

COMMENT GERE-T-ON UN SITE POLLUE pour la protection des usagers et des riverains?

Acteurs, enjeux, questions/réponses, votre rôle



Objectifs de la rencontre



Consolider l'approche
grâce à vous

Vous apporter des
réponses et expliquer
ce qui peut être fait



Sommaire (1/2)

I. Comment définir la situation ?

- Le site près de chez vous
- Quelles sont les conséquences possibles de l'ancienne activité ?
- Qui s'en occupe ?
- Où en est-on pour le site qui vous concerne ?

II. Diagnostic des milieux et caractérisation du site

- Etude historique et documentaire
- Visite(s) du site
- Diagnostic de l'état des milieux

Sommaire (2/2)

III. Evaluation des transferts possibles

- Mesure des transferts

IV. Exposition des personnes

- Modèle conceptuel
- Scénarios
- Calcul d'une concentration d'exposition

V. Caractérisation des risques sanitaires

Comment définir la situation ?



Définition de
la situation

Diagnostic des milieux
Caractérisation du site

Evaluation des
transferts
possibles

Exposition des
personnes

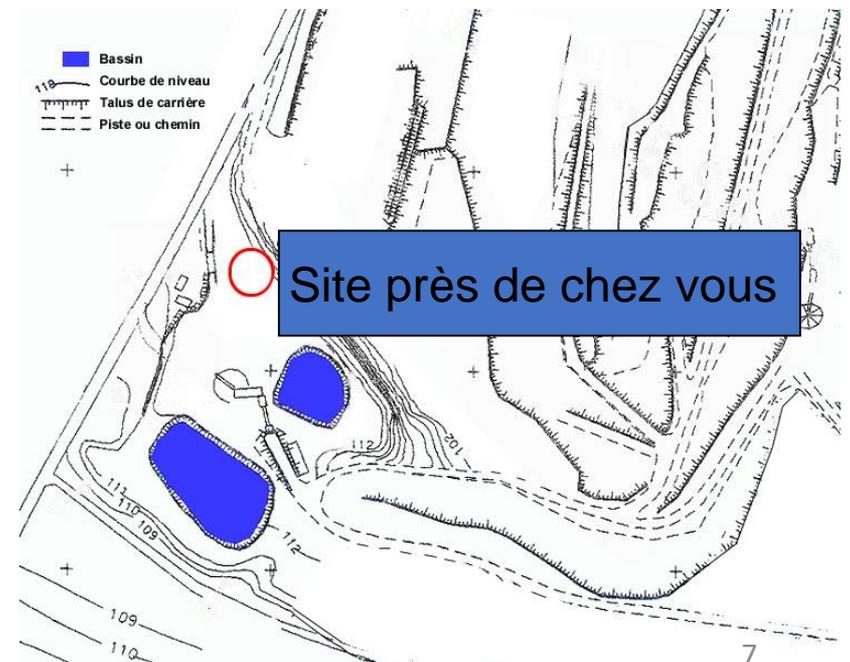
Caractérisation des
risques sanitaires

Partout en France, on a hérité d'un passé ...

- Passé industriel, accidents ...
- Fuites, décharges, dépôts, retombées
 - 300 000 sites potentiels
 - 6 500 sites appelant une action des pouvoirs publics
- Des produits chimiques souvent rencontrés :
 - les hydrocarbures (essence, diesel, mazout ...),
 - pesticides,
 - Solvants (de peintures, de pressing ...),
 - Métaux (plomb, zinc ...),
 - ...

Le site près de chez vous

- « Le site que l'on cherche à caractériser est ... »
- Son histoire : « en 1896 ... »
- « On y fabriquait ... »
- « Les produits en cause sont ... »
- Où est-il situé ?



Et vous ?

- Vous en souvenez vous ?
- Qu'avez-vous remarqué éventuellement ?
- Alternative selon le processus en cours

Si on dispose de plans et d'un historique

- Etes vous d'accord avec les plans ?

Si on n'a rien

- Nous allons faire une étude historique ... et ce que vous pouvez nous dire peut nous guider dans nos recherches

Quelles sont les conséquences possibles de l'ancienne activité ?

Les produits laissés sur le site peuvent avoir pollué les sols ?

Si les niveaux que l'on mesure sont très élevés, ils sont pollués / impactés.

Si les sols sont impactés, l'eau qui ruisselle dessus ou qui s'infiltré peut être contaminée aussi.

Les produits dans le sols peuvent laisser échapper des gaz qui polluent aussi l'air.

Dans certains cas, ces gaz peuvent aussi exploser *(le dire si c'est une inquiétude sur le site en question...)*.

ingestion
de produits animaux
(adulte et enfant)

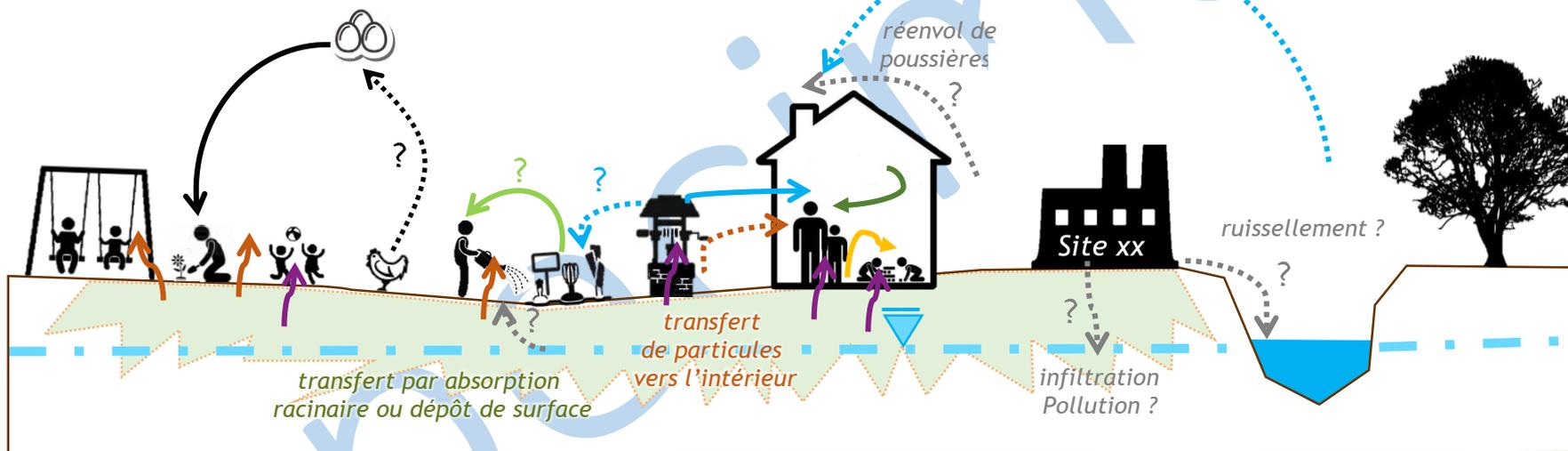
ingestion
de végétaux
(adulte et enfant)

ingestion
de sol
(adulte et enfant)

inhalation de vapeur
(adulte et enfant)

inhalation
de particules
(adulte et enfant)
ingestion
de poussières
(enfant)

ingestion
d'eau
(adulte et enfant)



Voies principales d'exposition

- Ingestion non intentionnelle de sol
- Ingestion non intentionnelle de poussières déposées sur les planchers des bâtiments
- Ingestion de végétaux potagers
- Ingestion de produits dérivés des animaux d'élevage (œufs)
- Ingestion d'eau (arrosage, piscine, etc.)
- Inhalation de particules

Enjeux

- Enfants et adultes

Légende

Transfert potentiel :



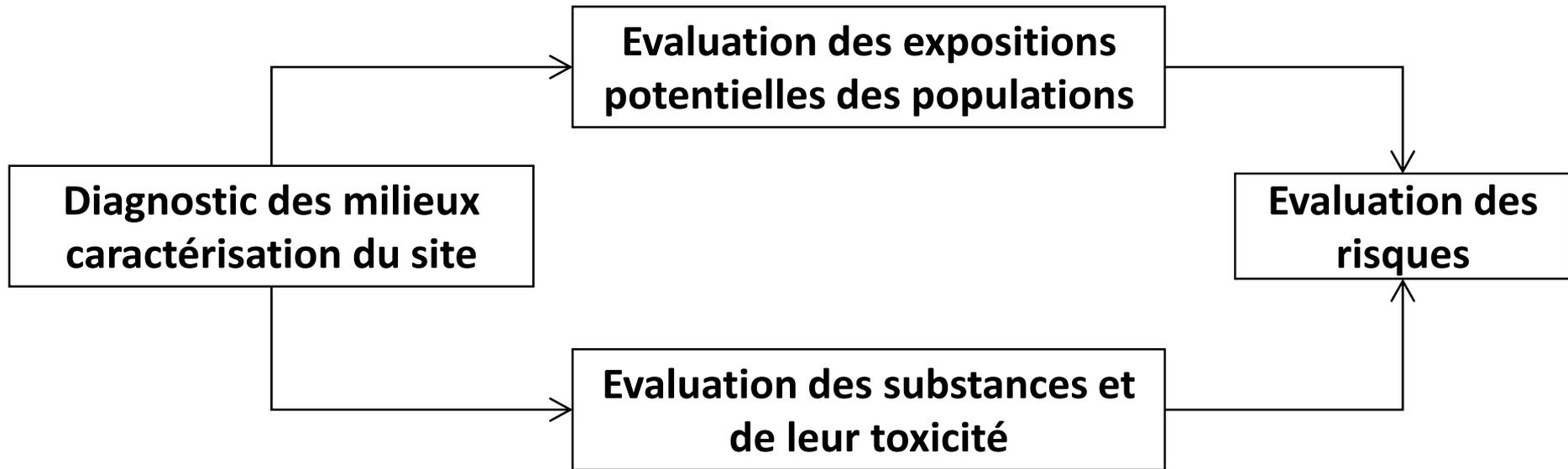
Voie d'exposition :



Nappe souterraine



Comment fait on pour évaluer les risques d'un site pollué? Comment pouvez vous contribuer à cette évaluation ?



Pour qu'il y ait des effets sur la santé, il faut savoir comment les personnes peuvent être en contact avec les polluants s'ils se sont répandus dans l'environnement.

Selon la manière dont vous vivez ici, vous pouvez nous aider à savoir comment vous pouvez être exposés

Diagnostic des milieux et caractérisation du site



Préalablement à tout diagnostic l'évacuation des déchets est essentielle

Définition de
la situation

Diagnostic des milieux
Caractérisation du site

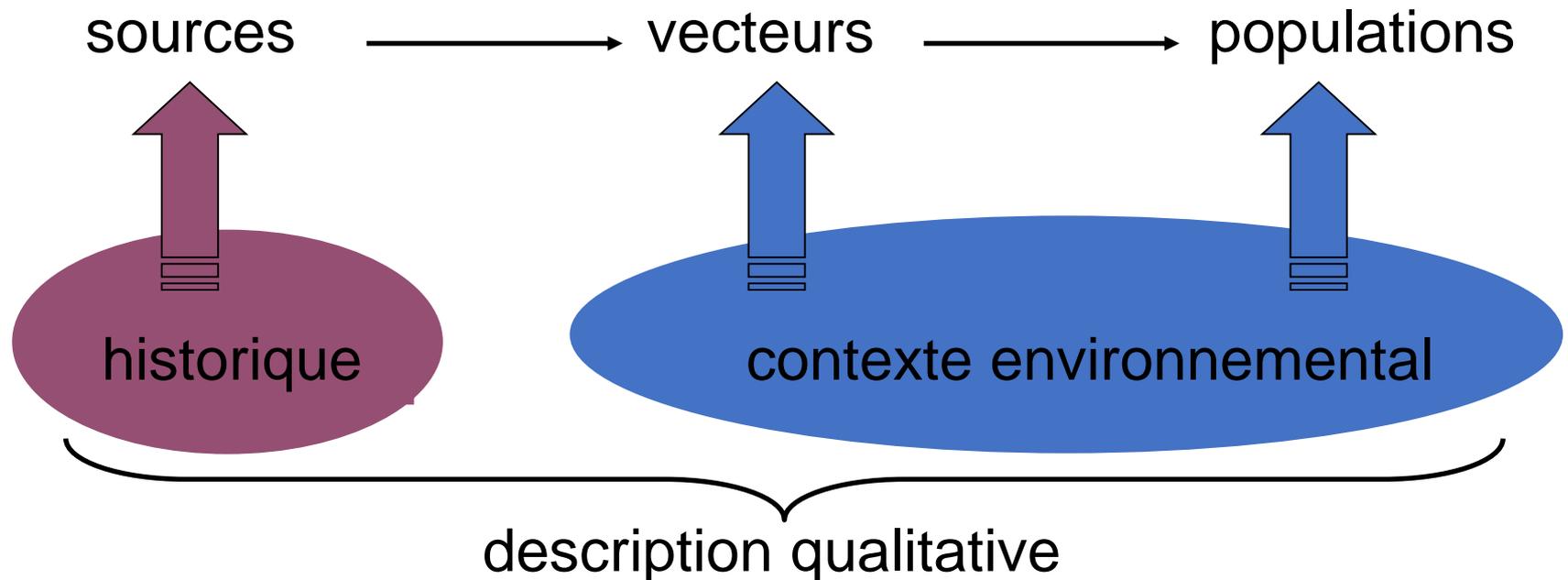
Evaluation des
transferts
possibles

Exposition des
personnes

Caractérisation des
risques sanitaires

Structuration de l'étude documentaire

- Trois étapes
 - analyse historique du site
 - étude de la vulnérabilité de l'environnement à la pollution
 - visite(s) du site et de ses environs immédiats



