

SESSION B : POLLUANTS DU BÂTI

Construire sur une friche industrielle polluée :
*Quels risques pour la qualité de l'air intérieur
du logement ?*

Maryline Moutier – Ram-Ses

Henri Halen – Ram-Ses – Représentant *Brownfield Academy*

Stéphane Verstraete – DC Environment – Représentant *Brownfield Academy*



- **Ram-Ses : Bureau d'études et de conseil indépendant spécialisé en évaluation des risques (santé humaine, écosystèmes) créé en 2009**
- **Services spécialisés en étude de risques et dans l'interprétation des données relatives à la pollution du sol (sites et sols pollués, terres excavées, sédiments,...), de l'eau et de l'air**
- **Au service de tout porteur de projet intéressé à limiter les coûts de la gestion des pollutions par recours au principe de la maîtrise des risques**
- **Organisme agréé pour les chèques formation**
- **Certifié ISO 9001 depuis 2012**

Ram-Ses
for sustainable land management



Plan

1. **Redéveloppement des terrains pollués : les enjeux fondamentaux de la maîtrise des risques**
2. **Evaluer les risques de l'intrusion de vapeurs dans les bâtiments**
3. **Mesures constructives pour la maîtrise des risques résiduels**



Ram-Ses
for sustainable land management



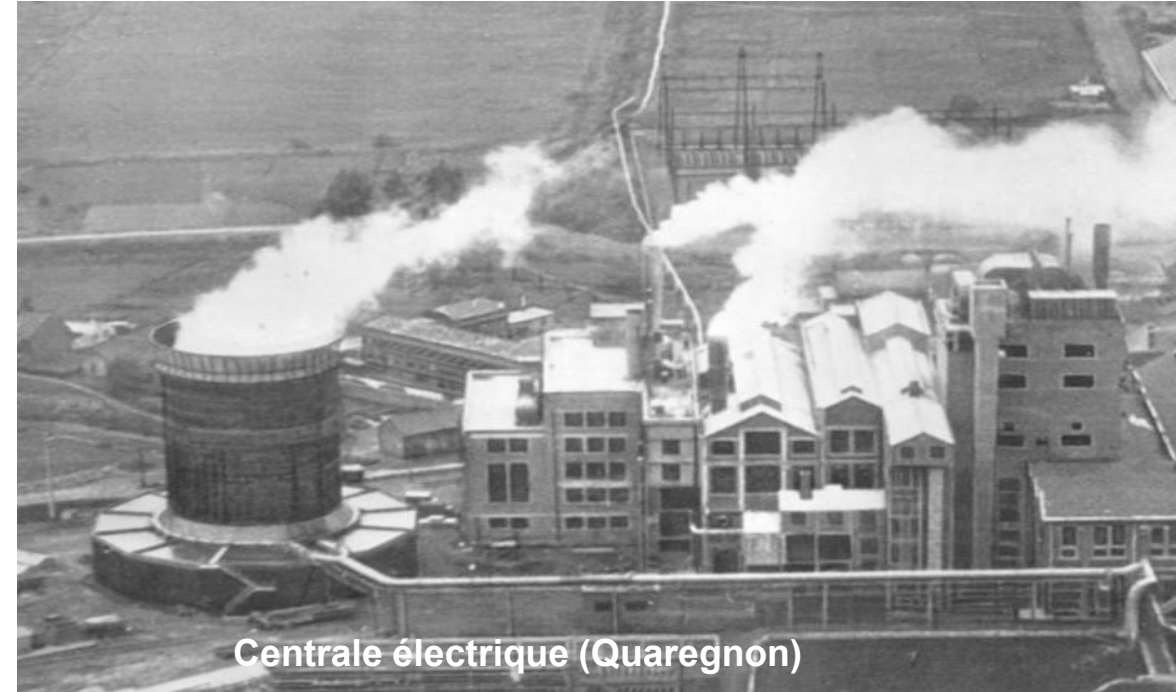
La Wallonie a connu un passé industriel intense et prestigieux...



Machine à vapeur Cockerill
(1883)



Carcoke (Tertre)



Centrale électrique (Quaregnon)

... laissant derrière elle de nombreux sites pollués...



Cokerie (Anderlues)

(Source : SPAQuE)



Triage lavoir du charbonnage de Sainte-Eugénie
(Sambreville)

(Source : SPAQuE)



1. Enjeux – 2. Evaluation des risques – 3. Mesures constructives

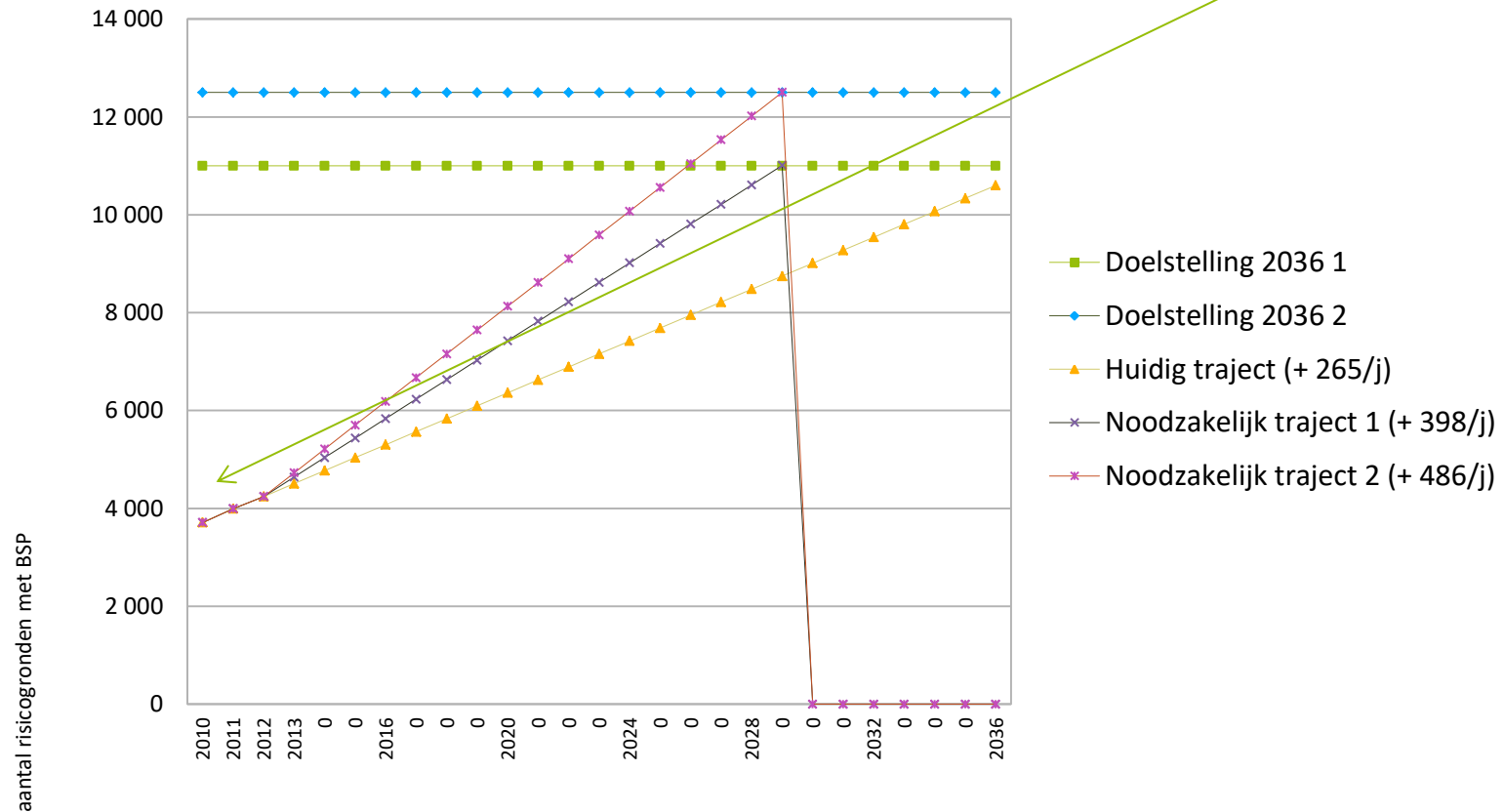
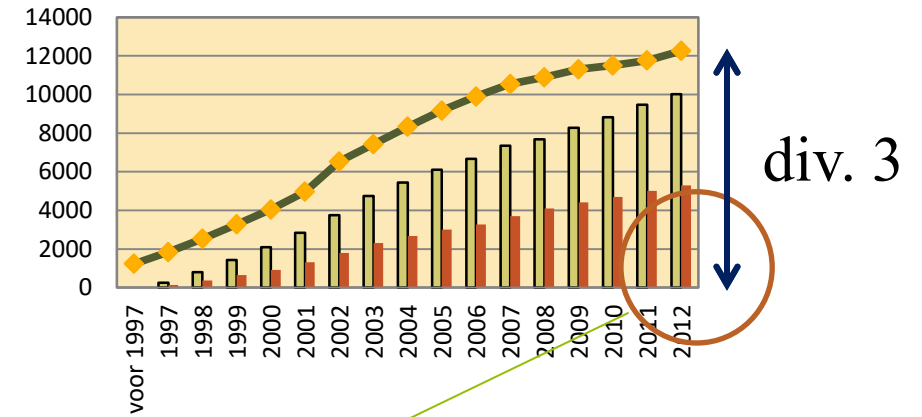
... laissant derrière elle de nombreux sites pollués...

Selon les estimations tenant compte de toutes les catégories de sites concernées par une législation visant ou ayant visé la pollution des sols, le nombre de sites susceptibles d'être pollués en Wallonie serait de l'ordre de **2 100 à 17 400, soit une densité moyenne de 1 à 10 sites/10 km²** (Etat de l'environnement wallon, 2017).



