



INSTITUT NATIONAL DE L'ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL ET DES RISQUES

Evaluation Détaillée des Risques pour la santé

Fiches techniques de présentation des modèles d'exposition aux sols pollués

HESP

(Human Exposure to Soil Pollutants)

Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable

G. HEUZÉ

*Unité Déchets et Sites Pollués
Direction des Risques Chroniques*

Octobre 2002

Evaluation Détaillée des Risques pour la santé

Fiches techniques de présentation des modèles d'exposition aux sols pollués

HESP

(Human Exposure to Soil Pollutants)

Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable

Octobre 2002

Ce document comporte 21 pages (hors couverture et annexes).

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Guillaume HEUZÉ	Michel NOMINE	Hafid BAROUDI
Qualité	Unité DEchets et Sites Pollués Direction des Risques Chroniques (DRC)	Direction scientifique Direction des Risques Chroniques (DRC)	Responsable de l'Unité DEchets et Sites Pollués Direction des Risques Chroniques (DRC)
Visa			

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION.....	4
2. PRÉSENTATION GÉNÉRALE.....	5
2.1 Identification.....	5
2.2 Contexte d'élaboration et d'utilisation.....	5
2.3 Environnement informatique	5
2.4 Convivialité du logiciel.....	5
2.5 Documentation associée.....	6
2.6 Assistance, formation.....	6
2.7 Caractéristiques du logiciel.....	6
2.7.1 Structure	6
2.7.2 Voies d'exposition prises en compte.....	6
2.7.3 Cibles et usages du site considérés.....	7
2.7.4 Polluants pris en compte	7
2.7.5 Autres paramètres.....	8
2.7.6 Données toxicologiques.....	9
2.7.7 Modèle.....	9
2.7.8 Résultats	9
3. PRÉSENTATION DÉTAILLÉE - LIMITES ET PIÈGES À ÉVITER	10
3.1 Paramètres liés aux substances.....	10
3.2 Définition des concentrations dans les milieux sources de contamination	10
3.3 Modèle utilisé et équations	10
3.4 Estimation des concentrations de polluants dans les milieux environnementaux et les milieux d'exposition.....	11
3.4.1 Concentration dans la nappe.....	11
3.4.2 Concentration de polluants dans l'eau superficielle.....	11
3.4.3 Concentration dans l'eau des canalisations	12
3.4.4 Concentration dans l'air	12
3.4.5 Emission de poussières.....	14
3.4.6 Concentration dans les végétaux	14
3.4.7 Concentration dans les produits animaux hors poisson.....	16
3.4.8 Concentration dans le poisson.....	16
3.5 Estimation des niveaux d'exposition.....	17
3.5.1 Définition des cibles.....	17
3.5.2 Les usages du site	17
3.5.3 Les paramètres d'exposition.....	18
3.5.4 Voie respiratoire.....	18
3.5.5 Voie orale	18
3.5.6 Voie cutanée	19

3.5.7	Fréquence d'exposition.....	20
3.6	Calcul du risque	21
3.6.1	Les valeurs toxicologiques	21
3.6.2	Calculs des risques	21

1. INTRODUCTION

Dans le cadre de la politique nationale de gestion des sites et sols pollués en France, l'étape d'évaluation détaillée des risques doit être menée en respectant le principe de spécificité. Ceci implique qu'à chaque étape de la démarche, l'évaluateur doit s'efforcer d'utiliser des outils et des données adaptés au cas traité.

L'objectif de ces fiches techniques est donc de présenter les spécificités des outils de modélisation les plus courants, pour faciliter le travail de sélection des modèles, travail que l'évaluateur doit renouveler lors de chaque étude.

En fonction de la configuration du site, de l'usage auquel il est destiné, du type de pollution, du principe de proportionnalité, tel ou tel outil de modélisation sera plus ou moins adapté. Il ne peut donc pas y avoir de recommandations générales concernant le ou les modèles à utiliser. De même aucun classement de valeur entre ces outils ne saurait être réalisé.

Par ailleurs les logiciels disponibles sur le marché ont été mis au point dans différents pays préconisant une méthodologie et possédant un cadre réglementaire parfois différents des nôtres. Ces fiches permettent de souligner pour chacun des outils étudiés les différences entre les approches utilisées dans le modèle et celles recommandées au travers du guide d'EDR français. A l'occasion de leurs rédactions, un certain nombre de vérifications concernant le contenu de ces logiciels ont été réalisées. Toutefois, il ne s'agit pas d'une validation de ces outils, une telle validation nécessitant la comparaison des résultats fournis par le logiciel avec des mesures de terrain.

Enfin, en aucun cas, ces fiches ne sauraient remplacer le mode d'emploi ou la documentation fournis avec un logiciel.

Les modèles présentés ci-après sont soit des modèles disponibles sous forme papier (publications scientifiques, méthodes recommandées et publiées par un organisme), soit des logiciels disponibles dans le commerce. Il peut s'agir simplement de modèles permettant d'estimer la concentration dans un milieu ou au contraire d'outils très intégrateurs permettant de calculer les niveaux de risque et des objectifs de dépollution.

Pour chacun de ces modèles ou outils de calcul, trois fiches sont présentées :

- une fiche de description générale présentant le contexte d'élaboration, l'environnement informatique nécessaire, son contenu en terme d'outils d'évaluation de risque,... ;
- une fiche de description détaillée et de "Limites et pièges à éviter" présentant voie par voie et phénomène par phénomène les grandes lignes conceptuelles et les hypothèses retenues pour le calcul des concentrations dans les milieux, le calcul des niveaux d'exposition et le calcul des niveaux de risque, ainsi que les limites de l'outil et les situations qui ne peuvent ou ne doivent pas être modélisées par son intermédiaire.

Ces fiches ne sauraient être exhaustives. Elles pourront être complétées au fur et à mesure de l'expérience acquise.

2. PRESENTATION GENERALE

2.1 IDENTIFICATION

La version décrite est la version 2.10b qui date de janvier 1995. C'est la dernière version disponible à la date de finalisation de ce document en mai 2002.

Adresse : Shell Global Solutions (UK) ; Cheshire Innovation Park
P.O. Box 1, Chester CH1 3SH ; England

Téléphone : + 44 (0)151 373 5025

Fax : + 44 (0)151 373 5845

2.2 CONTEXTE D'ELABORATION ET D'UTILISATION

Le modèle HESP a été publié pour la première fois dans la monographie n° 40¹ du groupement ECETOC (European Chemical Industry Ecology and Toxicology Centre). Une version actualisée de l'annexe 3 du rapport ECETOC a été réalisée en mars 1992² et sert de base au « Reference Manual » de HESP, version 2.10b. Seules deux ou trois équations ont été modifiées dans le manuel de HESP par rapport à cette annexe 3 révisée.

