



# Polluants chimiques: origines, types et sources de pollution des sols et sédiments

INERIS – Verneuil en Halatte (60)  
Karen PERRONNET

Direction des Risques Chroniques  
Unité Impact Sanitaire et Expositions

6 février 2019



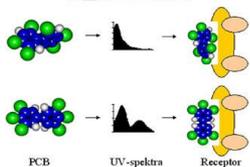
# Institut National de l'Environnement industriel et des Risques

**INERIS** - Institut sous la tutelle du ministère chargé de l'Environnement

Notre métier : Evaluer et maîtriser les risques industriels et environnementaux (dont santé humaine) liés aux substances, procédés et installations

## .. Sanitaires et environnementaux

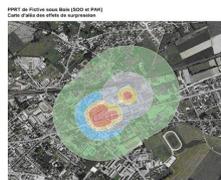
toxicité, exposition, impact



*Appui technique*  
*Etudes et expertises*  
*Elaboration de guides méthodologiques*

## .. Accidentels et phénomènes

danger, probabilité, gravité



## .. Comportement sol et sous-sol

aléa, vulnérabilité, désordre



## .. Evaluation et certification

conformité, référentiels

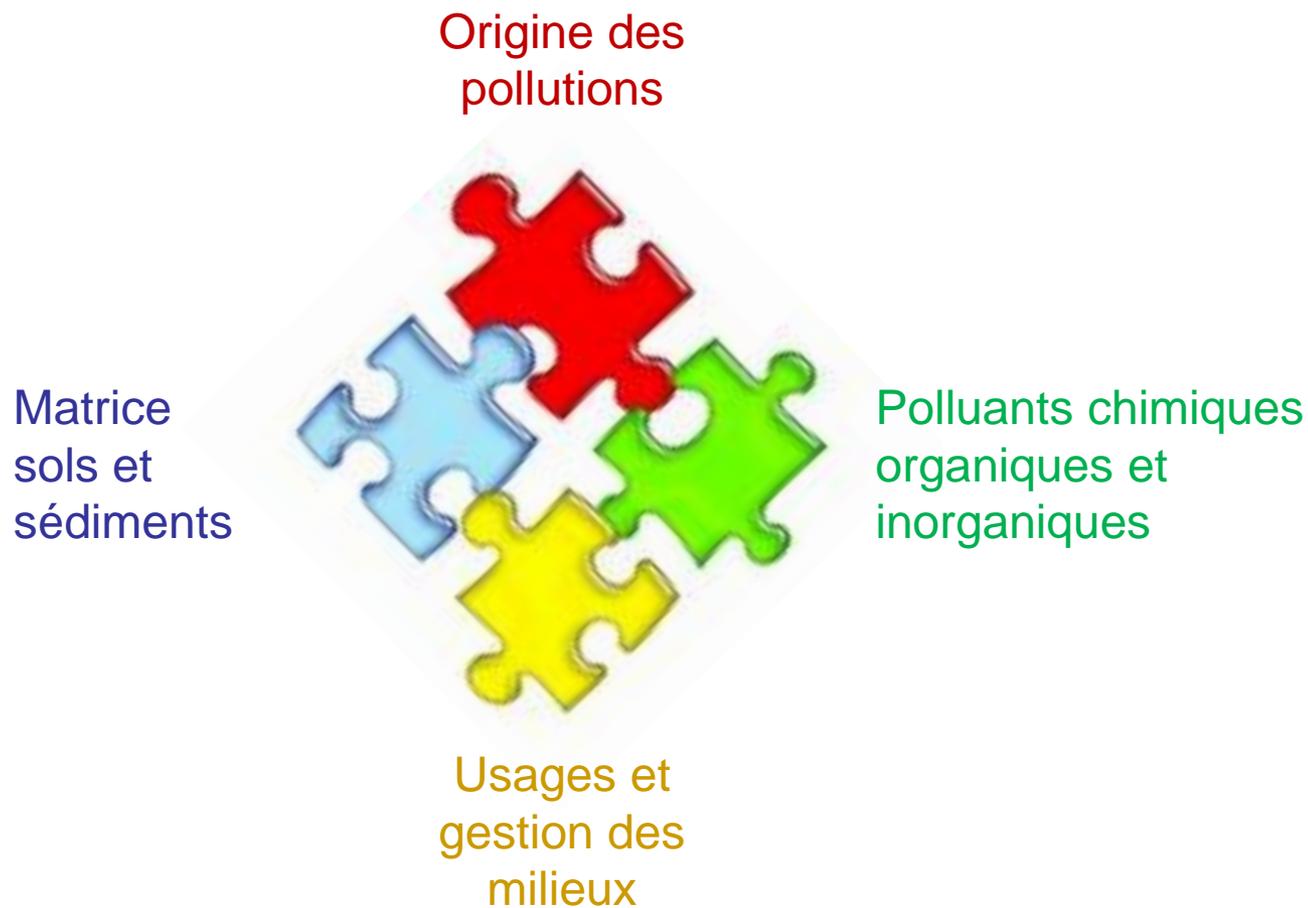


[www.ineris.fr](http://www.ineris.fr)