Situation en Flandre

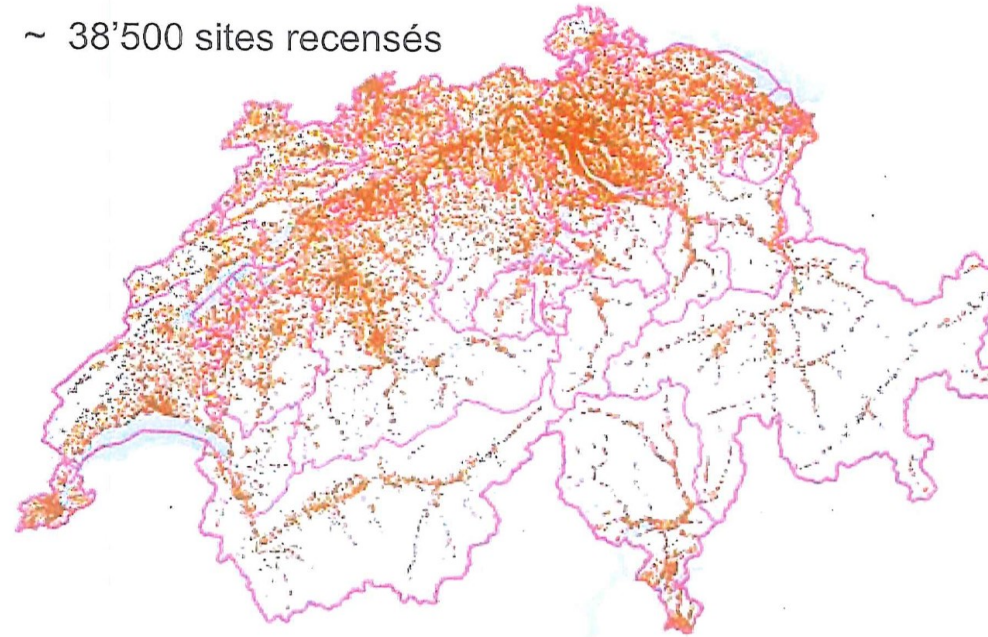
**+/- 36.000 sites
potentiellement impactés**





Les sites pollués en Suisse

~ 38'500 sites recensés



Projets de construction sur sites et sols pollués en Suisse | 27 septembre 2018
Christiane Wernille, OFEV

2

Région	Population (hab)	Sites impactés (nbr)	Ratio (sites/1000 hab)
Wallonie	3.580.000	17.400	4.86
Flandre	6.580.000	36.000	5.47
Suisse	8.350.000	38.500	4.61
<i>moyenne</i>			4.98

Ratios (sites/1000 hab) étonnamment proches pour les régions étudiées

Pour une ville de 100.000 hab on doit s'attendre à 500 sites impactés

Situation loin d'être négligeable!

... laissant derrière elle de nombreux sites pollués...



Version 4.0.3

CARTE

BDES : L'état des sols

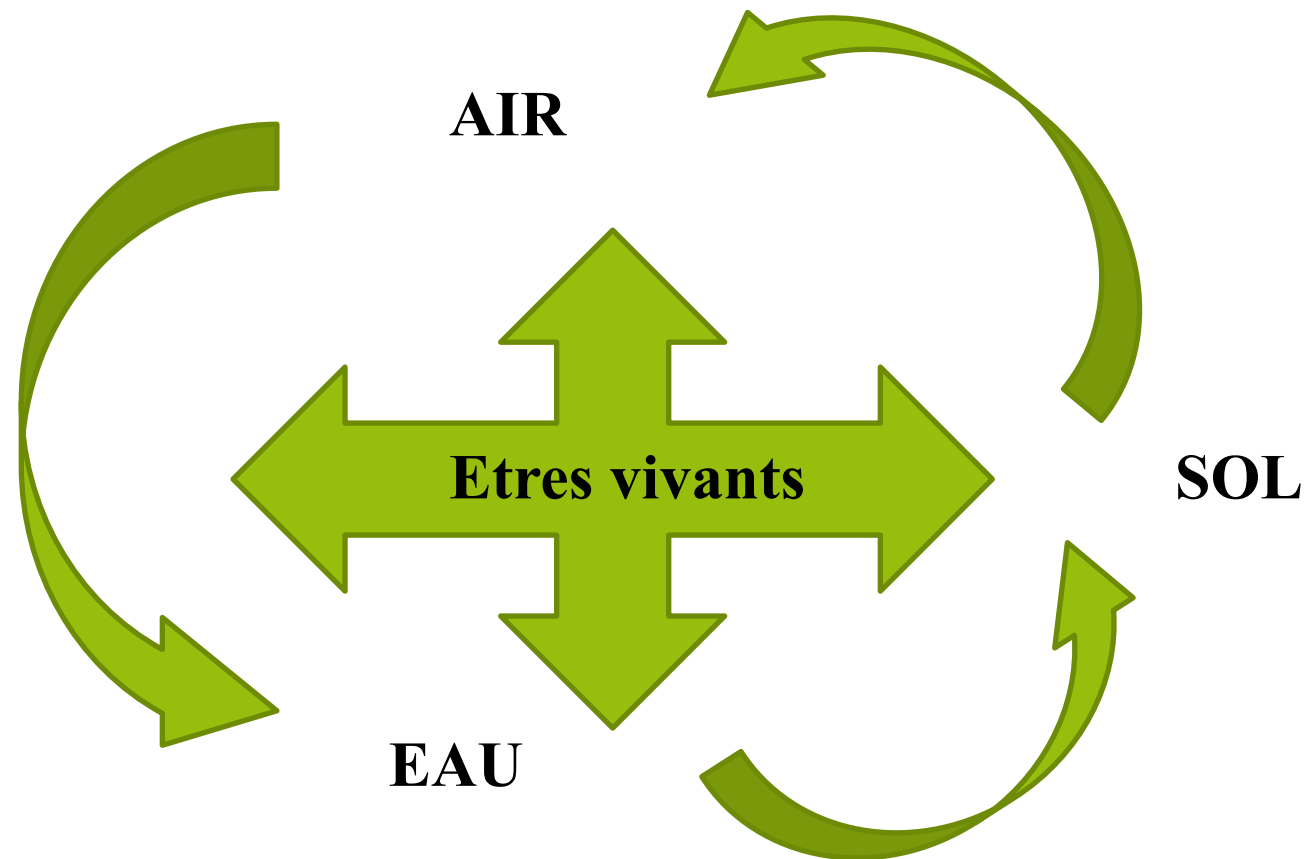


FR / DE |

S'authentifier

Polluant ?

Elément ou facteur perturbant (impact) l'équilibre de l'écosystème



Quels polluants sur les sites et sols pollués ?

Élément ou facteur perturbant (impact) l'équilibre de l'écosystème

- **Polluants organiques**

Huiles minérales (C8-C40), HAP, EOX, BTEX,...

- **Polluants minéraux**

As, Pb, Cr, Zn, Hg, Cd, Cu,....

Sources de pollution du sol et des eaux souterraines

Activités humaines

Sidérurgie
Métallurgie
Pétrochimie
(carburants)
Chimie
Pharmacie
Galvanisation
Peintures
Imprimerie
Nettoyage à sec
Agriculture
Production et transformation électrique

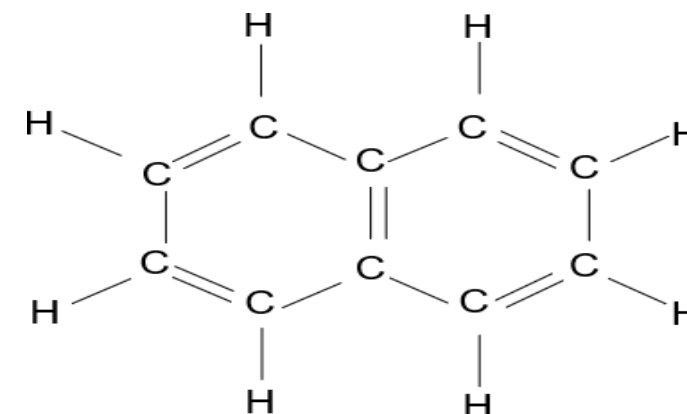
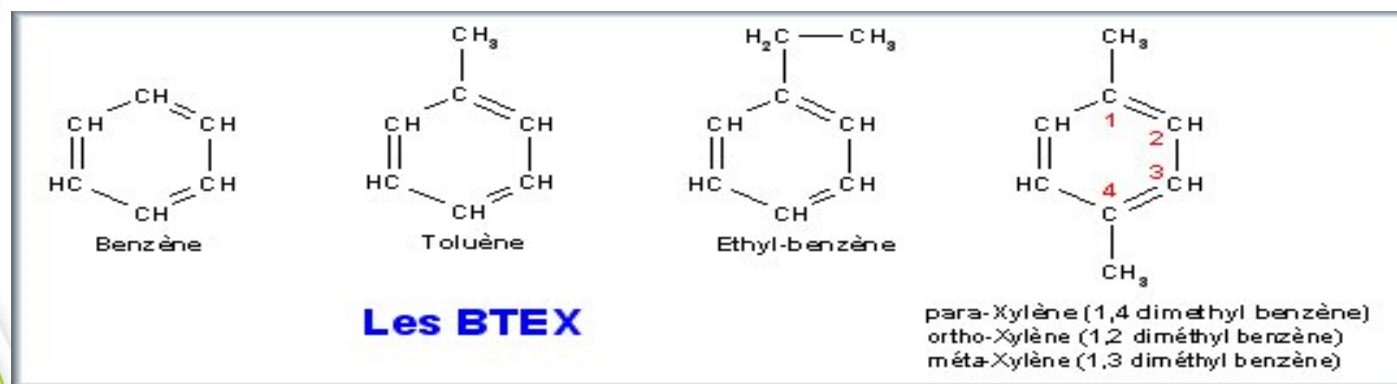
Polluants

Métaux Lourds (Pb, Hg, Cu)
Huiles minérales (HM)
Hydrocarbures
Aromatiques
Polycycliques (HAP)
VOCL
Cyanure
BTEX
PCB
Pesticides

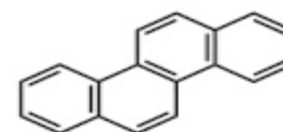
Huiles minérales



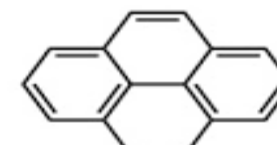
Représentation 3D d'un alcane (octadécane : $C_{18}H_{38}$). Les sphères noires représentent les atomes de carbone, et les sphères blanches les atomes d'hydrogène.