Le modèle HESP a été développé afin de mener les premières phases de l'évaluation des expositions de populations aux polluants du sol dans des études d'évaluation des risques. Dans le cas où l'évaluation préliminaire du risque indiquerait la possibilité d'une exposition significative, une estimation plus complète de l'exposition serait nécessaire afin de servir de base à une évaluation du risque.

2.3 ENVIRONNEMENT INFORMATIQUE

Le modèle HESP fonctionne sous MS-Dos (Dos 3.3 ou plus). Il nécessite un ordinateur PC avec 640kb de mémoire interne et 5Mb d'espace libre.

2.4 CONVIVIALITE DU LOGICIEL

Le logiciel est simple d'utilisation, mais un grand nombre de paramètres ne peuvent être modifiés directement par l'utilisateur. D'après le guide utilisateur, si l'utilisateur veut utiliser d'autres paramètres (scénario différent de « Netherlands 1.00 »), il doit contacter les concepteurs de HESP (Shell Internationale Petroleum Mij. B.V. à la Haye) afin d'avoir un scénario adapté au cas traité. Cependant, ce mode de fonctionnement par chargement de différents scénarios ne permet pas la réalisation d'une évaluation complète des incertitudes comme décrite dans le guide méthodologique concernant l'Évaluation Détaillée des Risques pour la santé³ qui requiert de tester des valeurs majorantes de différents paramètres.

¹ ECETOC (1990). Technical Report n° 40. Hazard Assessment of Chemical Contaminants in Soil. Bruxelles. Août 1990.

² Veerkamp, W. ten Berge, W. Hazard Assessment of Chemical Contaminants in Soil. ECETOC Technical Report 40 revised. Appendix III. ECETOC. Bruxelles. Avril 1992

³ Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement / INERIS / BRGM. Gestion des Sites Pollués – Diagnostic approfondi, Évaluations Détaillées des Risques - Version 0. Editions BRGM. Juin 2000

Les calculs des niveaux de risque associés aux substances ne sont pas réalisés par le modèle. L'utilisation du logiciel nécessite donc un travail complémentaire de calcul des niveaux de risque pour les différentes substances et d'addition des risques selon les règles établies dans le guide méthodologique pour évaluer les risques et définir, si nécessaire, les objectifs de dépollution.

Par ailleurs, il n'est pas possible d'accéder aux formules de calcul, ni à certaines valeurs (paramètres climatiques, paramètres liés aux cibles, etc.). Ceci peut constituer une limite à l'utilisation du logiciel dans le cadre d'une EDR.

2.5 DOCUMENTATION ASSOCIEE

Le logiciel est accompagné d'un guide d'utilisation présentant le logiciel et ses fonctionnalités et d'un manuel de référence reprenant les équations de détermination des expositions et les paramètres par défaut intégrés au logiciel.

La bibliographie est imprécise. Certaines références du texte renvoient à deux références bibliographiques (par exemple, McKones (1986) peut renvoyer aux n° 21 ou 24). D'autres références sont absentes ((Fast et al., 1987)⁴ pour la fraction d'air du sous-sol supposée contribuer à l'air intérieur (f_{bi})).

2.6 ASSISTANCE, FORMATION

Néant.

2.7 CARACTERISTIQUES DU LOGICIEL

Il s'agit d'un logiciel visant à calculer les doses internes d'exposition chronique (via différentes voies) de populations présentes sur un site dont le sol est contaminé par un seul produit. En outre, il permet de déterminer la concentration d'une substance dans le sol pour laquelle la dose totale d'exposition est égale à la dose journalière tolérable.

2.7.1 Structure

Le logiciel se présente sous la forme d'un ensemble de menus dans lesquelles l'utilisateur peut choisir les voies d'exposition, la substance, certains paramètres et visualiser les paramètres fixés dans le modèle, lié au scénario pré-défini (Netherlands 1.00). Il visualise les résultats obtenus, voie par voie, pour une substance donnée. L'utilisateur peut également visualiser les résultats graphiquement (dose ou concentration dans l'environnement en fonction de la concentration dans le sol).

2.7.2 Voies d'exposition prises en compte

Le milieu sol est considéré comme source de contamination dans le modèle. Les cibles sont présentes sur le site.

A partir de ce milieu source, la pollution peut migrer vers les milieux suivants :

⁴ La référence est Fast, T.J., Kliet, en H., van de Wiel, 1987, De bijdrage van bodemverontreiniging aan de verontreiniging van de lucht in woningen. Rapport nr. 6 in de publikatiereeks Milieubeheer, VROM, Leidschendam.

- le sol,
- l'air extérieur,
- l'air intérieur,
- les eaux superficielles (rivières),
- les eaux souterraines.

A partir de ces milieux d'exposition, les voies d'exposition (sur le site) pouvant être prises en compte sont :

- l'ingestion directe de sol et de poussières,
- l'inhalation de gaz à l'extérieur des bâtiments,
- l'inhalation de gaz à l'intérieur des bâtiments,
- l'inhalation de poussières issues du sol pollué,
- l'inhalation de vapeur d'eau pendant la douche ou le bain,
- l'ingestion de végétaux cultivés dans le jardin,
- l'ingestion d'eau des canalisations et d'eau souterraine,
- l'ingestion de viande bovine et de produits laitiers,
- l'ingestion de viande de volaille et d'œufs,
- l'ingestion de poisson,
- le contact cutané avec le sol et les poussières,
- le contact cutané avec l'eau pendant la douche ou le bain,
- le contact cutané avec les eaux superficielles lors de la baignade.

Le modèle HESP ne traite pas la voie « ingestion d'eau superficielle lors de la baignade ».

2.7.3 Cibles et usages du site considérés

Dans le logiciel, les cibles adulte et enfant sont définies avec tous les paramètres les caractérisant (poids, quantité de sol ingéré, quantités d'aliments auto-produits consommés, etc.) fixés. Il n'est pas possible de définir d'autres cibles avec des valeurs de paramètres différentes. Les paramètres des cibles sont identiques quel que soit le scénario d'exposition considéré.

Les valeurs du logiciel correspondent aux valeurs utilisées par le RIVM pour dériver les nouvelles valeurs « C » néerlandaises de 1994 (« intervention value »).