# Sommaire

Polluants chimiques: origines, types et sources de pollution des sols et sédiments



# Sommaire

Polluants chimiques: origines, types et sources de pollution des sols et sédiments



# Origines des pollutions

## ■ Origine naturelle

- Incendie, volcanisme
- Formation géologique naturelle (anomalie géochimique)



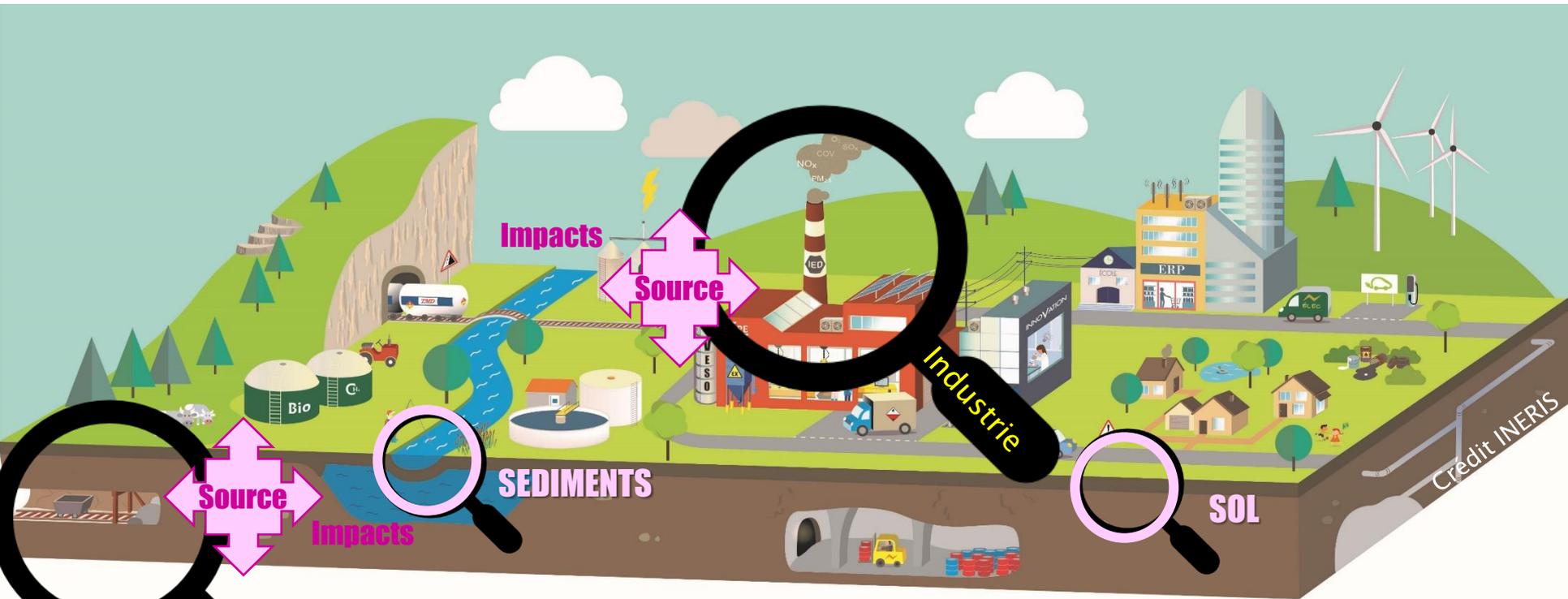
## ■ Origine anthropique

- Activités industrielles : pollution de l'air, des eaux (procédé, accident/dysfonctionnement), production de déchets
- Activités minières: exploitation d'un gisement avec pollution des milieux et génération de déchets/ dépôts de stériles / de résidus miniers
- Activités agricoles (engrais, amendements, emploi de phytosanitaires)



# Origines des pollutions

## Activités industrielles/ minières



Rejets chimiques dans l'environnement: fonctionnement normal / accident

- Rejets atmosphériques (gazeux, particulaires)
- Rejets aqueux (effluents de process, eaux pluviales) – dissous/particulaires
- Déversements accidentels ou pratiques historiques

