Formation continue experts et laboratoires

« sols »

Evaluation des risques santé humaine

(GRER partie B v.03/S-Risk)

INTRODUCTION

Bases d'évaluation du risque (VD/BT)

Bases d'évaluation à considérer

OCCUPATION DU TERRAIN	activités en cours **AEC**	friche / terrain vague sans projet de réaffectation raisonnablement abouti **FSP**	friche / terrain vague avec projet de réaffectation raisonnablement abouti **FAP**
	BASES D'ÉVALUATION À CONSIDÉRER		
CONCLUSIONS OPÉRATIONNELLES			
Nécessité d'assainissement	Actuelle	Générique	Projetée
Urgence d'assainissement	Actuelle	Actuelle	Actuelle
CONCLUSIONS ADDITIONNELLES			
Restriction de types d'usage	Générique	/	Générique
Restriction d'utilisation	Actuelle	/	/

Usage projeté / éléments de configuration si maintenus cadre projet

Situation de droit / conditions standards d'utilisation – sans aménagement SAUF bâtiments maintenus, sans restriction d'utilisation

Situation de fait du terrain / éléments de configuration actuels si amener à perdurer

CLARIFICATION

- 1. Occupation terrain – en particulier : AEC, FSP, FAP
- 2. Bases d'évaluation – pertinente fct occupation–générique, actuelle, projetée

OCCUPATION DU TERRAIN	activités en cours AEC	friche / terrain vague sans projet de réaffectation raisonnablement abouti FSP	friche / terrain vague avec projet de réaffectation raisonnablement abouti FAP
	BASES D'ÉVALUATION À CONSIDÉRER		
CONCLUSIONS OPÉRATIONNELLES		Usage I à V Eléments de configuration	
Nécessité d'assainissement	Actuelle	Générique	Projetée
Urgence d'assainissement	Actuelle	Actuelle	Actuelle
CONCLUSIONS ADDITIONNELLES			
Restriction de types d'usage	Générique	/	Générique
Restriction d'utilisation	Actuelle	/	/

Situation de fait du terrain / éléments de configuration actuels si amener à perdurer

Friche – terrain vague :
Conditions occupations actuelles
ne répondent pas à un usage effectif
=> évolution à court terme

AEC - activité ou installation
respect dispositions en vigueur cf permis / usage et configuration perdurent

FAP -- usage futur déterminé avec certitude/ compatible avec éléments de droit/ volonté réaliser projet et solliciter autorisations requises ! CCS spécifique au projet envisagé!

Activité en cessation = FSP ou FAP

Usage projeté / éléments de configuration si maintenus cadre projet

Situation de droit / conditions standards d'utilisation – sans aménagement SAUF bâtiments maintenus, sans restriction d'utilisation / test : s'affranchir des mesures de sécurité ?

CLARIFICATION

cf expérience depuis mise en application CWB (01 janvier 2013)

Précisions méthodologie

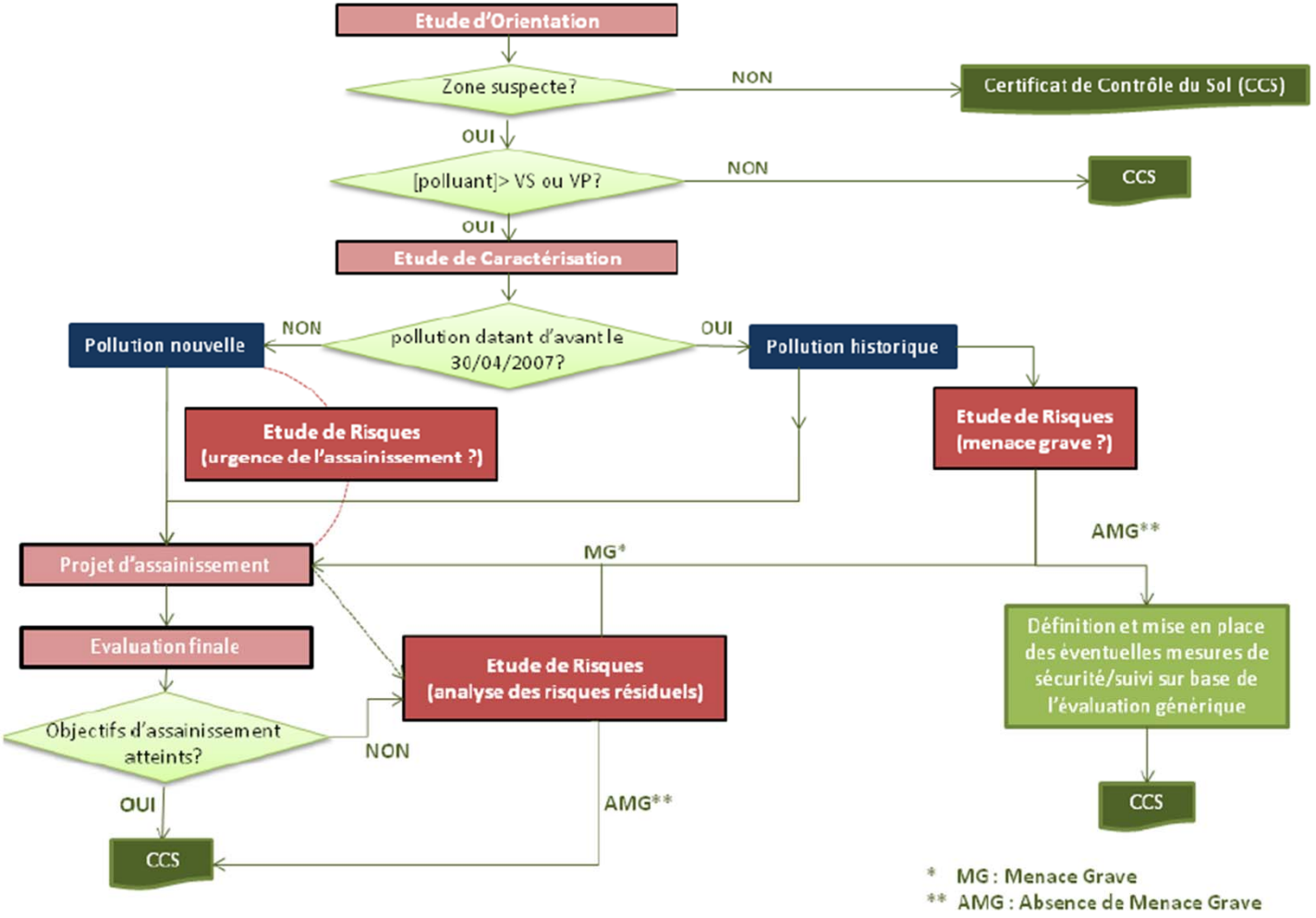
C. Conclusions – opérationnelles et additionnelles

OCCUPATION DU TERRAIN	activités en cours **AEC**	friche / terrain vague sans projet de réaffectation raisonnablement abouti **FSP**	friche / terrain vague avec projet de réaffectation raisonnablement abouti **FAP**
	BASES D'ÉVALUATION À CONSIDÉRER		
CONCLUSIONS OPÉRATIONNELLES			
Nécessité d'assainissement	Actuelle	Générique	Projetée
Urgence d'assainissement	Actuelle	Actuelle	Actuelle
CONCLUSIONS ADDITIONNELLES			
Restriction de types d'usage	Générique	/	Générique
Restriction d'utilisation	Actuelle	/	/

Usage(s) (I à V)

Hypothèses (paramétrisation) du scénario envisagé

Place de l'ER dans Décret Sols



Source: GRER partie A v.03

Objectif ER-SH

- Déterminer niveau risque SH suite à exposition pollution sol et/ou eaux souterraines
- Comparaison à des critères
  - Identifier éventuelle MG
  - Nécessité/urgence assainissement
- Définir objectifs min. assainissement (supprimer MG) et mesures sécurité et/ou suivi

Méthodologie générale ER-SH

Evaluation des Risques Sanitaires ERS : kesako ?

- Méthodologie en 4 étapes développée en 1983 par l'Académie des Sciences Américaine
- Objectif : aider à la prise de décision en situation d'incertitude
  - Utilisée dans de nombreux domaines et par de nombreux pays en tant qu'outil de gestion
  - Application dans cadre réglementaire : GBP nationaux et régionaux
  - Développements de Logiciels

Les 4 étapes de l'ERS

1. Identification des dangers
2. Evaluation des expositions
3. Relations doses réponse
4. Caractérisation des risques

L’approche itérative & Principes

- ESR
- EDR

- Proportionnalité, Spécificité, Prudence, Transparence,

Des résultats de l'ERS à la prise de décision

- ERS de qualité : Rôle de l'expert évaluateur
- Critères de décision : Fixés par le Gestionnaire

ER-SH: document de référence GRER-partie b v3

- GRER
  - partie a
  - partie b – risques pour la santé humaine
    - Règles & consignes pour a réalisation d'une ER-SH dans le contexte du décret sols en Wallonie
    - Critères de décisions adoptés en Wallonie
    - Référence au logiciel S-Risk – logiciel (application web, guide technique + pollutants fact sheets)
  - partie c
  - partie d

GRER-partie b
Différences V2 et V3

- Critères de décision
  - Suppression de l'additivité des risques
  - Suppression facteurs incertitudes associés à VTR (IR-I) et des VI_H
- Modèle préconisé : Outil S-Risk
  - Un seul outil pour estimer les doses d'expositions et calculer les risques
- …

S-Risk = outil préconisé en Wallonie pour évaluer les risques pour la santé liés aux sols pollués

- S-Risk = outil de calcul

- Améliorations >< modèles précédents
  - Sol, plusieurs horizons
  - Transfert sol-plantes
  - Module volatilisation: VOLASOIL
  - Plusieurs tranches d'âge dont 1 à 4 ans
  - Quantité de sol ingéré, fraction de denrées locales consommée, …

S-Risk

- Application web
- Guide technique
- Manuel d'utilisation
- Pollutants fact sheets

https://www.s-risk.be/

S-Risk : 3 applications

- Application 1
- Application 2
- Application 3

S-Risk : 3 applications

			Output
Application 1	Calcul de **VSH**	☐ Choisir un polluant ☐ Choisir type de sol ☐ Choisir scénario	C_{sol}
Application 2	Calcul du **RISQUE**	☐ **Input** : conc. en polluants ☐ Choisir type de sol ☐ Choisir scénario	IR - ERI
Application 3	Calcul de **OBJECTIF d'ASSAINISSEMENT**	☐ Choisir un polluant ☐ Choisir type de sol ☐ Choisir scénario	C_{sol}

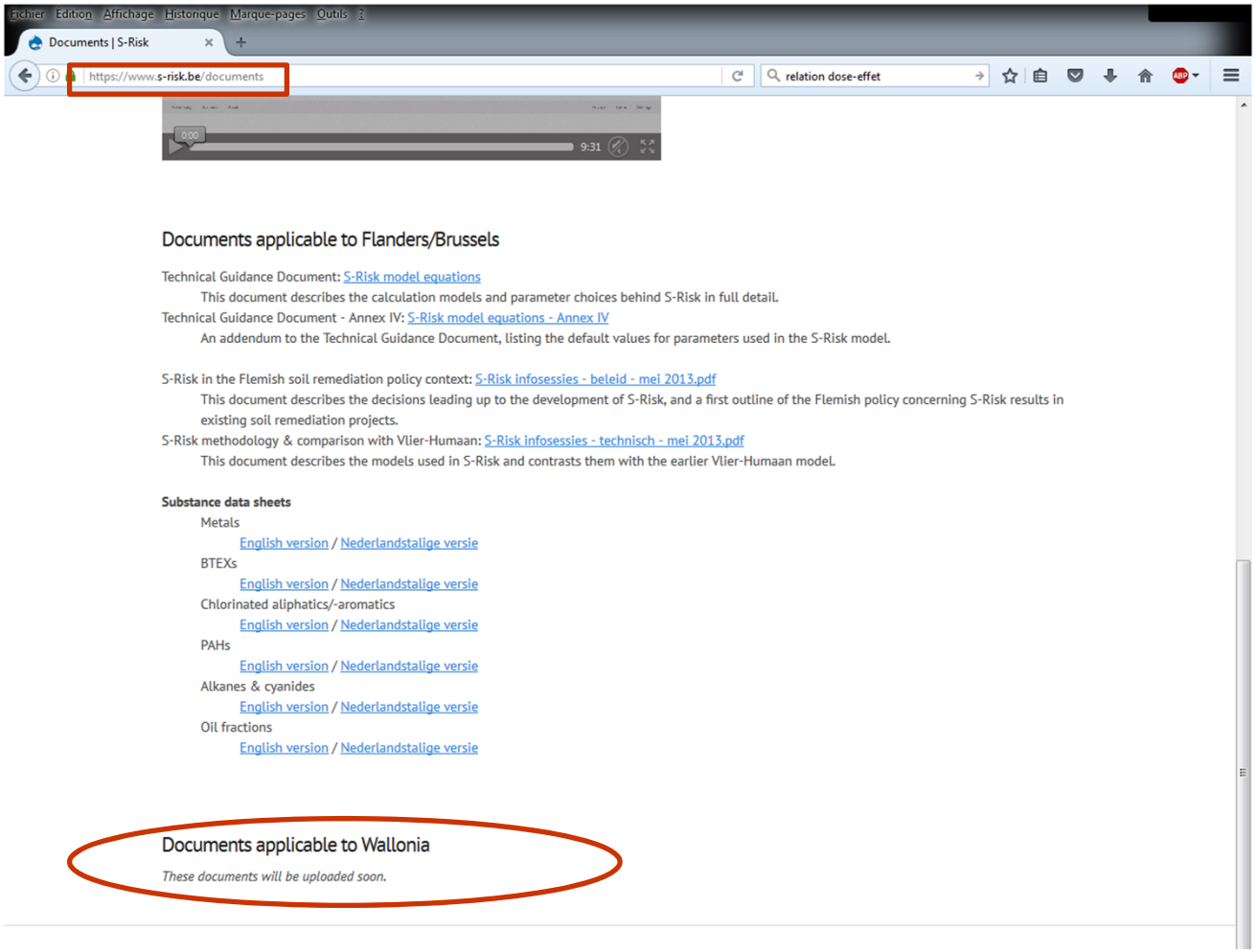
S-Risk-wallonia ≠ S-Risk-flanders

- Sols / horizons
- VTR
- Scénarios standards
- Polluants
- Prise en compte de conc. de fond
- Normes polluants

Informations pratiques

- Disponibilité du logiciel S-Risk© version wallonne
  - Ouverture commandes comptes auprès du VITO dès le 12/12/2016

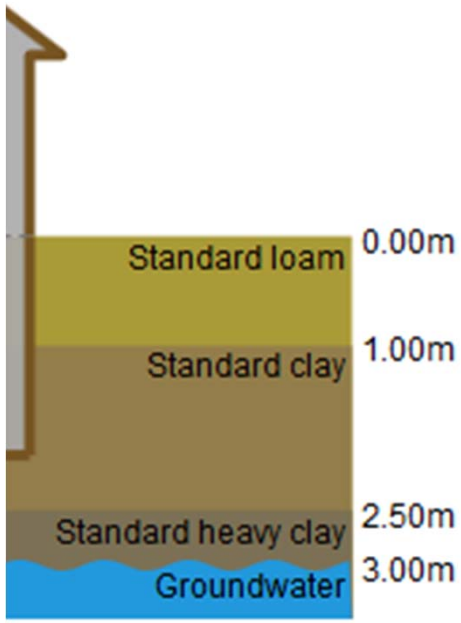
Informations pratiques



« THERORIE »

Types de sols

Type de sol


Standard loam
0.00m
Standard clay
1.00m
Standard heavy clay
2.50m
Groundwater
3.00m

Annexe B3: sols

- Collaborations:
- >< GRER version 2:
  - 1 seul horizon générique pour le calcul des VS_H
  - Proposition de 8 horizons standards wallon sur base de la texture
- Rôle de l'expert:
  - Mesure sur site contenu en M.O., pH_{KCl} et teneur en argile
  - Possibilité encodage paramètres plus représentatifs du site étudié

Annexe B3: sols

Horizons standards	Contenu en matière organique	Fraction carbone organique	Densité apparente du sol sec	Teneur volumétrique en eau	Teneur volumétrique en air	Porosité du sol	Contenu en argile	CEC	pH-KCl	Teneur en eau dans la frange capillaire	Hauteur de la zone capillaire	Perméabilité du sol à l'air
	%	g/g	kg/m³	m³/m³	m³/m³	m³/m³	%	méq/100g	-	m³/m³	m	m²
Sol générique	2,3	0,0133	1236	0,287	0,247	0,534	9,0	11,0	3,9	0,391	1,2	$1,4^{E-13}$
Limon (A)	2,5	0,0147	1220	0,345	0,202	0,547	14,0	12,0	5,8	0,401	8,1	$2,3^{E-14}$
Argile (E)	4,4	0,0254	1111	0,395	0,190	0,584	24,6	19,3	5,5	0,443	3,8	$2,5^{E-14}$
Limon sableux (L)	2,8	0,0160	1127	0,341	0,243	0,584	12,0	12,9	5,4	0,415	2,3	$4,8^{E-14}$
Limon sableux léger (P)	2,2	0,0130	1239	0,283	0,254	0,537	8,0	10,4	5,1	0,389	1,2	$1,4^{E-13}$
Argile lourde (U)	6,8	0,0398	965	0,469	0,158	0,627	40,0	28,6	5,6	0,490	7,3	$1,3^{E-14}$
Sable limoneux (S)	2,8	0,0160	1303	0,253	0,262	0,514	6,0	10,9	4,4	0,376	1,0	$2,2^{E-13}$
Sable (Z)	3,3	0,0189	1266	0,209	0,319	0,528	2,0	8,3	3,4	0,365	0,8	$3,8^{E-13}$
Limon caillouteux (G)	6,0	0,0348	948	0,401	0,243	0,644	18,1	15,3	4,3	0,452	3,4	$2,7^{E-14}$
Remblai (R)	7,1	0,0412	1236	0,287	0,230	0,517	5,8	11,0	7,5	0,391	1,2	$3,2^{E-11}$

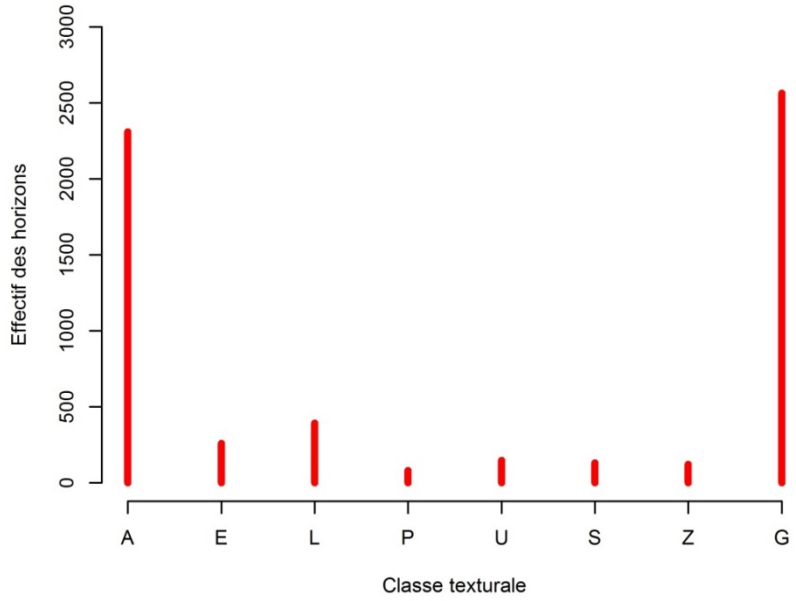
Annexe B3: sols - Méthodologie

- 8 Horizons standards

Gembloux Agro-Bio Tech
Université de Liège

  - Définis sur base des informations analytiques des profils contenues dans BD Aardewerk (nouvelle version du PCNSW – juillet 2015)
  - Utilisation de FPT plus adaptées au contexte wallon
  - Seuls les horizons de surface (A1 et/ou Ap) des profils sont pris en compte
  - Approche:
    - Calcul de chaque paramètre pour chacun des 6013 horizons de surface sélectionnés (MO, pH, CL)
    - Détermination de la valeur **médiane** de la distribution de fréquence de chaque paramètre par classe texturale