Cinq usages du site (par défaut) sont proposés, les paramètres les caractérisant (temps d'exposition, etc.) et les voies d'exposition entrant en jeu étant fixés. Ces cinq usages sont de type agriculture, industriel, mixte, zone verte, et urbain. D'autres usages peuvent être créés par l'utilisateur. Les expositions des adultes et des enfants sont calculées séparément et ne sont pas additionnées.

2.7.4 Polluants pris en compte

La base de données compte 85 substances (organiques et inorganiques). Il est cependant possible d'y ajouter d'autres substances.

A part pour le chrome (présence dans la base initiale du chrome III et du chrome VI), la spéciation des polluants n'est pas indiquée.

Les paramètres physico-chimiques des substances rapportées dans la base de données du logiciel sont ceux utilisés par le RIVM pour calculer les nouvelles valeurs « C » néerlandaises. Aucune autre référence bibliographique n'est indiquée.

Les différents paramètres concernant les substances sont les suivants :

- masse molaire,
- température à laquelle sont donnés les autres paramètres (pression de vapeur, solubilité),
- solubilité,
- pression de vapeur,
- constante de Henry,
- pKa / pH,
- coefficient de partage octanol-eau K_{ow} (pour les substances organiques),
- coefficient de perméabilité au PEHD et au PVC, pour les substances organiques,
- coefficient de partage sol-eau K_d (pour les substances inorganiques),
- fraction excrétée de métal ingéré par le bétail,
- fraction excrétée de métal ingéré par la volaille,
- facteur de bioconcentration dans les tiges des végétaux,
- facteur de bioconcentration dans les racines des végétaux,
- facteurs d'absorption par inhalation et ingestion chez l'homme,
- facteurs d'absorption par inhalation et ingestion chez le bétail et la volaille,
- facteur de bioconcentration dans le poisson.

La valeur des paramètres des substances présentes par défaut ne peut être modifiée. Cependant, ces substances peuvent être reprises en tant que « substance utilisateur ». Les paramètres sont alors modifiables sauf pour les organiques et la constante de Henry qui est systématiquement calculée à partir de la pression de vapeur et de la solubilité.

Aucune biodégradation des polluants n'est prise en compte.

2.7.5 Autres paramètres

Le logiciel propose différents types de sol définis par un jeu de paramètres spécifiques. D'autres types de sol peuvent être entrés par l'utilisateur.

L'ensemble des autres paramètres (climatiques, liés aux animaux, relatifs à la salle de bain – temps passés, volumes utilisés -, etc.) est fixé.

2.7.6 Données toxicologiques

Pour les substances rapportées dans la base de données du logiciel, une dose journalière tolérable (TDI : Tolerable Daily Intake) est fournie. D'après les concepteurs du logiciel, ces doses ont pour base des critères dérivés par le FAO/OMS, les niveaux MTR (Maximum Tolerable Risk) du RIVM ou d'autres critères relatifs à la santé humaine dont le mode d'obtention n'est pas précisé.

Comme pour tout logiciel comportant un fichier rassemblant des valeurs toxicologiques, l'utilisateur devra vérifier que les données sont non obsolètes et adaptées au cas traité.

2.7.7 Modèle

Le logiciel a été divisé en plusieurs modules calculant chacun la concentration dans un compartiment spécifique de l'environnement et donc une exposition spécifique pour l'adulte ou l'enfant.

La modélisation des transferts de polluants est réalisée à partir de relations analytiques simples. HESP n'offre pas la possibilité de réaliser des calculs de type Monte-Carlo.

Les équations utilisées sont données dans les manuels fournis. Elles ne sont cependant pas accessibles dans le logiciel en lui-même. Il n'y a donc pas de possibilité d'adapter l'outil en fonction du cas traité.

D'autre part, les unités affichées dans le manuel ne sont pas toujours exactes.

D'une manière générale, il existe un manque d'informations sur l'origine des paramètres utilisés, en particulier pour les BCF des métaux. Cela ne permet pas de discussion sur la pertinence du choix des valeurs utilisées.

2.7.8 Résultats

Les doses d'exposition absorbées via les différentes voies sont déterminées. La somme de ces doses, quel que soit leur mode d'administration, est calculée.

Pour une substance donnée, le niveau total d'exposition et la dose journalière tolérable en mg/kg.j prédéfinie ou rentrée par l'utilisateur, peuvent être comparés graphiquement. De même, les concentrations dans l'environnement peuvent être comparées aux concentrations maximales tolérables dans l'environnement définies par l'utilisateur ou présentes par défaut.

La concentration dans le sol pour laquelle le niveau total d'exposition égale la dose journalière tolérable (TDI) est également calculée. De même, les concentrations dans le sol qui entraînent des concentrations dans les différents milieux environnementaux (eau, air, bovins, etc.) égales aux concentrations maximales tolérables dans l'environnement (MTEL) définies par l'utilisateur, sont calculées.

3. PRESENTATION DETAILLEE - LIMITES ET PIEGES A EVITER

3.1 PARAMETRES LIES AUX SUBSTANCES

Pour certaines substances organiques (par exemple, benzo[a]pyrène, pentachlorophénol), pour certains paramètres physico-chimiques (pression de vapeur, solubilité), les valeurs présentes dans la base de données du logiciel ne paraissent pas conservatoires (pression de vapeur trop faible d'où, avec ce modèle, minoration de l'émission dans l'air). L'utilisateur a intérêt à vérifier les valeurs des paramètres fournies par le logiciel.

Le pH du sol intervient dans certaines équations du modèle (calcul de la fraction de substance dissociée pour les polluants organiques, BCF^*_{plant} pour les métaux). Pour le BCF^*_{plant} , deux valeurs de pH sont prises en considération. La valeur de « Chemical/Parameters » est le pH auquel a été déterminé le K_d et celle du menu « Run definition », le pH du sol étudié. Pour la fraction de substance dissociée, le pH pris en considération est celui présent dans le menu « Chemical/Parameters ». Une modification de la valeur du pH dans le menu « Run definition » ne semble pas faire varier les résultats.

3.2 DEFINITION DES CONCENTRATIONS DANS LES MILIEUX SOURCES DE CONTAMINATION

La seule source primaire de pollution est le sol.

Les concentrations dans trois couches de sols sont définies par rapport à une concentration maximale, le sol étant considéré comme homogène horizontalement et verticalement.

Les profondeurs de ces trois couches ne sont pas modifiables (0/0,25 m ; 0,25/1,50 m ; 1,50/2,50 m), il est donc impossible de les adapter aux profondeurs des prélèvements effectués sur le site étudié et aux résultats obtenus (pollution principale à une profondeur plus importante, par exemple).