# Sommaire

## Polluants chimiques: origines, types et sources de pollution des sols et sédiments

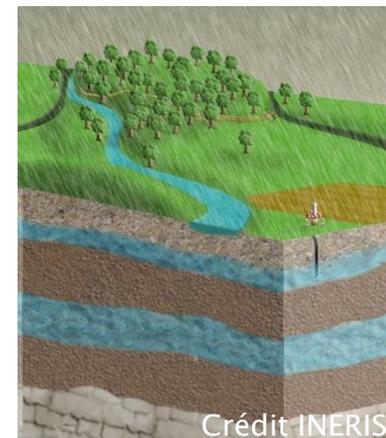
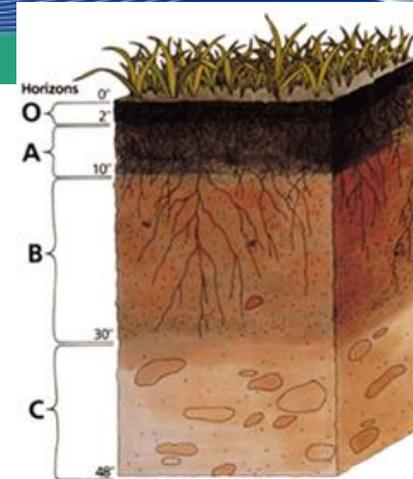


## Sol

= produit d'interactions complexes entre le climat, la géologie, la végétation, l'activité biologique, le temps et l'utilisation des terres

= remplit une multitude de fonctions essentielles à la vie et souvent interdépendantes, au niveau **environnemental, économique, social et culturel**.

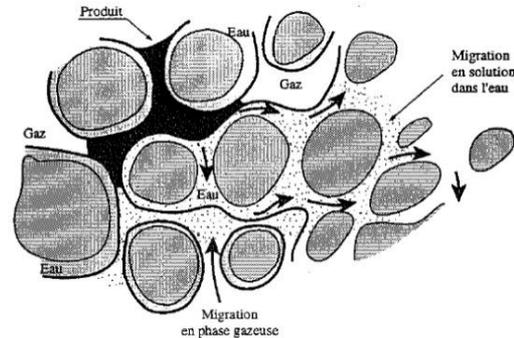
- **Milieu intégrateur** à la jonction entre l'air, l'eau (rivières, nappes), les écosystèmes (faune, flore)
- « Sols pollués » : terme englobant les sols et l'ensemble des milieux potentiellement impactés tels que gaz du sol, eau de surface/souterraine, sédiment, denrées



# Matrice Sol

- Matrice complexe qui résulte de l'altération de la roche mère

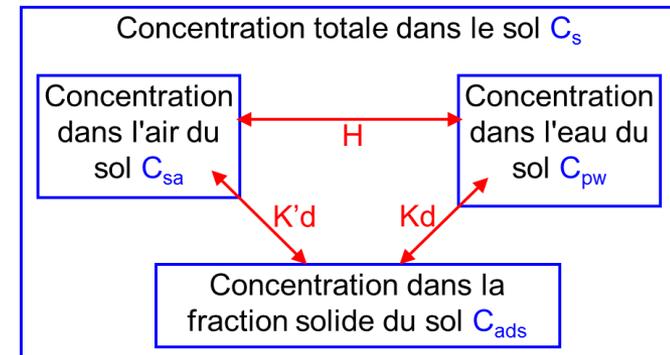
- Phase solide
- Phase liquide
- Phase gazeuse



- Composé d'horizons caractérisés par:
  - Texture; teneur en eau, en matières organiques; Capacité d'échanges cationiques (CEC); pH

- Caractéristiques :

- Equilibre triphasique influencé par les propriétés physico-chimiques des substances
- Accumulation ou migration ou volatilisation des polluants chimiques

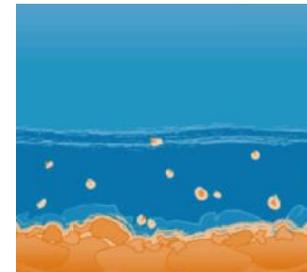


H: constante de Henry  
Kd, K'd : constante de dissociation



## Sédiment

- = Matériaux hétérogènes meubles accumulés au sein des masses d'eaux marines et continentales
  - sédiments marins, estuariens, portuaires, fluviaux, lacustres, ou lagunaires
- Origine : matériau issu de l'érosion des bassins versants, transporté dans les hydro-systèmes et se déposant par gravité, en fonction de leur granulométrie et de la vitesse d'écoulement (estuaires, zones portuaires, bassins de retenue)
- Gisement des sédiments : au sein des infrastructures portuaires, fluviales, ouvrages hydro-électriques



# Sommaire

## Polluants chimiques: origines, types et sources de pollution des sols et sédiments



# Quels polluants chimiques dans les sols et les sédiments ?

## En lien avec les activités anthropiques

- Nature des polluants fonction des activités anthropiques (voir matrice Activités/Polluants – BRGM, 2018)
  - 76 groupes de substances (micropolluants organiques, phytosanitaires, pharmaceutiques et hormones, métaux & métalloïdes)
  - > 2600 substances chimiques
- Composés « classiques » dans les sols & sédiments : REX

