveaux d'exposition des cibles étudiées et les niveaux de risque sanitaire associés, est basé sur l'ensemble des équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle fourni par l'INERIS et le guide de l'utilisateur MODUL'ERS⁴.

Dans le cadre de cette étude, le logiciel a fait appel aux modules suivants :

- module « conc gaz air extérieur » qui permet le calcul du flux d'émission à partir d'une source nappe ou sol et l'estimation des concentrations attendues dans l'air ;
- module « conc gaz air intérieur Volasoil » qui est basé sur une approche dérivée du modèle Volasoil du RIVM (institut néerlandais de santé publique et de l'environnement), permettant le calcul des concentrations attendues dans l'air d'un bâtiment à partir d'une source nappe ou sol/gaz des sols ;
- module « Niveaux_Exposition_Risque » qui permet de calculer, d'une part les niveaux d'exposition chroniques pour les différentes classes d'âge définies par l'utilisateur et d'autre part, les niveaux de risques chroniques pour des effets cancérigènes et non cancérigènes.

Les principes du logiciel MODUL'ERS utilisé sont présentés en **Annexe III**.

5.7.1.1. Caractéristiques de la modélisation

Dans les modèles d'exposition, il faut souligner que les mesures dans les gaz du sol permettent de s'affranchir d'une étape dans le calcul de risque, consistant à estimer les concentrations des gaz du sol à partir des teneurs / concentrations mesurées dans les sols et/ou dans les eaux souterraines. Cette approche permet d'évaluer de façon plus réaliste l'exposition des futurs usagers du site mais cela n'est possible que si la limite de quantification dans les gaz des sols est suffisamment basse pour une substance considérée.

⁴ INERIS, Rapport d'étude n°DRC-08-94882-16675C, 01/08/2010, « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle »
INERIS, Rapport d'étude n°DRC-14-1419688-00696A, Mars 2014, Guide de l'utilisateur Modu'ERS

5.7.1.2. Paramètres d'entrée du modèle

Les équations de modélisation nécessitent l'utilisation de différents paramètres propres à la construction et aux différentes substances présentes dans les sols et/ou les eaux souterraines et/ou les gaz du sol (Cf. **Annexe III**).

Les transferts des substances volatiles en phase vapeur depuis les sols / eaux souterraines / gaz des sols vers l'air extérieur ont été modélisés selon les principes suivants :

- la vitesse moyenne du vent a été calculée sur la base des données de la rose des vents de la station de Marignane ;
- la contamination a été positionnée à 30 cm de profondeur (prise en compte de l'épaisseur minimale d'apport de matériaux sains de type limon sableux).

Les transferts des substances volatiles en phase vapeur depuis les sols / eaux souterraines / gaz des sols vers l'air intérieur, au droit des Bâtiments G, I, J, K ne disposant pas d'aire de stationnement sous logements, ont été modélisés selon les principes suivants :

- la contamination a été positionnée à 50 cm sous la dalle de fond (prise en compte de l'épaisseur minimale d'apport de matériaux sains de type sable au droit des bâtiments ne disposant pas d'aire de stationnement sous logements) ;
- prise en compte d'un taux de renouvellement d'air bas appliqué généralement pour un logement.

Les transferts des substances volatiles en phase vapeur depuis les sols / eaux souterraines / gaz des sols vers l'air intérieur, au droit des autres bâtiments disposant d'un ou plusieurs niveaux de stationnement sous logements, ont été modélisés selon les principes suivants :

- la contamination a été positionnée à 30 cm sous la dalle de fond (prise en compte de l'épaisseur minimale d'apport de matériaux sains de type sable au droit des bâtiments disposant d'un ou plusieurs niveaux de stationnement sous logements) ;
- prise en compte d'un taux de renouvellement d'air bas appliqué généralement pour un logement ;
- le taux de transfert considéré entre le sous-sol et le rez-de-chaussée est de 39 % (95^{ème} percentile étude *Fast et al*)⁵.

La **Figure 5** schématise la modélisation du transfert des substances volatiles au niveau du bâti.

⁵ Fast, T.J., Kliet, en H., van de Wiel, 1987, Rapport nr.6.

Cette publication fait état d'un taux de transfert compris entre 0 et 68,5%, avec une moyenne à 10,7%, une médiane à 15,3%, un 95^{ème} percentile à 39,4%. Cette référence est citée par C-Soil (van den Berg, 1994) et HESP qui retient un taux moyen de transfert vide sanitaire/rez-de-chaussée à 10%. Le même taux de transfert avait été retenu dans ECETOC (1990) sur la base d'une autre étude (ten Berge, 1985). ECETOC signale toutefois l'existence de valeurs jusqu'à 50%.

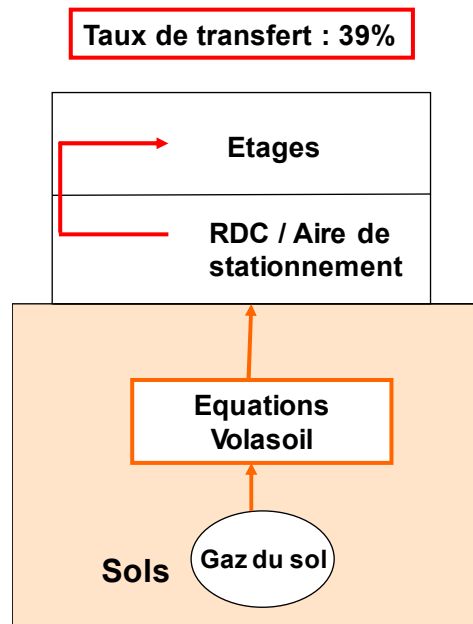


Figure 5 : Modélisation du transfert des substances volatiles en phase vapeur au niveau du bâti

Les paramètres d'entrée de la modélisation retenus pour l'évaluation des risques sanitaires sont présentés dans les **Tableaux 7 à 9**.

Tableau 7 : Paramètres pris en compte pour la modélisation – Inhalation en extérieur

Paramètres environnementaux	Valeur	Unité	Justification
Vitesse du vent	4.31	m/s	Vitesse moyenne - Station Marnane

Paramètres d'aménagement	Valeur	Unité	Justification
Dimension de la source parallèle à la direction du vent	200	m	Caractéristique du site
Épaisseur de la couche 2 de la zone non saturée	0.3	m	Caractéristique projet (épaisseur minimale de recouvrement des sols)
Teneur en eau de la couche de sol 2	0.039		Valeur pour un sol de type limon sableux (nature du substrat)
Porosité de la couche de sol 2	0.387		Valeur pour un sol de type limon sableux (nature du substrat)

Paramètres du sol	Valeur	Unité	Justification
Pour les sols de surface / gaz des sols			
Teneur en eau de la couche de sol contenant la source sol	0.121		Caractéristique du site (rapport 58443)
Porosité de la couche de sol contenant la source sol	0.399		Valeur pour un sol de type limon (nature des sols en place)
Teneur en carbone organique de la couche contenant la source sol	0.002		Valeur pénalisante caractérisant le site
Pour les eaux souterraines			
Épaisseur de la couche 1 de la zone non saturée (sous-jacente à la couche 2 de substrat)	5.63	m	Profondeur minimale des eaux souterraines - épaisseur frange capillaire (6-0.37 m)
Épaisseur de la frange capillaire	0.37	m	Valeur pour un sol de type limon (nature des sols en place)
Porosité de la couche de sol 1	0.399		Valeur pour un sol de type limon (nature des sols en place)
Porosité de la frange capillaire	0.375		Valeur pour un sol de type sable
Teneur en eau de la couche de sol 1	0.121		Caractéristique du site (rapport 58443)
Teneur en eau de la frange capillaire	0.253		USEPA (2004) User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings

Tableau 8 : Paramètres pris en compte pour la modélisation – Inhalation en intérieur au droit des bâtiments ne disposant pas d'aire de stationnement sous logements

Paramètres d'aménagement	Valeur	Unité	Justification
Epaisseur de recouvrement des sols	0.5	m	Caractéristique projet (épaisseur minimale sur terrain naturel)
Teneur en eau de la couche de sol 2	0.053		Valeur pour un sol de type sable (nature du substrat)
Porosité de la couche de sol 2	0.375		Valeur pour un sol de type sable (nature du substrat)
Perméabilité intrinsèque de la couche 2	9.92E-12	m ²	Valeur pénalisante pour un sol de type sable (nature du substrat)
Contribution de l'air du vide sanitaire ou du sous-sol à l'air intérieur du lieu de vie (logement)	1		Pour l'exposition au 1er niveau (absence d'aire de stationnement sous-jacente)
Dépression entre l'intérieur du bâtiment et le sol	2		Pas de niveau enterré - USEPA (2004) User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings + RIVM (2008) Site specific human risk assessment of soil contamination with volatils compounds
Epaisseur de la dalle du bâtiment	0.1	m	Epaisseur minimale proposée par Antea France
Fraction surfacique occupée par les ouvertures dans la dalle	0.00001		Pour une dalle normale - RIVM (1996, 2008)
Hauteur du bâtiment (hauteur de la pièce où à lieu l'émission = hauteur du logement)	2.7	m	Caractéristique du projet
Taux de renouvellement d'air dans la zone du bâtiment où à lieu l'émission (logement)	0.000139	v/s	Valeur minimale proposée par Antea France (0.5 volume/heure - 12 volumes/jour)

Paramètres du sol	Valeur	Unité	Justification
Pour les sols de surface / gaz des sols			
Teneur en eau de la couche de sol contenant la source sol	0.121		Caractéristique du site (rapport 58443)
Porosité de la couche de sol contenant la source sol	0.399		Valeur pour un sol de type limon (nature des sols en place)
Teneur en carbone organique de la couche contenant la source sol	0.002		Valeur pénalisante caractérisant le site
Pour les eaux souterraines			
Epaisseur de la couche 1 de la zone non saturée (sous-jacente à la couche 2 de substrat)	5.63	m	Profondeur minimale des eaux souterraines - épaisseur frange capillaire (6-0.37 m)
Epaisseur de la frange capillaire	0.37	m	Valeur pour un sol de type limon (nature des sols en place)
Perméabilité intrinsèque de la couche 1	1.68E-13		Valeur pour un sol de type limon en prenant compte de la teneur en eau caractérisant le site
Porosité de la couche de sol 1	0.399		Valeur pour un sol de type limon (nature des sols en place)
Porosité de la frange capillaire	0.375		Valeur pour un sol de type sable
Teneur en eau de la couche de sol 1	0.121		Caractéristique du site (rapport 58443)
Teneur en eau de la frange capillaire	0.253		USEPA (2004) User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings

Tableau 9 : Paramètres pris en compte pour la modélisation – Inhalation en intérieur au droit des bâtiments disposant d’aire de stationnement sous logements

Paramètres d'aménagement	Valeur	Unité	Justification
Epaisseur de recouvrement des sols	0.3	m	Caractéristique projet (épaisseur minimale sur terrain naturel)
Teneur en eau de la couche de sol 2	0.053		Valeur pour un sol de type sable (nature du substrat)
Porosité de la couche de sol 2	0.375		Valeur pour un sol de type sable (nature du substrat)
Perméabilité intrinsèque de la couche 2	9.92E-12	m ²	Valeur pénalisante pour un sol de type sable (nature du substrat)
Contribution de l'air du vide sanitaire ou du sous-sol à l'air intérieur du lieu de vie (aire de stationnement / logement)	1		Pour l'exposition au 1er niveau (aire de stationnement)
	0.39		Pour l'exposition au niveau supérieur (logement)
Dépression entre l'intérieur du bâtiment et le sol	2		Pas de niveau enterré - USEPA (2004) User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings + RIVM (2008) Site specific human risk assessment of soil contamination with volatils compounds
Epaisseur de la dalle du bâtiment	0.1	m	Epaisseur minimale proposée par Antea France
Fraction surfacique occupée par les ouvertures dans la dalle	0.00001		Pour une dalle normale - RIVM (1996, 2008)
Hauteur du bâtiment (hauteur de la pièce où à lieu l'émission = hauteur de l'aire de stationnement)	2.6	m	Caractéristique du projet
Taux de renouvellement d'air dans la zone du bâtiment où à lieu l'émission (aire de stationnement)	0.000139	v/s	Valeur minimale proposée par Antea France (0.5 volume/heure - 12 volumes/jour)

Paramètres du sol	Valeur	Unité	Justification
Pour les sols de surface / gaz des sols			
Teneur en eau de la couche de sol contenant la source sol	0.121		Caractéristique du site (rapport 58443)
Porosité de la couche de sol contenant la source sol	0.399		Valeur pour un sol de type limon (nature des sols en place)
Teneur en carbone organique de la couche contenant la source sol	0.002		Valeur pénalisante caractérisant le site
Pour les eaux souterraines			
Epaisseur de la couche 1 de la zone non saturée (sous-jacente à la couche 2 de substrat)	5.63	m	Profondeur minimale des eaux souterraines - épaisseur frange capillaire (6-0.37 m)
Epaisseur de la frange capillaire	0.37	m	Valeur pour un sol de type limon (nature des sols en place)
Perméabilité intrinsèque de la couche 1	1.68E-13		Valeur pour un sol de type limon en prenant compte de la teneur en eau caractérisant le site
Porosité de la couche de sol 1	0.399		Valeur pour un sol de type limon (nature des sols en place)
Porosité de la frange capillaire	0.375		Valeur pour un sol de type sable
Teneur en eau de la couche de sol 1	0.121		Caractéristique du site (rapport 58443)
Teneur en eau de la frange capillaire	0.253		USEPA (2004) User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings

5.7.2. Calcul de la dose journalière ou concentration d'exposition

L'équation mathématique permettant de calculer la DJE_{ij} (exprimée en mg/(kg.j) ou la CI (exprimée en mg/m³) dans le cas des substances cancérigènes est la suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{T \cdot Q_{ij} \cdot F}{P \cdot T_m \cdot 365} \cdot C_i \cdot \text{ou} \cdot CI = \frac{C_i \cdot t_i \cdot T \cdot F}{T_m \cdot 365}$$

où : Q_{ij} est la quantité de milieu i administrée par la voie j par jour (en kg/j ou m³/j),

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

F est la fréquence d'exposition (en j/an),

T est la durée d'exposition (en an),

P est le poids de l'individu (en kg),

T_m est le temps moyen de prise en compte de l'apparition possible d'un effet néfaste sur la santé (en années),

C_i est la concentration au point d'exposition (en mg/kg ou mg/m³),

CI concentration moyennée d'exposition (en mg/m³).

5.7.3. Paramètres d'exposition

Les paramètres généraux caractérisant l'exposition des différentes cibles ou récepteurs sont renseignés dans le **Tableau 10**⁶.

⁶ Les valeurs INERIS sont issues du rapport d'étude n°DRC-14-141968-11173A, 21/02/2015, « Paramètres d'exposition de l'homme du logiciel MODUL'ERS »

Tableau 10 : Paramètres d'exposition retenus pour l'évaluation des risques sanitaires

Paramètres d'exposition en fonction des classes d'âge	Valeurs Résident Enfant devenant adulte							Unité	Justification
	0	1	3	6	11	15	18		
Age de l'individu au début de l'exposition	0	1	3	6	11	15	18	ans	Valeurs INERIS pour une exposition totale de 30 ans correspondant à la durée communément admise dans les évaluations des risques sanitaires (hors adulte travailleur)
Age minimal de chaque classe d'âge	Classe 1 : 0	Classe 2 : 1	Classe 3 : 3	Classe 4 : 6	Classe 5 : 11	Classe 6 : 15	Classe 7 : 18	ans	
Durée d'exposition de l'individu	1	2	3	5	4	3	12	ans	
Classe d'âge considérée	0-1	1-3	3-6	6-11	11-15	15-18	18-30	ans	
Hauteur de respiration de la cible	0.3	0.7	0.9	1.1	1.35	1.5	1.55	m	
Masse corporelle de la cible	7.6	12.4	17.8	28.7	47.2	60	70.4	kg	
Fraction annuelle de temps passé à l'intérieur (logement)	0.73	0.73	0.63	0.63	0.64	0.61	0.69		Valeurs INERIS
Fraction annuelle de temps passé à l'intérieur (aire de stationnement)	0.0067	0.0067	0.0067	0.0067	0.0067	0.0067	0.0067		Valeur proposée par Antea France 10 min/j 350 j/an
Fraction annuelle de temps passé à l'extérieur (espace vert)	0.031	0.031	0.1	0.1	0.036	0.036	0.028		Valeurs INERIS

6. Evaluation de la relation dose réponse

6.1. Synthèse des données toxicologiques

Les principaux effets toxiques engendrés par les substances retenues pour l'évaluation des risques sanitaires sont présentés en **Annexe IV**.

6.2. Valeurs toxicologiques de référence retenues

L'ensemble des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) retenues dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires est présenté dans le **Tableau 11**. Pour chaque VTR retenue, la source bibliographique est indiquée.

La sélection des VTR a été établie selon les recommandations de la note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014.

Antea France a validé le choix des VTR retenues en avril 2018.

Cas particulier des HAP (hors benzo(a)pyrène et naphthalène) :

Il existe une VTR sans seuil associé au benzo(a)pyrène pour la voie respiratoire. Pour les HAP n'ayant pas de VTR cancérigènes spécifiques dans les bases de données officielles, des FET⁷ ont été appliqués au regard de la toxicologie du benzo(a)pyrène, selon les recommandations du rapport INERIS-DRC-47026-ETSC-Bdo-N°03DR177.doc-version 1-3, intitulé « Hydrocarbures Aromatiques polycycliques (HAPs) », du 18 décembre 2003."

Cas particulier des PCB (Aroclor 1254) :

Pour l'aroclor 1254, pour la voie par inhalation, des VTR pour les effets sans seuil distinctes sont proposées pour les enfants (< 6ans) et les adultes. Dans une démarche sécuritaire, la VTR applicable pour les enfants, plus sécuritaire, a été appliquée pour l'évaluation des risques sanitaires, pour l'ensemble des cibles quel que soit leur âge.

Remarque sur les valeurs de gestion :

Conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, au-delà de la simple compatibilité sanitaire, les valeurs de gestion doivent être respectées pour les milieux qui en disposent. Concernant l'air intérieur, ces valeurs de gestion correspondent aux valeurs règlementaires (cas du

⁷ Le concept de facteur d'équivalence toxique (FET) permet de déterminer le potentiel toxique cancérigène d'une substance par rapport à une substance étalon chimiquement proche et de même mécanisme d'action. Un FET égal à 1 est donné à la substance de référence. Dans le cas des HAP, il s'agit du benzo(a)pyrène. Une substance potentiellement plus toxique aura un FET supérieur à 1 et à l'inverse une substance moins toxique aura un FET inférieur à 1. La VTR retenue pour la substance λ est alors $FET_{\lambda} \times VTR_{\text{étalon}}$.

benzène et du formaldéhyde), ou aux valeurs cibles ou repères du HCSP et aux VGAI (Valeurs Guides de qualité de l’Air Intérieur) de l’ANSES.