Horizons standards wallons



Surface couverte par les principales classes texturales de sols:

Texture	Surface (ha)	Surface relative par rapport à la superficie totale de la Wallonie (%)
A	51.2334	30,3
E	44.421	2,6
L	65.323	3,9
P	6.864	0,4
U	8.224	0,5
S	26.971	1,6
Z	10.293	0,6
G	769.952	45,6

A : Limon
E : Argile légère
L : limon sableux
P : Limon sableux léger
U : Argile lourde
S : Sable limoneux
Z : Sable

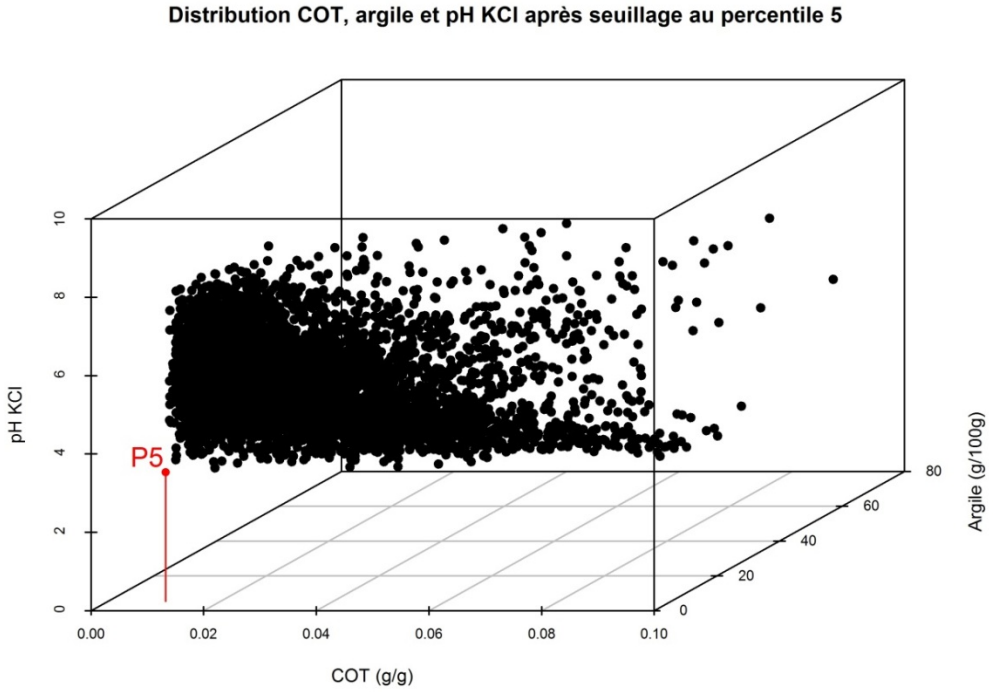
Paramètre	Description	Approche S-Risk Wallonie (cette étude)	Approche S-Risk Flandre (Cornelis et al., 2014a)
fCOT	Fraction massique en carbone organique total	Aardewerk $fCOT = \frac{\%COT}{100}$	Aardewerk $fCOT = \frac{\%COT}{100}$
MO	Teneur en matière organique	$MO = 2 \times COT$	$MO = 1{,}72 \times COT$
ρ_s	Densité apparente du sol sec	$\rho_s = \frac{100}{\frac{MO}{VOM} + \frac{100 - MO}{VMF}}$	Si Z, S ou P : $\rho_s = 1000 \times (1{,}634 - 0{,}0948 \times \%COT)$ Pour A, E, L, U : 1480 kg/m³
θ_w	Teneur volumétrique en eau	$\theta_w = \theta_{res} + \frac{\theta_{sat} - \theta_{res}}{[1 + (\alpha \times \lvert h \rvert)^n]^m}$ FPT Vereecken modifiées pF = 2,4	$\theta_w = \theta_{res} + \frac{\theta_{sat} - \theta_{res}}{[1 + (\alpha \times \lvert h \rvert)^n]^m}$ FPT Vereecken pF = 2,5 m = 1
θ_a	Teneur volumétrique en air	$\theta_a = \theta_s - \theta_w$	$\theta_a = \theta_s - \theta_w$
θ_s	Porosité totale du sol	$Porosité = 1 - \frac{\rho_s}{\rho_p}$	$Porosité = 1 - \frac{\rho_s}{\rho_p}$
CL	Teneur en argile	Aardewerk	Aardewerk
CEC	Capacité d'échange cationique	Aardewerk	Aardewerk
pH-KCl	Acidité (KCl)	Aardewerk	Aardewerk
$\theta_{w,cz}$	Teneur en eau dans la zone capillaire	$\theta_{w,cz} = \theta_{res} + \frac{\theta_{sat} - \theta_{res}}{[1 + (\alpha \times \lvert h_a \rvert)^n]^m}$ avec $h_a = 1/\alpha_1$	Estimation d'un $\theta_{w,cz}$ moyen pour toute la frange capillaire
L_{cz}	Hauteur de la zone capillaire	$L_{cz} = \frac{0{,}15}{0{,}2 \times D}$ Valeur de D (mm): Argile: 0,001 ; Limon: 0,026; Sable: 1,025	$L_{cz} = \frac{0{,}15}{0{,}2 \times D}$ Valeur de D (mm): Argile: 0,002 ; Limon: 0,05; Sable: 2
k_v	Perméabilité à l'air	$k_{rg} = (1 - S_e)^{1/2} \times (1 - S_e^{1/m})^{2m}$ K_{sat} (Vereecken modifié)	$k_{rg} = \sqrt{(1 - S_e) \times (1 - S_e^{1/m})^{2m}}$ K_{sat} (valeurs « types » US-SCS)

Annexe B3: sols - Méthodologie

- Sol générique
  - Utilisé pour le calcul des valeurs limites
  - Horizon favorable à la mobilité des polluants (« raisonnablement worst case »)
  - Horizon réel: Sol sablo-limoneux léger à drainage favorable
  - Horizons définis sur base des principaux paramètres pédologiques permettant d'expliquer la mobilité des polluants dans le sol: COT, teneur en argile et pH_{KCl}
  - Sélection des points les plus proches du percentile 10 après suppression des données inférieures aux mêmes percentiles

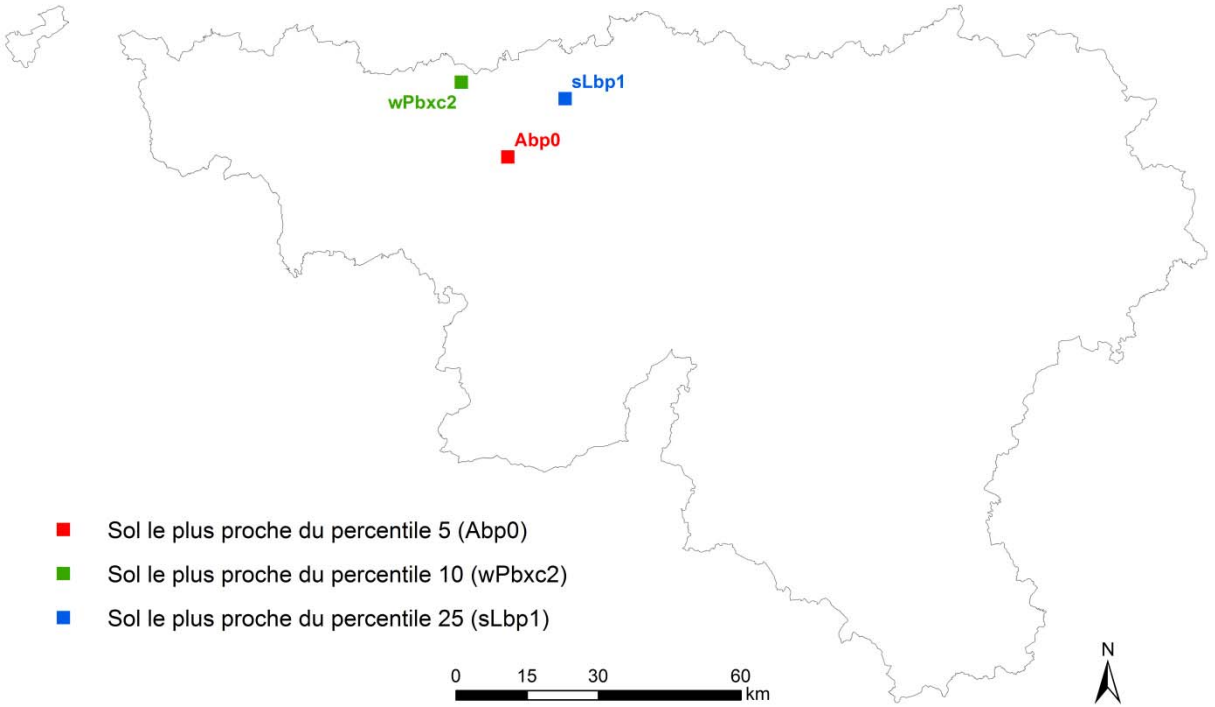
Annexe B3: sols - Méthodologie

- Sol générique



Source: Bah & al, 2015

Localisation sol générique std



Localisation spatiale des trois sols génériques standards définis pour chaque seuil de percentile considéré

Annexe B3: sols - Méthodologie

- Remblai: SPAQuE
  - Exploitation données mesurées sur 35 sites (MO, pH, CL)
    - remblais de construction (18 sites – 2431 données)
    - remblais sidérurgiques (10 sites – 924 données)
    - remblais miniers (10 sites – 2177 données)
  - Calcul de la médiane

Type de remblais Médianes	MO (%)	pH KCl	pH H_2O	Argile (%)
Remblais de construction	7,1	8,0	8,0	5,8
Remblais sidérurgiques	9,7	7,6	7,9	6
Remblais miniers	9,8	7,5	7,8	7,1

Annexe B3: sols - Méthodologie

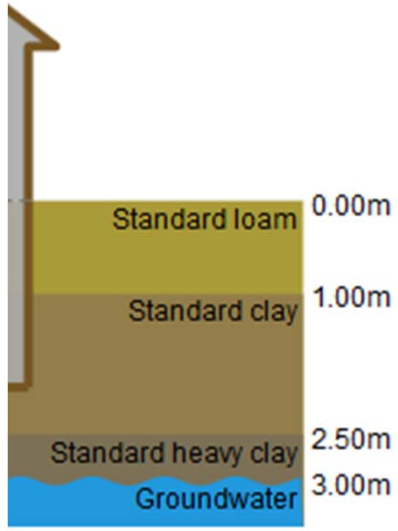
- Remblai:

  - 1 seul remblai standard
  - Proposition précautionneuse -> adopter la valeur la plus faible
  - Autres paramètres (non mesurés sur site): identiques au sol générique

En pratique

Echantillon de sol : quel horizon ?

- Expert détermine :
  - % argile (0-2µm),
  - % limon (2 à 5 µm)
  - % sable (>50µm)



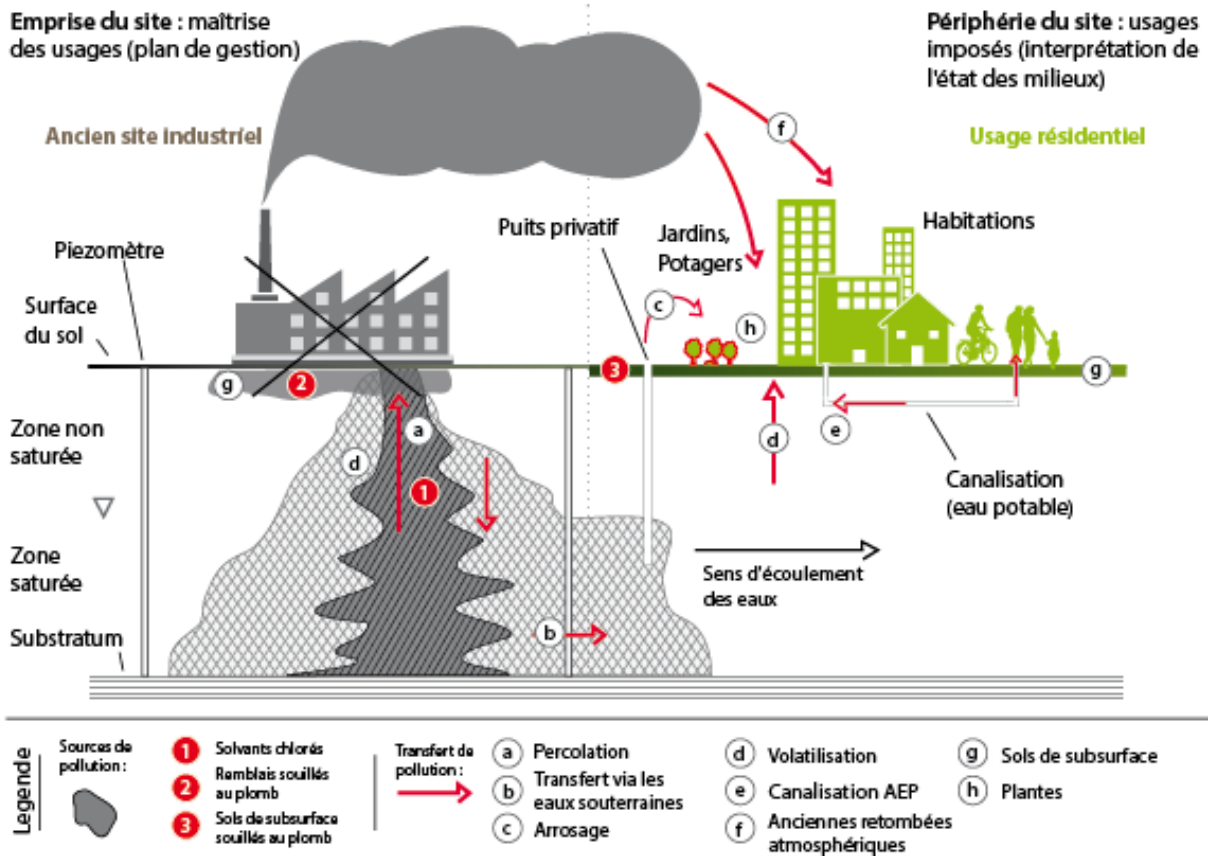
- Encodage dans outil Excel > le triangle des textures

https://dps.environnement.wallonie.be/home/sols/sols-pollues/code-wallon-de-bonnes-pratiques--cwbp-.html

Modèle Conceptuel de Site (MCS)