Métaux & métalloïdes

Hydrocarbures

Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Solvants chlorés

Composés aromatiques

Polychlorobiphényles

Dioxines/furanes chlorés

- Composés « émergents » pour les cours d'eau et les sédiments

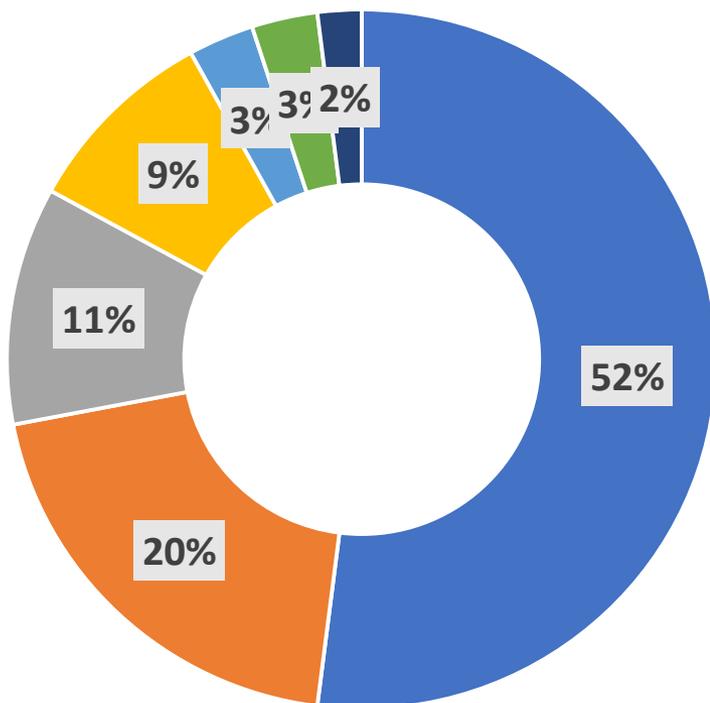
Substance nouvellement détectée dans l'environnement:

- qui n'est pas incluse dans les programmes de mesures routinières;
- dont le devenir et le comportement dans l'environnement sont mal connus
- dont les effets toxiques et écotoxiques sont mal connus

# Quels polluants chimiques dans les sols ?

En lien avec les activités industrielles

Fréquence des polluants dans les sols, observée sur 2 500 sites répertoriés dans la base de données BASOL



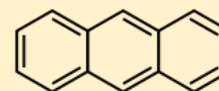
Source: ADEME,

<https://www.ademe.fr/expertises/sols-pollues/quoi-parler-t>

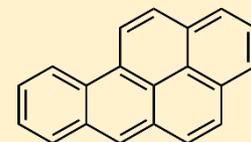
BASOL: Base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif

- métaux et métalloïdes (arsenic, baryum, cadmium, chrome, cobalt, cuivre, mercure, molybdène, nickel, plomb, sélénium, zinc)
- hydrocarbures
- hydrocarbures chlorés (PCB-PCT, produits organiques polychlorés, solvants halogénés)
- hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
- cyanures
- autres contaminants (ammonium, chlorures, pesticides, solvants non halogénés, sulfates)
- benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (BTEX)

HAP

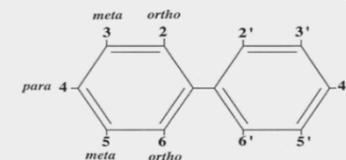


Anthraçène



Benzo(a)pyrène

PCB

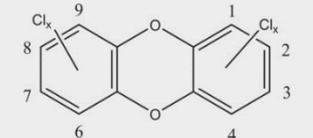


PCB non dioxin-like (6 PCB-ndl) : PCB 28, 52, 101, 138, 153 et 180.

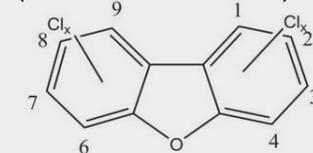
PCBi (indicateur) = 6 PCB-ndl + PCB118

PCB-dl (12) : PCB 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169 et 189

PCDD (dioxines chlorées)



PCDF (furanes chlorées)



INERIS

maîtriser le risque  
pour un développement durable

# Quels polluants chimiques dans les sols ?

En lien avec les activités industrielles

- Propriétés physico-chimiques orientant la répartition des polluants dans les sols

Solubilité (g/L)

Densité (-)

Point d'ébullition (°C à 1 atm)

Coefficient d'adsorption/désorption (Kd en L/kg)

Pression de vapeur (Pa)

Constante de Henry (Pa.m<sup>3</sup>/mol)