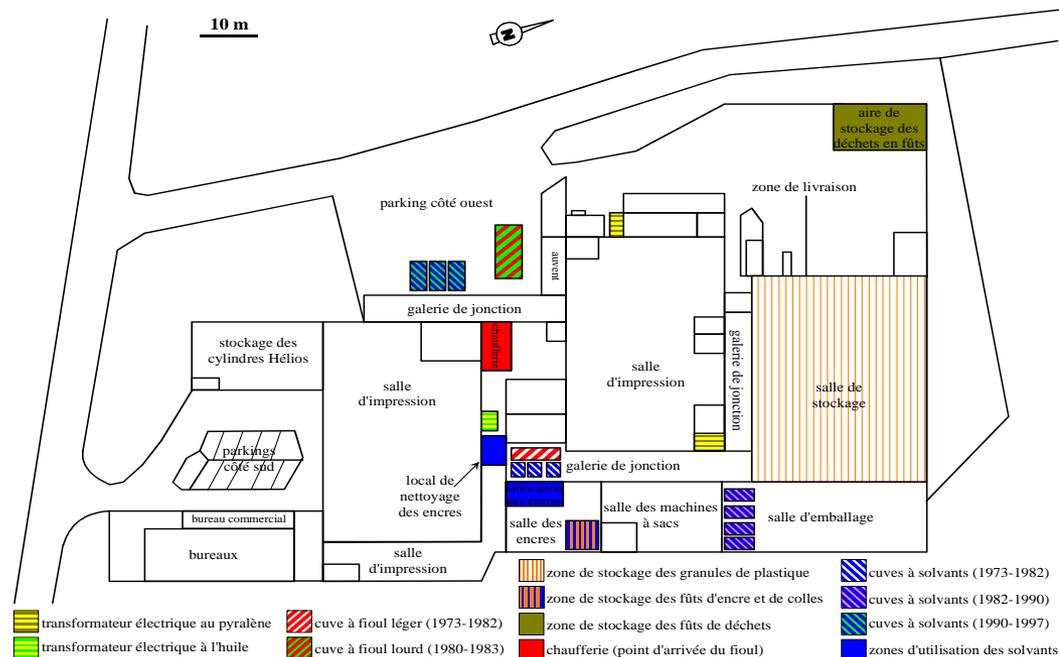
Etude historique et documentaire 1/4

- Comparaison de photos aériennes actuelles et historiques



Etude historique et documentaire 2/4

- Comparaison de photos aériennes actuelles et historiques
- Plan historique du site qui montre ses évolutions
- Plan de synthèse (les produits utilisés, les sources, caractéristiques toxicologiques et physico-chimiques différentes selon la forme des polluants)



Etude historique et documentaire 3/4

- Comparaison de photos aériennes actuelles et historiques
- Plan historique du site qui montre ses évolutions
- Plan de synthèse (les produits utilisés, les sources, caractéristiques toxicologiques et physico-chimiques différentes selon les formes)
- Matrice activité-polluants

Code NAF	Activités industrielles originelles	Hydrocarbures aromatiques	Hydrocarbures arom. polycycliques	Hydrocarbures monocycliques	Hydrocarbures bicycliques	Hydrocarbures acycliques	Hydrocarbures halogénés aliph.	Hydrocarbures halogénés arom.	Hydrocarb. halogénés arom. polycyc	PCB	Organométalliques	Alcools	Phénols	Ethers-oxydes	Acides carboxyliques et sels	Anhydrides d'acides	Halogénures d'acides carbox. et sels	Esters	Aldéhydes	Cétones	Amines	Amides	Nitriles	Nitro	Sulfures	Hétérocycles	Pesticides	Composés à fonctions multiples
		15.8R	Fabrication de condiments et assaisonnements																									
15.9	Industrie des boissons																											
15.9B	Fabrication de spiritueux																											
15.9G	Vinification																											
15.9N	Brasserie																											
15.9T	Production de boissons rafraîchissantes																											
16	Industrie du Tabac																											
	DB INDUSTRIE TEXTILE ET HABILLEMENT																											
17	Industrie Textile																											
17.1	Filature																											
17.1A	Filature de l'industrie cotonnière																											

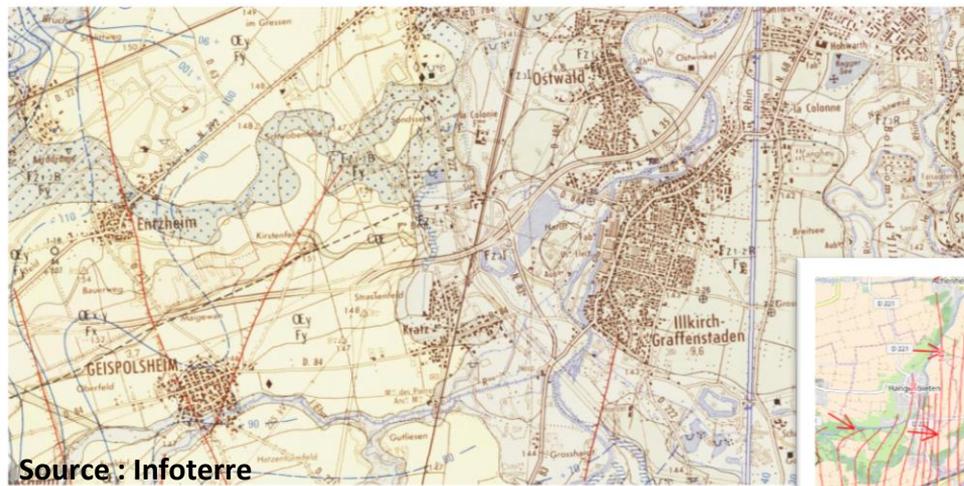
Etude historique et documentaire 4/4

- Comparaison de photos aériennes actuelles et historiques
- Plan historique du site qui montre ses évolutions
- Plan de synthèse (les produits utilisés, les sources, caractéristiques toxicologiques et physico-chimiques différentes selon les formes)
- Tableaux des sources potentielles
- Documents administratifs : **PLU, SDAGE, ARS, archives départementales, archives mairies, préfectures, DREAL ...**

Etude de la vulnérabilité

Quels sont les milieux qui peuvent être impactés ?

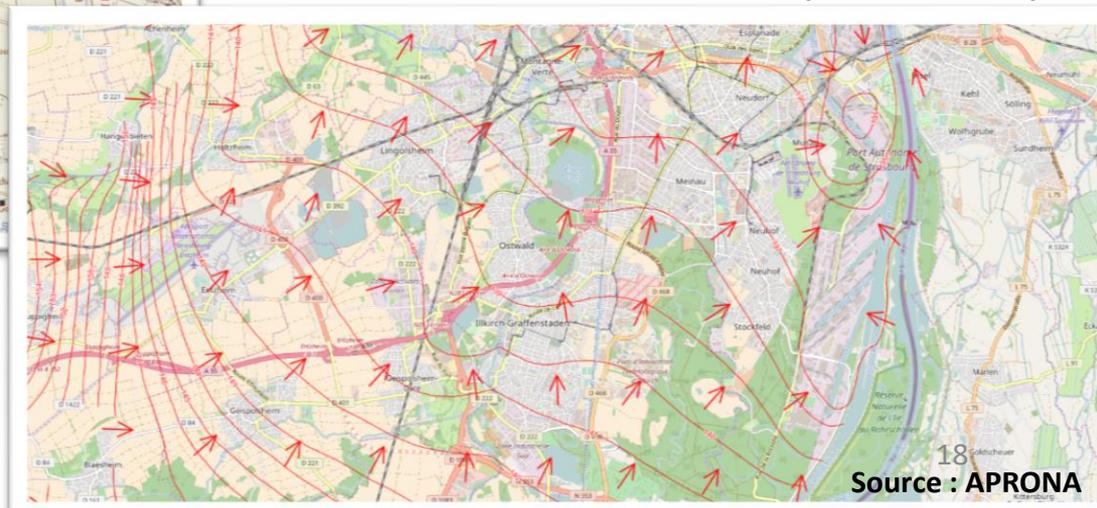
- sols ou sous-sols
- eaux superficielles
- eaux souterraines
- air du sol et air ambiant (intérieur et extérieur)



Source : Infoterre

Carte géologique

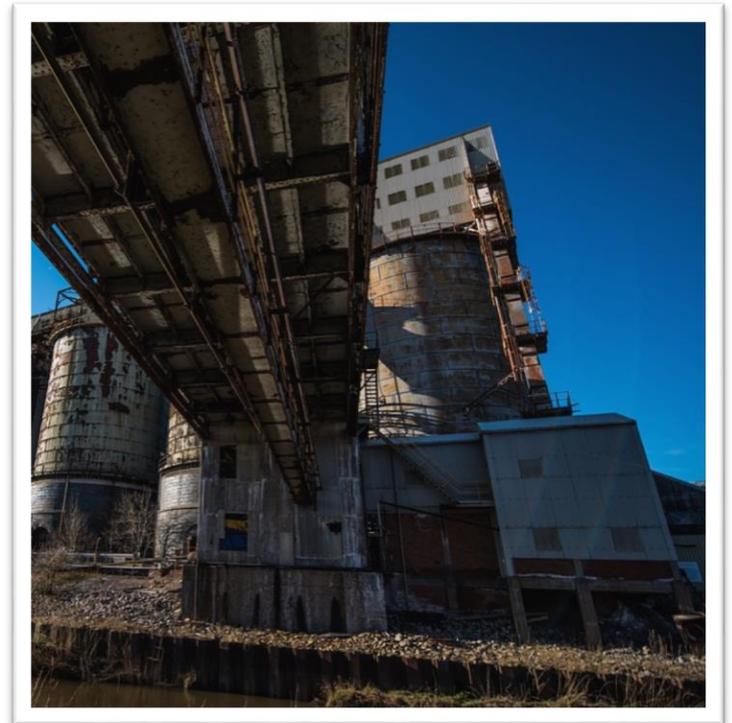
Carte niveau piézométrique



18
Source : APRONA

Visite(s) du site - objectifs 1/3

Réaliser un examen de l'état actuel du site et de ses environs



Visite(s) du site - objectifs 1/3

Réaliser un examen de l'état actuel du site et de ses environs

Evacuation des déchets

Valider les informations collectées précédemment

- corrélation entre cartes et état actuel du site
- localisation précise de certaines structures
- validation visuelle des aires de (dé)chargement, des réseaux...



Visite(s) du site - objectifs 2/3

Acquérir des informations complémentaires :

- Précision sur l'historique du site : recherche de personnes (interview) ou d'organismes spécifiques possédant des archives
- Vous en souvenez vous ?
- Qu'avez-vous remarqué éventuellement ?

Si on dispose de plans et d'un historique

- Etes vous d'accord avec les plans ?