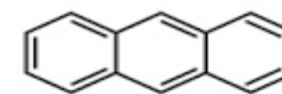
HAP



Chrysène

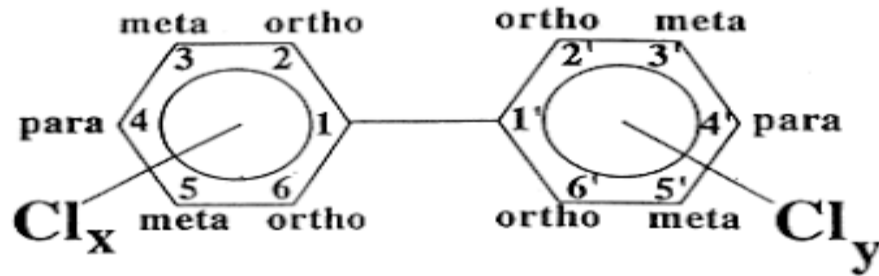


Pyrène

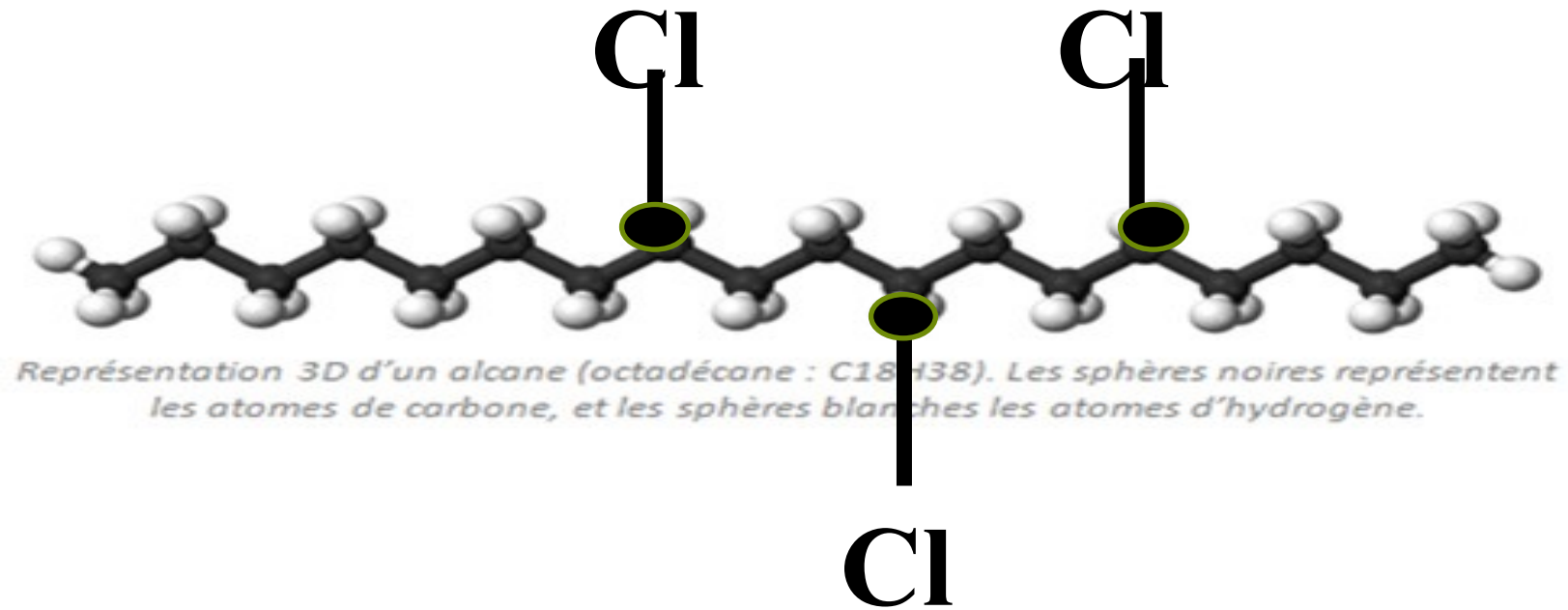


Anthracène

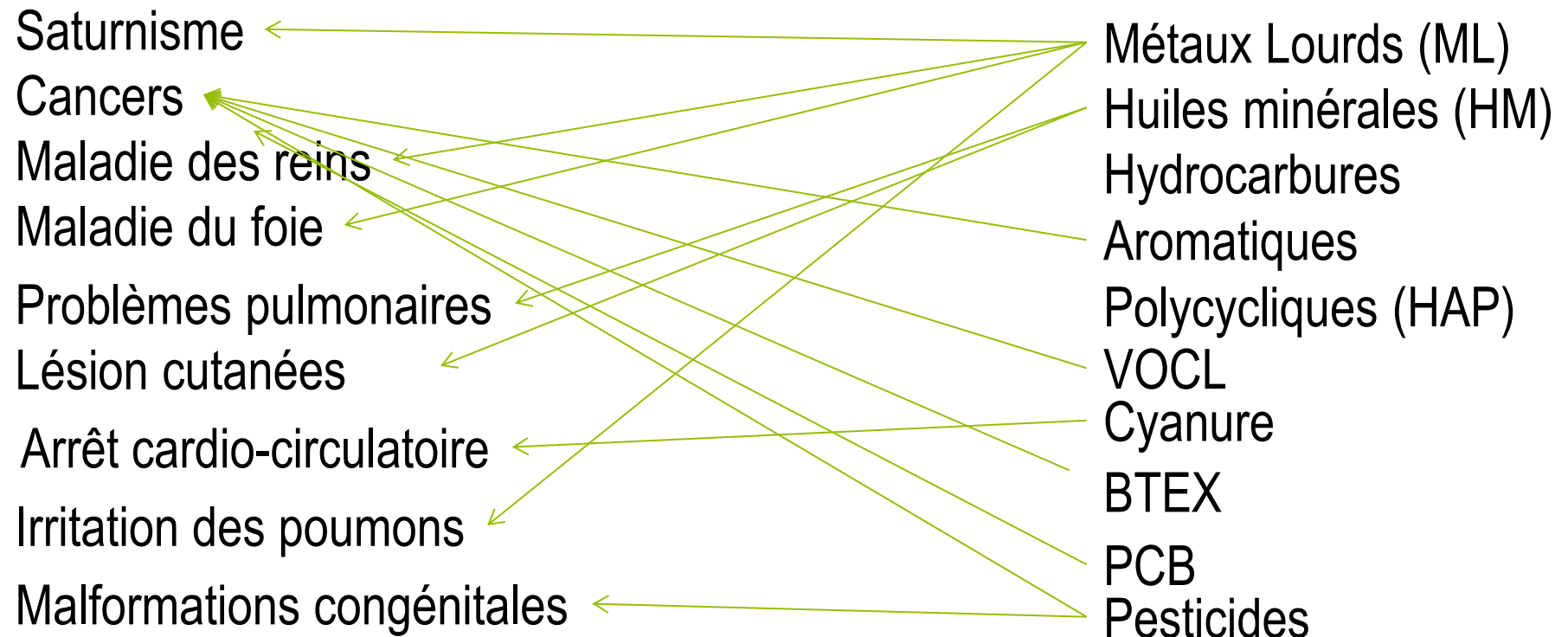
PCB



VOCI



Risques pour l'homme

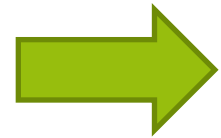


Mais aussi risques pour l'environnement....

Qu'a prévu le législateur face à ce constat?

Décret Sol

Quelles obligations quand on entre dans le champ d'application du décret sol



étude d'orientation

Investigations analytiques à des endroits suspects

2 approches possibles

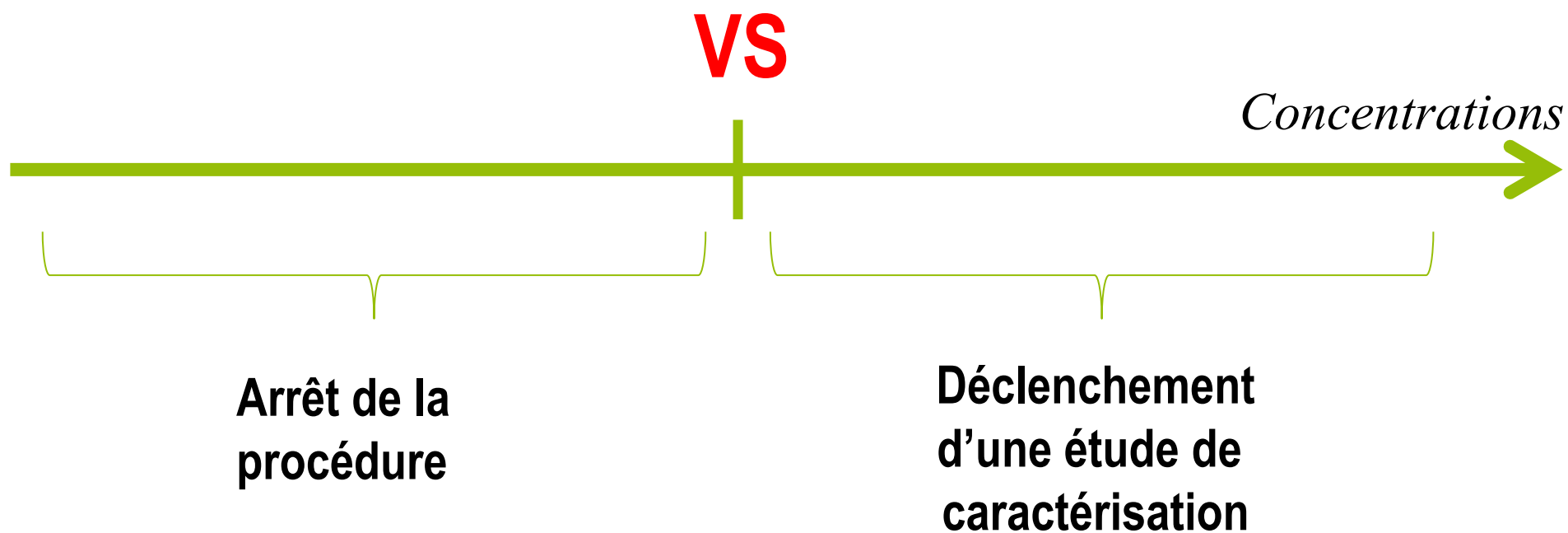
- approche normative (B, CH, NL,...)
- approche « risque » (F)

Approche normative est privilégiée dans un premier temps!
Comparaison des résultats analytiques avec une valeur appelée:

VS

Valeur Seuil

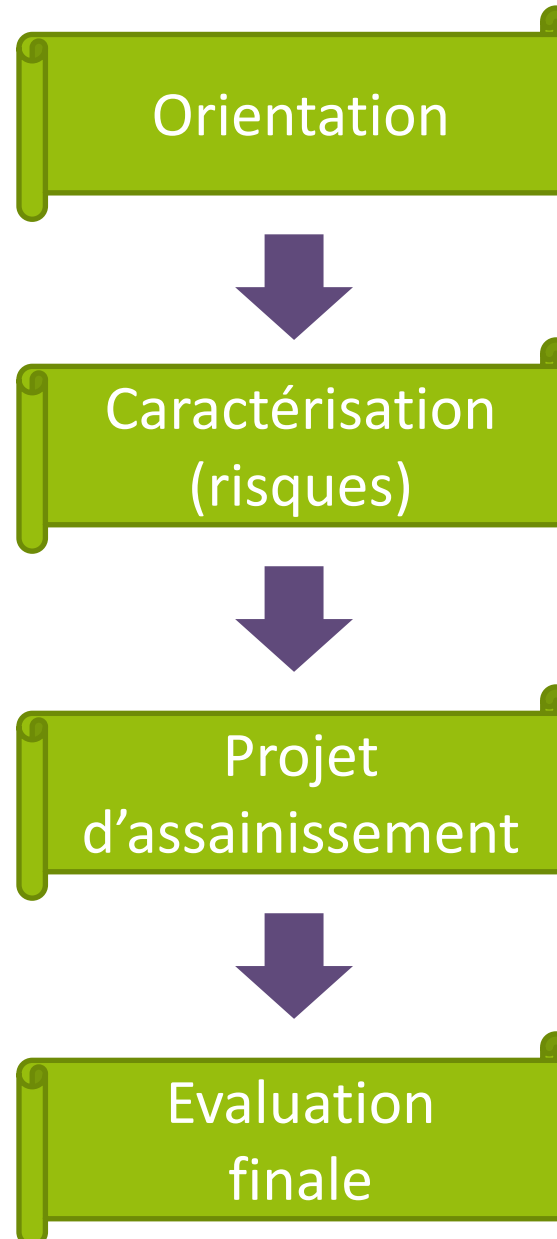
1. Enjeux – 2. Evaluation des risques – 3. Mesures constructives