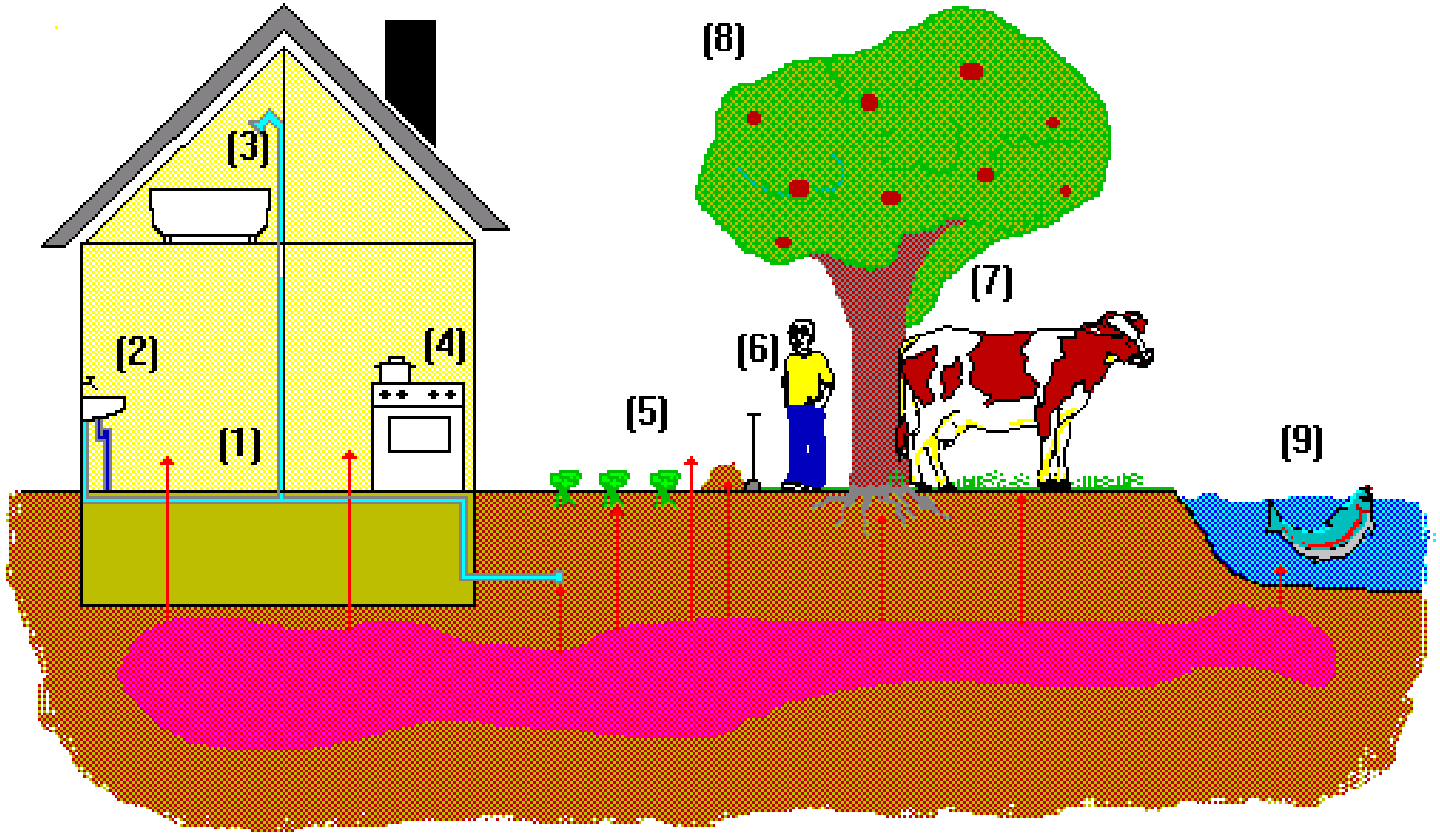
Identification des dangers

- Importance du MCS



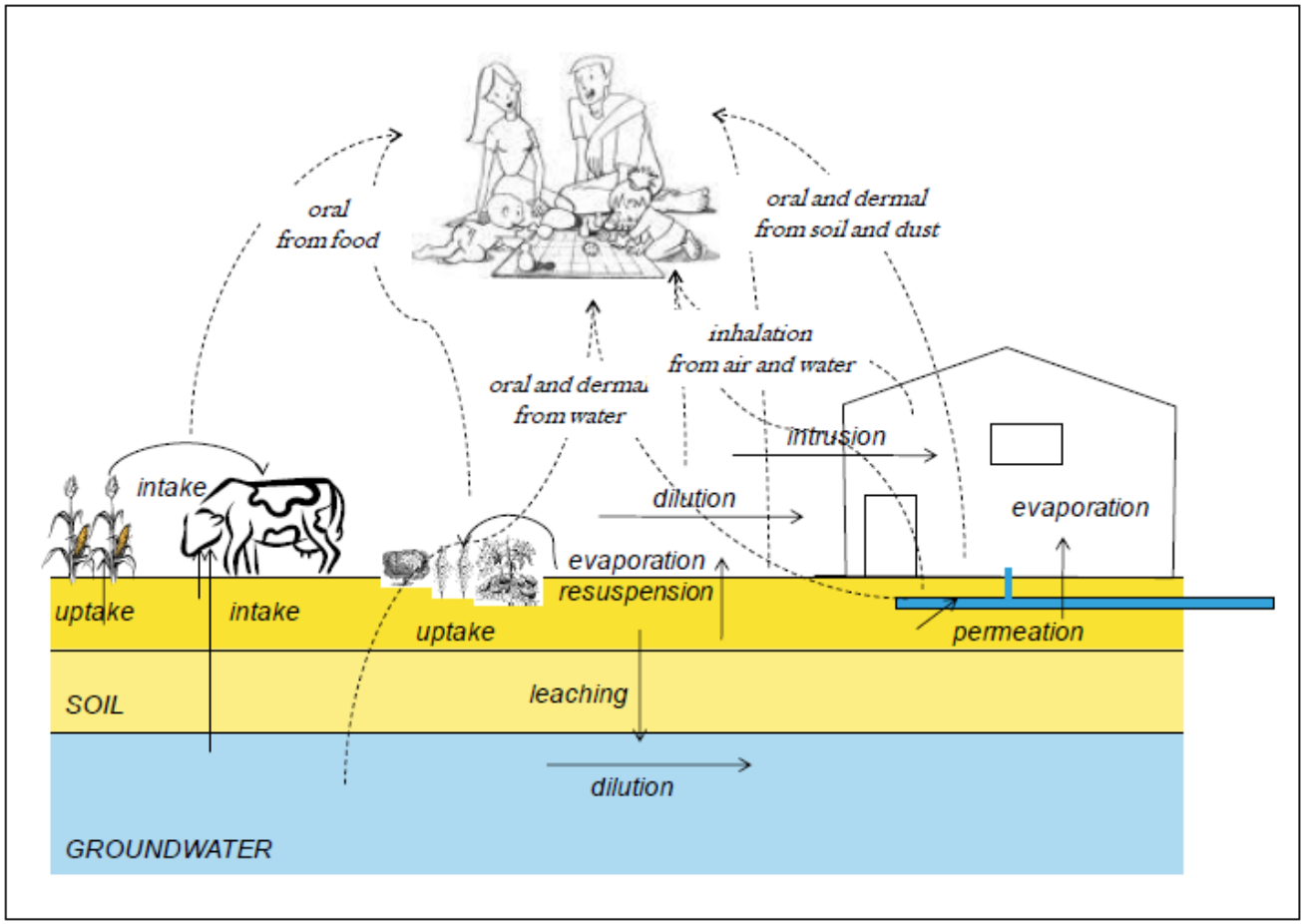
Source: http://www.letourneur-conseil.com/schema-conceptuel-exposition.html

Voies de transfert et d'exposition



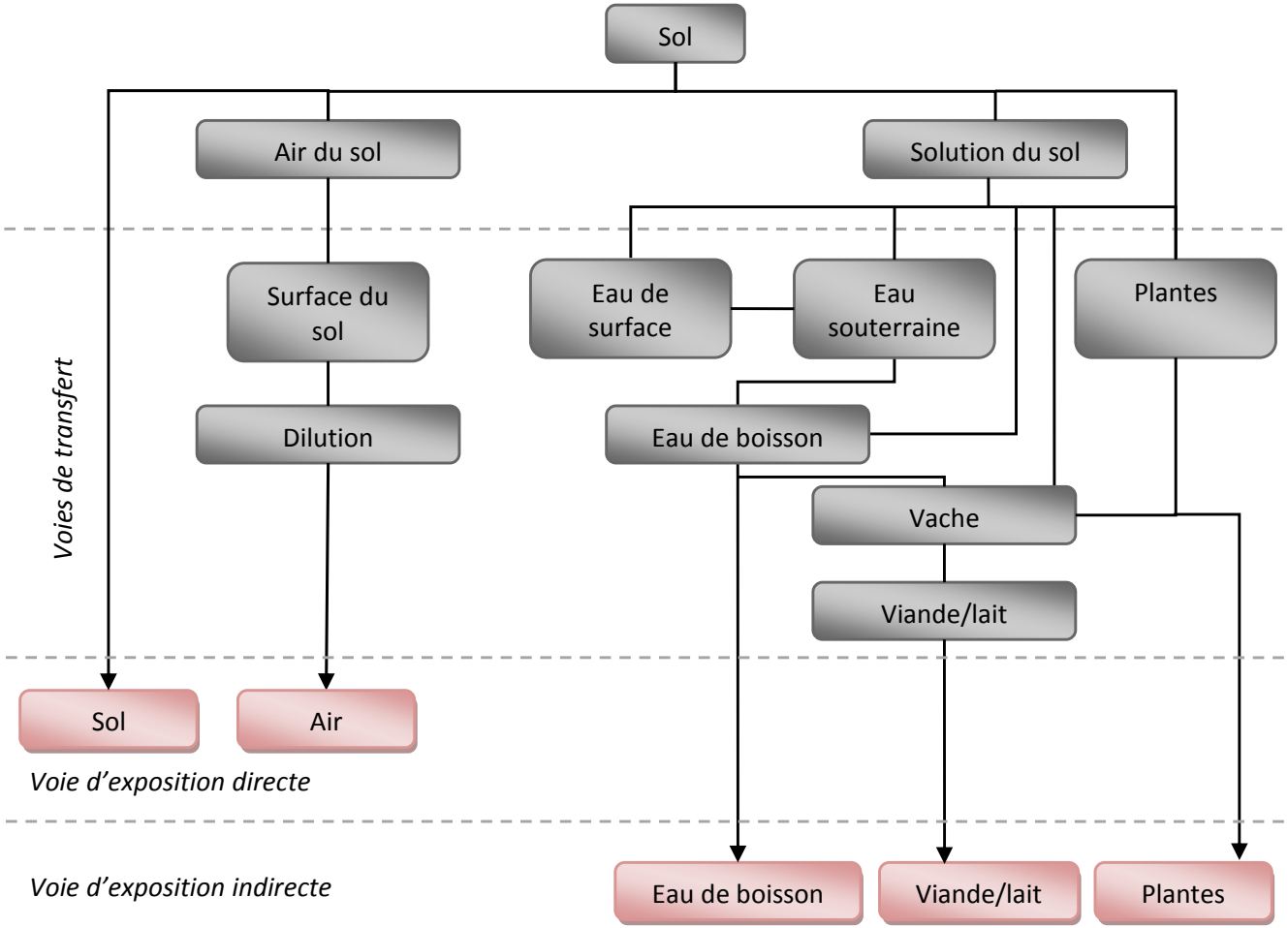
Source: image provenant du fichier help du Logiciel Risc-Human

Voies de transfert et d'exposition



Source: image provenant du document « Technical guidance » de S-Risk

Voies de transfert et d'exposition



S-Risk : Apports et Equations

- Pourquoi changer ?
  - Proposition actuelle (conclusions variables fct du mode/outil utilisé)
  - Outil utilisé par les 3 régions (cohérence des VTR)
  - Possibilité d'adaptation du code (S-risk Wallonie)

- Révolution ? Pas forcément
  - Équations basées sur C-soil et équilibre en différentes phases du sol
  - Apports : Volasoil(+PM10) pour intrusion de vapeurs/Légumes BCF/couches de sol/tranches d'âge
    - Modulables dans l'affinement du risques

S-Risk : outil d'aide à la décision

- Données (Input)
  - Concentrations mesurées (Csol, Cair, Ceau)
  - Paramètres géométriques (Car.), géologiques, topographiques, …
  - Scénario d'exposition
  - Valeurs paramétriques modifiables
- Traitement du logiciel
  - Equations de transfert
- Résultats (Output)
  - Evaluation des risques sur base de critères de décision/interprétation

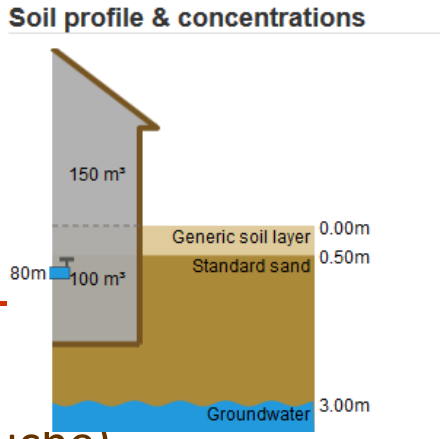
S-Risk : Equations

- Equilibre polluant entre les phases du sol
  - **Input : Conc. mesurée dans sol et/ou eau sout.**
  - **$C_{mesurée}$: Cs (soil phase) et Cw (soil water phase)**
  - **Cs = Cmesurée * K (partition)**
    - K = ρ/ [(θw + θa * H')/Kd]*1000 + ρ établi sur :
      - Pw (fraction de distribution de masse pour soilwater phase) θw / (H'. θa + θw + Kd.ρ)
      - Kd = (Cs /Cw) * 1000
      - Cw = Cmes * ρ * Pw/ θw

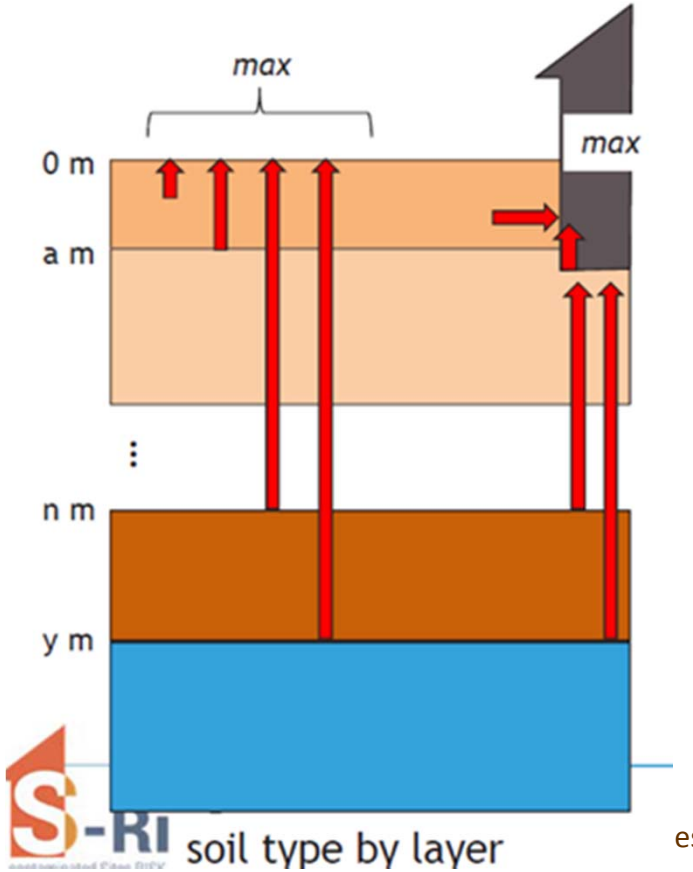
S-Risk : Equations

- Equilibre polluant entre les phases du sol
  - $Cw = Cs/Kd * 1000$ et $C_{s+w} = Cs + Cw . \theta w/ \rho$
  - $Csa = H' * Cw$
    - limité par solubilité si calcul
  - $Cgw = \max Cw,i/FDgw$ (ou input par utilisateur)
  - $Csa,g = H' * Cgw$ (pas limité !! Modèle)
  - C_{PM10} (air soil resuspension) (mg/m3)$= PM10_{soil} . EF. C_{s+w}$

S-Risk : Equations



- Soil layer
  - Encodage profils de sol (propriétés variables par couche)



Perméabilité à l'air

K eff = Σ Li / Σn (Li/**ki**) **(ki : données)**

Coefficient de diffusion

D eff = Lt / Σn (Li/Deff,i)

Deff,i (Milligton-Quirck)

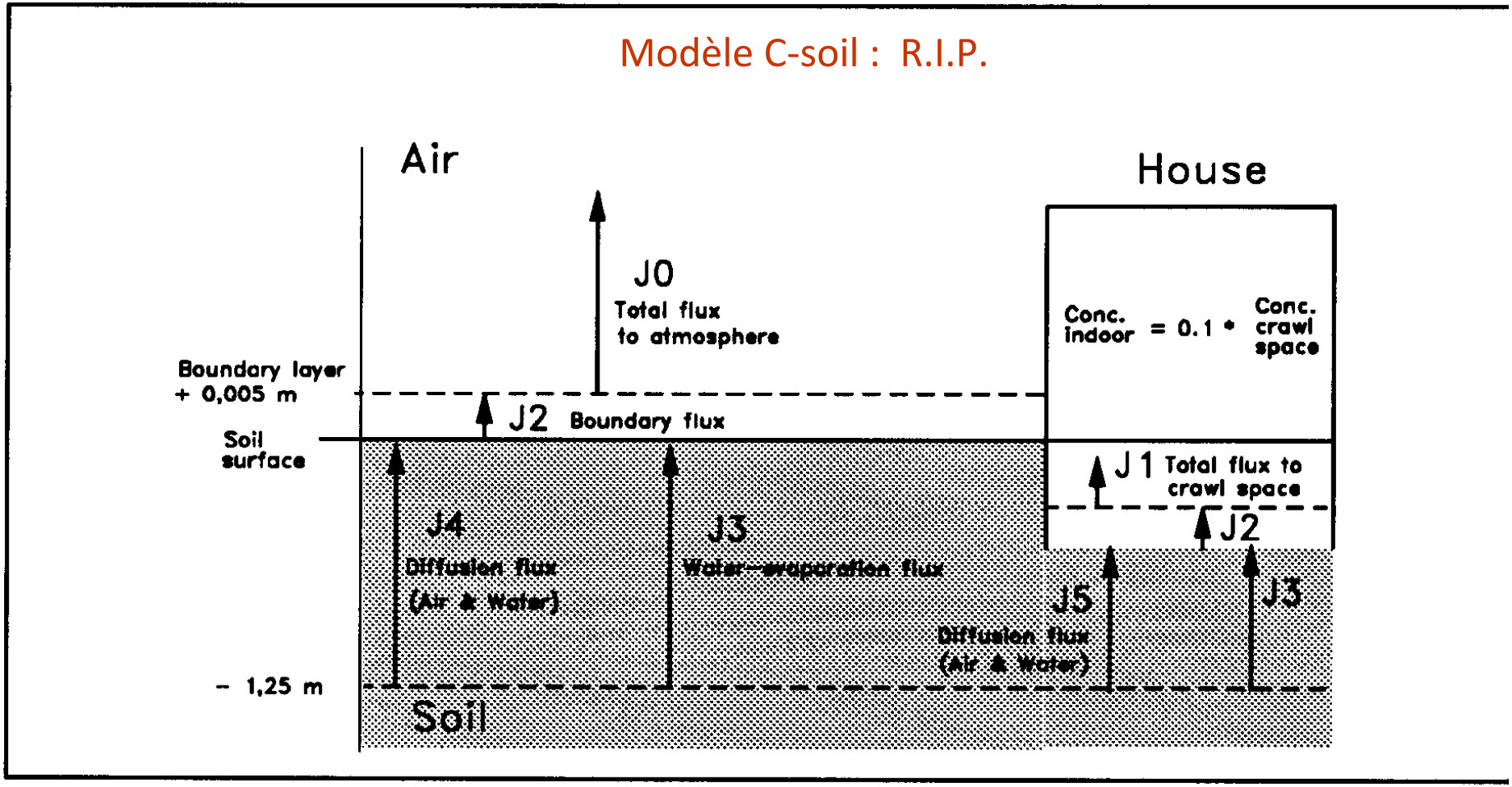
α Da, Dw, H', $\theta_{a,s,w}$

Si Cgw : zone de capilarité

Deff = Lt / (Lcz/Deff, cz + Σn (Li/**Deff,i)**)

S-Risk : Equations

Modèle C-soil : R.I.P.