Chaque voie d'exposition correspond généralement à une de ces couches, à part pour l'inhalation de gaz où chaque couche participe plus ou moins à la pollution suivant des coefficients (voir le paragraphe 3.4.4). Par exemple, l'ingestion directe de sol, l'ingestion de polluants par les produits du jardin correspondent à l'horizon supérieur, la pollution de l'eau des canalisations provient de l'horizon médian, la pollution de la nappe provient de l'horizon profond.

3.3 MODELE UTILISE ET EQUATIONS

La modélisation des transferts de polluants est réalisée à partir de relations analytiques simples.

Les équations utilisées sont données dans les manuels fournis. Elles ne sont cependant pas accessibles dans le logiciel en lui-même.

D'autre part, il convient de faire attention aux unités précisées dans le manuel. Par exemple, l'unité de R_o (quantité de sol entraîné, équation 122) est « kg de sol/an » et non pas « mm/an », comme indiqué ; IP_c (quantité de polluant inhalé par l'intermédiaire de la matière particulaire, en mg/d) est sommé avec DU_c (ingestion directe de polluant par l'intermédiaire d'ingestion de sol), IV_c (inhalation de vapeur), VI_c (absorption par l'intermédiaire de la nourriture) et DU_{cw} (ingestion par l'intermédiaire de l'eau d'alimentation), tous en (mg/kg-bw.d) (équation 74). De même, alors que le poids corporel de la volaille intervient dans l'unité de ces quatre dernières quantités, il n'apparaît pas dans les équations de calcul de celles-ci. Ces remarques sont aussi valables pour les équations concernant les bovins.

Il nous a été impossible de vérifier si ces erreurs étaient seulement présentes dans le manuel et rectifiées dans le logiciel ou si les résultats du logiciel étaient également erronés.

Enfin, d'après l'équation 96, le calcul de polluant dans la volaille fait intervenir la quantité de lait produit. Celle-ci devrait être remplacée par la quantité d'œufs produits.

3.4 ESTIMATION DES CONCENTRATIONS DE POLLUANTS DANS LES MILIEUX ENVIRONNEMENTAUX ET LES MILIEUX D'EXPOSITION

Les différentes concentrations sont calculées à partir de la pollution initiale du sol qui est considérée comme source infinie.

3.4.1 Concentration dans la nappe

La pollution dans la nappe est considérée au droit du site.

HESP considère que les eaux de précipitations infiltrées se chargent en polluant à l'équilibre avec le sol, puis sont diluées dans la nappe au prorata des flux respectifs de précipitations infiltrées et d'écoulement dans la nappe. Pour cela, une hauteur fixe de mélange dans l'aquifère ($d = 2$ m) est prise en compte, sans justification particulière.

Le modèle HESP ne considère pas la dissolution par la nappe des polluants du sol en cas de source de pollution dans la zone saturée, de la percolation des polluants sous forme de phase liquide, d'une hypothétique recharge de la nappe par les eaux superficielles.

Les phénomènes de transfert dans la nappe (par convection, dispersion longitudinale et latérale, diffusion) ou de biodégradation ne sont pas considérés.

Ce calcul est donc très sommaire.

3.4.2 Concentration de polluants dans l'eau superficielle

La détermination des concentrations en polluants dans les eaux superficielles prend en compte les phénomènes d'érosion, en considérant que les particules de sol contaminées sont entraînées dans les eaux superficielles, et l'alimentation des eaux superficielles par les eaux souterraines contaminées.

Le ruissellement des eaux de pluie sur le sol pollué se déversant dans les eaux de surface, la dissolution des polluants atmosphériques (interface air-eau) ne sont pas considérés.

Le calcul de la concentration de polluants provenant de la nappe dans les eaux superficielles tient compte de la dilution complète du flux d'alimentation par la rivière au point de contact entre la rivière et la nappe.

Les phénomènes de biodégradation, de sédimentation, de remise en suspension ne sont pas pris en compte dans le modèle : il considère une teneur constante en polluant.

3.4.3 Concentration dans l'eau des canalisations

Le logiciel propose le choix entre des canalisations en polyéthylène, PVC ou des canalisations métalliques.

Lorsque ce dernier type de matériau est utilisé, il n'y a pas de passage de polluant dans les canalisations car le coefficient de diffusion D_{me} est nul.

A part pour les substances 2,4-dichlorophénol et anthracène, les coefficients de pénétration pour le PVC et le polyéthylène sont dans un rapport de 10^3 près ($D_{pe} = 10^3 \cdot D_{PVC}$).

Pour le 2,4-dichlorophénol, le rapport est inversé et beaucoup plus important ($D_{PVC} = 10^7 \cdot D_{pe}$, avec $D_{PVC} = 1 \text{ m}^2/\text{j}$). En l'absence de justification particulière, ce résultat semble être aberrant, il s'agit apparemment d'une erreur de HESP.

Le coefficient de pénétration de l'anthracène pour une canalisation en PVC est, quant à lui, nul alors que d'autres HAP plus lourds considérés par HESP possèdent un coefficient non nul. En l'absence, là aussi, de justification particulière, on peut considérer qu'il s'agit d'une erreur.

3.4.4 Concentration dans l'air

HESP suppose des transferts stationnaires dans le temps et donc une recharge continue en polluant (source infinie).

3.4.4.1 Modélisation de la source

Pour calculer les concentrations dans l'air intérieur et extérieur, HESP utilise des concentrations pondérées suivant la contribution des trois horizons considérés (supérieur, moyen et profond). Pour cela, les concentrations en polluant de chaque couche sont comparées pour déterminer quelles sont les couches qui sont supposées avoir un impact significatif sur la concentration dans l'air. Ensuite, un coefficient est appliqué à la concentration correspondant à chacune des couches retenues. Ce coefficient est proportionnel aux épaisseurs de chaque couche pour le calcul de $C_{s,o}$ (concentration en polluant dans le sol pondérée, utilisée pour les calculs concernant l'atmosphère extérieure) et aux surfaces de contact en jeu pour les calculs de $C_{s,bo}$ et $C_{s,bc}$ (même type de concentration mais pour l'atmosphère d'un vide sanitaire et d'une cave respectivement).

3.4.4.2 Emission

En présence d'un vide sanitaire avec pollution dans la couche supérieure seulement ou en présence d'une cave, HESP considère un flux de diffusion J_1 à travers le béton en contact avec la pollution.