Pour le benzène, le décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011 indique, une valeur réglementaire de qualité d’air intérieur pour les Etablissement Recevant du Public (ERP), en particulier les établissements accueillant des enfants. Ce décret indique qu’une concentration maximale de 2 µg/m³ en benzène devra être respectée dans l’air intérieur, pour une exposition longue durée à compter du 1er janvier 2016. La concentration modélisée dans l’air intérieur du bâtiment sera donc comparée à la valeur précitée.

Pour le benzène, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène et naphtalène, il existe une valeur repère de qualité d’air intérieur (non réglementaire) établie par HCSP⁸ pour les espaces clos (immeubles d’habitation ou locaux ouverts au public). Le HCSP recommande une valeur de 2 µg/m³ pour le benzène et le trichloroéthylène (TCE), 250 µg/m³ pour les effets à seuil du tétrachloroéthylène, et 10 µg/m³ pour le naphtalène. Les concentrations modélisées dans l’air intérieur du bâtiment seront donc comparées aux valeurs précitées.

Pour l’éthylbenzène, l’ANSES a proposé une VGAI de 1 500 µg/m³ dans l’air intérieur des espaces clos⁹. La concentration modélisée dans l’air intérieur du bâtiment sera donc comparée à la valeur précitée.

Tableau 11 : Valeurs Toxicologiques de Référence retenues pour la voie inhalation

VTR à seuil en mg/m³
VTR sans seuil en (mg/m³)⁻¹

Substances	VTR	Valeur	Référence
HCT			
Aliphatique C>05 C06	VTR_seuil_inh	18.4	TPHCWGS (1999)
Aliphatique C>05 C06	VTR_ss_seuil_inh		
Aliphatique C>06 C08	VTR_seuil_inh	18.4	TPHCWGS (1999)
Aliphatique C>06 C08	VTR_ss_seuil_inh		
Aliphatique C>08 C10	VTR_seuil_inh	1	TPHCWGS (1999) - Effet foie, système sanguin
Aliphatique C>08 C10	VTR_ss_seuil_inh		
Aliphatique C>10 C12	VTR_seuil_inh	1	TPHCWGS (1999) - Effet foie, système sanguin
Aliphatique C>10 C12	VTR_ss_seuil_inh		

⁸ Haut Conseil de la santé publique « Avis relatif à la fixation de valeurs repères d’aide à la gestion pour le trichloroéthylène dans l’air des espaces clos », juillet 2012, « Avis relatif à la fixation de valeurs repères d’aide à la gestion pour le tétrachloroéthylène dans l’air des espaces clos », juin 2010, « Avis relatif à la fixation de valeurs repères d’aide à la gestion pour le benzène dans l’air des espaces clos », juin 2010, « Avis relatif à la fixation de valeurs repères d’aide à la gestion pour le naphtalène dans l’air des espaces clos », janvier 2012.

⁹ ANSES « proposition de valeurs guides de qualité d’air intérieur – L’éthylbenzène », Octobre 2016.

Aliphatique C>12 C16	VTR_seuil_inh	1	TPHCWGS (1999)
Aliphatique C>12 C16	VTR_ss_seuil_inh		
Aliphatique C>16 C35	VTR_seuil_inh		
Aliphatique C>16 C35	VTR_ss_seuil_inh		
Aromatique C>08 C10	VTR_seuil_inh	0.2	TPHCWGS (1999) - Effet perte de poids
Aromatique C>08 C10	VTR_ss_seuil_inh		
Aromatique C>10 C12	VTR_seuil_inh	0.2	TPHCWGS (1999) - Effet perte de poids
Aromatique C>10 C12	VTR_ss_seuil_inh		
Aromatique C>12 C16	VTR_seuil_inh	0.2	TPHCWGS (1999)
Aromatique C>12 C16	VTR_ss_seuil_inh		
Aromatique C>21 C35	VTR_seuil_inh		
Aromatique C>21 C35	VTR_ss_seuil_inh		
HAP			
Acénaphène	VTR_seuil_inh		
Acénaphène	VTR_ss_seuil_inh	0.0006	US EPA (2017) + FET INERIS (2003)
Acénaphthylène	VTR_seuil_inh		
Acénaphthylène	VTR_ss_seuil_inh	0.0006	US EPA (2017) + FET INERIS (2003)
Anthracène	VTR_seuil_inh		
Anthracène	VTR_ss_seuil_inh	0.006	US EPA (2017) + FET INERIS (2003)
Benzo (a) Anthracène	VTR_seuil_inh		
Benzo (a) Anthracène	VTR_ss_seuil_inh	0.06	US-EPA (2017) + FET Ineris (2003)
Benzo (b) Fluoranthène	VTR_seuil_inh		
Benzo (b) Fluoranthène	VTR_ss_seuil_inh	0.06	US EPA (2017) + FET INERIS (2003)
Benzo (g h i) pérylène	VTR_seuil_inh		
Benzo (g h i) pérylène	VTR_ss_seuil_inh	0.011	Choix INERIS (2011)
Benzo (k) Fluoranthène	VTR_seuil_inh		
Benzo (k) Fluoranthène	VTR_ss_seuil_inh	0.06	US-EPA (2017) + FET Ineris (2003)
Benzo(a)pyrène	VTR_seuil_inh	0.000002	US-EPA (2017) - Effet développement
Benzo(a)pyrène	VTR_ss_seuil_inh	0.6	US-EPA (2017)
Chrysène	VTR_seuil_inh		
Chrysène	VTR_ss_seuil_inh	0.011	Choix Ineris (2011)
Dibenzo (a.h) Anthracène	VTR_seuil_inh		
Dibenzo (a.h) Anthracène	VTR_ss_seuil_inh	0.6	US-EPA (2017) + FET Ineris (2003)
Fluoranthène	VTR_seuil_inh		
Fluoranthène	VTR_ss_seuil_inh	0.0006	US EPA (2017) + FET INERIS (2003)
Fluorène	VTR_seuil_inh		
Fluorène	VTR_ss_seuil_inh	0.0006	US EPA (2017) + FET INERIS (2003)
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	VTR_seuil_inh		
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	VTR_ss_seuil_inh	0.06	US EPA (2017) + FET INERIS (2003)

Naphtalène	VTR_seuil_inh	0.037	ANSES (2013)
Naphtalène	VTR_ss_seuil_inh	0.0056	ANSES (2013)
Phénanthrène	VTR_seuil_inh		
Phénanthrène	VTR_ss_seuil_inh	0.0006	US EPA (2017) + FET INERIS (2003)
Pyrène	VTR_seuil_inh		
Pyrène	VTR_ss_seuil_inh	0.0006	US EPA (2017) + FET INERIS (2003)
CAV			
Benzène	VTR_seuil_inh	0.00975	ATSDR (2007) - Effet immunitaire
Benzène	VTR_ss_seuil_inh	0.026	ANSES (2013)
Toluène	VTR_seuil_inh	19	ANSES (2017)
Toluène	VTR_ss_seuil_inh		
Ethylbenzène	VTR_seuil_inh	1.5	ANSES (2016) - Effet ototoxique
Ethylbenzène	VTR_ss_seuil_inh	0.0025	OEHHA (2007/2008)
Xylene (mixture d'isomères)	VTR_seuil_inh	0.217	ATSDR (2007) - Effet neurologique
Xylene (mixture d'isomères)	VTR_ss_seuil_inh		
Mésitylène (135 triméthylbenzène)	VTR_seuil_inh	0.06	US-EPA (2016) - Effet neurologique
Mésitylène (135 triméthylbenzène)	VTR_ss_seuil_inh		
Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	VTR_seuil_inh	0.06	US-EPA (2016) - Effet neurologique
Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	VTR_ss_seuil_inh		
COHV			
Chloroforme (Trichlorométhane)	VTR_seuil_inh	0.063	ANSES (2008)
Chloroforme (Trichlorométhane)	VTR_ss_seuil_inh		
Chlorure de vinyle (Chloroéthène)	VTR_seuil_inh	0.056	US-EPA (2000) / Choix Ineris (2009)
Chlorure de vinyle (Chloroéthène)	VTR_ss_seuil_inh	0.0038	ANSES (2012)
Dichloroéthane 1.1-	VTR_seuil_inh		
Dichloroéthane 1.1-	VTR_ss_seuil_inh	0.0016	OEHHA (2004/2009)
Dichloroéthane 1.2-	VTR_seuil_inh	2.43	ATSDR (2001)
Dichloroéthane 1.2-	VTR_ss_seuil_inh	0.0034	ANSES (2009)
Dichloroéthène 1.1	VTR_seuil_inh	0.2	US-EPA (2002)
Dichloroéthène 1.1	VTR_ss_seuil_inh		
Dichloroéthène. cis-1.2-	VTR_seuil_inh	0.06	RIVM (2000/2001)
Dichloroéthène. cis-1.2-	VTR_ss_seuil_inh		
Dichloroéthène.1.2-trans-	VTR_seuil_inh	0.06	RIVM (2000/2001)
Dichloroéthène.1.2-trans-	VTR_ss_seuil_inh		
Dichlorométhane (Chlorure de méthylène)	VTR_seuil_inh	0.6	US-EPA (2011)
Dichlorométhane (Chlorure de méthylène)	VTR_ss_seuil_inh	0.00001	US-EPA (2011)
Tétrachloroéthylène	VTR_seuil_inh	0.2	OMS (2006) / Choix Ineris (2013) - Effet rein, neurologique

Tétrachloroéthylène	VTR_ss_seuil_inh	0.00026	ANSES (2013)
Tétrachlorure de carbone	VTR_seuil_inh	0.11	ANSES (2017)
Tétrachlorure de carbone	VTR_ss_seuil_inh		
Trichloroéthane. 1.1.1-	VTR_seuil_inh	1	US-EPA (2007) / Choix Ineris (2014)
Trichloroéthane. 1.1.1-	VTR_ss_seuil_inh		
Trichloroéthane. 1.1.2-	VTR_seuil_inh		
Trichloroéthane. 1.1.2-	VTR_ss_seuil_inh	0.016	US-EPA (1987/1994)
Trichloroéthylène	VTR_seuil_inh	0.6	OEHHA (2003) / Choix Ineris (2014) - Effet neurologique
Trichloroéthylène	VTR_ss_seuil_inh	0.00043	OEHHA (2004) / Choix Ineris (2014)
PCB			
PCBs	VTR_seuil_inh	0.001	Choix Ineris (2004)
PCBs	VTR_ss_seuil_inh	0.5	Pour l'enfant - Sinon 0.1 pour l'adulte - US-EPA (1996/1997)
Mercur			
Mercur	VTR_seuil_inh	0.00003	Choix Ineris (2009)
Mercur	VTR_ss_seuil_inh		
Autres			
Crésol m-	VTR_seuil_inh	0.17	RIVM (2001)
Crésol m-	VTR_ss_seuil_inh		
Crésol o-	VTR_seuil_inh	0.17	RIVM (2001)
Crésol o-	VTR_ss_seuil_inh		
Crésol p-	VTR_seuil_inh	0.17	RIVM (2001)
Crésol p-	VTR_ss_seuil_inh		
DDE. 4.4'-	VTR_seuil_inh		
DDE. 4.4'-	VTR_ss_seuil_inh	0.097	OEHHA (2004)
DDT	VTR_seuil_inh		
DDT	VTR_ss_seuil_inh	0.097	US-EPA (1991)
Styrène	VTR_seuil_inh	0.86	Choix Ineris (2011)
Styrène	VTR_ss_seuil_inh		

7. Quantification des risques sanitaires

L'ensemble des résultats est établi en l'état actuel des connaissances (avril 2018).

Les calculs ont été réalisés avec des paramètres propres au site quand ceux-ci étaient disponibles. En l'absence de valeurs spécifiques, des valeurs disponibles dans la littérature ou des choix d'expert ont été retenus (User's guide for evaluating subsurface vapor intrusion into buildings, USEPA, February 22, 2004).

Les feuilles de calculs sont présentées en **Annexe VI**.

Il est rappelé que l'acceptabilité des risques est définie sur la base de la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017. Un niveau de risque est considéré comme acceptable pour les usagers du site dans les cas suivants :

- Quotient de Danger (QD) inférieur à 1 (risques pour les effets à seuil : effets non cancérogènes d'une part, et effets cancérogènes non génotoxiques d'autre part),
- Excès de Risque Individuel (ERI) inférieur à 1.10^{-5} (risques pour les effets sans seuil de dose : effets cancérogènes génotoxiques).

Selon la méthodologie nationale, l'additivité des risques liés aux différents polluants et/ou aux différentes voies d'exposition doit être réalisée selon les recommandations des instances sanitaires au niveau national. En l'état actuel, ces recommandations conduisent :

- Pour les effets à seuils, à l'addition des quotients de danger (QD) uniquement pour les substances ayant le même mécanisme d'action toxique sur le même organe cible,
- Pour les effets sans seuils, l'addition de tous les excès de risques de cancer.

Toutefois, des incertitudes demeurent sur les organes cibles et les possibilités d'effets croisés ou de synergie lorsque plusieurs substances sont présentes. Ainsi, en première approche et dans une démarche sécuritaire, la somme des QD, toutes voies et toutes substances confondues, est présentée ci-après. Si les résultats nécessitent d'être affinés, une présentation des résultats avec distinction par organe cible ou effet sur la santé sera réalisée (présentation ciblée, plus réaliste).

Les niveaux de risque sanitaire, calculés sur la base des teneurs / concentrations et des caractéristiques constructives retenues, sont présentés dans le **Tableau 12**.

Tableau 12 : Résultats de l'évaluation des risques sanitaires

Exposition de l'enfant grandissant sur site (0-30 ans)	QD Max	ERI
Exposition au droit des espaces verts	6.55E-02	1.64E-08
Exposition en RDC dans un logement Bâtiments G, I, J, K	6.12E-02	6.05E-07
Exposition en étage dans un logement Bâtiments autres que G, I, J, K	4.34E-01	2.22E-07
Exposition sur une aire de stationnement	9.42E-02	6.19E-09
Cumul des scénarios : espace vert + logement pénalisant + aire de stationnement	5.94E-01	6.28E-07

L'évaluation des risques sanitaires, pour la voie d'exposition par inhalation de vapeurs, indique des niveaux de risque sanitaires inférieurs aux valeurs d'acceptabilité des risques (QD < 1.00E+00 et ERI < 1.00E-05), pour les futurs usagers du site.

8. Comparaison aux valeurs de gestion

A noter que les concentrations présentées dans ce paragraphe ne sont pas issues de mesures réelles dans le milieu mais d'une modélisation. Cette modélisation est par conséquent sujette à certaines incertitudes du fait des paramètres de modélisation retenus (taux de ventilation, dimensions du bâti, type de sol au droit du bâti, taux de fissuration de la dalle, etc).

Au-delà, des niveaux de risque sanitaires établis, les concentrations modélisées sont ici comparées aux valeurs de gestion (valeurs réglementaires, valeurs cibles ou repères du HCSP, VGAI de l'ANSES).

Valeurs Réglementaires

Compte-tenu de la présence de benzène dans les milieux, la concentration modélisée dans les bâtiments a été comparée à la valeur réglementaire de qualité d'air intérieur du décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs guides pour l'air intérieur des ERP. Les résultats mettent en évidence une concentration modélisée de 0,005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, inférieure à la valeur réglementaire dans l'air intérieur de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ainsi, la concentration modélisée est donc compatible avec un usage de type ERP accueillant des enfants.

Valeurs cibles ou repères du HCSP, VGAI de l'ANSES

Compte-tenu de la présence de benzène, éthylbenzène et naphtalène dans les milieux, la concentration modélisée dans les bâtiments a été comparée, à titre informatif, aux valeurs cibles ou repères du HCSP ou VGAI de l'ANSES (Cf. **Tableau 13**).

Tableau 13 : Comparaison des concentrations modélisées aux valeurs du HCSP ou ANSES

Substance	Concentrations modélisées dans l'air intérieur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VGAI du HCSP ou de l'ANSES
Benzène	0,005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ethylbenzène	0,014 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Naphtalène	0,005 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Les concentrations modélisées dans l'air intérieur du futur bâtiment sont inférieures aux valeurs cibles ou repères du HCSP ou VGAI de l'ANSES.

9. Evaluation des incertitudes

L'évaluation des risques sanitaires se décompose en cinq grandes étapes, dont chacune fait l'objet d'incertitudes :

- la caractérisation physique des milieux,
- la sélection des substances et teneurs / concentrations associées,
- l'évaluation de l'exposition,
- l'évaluation de la toxicité,
- la caractérisation des risques.

9.1. Analyse qualitative

9.1.1. Incertitudes sur les caractéristiques physiques des milieux

Le site a fait l'objet de nombreuses investigations permettant de qualifier les sols en place de limoneux. La nature du substrat allant recouvrir ces sols n'étant pas définie, il a été décidé à titre sécuritaire de prendre en compte un recouvrement par des sables au droit des futurs bâtiments (sol le plus perméable aux substances volatiles en phase vapeur) et par des limons sableux sur 30 cm minima au droit des futurs espaces verts (sol assimilé à de la terre végétale). Ce choix est réaliste.

9.1.2. Incertitudes sur la sélection des substances et teneurs / concentrations associées

La sélection des substances chimiques retenues pour l'étude est une source d'incertitudes. D'une part, les substances considérées sont limitées aux substances contaminantes identifiées lors des investigations puis sélectionnées pour l'évaluation des risques sanitaires.

Les analyses ont été ciblées en fonction de l'historique et des premiers résultats analytiques obtenus lors de diagnostics.

Les teneurs / concentrations des différentes substances mesurées sur site sont soumises à des incertitudes inhérentes aux méthodes de prélèvements et d'analyses :

- Sur le terrain, des biais de prélèvements existent, liés soit à la technique de prélèvement (tarière manuelle, carottage, géoprobe, pelle mécanique, ...), soit à la constitution de l'échantillon (choix de la lithologie à échantillonner, échantillon simple ou composite, ...). Les protocoles de terrain font en sorte de limiter ses biais, mais il n'est pas possible de les éviter totalement.
- Au laboratoire, des incertitudes liées aux méthodes d'analyse sont également identifiées. Là encore, les protocoles permettent de limiter ces incertitudes.
- La réalisation d'un nombre d'échantillon important permet également de limiter les incertitudes.

Par précaution, pour limiter les incertitudes, les teneurs / concentrations maximales mesurées ont été retenues pour évaluer les concentrations au point d'exposition. Ce choix est sécuritaire.