Ce que vous pouvez nous dire peut nous guider dans nos recherches

Visite(s) du site - objectifs 3/3

La visite nous a permis de relever les points influençant la préparation de futures campagnes d'investigations

- définition des conditions d'accès (hauteur, largeur, dénivelé...) et d'éventuelles servitudes
- identification des caractéristiques du site pouvant conditionner l'échantillonnage des différents milieux
 - type d'outils (pelle mécanique, tarière...)
 - utilités spécifiques (électricité, eau, gaz...)
- évaluation des risques pour les opérateurs des investigations

Grille qualitative de sélection des substances

Exemple d'une cokerie

Quelles sont les substances à prendre en compte?

Substances suspectées	Contamination	(Mobilité)	Toxicité (Selon voies) 	Prise en compte ?
Benzène	NON			NON
Toluène	NON			NON
...				
Naphtalène	OUI	+	++ inhalation	OUI
Anthracène	OUI	-	+ inhalation	OUI
Benzo(a)pyrène	OUI*	--	cancérigène	OUI
Benzo(a)anthracène	OUI*	--	cancérigène	OUI
....				
Ferrocyanures	OUI*	Selon conditions	-	NON : les conditions ne conduisent pas au dégagement possible de HCN (contrainte)
Cyanures libres	NON			

Très mobile : ++
Mobile : +
Peu mobile : -
Très peu mobile : --

*dont en surface

Diagnostic de site

Investigations de terrain réalisées

- Dans quels contextes ?
- Avec quels objectifs ?
- Comment notre plan d'échantillonnage a-t-il été dimensionné ?
- Quelles substances ont été recherchées ?
- Quelles matrices environnementales (eaux, sols, air, végétaux) ont été prélevées ?
- Quelles stratégies d'échantillonnage ont été utilisées ?

Diagnostic de site

- Mesures des polluants en différents endroits
- Analyse de la variabilité des résultats selon les points et les profondeurs



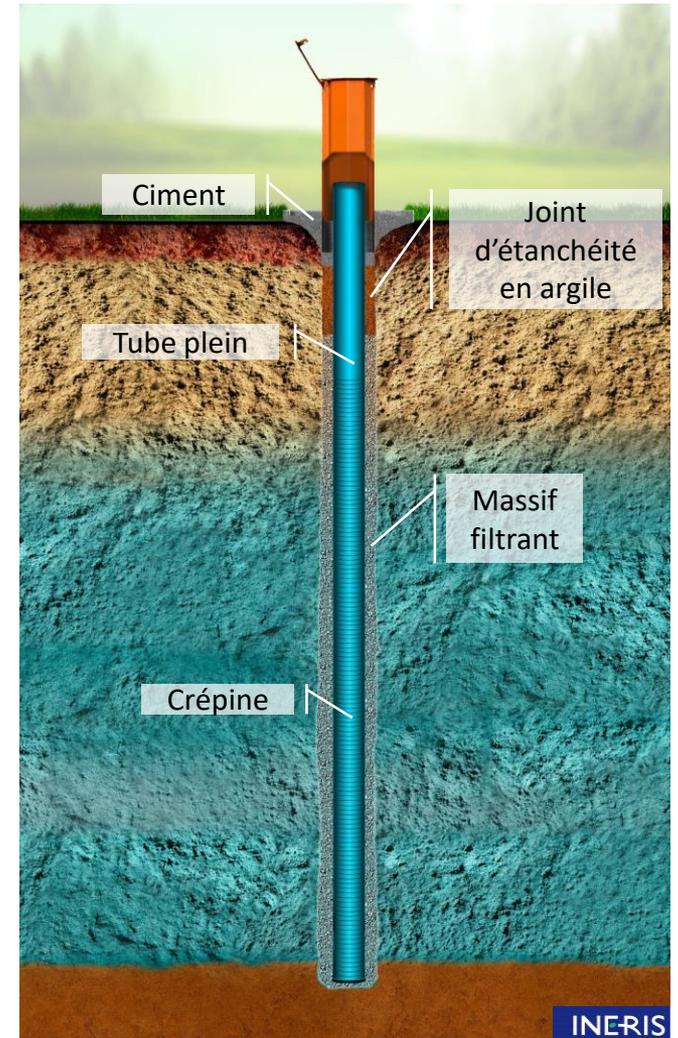
Diagnostic de site

Sondage à l'aide d'une tarière mécanique



Diagnostic de site

Prélèvement d'eau souterraine



A la fin de cette phase, quels sont les résultats ?

On dispose d'une bonne connaissance des produits polluants

On dispose d'une carte de leur répartition dans les sols

On connaît la profondeur de leur pénétration

Les limites sont les suivantes :

On a mesuré les produits que nous imaginions pouvoir trouver, les appareils ne signalent pas ceux qui pourraient s'y trouver en plus et que nous n'avons pas suspecté.

On ne peut pas mesurer partout, on a mesuré tous les endroits que nous pensions pouvoir être concernés.

➡ Il peut être nécessaire de retourner sur le site pour compléter le diagnostic et approfondir les connaissances. La démarche est itérative.

Evaluation des transferts possibles vers les milieux qui concernent les hommes



Définition de
la situation

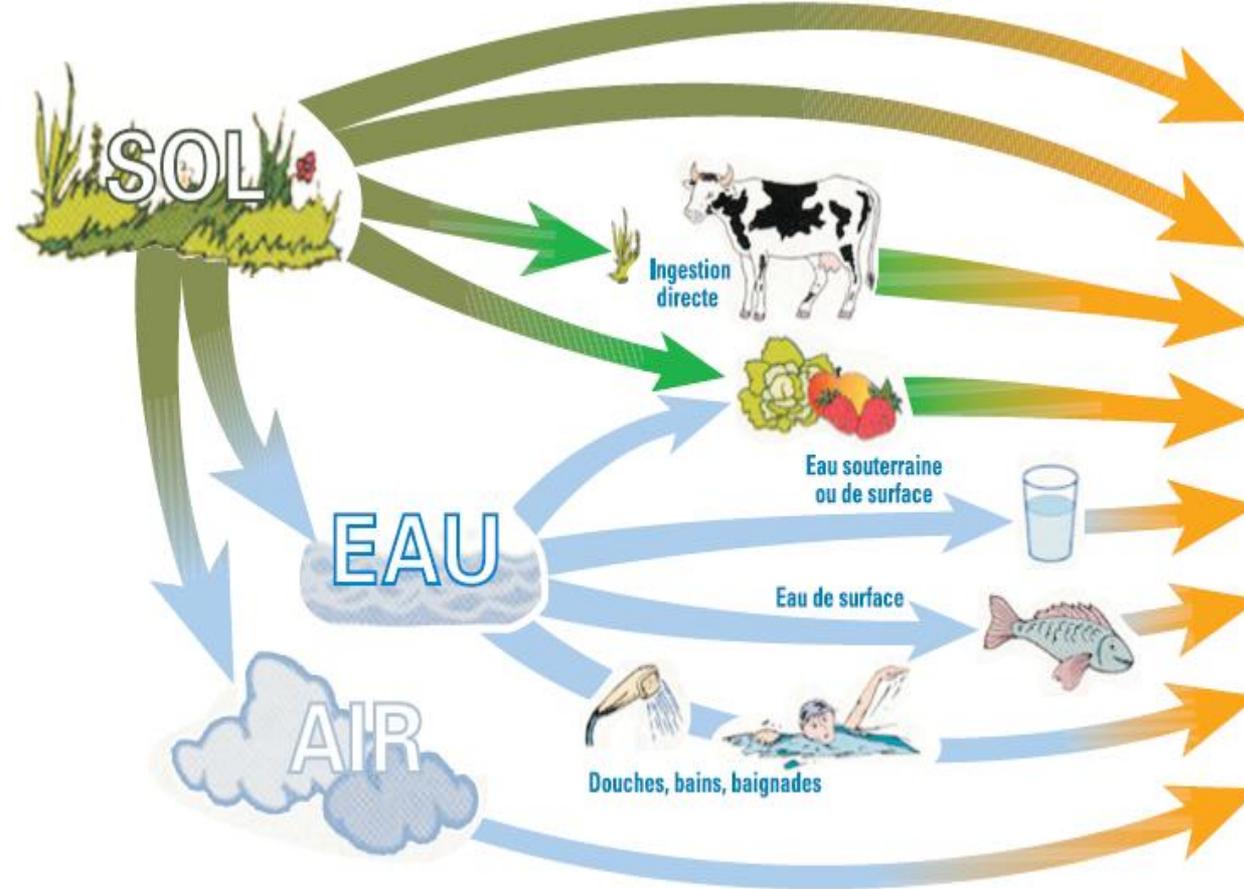
Diagnostic des milieux
Caractérisation du site

Evaluation des
transferts
possibles

Exposition des
personnes

Caractérisation des
risques sanitaires

Evaluation des transferts possibles vers les milieux qui concernent les hommes

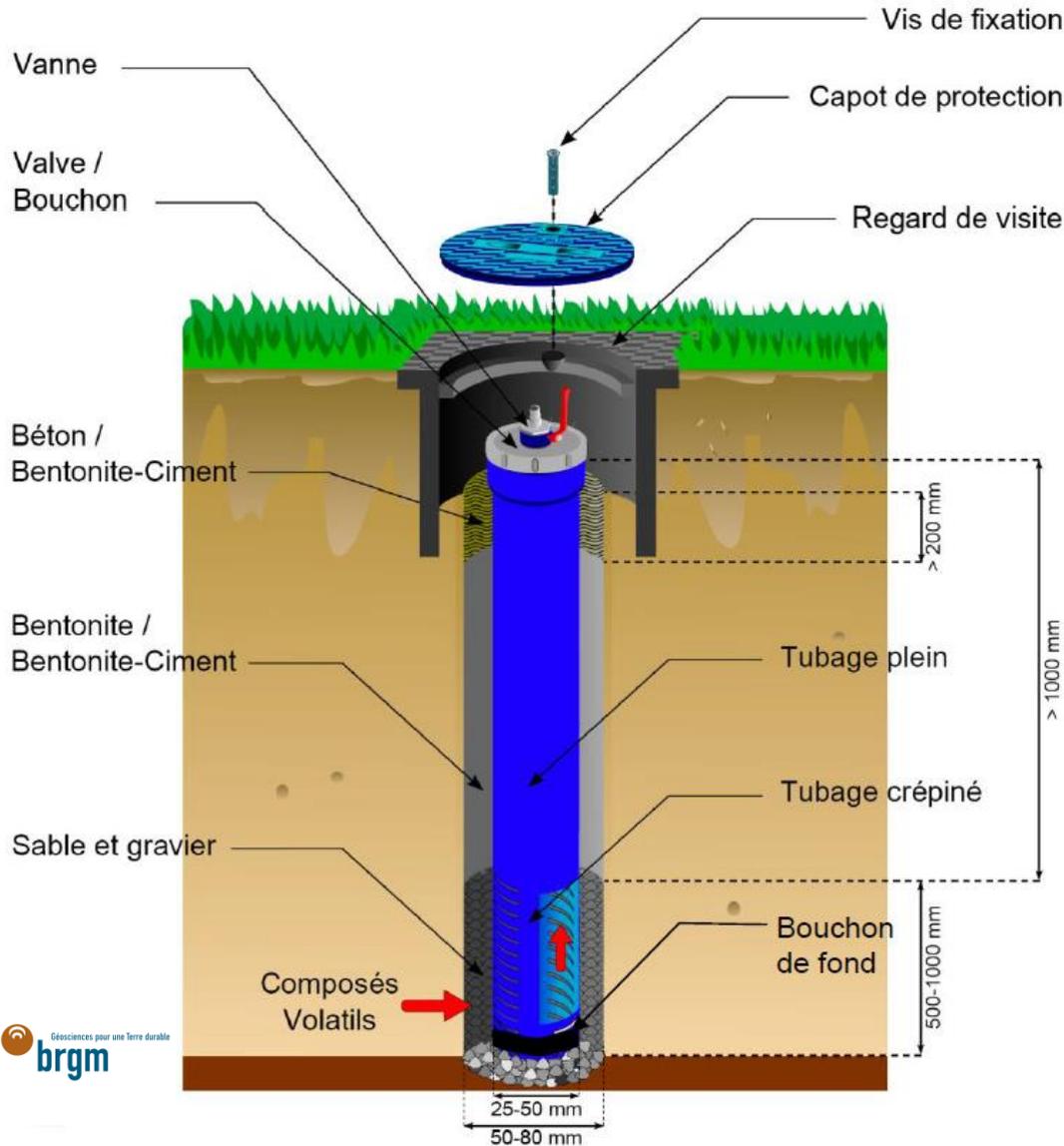


Dans quels milieux vivent les hommes qui habitent près du site ?