Pour le calcul de la concentration dans l'air extérieur ou en cas de vide sanitaire avec la présence d'une pollution moyenne et/ou profonde, HESP considère un flux de contaminant J_3+J_4 à travers le sol, J_3 étant le flux de contaminant (soluble) dans le flux convectif d'évaporation de l'eau du sol et J_4 le flux de diffusion à travers l'air et l'eau du sol ; ce flux J_3+J_4 est toutefois limité par un flux maximal J_2 dans la couche limite (diffusion dans une couche d'air stable de 5 mm d'épaisseur à l'interface sol/air). Comparé à J_4 , le flux J_3 sera le flux principal pour des substances relativement peu volatiles mais très solubles. J_2 sera toujours nettement supérieur à J_3 ; son rôle limitatif concerne en fait J_4 .

Pour calculer les flux J_1 et J_4 , HESP considère une distance de diffusion dans le sol (L_c). Cette grandeur est fixée à 0,75 m et ne peut être modifiée par l'utilisateur. Cela ne permet pas une adaptation au cas étudié.

3.4.4.3 Dispersion dans l'air extérieur aux bâtiments

Le modèle adopté pour la dispersion aérienne (SOILRISK) utilise une variable s_r (rugosité de surface). Cette variable permet de prendre en compte les différents types d'urbanisation possible, de la grande ville à la prairie.

Dans HESP, l'utilisateur peut introduire une concentration initiale (bruit de fond) pour l'air extérieur et ainsi simuler une pollution extérieure au site.

3.4.4.4 Dispersion dans l'air intérieur des bâtiments

En raison de la modélisation utilisée⁵, HESP tend à sous-estimer l'exposition dans l'air intérieur des bâtiments, sauf éventuellement pour des polluants solubles. En effet, le modèle de Jury ne prend en compte que les transferts par diffusion dans l'air et l'eau interstitiels et par convection dans l'eau d'évaporation mais pas par convection d'air. Il est donc peu adapté aux substances volatiles.

Par ailleurs, le flux J_3 n'est valable que quand le sol est exposé à l'atmosphère⁶. En effet, l'évaporation de l'eau nécessite un gradient de concentration entre le sol et l'air, gradient qui ne s'établira pas dans le cas d'un soubassement car l'air de celui-ci sera rapidement proche de la saturation en eau.

3.4.4.4.1 Concentration dans le soubassement de l'habitation (sous-sol)

Une concentration initiale peut être définie pour l'air du sous-sol (C_{ba}^0).

HESP prévoit un bâtiment au niveau du sol avec la cave ou le vide sanitaire enterrés. Le taux de ventilation dans le soubassement, R_a ($1,25 \text{ h}^{-1}$), est le même dans les deux cas. Il n'est pas possible de modéliser un terre-plein.

Cas d'un vide sanitaire :

Lorsque la concentration en polluant dans la couche supérieure du sol (C_i) n'est pas la seule concentration du sol non nulle (cf, par rapport à C_m et C_d), seul le flux vertical J (minimum entre J_2 et J_3+J_4) est pris en compte dans le calcul de la concentration dans l'air du vide sanitaire. HESP semble donc considérer que celui-ci est très supérieur au flux à travers les parois verticales en béton.

Lorsque la concentration supérieure est la seule non nulle, le flux considéré est celui provenant des parois en béton (J_1) sur une hauteur de 0,25 m (hauteur de l'horizon supérieur).

Cas d'une cave :

Le flux considéré dans les calculs est la somme des flux à travers le béton provenant du sol et des murs latéraux.

⁵ Jury W.A., Spencer W.F., Farmer W.J. (1983). Use of models for Assessing Relative Volatility, Mobility, and Persistence of Pesticides and Other Trace Organics in Soil Systems. Hazard Assessment of Chemicals : Current Development, 2. 1983

⁶ Waitz, M.F.W., Freijer, J.I., Kreule, P., Swartjes, F.A. (1996). The VOLASOIL risk assessment model based on CSOIL for soils contaminated with volatile compounds. Report n° 715810014. RIVM, Bilthoven, mai 1996.

La valeur du taux de renouvellement d'air ($R_a = 1,25 \text{ h}^{-1}$) est importante par rapport à ce qui est observé dans une cave (pièce dont le but, contrairement au vide sanitaire, n'est pas d'avoir un taux de renouvellement d'air important). Cela revient à minorer la concentration de polluant dans l'air de la cave et donc, par la suite, la concentration dans l'air intérieur de l'habitation et l'exposition des personnes.

3.4.4.4.2 Concentration dans l'habitation

L'échange d'air entre intérieur et extérieur n'est pas directement pris en compte (pas de taux de renouvellement d'air dans l'habitation). La seule source de pollution de l'air intérieur provient du sous-sol (vide sanitaire ou cave).

La concentration à l'intérieur de l'habitation (C_{ia}) est obtenue en multipliant la concentration en polluant dans l'air du sous-sol par la fraction d'air du sous-sol supposée contribuer à l'air de l'habitation (f_{bi}). Ce facteur f_{bi} a une valeur non modifiable de 0,1 et représente la moyenne⁷ de données expérimentales comprises entre 0 et 0,68⁸. Par contre, HESP préconise un facteur de 0,2 lorsqu'il s'agit d'un plancher. Si la concentration ainsi calculée est inférieure à la concentration extérieure (C_{oa}), la concentration intérieure est prise égale à cette dernière.

Ainsi, la concentration en polluant dans l'air intérieur sera toujours supérieure ou égale à la concentration à l'extérieur.

3.4.5 Emission de poussières

L'émission de polluants sous forme particulaire est prise en compte en considérant une concentration constante de particules polluées en suspension dans l'atmosphère intérieure et extérieure. Ces concentrations sont des paramètres non modifiables et ne peuvent donc pas être ajustées aux différents scénarios retenus (urbain, industriel, agricole, etc.). La concentration en particules dans l'air intérieur est supposée égale à 0,75 fois celle dans l'air extérieur.

Le paramètre C_{dust} (*Run Definition/External dust source*) n'intervient pas ici mais seulement dans la quantité de poussières déposée sur les plantes.

3.4.6 Concentration dans les végétaux

Dans le modèle, il est considéré que la bioaccumulation du polluant dans les plantes peut se faire d'une part, par prélèvement par les racines pour tous les végétaux et d'autre part, et seulement pour les végétaux feuilles, par dépôt de particules sur les cultures. Le prélèvement par les racines est modélisé par des facteurs de bioconcentration au niveau des racines et des tiges.