Modèle Volasoil

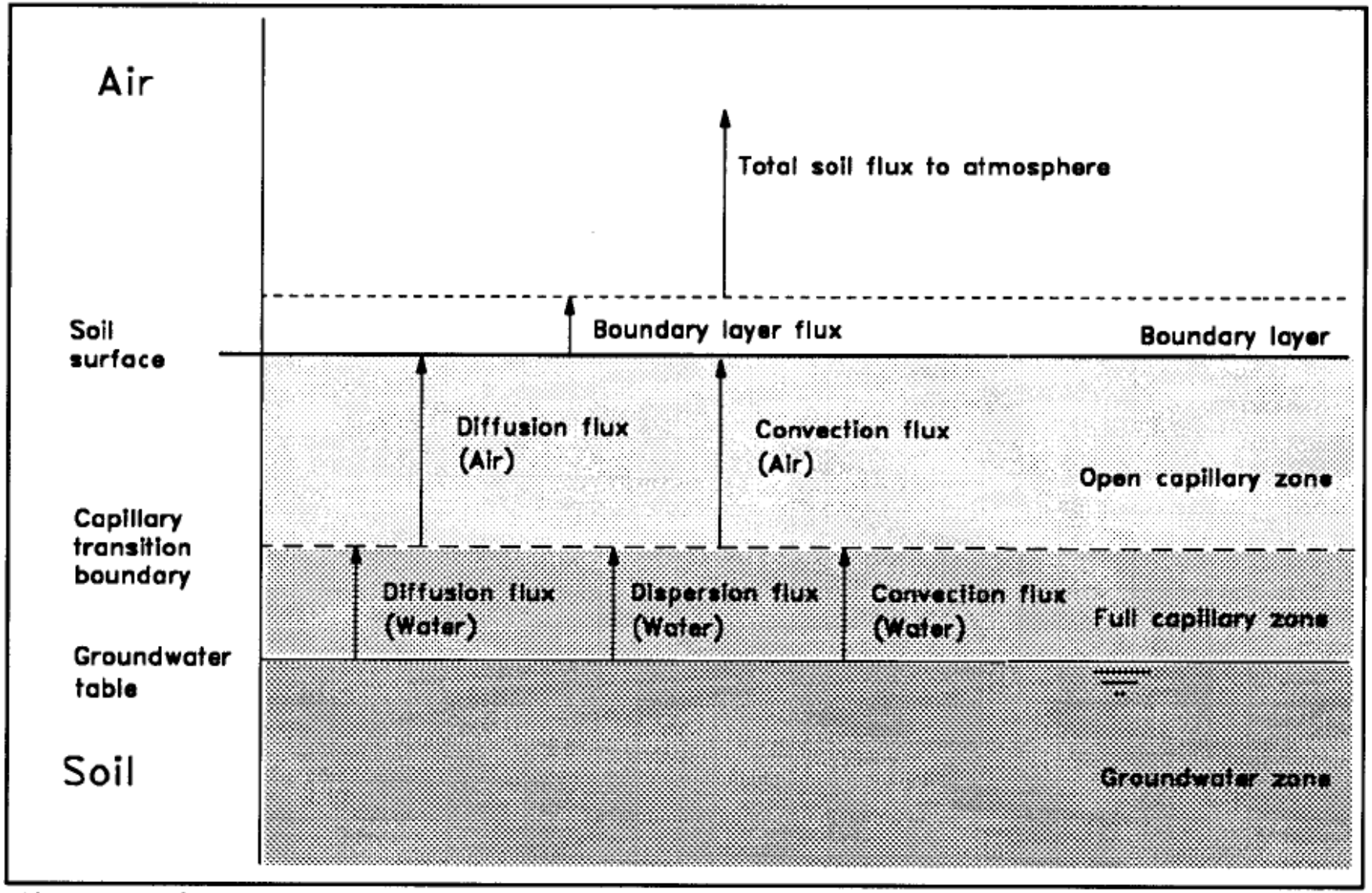


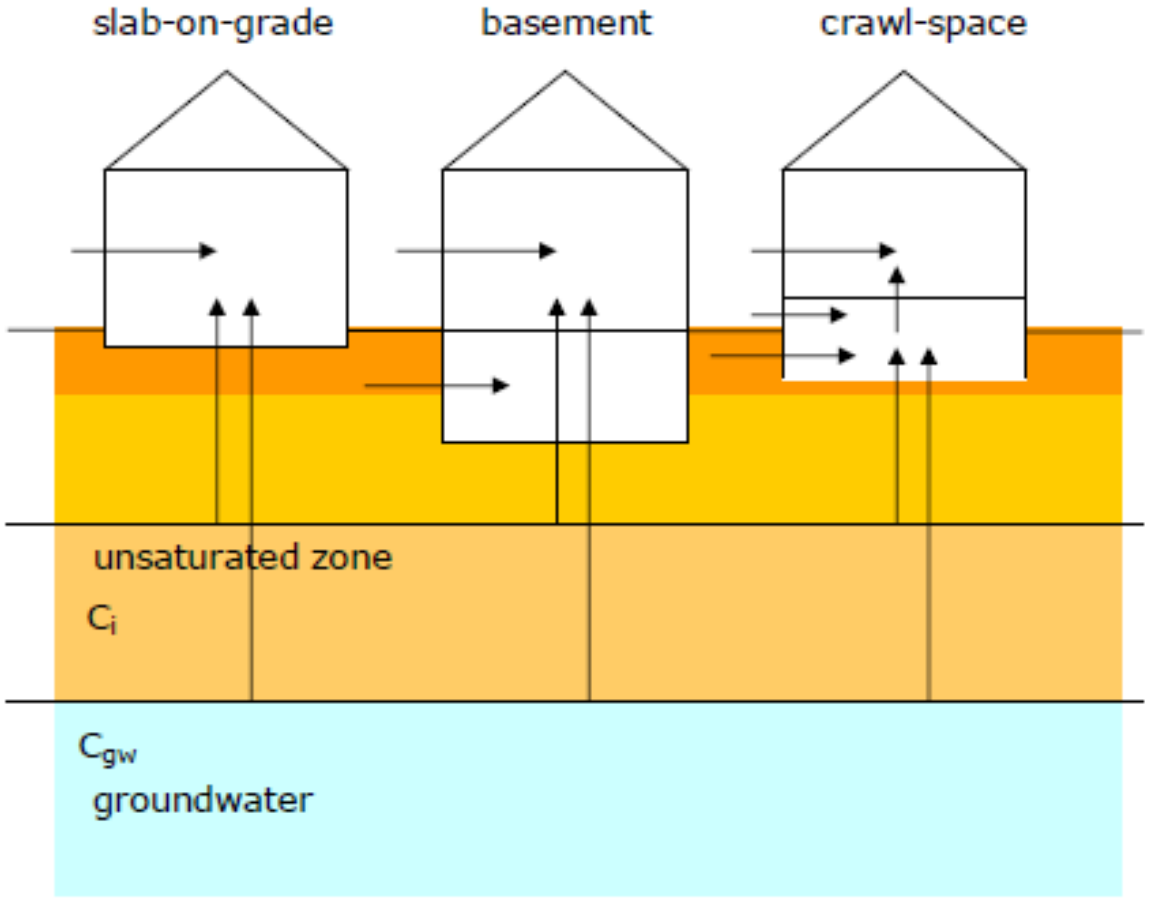
Figure 7: Overview of transport fluxes from soil to air for volatile compounds.

S-Risk : Equations

- Volatilisation
  - Air ambiant (Diffusion loi de Fick)
    - Calcul flux J = D/L (C2-C1)
    - $C_{\text{air ambiant volatilisation}}$ = J . L/V (facteur de dilution)
    - Calcul pour chaque couche du profil de sol (max considéré)
    - $C_{\text{air ambiant total}} = C_{\text{air ambiant volatilisation}} + C_{PM10}$
  - Air intérieur (Diffusion et convection)
    - Flux différents de C soil $C_{ia,t} = C_{ia,vol} + C_{PM10}$
    - Equations de Volasoil : ΔPsi, Ls, Lg et k paramétrables,
      - F (air) = ΔPsi / (Ls/ks + Lf/kf)
      - J (polluants) = -F . Csa / exp (- F. L/Dapp) - 1

S-Risk : Equations : Air intérieur

- 3 cas et Recouvrement intact ou non



S-Risk : Equations : Air intérieur

- 3 types de flux (Floor, wall Direct et wall Indirect)

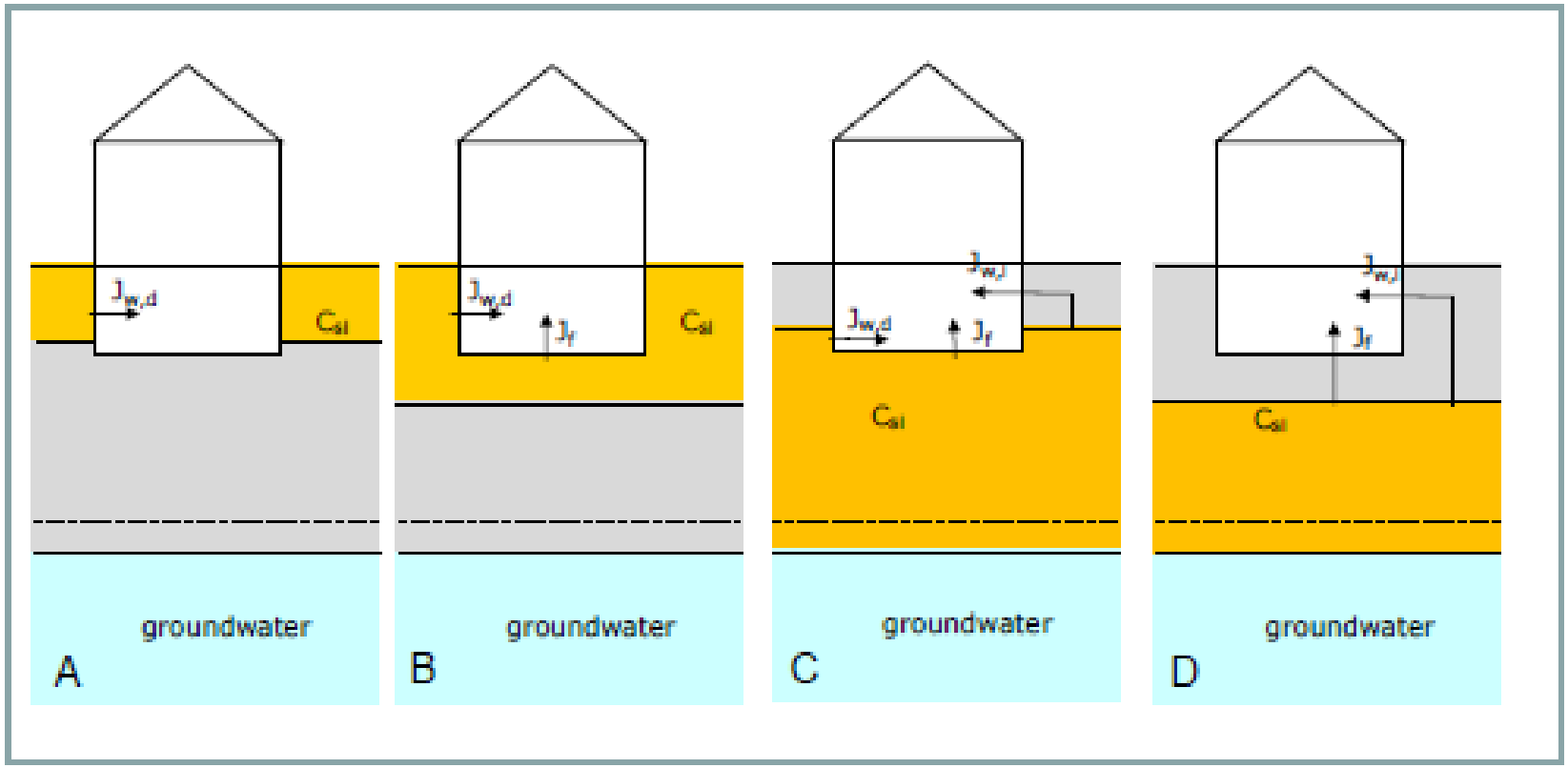
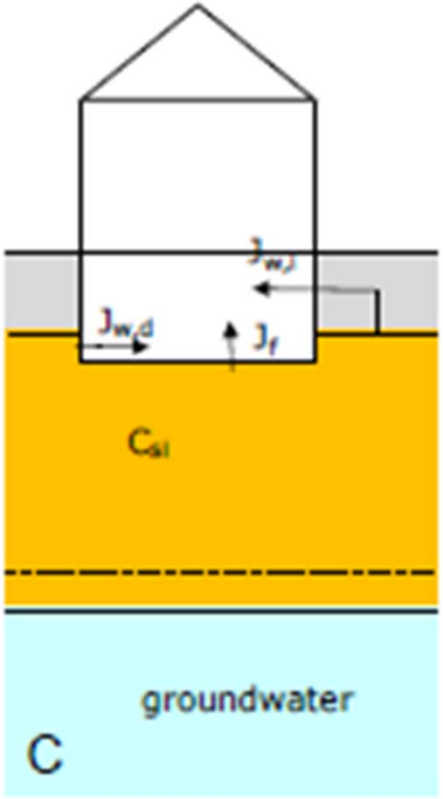


Figure 4: Illustration of indoor contaminant fluxes for typical situations in case of a basement ($J_{w,d}$ direct wall flux; $J_{w,i}$: indirect wall flux; J_f: floor flux)

S-Risk : Equations : Air intérieur

- Jf = - F. Csa / exp (- F. L/Dapp)$_{sol}$. exp (- F. L/Dapp)$_{fl}$ -1
- F = ΔPsi / (Ls/ks + Lf/kf)
- Jw,d =
  - Flux volasoil avec Csa et Dapp (sol pollué en contact avec paroi et Lsol = Lbs (0,10 m)
- Jw,i =
  - Flux volasoil avec Csa couche de sol pollué Lsol = du top jusqu'à moitié du mur
- Cia = Jf.Af + Jind. Aind + Jd.Ad/ Vt bati .Taux de renouvellement

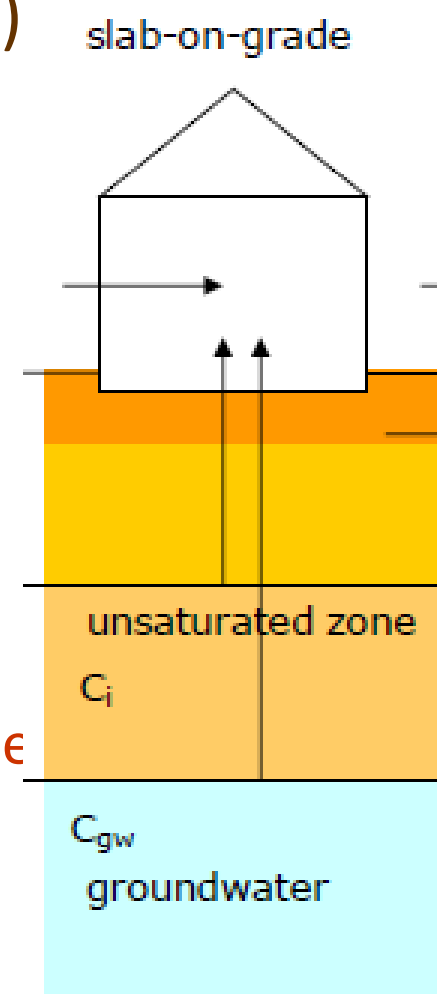


S-Risk : Equations : Air intérieur

- Béton intact et altéré (Cave et plain-pied)
- F = ΔPsi / (Ls/ks + Lf/kf)
- Kf (perméabilité air du sol) dépend du nombre et de la surface des trous

  $Kf = Fof^2/nbr.\ \eta.8.\ \pi$

- Fgap (flux dans les trous) = Fsi/Fof
  - Fof : fraction d'ouvertures dans le sol
  - Fof (m2/m2) = surface de trou/ surface totale



S-Risk : Equations

- Légumes
  - BCF input ou calcul
  - Modèle plus complexe et modulable (vs RH, VH)
    - Flux dans la plante et air ambiant
    - Dépôt/Splash
    - Calcul /type de légumes
  - ***Dans 1ers 30 cm de sol***

    A discuter ds CWBP

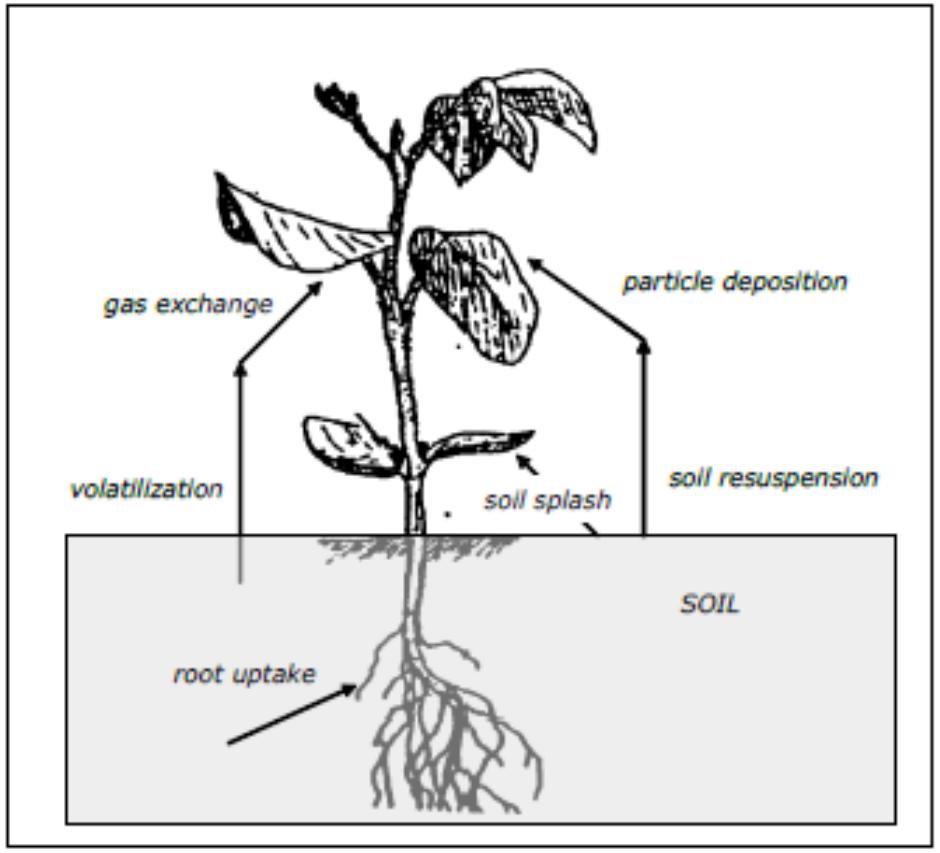


Figure 5: Schematic representation of contaminant uptake by plants

S-Risk : Légumes : Organiques

- Racines / Tubercules (PDt) / Partie Hors Sol

  - C_{racine} = BCF . Cw. ms(plante)
    - C_{racine} en mg Polluant/kg de plante fraîche
    - BCF : mg/kg dm/mg/m^3
      - S-risk ou input de l'utilisateur
      - Si S-risk, BCF α Type de plantes (7 + 2 types de plantes) (transpiration, élimination, croissance, dimension, contenu en eau),
        α Polluants (Kow)

  - $C_{tubercule}$ = idem
    - BCF
      - Si S-risk, BCF α idem
        α du contenu en carbohydrates,

S-Risk : Légumes Organiques

- Racines / Tubercules (PdT) / Partie Hors Sol
  - $C_{hors\ sol} = C_{flux\ plante + feuille\text{-}air\ ambiant} + C_{redéposition} + C_{splash}$

$C_{flux\ dans\ plante + échange\ feuille\text{-}air\ ambiant}$

- α Type de plantes (transpiration, élimination, croissance, dimension, contenu en eau, conductance des feuilles)

$C_{air\ ambiant}$ à hauteur de plante,

$C_{redéposition}$

- α C_{PM10}, type de plantes (croissance, taux de manières sèches, fraction de particules interceptées)

Paramètres externes (taux de décroissance due aux conditions extérieures, pluie annuelle, taux de particules retenues/lessivées)

C_{splash} (Feuilles et Herbes) α C_{s+w} , facteur de transfert (0,005)

S-Risk : Légumes : Inorganiques

- Racines / Partie Hors Sol
  - C_{racine} = BCF . **Cmesurée**. ms(plante)
    - C_{racine} en mg Polluant/kg de plante fraîche
    - BCF : mg/kg dm/mg/kg soil dm
      - input S-risk ou de l'utilisateur
  - $C_{hors\ sol} = C_{flux\ plante} + C_{redéposition}$
    - $C_{flux\ plante}$ idem C_{racine}
    - $C_{redéposition}$ idem organiques

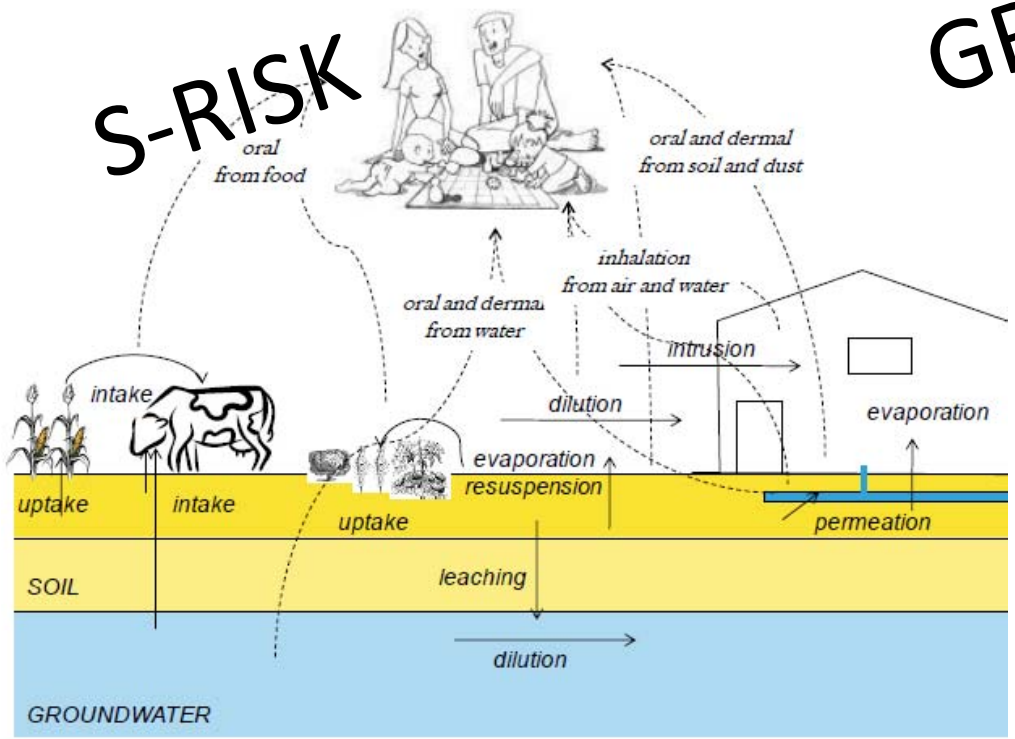
      α C_{PM10}, type de plantes (croissance, taux de manières sèches, fraction de particules interceptées)