9.1.3. Incertitudes sur l'évaluation de l'exposition

Les **cibles** choisies sont les plus sensibles, c'est-à-dire les personnes les plus exposées aux substances volatiles en phase vapeur présentes dans les sols / eaux souterraines / gaz des sols.

Pour cette évaluation des risques sanitaires, les **modèles d'exposition** du logiciel MODUL'ERS développé par l'INERIS ont été utilisés pour estimer les concentrations de contaminants dans l'air intérieur, à partir des concentrations mesurées dans les sols / eaux souterraines / gaz du sol. L'estimation de l'exposition d'un individu, à l'aide de modèles d'exposition, n'est qu'une représentation mathématique approximative, et généralement sécuritaire, de la réalité. L'incertitude associée aux modèles est toutefois difficile à évaluer.

De nombreux paramètres, spécifiques au site ou aux récepteurs, influencent les résultats des modélisations. Les **propriétés physico-chimiques** et géologiques font partie des paramètres influençant la détermination des flux de remontées des substances volatiles. Les paramètres géologiques proviennent de mesures ou d'observations réalisées sur site. Les propriétés physico-chimiques des substances (provenant de bases de données fiables telles que l'INERIS, l'US-EPA, ou la littérature scientifique), et les teneurs retenues ne sont pas des sources majeures d'incertitudes.

Une part de l'incertitude, liée à l'utilisation du modèle, provient donc de l'utilisation de paramètres par défaut du fait de l'absence de données spécifiques. En effet, pour certains paramètres, seules les **valeurs standards** proposées par le modèle sont connues. Dans ce cas, il est difficile d'envisager d'autres valeurs (taux de renouvellement d'air dans un bâtiment, taux de fissuration, température du sol ...).

Lors d'une exposition par inhalation de substances volatiles en phase vapeur provenant des milieux, il apparaît que trois facteurs ont une influence non négligeable sur le résultat final. Il s'agit du taux de fissuration de la dalle, de la hauteur de l'espace clos modélisé et du taux de renouvellement d'air.

Concernant la fraction surfacique occupée par les ouvertures de la dalle, en l'absence de valeur propre au site, il a été considéré une valeur standard de 1,0E-05 (RIVM 1996, 2008).

Concernant la hauteur sous-plafond, elle a été déduite des cotes mentionnées sur les plans projet. Les valeurs les plus pénalisantes ont été retenues par groupe de bâtiments (ceux sans aire de stationnement sous logements, ceux avec aires de stationnement sous logement).

Concernant le taux de renouvellement d'air, en l'absence de valeur propre au site, il a été considéré une valeur standard de 1,39E-04 v/s de type habitation.

9.1.4. Incertitudes sur l'évaluation de la toxicité

Selon l'US EPA, il existe de nombreuses sources d'incertitudes associées à la détermination des valeurs de toxicité, notamment du fait :

- de l'extrapolation de la réponse dose-effet pour de faibles doses à partir de hautes doses,
- de l'extrapolation de réponse pour des expositions de courtes durées à de longues durées,
- de l'extrapolation des résultats d'expérimentations chez l'animal pour prédire des effets chez l'homme,

- de l'extrapolation de réponses à partir d'études provenant de populations animales homogènes pour prédire les effets sur une population composée d'individus avec un large spectre de sensibilité.

Les bases de données toxicologiques retenues pour l'étude sont en priorité celles de l'ANSES, l'US-EPA (base de données de l'IRIS¹⁰), de l'ATSDR, et de l'OMS, puis celles du RIVM¹¹, de Health Canada, de l'OEHHA et de l'EFSA¹².

La sélection des VTR a été établie selon les recommandations de la note d'information n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 (Cf. **Annexe IV**).

9.1.5. Incertitudes sur la caractérisation du risque

Les incertitudes inhérentes à la caractérisation du risque sont directement fonction des incertitudes précisées dans les chapitres précédents.

Il convient de rappeler que cette analyse ne peut tenir compte de toutes les incertitudes liées à l'utilisation des modèles. Néanmoins, il faut souligner que, de façon générale, **les paramètres retenus pour calculer les risques ont tendance à surestimer les risques sanitaires. Ceci répond au principe de prudence scientifique qui régit l'évaluation quantitative des risques sanitaires.**

9.2. Analyse quantitative

La prise en compte de paramètres pénalisants à toutes les étapes de calculs augmente le niveau de confiance attribuable aux résultats de l'évaluation des risques sanitaires.

Antea France considère ne pas avoir sous-estimé les risques.

¹⁰ Integrated Risk Information System.

¹¹ Institut Royal pour la Santé Publique et l'Environnement (Pays-Bas).

¹² Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (European Food Safety Authority).

10. Conclusion

Dans le cadre du projet de reconversion des anciens terrains SOMEFOR sis 139, boulevard Pont de Vivaux à Marseille (13), la SAS EAST PARK 2 a mandaté la société Antea France pour la réalisation d'une Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires (EQRS), dans l'objectif d'étudier la compatibilité de l'aménagement envisagé (Tranche 2 - Logements) avec la contamination observée au droit du site (sols et/ou eaux souterraines et/ou gaz des sols).

La voie d'exposition étudiée est l'inhalation de substances volatiles en phase vapeur présentes dans les sols / eaux souterraines / gaz des sols au droit des espaces intérieurs et extérieurs.

Au regard de l'aménagement envisagé (logements), les cibles étudiées sont donc les résidents sur site : prise en compte d'un enfant grandissant (0-30 ans).

Cette évaluation des risques sanitaires indique que les niveaux de risque sont inférieurs aux seuils de risque recommandés dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués (rédigée par le Ministère chargé de l'Environnement, avril 2017).

Cette conclusion est établie en tenant compte des dispositions d'aménagement devant être mises en œuvre et présentées dans le **Tableau 14**.

Tableau 14 : Dispositions d'aménagement

AMENAGEMENTS CONCERNES	DISPOSITIONS D'AMENAGEMENT
Bâti	<p>Respect des plans d'aménagement PC 03a et PC 03b du 30/03/2018.</p> <p>Un recouvrement des sols laissés en place par un substrat sain de 30 cm d'épaisseur au minimum au droit des bâtiments dont les premiers niveaux sont à usage de stationnement, de 50 cm d'épaisseur au minimum au droit des bâtiments dont le 1^{er} niveau est à usage de logements (PC 03a et PC 03b du 30/03/2018 pour le bâti) et de type sable.</p> <p>Une épaisseur de dalle de fond de 10 cm minimum.</p> <p>Une hauteur sous-plafond de 2,6 m minimum.</p> <p>Un taux de renouvellement d'air dans les aires de stationnement et logements de 1,39E-04 v/s.</p> <p>Absence de voie préférentielle d'intrusion des gaz du sol vers le bâti, en particulier via des événements ou dispositifs équivalents. Le cas échéant, la présence de tels dispositifs devra faire l'objet d'un calcul de risque spécifique.</p> <p>Absence de puits permettant l'utilisation des eaux souterraines de la nappe superficielle. Dans le cas contraire, les usages de l'eau issue de la nappe superficielle devront faire l'objet d'un nouveau calcul de risque conforme à la méthodologie décrite dans les outils de gestion des sites (potentiellement) pollués, rédigée par le M.E.D.D.E, V0 - février 2007.</p>

AMENAGEMENTS CONCERNES	DISPOSITIONS D'AMENAGEMENT
Espaces extérieurs	<p>Elimination hors site des matériaux caractérisant le prélèvement T2-E2 (préconisation de gestion des pollutions indiquée dans le rapport Antea France n°86049/A de novembre 2016).</p> <p>Respect du plan Epaisseur substrat du 21/03/2018.</p> <p>Un recouvrement des sols laissés en place par un substrat sain de 30 cm d'épaisseur au minimum au droit des espaces verts (Epaisseur substrat du 21/03/2018) et de type limon sableux.</p> <p>Absence de puits permettant l'utilisation des eaux souterraines de la nappe superficielle. Dans le cas contraire, les usages de l'eau issue de la nappe superficielle devront faire l'objet d'un nouveau calcul de risque conforme à la méthodologie décrite dans les outils de gestion des sites (potentiellement) pollués, rédigée par le M.E.D.D.E, V0 - février 2007.</p> <p>Passage de canalisations souterraines d'eau potable, notamment celles en polyéthylène, hors des zones contaminées. Dans le cas contraire, les canalisations souterraines situées au droit des zones contaminées devront circuler dans des remblais d'apport sains ou devront être de nature imperméable aux substances organiques (acier, fonte).</p>

Il faut noter que tout changement concernant le projet d'aménagement ou les scénarios d'exposition pris en considération est susceptible de modifier les résultats de l'évaluation des risques sanitaires.

Observations sur l'utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable. Les incertitudes ou les réserves qui seraient mentionnées dans la prise en compte des résultats et dans les conclusions font partie intégrante du rapport.

En conséquence, l'utilisation qui pourrait être faite d'une communication ou d'une reproduction partielle de ce rapport et de ses annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d'Antea Group ne sauraient engager la responsabilité de celui-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d'autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Les résultats des prestations et des investigations s'appuient sur un échantillonnage ; ce dispositif ne permet pas de lever la totalité des aléas liés à l'hétérogénéité des milieux naturels ou artificiels étudiés. Par ailleurs, la prestation a été réalisée à partir d'informations extérieures non garanties par Antea Group ; sa responsabilité ne saurait être engagée en la matière.

Antea Group s'est engagé à apporter tout le soin et la diligence nécessaire à l'exécution des prestations et s'est conformé aux usages de la profession. Antea Group conseille son client avec pour objectif de l'éclairer au mieux. Cependant, le choix de la décision relève de la seule compétence de son client.

Les conditions générales de vente ainsi que les informations de présentation d'Antea Group sont consultables sur : <http://www.annexes.anteagroup.org>.

Sauf avis contraire de votre part, la présente prestation sera intégrée dans la liste des références d'Antea Group. Les noms de nos clients, les titres des prestations ainsi que leurs montants sont ainsi susceptibles d'être communiqués à des tiers.

Antea Group réalise ses prestations dans le respect des principes de la norme AFNOR NF X 31-620. Cette norme constitue le socle de la certification « Prestation de services relatives aux sites et sols pollués ». Antea Group est certifiée selon cette norme. Antea Group applique les recommandations de la politique de gestion des sites et sols pollués du MEEDDAT, exprimée dans la Note du 19 avril 2017 et la Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués associée.



ANNEXES

- Annexe I : Méthodologie Générale
- Annexe II : Textes réglementaires et bibliographiques
- Annexe III : Présentation et paramétrage du logiciel MODUL'ERS
- Annexe IV : Synthèse des données toxicologiques
- Annexe V : Synthèse des données physico-chimiques
- Annexe VI : Calculs de Risque Sanitaire

Annexe I : **Méthodologie Générale**

DESCRIPTIF TECHNIQUE DE LA METHODOLOGIE

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

1. la caractérisation du contexte environnemental du site
 - ✓ identification et caractérisation des sources de contamination ;
 - ✓ identification des vecteurs de transfert ;
 - ✓ identification des récepteurs / cibles ;
2. la caractérisation des expositions
 - ✓ identification des voies d'exposition (sources, vecteurs, cibles) ou schéma conceptuel ;
 - ✓ sélection des substances et des teneurs / concentrations associées ;
3. la caractérisation de la toxicité
 - ✓ recueil des valeurs toxicologiques de référence disponibles et choix d'une de ces valeurs pour chaque substance retenue ;
 - ✓ évaluation des relations dose-effet ou dose-réponse ;
4. la caractérisation du risque
 - ✓ quantification des doses journalières ou concentrations d'exposition ;
 - ✓ quantification du risque lié aux substances retenues ;
 - ✓ interprétation des résultats de l'évaluation des risques sanitaires et, si nécessaire, détermination d'objectifs de dépollution ou de servitudes à mettre en place ;
 - ✓ discussion des incertitudes.

① CARACTERISATION DU CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DU SITE

Pour cette étape, une analyse des données est réalisée. Il s'agit d'une synthèse des données en matière d'investigations environnementales réalisées dans les différents milieux, d'aménagements et d'usages du site et de cibles identifiées (état actuel et/ou projet).

② CARACTERISATION DES EXPOSITIONS

L'évaluation des risques sanitaires porte sur la santé humaine, sur une exposition chronique des cibles par voie directe (ex : ingestion et inhalation de poussières) ou indirecte (ex : ingestion de végétaux arrosés par de l'eau non potable).

L'exposition des travailleurs en phase chantier (travaux de terrassement / construction des bâtiments) ne fait pas l'objet d'une évaluation des risques sanitaires puisque ce sont les risques chroniques qui sont étudiés. La sécurité des travailleurs en phase chantier doit être assurée et toutes les précautions nécessaires doivent être prises lors du maniement et de l'évacuation des sols. A ce titre, les mesures relatives à l'hygiène, la sécurité et la qualité doivent être traitées dans le Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPS ou PPSPS).

De plus, l'appréciation des risques touchant aux écosystèmes, aux végétaux d'ornement, à la ressource en eau, aux biens matériels, à l'explosivité et aux nuisances olfactives ne fait pas l'objet de cette évaluation.

La politique nationale de gestion des sites et sols pollués fonde la gestion des risques sur le schéma conceptuel d'un site. Ce schéma conceptuel est l'outil fondamental permettant d'identifier les points clés de la gestion d'une situation environnementale. La gestion du risque est basée sur une approche "Source – Vecteur – Cible", le risque sanitaire résultant de la concomitance de ces 3 facteurs.

Un schéma conceptuel doit faire apparaître le lien entre les sources de contamination, les voies de transfert (vecteurs) des contaminants identifiés dans les milieux vers les cibles (actuelles et/ou futures), c'est-à-dire schématiser les risques potentiels encourus par les cibles.

En fonction de la nature des sources de contamination, des vecteurs et des usages, l'évaluation des risques sanitaires peut porter sur les voies d'exposition suivantes :

- Ingestion d'eau de nappe
- Ingestion d'eau du réseau
- Ingestion de sols et de poussières
- Ingestion de légumes, viandes ...
- Inhalation de poussières
- Inhalation de vapeurs
- Contact direct

Les substances retenues pour l'évaluation des risques sanitaires sont celles connues pour être toxiques et/ou cancérigènes pour l'homme, pour lesquelles il existe des valeurs toxicologiques de référence accessibles et fiables, et présentant une teneur / concentration anormale par rapport à un référentiel.

La teneur ou concentration anormale peut correspondre à une valeur maximale mesurée ou à un percentile ou à une moyenne en fonction du nombre de données disponibles, des connaissances du site, des expositions (individu sédentaire occupant un bureau ou un logement, ou amené à se déplacer sur un espace vert / aire de stationnement / voirie, ...).

L'évaluation des risques sanitaires porte sur ces substances, et éventuellement sur leurs produits de dégradation.

Les substances retenues répondent aux critères suivants :

- toute substance détectée dans les milieux à une teneur / concentration supérieure à la valeur de gestion / valeur de référence existante (ex : bruit de fond géochimique, concentration maximale admissible dans les denrées alimentaires, ...) ;
- toute substance dont les données disponibles (notamment physico-chimiques et toxicologiques¹³) sont d'une qualité suffisante pour être exploitées en analyse des risques. Concernant les données physico-chimiques, les sources bibliographiques retenues sont les suivantes, par ordre de priorité :

Hiérarchisation	Références bibliographiques
1	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
2	United States Environmental Protection Agency (US-EPA) : US EPA Soil Screening Guidance, June 1996; US-EPA Screening level ecological assesement protocol ; Appendix C : Media-to-receptors BCF values, 1999. US-EPA Screening level ecological assesement protocol ; Appendix C : Media-to-receptors BCF values, 1999.
3	Hazardous Substances Data Bank (HSDB)
4	Handbook <i>Soil Vapor Extraction Technology</i> de T., A. Pedresen et J., T. Curtis (1991). (<i>constante de Henry à 10°C</i>) <i>Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals. Third Edition, Verschuieren (1996)</i> ;
5	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR);
6	Human Health Risk Assessment Protocol (HHRAP), September 2005.
7	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
8	Base de données du logiciel Csoil

¹³ Sources des paramètres toxicologiques retenus (selon la hiérarchisation de la circulaire n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 Octobre 2014) : ANSES, INERIS ; US EPA , ATSDR, OMS ; RIVM, Health Canada, OEHHA, EFSA.

9	Base de données CALTOX
10	Base de données du logiciel BP Risc
11	Base de données du logiciel RBCA (fichier)
12	Base de données du logiciel HESP
13	Superfund for Dermal Risk Assessment, 2001
14	US-EPA (United States Environmental Protection Agency) dans le document Risk Assessment, Technical Guidance Manual
15	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)

- pour l'inhalation de vapeurs, dans une démarche sécuritaire, toute substance présentant des données physico-chimiques relatives à sa volatilité (pression de vapeur, constante de Henry). Ainsi, l'ensemble des HAP et des PCB sont notamment considérés comme volatils. En revanche, parmi les ETM, seul le mercure est considéré comme volatil.

La quantification des expositions vise à calculer les doses journalières ou concentrations d'exposition des cibles aux substances retenues. Il est donc essentiel de déterminer :

- les paramètres d'exposition, à savoir, la fréquence, la durée et l'intensité des contacts entre les contaminants et les différents groupes de cibles susceptibles d'être exposés ;
- les concentrations auxquelles sont exposés ces différents groupes de cibles.

Les paramètres d'exposition reposent sur des facteurs définis dans la littérature, telle que le rapport de l'INERIS-DRC-14-141968-11173C du 23/06/2017 « Paramètres d'exposition de l'Homme du logiciel MODUL'ERS », l'*Exposure Factors Handbook* de l'US EPA (United States Environmental Protection Agency)¹⁴, et CIBLEX¹⁵, ainsi que sur l'étude des caractéristiques spécifiques du site (jugement d'expert).

③ CARACTERISATION DE LA TOXICITE

La sélection des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) est effectuée conformément aux prescriptions établies par la Circulaire n°DGS/EA1/DGPR/2014/307 en date du 31 octobre 2014, cosignée par la DGS et la DGPR, relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des VTR pour mener une évaluation des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion de sites et sols pollués.