⁷ Le type de moyenne (arithmétique, géométrique) n'est pas précisé.

⁸ Fast, T.J., Kliet, en H., van de Wiel, 1987, De bijdrage van bodemverontreiniging aan de verontreiniging van de lucht in woningen. Rapport nr. 6 in de publikatiereeks Milieubeheer, VROM, Leidschendam.

3.4.6.1 Pollution par le sol

Aucune distinction n'est faite parmi les végétaux dont la partie comestible est aérienne (salades, tomates, poireaux, etc.). Or la bioconcentration dans des végétaux feuillus (salade, choux...), des végétaux fruits (tomate, haricot vert...), dans des végétaux tige (poireau...), dans des fruits, est différente. HESP ne prend donc pas en compte les spécificités des différentes plantes en distinguant des BCF pour chaque type de plantes.

Par substance et par organe de la plante (racine ou tige), une seule valeur de BCF est proposée, elle est donc utilisée quel que soit le niveau de concentration en substance dans le sol, or la valeur du BCF varie avec la concentration dans le sol.

3.4.6.1.1 Substances organiques

Les végétaux dont la partie comestible est racinaire et ceux dont la partie comestible est aérienne (tige) sont distingués par deux BCF différents.

Pour les substances organiques présentes dans la base de données du logiciel, les facteurs de bioconcentration sont calculés à partir du K_{ow} de la substance. La formule de calcul utilisée pour le BCF_{root} a été déterminée pour des $\log(K_{ow})$ allant de -1 à 5 et celle pour calculer le BCF_{stem} pour des $\log(K_{ow})$ allant de -0,57 à 3,7.

En mode « substance utilisateur », l'utilisateur a le choix entre introduire ses propres valeurs de BCF_{stem} et BCF_{root} ou les faire calculer à partir du K_{ow} de la substance.

3.4.6.1.2 Substances inorganiques

Pour toutes les substances inorganiques, la source des coefficients appliqués pour passer du poids sec au poids frais n'est pas indiquée.

Substances métalliques

Des BCF_{stem} et BCF_{root} par défaut sont définis pour les substances métalliques. Cependant, aucune précision n'est donnée sur le mode d'obtention de ces valeurs (conditions expérimentales dans lesquelles elles ont été définies : niveau de contamination du sol, type de plante, spéciation du métal...). Or les BCF sont extrêmement dépendants des conditions expérimentales. Enfin, pour certains métaux, les valeurs proposées paraissent assez différentes de celles extraites de publications scientifiques correspondant à des plantes potagères et à des niveaux de contamination pouvant être rencontrés sur des sites pollués. L'évaluateur aura donc intérêt à vérifier la validité des données fournies par le logiciel par rapport au cas étudié, et, si besoin est, à rechercher des valeurs de facteurs de bioconcentration adaptées à son étude.

Il y a possibilité de calculer un BCF_{plant} global en fonction du K_d de la substance. Ce BCF se rapporte à un poids sec. Les équations ont été obtenues à partir de données expérimentales portant sur diverses plantes et substances.

Des facteurs sont ensuite appliqués pour obtenir les concentrations en poids frais dans les racines et la tige de la plante.

Des BCF_{stem} et BCF_{root} peuvent être introduits par l'utilisateur. Celui-ci devra faire attention à ce que ces BCF se rapportent bien à un poids sec.

Substances non métalliques

Pour une substance inorganique non métallique, la concentration dans la tige ou les racines de la plante est la concentration dans l'eau du sol à un facteur constant près.

Pour ce type de substance, bien que l'on puisse introduire des BCF_{stem} et BCF_{root} spécifiques pour une substance utilisateur, cela n'a pas de répercussion dans les concentrations finales dans la plante C_{stem} et C_{root} . Autrement dit, HESP ne semble pas prendre en compte ces BCF spécifiques.

3.4.6.2 Pollution par déposition de poussières

Au niveau de la valeur C_{dust} dans le calcul de C_{dep} , l'utilisateur a le choix entre introduire une valeur spécifique ou laisser la valeur calculée par défaut ($C_{dust} = f_{rs,o} \times C_s$, fraction de sol dans les poussières à l'extérieur multipliée par la concentration superficielle en polluant).

3.4.7 Concentration dans les produits animaux hors poisson

Dans le modèle, il est considéré que le bétail (vache) et les volailles (poule) sont exposés par inhalation de vapeur et de poussières, et par ingestion de végétaux, de sol et d'eau.

HESP considère que la moitié de l'eau ingérée par le bétail est de l'eau souterraine, l'autre moitié provenant de l'eau de surface. Pour la volaille, il considère que toute l'eau d'alimentation provient du réseau d'eau. Les paramètres répartissant l'origine de l'eau ne sont pas modifiables.

Les équations donnant les coefficients de bioconcentration dans la viande bovine et le lait sont établies en utilisant des données expérimentales.

Ces équations et leurs coefficients sont directement repris pour calculer respectivement les facteurs de bioconcentration dans la viande de volaille et dans les œufs. En l'absence de justification particulière, cette approche semble sommaire. Elle ne peut être reprise qu'avec précaution quant à la pertinence des résultats.

3.4.8 Concentration dans le poisson

La concentration de polluant dans le poisson est définie à partir de la concentration de polluant dans l'eau superficielle et au moyen d'un facteur de bioconcentration.

3.4.8.1 Substances organiques

Pour toutes les substances organiques intégrées dans la base de données du logiciel, la valeur du facteur de bioconcentration dans les poissons est calculée grâce à une équation à partir du Kow de la substance et de coefficients issues de la littérature.

Lorsque l'utilisateur entre de nouvelles substances organiques dans la base de données, la valeur du facteur de bioconcentration dans les poissons est obligatoirement calculée par le logiciel selon la même relation que pour les substances pré-définies, même si l'utilisateur dispose de valeurs spécifiques à la substance et au poisson considérés. Il n'a le choix qu'entre des coefficients déterminés d'après une étude sur des moules et d'autres basés sur une étude ayant pris en compte un nombre important de substances et plusieurs poissons⁹.

⁹ Bysshe S.E., « Bioconcentration factor in aquatic organisms », In : Handbook of chemical properties estimation methods, 5-1-5-30 (1982)

3.4.8.2 Substances inorganiques

Pour toutes les substances inorganiques (métaux ou non) intégrées dans la base de données du logiciel, la valeur par défaut du facteur de bioconcentration dans les poissons est fixée à 1. Ce facteur apparaît minorant au vu de la littérature concernant des BCF expérimentaux. Il conviendra donc de rechercher dans la littérature des BCF_{fish} spécifiques à la substance et au poisson.