S-Risk : Voies de transferts

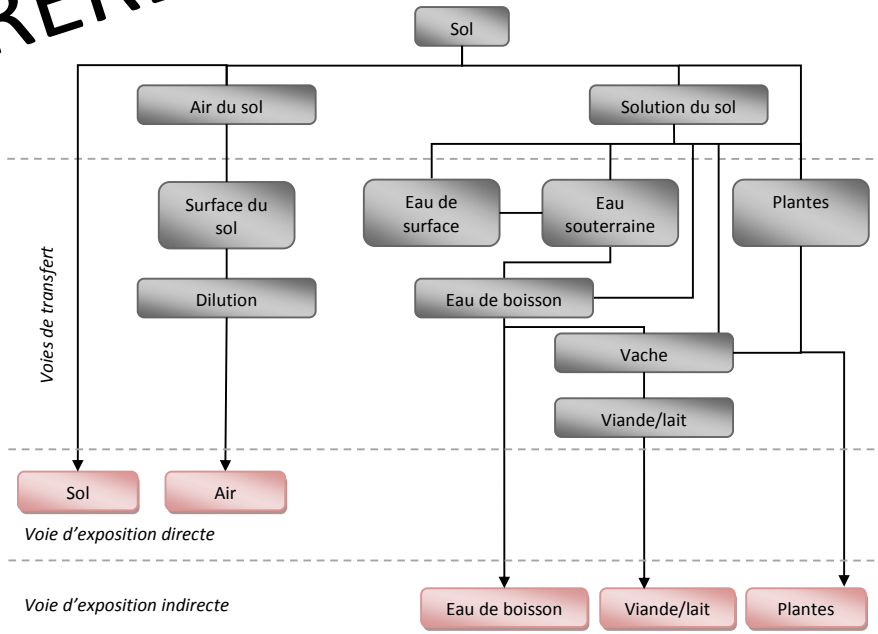
- Modèle
- Outil d'aide à la décision
- Beaucoup de libertés (plus que Vlier), d'affinements envisageables
  - A modifier avec précaution et raison
- Retour d'expérience souhaité

