

De la Wallonie d'hier, nous créons celle de demain

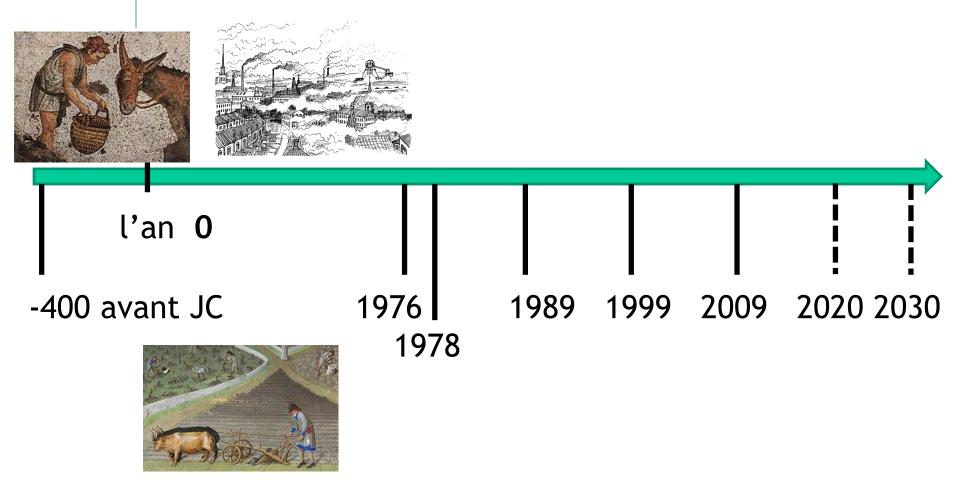
Naissance de l'évaluation des risques liés aux sites pollués

Découvertes récentes sur la toxicité des substances

Marie JAILLER
Formation FEDEXSOL - Jeudi 9 novembre 2017

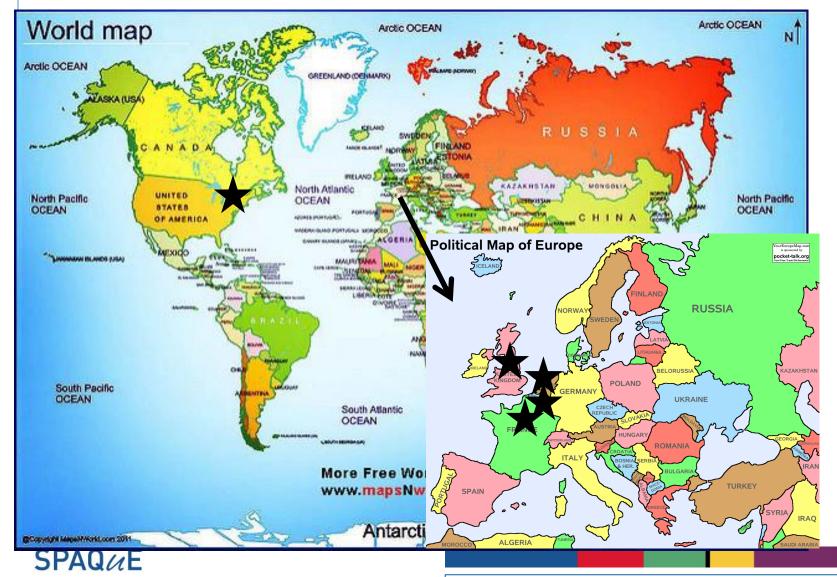


Voyage dans le temps

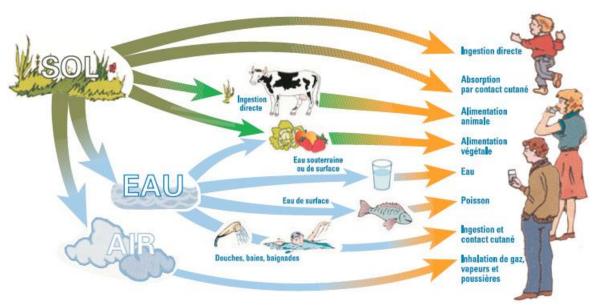




Voyage dans le monde



Environnement < - > Santé



3 voies d'administration :

Inhalation

Ingestion

Contact cutané

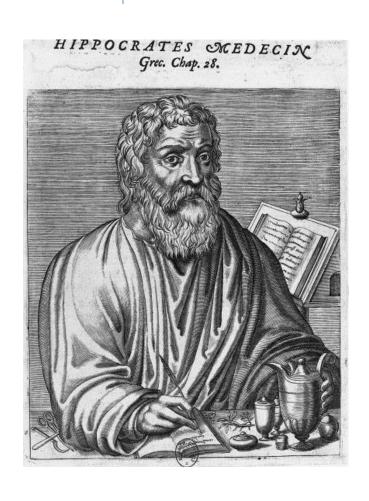
Source: INERIS (2001)



Lien avéré entre l'exposition à un contaminant présent dans les sols et l'apparition d'effets néfastes sur l'homme ?