3.5 ESTIMATION DES NIVEAUX D'EXPOSITION

L'ensemble des doses données par le logiciel sont des doses absorbées (doses internes).

3.5.1 Définition des cibles

L'utilisateur ne peut définir d'autres cibles que celles proposées par le logiciel, tous les paramètres caractérisant les cibles adulte et enfant (âges, poids, volumes respiratoires, quantités de produits consommés) sont fixés. Cela constitue une importante limite d'utilisation de ce logiciel, étant donné que dans une évaluation de risque, la valeur des paramètres est adaptée au cas traité, en particulier pour les produits auto-produits consommés (évaluation spécifique au site).

De plus, la définition des cibles et de leurs paramètres est la même quel que soit l'usage du site. Cela est également une limite de ce logiciel, puisque la valeur de certains paramètres caractérisant notamment la cible adulte sont généralement différents selon le type d'usage (par exemple, la quantité de sol/poussières ingérée ou la quantité de sol/poussières déposée sur la peau, devrait être différente entre un usage industriel et un usage résidentiel).

La non modification des valeurs des paramètres caractérisant les cibles rend également impossible l'évaluation des incertitudes liées à la définition des cibles/paramètres avec le logiciel HESP (étape indispensable dans une évaluation des risques).

3.5.2 Les usages du site

Un usage du site est défini par les budgets activités-temps-lieu des cibles, par choix des voies d'exposition considérées et des valeurs de la rugosité du site et de la fraction de sol recouvert (locaux, dalle).

Les budgets activités-temps-lieu sont définis séparément pour l'adulte et l'enfant et font intervenir deux types de journées dans une semaine (actives et non actives). Pour chaque type de journée, des durées hors du site, sur le site mais à l'extérieur des locaux et de sommeil sont définies. Le temps restant sur 24 heures est considéré être le temps passé sur le site, à l'intérieur des locaux. Une durée de baignade peut être définie en plus de l'ensemble de ces durées. Des valeurs différentes entre l'été et l'hiver peuvent être définies.

Les différents usages du site proposés par défaut sont :

- agriculture,
- industriel,
- mixte,
- zone verte,
- urbain.

L'utilisateur peut définir un usage propre à son étude par définition des différentes valeurs d'exposition.

3.5.3 Les paramètres d'exposition

Pour toutes les substances (organiques et inorganiques) présentes dans la base de données du logiciel, les valeurs des facteurs d'absorption par l'homme, le bétail et la volaille, par inhalation et ingestion, sont fixées à 1. C'est une hypothèse qui a tendance à majorer l'exposition pour les substances qui ne seraient pas totalement absorbées.

3.5.4 Voie respiratoire

3.5.4.1 Inhalation de vapeur durant la journée

Etant donné l'impossibilité de modifier les paramètres des récepteurs, le volume d'air inhalé ne peut être adapté au scénario (résidentiel, industriel avec travail de force, etc.).

3.5.4.2 Inhalation de vapeur durant la douche

Le facteur «2 » présent dans l'équation 113 peut être interprété comme une méthode pour moyenniser la concentration en polluant dans l'atmosphère de la salle de bain entre le début et la fin de la douche dans le cadre d'une augmentation linéaire de la teneur au cours de la douche. En effet, la concentration en polluant dans l'air de la salle de bain due à l'évaporation de l'eau de la douche va évoluer d'une valeur nulle au début de la douche, à une valeur maximale à la fin de la douche.

3.5.4.3 Inhalation de poussières

Etant donné les différentes fractions de sols dans les poussières (à l'intérieur, $f_{s,i} = 0,8$ et à l'extérieur, $f_{s,o} = 0,5$) et la concentration de matière en suspension à l'intérieur par rapport à l'extérieur ($TSP_i = 0,75.TSP_o$), la quantité de particules de sol inhalées est plus importante à l'intérieur qu'à l'extérieur de locaux pour une même durée.

Ce résultat est plausible si l'on considère qu'il y a confinement des particules à l'intérieur des locaux.

3.5.5 Voie orale

3.5.5.1 Ingestion d'eau de boisson

La concentration dans l'eau d'alimentation peut provenir d'une part de l'eau des canalisations et d'autre part, de l'eau souterraine. Un facteur f_g permet de pondérer les apports des deux sources.

Les quantités d'eau ingérées (2L pour un adulte et 1L pour un enfant) sont pondérées par le temps éveillé passé sur le site.

3.5.5.2 Ingestion de sol et poussières

Les quantités de sol et poussières ingérées par jour pour l'adulte et l'enfant sont données pour une journée entière tout au long de l'année, d'où les valeurs de 920 mg/j pour l'adulte et 1 100 mg/j pour l'enfant. Ces valeurs sont ensuite pondérées d'après le budget activités-temps-lieu de l'usage choisi.

Ces valeurs (920 et 1100) ont été choisies afin d'obtenir 50 et 150 mg/j d'ingestion de sol et poussières respectivement pour l'adulte et l'enfant pour le scénario « Netherlands 1.00 » et pour l'usage urbain.

Pour les différents usages du site, les quantités ingérées vont de 49,9 mg/j (usage urbain) à 604 mg/j (usage mixte) pour l'adulte et de 141 mg/j (zone verte) à 495 mg/j (mixte) pour l'enfant.

3.5.5.3 Ingestion de volaille, œufs, bétail, lait, poisson

Les quantités des divers aliments consommés par jour et par adulte ou enfant et la fraction provenant de la zone polluée ne sont pas modifiables. L'origine des quantités et des fractions n'est pas indiquée. En effet, bien que le manuel de HESP mentionne ECETOC comme référence, les valeurs ne sont pas les mêmes¹⁰.

3.5.5.4 Ingestion de fruits et légumes

HESP considère une concentration moyenne entre légumes feuille ou non, suivant un paramètre $f_{l/r}$, fraction de légume feuille dans le jardin potager.

Comme pour les aliments précédents, HESP ne permet pas d'introduire des données de consommation propre, ce qui ne tient pas compte de la spécificité du site.

3.5.6 Voie cutanée

L'absorption cutanée est considérée comme nulle pour toutes les substances inorganiques. Cela revient à négliger cette voie. Or, la littérature^{11,12} montre que cette absorption existe. Même si elle peut être négligeable par rapport aux autres voies, l'évaluateur de risques doit pouvoir en tenir compte en fonction des scénarios.