Transferts et exposition

S-RISK

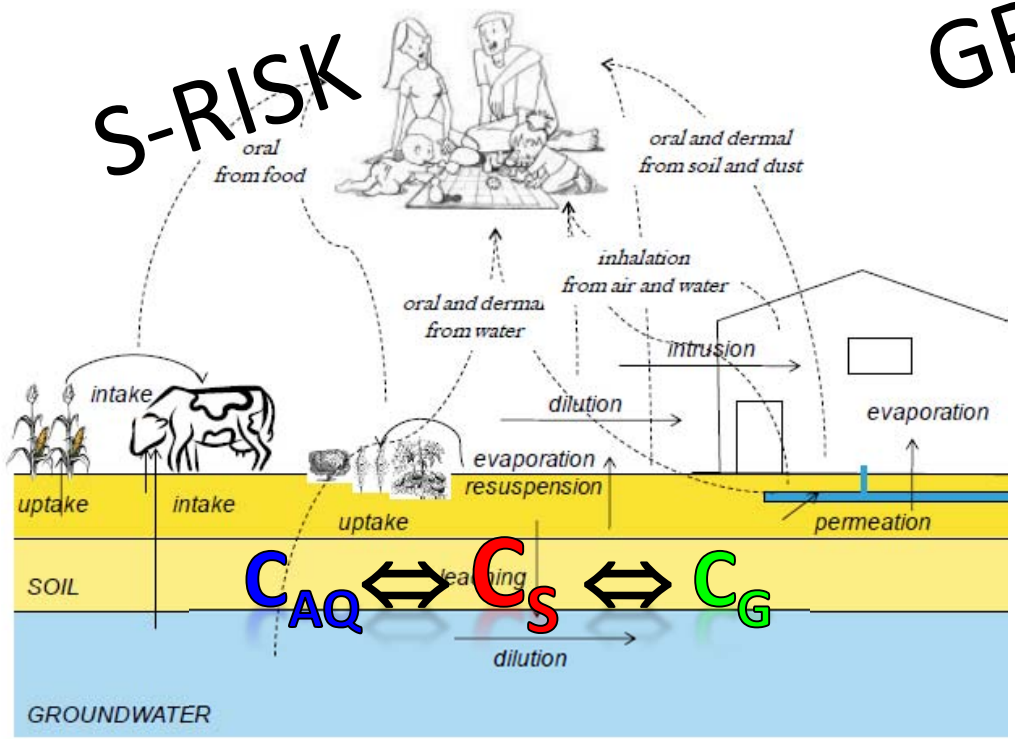


GRERBv3

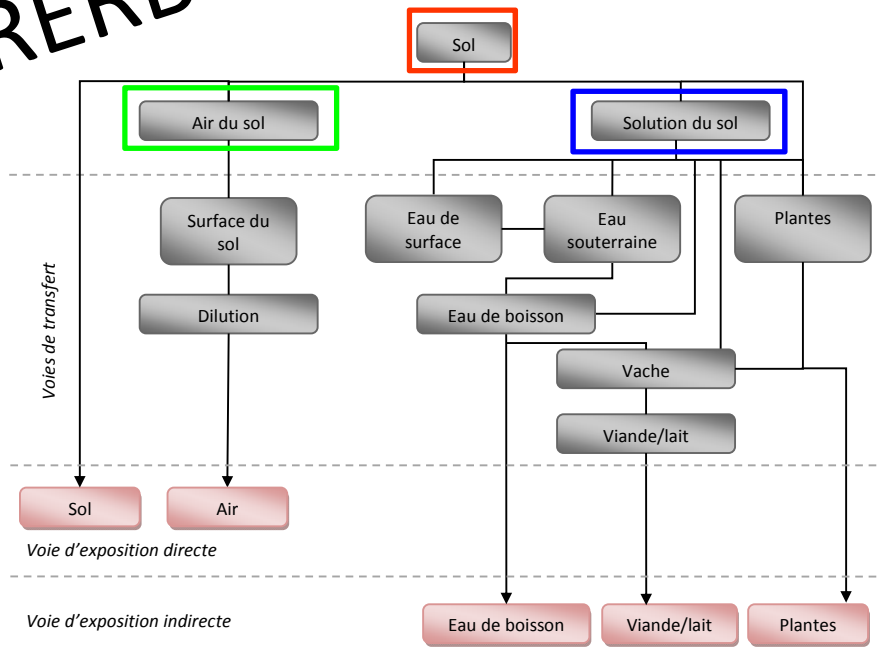


Transferts et exposition

S-RISK



GRERBv3

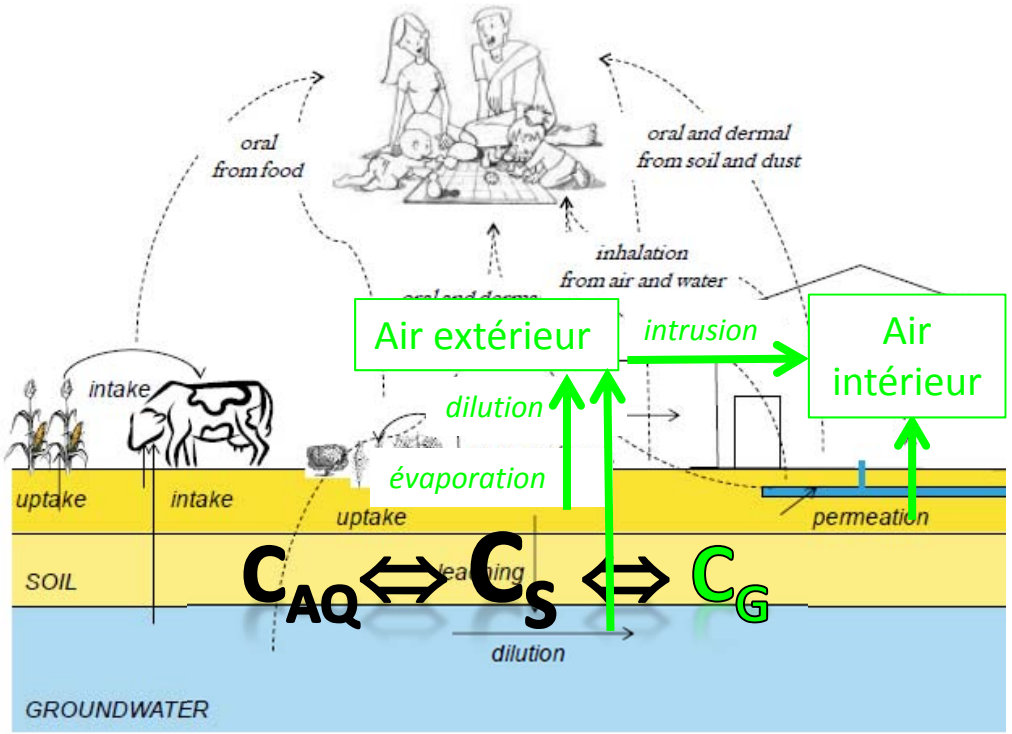


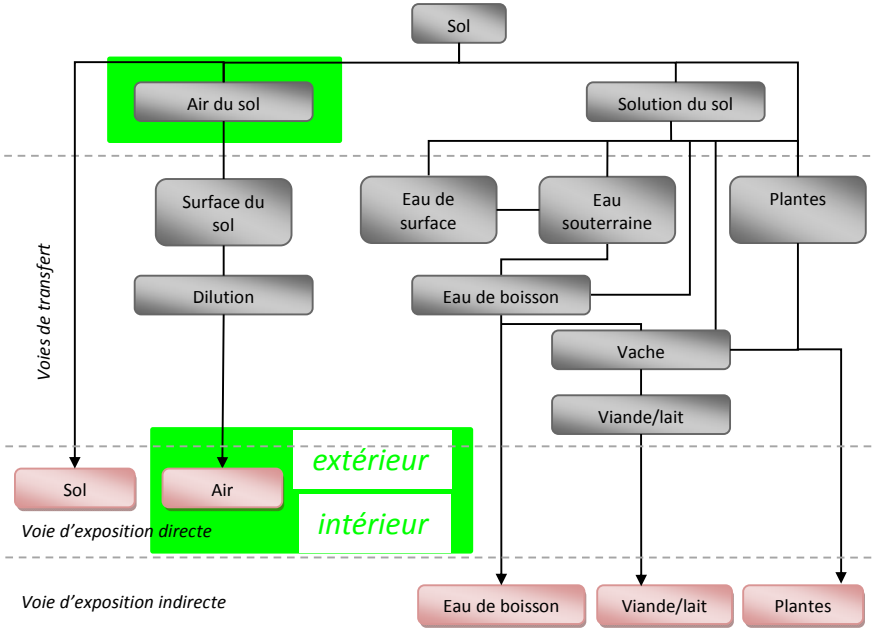
PARAMETRES PHYSICOCHIMIQUES DU POLLUANT
+
PROPRIETES DU SOL

→ **DISTRIBUTION EN TROIS PHASES**

Source: « Technical guidance » de S-Risk et GRERB v3

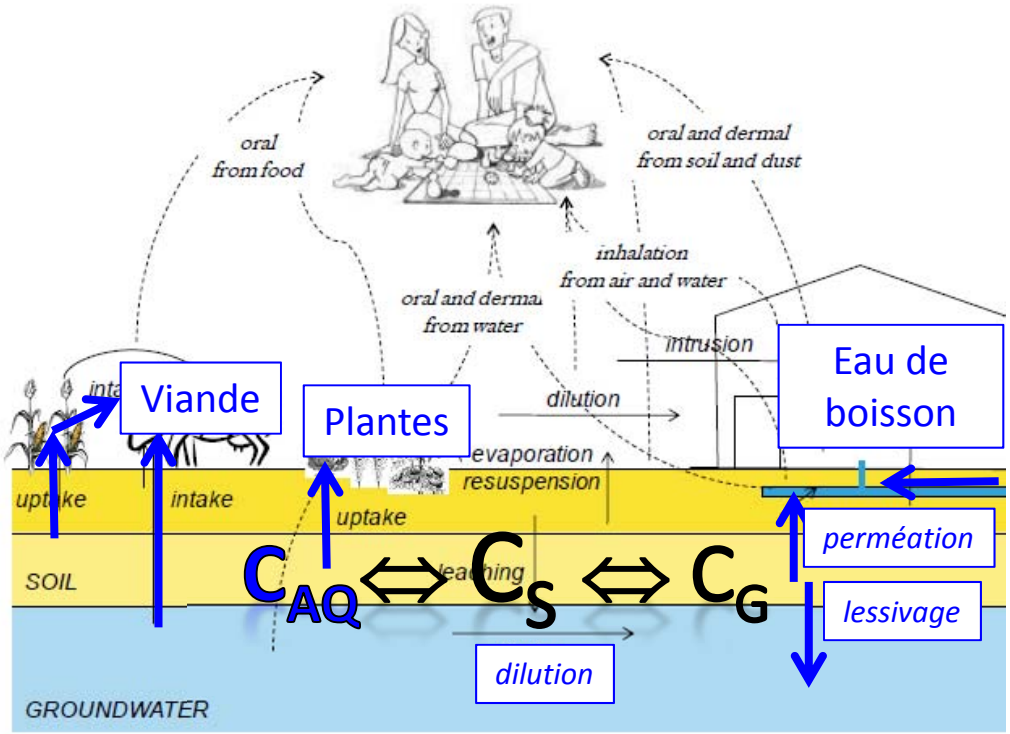
Voies de transfert / phase gazeuse

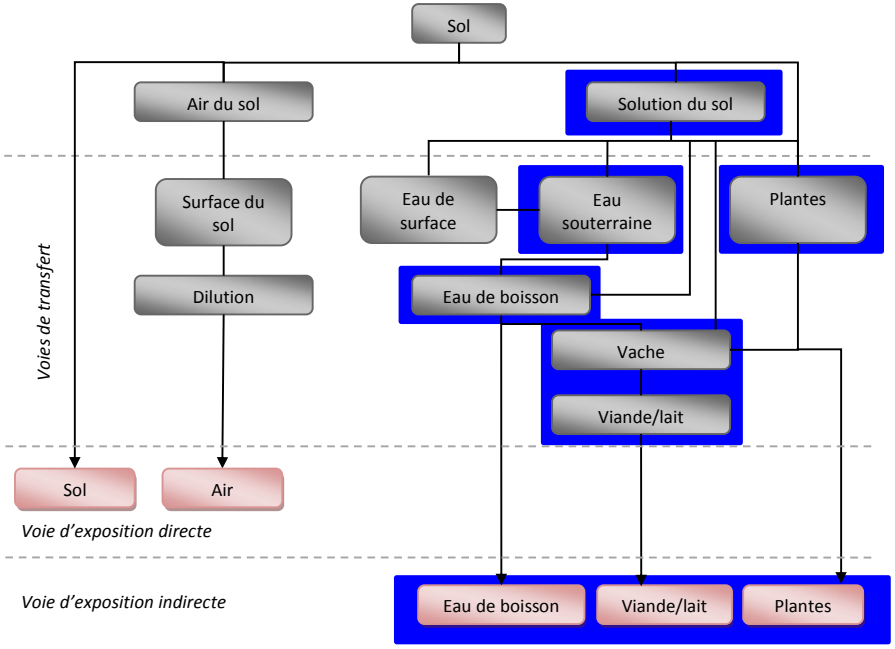




Source: « Technical guidance » de S-Risk et GRERB v3

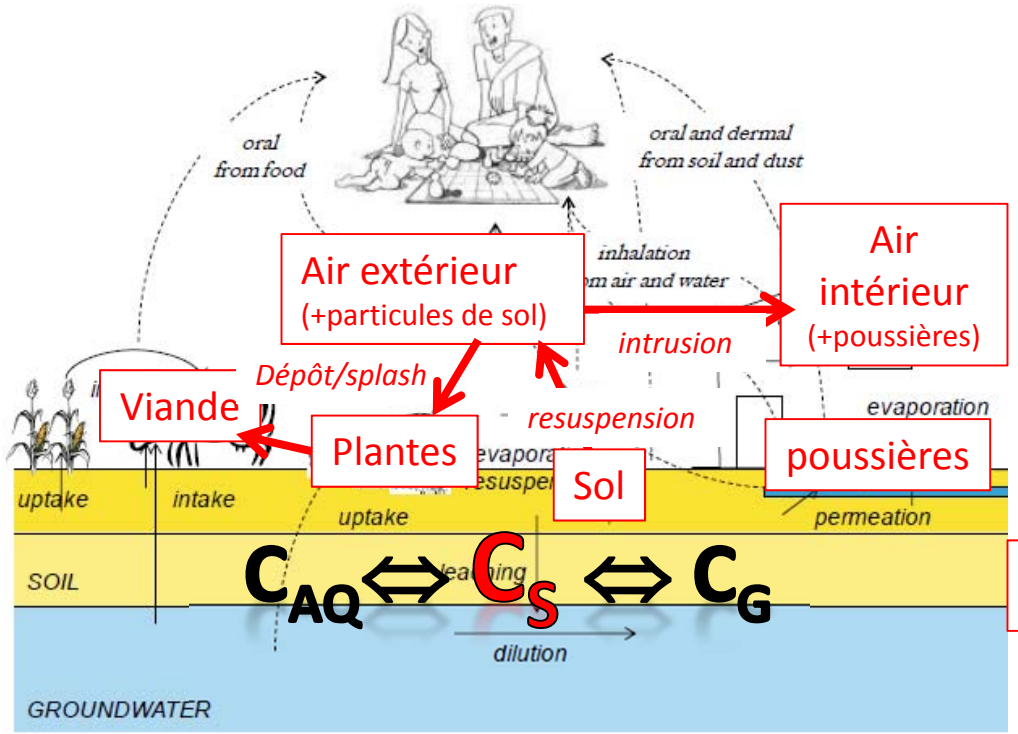
Voies de transfert / phase aqueuse

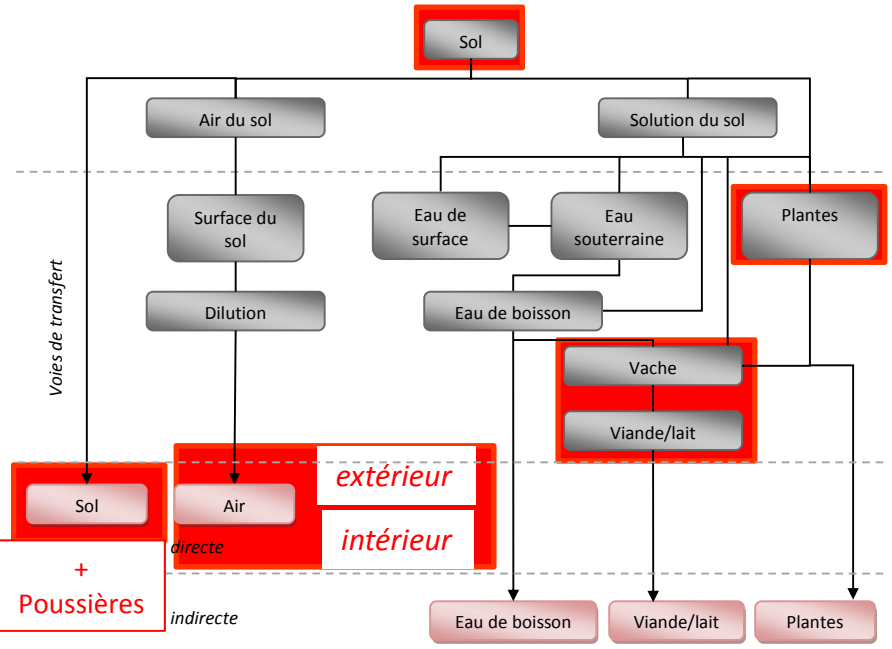




Source: « Technical guidance » de S-Risk et GRERB v3

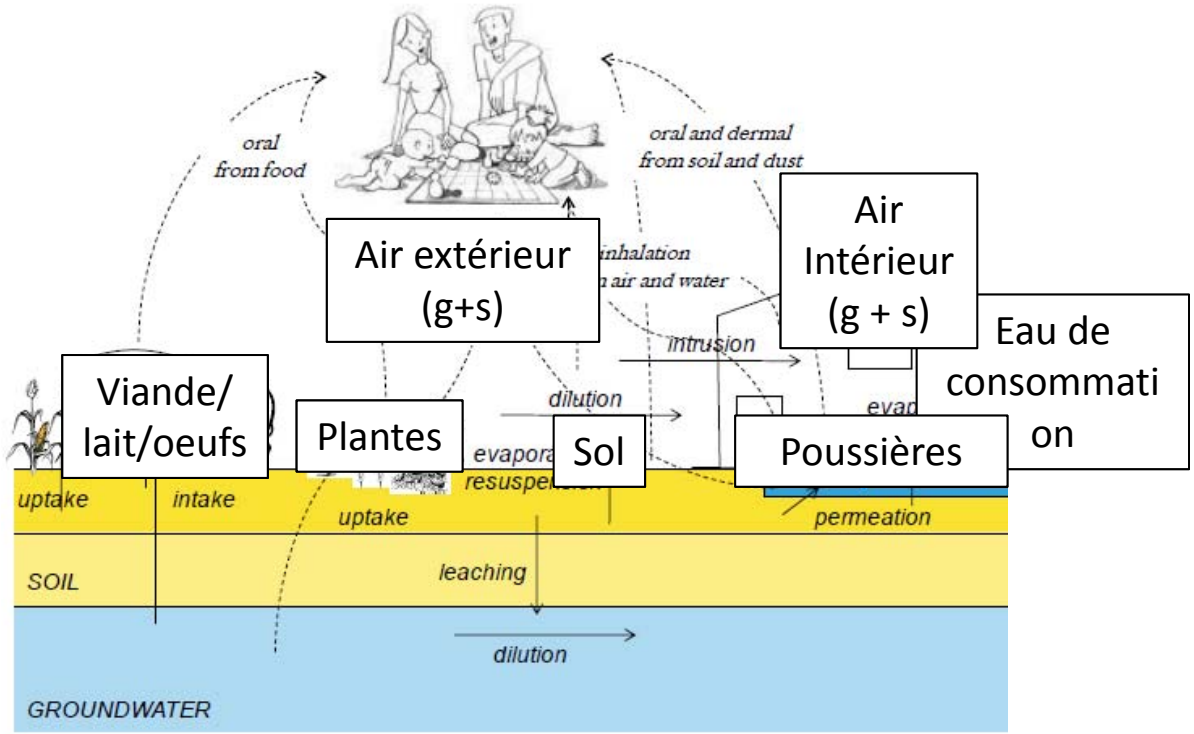
Voies de transfert / phase solide





Source: « Technical guidance » de S-Risk et GRERB v3

Milieux de contact/compartiments



Milieux de contact

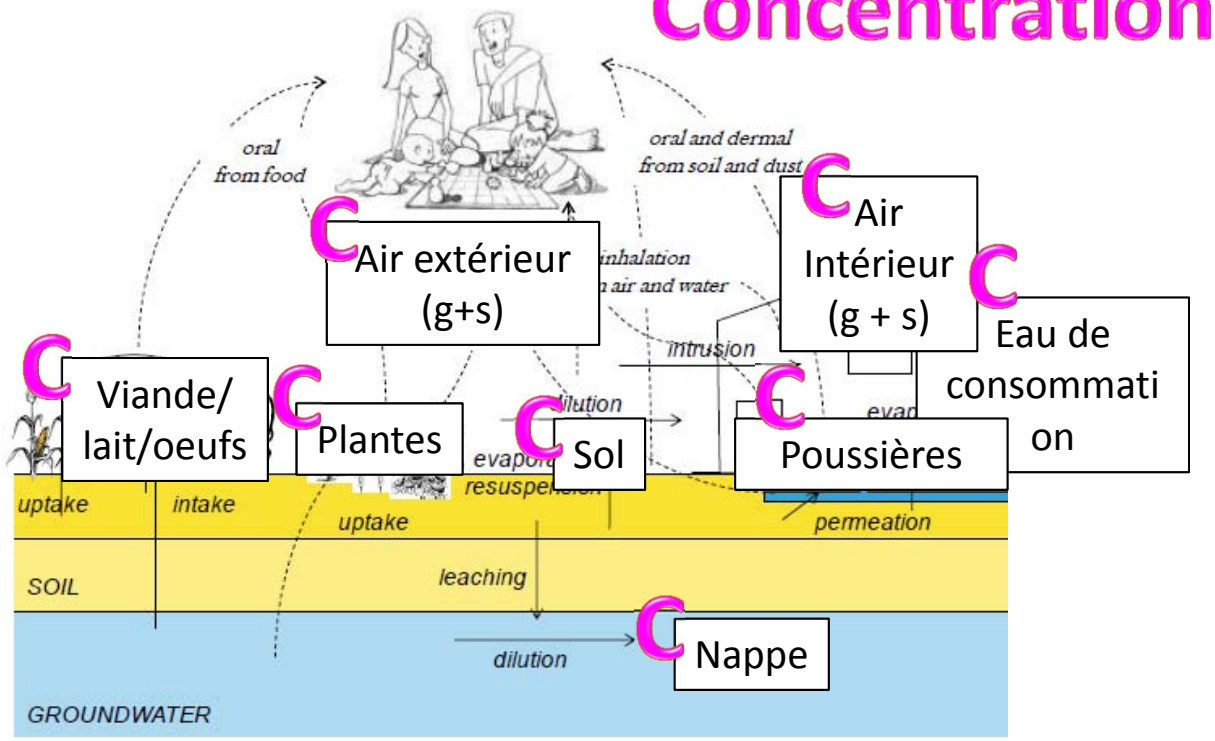
Voies de transfert

Concentration de la substance dans le sol/nappe

Source: « Technical guidance » de S-Risk

Milieux de contact/compartiments

Concentrations déterminées …



-PAR CALCUL THEORIQUE

-PAR MESURES DE TERRAIN (EDR) (le sol et la nappe), les plantes, le gaz du sol, l'eau du robinet, l'air des caves et l'air intérieur (voir GRERBv3 et annexes).

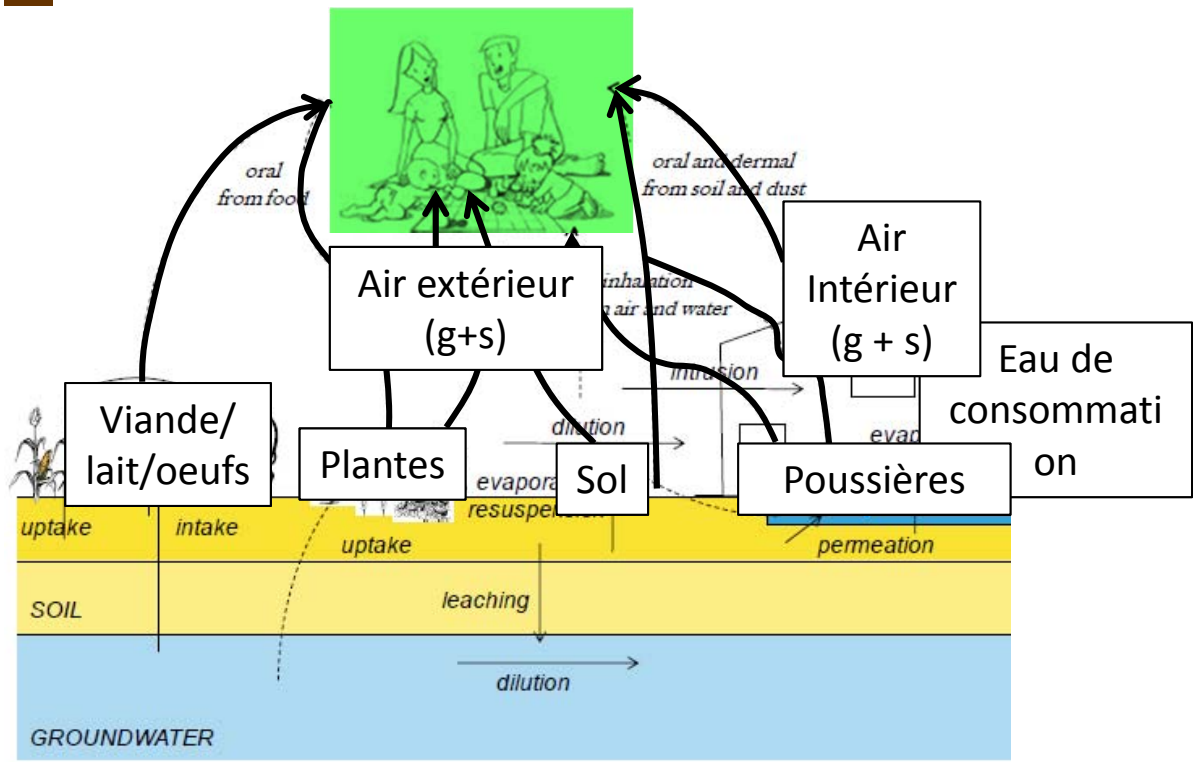
Milieux de contact

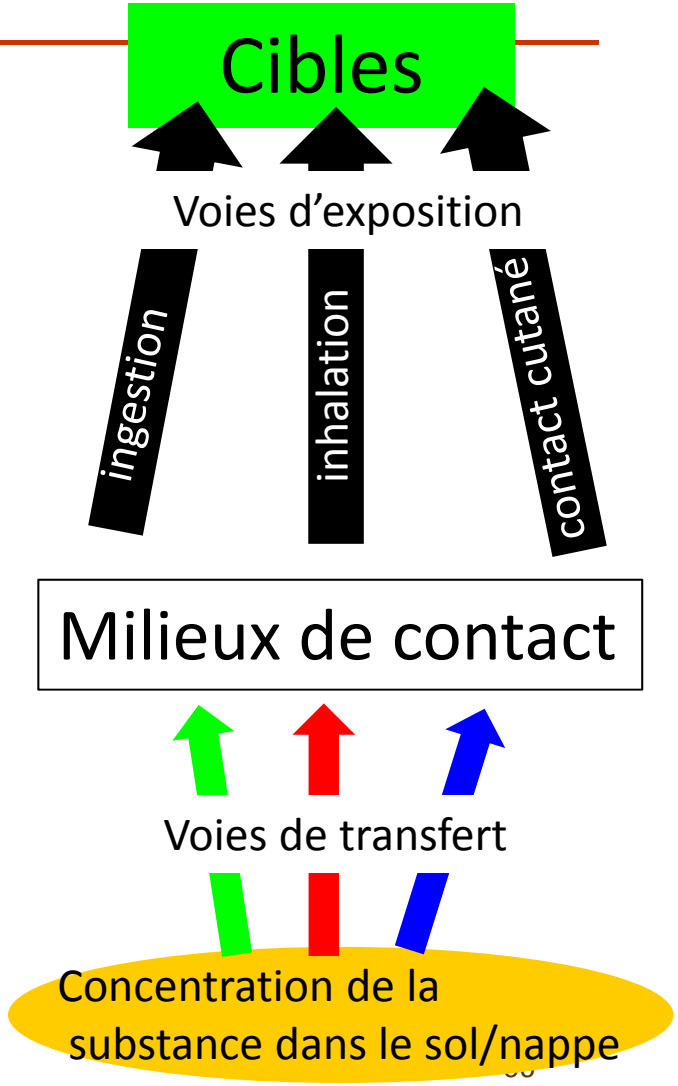
Voies de transfert

Concentration de la substance dans le sol/nappe

Source: « Technical guidance » de S-Risk et GRERB v3

Voies d'exposition





Source: « Technical guidance » de S-Risk et GRERB v3

Voies d'exposition

S-RISK gère 12 voies d'exposition depuis 8 compartiments

VOIES D'EXPOSITION

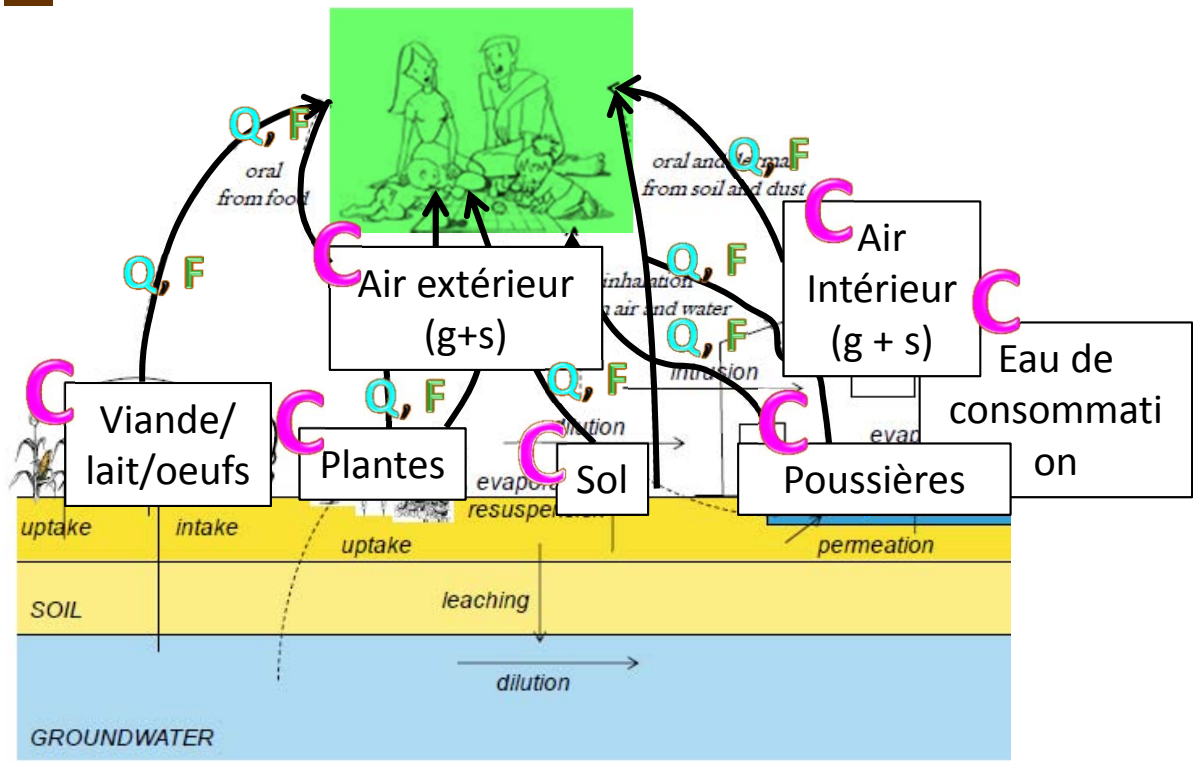
COMPARTIMENTS

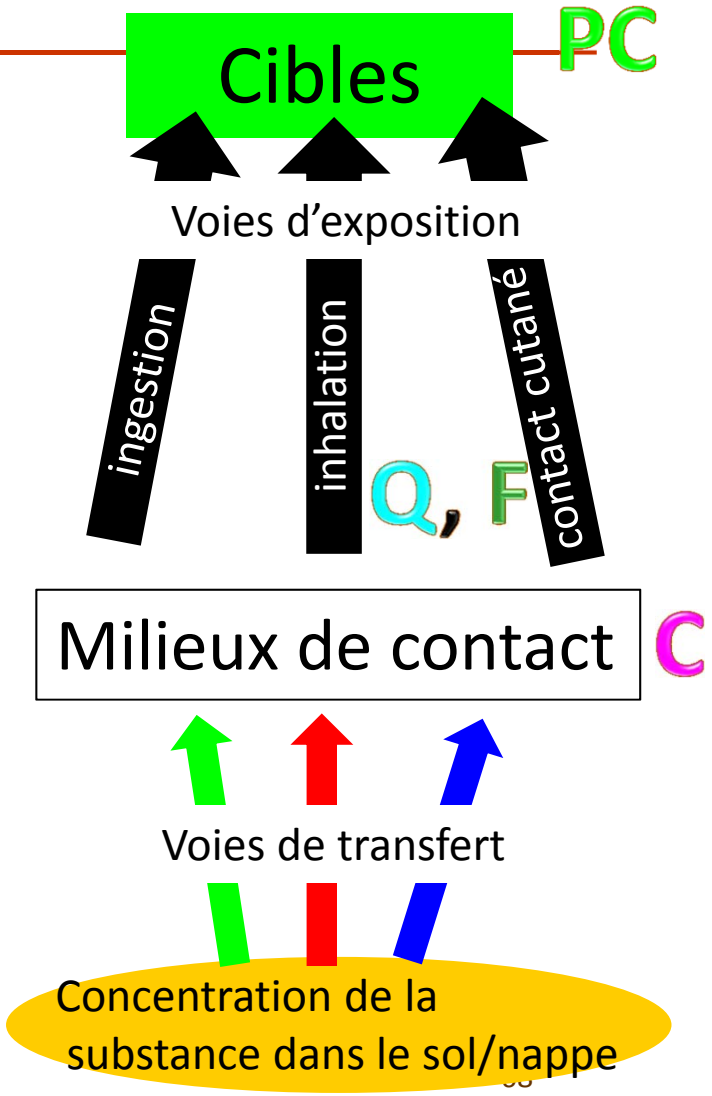
	Oral intake	Inhalation exposure	Dermal uptake
Soil particles	X		X
Settled house dust	X		X
Drinking water	X	X (shower)	X (shower and bath)
Vegetables	X		
Meat and dairy	X		
Eggs	X (optional)		
Outdoor and indoor air (gas phase)		X	
Outdoor and indoor air (particles)		X	

Plusieurs compartiments/voie

Un même compartiment peut être administré par plusieurs voies d'exposiion

Calcul des doses d'exposition





C : CONCENTRATION

Q : QUANTITE ADMINISTREE

F : FREQUENCE D'EXPOSITION

PC : POIDS CORPOREL

Source: « Technical guidance » de S-Risk et GRERB v3

Calcul des doses d'exposition

Dose journalière équivalente pour une substance donnée:

$$DJE_{i,j}\ [mg/kg_{pc}/j] = \frac{C_i * Q_{i,j} * F[j/a] * 1/365\ [a/j]}{PC\ [kg_{pc}]}$$

Pour chaque milieu de contact i, administré par la voie j

Ci : concentration en mg/kg ou mg/L.
Qi : quantité administrée par la voie j à partir du milieu de contact j (kg/j, L/j)
F: taux (fréquence) d'exposition , exprimée sur une base annuelle.
PC : Poids corporel

Remarque : pour la voie d'inhalation, la DJE est remplacée par la concentration journalière inhalée.

Lorsque « n » milieux de contact (i1,i2,…) interviennent pour la même voie d'exposition j, les doses journalières équivalentes s 'additionnent.