Annexe 1 au décret relatif à la gestion et à l'assainissement des sols
Annexe 1ère - Normes

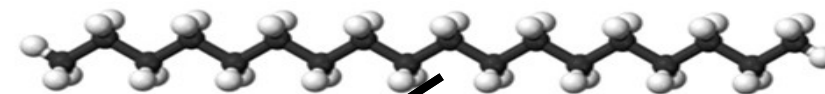
Type d'usage	Annexe 1ère - Normes					Eaux souterraines (µg/L)	
	Sol (mg/kg matière sèche)						
	I naturel	II agricole	III résidentiel	IV récréatif ou commercial	V industriel		
étaux/métalloïdes							
arsenic	VS	30	30	40	40	65	10
cadmium	VS	1	1	3	10	20	5
chrome total ⁽¹⁾	VS	60	85	125	140	288	50
chrome VI ⁽²⁾	VS	4	4	4	13	13	9
cuivre	VS	40	50	110	490	600	100
mercure	VS	1	1	1	5	5	1
nickel	VS	60	65	150	350	350	20
plomb	VS	120	200	200	390	1840	10
zinc	VS	120	155	230	3000	3000	200
hydrocarbures aromatiques non halogénés							
benzène	VS	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	10
Éthylbenzène	VS	3,0	3,0	6,0	3,0	3,0	300
Toluène	VS	3,0	3,0	3,0	7,0	22,0	700

Déroulé de la procédure de caractérisation...



1. Enjeux – 2. Evaluation des risques – 3. Mesures constructives

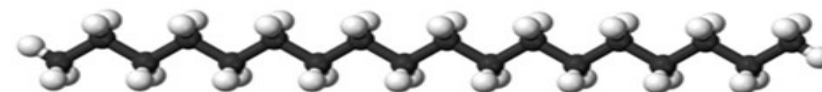
(ex: huiles minérales)



Représentation 3D d'un alcane (octadecane : C₁₈H₃₈). Les sphères noires représentent les atomes de carbone, et les sphères blanches les atomes d'hydrogène.

	Flandre	Normes préc	I naturel	II agricole	III résidentiel	
Plomb	120	70	96	160	160	=
Zinc	200	150	96	124	184	=
Benzène	0,3	0,2	0.16	0.16	0.16	=
Benzo(a)pyrène	0,3	0,2	0,7	0,7	2,9	x10
Chrysène	5,1	1	0,9	0,9	1,8	=
C5-C8			0,48	0,48	0,48	
C8-C10			16,8	16,8	16,8	
C10-C12			60	60	60	
C12-C16			60	60	60	
C16-C21			360	360	360	
C21-C35			440	440	440	
Huile minérale Tot	300	500	937,28	937,28	937,28	x 2 of x 3

(ex: huiles minérales)



Représentation 3D d'un alcane (octadécane : C₁₈H₃₈). Les sphères noires représentent les atomes de carbone, et les sphères blanches les atomes d'hydrogène.

	Flandre	Normes préc.	IV récréatif	V industriel	
Plomb	1250	1150	312	1472	=
Zinc	1250	680	2400	2400	x2
Benzène	0,5	1	0,16	0,16	<
Benzo(a)pyrène	7,2	<u>1</u>	7,6	11,52	x10
Chrysène	320	<u>1</u>	7,8	14	x10
C5-C8			4,8	4,8	
C8-C10			120	480	
C10-C12			464	480	
C12-C16			600	736	
C16-C21			1000	2160	
C21-C35			1680	4240	
Minerale olie Tot	1000	750	3868,8	8100,8	x 4 of x 8

Que faut-il en retenir?

Le niveau autorisé de la VS est fonction du type de la **cible**
(présence d'enfants >< industrie)

La longueur des chaines hydrocarbonées et donc leur « volatilité »
(ou le risque de voir le polluant se désorber de la matrice et passer dans
l'air) est considérée dans l'évaluation de la VS

2006 : L'ancienne décharge à Basse-Wavre (concentrations de méthane inquiétantes détectées dans un bâtiment du zoning de Gastuche (Grez-Doiceau))



« Les résultats des analyses de l'air à l'intérieur des bâtiments montrent une présence marquée de benzène, toluène, éthylbenzène et xylène (BTEX) ainsi que d'autres micropolluants typiques des biogaz. ».

« Des investigations plus poussées ont permis de mettre en évidence une entrée préférentielle du biogaz à l'intérieur du bâtiment » (Communiqué de la SPAQuE, 28 juillet 2006)

2018 : Ecole à Paris (problématique de pollution de mercure - Hg° mise en évidence grâce à des mesures de la qualité de l'air)



(Source : Haemers Technologies, 2018)

2018 : Ecole à Paris (problématique de pollution de mercure - Hg°)



Désorption thermique (Thermopile)



Nécessité de maîtriser les risques !

Désorption thermique (Thermopile)



Désorption thermique (Thermopile)

1. Enjeux – 2. Evaluation des risques – 3. Mesures constructives

Plan

1. **Redéveloppement des terrains pollués : les enjeux fondamentaux de la maîtrise des risques**
2. **Evaluer les risques de l'intrusion de vapeurs dans les bâtiments**
3. **Mesures constructives pour la maîtrise des risques résiduels**





RISQUE
relatif à un
phénomène
dangereux

=

**la PROBABILITE
D'OCCURENCE
de ce dommage**

Fréquence et durée
d'exposition au
phénomène dangereux

Probabilité d'occurrence
d'un évènement
dangereux

Possibilités d'éviter ou
de limiter le dommage

X

GRAVITE
du dommage
possible pour le
phénomène
dangereux
considéré

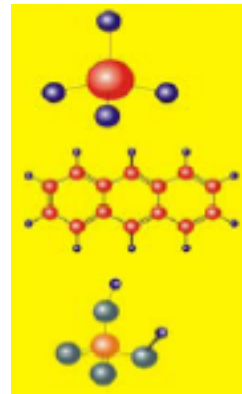
Estimation du risque selon la norme EN 1050

1. Enjeux – 2. Evaluation des risques – 3. Mesures constructives

Quand parle-t-on de « risque » pour SSP ?



Source



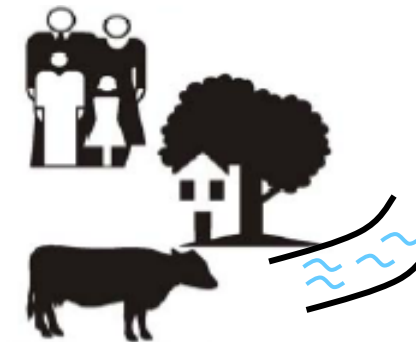
Polluants

Transfert

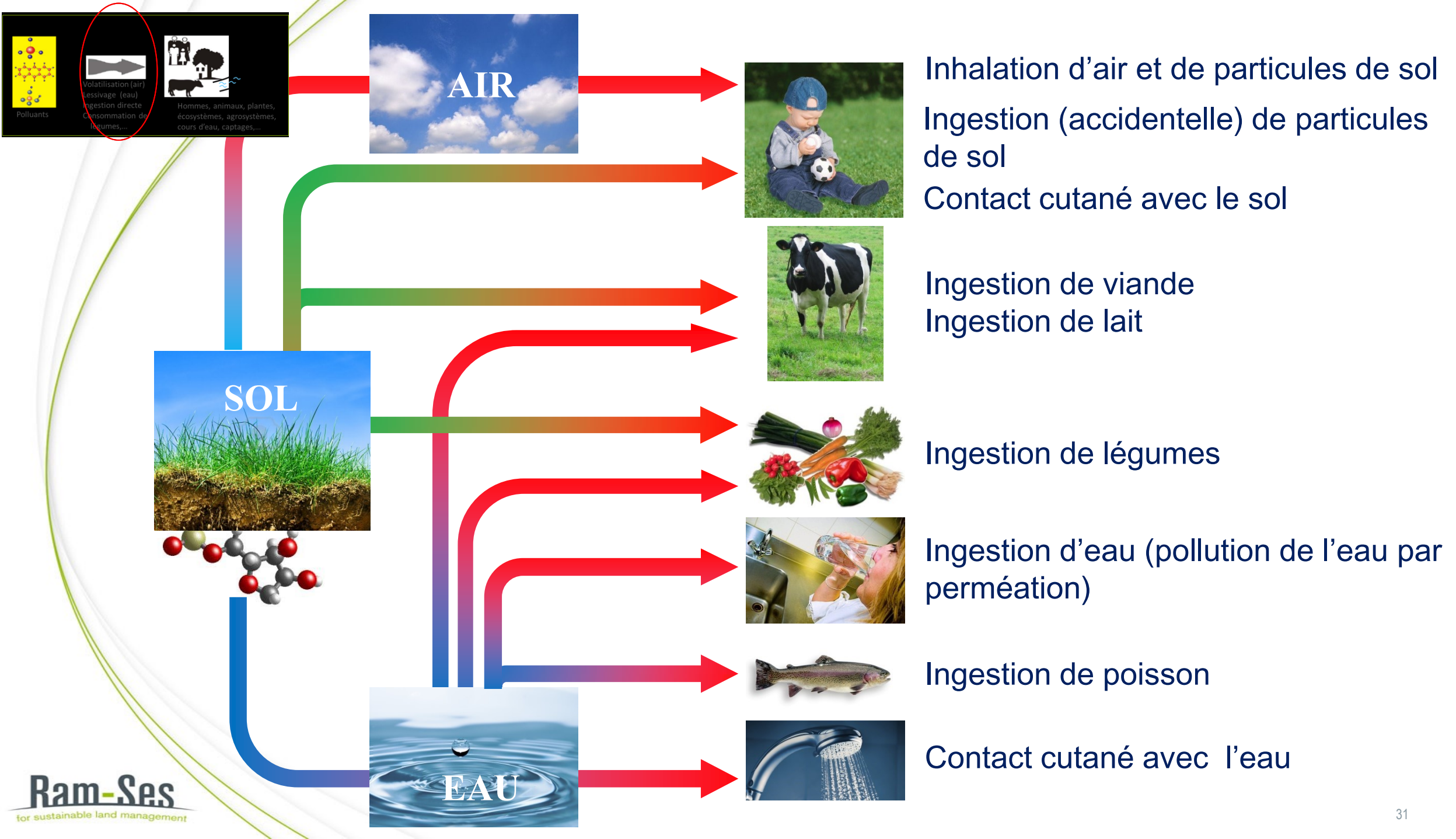


Volatilisation (air)
Lessivage (eau)
Ingestion directe
Consommation de légumes,...