- Mécanismes orientant la répartition des substances dans les sols et leur devenir dans l'environnement

Solubilisation

Volatilisation

Photolyse

Adsorption/désorption sur particules et matière organique

Hydrolyse

Oxydo-réduction

Biodégradation

Biodisponibilité et absorption

Mécanismes physiques

Mécanismes chimiques

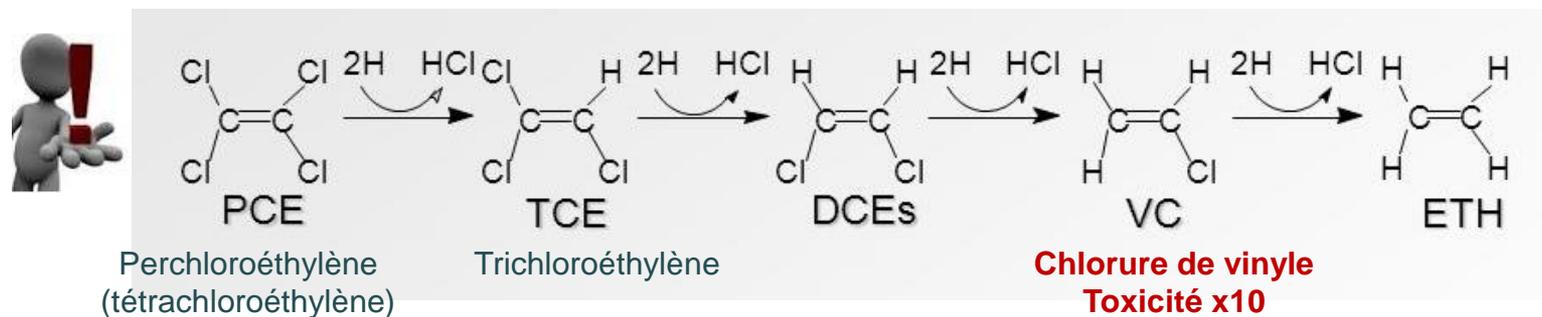
Mécanismes biologiques

# Quels polluants chimiques dans les sols ?

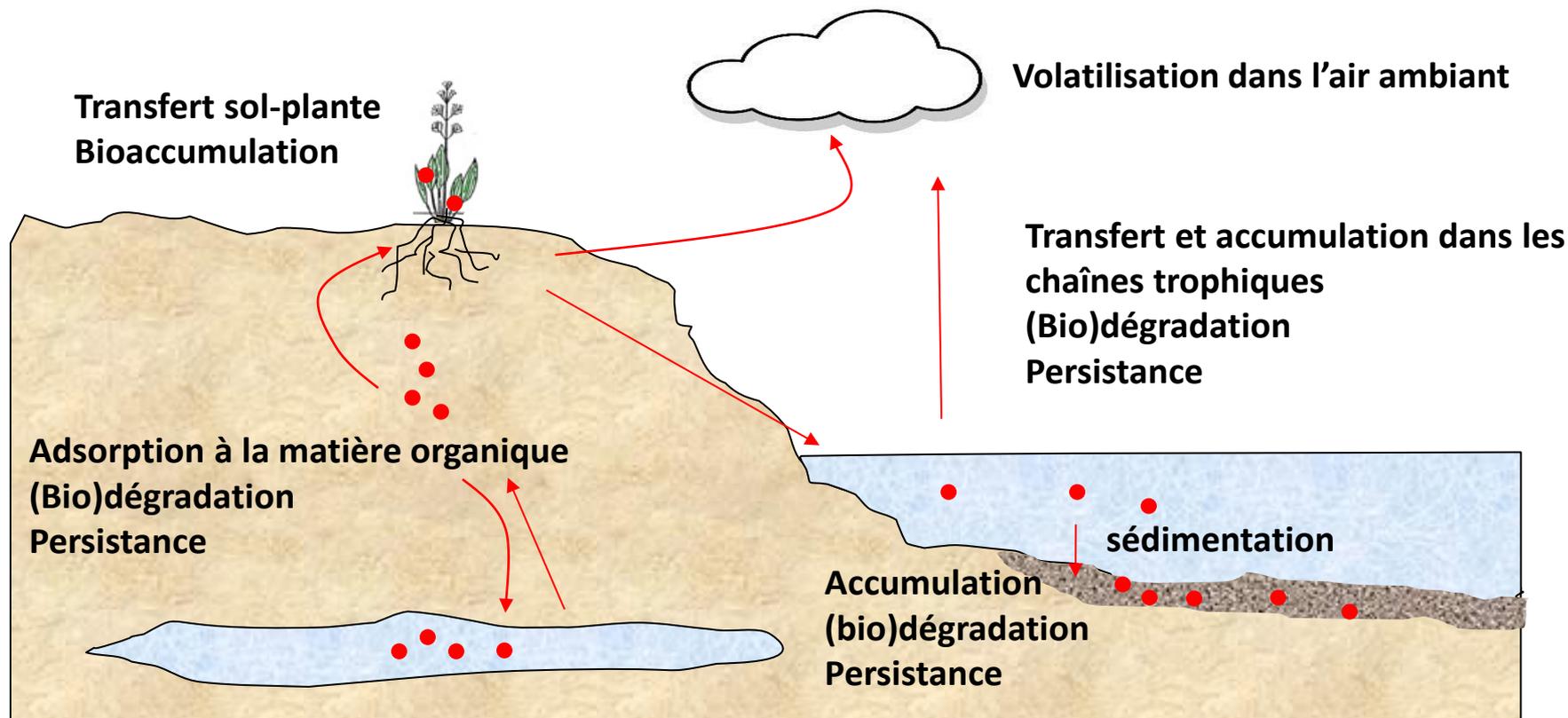
## En lien avec les activités industrielles