3.5.6.1 Absorption cutanée à partir des sols et poussières

L'absorption cutanée à partir du sol et des poussières est calculée pour une exposition intérieure et extérieure.

Le calcul de l'absorption cutanée fait intervenir un facteur f_m appelé facteur matriciel. Ce facteur matriciel cherche à prendre en compte la disponibilité réduite d'un polluant lié à la matrice du sol et le fait que seule une partie du polluant en mélange avec le sol est en contact direct avec la peau.

Un même taux d'absorption cutanée à partir d'une matrice sol est donné pour toutes les substances organiques. Il diffère seulement entre une cible enfant et une cible adulte. C'est une approximation qui ne respecte pas la spécificité des paramètres des différentes substances.

¹⁰ ECETOC (1990). Technical Report n° 40. Hazard Assessment of Chemical Contaminants in Soil. Bruxelles. Août 1990.

¹¹ US-EPA (1992). Dermal exposure assessment : principles and applications. Interim report. EPA/600/8-91/011B

¹² Fiches de données toxicologiques et environnementales des substances dangereuses. Site de l'INERIS. <http://www.ineris.fr/recherches/fiches/fiches.htm>

3.5.6.2 Absorption cutanée à partir de l'eau lors de la douche

Le calcul de l'absorption cutanée à partir de l'eau lors de la douche fait intervenir un coefficient f_{ex} , fraction de peau exposée. Celui-ci est un paramètre fixe pris égal à 0,4. L'origine de ce coefficient est van den Berg (1991)¹³.

Contrairement à l'absorption cutanée à partir des sols, un taux d'absorption cutanée à partir de l'eau est calculé pour chaque substance organique. Le calcul fait intervenir le K_{ow} et la masse molaire du composé.

Dans le calcul, la durée utilisée est t_s (durée de la douche, une demi-heure) divisée par 2, ce qui revient à considérer une durée effective d'un quart d'heure.

L'utilisateur choisit si la cible (adulte ou enfant) prend des douches (7/semaines) ou des bains (7/semaines). Un couplage des deux est impossible.

3.5.6.3 Absorption cutanée à partir de l'eau lors du bain

Comme pour l'absorption cutanée à partir de la douche, un taux d'absorption cutanée à partir de l'eau est calculé pour chaque substance organique. Le calcul fait intervenir le K_{ow} et la masse molaire du composé.

La totalité du corps est exposée durant le bain.

Au niveau de la durée du bain, contrairement à la douche, la durée considérée est t_b (une demi-heure).

L'utilisateur choisit si la cible (adulte ou enfant) prend des douches (7/semaines) ou des bains (7/semaines). Un couplage des deux est impossible.

3.5.6.4 Absorption cutanée à partir de l'eau de baignade

Dans les usages du site pré-définis, seul l'usage « zone verte » considère un temps de baignade t_{swim} non nul.

La totalité du corps est exposée durant le bain. L'absorption cutanée durant la baignade est moyennée sur la semaine et par saison. Le taux d'absorption cutanée est le même que pour le bain.

3.5.7 Fréquence d'exposition

3.5.7.1 Fréquence annuelle d'exposition

Ce paramètre n'apparaît pas dans HESP. De plus, les durées entrées au niveau du budget activités-temps-lieu ne peuvent être que des heures pleines, les décimales ne sont pas admises.

Ces contraintes ne permettent que difficilement de ramener un usage comportant des temps d'exposition annuels (comme, par exemple, un travailleur présent environ 220 jours par an sur le site) au niveau de la semaine.

3.5.7.2 Nombre d'années d'exposition

Ce nombre n'intervient pas puisque HESP ne calcule pas de risques cancérogènes.

¹³ van den Berg, R. (1991). Blootstelling van de mens aan bodemverontreiniging. Report 725201006. National Institute of Public Health and Environment Protection, Bilthoven, April 1991.

3.6 CALCUL DU RISQUE

3.6.1 Les valeurs toxicologiques

Pour les substances rapportées dans la base de données du logiciel, une dose journalière tolérable (TDI : Tolerable Daily Intake, en mg/kg.j) est fournie. D'après les concepteurs du logiciel, ces doses ont pour base des critères dérivés par le FAO/OMS, les niveaux MTR du RIVM ou d'autres critères relatifs à la santé humaine dont le mode d'obtention n'est pas précisé.

Pour les substances cancérigènes, aucune Valeur Toxicologique de Référence spécifique à ce type d'effet n'est rapportée (excès de risque unitaire). Il n'est pas précisé si les doses journalières tolérables mentionnées tiennent compte de leurs effets cancérigènes en considérant par exemple un certain niveau de risque cancérigène acceptable non précisé.

Enfin, une seule dose journalière tolérable en mg/kg.j est rapportée pour l'ensemble des voies. En terme de Valeur Toxicologique de Référence, la distinction entre les voies d'administration (orale, respiratoire ou cutanée) se fait uniquement au niveau des facteurs d'absorption.

Comme pour les paramètres physico-chimiques, ces valeurs peuvent être modifiées une fois que la substance est enregistrée en tant que substance utilisateur.

Remarque : pour quelques substances rapportées dans la base de données du logiciel, pour certains milieux environnementaux (eau souterraine, végétal racine, poisson...), des « concentrations maximales tolérables dans l'environnement » (MTEL) sont fournies. D'après le manuel de HESP, ces valeurs sont basées sur des critères écotoxicologiques ou relatifs à la santé humaine, sans autres précisions. De ce fait, ces concentrations ne doivent pas être utilisées dans une évaluation des risques sanitaires.

Etant donné l'ensemble de ces remarques et conformément aux bonnes pratiques de l'évaluation des risques, l'utilisateur devra vérifier les valeurs des données toxicologiques dans les bases de données adéquates.

3.6.2 Calculs des risques

HESP ne réalise pas de calculs du risque.

Les doses d'exposition sont déterminées substance par substance, il n'est pas possible de déterminer l'exposition à plusieurs substances en même temps.

Pour une même substance, les doses d'exposition via les différentes voies prises en compte dans l'usage du site sont présentées, puis sommées (quel que soit le mode d'administration orale, respiratoire ou cutanée) alors que les effets en fonction des différentes voies considérées peuvent être différents.

LISTE DE DIFFUSION

Nom	Adresse/Service	Nb
	Dossier maître	1

TOTAL

1

PERSONNES AYANT PARTICIPE A L'ETUDE

Travail	Nom	Qualité	Date	Visa
Rédacteur				
Responsable d'affaire				
Relecteur				
Vérificateur				
Approbateur				

 Fin du Complément non destiné au client 