Cibles



Hommes, animaux, plantes,
écosystèmes, agrosystèmes,
cours d'eau, captages,...





Inhalation d'air (hors
particules de sol et
poussières) à l'intérieur et
à l'extérieur des bâtiments



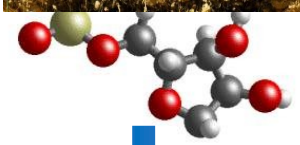
Enfant



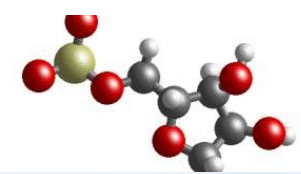
Adolescente



Adulte



Volatilisation



Les usagers des bâtiments sont déjà exposés à multiples sources de polluants

Les principales sources de pollution de l'air intérieur

Équipements

- 1 ameublement (bois collés)
- 2 ventilation et climatisation mal entretenues
- 3 chaudière ou cuisinière à bois mal entretenues
- 4 production d'humidité des machines à laver, sèche-linge...
- 5 poubelles, stockage des déchets
- 6 cheminée ou poêle mal entretenus

Activités humaines

- 7 bricolage, émanations des voitures, motos...
- 8 produits de toilette et cosmétiques, humidité
- 9 aspirateur, produits d'entretien, parfums d'intérieur, bougies, encens...
- 10 cuisson
- 11 tabagisme

Occupation des locaux

- 12 plantes (allergènes, engrais, pesticides)
- 13 métabolisme
- 14 animaux

Sol

- 15 émanations naturelles (radon), sols contaminés

Matériaux de construction et de décoration

- 16 peintures, vernis, colles
- 17 isolants
- 18 revêtements de sols, murs, plafonds

Air extérieur

- 19 gaz d'échappement, activités industrielles ou agricoles, chauffage au bois non performant, pollens...



(Source : <https://www.les-crisis.fr/la-pollution-de-l-air-a-la-maison/>)



Polluant	Polluant
Métaux lourds	Cyanures
Mercure élémentaire	Cyanures libres
Monométhylmercure	Autres composés organiques
Hydrocarbures aromatiques monocycliques	Méthyl-tert-butyl-éther (MTBE)
Benzène	Hydrocarbures pétroliers
Ethylbenzène	Fraction EC 5-8
Toluène	Fraction EC 5-6 aliphatique
Xylènes	Fraction EC > 6-8 aliphatique
Styrène	Fraction EC > 8-10
Phénol	Fraction EC > 8-10 aliphatique
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	Fraction EC > 8-10 aromatique
Naphtalène	Fraction EC > 10-12
Acénaphthylène	Fraction EC > 10-12 aliphatique
Acénaphtène	Fraction EC > 10-12 aromatique
Hydrocarbures chlorés	Fraction EC > 12-16
Dichlorométhane	Fraction EC > 12-16 aliphatique
Trichlorométhane	Fraction EC > 12-16 aromatique
Tétrachlorométhane	
Tétrachloroéthène (PCE)	
Trichloroéthène (TCE)	
cis-1,2-dichloroéthène (cis-DCE)	
trans-1,2-dichloroéthène (trans-DCE)	
Chloroéthène (VC)	
1,1,1-trichloroéthane (1,1,1-TCA)	
1,1,2-trichloroéthane (1,1,2-TCA)	
1,2-dichloroéthane (1,2-DCA)	

- **Principale contrainte : polluants volatils**
- **Est qualifié de « polluant volatil » au sens de l'évaluation des risques (GRER) tout polluant dont la pression de vapeur à 20 °C > 0,1 Pa**

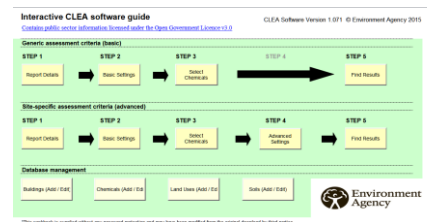
Comment évaluer les risques ?

- **Recours à la modélisation (ER santé humaine) :**

- Belgique, Grand-Duché de Luxembourg : S-Risk[©]



- Royaume-Uni : Contaminated Land Exposure Assessment (CLEA) tool



- Italie : ReasOnable Maximum Exposure (ROME)



- USA : RBCA Toolkit



RISC



- Allemagne : Système UMS pour l'évaluation des sites contaminés

Comment évaluer les risques ?

- Recours à la modélisation (ER santé humaine) :

$$\text{Dose}_{\text{inhalation}} = \frac{\text{Concentration}_{\text{air}} \times \text{Temps d'exposition} \times \text{Fréquence exposition} \times \text{Facteur(s) correctif(s)}}{24}$$

Fonction de l'âge des cibles, de l'activité des cibles ; prise en considération de la biodisponibilité du polluant inhalé, etc

- Calcul d'un Indice de Risque (IR) ou Excès de Risque Individuel (ERI) : acceptable ($\text{IR} < 1$; $\text{ERI} < 10^{-5}$) ou non acceptable

Comment évaluer les risques ?

- Recours à la modélisation (ER santé humaine)
- Idéalement couplé à plusieurs campagnes de mesures de la qualité de l'air sur terrain pour réduire les incertitudes associées à la modélisation

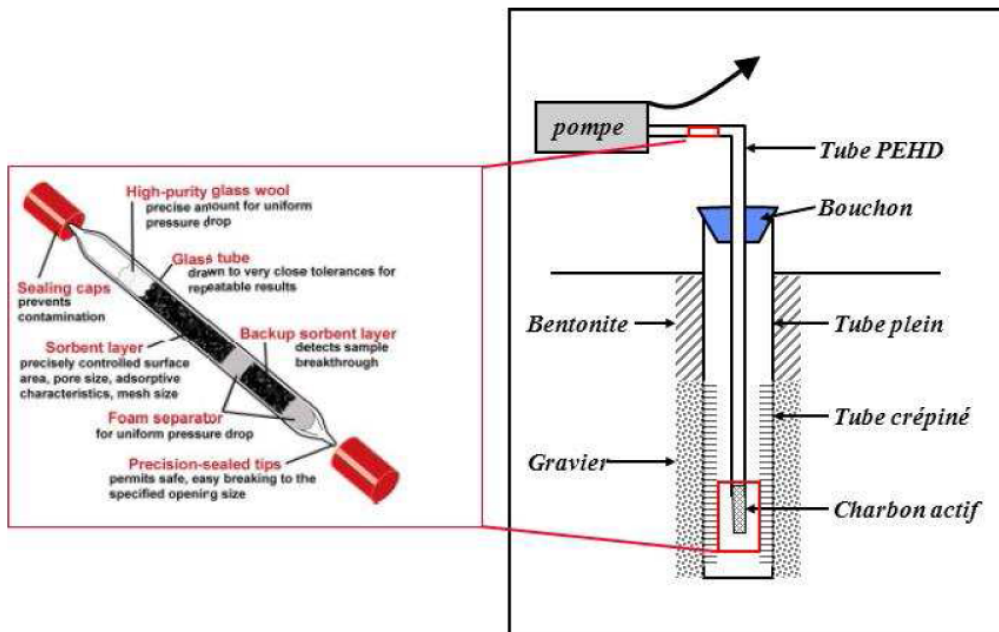


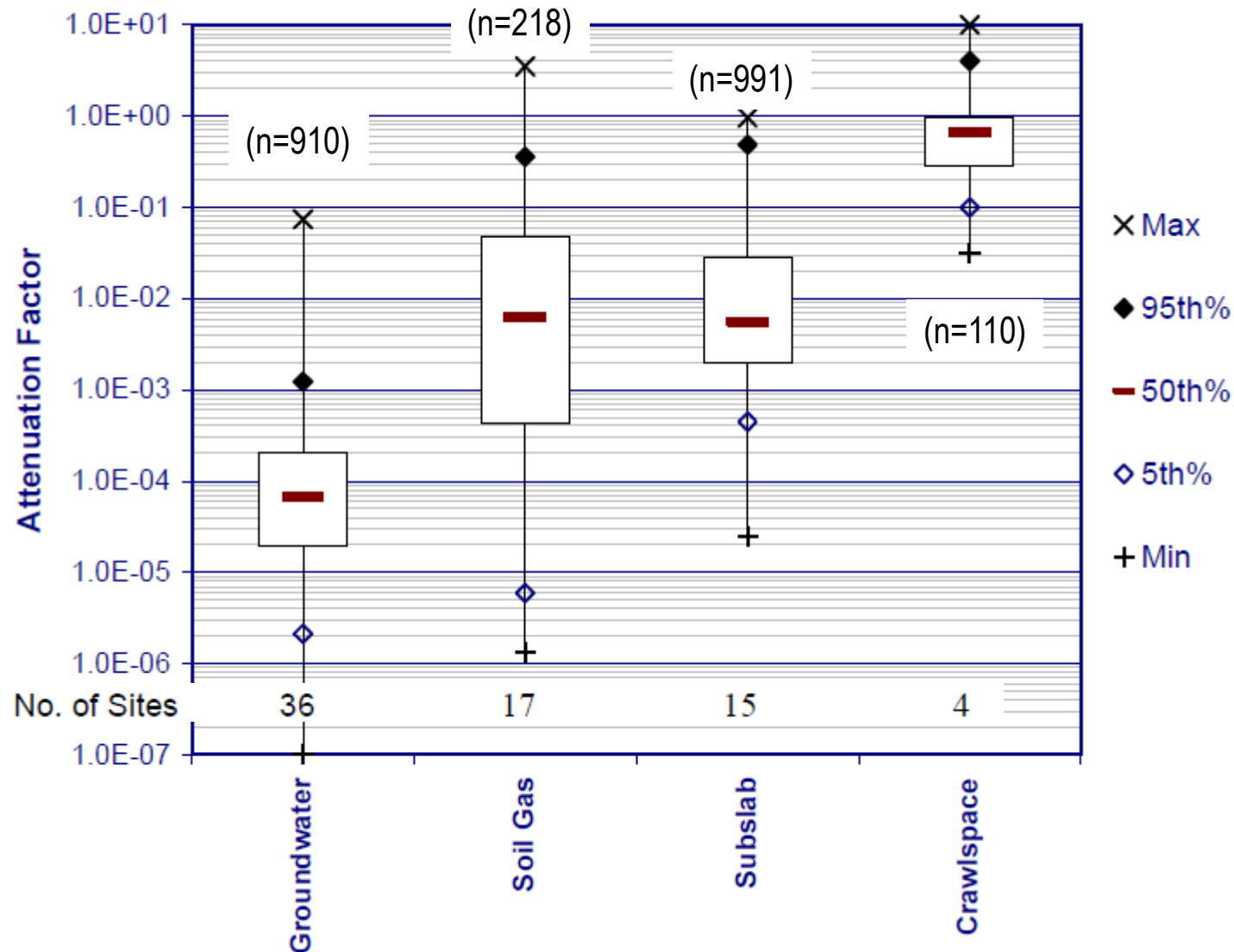
Figure 1. Schéma de principe d'un piézair

- À l'extérieur du bâtiment,
- A l'intérieur du bâtiment (cave, rez-de-chaussée, étage),
- Dans l'air du sol (au droit des pollutions, sous le bâtiment et en dehors des surfaces bâties).