- Mécanismes orientant la répartition des substances dans les sols et leur devenir dans l'environnement

**Dégradation/métabolisation** - Exemple du chlorure de vinyle (VC) issu de la dégradation du TCE et PCE – substance plus volatile et plus toxique



# Répartition des polluants dans les sols et sédiments



→ Résultante des propriétés physico-chimiques des substances et de la sensibilité environnementale des milieux (propriétés de sols et des sédiments, interaction avec biosphère)

# Quels polluants chimiques dans les sédiments ?

## En lien avec les activités anthropiques

A l'échelle nationale, 3 plans nationaux pour préserver la qualité des eaux et la biodiversité :

### 1/ plan national de lutte contre les polychlorobiphényles (PCB) – 2008/2013

- réduction à la source des émissions polluantes auprès des industriels
- amélioration des connaissances sur la contamination des sédiments et des poissons – proposition de valeurs seuils dans sédiments pour garantir des poissons avec des teneurs 'conformes' à la consommation
- évaluation de l'exposition des pêcheurs et consommateurs de poissons; mesures de gestion pour réduire les risques sanitaires

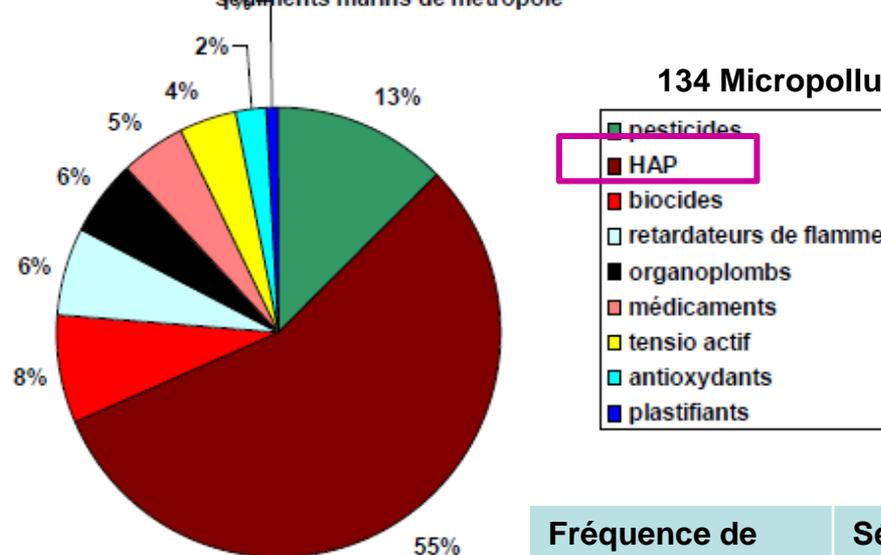
### 2/ plan national sur les micropolluants

- rationalisation du dispositif de surveillance et d'évaluation des risques liés aux micropolluants
- consolidation de la qualité des données de surveillance et du cadre réglementaire – consortium AQUAREF
- mise à disposition de nombreuses références (AQUAREF, INERIS, ONEMA...)
- REX sur outils innovants analytiques (détection, effets)
- validation de dizaines de nouvelles valeurs guides liées à l'impact environnemental

# Quels polluants chimiques dans les sédiments ?

## En lien avec les activités anthropiques

Fréquence par usage des 126 données des substances quantifiées dans les sédiments marins de métropole



Source graphique : étude prospective sur les contaminants émergents dans les eaux littorales de la métropole et des DOM, ONEMA, IFREMER, oct. 2014

Source tableau: étude prospective sur les contaminants émergents dans les eaux de surface continentales de la métropole et des DOM, ONEMA, INERIS, juin 2014