Est-ce que ces milieux sont contaminés ?

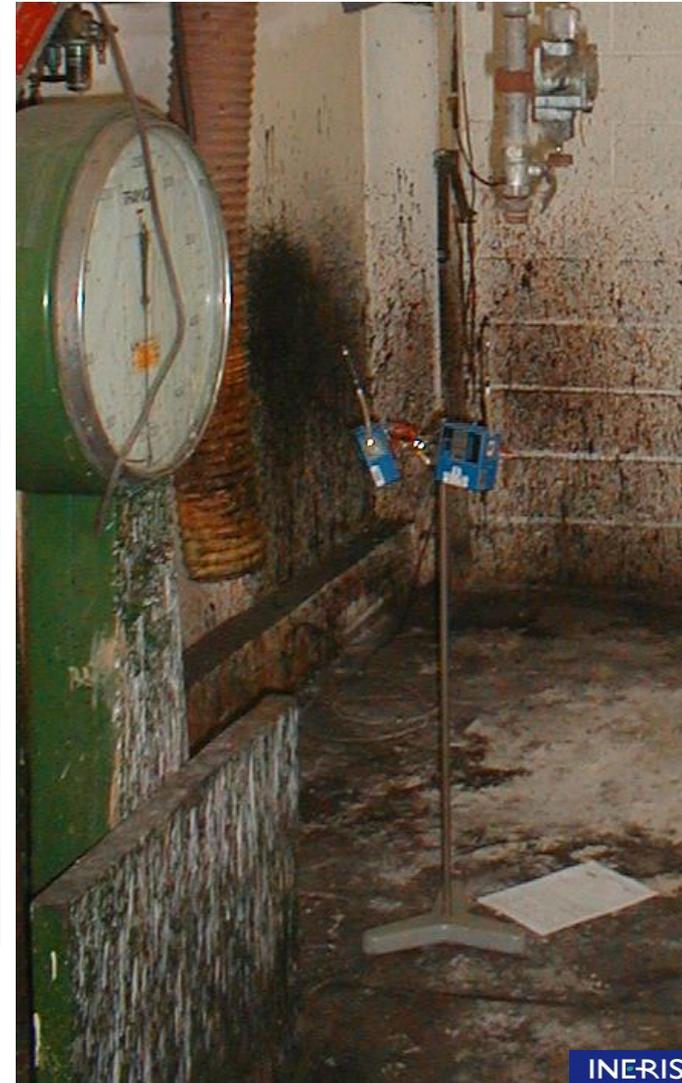
Mesure des transferts

Prélèvement de gaz du sol



Mesure des transferts

Prélèvement d'air intérieur



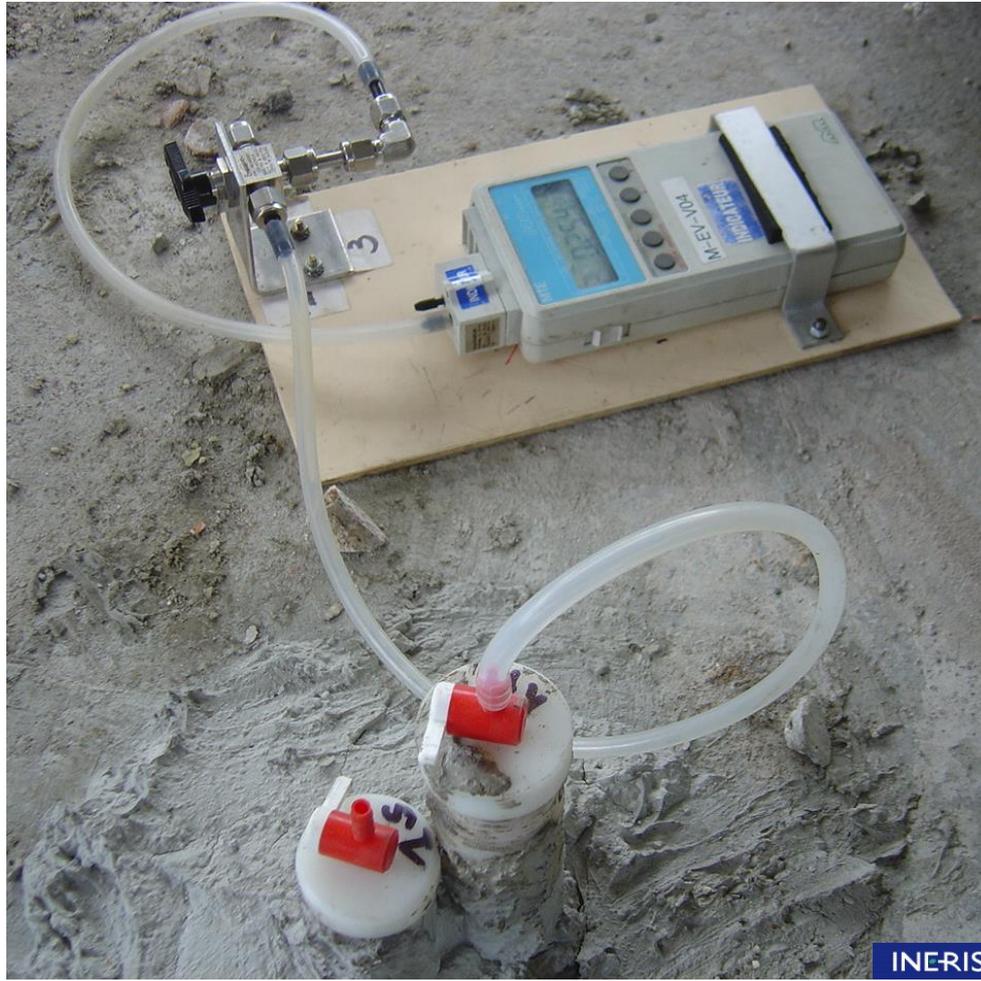
Mesure des transferts

Mesure du flux de polluant volatil émis depuis le sol



Mesure des transferts

Fiche de prélèvement type



INERIS		Fiche signalétique de prélèvement de biogaz, d'air du sol ou d'air atmosphérique		<input type="checkbox"/> biogaz <input type="checkbox"/> air du sol <input type="checkbox"/> air atmosphérique	
DEMANDEUR		PRESTATION			
INTERVENANTS		SITE D'ETUDE (dont commune, département)		DATE	
Opérateur(s) :				REFERENCE DU POINT ETUDE	
Entreprise :					
Direction / Unité :					
REALISATION ET PURGE DES COLONNES	Sondage (ou équivalent)	Sonde (ou équivalent)	Purge de l'ouvrage		
	Type de sondage :	Type de sonde:	Pompe :		
	Profondeur (m) :	Crépine (m) :	Débit (mL/min) :		
	Diamètre (mm) :	Diamètre (mm) :	Durée (min) :		
Type(s) de sol :	Volume de l'ouvrage (L) :	Volume purgé (L) :			
REALISATION DU PRELEVEMENT <small>(plusieurs échantillons possibles lors d'un même prélèvement)</small>		heure de début du prélèvement _____ H	heure de fin du prélèvement _____ H		
Référence échantillon	Autre référence	Support / Conditionnement	Débit (mL/min)	Durée (min)	Volume pompé (L)
					Référence de la pompe
LABORATOIRE(S) DE DESTINATION		moyen de transport	temps de transport		CONDITIONS DE CONSERVATION
INERIS : Chimie organique <input type="checkbox"/> Laboratoire gaz <input type="checkbox"/>					à l'obscurité <input type="checkbox"/> au froid <input type="checkbox"/>
Chimie minérale <input type="checkbox"/> Ecotoxicologie <input type="checkbox"/>					autre (préciser) <input type="checkbox"/>
Autre laboratoire 1 :					
Autre laboratoire 2 :					
DESCRIPTION DE L'ECHANTILLON					
Couleur : oui non		Odeur : Intensité <input type="checkbox"/>	Type d'odeur <input type="checkbox"/>		
Si oui, description :		0. Sans	01. "acide"/phénol	05. fraîche	09. matières fécales
		1. faible	02. ammoniacque	06. H2S	10. solvants
		2. moyenne	03. aromatique	07. huile minérale	11. terre
		3. forte	04. chlorée	08. marée	12. autre, à préciser :
INDICATEURS PHYSICO-CHIMIQUES			CONDITIONS ENVIRONNANTES		
air du sol		atmosphère		jour de prélèvement _____	
PID ou FID (ppm)		Sur-Pression (mbar) AP : _____ P : _____		Conditions météorologiques (température, pluie, vent, pression) _____	
% O2 (vol)		Type de revêtement du sol _____		Vide sanitaire ou cave ou autre _____	
% CO2 (vol)		Conditions de ventilation / exposition au vent : _____		Milleu environnant (urbain...): _____	
% CH4 (vol)		Niveau de la nappe (m) : _____		Remarques, croquis, référence de photo...	
% CO (vol)					
H2S (ppm)					
Humidité (%)					
Autre(s) :					

Exemples de rendus d'investigation

- Plan(s) de résultats d'investigations
- Tableaux de résultats, sols
- Carte piézométrique
- Tableau de suivi nappe
- Histogramme teneurs suivi nappe

A la fin de cette phase, quels sont les résultats ?

On dispose d'une bonne connaissance des migrations des produits polluants dans le sol, les eaux, l'air

On connaît les milieux proches du site qui peuvent être concernés par la pollution

On connaît les teneurs des polluants recherchés dans les milieux et dans les principaux végétaux et animaux qui y vivent

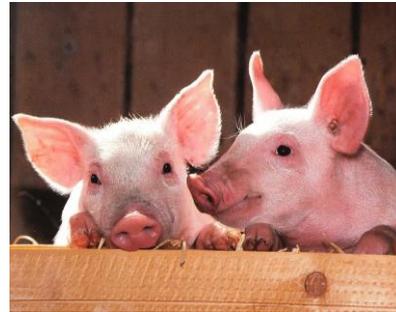
Les limites possibles :

Nous avons fait nos mesures dans certaines conditions alors qu'il peut y avoir des conditions particulières en lien avec la météo, qui font varier ces teneurs

➡ Il peut être nécessaire de réaliser plusieurs campagnes de mesures afin d'approfondir la connaissance sur les paramètres qui font varier les teneurs

Exposition des personnes

Comment peuvent-elles entrer en contact avec les polluants ?