Comment évaluer les risques ?

- **Recours à la modélisation (ER santé humaine)**
- **Idéalement couplé à des mesures de la qualité de l'air sur terrain pour réduire les incertitudes associées à la modélisation**
- **Recours possible à des facteurs d'atténuation empiriques**

$$\alpha = \frac{C_{\text{indoor air}}}{C_{\text{subsurface}}}$$



Valeurs recommandées
(EPA, 2015) :

$$\begin{aligned}\alpha_{\text{gw}} &= 0,001 \\ \alpha_{\text{soil gas}} &= 0,03 \\ \alpha_{\text{subslab}} &= 0,03 \\ \alpha_{\text{crawlspace}} &= 1\end{aligned}$$

Distributions des facteurs d'atténuation pour l'eau souterraine, l'air du sol, la dalle de béton et le vide ventilé (Source : EPA, 2008)

Principaux paramètres intervenant dans l'évaluation des risques par inhalation d'air

➤ Le module (VOLASOIL – RIVM) implémenté dans S-Risk[©] distingue différentes configurations de bâtiments :

- **bâtiment sur vide ventilé**



- **bâtiment sur cave** avec un sol intact ou non



- **bâtiment sur dalle en béton** intacte ou non (pas de cave)



Principaux paramètres intervenant dans l'évaluation des risques par inhalation d'air

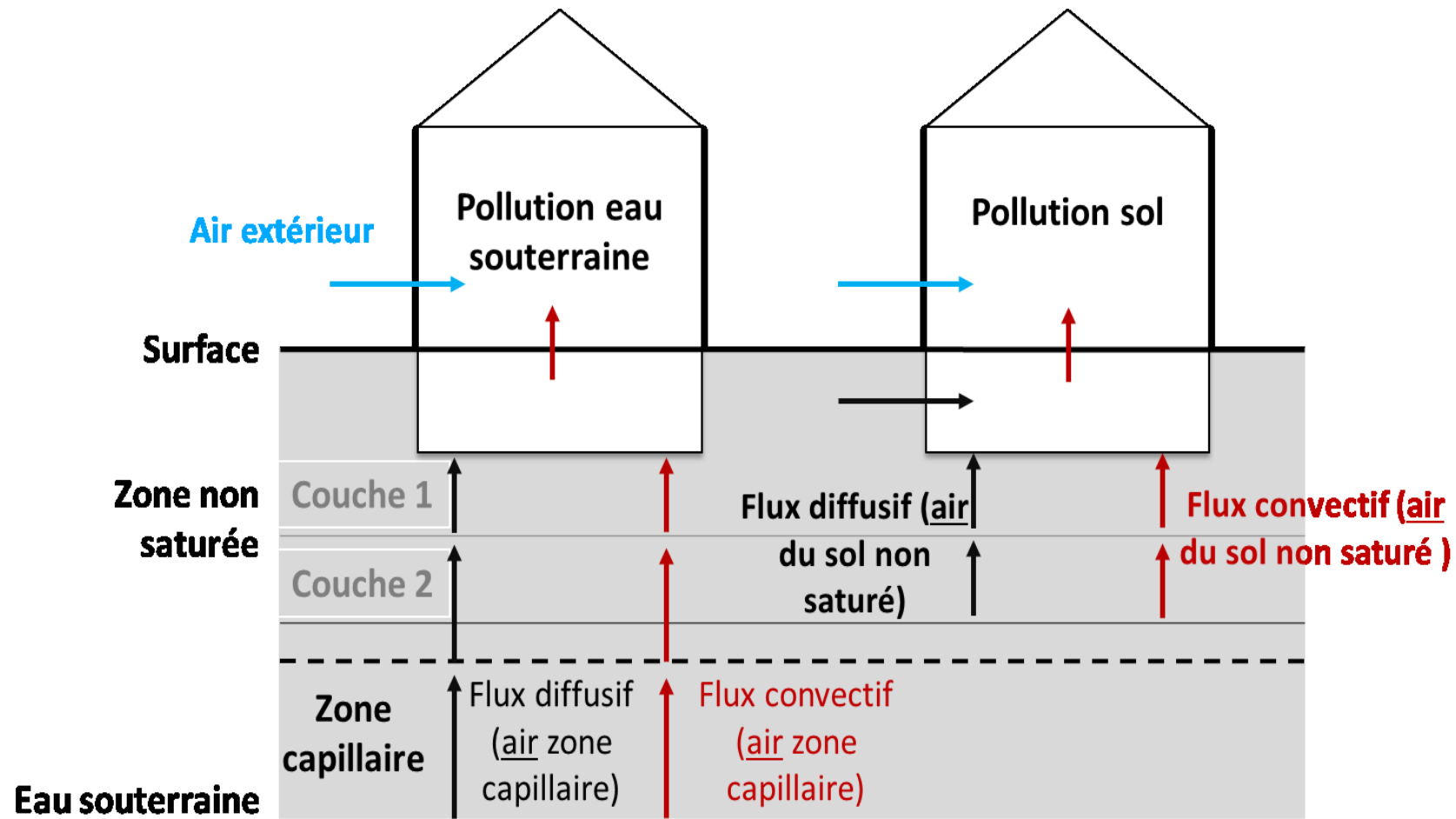
- Le module considère un flux diffusif et un flux convectif dans le sol.
- Le flux convectif est dû à la différence de pression (fonction des propriétés du sol)



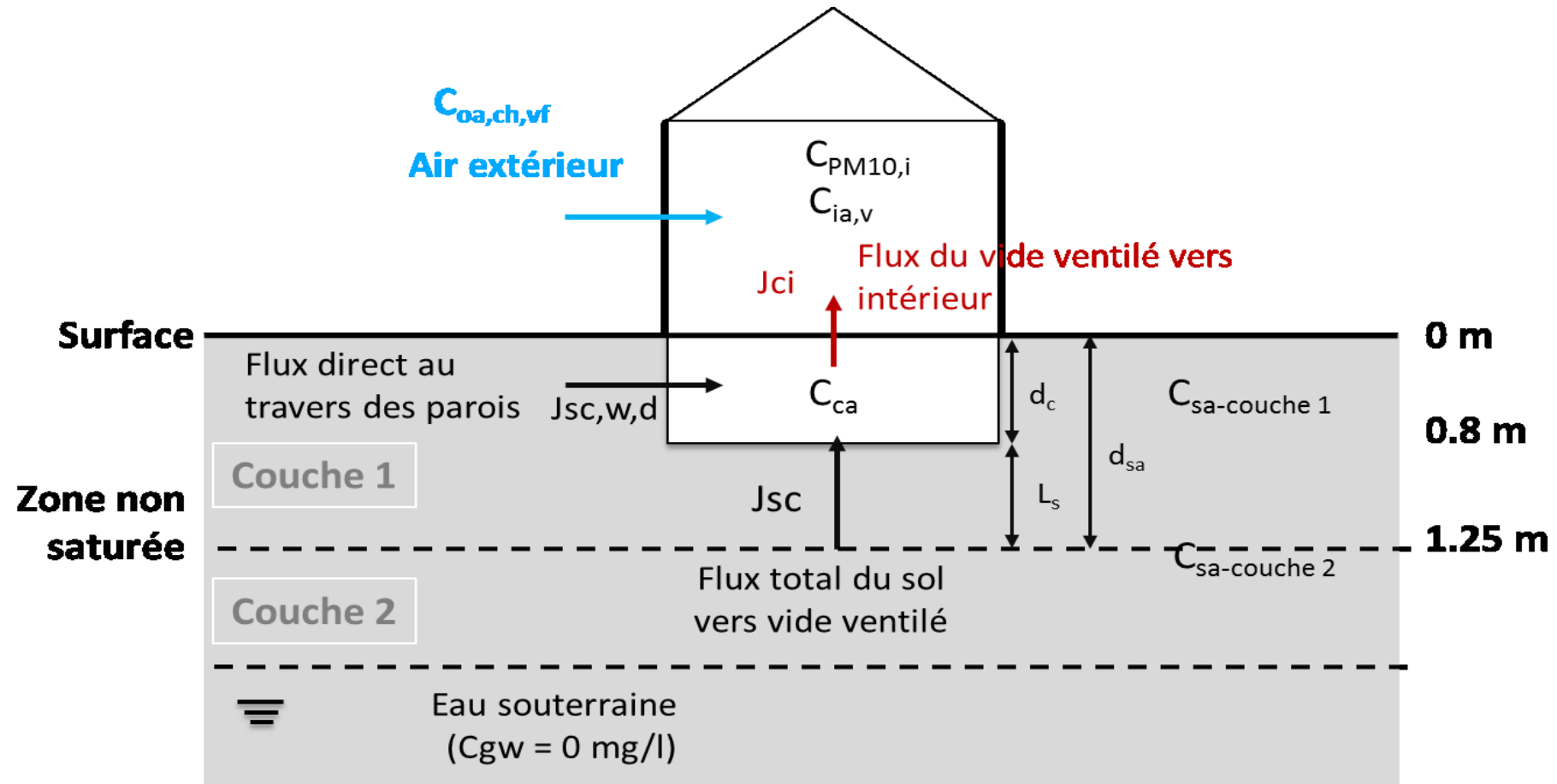
- entre le sol non saturé et l'intérieur de l'habitation (cas d'un bâtiment sur dalle en béton)
- ou entre le sol et la cave/vide ventilé, puis entre la cave/vide ventilé et le rez-de-chaussée

- Les flux pris en considération dépendent de la configuration du bâtiment et de la localisation de la pollution (sol vs eaux souterraines)

Flux implémentés dans S-Risk[®] pour le calcul de la concentration en polluant dans l'air intérieur pour une pollution de l'eau souterraine et du sol



Flux et paramètres implémentés dans S-Risk[®] pour le calcul de la concentration en polluant dans le vide ventilé et dans l'air intérieur à partir d'un sol pollué (cas d'une maison avec vide ventilé)



Paramètres intervenant pour le calcul du flux (J_{sc}) allant du sol insaturé vers le vide ventilé (supposé être sur terre battue)