Ainsi, la sélection de la VTR est effectuée en respectant :

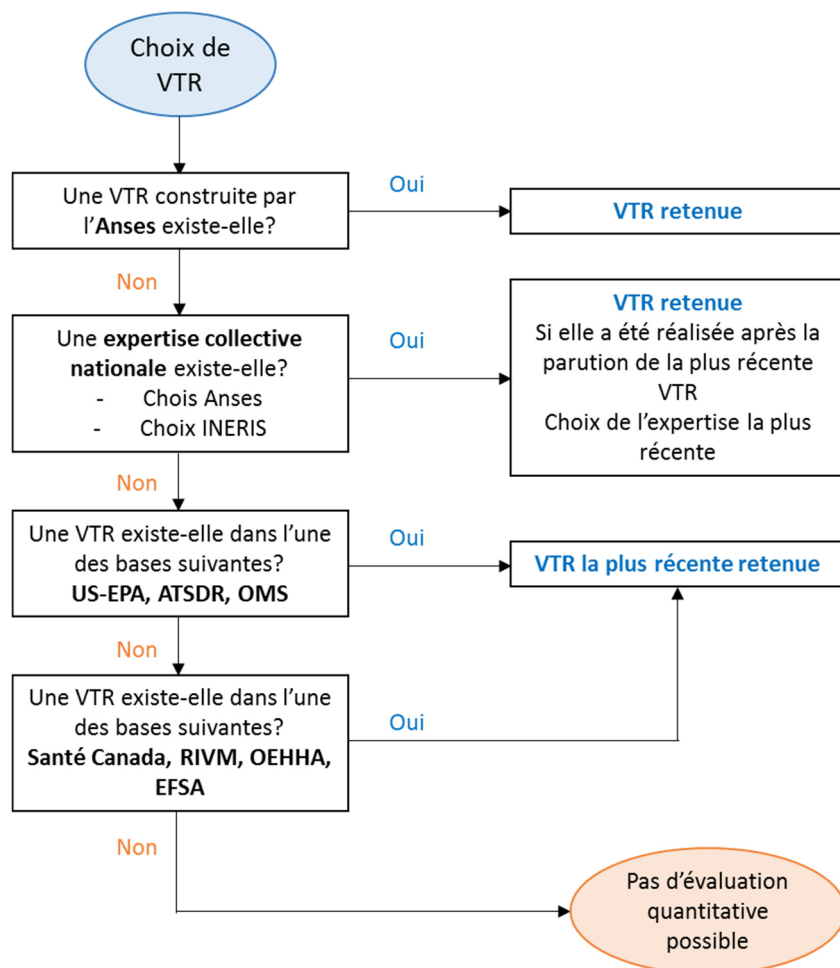
- la hiérarchisation suivante :
 - prise en compte en premier lieu des VTR construites par l'ANSES,
 - à défaut, si une expertise collective nationale a été menée (sélection ANSES et/ou INERIS) *a posteriori* des dates d'élaboration de l'ensemble des VTR disponibles, la VTR sélectionnée lors de cette expertise est retenue ;
 - à défaut, la VTR la plus récente dans les bases de données de l'US EPA, l'ATSDR et l'OMS est sélectionnée dans un premier temps,
 - en l'absence de VTR dans les bases précitées, c'est la VTR la plus récente dans les bases de données de Santé Canada, RIVM, OEHHA ou EFSA qui est prise en compte.
- et les critères suivants :
 - les VTR provisoires ne doivent pas être retenues,

¹⁴ US EPA, Exposure Factors Handbook. Office of Research and Development. EPA/600/R-09/052F, September 2011.

¹⁵ IRSN, ADEME, CIBLEX : banque de donnée de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué, version 0, Juin 2003

- les VTR sélectionnées doivent correspondre à la durée et à la voie d'exposition auxquelles la population est confrontée ;
- aucune dérivation de voie à voie n'est réalisée par Antea group ;
- si des VTR ont été élaborées *a posteriori* d'une expertise collective nationale (ANSES, INERIS), les recommandations de cette expertise sont suivies et mises en perspective des nouvelles VTR disponibles.

La méthodologie adoptée est schématisée ci-après.



Cas particulier des HAP (hors naphtalène et benzo(a)pyrène) :

Il existe une VTR sans seuil associé au benzo(a)pyrène pour la voie respiratoire. Pour les HAP n'ayant pas de VTR sans seuil spécifique dans les bases de données officielles, des FET¹⁶ ont été appliqués au regard de la toxicologie du benzo(a)pyrène, selon les recommandations du rapport INERIS-DRC-47026-ETSC-Bdo-N°03DR177.doc-version 1-3, intitulé « Hydrocarbures Aromatiques polycycliques (HAPs) », du 18 décembre 2003."

¹⁶ Le concept de facteur d'équivalence toxique (FET) permet de déterminer le potentiel toxique cancérigène d'une substance par rapport à une substance étalon chimiquement proche et de même mécanisme d'action. Un FET égal à 1 est donné à la substance de référence. Dans le cas des HAP, il s'agit du benzo(a)pyrène. Une substance potentiellement plus toxique aura un FET supérieur à 1 et à l'inverse une substance moins toxique aura un FET inférieur à 1. La VTR retenue pour la substance λ est alors FET_λ x VTR_{étalon}.

L'objectif de l'évaluation de la relation dose-réponse est d'identifier les effets indésirables qu'une substance est capable de provoquer chez l'homme (identification du potentiel dangereux des substances) et de définir, quand cela est possible, une relation quantitative entre la dose et l'augmentation de la probabilité d'occurrence et/ou de la gravité des effets néfastes.

Les valeurs toxicologiques de référence, utilisées pour estimer l'incidence ou le potentiel des effets néfastes sur l'homme, sont dérivées de cette relation dose-réponse.

Il existe deux grandes catégories de toxiques, les substances à effet sans seuil (telles que les substances cancérogènes) et les substances à effet à seuil.

➤ **Caractérisation des substances à effets sans seuil**

Les composés cancérogènes génotoxiques sont des substances considérées sans valeur seuil. Ainsi, si le risque zéro est associé à une dose d'exposition égale à zéro, tous les autres niveaux d'exposition présentent un risque ; les substances cancérogènes génotoxiques sont aussi appelées substances à effet sans seuil. La réponse théorique à une dose d'exposition nécessite l'usage de modèle mathématique.

L'ERU (ou Excès de Risque Unitaire) et le CR (Cancer Risk) correspond à la probabilité supplémentaire, par rapport à un sujet non exposé, qu'un individu contracte un cancer s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose de la substance cancérogène. Il s'agit généralement de la limite supérieure de l'intervalle de confiance à 95% de la pente de la droite («slope factor») qui relie la probabilité de réponse à la dose toxique. Cet indice est l'inverse d'une dose et s'exprime en $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$.

Les différentes VTR rencontrées sont :

- pour la voie orale, l'Excès de Risque Unitaire (ERU) ou Sfo (oral Slope Factor) exprimé en $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$ et le Drinking Water Unit Risk élaborés par l'US-EPA (exprimé en $(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}$) ;
- pour la voie respiratoire : l'Inhalation Unit Risk (IUR) élaboré par l'US-EPA, exprimé en $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$;
- quelle que soit la voie d'exposition : l'excess lifetime Cancer Risk ou CR élaboré par le RIVM et la dose ou concentration tumorigène (TD05 ou TC05) élaborée par Health Canada.

La classification de l'US-EPA définit les classes suivantes :

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

D'autres classifications existent, notamment celle du Centre International de Recherche sur le Cancer de l'Organisation Mondiale de la Santé (CIRC/IARC) décrite ci-dessous :

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

L'Union Européenne a également émis une classification réglementaire (applicable en France) quant aux effets cancérigènes, mutagènes, ou toxiques pour la reproduction des produits chimiques¹⁷. La classification des substances cancérigènes est définie ci-dessous :

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

Aucune classification.

➤ **Caractérisation des substances à effets à seuil**

Il est reconnu que les effets biologiques des substances chimiques non cancérigènes ou de certaines substances cancérigènes non génotoxiques apparaissent à partir d'un certain seuil, d'où leur appellation, substances à effet à seuil. En fait, des mécanismes physiologiques réduisent les effets néfastes par des moyens pharmacocinétiques tels que l'absorption, la distribution, l'excrétion, et le métabolisme. Ainsi, certains niveaux d'exposition engendrent des effets qui peuvent être tolérés par un récepteur sans développer d'effets néfastes. La dose seuil pour un composé est estimée habituellement à partir d'une dose n'engendrant pas d'effet néfaste (NOAEL ou No-Observed-Adverse-Effect-Level) ou de la dose la plus basse engendrant un effet néfaste (LOAEL ou Lowest-Observed-Adverse-Effect-Level). Ces valeurs sont déterminées à partir d'études sur les animaux, ou à partir de données humaines lorsqu'elles sont disponibles.

Différentes valeurs de référence sont disponibles et varient suivant la voie d'exposition (orale ou inhalation), l'effet critique observé et la durée d'exposition (exposition chronique, subchronique ou aiguë). Dans l'évaluation des risques sanitaires, les expositions sont essentiellement des expositions de type chronique.

Une dose chronique de référence ou *Reference dose* (RfD) est définie comme étant l'estimation de la quantité de produit à laquelle un individu peut théoriquement être exposé sans constat d'effet nuisible, sur une durée déterminée. Pour une exposition par voie orale, la RfD est exprimée en masse de substance par kilogrammes de poids corporel et par jour (mg/kg/j). Pour l'inhalation, la RfD est généralement exprimée en masse de substance par mètre cube d'air ambiant (en mg/m³) et est appelée RfC ou *Reference Concentration*.

Parmi les doses de références publiées par les divers organismes nationaux et internationaux, les plus utilisées sont les *Reference Doses (RfD)* et les *Reference Concentrations (RfC)* élaborées par l'US EPA [United States Environmental Protection Agency], les *Minimal Risk Levels (MRL)* élaborées par l'ATSDR [Agency for Toxic Substances and Disease Registry, USA], et les *Acceptable Daily Intake (ADI)* ou *Dose Journalière Admissible (DJA)* et les *Acceptable Concentrations in Air (ADI)* ou *Concentration Admissible dans l'Air (CAA)*, élaborées par l'OMS [Organisation Mondiale pour la Santé].

④ **CARACTERISATION DES RISQUES**

¹⁷ INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) (2002). Produits chimiques cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction - classification réglementaire. Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail. N° 187, 2^{ème} trimestre 2002. ND 2168-187-02.

La caractérisation du risque est l'étape finale de l'évaluation des risques sanitaires. Les informations issues de l'évaluation de l'exposition des cibles et de l'évaluation de la toxicité des substances sont synthétisées et intégrées sous la forme d'une expression qualitative et quantitative du risque. Ainsi, la caractérisation du risque consiste à mettre en relation les valeurs toxicologiques de référence retenues avec les doses d'exposition.

La dose d'exposition permet la quantification de l'exposition journalière à un contaminant, qui est présent dans le milieu d'exposition. La dose journalière d'exposition (DJE) est définie comme un taux par unité de poids (mg/kg.j) ou comme une concentration par unité volumique (concentration d'exposition en mg/m³).

L'équation mathématique permettant de calculer la DJE_{ij} (exprimée en mg/(kg.j) ou la CI (exprimée en mg/m³) dans le cas des substances cancérigènes est la suivante :

$$DJE_{ij} = \frac{T \cdot Q_{ij} \cdot F}{P \cdot T_m \cdot 365} \cdot C_i \cdot \text{ou} \cdot CI = \frac{C_i \cdot t_i \cdot T \cdot F}{T_m \cdot 365}$$

où : Q_{ij} est la quantité de milieu i administrée par la voie j par jour (en kg/j ou m³/j),
 t_i est la fraction du temps d'exposition à la concentration C_i pendant une journée,
 F est la fréquence d'exposition (en j/an),
 T est la durée d'exposition (en an),
 P est le poids de l'individu (en kg),
 T_m est le temps moyen de prise en compte de l'apparition possible d'un effet néfaste sur la santé (en années),
 C_i est la concentration au point d'exposition (en mg/kg ou mg/m³),
 CI concentration moyennée d'exposition (en mg/m³).

Dans le cadre de l'évaluation des risques sanitaires, le transfert des contaminants vers le point d'exposition est réalisé à l'aide du logiciel de modélisation MODUL'ERS conçu par l'INERIS pour la réalisation des évaluations des risques sanitaires prospectives 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 des Risques Résiduels (ARR) des sites et sols pollués. Ce logiciel permet d'estimer les niveaux d'exposition et les niveaux de risque en fonction du temps et est basé sur le manuel « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle » publié par l'INERIS en août 2010.

Si les concentrations au point d'exposition modélisées mettent en évidence un dépassement d'une ou plusieurs valeurs de gestion, le ou les points à l'origine du dépassement sont mentionnés, des objectifs de dépollution ou de servitudes ou des dispositions constructives peuvent être proposés. La restitution des résultats doit mentionner explicitement les hypothèses qui conditionnent au respect des valeurs de gestion (concentrations maximales admissibles, concentrations résiduelles, usages, dispositions constructives ...).

Il faut souligner ici que le cas le cas d'un individu adulte qui aurait séjourné sur le site pendant son enfance est systématiquement étudié, lorsque la présence d'enfants au droit du site est envisageable.

➤ Calcul de risque pour les effets à seuil

Les effets potentiels des substances non cancérigènes ou cancérigènes non génotoxiques sont estimés en comparant la dose calculée aux critères de toxicité. Pour ce faire, le quotient de danger de la substance i (QD_i) est calculé comme suit :

$$QD_i = DJE_i \text{ (ou } CE_i) / RfD_i \text{ (ou } RfC_i)$$

Avec :

DJE : dose journalière d'exposition (ou CE concentration d'exposition)

RfD : dose de référence (en français il s'agit d'une dose journalière tolérable)

RfC : concentration de référence

A noter que le quotient de danger pour le scénario « enfant grandissant » correspond au quotient de danger maximal entre les phases d'exposition « enfant » et « adulte ».

➤ **Calcul de risque pour les effets sans seuil**

L'excès de risque individuel théorique de développer un cancer du fait d'une exposition à la substance *i* est estimé par le produit de l'excès de risque unitaire de la substance *i* et la dose journalière d'exposition estimée pour cette substance et cette voie d'exposition, soit :

$$ERI_i = DJE_i \text{ (ou } CE_i) \times ERU_i$$

Avec :

ERI_{*i*} : Excès de Risque Individuel de cancer (pour la substance *i*)

DJE_{*i*} : Dose journalière d'exposition moyennée sur une vie entière (pour la substance *i*)

ERU_{*i*} : Excès de Risque Unitaire de la substance *i*

A noter que l'excès de risque pour le scénario « enfant grandissant » correspond à l'excès de risque moyen (pondéré) calculé sur la durée totale d'exposition, incluant une phase « enfant » et une phase « adulte ».

➤ Valeurs d'acceptabilité des risques

La Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 précise que l'acceptabilité des niveaux de risques calculés est celle usuellement retenue au niveau international par les organismes en charge de la protection de la santé :

- pour les effets à seuil, le quotient de danger théorique(QD) doit être inférieur à 1 ;
- pour les effets sans seuil, l'excès de risque individuel théorique (ERI) doit être inférieur à 1.10^{-5} .

Ces valeurs de référence doivent être utilisées sur l'ensemble du territoire, il n'est pas acceptable de les moduler.

L'additivité des risques liés aux différents polluants et/ou aux différentes voies d'exposition est réalisée selon les recommandations des instances sanitaires au niveau national. En l'état actuel des connaissances, ces recommandations conduisent :

- pour les effets à seuil : à l'addition des QD 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 ERI de cancer.

Si l'évaluation des risques sanitaires met en évidence un dépassement d'une ou des valeurs d'acceptabilité, le ou les points à l'origine du dépassement sont mentionnés, des objectifs de dépollution ou de servitudes ou des dispositions constructives peuvent être proposés. La restitution des résultats doit mentionner explicitement les hypothèses qui conditionnent l'acceptabilité des risques sanitaires (concentrations maximales admissibles, concentrations résiduelles, usages, dispositions constructives ...).

➤ Discussion des incertitudes

D'après l'étude « **RECORD**, Evaluations quantitatives des risques sanitaires de sites et sols pollués. Analyse des sources de variations et d'incertitudes dans l'estimation des expositions : Caractérisation, étude comparative et voies d'amélioration, 2014, 151 p, n°12-0675/1A » :

- ✓ Les amplitudes d'incertitudes les plus élevées (indice 100) sont observées sur les incertitudes liées à l'échantillonnage et à la bioaccessibilité des contaminants dans les sols. Viennent ensuite (indices 10 à 20) les échantillonnages de gaz de sol, d'eaux souterraines, d'eaux de surface et d'air intérieur, les mesures *in situ* et les dosages de composés organiques en mélanges, puis (indice 5) les taux d'ingestion involontaire de terre et de consommation de plantes potagères. Les durées et fréquences d'exposition et les autres facteurs humains (poids, débit inhalé) et la gestion des échantillons (avec respect des normes) montrent les amplitudes les plus modérées (indice 2) ;
- ✓ Les incertitudes de plus fortes amplitudes peuvent être réduites par les méthodes géostatistiques (échantillonnage des sols), et par l'utilisation de tests *in vitro* validés (bioaccessibilité). La réduction des incertitudes liées aux autres échantillonnages et mesures peut être obtenue par le respect de normes et bonnes pratiques et la compétence et savoir-faire des opérateurs. Pour les autres facteurs humains (alimentation, poids, inhalation, fréquence et durée d'exposition) il faudra privilégier l'utilisation de données actualisées et spécifiques de la population étudiée.

Les évaluations des risques sanitaires afférentes aux sites et sols pollués mettent en jeu d'une part des hypothèses et d'autre part des valeurs numériques de données et de paramètres sur lesquels pèsent des incertitudes plus ou moins fortes, car faisant intervenir des phénomènes naturels et physiques complexes que l'on ne peut totalement maîtriser. La prise en compte des incertitudes augmente le niveau de confiance attribuable aux résultats d'une évaluation des risques sanitaires.