Définition de la situation

Diagnostic des milieux
Caractérisation du site

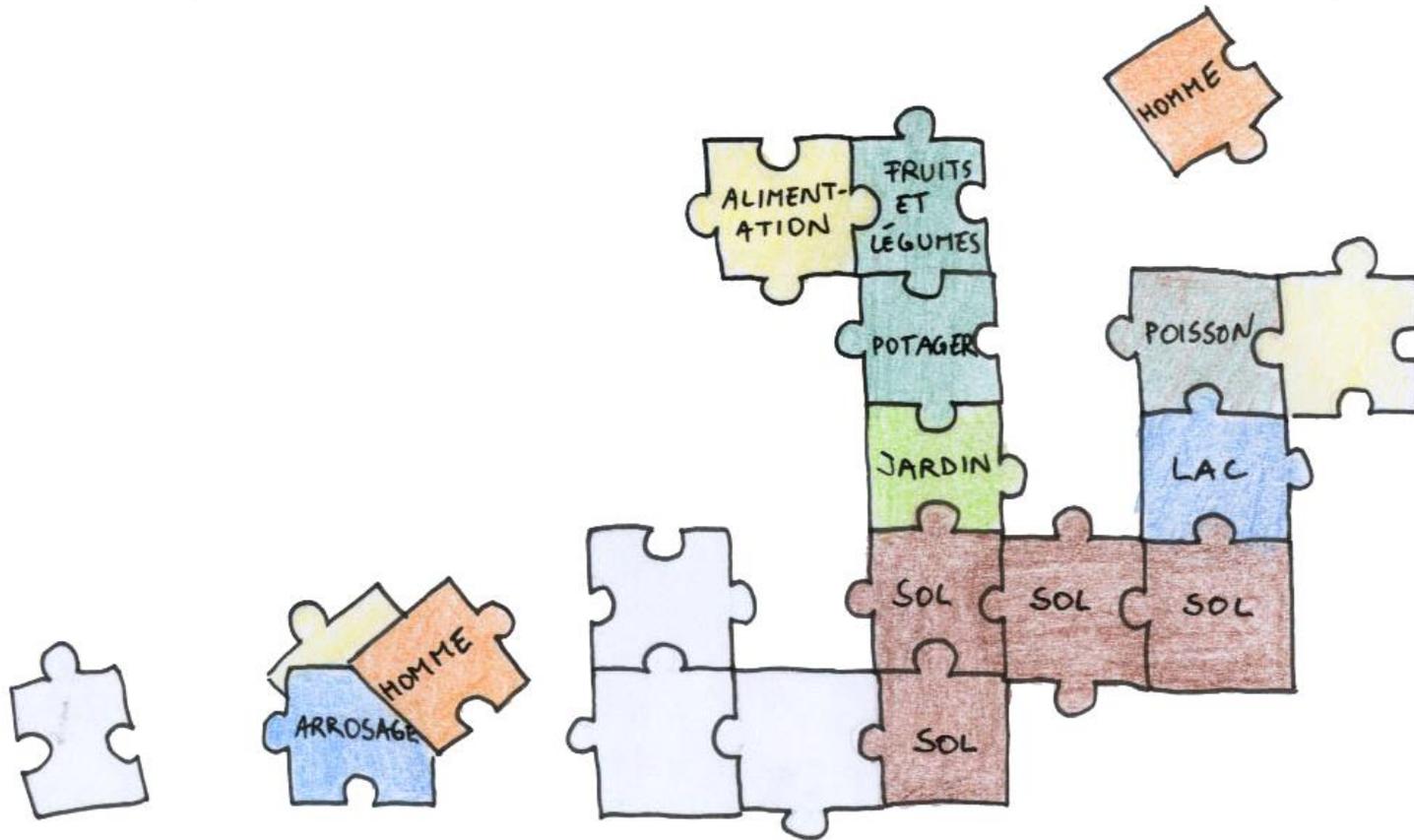
Evaluation des transferts possibles

Exposition des personnes

Caractérisation des risques sanitaires

Exposition des personnes

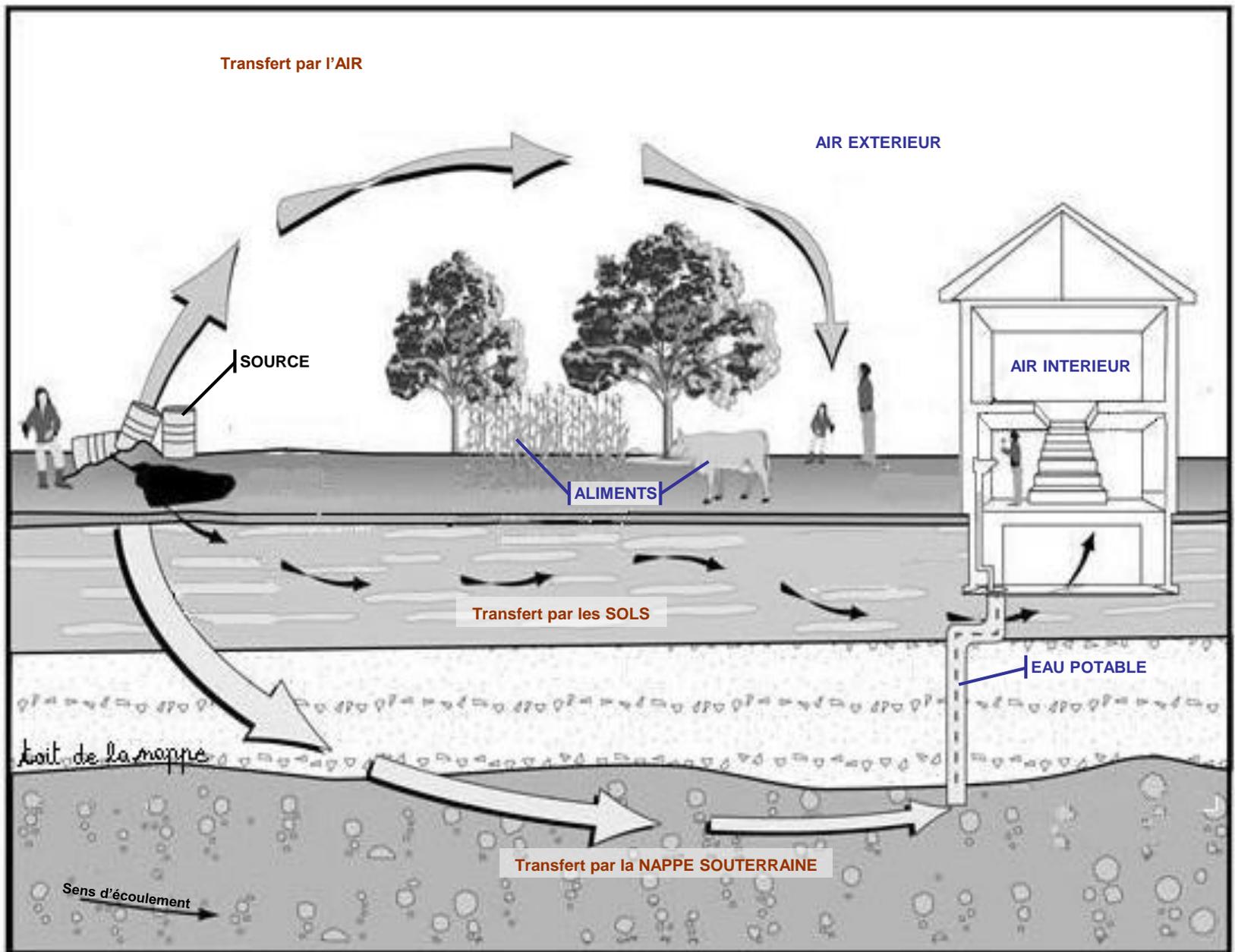
Comment peuvent-elles entrer en contact avec les polluants ?



Quels usages les habitants font-ils de ces milieux ?

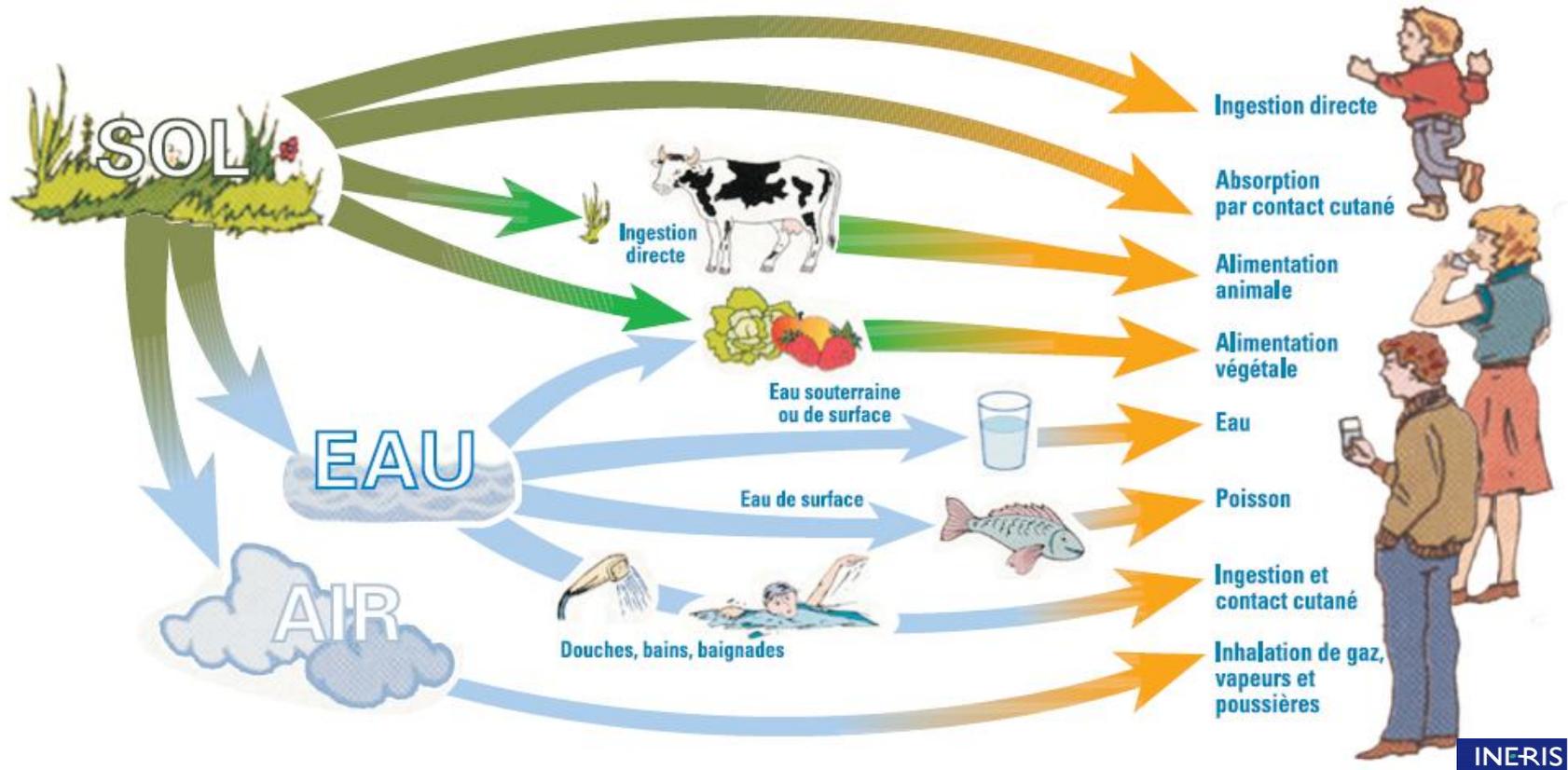
Quels produits venant de ces milieux utilisent-ils ? Comment sont faites les habitations ? Comment circule l'air ?

Suite à cela, quelle quantité de polluant les personnes absorbent-elles dans leur corps ?



Dessin tiré de ATSDR , transposé par Cire Ile de France

Exposition des personnes



On recense les différentes manières d'absorber les polluants en distinguant les différents modes de vie des habitants.