Fréquence de quantification	Sédiments continentaux (cours d'eau – métropole)
>95%	5 HAP
Entre 50% et 95%	12 HAP et produits de dégradation, 1 additif d'essence (plomb diethyl), 1 antioxydant (butylphénol), 1 retardateur de flamme (BDE-209) sur 11 composés recherchés 2 pesticides (DDE 44 et DDD 44), 2 produits industriels (dibutylétain et décahydronaphtalène)

DDE: dichlorodiphényldichloroéthylène (produit de décomposition le plus commun du DDT comme le DDD)

# Quels polluants chimiques dans les sédiments ?

## En lien avec les activités anthropiques

A l'échelle nationale, 3 plans nationaux pour préserver la qualité des eaux et la biodiversité :

### 3/ plan national sur les résidus de médicaments dans les eaux

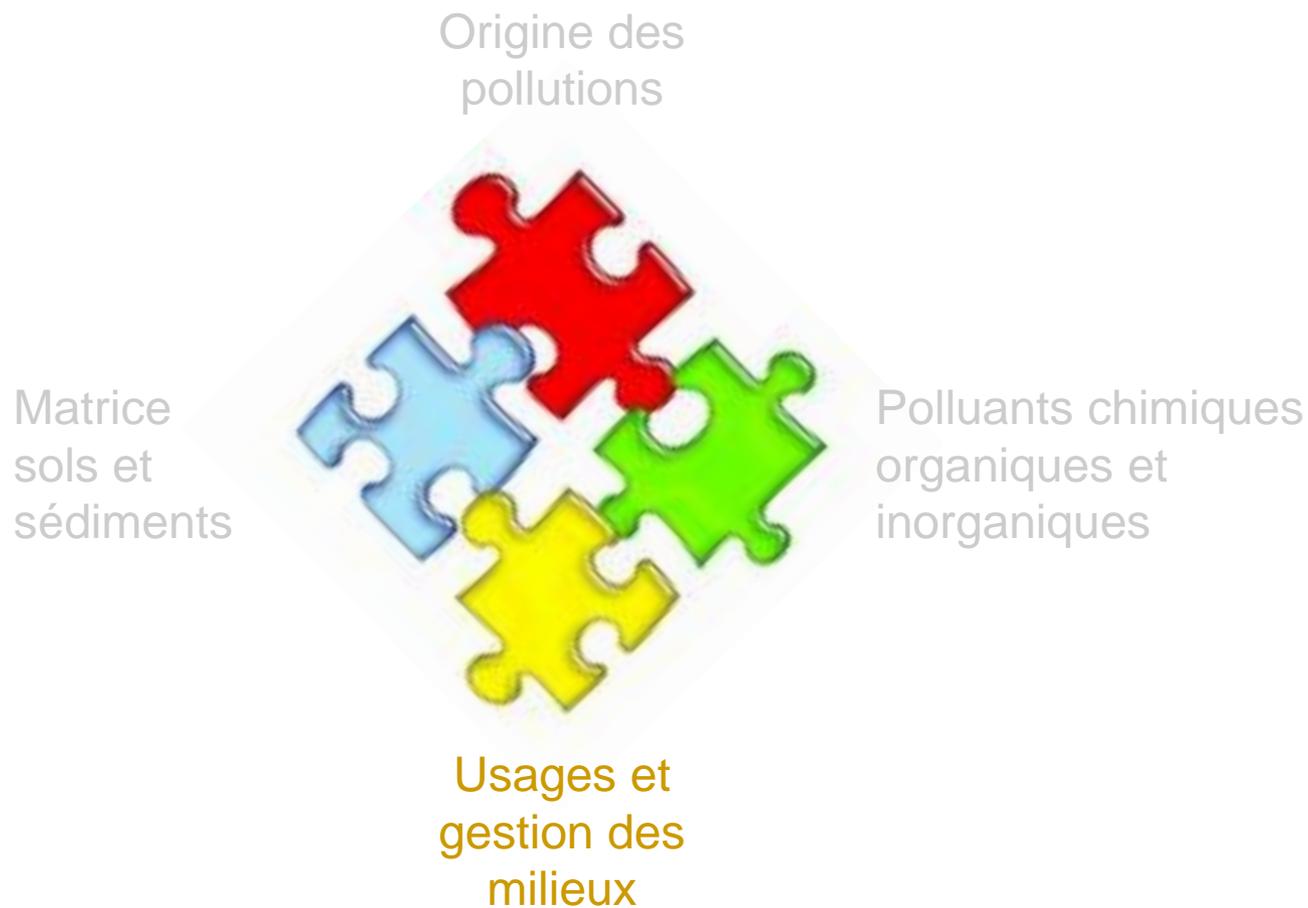
- amélioration des connaissances sur leur présence et leurs effets potentiels
- avancées sur les capacités épuratoires des stations de traitement des eaux usées

→ **Nouveau plan interministériel micropolluants 2016- 2021**, en lien avec PNSE3 (action 53), plans ECOPHYTO 1 et 2 :

→ intégration de toutes les molécules susceptibles de polluer les ressources en eau. Nouveau plan unique dédié à la protection des eaux de surface continentales et littorales, des eaux souterraines, du biote, des sédiments et des eaux destinées à la consommation humaine.