Annexe II : Textes réglementaires et bibliographiques

TEXTES REGLEMENTAIRES ET BIBLIOGRAPHIQUES

Les principaux textes réglementaires et bibliographiques qui fondent les évaluations de risques sanitaires sont les suivants :

- ADEME, IRSN, CIBLEX Banque de données de paramètres descriptifs de la population française au voisinage d'un site pollué, Version 0, Juin 2003.
- ADEME, Contamination des sols - Transfert des sols vers les animaux, Décembre 2008.
- ADEME, Contamination des sols - Transfert des sols vers les plantes, Décembre 2008.
- ANSES, <https://www.anses.fr/>
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Etats-Unis), Minimal Risks Levels (MRLs) for Hazardous Substances : <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls/mrllist.asp>.
- BRGM, Guide sur le comportement des polluants dans le sol et les nappes ; Éditions BRGM - Réf. N°DOC 300 - 2008.
- BRGM, Fond géochimique naturel, Etat des connaissances à l'échelle nationale, BRGM/RP-50158-FR - Juin 2000.
- Circulaire du 08/02/2007 relative aux Installations Classées. Prévention de la pollution des sols. Gestion des sols pollués.
- Circulaire du 08/02/2007 relative à l'implantation sur des sols pollués d'établissements accueillant des populations sensibles.
- Code de l'Environnement, notamment ses articles L. 511-1, L. 512-6-1 et L. 512-39-1 à L. 512-39-4.
- Décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène du 4 décembre 2011.
- Décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public du 4 décembre 2011.
- Décret n°77-1133 du 21/09/1977 pour application de la loi du 19/07/1976 relative aux ICPE, modifié par le décret n°2005-1170 du 13/09/2005.
- Groundwater Services Inc., ASTM E2081-00 (reapproved in 2004)(American Society for Testing and Materials), RBCA 1.3a (Risk Based Corrective Action) Tool Kit for Chemical Releases, 2000.
- HCSP : Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – Le benzène, rapport du 16/06/2010.
- HCSP : Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – Le tétrachloroéthylène, rapport du 16/06/2010.
- HCSP : Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – Le naphthalène, rapport du 05/01/2012.
- HCSP : Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos – Le trichloroéthylène, rapport du 06/07/2012.
- Health Canada, L'évaluation des risques pour les sites contaminés fédéraux au Canada, Partie II : Valeurs toxicologiques de référence (VTR) de Santé Canada et paramètres de substances chimiques sélectionnées, version 2.0, Septembre 2010.
- IARC (International Agency for Research on Cancer), Classification du CIRC/IARC. Disponible sur le site internet de l'IARC : <http://monographs.iarc.fr/htdig/search.html>.
- INERIS, Méthodologie d'Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires relatifs aux substances chimiques, convention 03 75 C 0093 ADEME / SYPREA / SPDE / INERIS, version 0 du 4 novembre 2005, 40 pages.
- INERIS, Portail Substances Chimiques. Disponibles sur le site internet de l'INERIS : <http://www.ineris.fr/substances/fr/>.
- INERIS, Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs), Evaluation de la relation dose-réponse pour des effets cancérogènes et non cancérogènes ; Rapport final, Décembre 2003.

- INERIS, Inventaire des données de bruit de fond dans l'air ambiant, l'air intérieur, les eaux de surface, et les produits destinés à l'alimentation humaine en France, Rapport d'étude n°DRC-08-94882-15772A, 10 avril 2009.
- INERIS, Rapport d'étude n°DRC-08-94882-16675C, « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle », 1er août 2010.
- INERIS, Rapport d'étude n°DRC-14-1419688-00696A, Guide de l'utilisateur Modul'ERS, Mars 2014.
- INERIS, Synthèse des Valeurs Réglementaires pour les substances chimiques, en vigueur dans l'eau, l'air et les denrées alimentaires en France au 31 décembre 2015, Rapport d'étude n° INERIS-DRC-15-151883-12362B, Juillet 2016.
- INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) (2002), Produits chimiques cancérigènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction - classification réglementaire. Cahiers de notes documentaires - Hygiène et sécurité du travail. N° ED 976, avril 2012.
- Loi n° 76-663 du 19/07/1976 relative aux ICPE.
- 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.
- Note du Ministère de l'Environnement N° DEVP1708766N du 19 avril 2017 relative aux sites et sols pollués - Mise à jour des textes méthodologiques de gestion des sites et sols pollués de 2007 et Méthodologie Nationale de gestion des sites et sols pollués d'avril 2017 associée.
- OEHHA (Office of Environmental Health Hazard Assessment), Air Toxics Hot Spots Program Risk Assessment Guidelines, Part II, Technical Support Document for Describing Available Cancer Potency Factors, July 2009, updated 2011.
- OMS (Organisation Mondiale pour la Santé), WHO Air Quality Guidelines; 2nd Edition Regional Office for Europe, 2000.
- OMS (Organisation Mondiale pour la Santé), WHO Drinking Water Quality Guidelines; 4th Edition, 2011.
- OQAI, Campagne Nationale Logements, Etat de la Qualité de l'air dans les logements français, Rapport final, Mai 2007.
- RIVM (Institut National de Santé Publique et d'Environnement, Pays-Bas), Risc-Human 3.1, Van Hall Instituut, 2000.
- RIVM (Institut National de Santé Publique et d'Environnement, Pays-Bas), Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels, March 2001, updated 2009.
- Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group, Human Health Risk-Based Evaluation of Petroleum Release Sites: Implementing the Working Group Approach, Volume 1 à 5, May 1998 - June 1999.
- US EPA, Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I - Human Health Evaluation Manual (Part A, Baseline Risk Assessment), Interim Final, December, 1989.
- US EPA, User's guide for evaluating subsurface vapour intrusion into buildings, Office of Emergency and Remedial Response, Washington, D.C., February 22, 2004.
- US EPA, Exposure Factors Handbook. Office of Research and Development. EPA/600/R-09/052F, September 2011.

Annexe III : **Présentation et paramétrage du logiciel
MODUL'ERS**

PRESENTATION DES MODULES DE CALCUL MODUL'ERS DE L'INERIS (Extrait guide de l'utilisateur)

Chaque module de calcul, à l'exception du module *Niveaux_Exposition_Risque*, correspond à un milieu et **permet de calculer la concentration de polluants dans ce milieu** (concentration attribuable à la source (ou aux) sources étudiée(s) et concentration totale, intégrant le bruit de fond) et **le niveau d'exposition correspondant pour les cibles humaines en fonction du temps. Les niveaux d'exposition sont calculés par classe d'âge en fonction du temps¹⁸ et pour un profil d'individus dont l'utilisateur définit l'âge en début d'exposition et la date de début d'exposition¹⁹.**

Les fonctions de chaque module sont décrites dans le logiciel. Pour savoir ce que chaque module permet de calculer, il est conseillé de lire sa description dans la fenêtre *Information*, en cliquant une fois sur sa représentation dans la matrice.

Comme indiqué précédemment toutes les équations sont accessibles et l'utilisateur peut également se reporter au document « Jeux d'équations pour la modélisation des expositions liées à la contamination d'un sol ou aux émissions d'une installation industrielle » (DRC-08—94882-16675C).

Les modalités de calcul des concentrations par chacun des modules sont résumées ci-dessous et les termes sources de pollution pouvant être utilisés sont listés.

- Le module **Sol** sert au calcul de la concentration dans une couche de sol en surface, en tenant compte ou non des apports atmosphériques, des apports par irrigation et des mécanismes de perte (dégradation, lixiviation, érosion, ruissellement).
 - ➔ Expression possible du terme source de pollution : dépôts atmosphériques, concentration dans l'eau.

- Le module **Nouveau_végétal** permet de calculer les concentrations dans les végétaux liées aux dépôts atmosphériques directs, à l'absorption gazeuse (polluants organiques), aux dépôts de particules du sol remises en suspension à partir du sol de surface, à l'irrigation par aspersion, au prélèvement direct à partir du sol racinaire. Les concentrations sont recalculées chaque année et données au moment de la récolte et de récolte en récolte.
 - ➔ Expression possible du terme source de pollution : dépôts atmosphériques, concentration dans l'eau, concentration dans l'air, concentration dans le sol.

- Le module **Eaux_superficielles** donne les concentrations dans les eaux superficielles et les sédiments à l'état stationnaire. La concentration dans les eaux peut être calculée au point x en aval d'un rejet ponctuel (approche applicable à un cours d'eau) ou comme une concentration homogène dans un volume d'eau Vol_e_sup (approche applicable notamment à une étendue d'eau). Ce calcul peut être fait en tenant compte de rejets diffus (apports atmosphériques, par ruissellement sur les zones imperméables, par ruissellement sur les zones perméables, par érosion) et des pertes par dégradation, volatilisation et sédimentation.
 - ➔ Expression possible du terme source de pollution : dépôts atmosphériques, concentration dans le sol, concentration dans le cours d'eau au point x=0.

¹⁸ Pour une simulation sur 30 années, les niveaux d'exposition calculés par classe d'âge correspondent au cours du temps à des individus différents. Ainsi, la classe d'âge des enfants de 1 à 3 ans correspond à des individus différents à la date t=0 et à t=30.

¹⁹ Les niveaux d'exposition calculés pour un profil d'individus durant une simulation sur 30 ans se rapportent aux mêmes individus durant toute la simulation. Les valeurs des paramètres d'exposition de ces individus évoluent en fonction de leur âge, qui lui-même dépend de l'âge défini par l'utilisateur en début d'exposition et du temps t.

- Le module **Eaux_souterraines** donne la concentration de polluants en phase dissoute aux points de coordonnées x, y, z à l'instant t , pour une source surfacique de polluants dans la zone saturée, perpendiculaire à l'écoulement et de concentration constante (à partir de la solution de Domenico). Le module permet également de calculer cette concentration à partir d'une concentration constante dans le sol au bas de la zone non saturée.
 - ➔ Expression possible du terme source de pollution : concentration dans le sol en bas de la zone insaturée, concentration dans la nappe au point $x=0$.

- Le module **Animaux_aquatiques** permet de calculer les concentrations dans l'animal selon une approche stationnaire ou dynamique à partir de la concentration dans le milieu d'exposition. Dans le dernier cas, la concentration dans le tissu animal est estimée pour un animal en fin de vie.
 - ➔ Expression possible du terme source de pollution : concentration dans l'eau, concentration dans les sédiments.

- Le module **Nouvel_animal** donne les concentrations dans l'animal (tissu 1 : viande, matières grasses) et dans les produits excrétés par l'animal (tissu 2 : oeufs, lait ou matières grasses de ces produits). Ces concentrations peuvent être calculées à l'état stationnaire ou avec une approche dynamique. Dans ce cas, les concentrations dans les tissus animaux sont estimées pour un animal en fin de vie. La dose d'exposition de l'animal est estimée à partir de son ingestion de sol, d'eau et/ou de végétaux contaminés. L'utilisateur peut tenir compte des concentrations de trois sols différents, de trois ressources en eau différentes et de cinq végétaux différents.
 - ➔ Expression possible du terme source de pollution : concentration dans l'eau, concentration dans le sol, concentration dans les végétaux.

Les cinq modules suivants permettent de calculer les concentrations dans l'air.

- Le module **Conc_gaz_air_exterieur** permet le calcul du flux d'émission à partir d'une source sol (source sol supposée infinie ou supposée finie à la surface du sol) ou d'une source nappe et l'estimation des concentrations dans l'air à hauteur de respiration des cibles et/ou à une hauteur H_b définie par l'utilisateur.

- Le module **Conc_gaz_air_interieur_Volasoil** donne le flux d'émission à partir d'une source sol ou d'une source nappe et l'estimation des concentrations dans un bâtiment (endroit où a lieu l'émission : vide sanitaire, sous-sol ou pièces à vivre selon les cas) et dans le lieu de vie, si le bâtiment comporte un vide-sanitaire ou un sous-sol. Les calculs sont réalisés selon une approche dérivée du modèle Volasoil du RIVM (institut néerlandais de santé publique et de l'environnement).

- Le module **Conc_gaz_air_interieur_JE**, basé sur les équations du modèle de Johnson et Ettinger (US EPA, 2004; Johnson et al., 1991), permet le calcul des concentrations gazeuses dans l'air d'un bâtiment à partir d'une source sol ou d'une source nappe. Ce module est conçu pour un bâtiment construit sur une dalle. Dans le cas d'une source sol, la concentration attendue dans le bâtiment peut être estimée en utilisant la solution pour une source infinie ou la solution pour une source finie, proposée par l'US EPA. La solution en source finie implémentée suppose nécessairement que la dalle du bâtiment se situe au niveau du sol (pas de sous-sol enterré).
 - ➔ Pour ces trois modules, l'utilisateur peut définir les caractéristiques de deux couches de sol différentes au-dessus de la source, tenir compte du mélange de substances présentes dans le sol en appliquant la loi de Raoult et de la diffusion dans la nappe dans le cas d'une source nappe.

→ Expression possible du terme source de pollution pour ces trois modules :
concentration dans l'eau de la nappe, concentration dans l'air du sol,
concentration dans le sol.

- Le module **Conc_part_air_extérieur** donne les concentrations inhalables de polluant sous forme particulaire dans l'air extérieur, à partir de la concentration dans le sol et de la fraction de particules issues du sol, ou du modèle de Cowherd calculant le flux moyen annuel de particules inférieures ou égales à 10 µm, dues à l'érosion éolienne.

→ Expression possible du terme source de pollution : concentration dans le sol.

- Le module **Conc_part_air_intérieur** permet le calcul des concentrations inhalables à partir de la concentration particulaire inhalable dans l'air extérieur (*Cap_e_inh_attrib*).

→ Expression possible du terme source de pollution : concentration dans l'air extérieur sous forme particulaire.

Les modules dédiés à l'air extérieur *Conc_gaz_air_extérieur* et *Conc_part_air_extérieur* permettent, en plus de la source sol ou de la source nappe du site, de tenir compte de la concentration dans l'air liée à d'autres sources de polluants issues du site.

A la différence des autres modules dédiés aux calculs des concentrations dans les milieux, les cinq modules pour la concentration dans l'air calculent les niveaux d'exposition en moyenne annuelle et le niveau d'exposition moyen sur la durée d'exposition. Ces grandeurs servent au calcul des risques chroniques.

- Enfin, le module **Niveaux_Exposition_Risque** est dédié au calcul des niveaux d'exposition chronique et au calcul des niveaux de risque chronique. Les doses d'exposition orales sont calculées en moyenne annuelle pour les différentes classes d'âge, afin d'estimer les risques à effet de seuil. Elles sont aussi calculées en moyenne sur toute la durée d'exposition pour un profil d'individus, dont l'utilisateur a défini l'âge en début d'exposition et la date de début d'exposition, afin d'estimer les risques sans effet de seuil. Pour les expositions par inhalation, le calcul des niveaux d'exposition moyens est fait directement dans les modules relatifs au milieu (cf. paragraphe précédent). Les niveaux de risque sont définis par substance individuelle et pour toutes les substances et peuvent aussi être définis par organe cible pour les effets à seuil.

Annexe IV : **Synthèse des données toxicologiques**

NB : Document générique concernant les principales familles de contaminants

Substances		Effets non cancérigènes et organes cibles	Effets cancérigènes			
Dénomination	N°CAS		Classification USEPA CIRC UE			Types de cancer
CAV						
Benzène	71-43-2	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, système hématopoïétique/sang, foie, tractus gastro-intestinal, système nerveux central, système immunitaire, effets foetotoxiques,	A	1	1	Leucémies (myélocytiques, lymphoïdes, myéloïdes)
Toluène	108-88-3	Appareil respiratoire, système cardiovasculaire, système hématopoïétique/sang, système nerveux central, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, effets foetotoxiques, foie	D	3	-	-
Ethylbenzène	100-41-4	Système hématopoïétique/sang, reins, foie, effets foetotoxiques /développement, système endocrinien	D	2B	-	-
Xylènes	1330-20-7	Système nerveux central, sang, appareil respiratoire, peau, foie, reins, rate, effets foetotoxiques / développement	-	3	-	-
Cumène	98-82-8	Reins	D	-	-	-
Pseudocumène	95-63-6	Système nerveux central, sang, appareil respiratoire	-	-	-	-
Mésitylène	108-67-8	Système nerveux central, sang, appareil respiratoire	-	-	-	-
HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)						
Naphtalène	91-20-3	Sang/système hématopoïétique, appareil cardiovasculaire, système nerveux central, yeux, foie, reins, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, rate, effets foetotoxiques /développement, système endocrinien, appareil respiratoire	C	2B	3	Tumeurs bénignes pulmonaires (études chez l'animal)
Acénaphtène	83-32-9	Foie, sang/système hématopoïétique, appareil cardiovasculaire, appareil respiratoire, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, appareil reproducteur, système endocrinien	-	3	-	-
Acénaphtylène	208-96-8	Appareil cardiovasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien, appareil respiratoire	D	-	-	-

Substances		Effets non cancérigènes et organes cibles	Effets cancérigènes			
Dénomination	N°CAS		Classification USEPA CIRC UE			Types de cancer
Phénanthrène	85-01-8	Appareil respiratoire, appareil cardiovasculaire, foie, sang/système hématopoïétique, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	D	3	-	-
Fluoranthène	206-44-0	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien, reins	D	3	-	-
Flurène	86-73-7	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	D	3	-	-
Anthracène	120-12-7	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	D	3	C2	-
Pyrène	129-00-0	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, reins, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	D	3	-	-
Benzo(a)anthracène	56-55-3	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, appareil reproducteur, effets foetotoxiques, système lymphatique, système endocrinien	B2	2B	2	Peau, système urinaire, poumons, tractus gastro-intestinal (études chez l'animal)
Benzo(b)fluoranthène	205-99-2	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	B2	2B	2	Peau, système urinaire, poumons, tractus gastro-intestinal (études chez l'animal)
Benzo(g,h,i)pérylène	191-24-2	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	D	3	-	-
Benzo(k)fluoranthène	207-08-9	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	B2	2B	2	Peau, système urinaire, poumons, tractus gastro-intestinal (études chez l'animal)

Substances		Effets non cancérigènes et organes cibles	Effets cancérigènes			
Dénomination	N°CAS		Classification USEPA CIRC UE			Types de cancer
Chrysène	218-01-9	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, système nerveux central, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien, tissu mammaire, tissu adipeux	B2	2B	2	Peau, système urinaire, poumons, tractus gastro-intestinal (études chez l'animal)
Dibenzo(a,h)anthracène	53-70-3	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, peau, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	B2	2A	2	Peau, système urinaire, poumons, tractus gastro-intestinal (études chez l'animal)
Benzo(a)pyrène	50-32-8	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, appareil reproducteur, effets foetotoxiques/développement, système endocrinien	B2	1	2	Estomac, foie, poumons et peau (études chez l'animal)
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène	193-39-5	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, sang/système hématopoïétique, foie, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, système endocrinien	B2	2B	-	Peau, système urinaire, poumons, tractus gastro-intestinal (études chez l'animal)
COMPOSES ORGANOCHLORES VOLATILS						
Trichloréthylène	79-01-6	Système cardiovasculaire, système nerveux central, peau, foie, reins, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, effets foetotoxiques, sang	-	2A	2	Carcinomes hépatocellulaires chez l'animal
Tétrachloroéthylène	127-18-4	Système nerveux central, foie, reins, effets foetotoxiques	-	2A	3	chez l'homme : leucémies lymphoïdes. chez l'animal : carcinomes hépato-cellulaire
Cis-1,2-dichloroéthylène	156-59-2	Appareil respiratoire, système nerveux central, foie, sang	D	-	-	-
Trans-1,2-dichloroéthylène	156-60-5	Appareil respiratoire, système cardiovasculaire, système nerveux, foie	-	-	-	-
Chlorure de vinyle	75-01-4	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, système nerveux central, peau, os, foie, reins, système immunitaire, appareil reproducteur, effets foetotoxiques, rate, effets hématopoïétiques	A	1	1	Angiosarcomes osseux, tumeurs cérébrales, cancers du poumon, hépatomes, mélanomes
Dichlorométhane	75-09-2	Sang, système nerveux, foie	B2	2B	3	Cancers des poumons et du foie
Chloroforme	67-66-3	Foie, reins, système nerveux central, tractus gastro-intestinal, effets foetotoxiques	B2	2B	3	Cancers du tube digestif, de la vessie, du foie et du rein
Tétrachlorure de carbone	56-23-5	Système nerveux central, foie, reins, tractus gastro-intestinal, effets foetotoxiques, yeux	B2	2B	3	Adénomes ou carcinomes hépatocellulaires chez l'animal, phéochromocytome