Paramètre (terminologie S-Risk®)		Unités
J_{sc}	Flux de contaminant du sol (insaturé) vers le vide ventilé	mg/(m ² .jour)
F_{sc}	Flux d'air du sol vers le vide ventilé	m ³ /(m ² .jour)
→ C_{sa}	Concentration dans l'air du sol	mg/m ³
→ L_s	Longueur de la zone comprise entre la limite supérieure de la pollution (toit de la deuxième couche de sol) et la base du vide ventilé	m
D_{eff}^{sa}	Coefficient de diffusion effective pour la volatilisation au travers de la base du vide ventilé	m ² /jour
d_{sa}	Profondeur de la limite supérieure de la pollution par rapport au niveau du sol	m
→ d_c	Profondeur de la base du vide ventilé par rapport au niveau du sol	m
L_{bs}	Epaisseur de la zone tampon	m
L_i	Epaisseur de la couche de sol i (sous-entendu sous le vide ventilé)	m
→ ΔP_{sc}	Différence de pression entre le sol et le vide ventilé	Pa
K_{sa}	Conductivité à l'air de la couche de sol	m ² /(Pa.jour)
$K_{v,eff}$	Perméabilité effective à l'air du sol	m ²
η	Viscosité dynamique de l'air	Pa.jour
$K_{v,i}$	Perméabilité effective à l'air de la couche de sol i	m ²

Paramètres intervenant pour le calcul du flux (J_{sc}, w, d) flux au travers des parois du vide ventilé

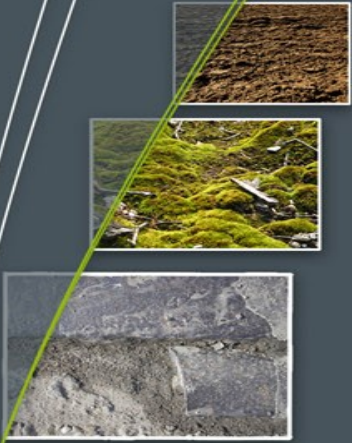
Paramètre (terminologie S-Risk®)		Unités
$J_{sc,w,d}$	Flux de contaminant direct au travers des parois du vide ventilé	mg/(m ² .jour)
$F_{sc,w,d}$	Flux d'air direct du sol au travers des parois du vide ventilé	m ³ /(m ² .jour)
C_{sa}	Concentration dans l'air du sol	mg/m ³
$L_{s,w,d}$	Distance de transfert pour le calcul du flux direct au travers des parois du vide ventilé fixée à une distance minimale L_{bs} (zone tampon)	m
$D_{eff,w}^{sa}$	Coefficient de diffusion effective dans l'air des parois du vide ventilé	m ² /jour
→ D_{eff}^{wa}	Coefficient de diffusion effective dans les parois du vide ventilé	m ² /jour
→ $\varepsilon_{v,w}$	Porosité remplie d'air des parois du vide ventilé	-
D_a	Coefficient de diffusion dans l'air	m ² /jour

Paramètres intervenant pour le calcul du flux (J_{ci}) du vide ventilé vers l'intérieur du bâtiment

Paramètre (terminologie S-Risk®)		Unités
J_{ci}	Flux de contaminant du vide ventilé vers l'intérieur du bâtiment	mg/(m ² .jour)
F_{ci}	Flux d'air du vide ventilé vers l'intérieur du bâtiment	m ³ /(m ² .jour)
C_{ca}	Concentration dans le vide ventilé	mg/m ³
→ K_f	Conductivité à l'air du béton	m ² /(Pa.jour)
→ ΔP_{ci}	Différence de pression entre vide ventilé et intérieur du bâtiment	Pa
→ L_f	Epaisseur de la dalle	m
→ f_{of}	Nombre d'ouvertures dans la dalle	m ² /m ²
→ n_f	Nombre d'ouvertures par unité de surface	1/m ²
η	Viscosité dynamique de l'air	Pa.jour
vv_c	Taux d'échange d'air dans le vide ventilé	1/jour
→ $vv_{c,b}$	Taux d'échange d'air basique dans le vide ventilé	1/jour
$F_{sc,w,d}$	Flux d'air direct au travers des parois du vide ventilé	m ³ /(m ² .jour)
$F_{sc,w,i}$	Flux d'air indirect au travers des parois du vide ventilé	m ³ /(m ² .jour)
→ A_f	Surface au sol du vide ventilé	m ²
→ $A_{w,d}$	Surface des parois du vide ventilé pour le calcul du flux direct	m ²
→ $A_{w,i}$	Surface des parois du vide ventilé pour le calcul du flux indirect	m ²
→ V_c	Volume du vide ventilé	m ³

Plan

1. **Redéveloppement des terrains pollués : les enjeux fondamentaux de la maîtrise des risques**
2. **Evaluer les risques de l'intrusion de vapeurs dans les bâtiments**
3. **Mesures constructives pour la maîtrise des risques résiduels**



Intérêts des mesures d'aménagement et constructives ?

- **Complément aux techniques d'assainissement pour assurer l'adéquation de la pollution résiduelle avec l'usage prévu**
- **Sécurité complémentaire pour le projet d'aménagement**
- **Coûts moindres et plus grande efficacité que si elles devaient être mises en oeuvre par défaut après l'aménagement**
- **Protection contre les pollutions résiduelles lorsque les limites techniques des procédés sont atteintes.**

- 1° **PRINCIPE: limiter les voies d'échanges gazeux dans les bâtiments**
- 2° **PRINCIPE: éviter l'accumulation des composés volatils**
- 3° **PRINCIPE: définir une voie préférentielle d'évacuation des volatils**

Toute mesure constructive doit faire l'objet d'un dimensionnement préalable, réalisé par un expert selon un objectif clairement exprimé. L'intuition et l'empirisme doivent être écartés.

Source : Formation "Construire sur un terrain pollué" – Domaine Le Chesnoy – Novembre 2017

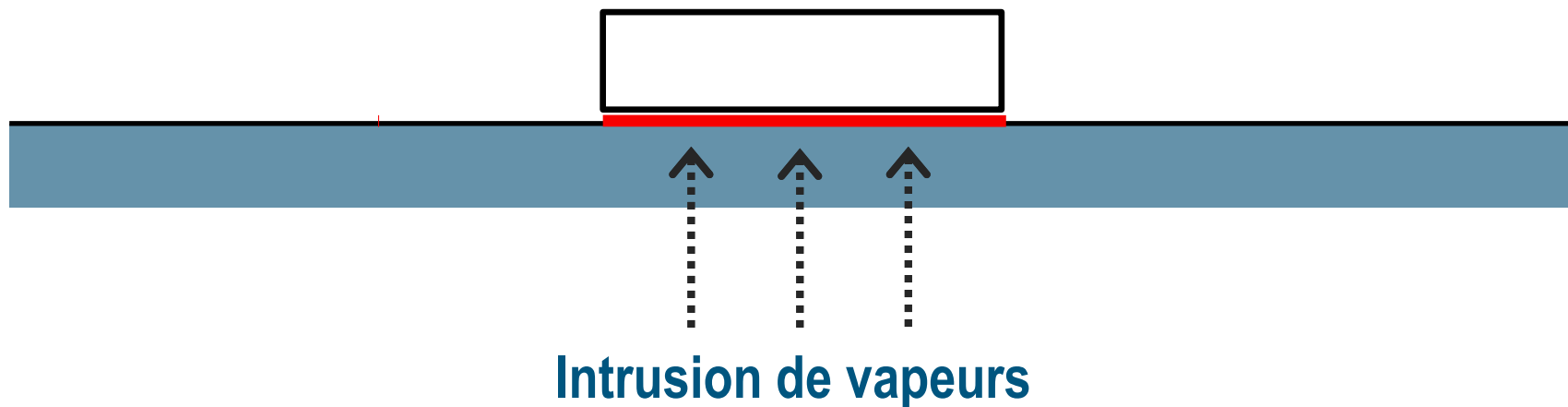
Quelques exemples de mesures constructives



Inhalation

1° PRINCIPE: limiter les voies d'échanges gazeux dans les bâtiments

Les techniques visent à créer une rupture physique entre les sources d'émissions gazeuses et l'intérieur des bâtiments: INTERFACE



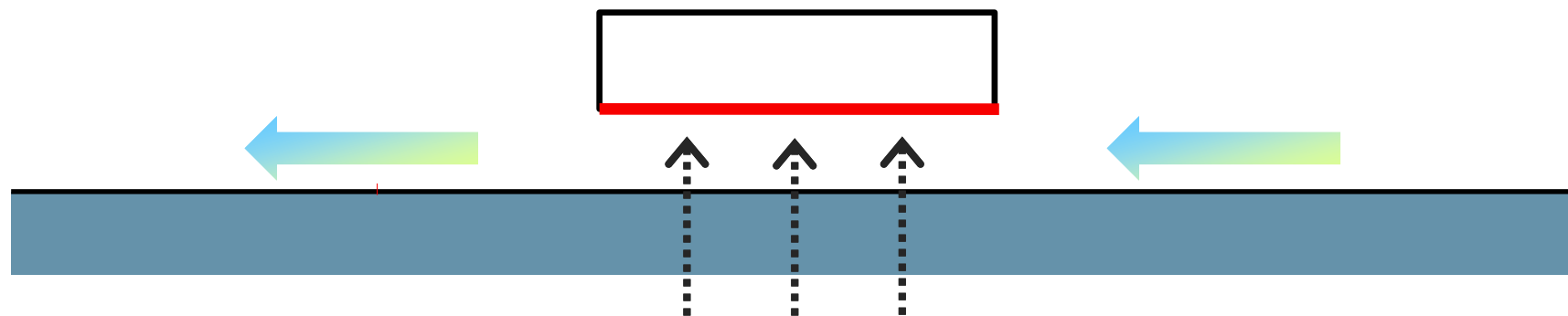
Intrusion de vapeurs



Inhalation

1° PRINCIPE: limiter les voies d'échanges gazeux dans les bâtiments

Les techniques visent à créer une rupture physique entre les sources d'émissions gazeuses et l'intérieur des bâtiments: **DESOLIDARISATION**



Intrusion de vapeurs

1° PRINCIPE: limiter les voies d'échanges gazeux dans les bâtiments



Construction d'un centre commercial sur pilotis avec parking au rez



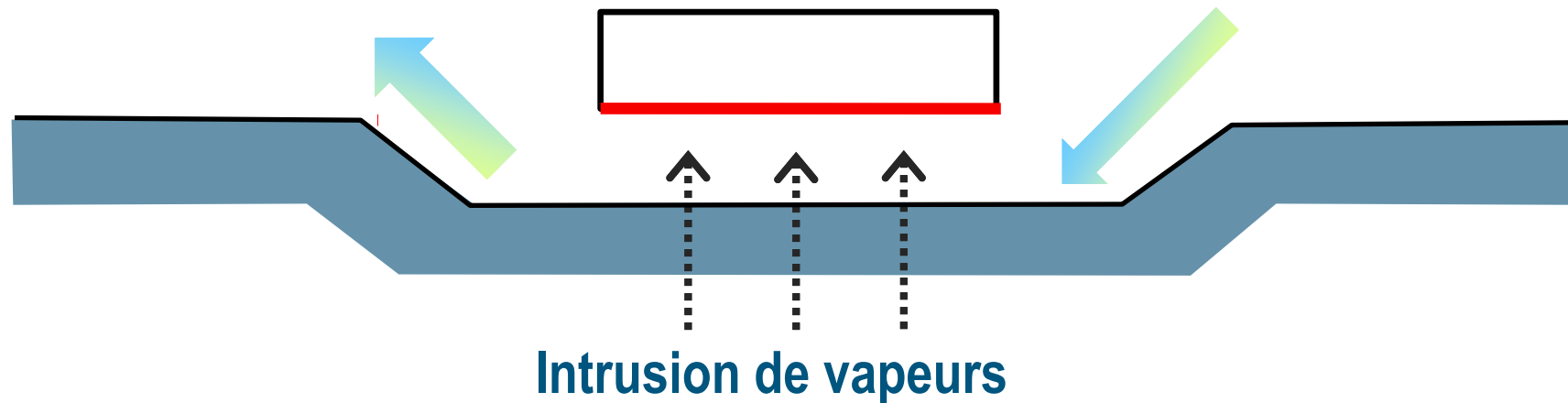
Vide-ventilé

1° PRINCIPE: limiter les voies d'échanges gazeux dans les bâtiments



Inhalation

Les techniques visent à créer une rupture physique entre les sources d'émissions gazeuses et l'intérieur des bâtiments: **DESOLIDARISATION**