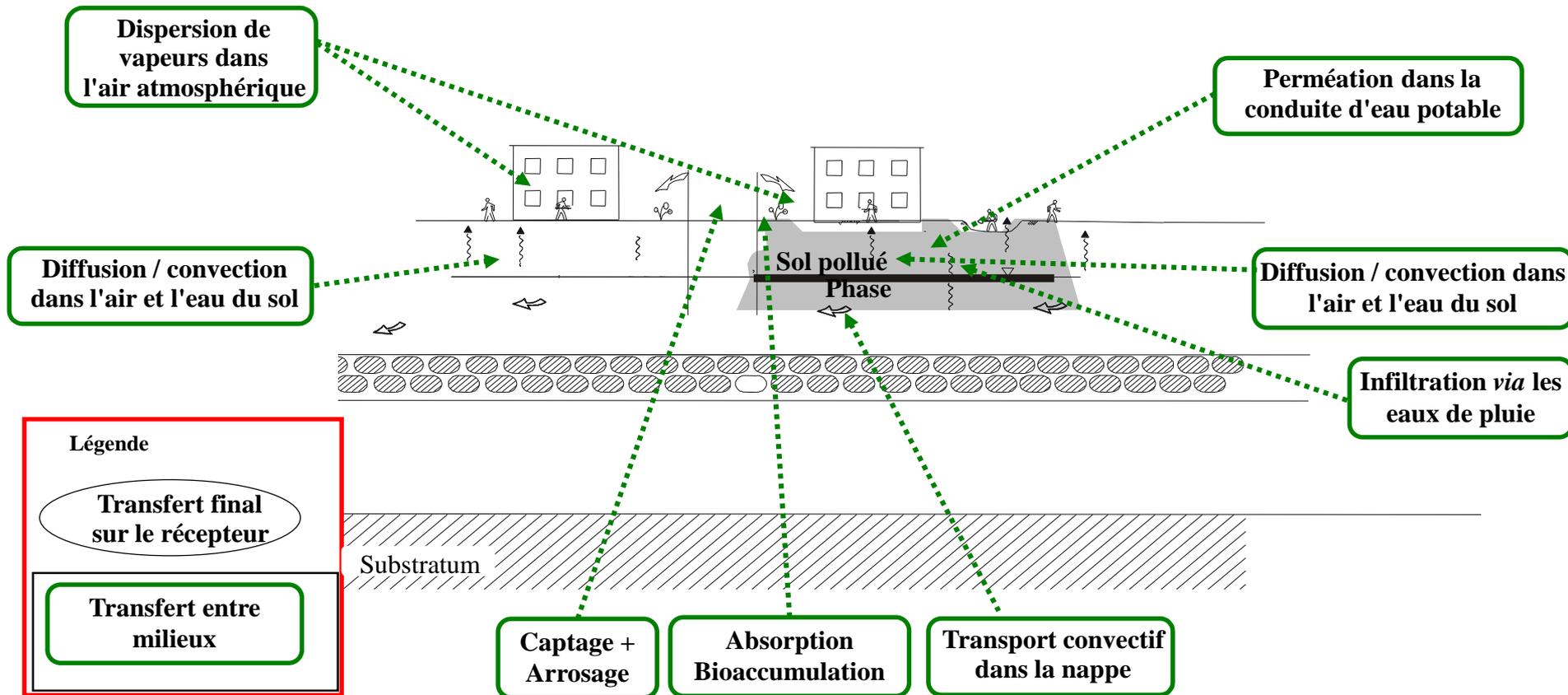
On calcule la teneur absorbée.

Exemple d'une étude de cas

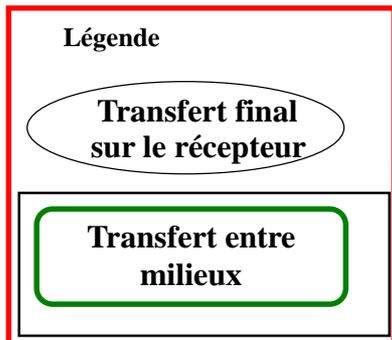
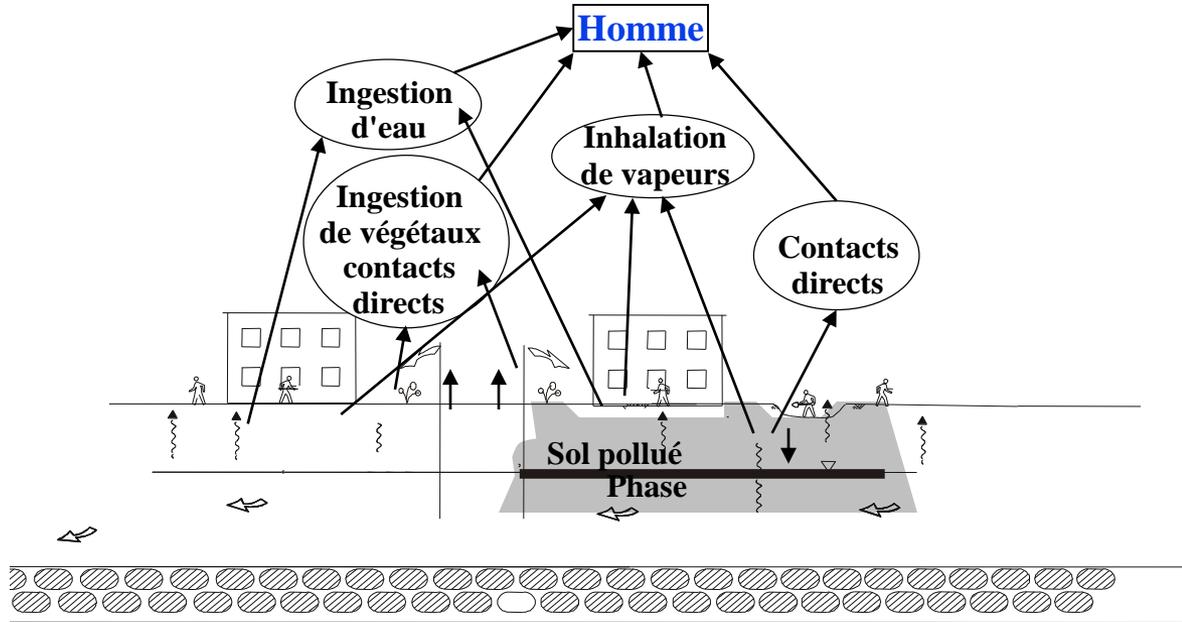
Milieux susceptibles d'être contaminés

sol	➔	air (volatilisation)
sol	➔	eau souterraine (lixiviation)
sol	➔	plante (absorption racinaire et dépôt foliaire)
nappe	➔	rivière (ruissellement superficiel)
nappe	➔	air (arrosage par sprinklers, volatilisation)
nappe	➔	sol (dépôt suite à arrosage)
nappe	➔	rivière
air	➔	plante (absorption et dépôt foliaire)
rivière	➔	sédiments
rivière	➔	poissons
rejets liquides	➔	eaux pluviales ou eaux usées
sol, air, rivière, plante	➔	animal
eaux pluviales	➔	rivière

Le Schéma Conceptuel des expositions qui va servir aux experts pour dresser un bilan complet

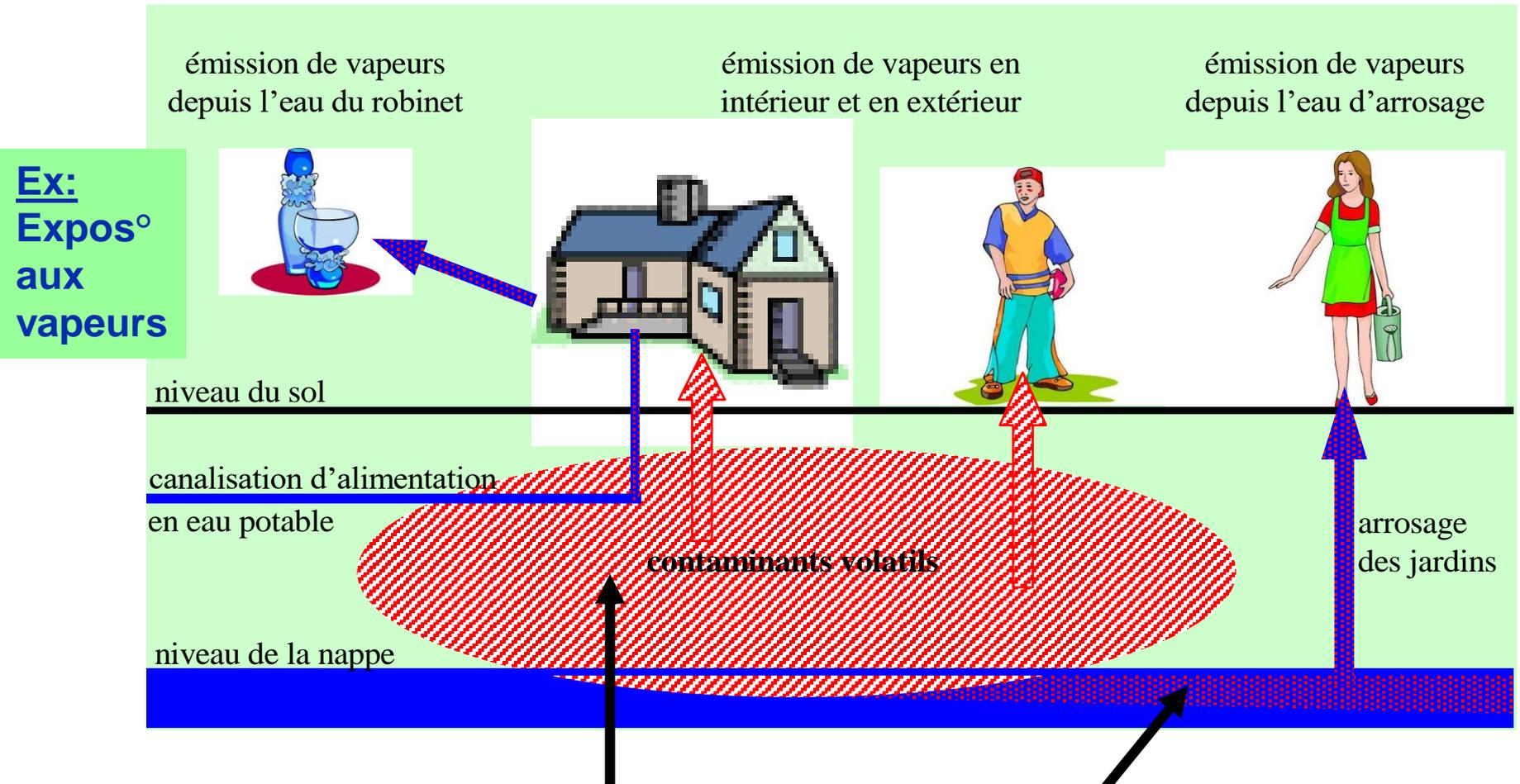


Le Modèle conceptuel d'exposition qui va servir aux experts pour dresser un bilan complet



Un exemple : exposition aux vapeurs

Comment peut on inhaler les vapeurs ?



Des polluants volatils sont dans le sol...et la nappe peut être contaminée...

Scénarios : types de populations, types d'usages et voies d'exposition possibles

Populations	Occupants du site			Riverains
	Usages	agricole	artisanal	résidentiel
Cibles	adulte	adulte	adulte	adulte/enfant
Voies d'exposition				
Inhalation de vapeurs depuis le sol				
Inhalation de poussières				
Ingestion de sol + poussières				
Absorption cutanée depuis le sol et les poussières				
Ingestion d'eau contaminée (canalisations AEP/ puits)				
Inhalation de vapeurs / aérosols (canalisations AEP / puits)				
Absorption cutanée de polluant par l'eau contaminée (canalisations AEP / puits)				
Ingestion de légumes et de fruits autoproduits				
Ingestion de poissons				

Evaluation de l'exposition : récapitulatif

Données utilisées pour évaluer l'exposition :

- **Source(s)**

Quelles substances , quelles teneurs

- **Transfert**

Quelles voies de transferts

Quelles mesures **ou** quelles concentrations estimées à partir de modèles

- **Cibles : quelle est l'importance de la mise en contact des personnes**

Modélisation du degré d'exposition (durées, fréquences, quantités,...)

Calcul d'une concentration d'exposition

Objectif : Estimer des **niveaux d'exposition dans les unités suivantes**

- pour les substances ingérées ou adsorbées
 - on parle de doses journalière d'exposition (DJE)
 - en mg de substances (plomb, hydrocarbures, solvants, ...) par kg de masse corporelle par jour (mg/kg/j)

- pour **les** substances inhalées
 - on parle de concentrations moyennes inhalées (CI)
 - en mg **de** substances (hydrocarbures, solvants, ...) par m³ d'air inhalé (mg/m³)

Calcul d'une concentration d'exposition

Ouvrier (travail en extérieur)

Inhalation de vapeurs

Substance à seuil

C_i	: Concentration dans l'air	$3.5 \cdot 10^{-5} \text{ mg/m}^3$
F_i	: Fréquence annuelle d'exposition	220 jours / 365 jours
t_i	: Fréquence journalière d'exposition	8h / 24 h

→ **Concentration moyenne inhalée CI:**

$$CI = \sum_i (C_i \times t_i \times F_i)$$

$$CI = 3,5 \times 10^{-5} \times \frac{8}{24} \times \frac{220}{365}$$

$$CI = 7 \times 10^{-6} \text{ mg/m}^3$$

Calcul d'une concentration d'exposition

Dose d'exposition : Ingestion directe de sol

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

DJE_{ij} : dose par ingestion de sol + poussières du sol (mg/kg/j)

P : poids corporel moyen des personnes exposées (kg)

C_i : concentration de polluant dans le sol (mg/kg)

Q_j : quantité ingérée de sol et de poussières du sol (kg/j)

F : fréquence annuelle d'exposition (x jours / 365 jours)

Non pris en compte:

Bioaccessibilité¹ relative du polluant : pénalisant

¹Bioaccessibilité : pour un polluant dans le sol, c'est la fraction de substance libérée de sa matrice (sol) par digestion dans l'estomac. Cette fraction libérée ne représente qu'une partie de la quantité totale de polluant présent dans les sols.