Substances		Effets non cancérogènes et organes cibles	Effets cancérogènes			
Dénomination	N°CAS		Classification USEPA CIRC UE			Types de cancer
1,1 dichloroéthylène	75-35-4	Foie, tractus gastro-intestinal	C	3	C3	-
1,1,1 trichloroéthane	71-55-6	Système nerveux central, foie	D	3	-	-
1,2-dichloroéthane	107-06-2	Système nerveux central, foie, os, reins, système immunitaire, système reproductif	B2	2B	C2	Hémiangiosarcome
HYDROCARBURES TPH						
TPH C6-C8 aliphatiques	-	Foie, reins	-	-	-	-
TPH C8-C10 aliphatiques	-	Foie, sang	-	-	-	-
TPH C10-C12 aliphatiques	-	Foie, sang	-	-	-	-
TPH C12-C16 aliphatiques	-	Foie, sang	-	-	-	-
TPH C8-C10 aromatiques	-	Perte de poids	-	-	-	-
TPH C10-C12 aromatiques	-	Perte de poids	-	-	-	-
TPH C12-C16 aromatiques	-	Perte de poids	-	-	-	-
METAUX						
Antimoine	7440-36-0	Les yeux, la peau, le système respiratoire et gastro-intestinal, céphalées	-	-	-	
Baryum	7440-39-3	Effets digestifs, musculaires, cardiaques et neurologiques	-	-	-	
Cadmium	7440-43-9	Reins, poumons et tissu osseux	B1	1	2	Cancers pulmonaires et de la prostate
Chrome (III)	16065-83-1	Système respiratoire	D	3	-	
Cuivre	7440-50-8	Les yeux, la peau, le système respiratoire et gastro-intestinal, le foie et les reins	D	-	-	
Etain	7440-31-5	Etain élémentaire : absence d'effets	-	-	-	
Mercure	7439-97-6	Appareil respiratoire, système cardio-vasculaire, système nerveux central, peau, reins, tractus gastro-intestinal, système immunitaire, effets foetotoxiques/développement	D	3	-	-

Substances		Effets non cancérogènes et organes cibles	Effets cancérogènes			
Dénomination	N°CAS		Classification USEPA CIRC UE			Types de cancer
Nickel	7440-02-0	La peau, système respiratoire	-	2B	3	
Plomb	7439-92-1	Sang, système nerveux, reins, tissus osseux, système cardio-vasculaire	B2	2A	3	Risque accru de cancers des poumons, de l'estomac ou des reins
Vanadium	7440-62-2	Irritant oculaire et pulmonaire	-	-	-	
Zinc	7440-66-6	Effets au niveau gastro-intestinal, sanguin et immunitaire, ainsi que des anémies, et des effets sur le pancréas	D	-	-	
AUTRES SUBSTANCES						
PCB	1336-36-3	Peau, épithélium nasale et olfactif, Foie, SNC, Système immunologique	B2	2A	-	Tumeurs hépatiques

Annexe V : Synthèse des données physico-chimiques

NB : Document générique pouvant présenter des substances non prises en compte dans l'évaluation des risques sanitaires

N CAS	Materials	Nom	Value	Unité	Reference
83-32-9	Acénaphène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00000421	m ² /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
83-32-9	Acénaphène	Coefficient de diffusion dans l'eau	7.69E-10	m ² /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
83-32-9	Acénaphène	Constante de Henry à température du sol	15.4686909	Pa.m ³ /mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
83-32-9	Acénaphène	Coefficient de partage carbone organique-eau	4578	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
83-32-9	Acénaphène	Log du coefficient de partage octanol-eau	3.92	cm ³ /g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
83-32-9	Acénaphène	Masse molaire	154.21	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
83-32-9	Acénaphène	Pression de vapeur à température du sol	0.356	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
83-32-9	Acénaphène	Solubilité	3700	mg/m ³	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
83-32-9	Acénaphène	Température de fusion	368.15	K	The Merck Index. 10th ed. Rahway, New Jersey: Merck Co., Inc., 1983., p. 5 (from HSDB)
208-96-8	Acénaphylène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000044	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
208-96-8	Acénaphylène	Coefficient de diffusion dans l'eau	7.53E-10	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
208-96-8	Acénaphylène	Constante de Henry à température du sol	9.667931813	Pa.m ³ /mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
208-96-8	Acénaphylène	Coefficient de partage carbone organique-eau	2770	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
208-96-8	Acénaphylène	Log du coefficient de partage octanol-eau	4	cm ³ /g	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
208-96-8	Acénaphylène	Masse molaire	152.19	g/mol	Base de données HSDB
208-96-8	Acénaphylène	Pression de vapeur à température du sol	0.12159	Pa	Base de données HSDB
208-96-8	Acénaphylène	Solubilité	16100	mg/m ³	Base de données HSDB
208-96-8	Acénaphylène	Température de fusion	362.55	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 3-4 (HSDB)
Aliph-5-6	Aliphatique C>05 C06	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00001	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-5-6	Aliphatique C>05 C06	Coefficient de diffusion dans l'eau	0.000000001	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-5-6	Aliphatique C>05 C06	Constante de Henry à température du sol	81805.57688	Pa.m ³ /mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-5-6	Aliphatique C>05 C06	Coefficient de partage carbone organique-eau	794.3282	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-5-6	Aliphatique C>05 C06	Log du coefficient de partage octanol-eau	3.3	cm ³ /g	Base de données du logiciel BP Risc
Aliph-5-6	Aliphatique C>05 C06	Masse molaire	81	g/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.

Aliph-5-6	Aliphatique C>05 C06	Pression de vapeur à température du sol	35463.75	Pa	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-5-6	Aliphatique C>05 C06	Solubilité	36000	mg/m3	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-5-6	Aliphatique C>05 C06	Température de fusion	143.15	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS, ECB (2003)
Aliph-7-8	Aliphatique C>06 C08	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-7-8	Aliphatique C>06 C08	Coefficient de diffusion dans l'eau	0.000000001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-7-8	Aliphatique C>06 C08	Constante de Henry à température du sol	123947.8438	Pa.m3/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-7-8	Aliphatique C>06 C08	Coefficient de partage carbone organique-eau	3981.072	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-7-8	Aliphatique C>06 C08	Log du coefficient de partage octanol-eau	4	cm3/g	Base de données du logiciel BP Risc
Aliph-7-8	Aliphatique C>06 C08	Masse molaire	100	g/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-7-8	Aliphatique C>06 C08	Pression de vapeur à température du sol	6383.475	Pa	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-7-8	Aliphatique C>06 C08	Solubilité	5400	mg/m3	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-7-8	Aliphatique C>06 C08	Température de fusion	182.601	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 94th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2013-2014, p. 3-290 (HSDB)
Aliph-9-10	Aliphatique C>08 C10	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-9-10	Aliphatique C>08 C10	Coefficient de diffusion dans l'eau	0.000000001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-9-10	Aliphatique C>08 C10	Constante de Henry à température du sol	198316.55	Pa.m3/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-9-10	Aliphatique C>08 C10	Coefficient de partage carbone organique-eau	31622.78	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-9-10	Aliphatique C>08 C10	Log du coefficient de partage octanol-eau	4.8	cm3/g	Base de données du logiciel BP Risc
Aliph-9-10	Aliphatique C>08 C10	Masse molaire	130	g/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-9-10	Aliphatique C>08 C10	Pression de vapeur à température du sol	638.3475	Pa	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-9-10	Aliphatique C>08 C10	Solubilité	430	mg/m3	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-9-10	Aliphatique C>08 C10	Température de fusion	219.68	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 94th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2013-2014, p. 3-290 (HSDB)
Aliph-11-12	Aliphatique C>10 C12	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-11-12	Aliphatique C>10 C12	Coefficient de diffusion dans l'eau	0.000000001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-11-12	Aliphatique C>10 C12	Constante de Henry à température du sol	297474.825	Pa.m3/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-11-12	Aliphatique C>10 C12	Coefficient de partage carbone organique-eau	251188.6	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.

Aliph-11-12	Aliphatique C>10 C12	Log du coefficient de partage octanol-eau	5.6	cm3/g	Base de données du logiciel BP Risc
Aliph-11-12	Aliphatique C>10 C12	Masse molaire	160	g/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-11-12	Aliphatique C>10 C12	Pression de vapeur à température du sol	63.83475	Pa	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-11-12	Aliphatique C>10 C12	Solubilité	34	mg/m3	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-11-12	Aliphatique C>10 C12	Température de fusion	247.55	K	Lide, DR (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 81st Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2000, p. 3-326 (HSDB)
Aliph-13-16	Aliphatique C>12 C16	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-13-16	Aliphatique C>12 C16	Coefficient de diffusion dans l'eau	0.000000001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-13-16	Aliphatique C>12 C16	Constante de Henry à température du sol	1289057.575	Pa.m3/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-13-16	Aliphatique C>12 C16	Coefficient de partage carbone organique-eau	5011873	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-13-16	Aliphatique C>12 C16	Log du coefficient de partage octanol-eau	6.8	cm3/g	Base de données du logiciel BP Risc
Aliph-13-16	Aliphatique C>12 C16	Masse molaire	200	g/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-13-16	Aliphatique C>12 C16	Pression de vapeur à température du sol	4.8636	Pa	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-13-16	Aliphatique C>12 C16	Solubilité	0.7	mg/m3	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-13-16	Aliphatique C>12 C16	Température de fusion	267.85	K	Lide, D.R. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 76th ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 1995-1996., p. 3-324 (HSDB)
Aliph-17-21	Aliphatique C>16 C35	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-17-21	Aliphatique C>16 C35	Coefficient de diffusion dans l'eau	0.000000001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-17-21	Aliphatique C>16 C35	Constante de Henry à température du sol	12146888.69	Pa.m3/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-17-21	Aliphatique C>16 C35	Coefficient de partage carbone organique-eau	630957400	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-17-21	Aliphatique C>16 C35	Log du coefficient de partage octanol-eau	8.9	cm3/g	Base de données du logiciel BP Risc
Aliph-17-21	Aliphatique C>16 C35	Masse molaire	270	g/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-17-21	Aliphatique C>16 C35	Pression de vapeur à température du sol	0.1114575	Pa	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-17-21	Aliphatique C>16 C35	Solubilité	0.0025	mg/m3	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aliph-17-21	Aliphatique C>16 C35	Température de fusion	295.12	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 3-288 (HSDB)
120-12-7	Anthracène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00000428	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
120-12-7	Anthracène	Coefficient de diffusion dans l'eau	6.72E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS

120-12-7	Anthracène	Constante de Henry à température du sol	5.304967713	Pa.m3/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
120-12-7	Anthracène	Coefficient de partage carbone organique-eau	25700	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
120-12-7	Anthracène	Log du coefficient de partage octanol-eau	4.45	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
120-12-7	Anthracène	Masse molaire	178.2292	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
120-12-7	Anthracène	Pression de vapeur à température du sol	0.11	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
120-12-7	Anthracène	Solubilité	1290	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
120-12-7	Anthracène	Température de fusion	491.15	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS, ECB
Aroma>8-10	Aromatique C>08 C10	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>8-10	Aromatique C>08 C10	Coefficient de diffusion dans l'eau	0.000000001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>8-10	Aromatique C>08 C10	Constante de Henry à température du sol	1189.8993	Pa.m3/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>8-10	Aromatique C>08 C10	Coefficient de partage carbone organique-eau	1585	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>8-10	Aromatique C>08 C10	Log du coefficient de partage octanol-eau	3.1	cm3/g	Base de données du logiciel BP Risc
Aroma>8-10	Aromatique C>08 C10	Masse molaire	120	g/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>8-10	Aromatique C>08 C10	Pression de vapeur à température du sol	638.3475	Pa	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>8-10	Aromatique C>08 C10	Solubilité	650	mg/m3	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>8-10	Aromatique C>08 C10	Température de fusion	178.2	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS, ECB (2007)
Aroma>10-12	Aromatique C>10 C12	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>10-12	Aromatique C>10 C12	Coefficient de diffusion dans l'eau	0.000000001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>10-12	Aromatique C>10 C12	Constante de Henry à température du sol	347.0539625	Pa.m3/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>10-12	Aromatique C>10 C12	Coefficient de partage carbone organique-eau	2511	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>10-12	Aromatique C>10 C12	Log du coefficient de partage octanol-eau	3.5	cm3/g	Base de données du logiciel BP Risc
Aroma>10-12	Aromatique C>10 C12	Masse molaire	130	g/mol	Base de données du logiciel BP Risc
Aroma>10-12	Aromatique C>10 C12	Pression de vapeur à température du sol	63.83475	Pa	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>10-12	Aromatique C>10 C12	Solubilité	25000	mg/m3	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>10-12	Aromatique C>10 C12	Température de fusion	353.15	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS, ECB (2003)
Aroma>12-16	Aromatique C>12 C16	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.

Aroma>12-16	Aromatique C>12 C16	Coefficient de diffusion dans l'eau	0.000000001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>12-16	Aromatique C>12 C16	Constante de Henry à température du sol	131.3847144	Pa.m3/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>12-16	Aromatique C>12 C16	Coefficient de partage carbone organique-eau	5012	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>12-16	Aromatique C>12 C16	Log du coefficient de partage octanol-eau	3.9	cm3/g	Base de données du logiciel BP Risc
Aroma>12-16	Aromatique C>12 C16	Masse molaire	150	g/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>12-16	Aromatique C>12 C16	Pression de vapeur à température du sol	4.8636	Pa	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>12-16	Aromatique C>12 C16	Solubilité	5800	mg/m3	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>12-16	Aromatique C>12 C16	Température de fusion	362.55	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 3-4 (HSDB)
Aroma>16-21	Aromatique C>16 C21	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>16-21	Aromatique C>16 C21	Coefficient de diffusion dans l'eau	0.000000001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>16-21	Aromatique C>16 C21	Constante de Henry à température du sol	32.22643938	Pa.m3/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>16-21	Aromatique C>16 C21	Coefficient de partage carbone organique-eau	15849	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>16-21	Aromatique C>16 C21	Log du coefficient de partage octanol-eau	4.7	cm3/g	Base de données du logiciel BP Risc
Aroma>16-21	Aromatique C>16 C21	Masse molaire	190	g/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>16-21	Aromatique C>16 C21	Pression de vapeur à température du sol	0.1114575	Pa	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>16-21	Aromatique C>16 C21	Solubilité	650	mg/m3	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>16-21	Aromatique C>16 C21	Température de fusion	387.91	K	Haynes, W.M. (ed.) CRC Handbook of Chemistry and Physics. 91st ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 2010-2011, p. 3-154 (HSDB)
Aroma>21-35	Aromatique C>21 C35	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>21-35	Aromatique C>21 C35	Coefficient de diffusion dans l'eau	0.000000001	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>21-35	Aromatique C>21 C35	Constante de Henry à température du sol	1.660901106	Pa.m3/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>21-35	Aromatique C>21 C35	Coefficient de partage carbone organique-eau	125893	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>21-35	Aromatique C>21 C35	Log du coefficient de partage octanol-eau	6.1	cm3/g	Base de données du logiciel BP Risc
Aroma>21-35	Aromatique C>21 C35	Masse molaire	240	g/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>21-35	Aromatique C>21 C35	Pression de vapeur à température du sol	0.000044583	Pa	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
Aroma>21-35	Aromatique C>21 C35	Solubilité	6.6	mg/m3	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.

Aroma>21-35	Aromatique C>21 C35	Température de fusion	383	K	Rapport INERIS DRC-15-149181-04282A.
71-43-2	Benzène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00000895	m ² /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
71-43-2	Benzène	Coefficient de diffusion dans l'eau	1.03E-09	m ² /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
71-43-2	Benzène	Constante de Henry à température du sol	562	Pa.m ³ /mol	EPISUITE, CHEMFATE
71-43-2	Benzène	Coefficient de partage carbone organique-eau	39.5	l/kg	CHEMFATE, EPISUITE
71-43-2	Benzène	Log du coefficient de partage octanol-eau	2.13	cm ³ /g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
71-43-2	Benzène	Masse molaire	78.06	g/mol	CHEMFATE
71-43-2	Benzène	Pression de vapeur à température du sol	12637	Pa	EPISUITE, CHEMFATE
71-43-2	Benzène	Solubilité	1830000	mg/m ³	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
56-55-3	Benzo (a) Anthracène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000051	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
56-55-3	Benzo (a) Anthracène	Coefficient de diffusion dans l'eau	9E-10	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
56-55-3	Benzo (a) Anthracène	Constante de Henry à température du sol	0.580075909	Pa.m ³ /mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
56-55-3	Benzo (a) Anthracène	Coefficient de partage carbone organique-eau	102000	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
56-55-3	Benzo (a) Anthracène	Log du coefficient de partage octanol-eau	5.79	cm ³ /g	Base de données HSDB
56-55-3	Benzo (a) Anthracène	Masse molaire	228.29	g/mol	Base de données HSDB
56-55-3	Benzo (a) Anthracène	Pression de vapeur à température du sol	0.000000665	Pa	Base de données HSDB
56-55-3	Benzo (a) Anthracène	Solubilité	9.4	mg/m ³	Base de données HSDB
56-55-3	Benzo (a) Anthracène	Température de fusion	433.15	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
205-99-2	Benzo (b) Fluoranthène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00000333	m ² /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
205-99-2	Benzo (b) Fluoranthène	Coefficient de diffusion dans l'eau	5.13E-10	m ² /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
205-99-2	Benzo (b) Fluoranthène	Constante de Henry à température du sol	15.61742831	Pa.m ³ /mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
205-99-2	Benzo (b) Fluoranthène	Coefficient de partage carbone organique-eau	83000	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
205-99-2	Benzo (b) Fluoranthène	Log du coefficient de partage octanol-eau	6.57	cm ³ /g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
205-99-2	Benzo (b) Fluoranthène	Masse molaire	252.3	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
205-99-2	Benzo (b) Fluoranthène	Pression de vapeur à température du sol	0.000067	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS

205-99-2	Benzo (b) Fluoranthène	Solubilité	12	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
205-99-2	Benzo (b) Fluoranthène	Température de fusion	441.55	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 3-40 (HSDB)
191-24-2	Benzo (g h i) pérylène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000049	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
191-24-2	Benzo (g h i) pérylène	Coefficient de diffusion dans l'eau	5.56E-10	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
191-24-2	Benzo (g h i) pérylène	Constante de Henry à température du sol	0.075112393	Pa.m3/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
191-24-2	Benzo (g h i) pérylène	Coefficient de partage carbone organique-eau	311000	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
191-24-2	Benzo (g h i) pérylène	Log du coefficient de partage octanol-eau	6.63	cm3/g	Base de données HSDB
191-24-2	Benzo (g h i) pérylène	Masse molaire	276.34	g/mol	Base de données HSDB
191-24-2	Benzo (g h i) pérylène	Pression de vapeur à température du sol	0.000000014	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
191-24-2	Benzo (g h i) pérylène	Solubilité	0.26	mg/m3	Base de données HSDB
191-24-2	Benzo (g h i) pérylène	Température de fusion	551.45	K	IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Geneva: World Health Organization, International Agency for Research on Cancer, 1972-PRESENT. (HSDB)
207-08-9	Benzo (k) Fluoranthène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00000226	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
207-08-9	Benzo (k) Fluoranthène	Coefficient de diffusion dans l'eau	5.56E-10	m2 /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
207-08-9	Benzo (k) Fluoranthène	Constante de Henry à température du sol	0.040902788	Pa.m3/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
207-08-9	Benzo (k) Fluoranthène	Coefficient de partage carbone organique-eau	121000	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
207-08-9	Benzo (k) Fluoranthène	Log du coefficient de partage octanol-eau	6.84	cm3/g	Base de données HSDB
207-08-9	Benzo (k) Fluoranthène	Masse molaire	252.32	g/mol	Base de données HSDB
207-08-9	Benzo (k) Fluoranthène	Pression de vapeur à température du sol	0.00007	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
207-08-9	Benzo (k) Fluoranthène	Solubilité	0.8	mg/m3	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
207-08-9	Benzo (k) Fluoranthène	Température de fusion	490.15	K	Larranaga, M.D., Lewis, R.J. Sr., Lewis, R.A.; Hawley's Condensed Chemical Dictionary 16th Edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ 2016., p. 154 (HSDB)
50-32-8	Benzo(a)pyrène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000037	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
50-32-8	Benzo(a)pyrène	Coefficient de diffusion dans l'eau	7.3E-10	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
50-32-8	Benzo(a)pyrène	Constante de Henry à température du sol	0.0463	Pa.m3/mol	EPISUITE

50-32-8	Benzo(a)pyrène	Coefficient de partage carbone organique-eau	3905500	l/kg	CHEMFATE, EPISUITE, Portail substances chimiques
50-32-8	Benzo(a)pyrène	Log du coefficient de partage octanol-eau	6	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
50-32-8	Benzo(a)pyrène	Masse molaire	252.32	g/mol	EPISUITE
50-32-8	Benzo(a)pyrène	Pression de vapeur à température du sol	0.000000732	Pa	EPISUITE
50-32-8	Benzo(a)pyrène	Solubilité	3	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
75-01-4	Chlorure de vinyle (Chloroéthène)	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000107	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
75-01-4	Chlorure de vinyle (Chloroéthène)	Coefficient de diffusion dans l'eau	1.2E-09	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
75-01-4	Chlorure de vinyle (Chloroéthène)	Constante de Henry à température du sol	2820	Pa.m3/mol	EPISUITE, CHEMFATE, Portail Substance chimique
75-01-4	Chlorure de vinyle (Chloroéthène)	Coefficient de partage carbone organique-eau	21.73	l/kg	CHEMFATE, EPISUITE, Portail substances chimiques
75-01-4	Chlorure de vinyle (Chloroéthène)	Log du coefficient de partage octanol-eau	1.4	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
75-01-4	Chlorure de vinyle (Chloroéthène)	Masse molaire	62.5	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
75-01-4	Chlorure de vinyle (Chloroéthène)	Pression de vapeur à température du sol	397000	Pa	EPISUITE, CHEMFATE, Portail Substance chimique
75-01-4	Chlorure de vinyle (Chloroéthène)	Solubilité	1600000	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
75-01-4	Chlorure de vinyle (Chloroéthène)	Température de fusion	119	K	Rapport INERIS DRC-15-149181-04282A
218-01-9	Chrysène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00000248	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
218-01-9	Chrysène	Coefficient de diffusion dans l'eau	6.21E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
218-01-9	Chrysène	Constante de Henry à température du sol	0.099158275	Pa.m3/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
218-01-9	Chrysène	Coefficient de partage carbone organique-eau	133000	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
218-01-9	Chrysène	Log du coefficient de partage octanol-eau	5.73	cm3/g	Base de données HSDB
218-01-9	Chrysène	Masse molaire	228.29	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
218-01-9	Chrysène	Pression de vapeur à température du sol	0.000084	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
218-01-9	Chrysène	Solubilité	2	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS

218-01-9	Chrysène	Température de fusion	528.15	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 3-124 (HSDB)
95-48-7	Crésol o-	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000074	m ² /s	Base de données du logiciel BP Risc
95-48-7	Crésol o-	Coefficient de diffusion dans l'eau	8.3E-10	m ² /s	Base de données du logiciel BP Risc
95-48-7	Crésol o-	Constante de Henry à température du sol	1.217167826	Pa.m ³ /mol	Base de données HSDB
95-48-7	Crésol o-	Coefficient de partage carbone organique-eau	31.62	l/kg	Base de données du logiciel Csoil
95-48-7	Crésol o-	Log du coefficient de partage octanol-eau	1.95	cm ³ /g	Base de données HSDB
95-48-7	Crésol o-	Masse molaire	108.14	g/mol	Base de données HSDB
95-48-7	Crésol o-	Pression de vapeur à température du sol	23.99802624	Pa	Base de données HSDB
95-48-7	Crésol o-	Solubilité	25900000	mg/m ³	Base de données HSDB
95-48-7	Crésol o-	Température de fusion	304.15	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS, UNEP (1998)
98-82-8	Cumène (Isopropylbenzène)	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000065	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
98-82-8	Cumène (Isopropylbenzène)	Coefficient de diffusion dans l'eau	7.1E-10	m ² /s	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
98-82-8	Cumène (Isopropylbenzène)	Constante de Henry à température du sol	1467.54247	Pa.m ³ /mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
98-82-8	Cumène (Isopropylbenzène)	Coefficient de partage carbone organique-eau	1380	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
98-82-8	Cumène (Isopropylbenzène)	Log du coefficient de partage octanol-eau	3.66	cm ³ /g	Base de données HSDB
98-82-8	Cumène (Isopropylbenzène)	Masse molaire	120.19	g/mol	Base de données HSDB
98-82-8	Cumène (Isopropylbenzène)	Pression de vapeur à température du sol	599.950656	Pa	Base de données HSDB
98-82-8	Cumène (Isopropylbenzène)	Solubilité	50000	mg/m ³	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
98-82-8	Cumène (Isopropylbenzène)	Température de fusion	177.15	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS, ECB (2001)
72-55-9	DDE. 4.4'-	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00000144	m ² /s	Base de données CALTOX
72-55-9	DDE. 4.4'-	Coefficient de diffusion dans l'eau	6.84E-10	m ² /s	Base de données CALTOX
72-55-9	DDE. 4.4'-	Constante de Henry à température du sol	4.214226688	Pa.m ³ /mol	Base de données HSDB

72-55-9	DDE. 4.4'-	Coefficient de partage carbone organique-eau	26300	l/kg	Base de données HSDB
72-55-9	DDE. 4.4'-	Log du coefficient de partage octanol-eau	6.51	cm3/g	Base de données HSDB
72-55-9	DDE. 4.4'-	Masse molaire	318.03	g/mol	Base de données HSDB
72-55-9	DDE. 4.4'-	Pression de vapeur à température du sol	0.000799934	Pa	Base de données HSDB
72-55-9	DDE. 4.4'-	Solubilité	65	mg/m3	Base de données HSDB
72-55-9	DDE. 4.4'-	Température de fusion	362.15	K	Lide, D.R. CRC Handbook of Chemistry and Physics 88TH Edition 2007-2008. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL 2007, p. 3-152 (HSDB)
50-29-3	DDT	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00000137	m2 /s	Base de données CALTOX
50-29-3	DDT	Coefficient de diffusion dans l'eau	6.36E-10	m2 /s	Base de données CALTOX
50-29-3	DDT	Constante de Henry à température du sol	0.884987604	Pa.m3/mol	Base de données HSDB
50-29-3	DDT	Coefficient de partage carbone organique-eau	158490	l/kg	Base de données du logiciel Csoil
50-29-3	DDT	Log du coefficient de partage octanol-eau	6.91	cm3/g	Base de données HSDB
50-29-3	DDT	Masse molaire	354.49	g/mol	Base de données HSDB
50-29-3	DDT	Pression de vapeur à température du sol	2.13316E-05	Pa	Base de données HSDB
50-29-3	DDT	Solubilité	5.5	mg/m3	Base de données HSDB
50-29-3	DDT	Température de fusion	381.65	K	Lide, D.R. CRC Handbook of Chemistry and Physics 88TH Edition 2007-2008. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL 2007, p. 3-492 (HSDB)
53-70-3	Dibenzo (a.h) Anthracène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000031	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
53-70-3	Dibenzo (a.h) Anthracène	Coefficient de diffusion dans l'eau	4.8E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
53-70-3	Dibenzo (a.h) Anthracène	Constante de Henry à température du sol	0.004809176	Pa.m3/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
53-70-3	Dibenzo (a.h) Anthracène	Coefficient de partage carbone organique-eau	1400000	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
53-70-3	Dibenzo (a.h) Anthracène	Log du coefficient de partage octanol-eau	6.7	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
53-70-3	Dibenzo (a.h) Anthracène	Masse molaire	278.35	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
53-70-3	Dibenzo (a.h) Anthracène	Pression de vapeur à température du sol	0.000000013	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
53-70-3	Dibenzo (a.h) Anthracène	Solubilité	0.5	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
53-70-3	Dibenzo (a.h) Anthracène	Température de fusion	542.15	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 3-148 (HSDB)
75-34-3	Dichloroéthane 1.1-	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00000742	m2 /s	Base de données CALTOX

75-34-3	Dichloroéthane 1.1-	Coefficient de diffusion dans l'eau	1.13E-09	m2 /s	Base de données CALTOX
75-34-3	Dichloroéthane 1.1-	Constante de Henry à température du sol	392.4188733	Pa.m3/mol	Soil Vapor Extraction Technology de T., A. Pedresen et J., T. Curtis (1991). (constante de Henry à 10°C)
75-34-3	Dichloroéthane 1.1-	Coefficient de partage carbone organique-eau	59	l/kg	Base de données CALTOX
75-34-3	Dichloroéthane 1.1-	Log du coefficient de partage octanol-eau	1.79	cm3/g	Base de données HSDB
75-34-3	Dichloroéthane 1.1-	Masse molaire	98.97	g/mol	Base de données HSDB
75-34-3	Dichloroéthane 1.1-	Pression de vapeur à température du sol	30264.17754	Pa	Base de données HSDB
75-34-3	Dichloroéthane 1.1-	Solubilité	5040000	mg/m3	Base de données HSDB
75-34-3	Dichloroéthane 1.1-	Température de fusion	176	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS (2009)
156-59-2	Dichloroéthène. cis-1.2-	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00000736	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
156-59-2	Dichloroéthène. cis-1.2-	Coefficient de diffusion dans l'eau	1.13E-09	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
156-59-2	Dichloroéthène. cis-1.2-	Constante de Henry à température du sol	288.0547889	Pa.m3/mol	Soil Vapor Extraction Technology de T., A. Pedresen et J., T. Curtis (1991). (constante de Henry à 10°C)
156-59-2	Dichloroéthène. cis-1.2-	Coefficient de partage carbone organique-eau	35.5	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
156-59-2	Dichloroéthène. cis-1.2-	Log du coefficient de partage octanol-eau	1.86	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
156-59-2	Dichloroéthène. cis-1.2-	Masse molaire	96.94	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
156-59-2	Dichloroéthène. cis-1.2-	Pression de vapeur à température du sol	27332	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
156-59-2	Dichloroéthène. cis-1.2-	Solubilité	800000	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
156-59-2	Dichloroéthène. cis-1.2-	Température de fusion	193.15	K	Haynes, W.M. (ed.) CRC Handbook of Chemistry and Physics. 91st ed. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 2010-2011, p. 3-154 (HSDB)
100-41-4	Ethylbenzène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000075	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
100-41-4	Ethylbenzène	Coefficient de diffusion dans l'eau	7.8E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
100-41-4	Ethylbenzène	Constante de Henry à température du sol	820	Pa.m3/mol	Soil Vapor Extraction Technology de T., A. Pedresen et J., T. Curtis (1991). (constante de Henry à 10°C)
100-41-4	Ethylbenzène	Coefficient de partage carbone organique-eau	241.9	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
100-41-4	Ethylbenzène	Log du coefficient de partage octanol-eau	3.15	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
100-41-4	Ethylbenzène	Masse molaire	106.16	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
100-41-4	Ethylbenzène	Pression de vapeur à température du sol	1273	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
100-41-4	Ethylbenzène	Solubilité	155000	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS

100-41-4	Ethylbenzène	Température de fusion	178.2	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS, ECB (2007)
206-44-0	Fluoranthène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000041	m ² /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
206-44-0	Fluoranthène	Coefficient de diffusion dans l'eau	6.8E-10	m ² /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
206-44-0	Fluoranthène	Constante de Henry à température du sol	0.9	Pa.m ³ /mol	EPISUITE
206-44-0	Fluoranthène	Coefficient de partage carbone organique-eau	52400	l/kg	CHEMFATE, EPISUITE, Portail substances chimiques
206-44-0	Fluoranthène	Log du coefficient de partage octanol-eau	5.1	cm ³ /g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
206-44-0	Fluoranthène	Masse molaire	202.26	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
206-44-0	Fluoranthène	Pression de vapeur à température du sol	0.00123	Pa	EPISUITE
206-44-0	Fluoranthène	Solubilité	260	mg/m ³	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
86-73-7	Fluorène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00000456	m ² /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
86-73-7	Fluorène	Coefficient de diffusion dans l'eau	6.79E-10	m ² /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
86-73-7	Fluorène	Constante de Henry à température du sol	9.692721382	Pa.m ³ /mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
86-73-7	Fluorène	Coefficient de partage carbone organique-eau	7707	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
86-73-7	Fluorène	Log du coefficient de partage octanol-eau	4.18	cm ³ /g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
86-73-7	Fluorène	Masse molaire	166.21	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
86-73-7	Fluorène	Pression de vapeur à température du sol	0.09	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
86-73-7	Fluorène	Solubilité	1980	mg/m ³	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
86-73-7	Fluorène	Température de fusion	387.91	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 3-272 (HSDB)
193-39-5	Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000031	m ² /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
193-39-5	Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Coefficient de diffusion dans l'eau	5.1E-10	m ² /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
193-39-5	Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Constante de Henry à température du sol	0.03049117	Pa.m ³ /mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
193-39-5	Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Coefficient de partage carbone organique-eau	6300000	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
193-39-5	Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Log du coefficient de partage octanol-eau	6.6	cm ³ /g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
193-39-5	Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Masse molaire	276.34	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
193-39-5	Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Pression de vapeur à température du sol	0.000000013	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS

193-39-5	Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Solubilité	62	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
193-39-5	Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène	Température de fusion	437.15	K	Haynes, W.M. (ed.). CRC Handbook of Chemistry and Physics. 95th Edition. CRC Press LLC, Boca Raton: FL 2014-2015, p. 3-320 (HSDB)
7439-97-6	Mercure	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000045	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
7439-97-6	Mercure	Coefficient de diffusion dans l'eau	5.3E-10	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
7439-97-6	Mercure	Constante de Henry à température du sol	719.4075	Pa.m3/mol	Base de données HSDB
7439-97-6	Mercure	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	1000	l/kg	
7439-97-6	Mercure	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	1000	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
7439-97-6	Mercure	Coefficient de partition particules du sol-eau du sol pour la couche de sol contenant la source sol	1000	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
7439-97-6	Mercure	Coefficient de partage carbone organique-eau	-1	l/kg	Valeur par défaut MODUL'ERS
7439-97-6	Mercure	Log du coefficient de partage octanol-eau	0.6232	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
7439-97-6	Mercure	Masse molaire	200.59	g/mol	US-EPA (United States Environmental Protection Agency) dans le document Screening level ecological assesement protocol ; Appendix C : Media-to-receptors BCF values, 1999. (2005)
7439-97-6	Mercure	Pression de vapeur à température du sol	0.266644	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS (2010), European commission (2001)
7439-97-6	Mercure	Solubilité	56.7	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
7439-97-6	Mercure	Température de fusion	550	K	Valeur par défaut de MODUL'ERS.
108-67-8	Mésitylène (135 triméthylbenzène)	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00000628	m2 /s	TPHCWGS (1999) Volume 3
108-67-8	Mésitylène (135 triméthylbenzène)	Coefficient de diffusion dans l'eau	7.85E-10	m2 /s	TPHCWGS (1999) Volume 3
108-67-8	Mésitylène (135 triméthylbenzène)	Constante de Henry à température du sol	888.62	Pa.m3/mol	HSDB (Sanemasa I et al; Bull Chem Soc Jpn; 55: 1054-62 (1982))
108-67-8	Mésitylène (135 triméthylbenzène)	Coefficient de partage carbone organique-eau	602	l/kg	Fiche INERIS (US EPA 2011)
108-67-8	Mésitylène (135 triméthylbenzène)	Log du coefficient de partage octanol-eau	3.42	cm3/g	INERIS (US EPA 2011)
108-67-8	Mésitylène (135 triméthylbenzène)	Masse molaire	120.19	g/mol	HSDB (O'Neil, M.J. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 2006., p. 1020)