1° PRINCIPE: limiter les voies d'échanges gazeux dans les bâtiments



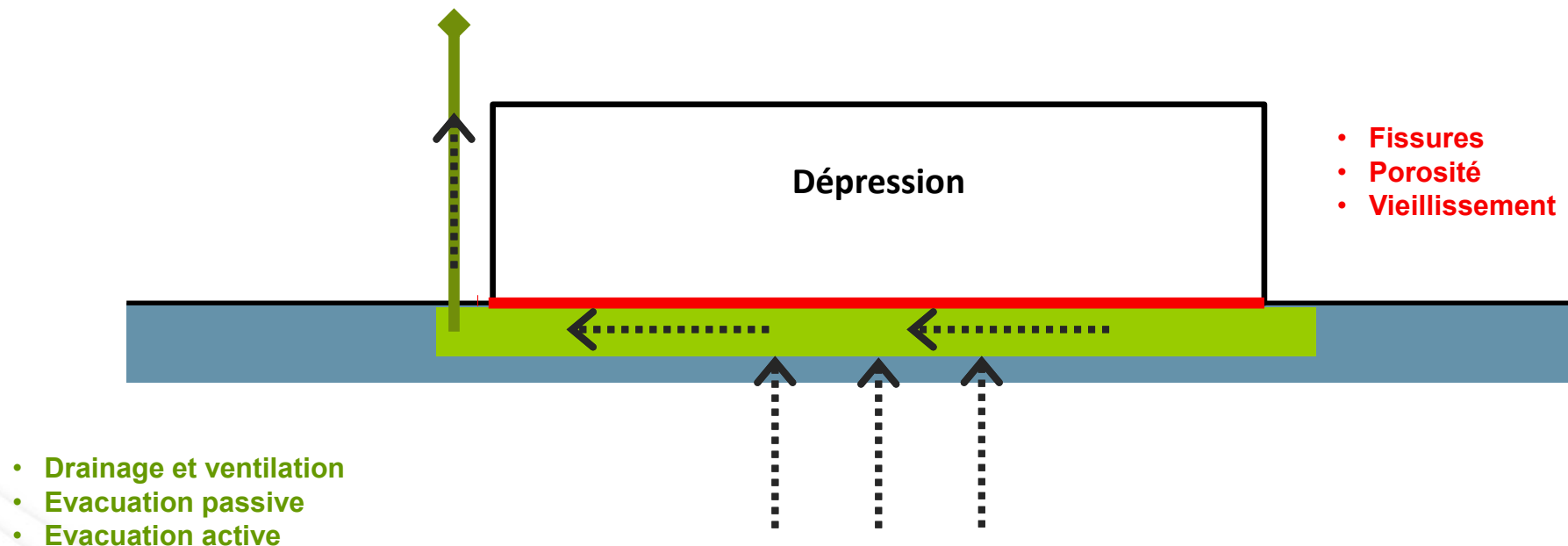
Construction d'un hôtel sur un site pollué à Mons

Illustrations: VanderValk



- 1° PRINCIPE: limiter les voies d'échanges gazeux dans les bâtiments
- 2° PRINCIPE: éviter l'accumulation des composés volatils
- 3° PRINCIPE: définir une voie préférentielle d'évacuation des volatils

La dépression au sein des bâtiments à cause de la ventilation, des différences de températures internes et externes, favorise la pénétration des éléments gazeux à l'intérieur. Ceux-ci utilisent les voies préférentielles des bâtiments.





Aucun matériau n'est étanche à 100% et sur le long terme ! Il convient de travailler en « sandwich » en prévoyant différentes couches capables de palier au déficit d'une ou plusieurs couches.

- **Couche de drainage avec ventilation**
- **Étanchéité**
- **Dalle** (en béton avec superplastifiant pour réduire les fissurations et augmenter l'étanchéité)
- **Limiter les percements dans la dalle pour les impétrants et préférer les percements dans les murs**
- **Assurer d'office une bonne ventilation naturelle des locaux.**

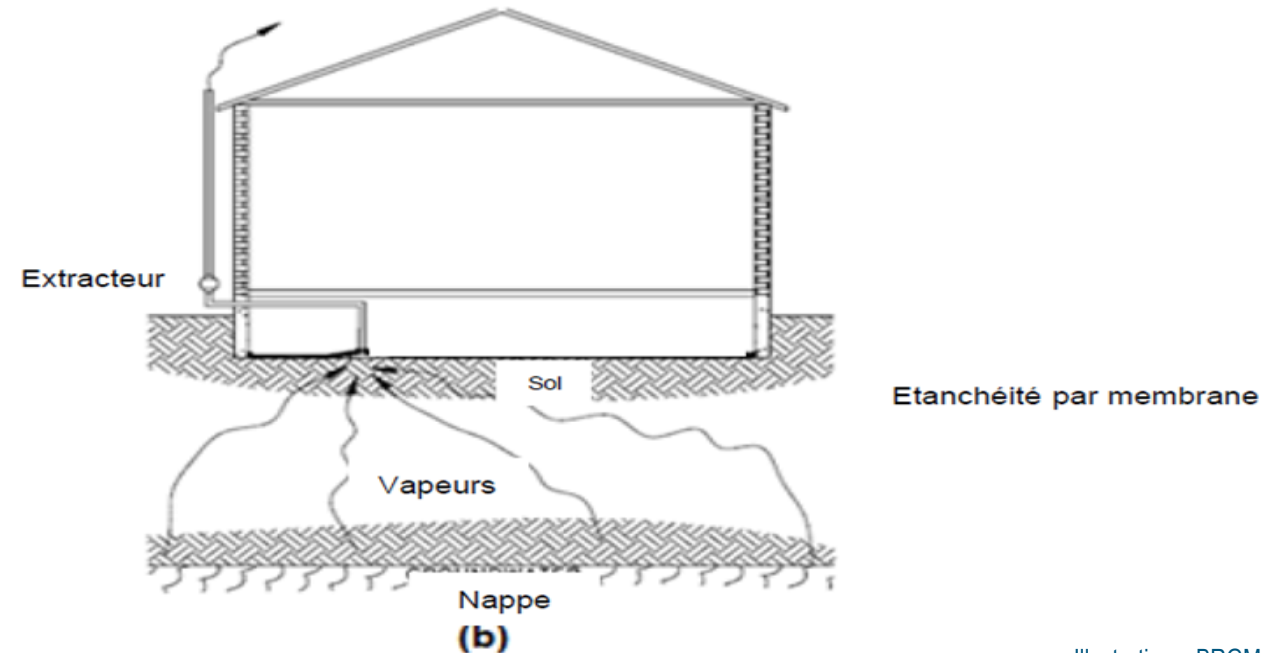
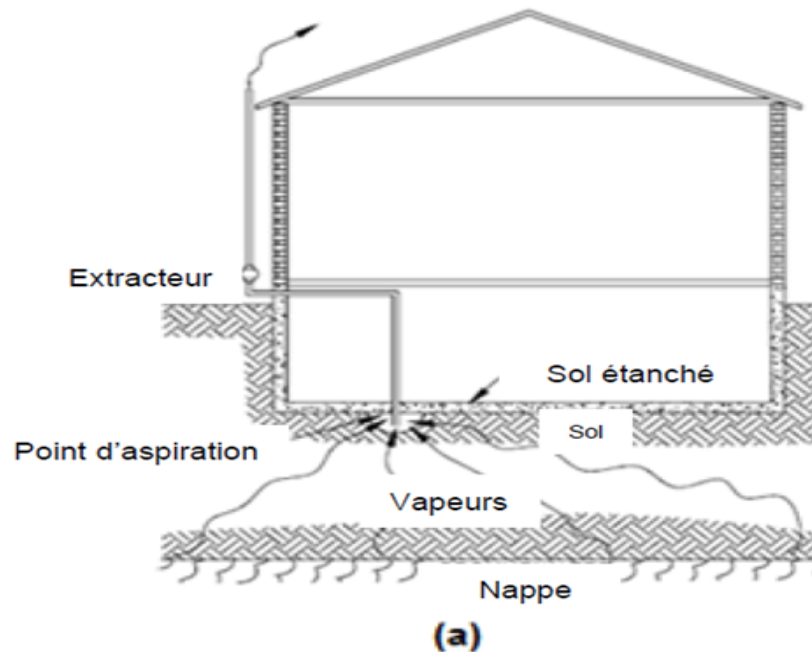
Types d'intervention dans un bâtiment existant sur base d'une étude préalable:

- Colmater les fissures et toute entrée
- Assurer la ventilation naturelle des lieux
- Etanchéifier les sols
- Poser un réseau de drainage avec une évacuation passive vers l'extérieur
- Installer un extracteur pour forcer la ventilation si besoin



Types d'intervention sur la source sous le bâtiment sur base d'une étude préalable

- Drainage des gaz sous la dalle par une mise en dépression
- Mise en place d'une couche drainante avec un réseau de drains avec une évacuation active vers l'extérieur
- Placement d'une étanchéité imperméable au gaz sous la dalle



Illustrations: BRGM

Conclusions

- **Peut-on construire sur un terrain pollué ?**
 - Oui, à condition de maîtriser les risques associés à la pollution (résiduelle ou non).
 - Cela implique une caractérisation suffisante et adéquate de la pollution.
- **Ne jamais perdre de vue qu'aucun modèle n'est parfait !**
 - Ne pas hésiter à recourir à des mesures de la qualité de l'air (extérieur, intérieur et air du sol) qui permettent de réduire les incertitudes inhérentes à la modélisation.

Merci pour votre attention 😊



Maryline Moutier : m.moutier@ram-ses.eu

Henri Halen : h.halen@ram-ses.eu

Stéphane Verstraete : Stephane.Verstraete@dcenvironment.be