# Sommaire

## Polluants chimiques: origines, types et sources de pollution des sols et sédiments



# Usages et gestion des milieux

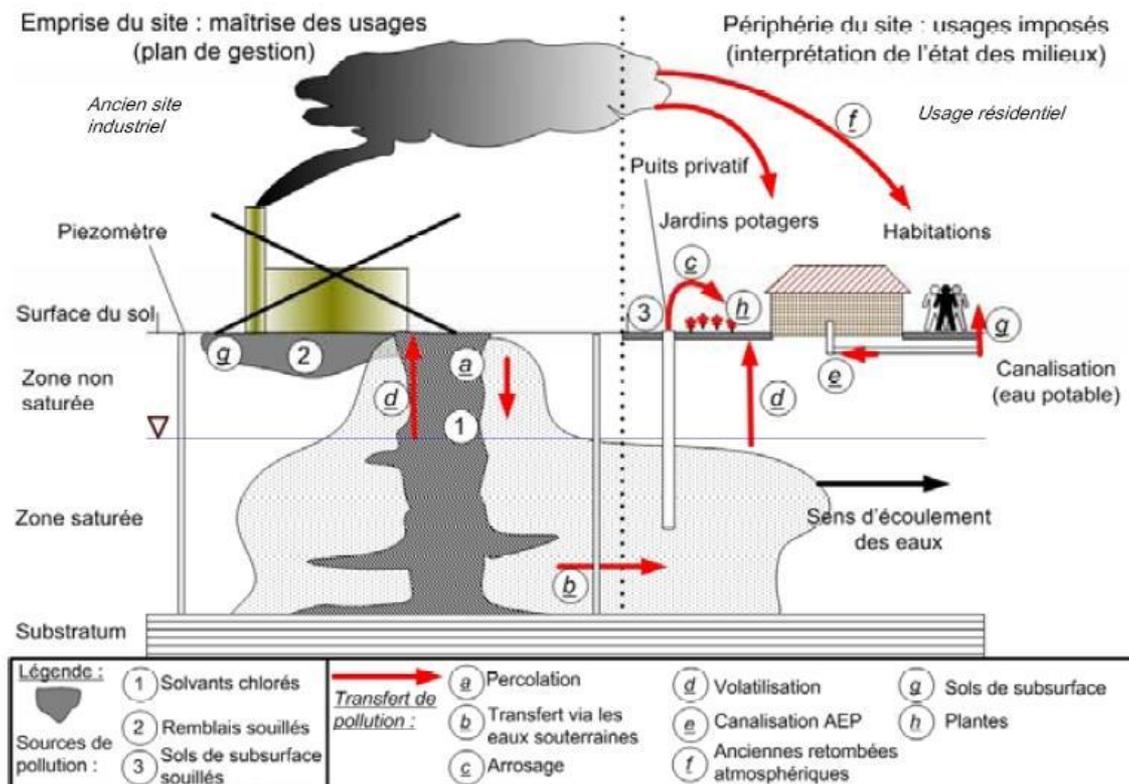
## Schéma conceptuel - impact des sols et sédiments

Nécessité de réaliser un diagnostic adapté et complet des milieux potentiellement impactés:

- Sur les sites industriels / miniers
- Sur les parcelles environnantes (usages fixes)



Pour mettre en œuvre les mesures de gestion adaptées et pérennes, en fonction des usages



# Conclusions

- Nombre « infini » de combinaison « sol-polluant » ou « sédiment-polluant »
    - Polluants chimiques variés avec des caractéristiques physico-chimiques spécifiques qui orientent leur comportement et leur devenir dans l'environnement
  - REX important avec méthodologie robuste sur la caractérisation des sources de pollution et de leur extension au droit des sites industriels/miniers, pour les matrices sols et sédiments
  - Gestion nationale des sites et sols pollués (doctrine) et spécifique à chaque configuration/site
    - Etudes documentaires, études historiques (voir outils SSP)
    - Diagnostic des milieux pertinent, souvent itératif (prélèvement et analyse)
    - Evaluation des expositions pour les futurs usagers (réhabilitation avec nouvel aménagement) ou pour les usagers actuels (usages constatés hors site)
- En lien avec les outils réglementaires et normatifs





*Merci pour votre attention*