108-67-8	Mésitylène (135 triméthylbenzène)	Pression de vapeur à température du sol	330.64	Pa	HSDB (Daubert, T.E., R.P. Danner. Physical and Thermodynamic Properties of Pure Chemicals Data Compilation. Washington, D.C.: Taylor and Francis, 1989.)
108-67-8	Mésitylène (135 triméthylbenzène)	Solubilité	48200	mg/m3	HSDB (Yalkowsky, S.H., He, Yan., Handbook of Aqueous Solubility Data)
108-67-8	Mésitylène (135 triméthylbenzène)	Température de fusion	228.35	K	HSDB (O'Neil, M.J. (ed.). The Merck Index - An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, and Biologicals. Whitehouse Station, NJ: Merck and Co., Inc., 2006., p. 1020)
91-20-3	Naphtalène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000067	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
91-20-3	Naphtalène	Coefficient de diffusion dans l'eau	8.2E-10	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
91-20-3	Naphtalène	Constante de Henry à température du sol	46.76	Pa.m3/mol	EPISUITE, CHEMFATE
91-20-3	Naphtalène	Coefficient de partage carbone organique-eau	1789	l/kg	CHEMFATE, EPISUITE, Portail substances chimiques
91-20-3	Naphtalène	Log du coefficient de partage octanol-eau	3.4	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
91-20-3	Naphtalène	Masse molaire	128.18	g/mol	CHEMFATE
91-20-3	Naphtalène	Pression de vapeur à température du sol	11.3	Pa	EPISUITE, CHEMFATE, Portail Substance chimique
91-20-3	Naphtalène	Solubilité	31800	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
85-01-8	Phénanthrène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000054	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
85-01-8	Phénanthrène	Coefficient de diffusion dans l'eau	5.7E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
85-01-8	Phénanthrène	Constante de Henry à température du sol	3.049116956	Pa.m3/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
85-01-8	Phénanthrène	Coefficient de partage carbone organique-eau	2291	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
85-01-8	Phénanthrène	Log du coefficient de partage octanol-eau	4.57	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
85-01-8	Phénanthrène	Masse molaire	178.23	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
85-01-8	Phénanthrène	Pression de vapeur à température du sol	0.091	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
85-01-8	Phénanthrène	Solubilité	1200	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
85-01-8	Phénanthrène	Température de fusion	372.65	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
95-63-6	Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00000604	m2 /s	TPHCWGS (1999) Volume 3
95-63-6	Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	Coefficient de diffusion dans l'eau	7.85E-10	m2 /s	TPHCWGS (1999) Volume 3
95-63-6	Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	Constante de Henry à température du sol	614.162	Pa.m3/mol	HSDB (Sanemasa I et al; Bull Chem Soc Jpn 55: 1054-62 (1982))

95-63-6	Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	Coefficient de partage carbone organique-eau	614	l/kg	INERIS (US EPA 2011)
95-63-6	Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	Log du coefficient de partage octanol-eau	3.63	cm3/g	INERIS (US EPA 2011)
95-63-6	Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	Masse molaire	120.191	g/mol	HSDB (Lide, D.R. CRC Handbook of Chemistry and Physics 86TH Edition 2005-2006. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL 2005, p. 3-504)
95-63-6	Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	Pression de vapeur à température du sol	279.98	Pa	HSDB (Chao J et al; J Phys Chem Ref Data 12: 1033-63 (1983))
95-63-6	Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	Solubilité	57000	mg/m3	HSDB (McAuliffe C; J Phys Chem 70: 1267-75 (1966))
95-63-6	Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	Température de fusion	229.45	K	HSDB (Lide, D.R. CRC Handbook of Chemistry and Physics 86TH Edition 2005-2006. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton, FL 2005, p. 3-504)
129-00-0	Pyrène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00000272	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
129-00-0	Pyrène	Coefficient de diffusion dans l'eau	7.24E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
129-00-0	Pyrène	Constante de Henry à température du sol	0.919693001	Pa.m3/mol	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
129-00-0	Pyrène	Coefficient de partage carbone organique-eau	67992	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
129-00-0	Pyrène	Log du coefficient de partage octanol-eau	5.32	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
129-00-0	Pyrène	Masse molaire	202.26	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
129-00-0	Pyrène	Pression de vapeur à température du sol	6	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
129-00-0	Pyrène	Solubilité	130	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
129-00-0	Pyrène	Température de fusion	429.15	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
100-42-5	Styrène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000071	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
100-42-5	Styrène	Coefficient de diffusion dans l'eau	8E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
100-42-5	Styrène	Constante de Henry à température du sol	292.5169113	Pa.m3/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
100-42-5	Styrène	Coefficient de partage carbone organique-eau	912	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
100-42-5	Styrène	Log du coefficient de partage octanol-eau	2.95	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
100-42-5	Styrène	Masse molaire	104.15	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
100-42-5	Styrène	Pression de vapeur à température du sol	620	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
100-42-5	Styrène	Solubilité	300000	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
100-42-5	Styrène	Température de fusion	242.55	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS, ECB (2002)

127-18-4	Tétrachloroéthylène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000072	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
127-18-4	Tétrachloroéthylène	Coefficient de diffusion dans l'eau	8.2E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
127-18-4	Tétrachloroéthylène	Constante de Henry à température du sol	1860	Pa.m3/mol	Soil Vapor Extraction Technology de T., A. Pedresen et J., T. Curtis (1991). (constante de Henry à 10°C)
127-18-4	Tétrachloroéthylène	Coefficient de partage carbone organique-eau	247	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
127-18-4	Tétrachloroéthylène	Log du coefficient de partage octanol-eau	2.67	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
127-18-4	Tétrachloroéthylène	Masse molaire	165.82	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
127-18-4	Tétrachloroéthylène	Pression de vapeur à température du sol	2470	Pa	EPISUITE, CHEMFATE
127-18-4	Tétrachloroéthylène	Solubilité	150000	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
108-88-3	Toluène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000087	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
108-88-3	Toluène	Coefficient de diffusion dans l'eau	8.6E-10	m2 /s	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
108-88-3	Toluène	Constante de Henry à température du sol	406.4745588	Pa.m3/mol	Soil Vapor Extraction Technology de T., A. Pedresen et J., T. Curtis (1991). (constante de Henry à 10°C)
108-88-3	Toluène	Coefficient de partage carbone organique-eau	100	l/kg	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
108-88-3	Toluène	Log du coefficient de partage octanol-eau	2.69	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
108-88-3	Toluène	Masse molaire	92.14	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
108-88-3	Toluène	Pression de vapeur à température du sol	3769	Pa	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
108-88-3	Toluène	Solubilité	515000	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
108-88-3	Toluène	Température de fusion	178.15	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS, ECB (2003)
79-01-6	Trichloroéthylène	Coefficient de diffusion dans l'air	0.0000088	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
79-01-6	Trichloroéthylène	Coefficient de diffusion dans l'eau	9.4E-10	m2 /s	Base de données RAIS (Risk Assessment Information System) (uniquement pour les données manquantes)
79-01-6	Trichloroéthylène	Constante de Henry à température du sol	1019	Pa.m3/mol	EPISUITE, CHEMFATE
79-01-6	Trichloroéthylène	Coefficient de partage carbone organique-eau	76.5	l/kg	CHEMFATE, EPISUITE
79-01-6	Trichloroéthylène	Log du coefficient de partage octanol-eau	2.38	cm3/g	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
79-01-6	Trichloroéthylène	Masse molaire	131.39	g/mol	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
79-01-6	Trichloroéthylène	Pression de vapeur à température du sol	8760	Pa	EPISUITE, CHEMFATE
79-01-6	Trichloroéthylène	Solubilité	1070000	mg/m3	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS

1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	Coefficient de diffusion dans l'air	0.00000722	m ² /s	Base de données CALTOX
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	Coefficient de diffusion dans l'eau	8.87E-10	m ² /s	Base de données CALTOX
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	Constante de Henry à température du sol	718.8974938	Pa.m ³ /mol	Base de données du logiciel BP Risc
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	Coefficient de partage carbone organique-eau	240	l/kg	Volumes 3 et 4 du Total Petroleum Hydrocarbons Working Group.
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	Log du coefficient de partage octanol-eau	3.1142	cm ³ /g	Base de données CALTOX
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	Masse molaire	106.16	g/mol	Base de données HSDB
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	Pression de vapeur à température du sol	1172	Pa	
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	Solubilité	175000	mg/m ³	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS
1330-20-7	Xylene (mixture d'isomères)	Température de fusion	225.25	K	Fiches de données toxicologiques de l'INERIS (2009)

Annexe VI : **Calculs de Risque Sanitaire**

Substances	QD Maximal Extérieur					ERI Extérieur				
	Sols	Eaux	Gaz	QD retenu	Milieu	Sols	Eaux	Gaz	ERI retenu	Milieu
Acénaphthylène						1.73E-10		2.28E-12	2.28E-12	Gaz
Acénaphène						1.72E-09		2.40E-12	2.40E-12	Gaz
Aliphatique C>12 C16	1.30E-02			1.30E-02	Sol					
Anthracène						1.88E-09		2.44E-11	2.44E-11	Gaz
Aromatique C>12 C16	4.89E-02			4.89E-02	Sol					
Benzo (a) Anthracène						1.18E-11		2.91E-10	1.18E-11	Sol
Benzo (b) Fluoranthène						8.58E-10		1.90E-10	1.90E-10	Gaz
Benzo (g h i) pérylène						5.31E-14		5.14E-11	5.31E-14	Sol
Benzo (k) Fluoranthène						1.47E-11		1.30E-10	1.47E-11	Sol
Benzo(a)pyrène	8.29E-05		9.40E-03	8.29E-05	Sol	1.89E-11		2.13E-09	1.89E-11	Sol
Benzène	5.98E-01		4.63E-06	4.63E-06	Gaz	2.87E-05		2.21E-10	2.21E-10	Gaz
Chrysène						1.61E-11		2.60E-11	1.61E-11	Sol
Crésol o-	4.08E-05			4.08E-05	Sol					
DDE. 4.4'-						2.84E-12			2.84E-12	Sol
DDT						1.13E-12			1.13E-12	Sol
Dibenzo (a.h) Anthracène						6.14E-13		1.86E-09	6.14E-13	Sol
Dichloroéthane 1.1-							1.33E-11		1.33E-11	Eaux
Ethylbenzène			4.41E-08	4.41E-08	Gaz			3.12E-11	3.12E-11	Gaz
Fluoranthène						7.51E-11		2.34E-12	2.34E-12	Gaz
Fluorène						4.35E-10	3.52E-15	2.60E-12	2.60E-12	Gaz
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène						1.71E-13		1.78E-10	1.71E-13	Sol
Mercuré	1.08E+01		2.15E-04	2.15E-04	Gaz					
Naphtalène	2.05E-03		9.14E-07	9.14E-07	Gaz	8.05E-08		3.57E-11	3.57E-11	Gaz
PCBs	1.67E-04			1.67E-04	Sol	1.58E-08			1.58E-08	Sol
Phénanthrène						8.09E-09	4.39E-15	3.08E-12	3.08E-12	Gaz
Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	3.07E-03			3.07E-03	Sol					
Pyrène						3.65E-11	3.04E-15	1.55E-12	1.55E-12	Gaz
Styrène		8.03E-09		8.03E-09	Eaux					
Toluène	1.71E-04		1.80E-08	1.80E-08	Gaz					
Xylène (mixture d'isomères)	3.10E-02		2.28E-06	2.28E-06	Gaz					
Somme globale*	/	/	/	6.55E-02	/	/	/	/	1.64E-08	/

*Sans distinction par organes cibles ni effet sur la santé pour la somme des QD

Substances	QD Maximal Intérieur Bâtiments G, I, J, K (exposition logement)					ERI Intérieur Bâtiments G, I, J, K (exposition logement)					Concentration modélisée dans l'air intérieur (mg/m ³)
	Sols	Eaux	Gaz	QD retenu	Milieu	Sols	Eaux	Gaz	ERI retenu	Milieu	
Anthracène						1.99E-08		1.44E-08	1.44E-08	Gaz	
Benzo (a) Anthracène						1.10E-08		1.44E-07	1.10E-08	Sol	
Benzo (b) Fluoranthène						4.35E-07		1.44E-07	1.44E-07	Gaz	
Benzo (g h i) pérylène						4.27E-11		2.64E-08	4.27E-11	Sol	
Benzo(a)pyrène	3.89E-04		3.09E+00	3.89E-04	Sol	1.83E-10		1.44E-06	1.83E-10	Sol	
Chrysène						2.63E-10		2.64E-08	2.63E-10	Sol	
DDE. 4.4'						4.99E-09			4.99E-09	Sol	
DDT						2.09E-09			2.09E-09	Sol	
Dichloroéthane 1.1-							9.68E-09		9.68E-09	Eaux	
Ethylbenzène			7.22E-06	7.22E-06	Gaz			1.05E-08	1.05E-08	Gaz	1.48E-05
Fluoranthène						7.94E-10		1.44E-09	7.94E-10	Sol	
Fluorène							2.53E-12	1.44E-09	2.53E-12	Eaux	
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène						5.60E-12		1.44E-07	5.60E-12	Sol	
Mercure	2.92E+03		5.84E-02	5.84E-02	Gaz						
PCBs	2.07E-03			2.07E-03	Sol	4.05E-07			4.05E-07	Sol	
Phénanthrène						4.29E-08	3.10E-12	1.44E-09	1.44E-09	Gaz	
Pyrène						4.95E-10	2.07E-12	1.44E-09	4.97E-10	Sol	
Styrène		2.83E-06		2.83E-06	Eaux						
Toluène	9.12E-03		2.56E-06	2.56E-06	Gaz						
Xylène (mixture d'isomères)	5.36E+00		3.87E-04	3.87E-04	Gaz						
Somme globale*	/	/	/	6.12E-02	/	/	/	/	6.05E-07	/	/

*Sans distinction par organes cibles ni effet sur la santé pour la somme des QD

Substances	QD Maximal Intérieur Bâtiments autres que G, I, J, K (exposition logement)					ERI Intérieur Bâtiments autres que G, I, J, K (exposition logement)					Concentration modélisée dans l'air intérieur (mg/m ³)
	Sols	Eaux	Gaz	QD retenu	Milieu	Sols	Eaux	Gaz	ERI retenu	Milieu	
Acénaphène						5.33E-08		9.15E-10	9.15E-10	Gaz	
Anthracène						9.58E-08		9.15E-09	9.15E-09	Gaz	
Benzo (a) Anthracène						5.00E-08		9.15E-08	5.00E-08	Sol	
Benzo (b) Fluoranthène						2.76E-06		9.15E-08	9.15E-08	Gaz	
Benzo (g h i) pérylène						2.87E-10		1.68E-08	2.87E-10	Sol	
Benzo (k) Fluoranthène						1.57E-09		9.15E-08	1.57E-09	Sol	
Benzo(a)pyrène	2.00E-03		1.96E+00	2.00E-03	Sol	9.42E-10		9.15E-07	9.42E-10	Sol	
Benzène	5.19E+01		4.02E-04	4.02E-04	Gaz	5.15E-03		3.97E-08	3.97E-08	Gaz	5.37E-06
Chrysène						1.64E-09		1.68E-08	1.64E-09	Sol	
DDE. 4.4'						3.16E-09			3.16E-09	Sol	
DDT						4.41E-10			4.41E-10	Sol	
Dibenzo (a.h) Anthracène						3.78E-11		9.15E-07	3.78E-11	Sol	
Dichloroéthane 1.1-							3.95E-09		3.95E-09	Eaux	
Ethylbenzène			4.57E-06	4.57E-06	Gaz			6.67E-09	6.67E-09	Gaz	9.39E-06
Fluoranthène						3.78E-09		9.15E-10	9.15E-10	Gaz	
Fluorène						2.75E-08	1.03E-12	9.15E-10	9.15E-10	Gaz	
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène						3.14E-11		9.15E-08	3.14E-11	sol	
Mercuré	1.85E+03		3.70E-02	3.70E-02	Gaz						
Naphtalène	2.37E-01		1.06E-04	1.06E-04	Gaz	1.93E-05		8.54E-09	8.54E-09	Gaz	5.36E-06
Phénanthrène						1.92E-07	1.27E-12	9.15E-10	9.15E-10	Gaz	
Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	3.94E-01			3.94E-01	Sol						
Pyrène						4.30E-09	8.51E-13	9.15E-10	9.15E-10	Gaz	
Styrène		1.17E-06		1.17E-06	Eaux						
Toluène	1.53E-02		1.61E-06	1.61E-06	Gaz						
Xylène (mixture d'isomères)	5.66E-01		2.45E-04	2.45E-04	Gaz						
Somme globale*	/	/	/	4.34E-01	/	/	/	/	2.22E-07	/	/

*Sans distinction par organes cibles ni effet sur la santé pour la somme des QD

Substances	QD Maximal Intérieur Bâtiments autres que G, I, J, K (exposition sous-sol)					ERI Intérieur Bâtiments autres que G, I, J, K (exposition sous-sol)				
	Sols	Eaux	Gaz	QD retenu	Milieu	Sols	Eaux	Gaz	ERI retenu	Milieu
Acénaphène						1.78E-09		2.37E-11	2.37E-11	Gaz
Anthracène						3.20E-09		2.37E-10	2.37E-10	Gaz
Benzo (a) Anthracène						1.67E-09		2.37E-09	1.67E-09	Sol
Benzo (b) Fluoranthène						9.23E-08		2.37E-09	2.37E-09	Gaz
Benzo (g h i) pérylène						9.60E-12		4.34E-10	9.60E-12	Sol
Benzo (k) Fluoranthène						5.25E-11		2.37E-09	5.25E-11	Sol
Benzo(a)pyrène	4.71E-04		4.61E-02	4.71E-04	Sol	3.15E-11		2.37E-08	3.15E-11	Sol
Benzène	1.22E+01		9.46E-06	9.46E-06	Gaz	1.72E-04		1.03E-09	1.03E-09	Gaz
Chrysène						5.48E-11		4.34E-10	5.48E-11	Sol
DDE. 4.4'						1.06E-10			1.06E-10	Sol
DDT						1.48E-11			1.48E-11	Sol
Dibenzo (a.h) Anthracène						1.26E-12		2.37E-08	1.26E-12	Sol
Dichloroéthane 1.1-							1.02E-10		1.02E-10	Eaux
Ethylbenzène			1.08E-07	1.08E-07	Gaz			1.73E-10	1.73E-10	Gaz
Fluoranthène						1.26E-10		2.37E-11	2.37E-11	Gaz
Fluorène						9.21E-10	2.68E-14	2.37E-11	2.37E-11	Gaz
Indeno(1.2.3.c.d)Pyrène						1.05E-12		2.37E-09	1.05E-12	Sol
Mercure	4.36E+02		8.71E-04	8.71E-04	Gaz					
Naphtalène	5.58E-02		2.49E-06	2.49E-06	Gaz	6.44E-07		2.21E-10	2.21E-10	Gaz
Phénanthrène						6.42E-09	3.28E-14	2.37E-11	2.37E-11	Gaz
Pseudocumène (124 triméthylbenzène)	9.28E-02			9.28E-02	Sol					
Pyrène						1.44E-10	2.20E-14	2.37E-11	2.37E-11	Gaz
Styrène		2.76E-08		2.76E-08	Eaux					
Toluène	3.59E-03		3.79E-08	3.79E-08	Gaz					
Xylène (mixture d'isomères)	1.33E-01		5.76E-06	5.76E-06	Gaz					
Somme globale*	/	/	/	9.42E-02	/	/	/	/	6.19E-09	/

*Sans distinction par organes cibles ni effet sur la santé pour la somme des QD