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

Exemple : l'ingestion d'eau, de poussières et de légumes contribuent à la dose d'exposition orale de la substance

S-Risk: Scénarios d'exposition

S-RISK gère 12 voies d'exposition

Exposition par ingestion
Ingestion of soil
Ingestion of indoor settled dust
Intake of vegetables
Intake of meat and milk
Intake of eggs
Intake of water (drinking-water or groundwater)
Exposition dermale
Absorption from soil
absorption from indoor settled dust
Absorption from water during showering and bathing
Exposition par inhalation
Inhalation of outdoor air (gas-phase + particles)
Inhalation of indoor air (gas-phase + particles)
Inhalation during showering (gas-phase)

S-Risk: Scénarios d'exposition

S-RISK gère 12 voies d'exposition

Dont l'intervention dépend de scénarios

Type II Agricole

Type III Résidentiel

Type I Naturel

Type IV Récréatif et commercial

Type V Industriel

	AGR	RES-veg	RES	RES-ng	REC-dayout	REC-dayin	IND-I	IND-h
Exposition par ingestion								
Ingestion of soil	X	X	X	X	X		X	X
Ingestion of indoor settled dust	X	X	X	X		X	X	X
Intake of vegetables	X	X						
Intake of meat and milk	X							
Intake of eggs								
Intake of water (drinking-water or groundwater)	X	X	X	X			X	X
Exposition dermale								
Absorption from soil	X	X	X	X	X		X	X
absorption from indoor settled dust	X	X	X	X		X	X	X
Absorption from water during showering and bathing	X	X	X	X				
Exposition par inhalation								
Inhalation of outdoor air (gas-phase + particles)	X	X	X	X	X		X	X
Inhalation of indoor air (gas-phase + particles)	X	X	X	X		X	X	X
Inhalation during showering (gas-phase)	X	X	X	X				

8 SCENARIOS

>>>Hiérarchie

S-Risk: Scénarios d'exposition

- L'**usage commercial** est repris dans le décret sols en usage de type IV au même titre que l'usage récréatif. Le logiciel S-Risk© reprend cet usage sous le terme « industriel léger ». Dans le cas d'un usage commercial, l'expert doit sélectionner dans S-Risk© :
- Le scénario « industriel léger » pour évaluer l'exposition des travailleurs ;
- Le scénario « récréatif intérieur » pour évaluer l'exposition de la population (adulte/enfant).

Usages décret sols - scénarios S-Risk

tableau p23 GRER

Tableau 3. Type d'usages repris dans le décret sols et correspondance avec les scénarios standards proposés par le logiciel S-Risk©

Type d'usages décret sols	Scénarios standards S-Risk© version wallonne
Type I- Naturel	**Récréatif sport extérieur** (REC-dayout)
Type II - Agricole	**Agricole** (AGR)
Type III - Résidentiel	**Résidentiel avec jardin potager** (RES-veg) *Variantes possibles :* *Résidentiel avec jardin (d'agrément - RES)*[7] *Résidentiel sans jardin*[8] *(RES-ng)*
Type IV – Récréatif et commercial	**Récréatif sport intérieur** (REC-dayin) + **Industriel léger** (IND-l) *Variantes possibles :* *Récréatif sport extérieur (REC-dayout)*
Type V - Industriel	**Industriel léger** (IND-l) *Variante possible :* *Industriel lourd (avec activités extérieures, IND-h)*

S-Risk: « Time Patterns »

Chaque scénario est caractérisé par un pattern temporel décrivant la fréquence journalière des comportements des cibles, par classe d'âge.

Table 36: Time-use for landuse type residential with vegetable garden (RES-veg)

Age	Sleeping (t_{sleep})	Awake Inside (t_{in})	Outside (t_{out})	Total* on site	EF_{week}	EF_{year}
	h/day	h/day	h/day	h/day	d/week	weeks/year
1 - < 3 year	12	11.5	0.5	24	7	52
3 - < 6 year	11	9.7	1.38	22.08	7	52
6 - < 10 year	10	8.7	1.57	20.27	7	52
10 - < 15 year	9	10.6	1.12	20.72	7	52
15 - < 21 year	8	8.5	0.8	17.3	7	52
21 - < 31 year	8	9.0	1.0	18	7	52
31 - < 41 year	8	11.5	1.3	20.8	7	52
41 - < 51 year	8	11.5	1.5	21	7	52
51 - < 61 year	8	11.5	1.8	21.3	7	52
≥ 61 years	8	11.5	1.7	21.2	7	52

* sum of hours 'sleeping'. 'awake' and 'outside'

S-Risk: 10 classes d'âge

Age
1 - < 3 year
3 - < 6 year
6 - < 10 year
10 - < 15 year
15 - < 21 year
21 - < 31 year
31 - < 41 year
41 - < 51 year
51 - < 61 year
≥ 61 years

Paramètres fonction des classes d'âge

Poids corporel
Surface corporelle
Occupation (« time patterns »)
Volume d'eau consommée par jour
Masse de légumes consommés
Masse de produits animaux consommés

Dépendent aussi des « time patterns »

Masse journalière de sol/poussières ingérées
Masse horaire de sol/poussières ingérées
Facteur d'adhérence sol/peau
Facteur d'adhérence poussières/peau
Surface de la peau en contact avec le sol
Surface de la peau en contact avec la poussière
Fréquence des douches/bains
Correction pour les taux d'inhalation
.....

S-Risk: Scénarios et variantes

Lors de l'ESR-SH : se référer aux 5 usages génériques prévus par le décret sol.

Lors de l'EDR-SH :

-Utilisation de l'un des 8 scénarios (variantes) impliquant éventuellement des restrictions d'utilisation (ex : ~~potager~~).

Avec

-La possibilité de supprimer, ou de modifier la pondération de certaines voies d'exposition (ex. fraction de l'eau de nappe utilisée comme eau alimentaire)

-La possibilité d'utiliser des données spécifiques au site (mesures de concentration dans les milieux de contact, caractéristiques du bâti, présence d'une dalle en béton, etc)

-… autres

(➔ voir annexe B4 du GRERBv3)

Définition des relations dose-réponse VTR

Caractérisation des risques

4. Caractérisation des risques

- Effets « à seuil » :
  - Voie orale (et cutanée)

$$IR_{or/c} = \frac{DJE}{VTR_{or}}$$

  - Voie respiratoire (inhalation)

$$IR_{inh} = \frac{C_i}{VTR_{inh}}$$

IR = Indice de Risque = Expression DETERMINISTE

IR<1 le risque est négligeable

IR>1 le risque ne peut plus être considéré comme négligeable

4. Caractérisation des risques

- Effets « sans seuil » (cancérogènes)
  - Voie orale (et cutanée)

$$ERI_{or/c} = DJE \times ERU_{or/c}$$

  - Voie respiratoire (inhalation)

$$ERI_{inh} = C_i \times ERU_{inh}$$

ERI=ExCR
Dans S-Risk

ERI - Excès de risque individuel = PROBABILITE

Probabilité supplémentaire par rapport à une personne non exposée de développer l'effet (cancer)

Par exemple : ERI = 2,5 x10^{-5}

OU, rapporté à une population : 2,5 cancers de plus par 100.000 personnes

4. Caractérisation du risque

- Additivité des risques
  - **Effet local**: se produit au point de contact entre l'organisme et la substance
  - **Effet systémique**: se produit sur un ou plusieurs organes distants du point de contact après diffusion de la substance dans le corps
    - $RI = \sum RI_{voie_exposition}$
    - $ERI = \sum ERI_{voie_exposition}$

→ **Approche mono-polluant**

Menace Grave MG-SH critères de décision

- Evaluation Simplifiée Risques Santé Humaine
  - **Hypothèse de MG** si

  Concentration en polluants > Valeurs limites

  (VS_H, VS_{nappe}, $VS_{nappe[volatilisation]}$)

- Evaluation Détaillée Risques Santé Humaine
  - **Absence de MG** si les critères suivants sont respectés

MG-SH et critères de décision

- Par polluant:
  1. IR ≤ 1
  2. ERI ≤ 10^{-5}
  3. Concentration dans AIR et EAU ≤ Normes légales

MG-SH et critères de décision

1. Indice de Risque (IR)≤ 1
   - Pour les polluants à effet « à seuil », les doses auxquelles les personnes pourraient être exposées doivent être ≤ à une VTR de type TDI, représentant la dose en-dessous de laquelle il n'y aura pas d'effet néfaste.

2. Excès de Risque Individuel (ERI) ≤ 10^{-5}
   - Pour les polluants à effets « sans seuil », les doses auxquelles les personnes pourraient être exposées doivent être ≤ à la dose correspondant à un risque de cancer supplémentaire pour 100.000 personnes exposées durant la vie entière.

MG-SH et critères de décision

3. Concentration dans l'environnement ≤ norme légale ?

- Les concentrations calculées ou mesurées dans l'environnement doivent être comparées aux normes en vigueur
  - Air extérieur: Directive 2008/50/CE et AGW 15/07/2010
    - Plomb et benzène
    - Valeurs cibles (directive fille 2004/107/CE): As, Cd, Hg, Ni & B(a)P
  - Eau de boisson: Code de l'Eau et Directive 98/83/CE
  - Air intérieur et denrées non pris en compte

Méthodologie ER-SH en pratique

Construction des VSH

Annexe B1: VS_H

- Application 1 S-Risk WAL

Calcul C_{SOL} pour IR<1 et ERI<10^{-5}

- Sol générique wallon
- 5 usages décrets sols
- Scénarios standards
- Toutes voies d'exposition / scéanrio
- Paramètres par défaut du modèle

VS_H = Valeurs « sécuritaires »

Type I Type II Type III Type V

Voie d'exposition	Scénario standard				
	REC-dayout	AGR	RES-veg	REC-dayin	IND-l & IND-h
Orale					
Ingestion de sol	X	X	X		X
Ingestion de poussières intérieures		X	X	X	X
Ingestion de légumes		X	X		
Ingestion de viande et de lait		X			
Ingestion d'eau de boisson		X	X		X
Par contact cutané					
Contact cutané avec le sol	X	X	X		X
Contact cutané avec poussières intérieures		X	X	X	X
Contact cutané avec l'eau (douche et bain)		X	X		
Par inhalation					
Inhalation air extérieur (gaz et particules)	X	X	X		X
Inhalation air intérieur (gaz et particules)		X	X	X	X
Inhalation de vapeurs (douche)		X	X		

Type IV

VS_H calculées pour les 5 usages du sol du décret sols

Usages Décret Sols	Scénarios standards logiciel S-Risk© version wallonne
Type I- Naturel	Récréatif (dont sport) (REC-dayout)
Type II - Agricole	Agricole (AGR)
Type III - Résidentiel	Résidentiel avec jardin potager (RES-veg)
Type IV – Récréatif et commercial	Récréatif sp Récréatif sp Industriel léger (IND-l - scénario commercial)
Type V - Industriel	Industriel lé Industriel lo

VS_H la + faible

VS_H la + faible

Exemples

Nickel:

- Type IV : VS_H = REC-dayout
- Type V : VS_H = IND-lourd

Toluène :

- Type IV : VS_H = REC-dayin
- Type V : VS_H = IND-léger

VS_H GRER V3 ≠ VS_H GRER V2

- Règles pour établir les VS_H de l'annexe B1

		VS_H
1.	VS_H (S-RISK WAL) > VS_H GRER v.2 →	VS_H (S-RISK WAL)
2.	VS_H (S-RISK WAL) < VS_H GRER v.2 *MAIS* > VS décret sols →	VS_H (S-RISK WAL)
3.	VS_H (S-RISK WAL) < VS_H GRER v.2 *ET* < VS décret sols →	VS décret sols

Exemples : **VS_H As** usage résidentiel

- VS_H (S-Risk WAL) : 0,16 mg/Kg_{ms}
- VS_H (GRER v.2) : 106 mg/kg_{ms}
- VS (décret sols) : 40 mg/kg_{ms}

VS_H = VS = 40 mg/kg_{ms}

VS_H

- Règles particulières

  - Hydrocarbures pétroliers
    - Fraction globale constituée de 70% ALI & 30% AROM
  - Mercure
    - Mercure inorganique ($HgCl_2$) 95% + monométhylmercure ($HgCH_3$) 5%
  - Isomères
    - xylène
    - 1,2-DCE

    moyenne géométrique des VS_H des isomères

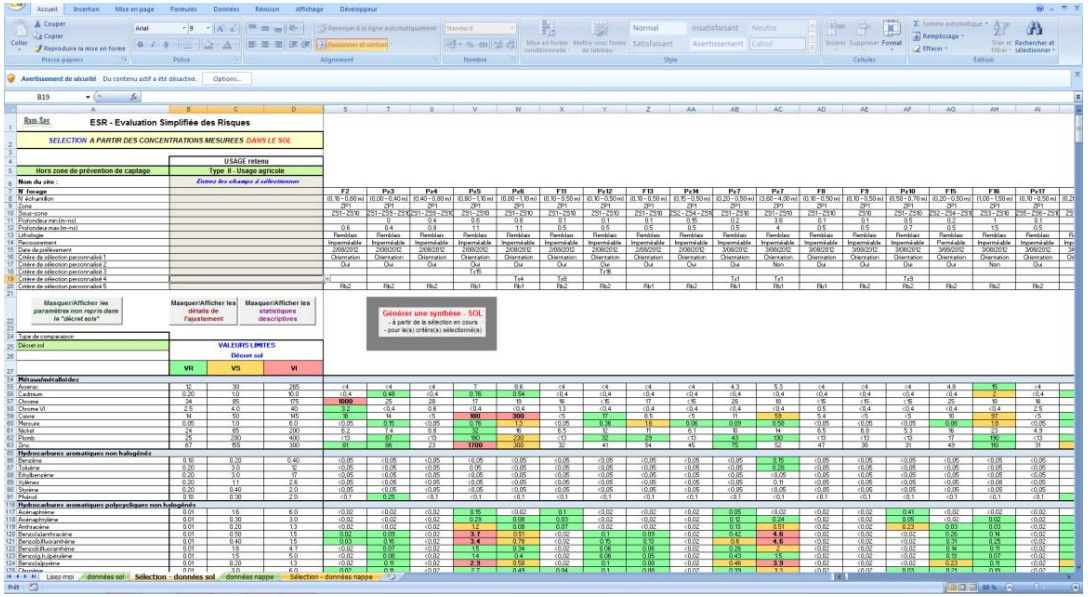
ESR-SH

ESR-SH

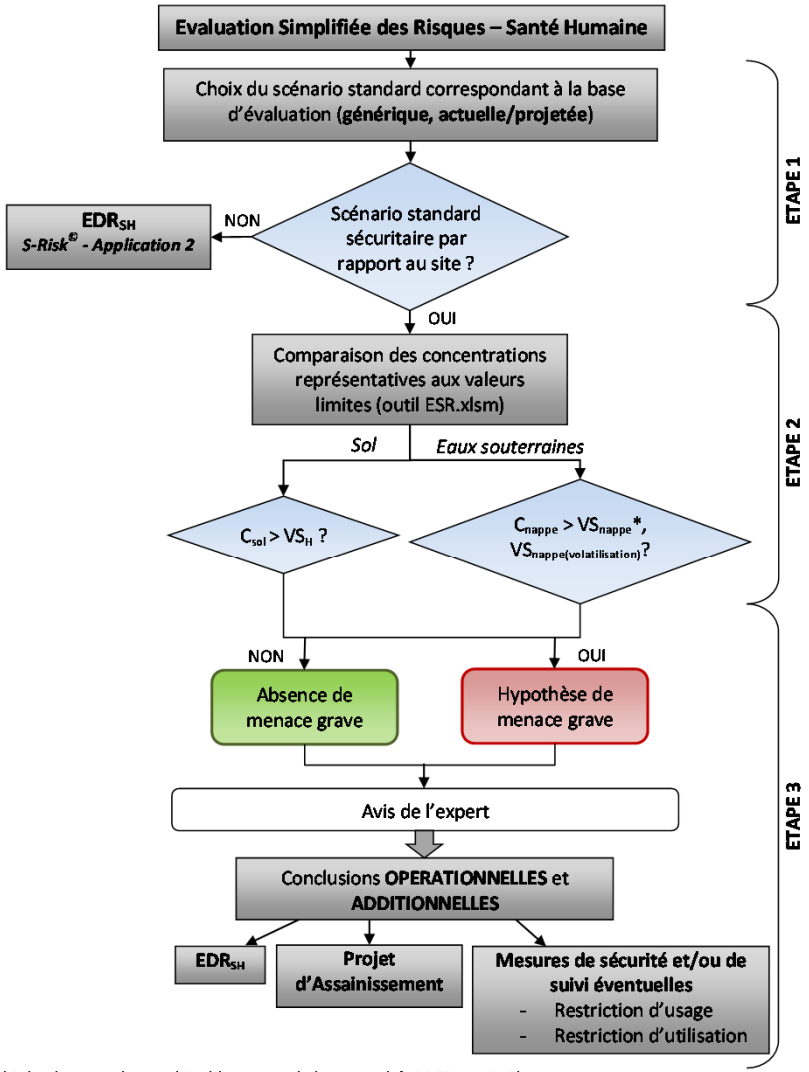
- Objectifs et principes
  - Etape de screening
  - Hypothèse de MG?
    - ⇨ Oui si concentration en polluant > Valeurs limites
- Champs d'application
  - Polluants normés: cf. Annexe B1
  - Polluants non normés (PNN): Cf. BD avec valeurs limites validées par administration sur base avis ISSeP/SPAQuE (Art. 8)
- Non applicable
  - Phase libre
  - Hydrocarbures pétroliers proportion ≠ 70% ALI & 30% AROM

ESR-SH adaptation

- Simplification des critères de décision
- Outil: seul la BD change
  - Utilisation nouvelles VS_H
- Arrêt utilisation VI_H



ESR-SH - étapes



*Selon le caractère exploitable ou non de la nappe (cf. GRER partie C)

EDR-SH

EDR-SH

- Objectifs
  - Quantifier risques sanitaires sur base données plus représentatives
  - Permet de tirer les conclusions opérationnelles et additionnelles

EDR-SH

- Champs d'application
  - Polluants présentant hypothèse MG au stade de ESR-SH
    - Dépassement de VS_H, VS_{nappe} $VS_{nappe\ volatilisation}$
  - Cas de non application ESR-SH
    - Horizons plus favorables à la mobilité des polluants
    - Voie exposition non prise en compte ou sous-estimée dans les scénarios standards
    - Présence phase libre
    - Présence Hydrocarbures pétroliers en proportions ≠ 70% ALI & 30% AROM

EDR-SH: champs d'application

- Présence horizon limon sableux léger (P), sable limoneux (S) ou sable (Z)

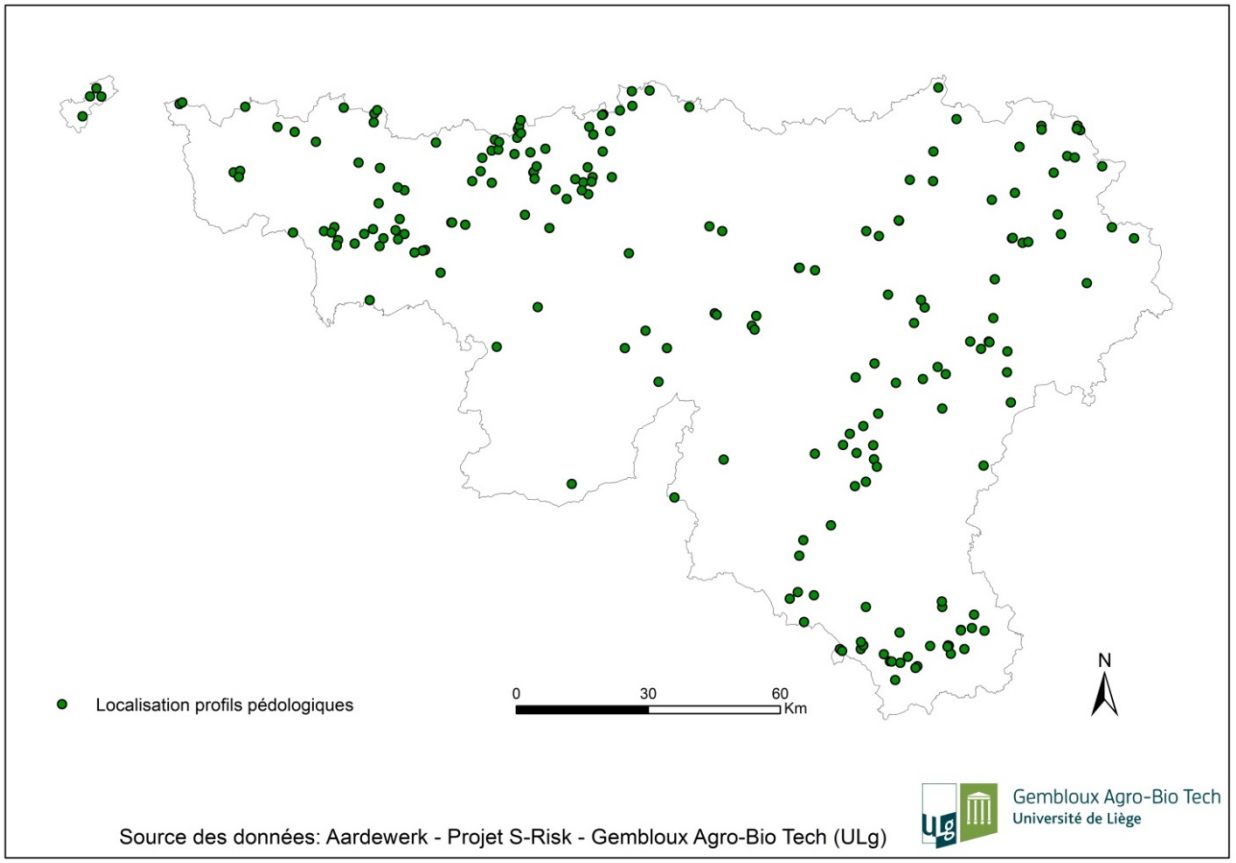
  ATTENTION !!!