Calcul d'une concentration d'exposition

Dose d'exposition : Ingestion directe de sol

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

DJE_{ij} : dose par ingestion de sol + poussières du sol (mg/kg/j)

P : poids corporel moyen des personnes exposées (kg)

C_i : concentration de polluant dans le sol (mg/kg)

Q_j : quantité ingérée de sol et de poussières du sol (kg/j)

F : fréquence annuelle d'exposition (x jours / 365 jours)

Quantité ingérée de sol et de poussières du sol : ingestion involontaire

- Chez le jeune enfant : mise à la bouche de divers objets et des mains
- Chez l'adulte : ingestion par l'intermédiaire de poussières ou de particules du sol adhérent à la nourriture, aux cigarettes et aux mains
- Difficulté du choix de la valeur : de 4 mg/j à 10000 mg/j chez le jeune enfant

A la fin de cette phase, quels sont les résultats ?

On a pu identifier grâce à vous des groupes d'habitants en recensant les différents modes de vie, de consommation et d'usages du site.

On a pu calculer la teneur de polluant qu'une personne représentative de chaque groupe peut absorber.

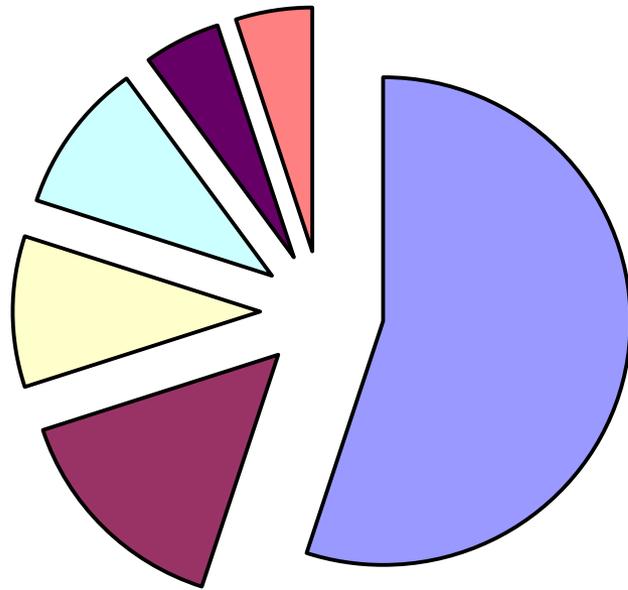
Par exemple :

Les enfants qui jouent à <i>tel endroit</i>	mg/kg
Les pêcheurs	mg/kg
Les personnes qui mangent les légumes de leur jardin	mg/kg

A la fin de cette phase, quels sont les résultats ?

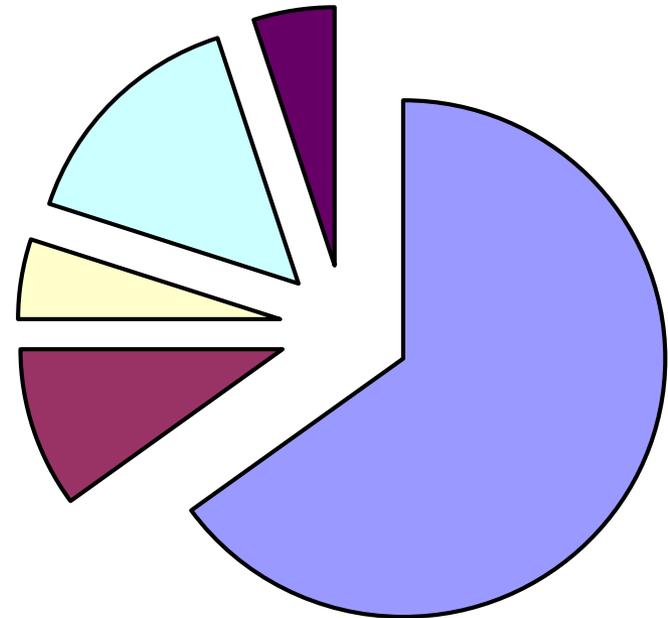
Pour chaque groupe, on peut dire par quels principaux mécanismes une personne se contamine

Exemples (ne correspondent pas à un cas réel)



- ingestion du sol du lieu
- air
- nourriture
- air interieur maison
- baignade
- champignon

Les enfants qui jouent à *tel endroit*



- consommation poisson lac XXX
- nourriture
- air interieur maison
- baignade
- champignon

Les pêcheurs du lac *xxx*

Quelles sont les limites ?

A-t-on bien identifié toutes les pratiques locales ?

A-t-on bien estimé l'importance de ces habitudes ?
(dans le lac voisin, on se baigne une fois dans l'année ou plus de 20 fois ?)

On a pris les valeurs les plus hautes pour établir le niveau de contamination, le cas le plus défavorable.

On compte sur vous pour vérifier avec nous

Quand caractériser les risques sanitaires ?

Selon les cas, les études peuvent conclure aux résultats suivants :

- **Une étude de risque sanitaire n'est pas utile si :**
 - **il y a absence d'impact significatif** sur les milieux d'exposition : ce que l'on mesure correspond à des teneur équivalentes à l'environnement local à proximité du site
 - **les concentrations sont sous les seuils réglementaires** dans les milieux d'exposition (air, eau, végétaux)

Caractérisation des risques sanitaires

Evaluation de la Toxicité et des Effets possibles sur la santé



Définition de
la situation

Diagnostic des milieux
Caractérisation du site

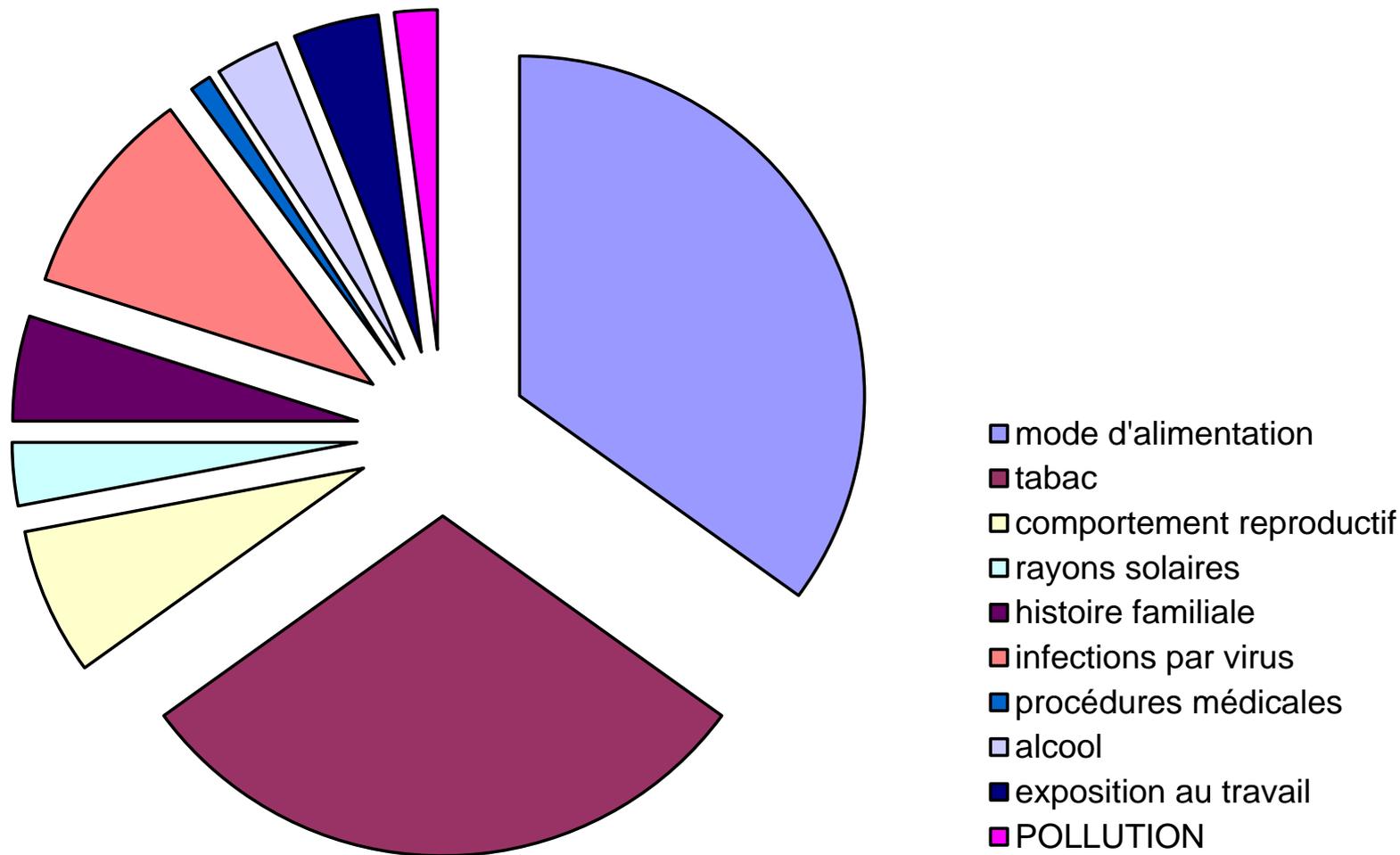
Evaluation des
transferts possibles

Exposition des
personnes

Caractérisation des
risques sanitaires

Les difficultés de l'exercice

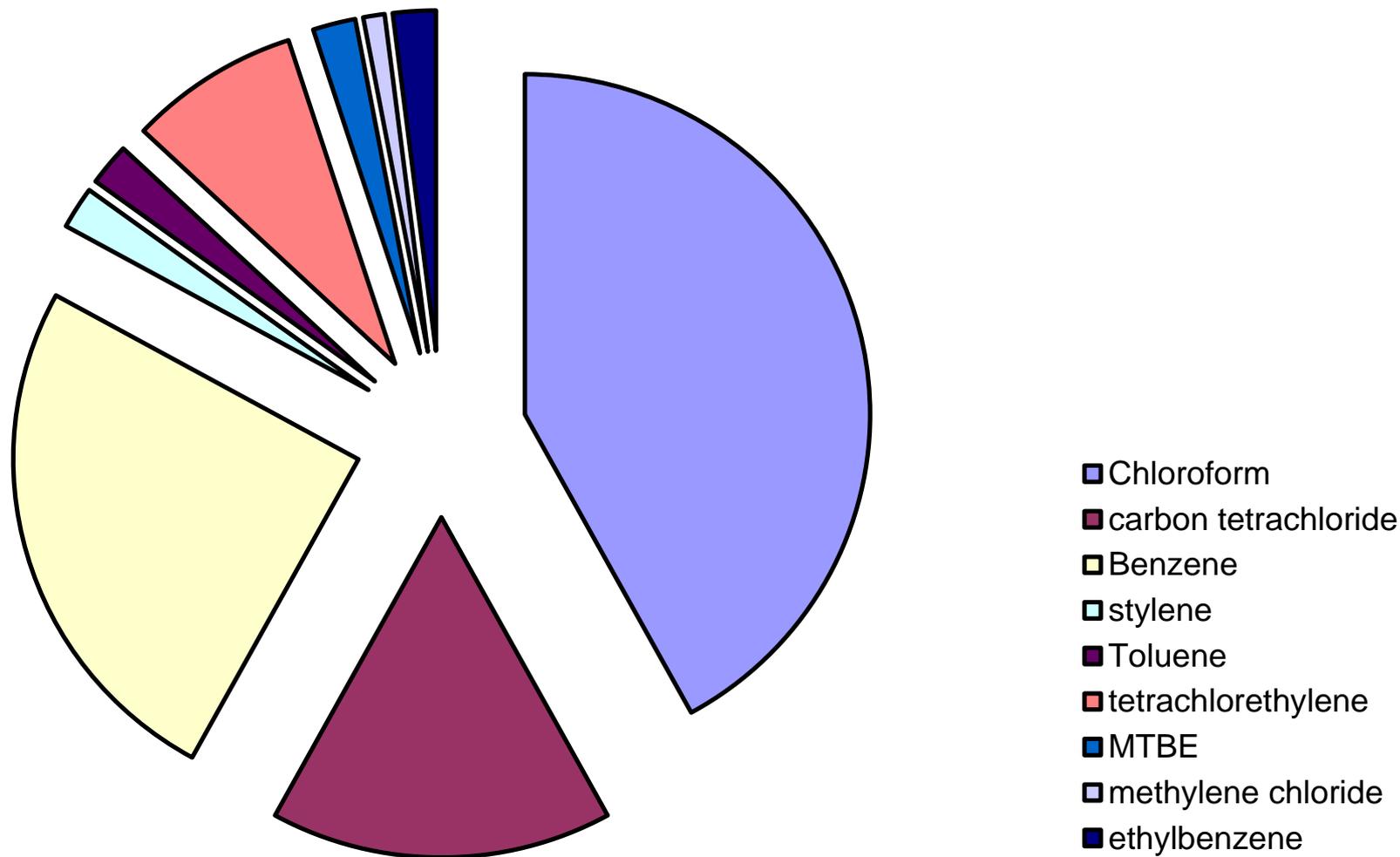
La première : de nombreuses causes expliquent une maladie