  - Valeurs limites non applicables : ~~ESR-SH~~ ⇨ EDR-SH
    - Certains horizons P, S, Z sont plus favorables à la mobilité des polluants que le générique
    - Occupent moins de 5% de surface totale de la Wallonie

RAPPEL: Définis sur base paramètres mesurés (MO, pH, CL) et calculés à l'aide de fonction de pédo-transfert – Valeur médiane de la distribution de fréquence de chaque paramètre retenue par classe texturale

EDR-SH: champs d'application

- Consulter la liste des sigles pédologiques des horizons plus contraignants (213 sigles)
- Se référer à la carte de la Wallonie reprenant ces sigles



EDR-SH: étapes

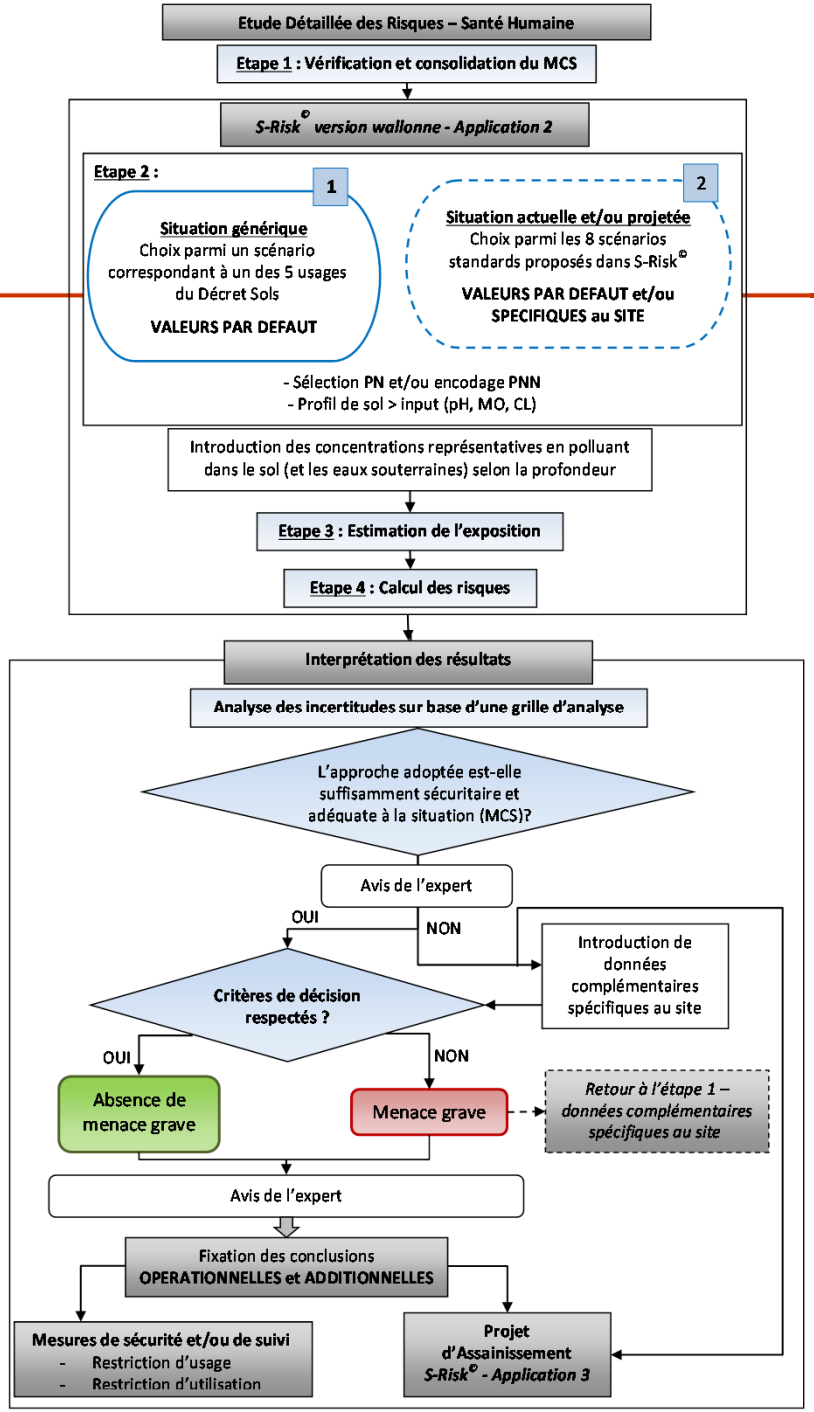


Tableau 1. Scénario à considérer, en rapport avec le décret sols, lors d'une EDR-SH avec le logiciel S-Risk© selon la situation considérée et restriction d'utilisation y afférente

Usage décret sols	Scénario S-Risk© - Base GENERIQUE	Scénario S-Risk© - Base ACTUELLE et/ou PROJETEE	Restrictions liées aux scénarios
Type I- Naturel	Récréatif extérieur	Récréatif extérieur	/
Type II - Agricole	Agricole	Agricole	/
Type III - Résidentiel	Résidentiel avec jardin potager	Résidentiel avec jardin potager	/
		Résidentiel avec jardin (d'agrément, sans potager)	pas de jardin potager
		Résidentiel sans jardin	Pas de jardin ni de jardin potager
Type IV – Récréatif et commercial	Récréatif sport intérieur, Récréatif sport extérieur **et** Industriel léger	Récréatif sport intérieur	Usage type IV limité au récréatif
		Récréatif sport extérieur	Pas de bâtiment / Usage type IV limité au récréatif
		Industriel léger (commercial)	Usage type IV limité au commercial
Type V - Industriel	Industriel léger **et** Industriel lourd	Industriel léger (activités intérieures)	Usage de type V limité aux activités industrielles intérieures
		Industriel lourd (avec activités extérieures)	Usage de type V limité aux activités industrielles extérieures

EDR-SH
S-Risk WAL : Application 2

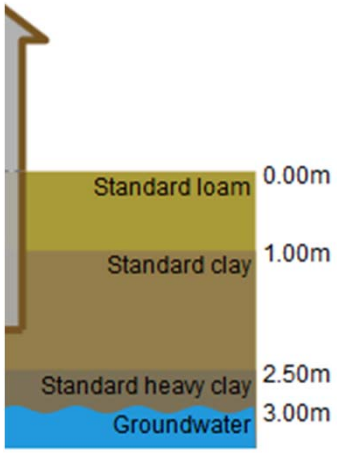
- Vérification MCS >< scénarios / voies d'exposition
- Base générique, actuelle ou projetée
  - Sélection du scénario (5) / (8)+ sélection des voies d'exposition
  - Sélection du/des polluants

    Si PNN, Input données
  - Etablissement profil du sol

    Sélection ≠ horizons , Input PH_{KCl}, MO, Argile
  - Input conc. en polluants (sol, eau sout.)

    dans les ≠ horizons
  - Ajustement de paramètres d'exposition

    (bâtiment, type canalisation, fraction denrées,..)



S-Risk

S-RISK WAL- Application 2

Inputs et sélections

↓

Calcul des Doses / voie / scénario

↓

Calcul des risques

IR - ERI + Conc air & eau

Quels voies d'expo? Quel groupe d'âge?

- Comparaison aux critères de décisions

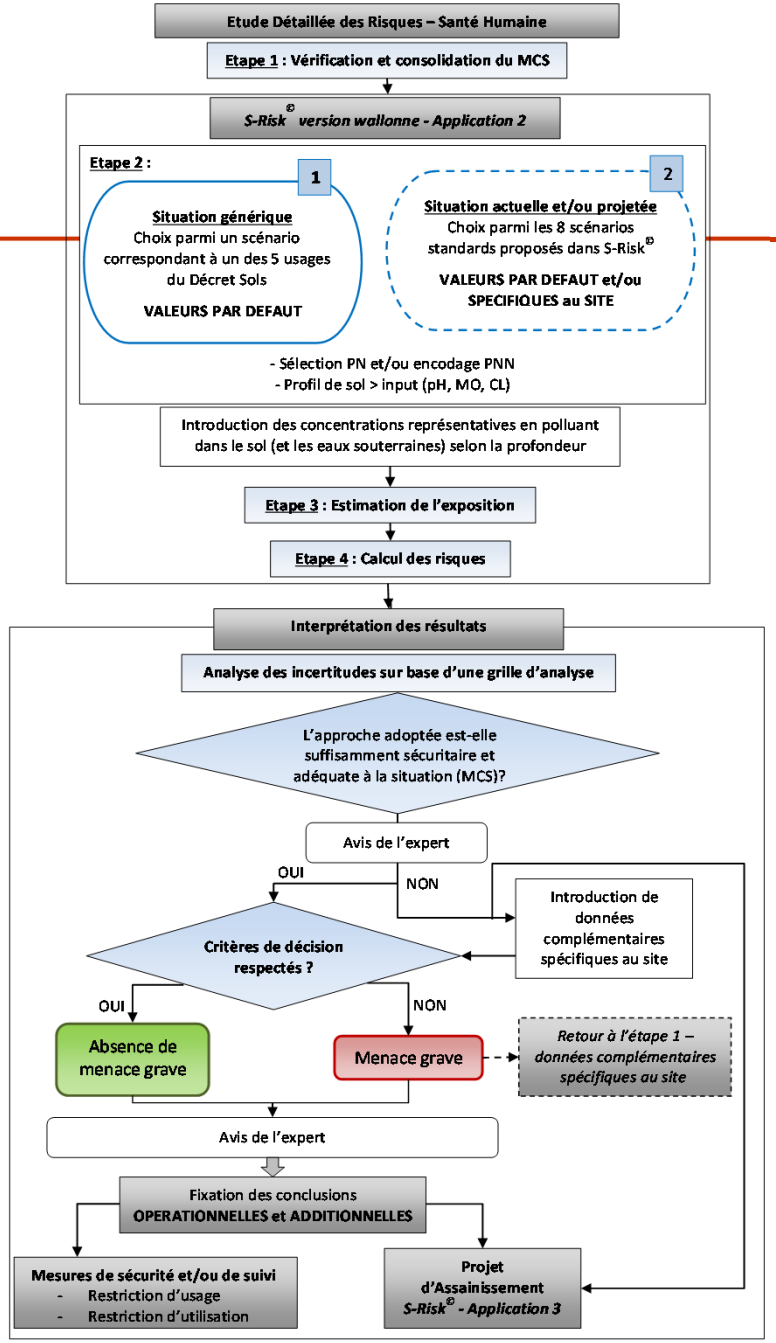
1. IR ≤ 1
2. ERI ≤ 10^{-5}
3. Conc. AIR et EAU ≤ Normes

- Analyse des incertitudes

S-Risk - Caractérisation des risques

- IR et ERI
  - Pour chaque polluant (si échéant)
  - Pour chaque voie d'exposition
  - Effets à seuil : IR pour 3 groupes d'âge (1 à < 6 ans – 6 à < 15 ans et > 15ans).
  - Si une cible n'est pas retenue pour un scénario (p.ex. l'enfant pour un scénario industriel), les IR et/ou ERI relatifs aux effets « à seuil » et « sans seuil » ne seront calculés que pour la cible retenue (ex : adulte).

EDR-SH: étapes



EDR-SH: analyse incertitudes

ETAPE	Donnée concernée	Type d'incertitude
Identification des dangers	**Analyses des polluants, des sols, des eaux souterraines et autres milieux**	Incertitude liée au plan d'échantillonnage, à la méthode de prélèvement et d'analyse. Par exemple, nombre d'échantillons insuffisant, échantillons prélevés à la mauvaise profondeur, échantillon remanié ou non conduisant à une perte plus ou moins élevée des composés volatils, … ⇨ Evaluer la rigueur et la précision avec laquelle le terrain a été caractérisé au niveau de la phase de caractérisation conformément au GREC
Estimation de l'exposition	**Paramètres d'exposition**	Paramètres retenus pour la modélisation selon une approche précautionneuse (paramètres du sol, quantité de sol et de légumes ingérés, temps passé à l'intérieur/extérieur...) : ⇨ Evaluer les choix du sol ⇨ Passer en revue les différents paramètres du modèle et vérifier l'adéquation avec le MCS ⇨ Voir si le modèle permet d'analyser tous les aspects du MCS
	Bases d'évaluation	Les différentes bases d'évaluation doivent permettre de définir les restrictions d'usages et d'utilisation et d'en évaluer la pertinence. ⇨ Passer en revue les différentes bases d'évaluation considérées, s'assurer qu'elles sont suffisantes et évaluer la pertinence des restrictions envisagées.

EDR-SH: analyse incertitudes

ETAPE	Donnée concernée	Type d'incertitude
Estimation de l'exposition	**Equations de transfert**	Les équations utilisées pour estimer les doses se basent sur des représentations plus ou moins simplifiées des mécanismes de transfert qui ne représentent pas toujours les phénomènes réels, ajoutant une incertitude supplémentaire sur les estimations de risques. ⇨ Passer en revue les paramètres du modèle et vérifier l'adéquation avec le MCS ⇨ Voir si le modèle permet d'analyser tous les aspects du MCS
Caractérisation des risques	**Caractérisation des risques**	Calcul basé sur les données sélectionnées dans l'étape 1, sur la base des équations de l'étape 3 et en comparant les résultats aux valeurs sélectionnées dans l'étape 2 ⇨ Incertitudes cumulées lors de ces trois étapes.

Rapportage

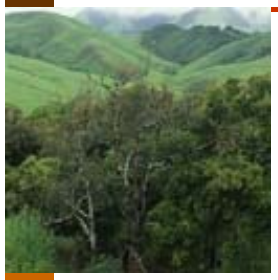
Xxx (RIS)

Merci pour votre attention!

DIAS SUPPLEMENTAIRES

SOLS

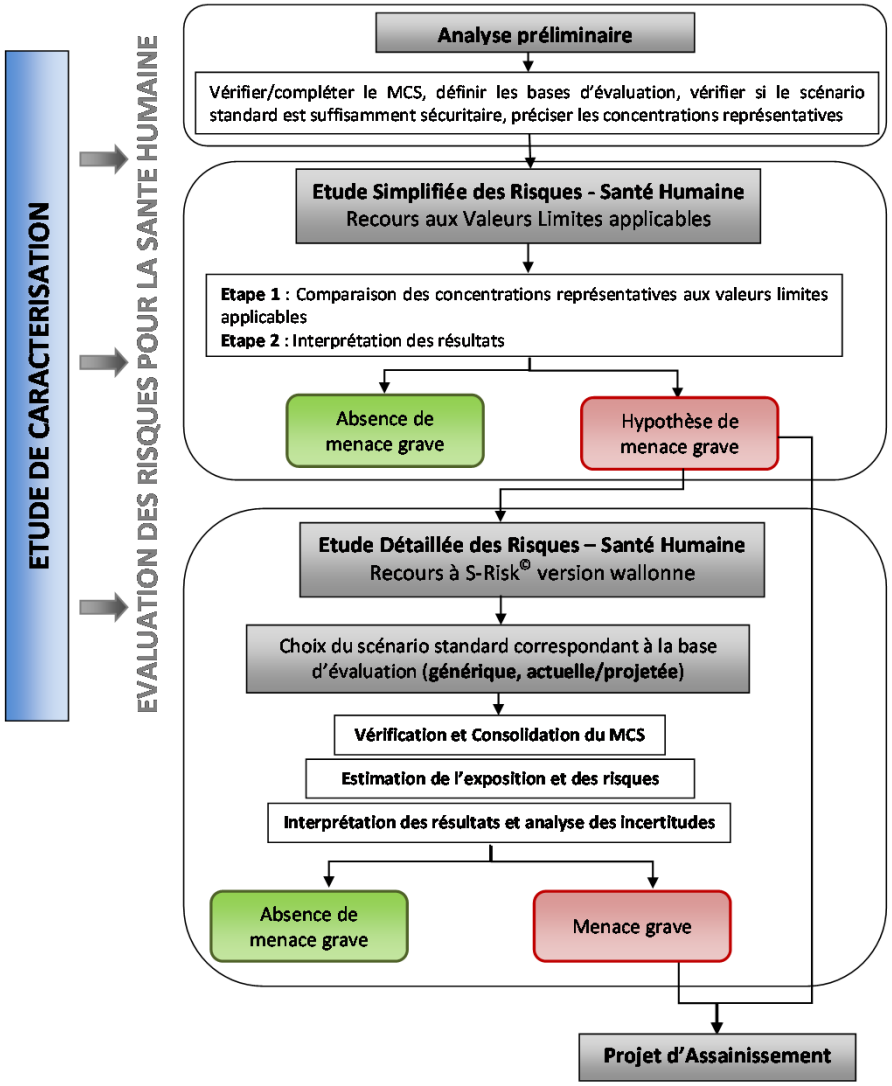
Comparaison des données obtenues sur les 35 sites (sols pollués) aux données de remblais étudiés dans POLLUSOL 2 (sols peu pollués)



Remblais	MO (%)	pH KCl	Argile (%)
POLLUSOL 2 Horizon de surface (moyenne)	7,4	6,6	16,4
POLLUSOL 2 Horizon de profondeur (moyenne)	3,0	6,7	15,6
Remblais sites SPAQuE	7,1	7,5	5,8

Sol naturel	MO (%)	pH KCl	Argile (%)
POLLUSOL 2 Horizon de surface (moyenne)	6,1	6,3	18,2
POLLUSOL 2 Horizon de profondeur (moyenne)	0,7	5,4	24,3

Schéma général ER-SH



Après-midi – présentation interface S-Risk