Contribution de différentes causes aux cancers en général tiré de Doll and Pero Journal of National Cancer Institute

Les difficultés de l'exercice

La première : de nombreuses causes expliquent une maladie



Importance de la Contribution de différents polluants mesurés sur un site américain dans le calcul de probabilité de cancers supplémentaires pour les riverains

Exemple de données utilisées pour un polluant : le mercure (Hg)

Caractéristiques physico-chimiques

	Hg élémentaire	Hg inorganique (HgCl ₂)	Hg organique (CH ₃ HgCl)
Solubilité (mg/l)	56.7 10 ⁻³ à 20°C	69000 à 20°C	6000 à 20°C
Pression de vapeur (Pa)	0.17 à 20°C	0.009 à 20°C	1.8 à 20°C
Koc / Kd	~ inconnu (peu de sens; prendre sur Hg total?)		Koc connu

Caractéristiques toxicologiques

Composé	Références (US EPA)	
	Ingestion	Inhalation
mercure métallique	nd	RfC = 3 10 ⁻⁴ mg /m ³
mercure inorganique	RfD = 3 10 ⁻⁴ mg/kg/j	nd
mercure organique	RfD = 10 ⁻⁴ mg/kg/j	nd

Voie	Hg métallique	Hg inorganique	Hg organique
inhalation	75 à 85 %	40 %	(? 100 %)
orale	0.05 %	7 à 15 %	95 %
cutanée	3% pour 30 min d'exp.	2 à 5 % pour 5 h d'exp.	3 à 5 % pour 5 h d'exp.

Quantification du risque

- Calcul d'un quotient de danger QD

possibilité d'apparition des effets toxiques associée à la substance pendant la période d'exposition (non exprimée sous la forme d'une probabilité)

$$QD = \frac{DJE}{DJT}$$

- Calcul d'un excès de risque individuel ERI

probabilité que la cible a de développer un cancer pendant sa vie du fait de l'exposition considérée

$$ERI = DJE \times ERU_o \quad \text{ou} \quad ERI = CI \times ERU_i$$

- ERU_o : excès de risque unitaire pour l'ingestion
- ERU_i : excès de risque unitaire pour l'inhalation

Acceptabilité des risques sanitaires

Une étude sanitaire peut se conclure de différentes manières

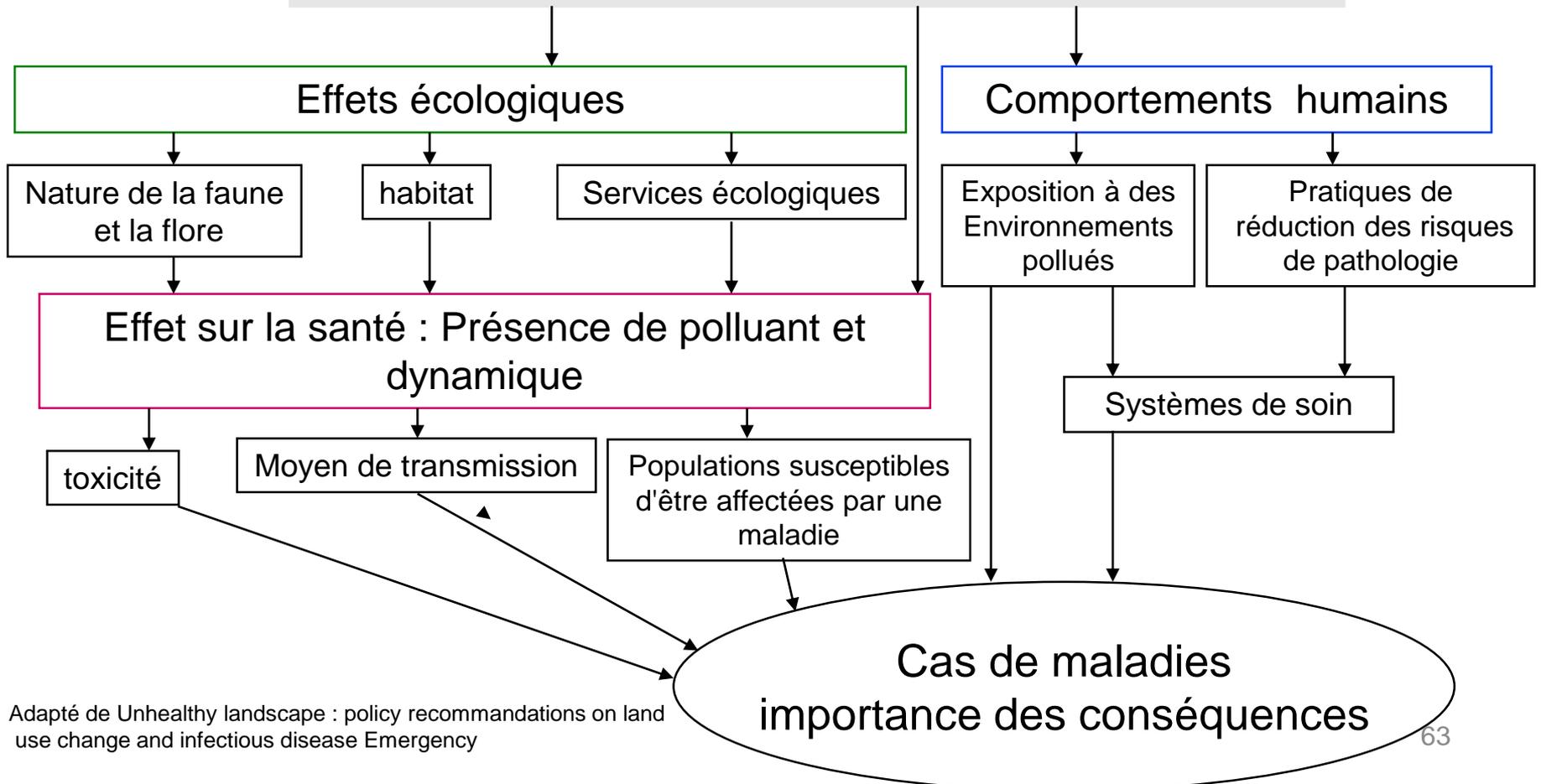
- Risque acceptable :
 - Pour les produits cancérigènes, les experts considèrent que le risque est acceptable lorsque, du fait de la pollution du site, la probabilité de survenue d'un cancer est inférieure à une personne supplémentaire sur 100 000.
Il faut donc calculer la probabilité d'avoir une maladie pour dire le risque.
 - Si les seuils d'effets toxiques ne sont pas dépassés.
- Si les seuils d'effets toxiques sont dépassés (x mg/kg supérieur au seuil d'effet toxique) ou si la probabilité est supérieure à 1 pour 100 000 alors des mesures doivent être prises

Quelles mesures prendre ?

Il est important de récapituler tous les mécanismes qui **influencent** l'apparition de maladies et **déterminent** leur gravité que l'on a évoqué, pour voir où se situent les paramètres qui permettront de supprimer l'exposition.

Ci-après un schéma général.

Entreprises
Mode d'agriculture
Entreprises d'extraction
Habitat et forêt
Mode d'usage des terres /loisirs
Interface sol eau
Mode de gestion de l'eau et des réseaux d'eau



Exemples de maîtrise des impacts (1/3)

Objectif : garantir que les sources résiduelles sont acceptables pour les populations et l'environnement

- traitement ou suppression de la voie de transfert
- restriction des usages

Exemple 1 : exposition hors site après réenvol de poussières, ou ingestion occasionnelle sur site de sol de surface

- sols devant rester à nu
 - couverture des sols par des terres propres (30 à 50 cm au moins)
- sols pouvant être couverts
 - mise en place d'une couverture imperméable
- dans tous les cas : restriction d'usage pour les travaux sur site

Exemples de maîtrise des impacts (2/3)

Exemple 2 : ingestion d'eau contaminée

- en cas de captage atteint
 - restriction d'usage : interdiction d'utilisation (consommation, arrosage, baignade...)

- en cas de captage non atteint
 - zone saturée : confinement hydraulique passif ou dynamique
 - zone insaturée : couverture contre les eaux de pluie, canalisations en fonte et sablon...
 - traitement complémentaire des eaux potables

- dans tous les cas : surveillance des milieux et éventuelles restrictions d'usage

Exemples de maîtrise des impacts (3/3)

- **Exemple 3 : ingestion d'aliments contaminés par les sols / eaux**
 - sols devant rester à nu
 - couverture des sols par des terres propres (50 cm au moins)
 - présence d'un géotextile sous-jacent
 - sols pouvant être couverts
 - mise en place d'une couverture de type voirie ou habitation
 - restrictions d'usage
 - interdiction de jardins potagers ?
 - interdiction d'utilisation de l'eau à des fins alimentaires ou d'arrosage des cultures

➔ Se servir des aménagements pour maîtriser les impacts

RECOMMANDATIONS A LA POPULATION DES COMMUNES EN ZONES URBAINES ET INDUSTRIELLES

Dans les potagers et les jardins, afin de limiter l'exposition par ingestion de terre et inhalation de particules de sol, les recommandations suivantes sont proposées :



Couvrir le sol du potager à l'aide d'un paillage (herbe tondue, copeaux, etc.), de film plastique biodégradable, d'engrais vert ou de cultures couvre sol en hiver



Laver régulièrement les jouets des enfants



Se laver soigneusement les mains et le visage en revenant du jardin



Nettoyer régulièrement les alentours de la maison et les appuis de fenêtres



Se couper les ongles courts et les nettoyer fréquemment

Afin d'éviter de ramener de la terre du jardin dans la maison, il peut être utile de :



Brosser les animaux domestiques à l'extérieur



Enlever chaussures et vêtements de jardin à l'extérieur de la maison



Nettoyer le sol et les meubles de la maison par voie humide

Pour limiter l'exposition par ingestion de légumes du jardin, il peut être recommandé de :



Laver soigneusement tous les légumes



Eplucher les légumes-racines et tubercules (pommes de terre, carottes, navets, etc.) et éliminer les feuilles extérieures des légumes-feuilles (salades, choux, etc.)



Varié les types et les variétés de légumes qui sont cultivés

Enfin, pour limiter un enrichissement du sol en métaux et hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), il peut être adéquat de limiter l'apport en cendres au potager, bien que la cendre soit un excellent engrais à dose limitée étant donné sa richesse en minéraux (phosphore, calcium, magnésium, potassium). La cendre de bois (bois non traité issu d'arbres feuillus, feu qui n'a pas été allumé avec du papier contenant de l'encre) est bonne pour le jardin, mais en quantité limitée : environ 70 grammes par m² et par an, soit deux poignées moyennes.

L'eau souterraine qui a été prélevée dans les potagers investigués peut servir à l'arrosage du jardin, au lavage des véhicules, du linge, etc. Par contre, s'il est envisagé de consommer l'eau de puits à des fins alimentaires ou comme eau de boisson, il est préconisé de faire réaliser des analyses d'eau plus poussées, incluant des analyses bactériologiques.