SPAQUE

Il y a bien longtemps... (460-370 ans avant JC)



Hippocrate dans son traité « Airs, eaux, lieux »

« Pour approfondir la médecine, il faut considérer d'abord les saisons, connaître la qualité des eaux, des vents, étudier les divers états du sol et le genre de vie des habitants ».

Quelques histoires de pollution des sols/eaux et de santé



Avant 1975-1980 : pas de réelle idée de l'impact des activités humaines sur le sol et les eaux souterraines qui pouvaient affecter la santé humaine à l'heure actuelle ou dans le futur



1976: Incident Love Canal aux USA

1978: Incident Lekkerkerk aux Pays-Bas



1983: Le National Research Council (USA) définit la méthodologie d'évaluation des risques comme une méthode scientifique en 4 étapes

1989 : Décharge de Mellery en Wallonie

1999-2006: Site Kodak en France

2009: Incident Corby au Royaume-Uni

SPAQUE

1976: Love Canal aux USA

→ SUPERFUND et méthodologie d'ERS











Sources: PRI's Environmental News Magazine (13.12.2013), Wikimedia Commons

SPAQUE

1976: Love Canal aux USA

(source : articles et Wikipédia)



Evaluation des risques pour la santé humaine 1983 - National Research Council

- Etape 1 : Identification des dangers détermination des effets sanitaires liés à l'exposition (données épidémiologiques, expérimentales sur animaux)

- Etape 2 : Définition des relations dose-réponse

élaboration / recherche des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) - extrapolation fortes/faibles doses et hô/animal

- Etape 3 : Evaluation de l'exposition

Calcul des concentrations dans les milieux et des doses d'exposition en utilisant des modèles de transfert/des mesures

- Etape 4 : Caractérisation des risques

Calcul de l'Indice de Risque et de l'Excès de Risque Individuel (cancer) : acceptable ou non acceptable (IR < 1 et ERI < 10⁻⁵)?



1978: Lekkerkerk aux Pays-Bas

→ perméation dans les conduites d'eau enterrées (source : présentation Dr. Brinkmann, 1982)









Source: Fotocollectie Anefo (1980)



1989 : Décharge de Mellery en Wallonie

→ création de la SPAQuE

(source : rapports SPAQuE)





Source: L'avenir



Source: SPAQuE

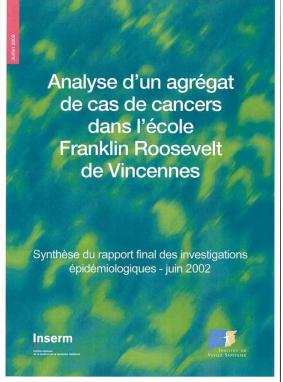




1999-2006 : Site Kodak- Ecole Franklin Roosevelt en France

→ modification de la législation (sources : rapports InVS-INSERM)







Source: argenticcecil-kodak.fr (1980)

Source: InVS (2002)

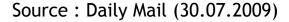


2009 : Corby au Royaume-Uni

→ jugement de la Cour de Justice













Aujourd'hui, en Wallonie, dans le GRER et S-RISK...

VTR établie à partir d'une relation linéaire (5)

Biodisponibilité = 100 % (2)

VTR identiques pour adultes et enfants (3)

Polluant par polluant (1)

VTR établie à partir du NOAEL, LOAEL(4)



SPAQUE

Demain, peut-être...

VTR établie à partir d'une relation non monotone (5)

VTR distinctes pour adultes et enfants (3) Biodisponibilité mesurée : 0 à 100 % (2)

Effet de mélange (1)

VTR établie à partir de la BMDL(4)







Effet de mélange



cadmium, plomb, benzène, toluène, benzo(a)pyrène, trichloroéthylène



Interactions entre substances dans l'organisme :

- Additivité : [X + Y] = [X] + [Y]
- Synergie, potentiation: [X + Y] > [X] + [Y]
- Antagonisme, inhibition, masque : [X + Y] < [X] + [Y]



Pour en savoir plus -> (ATSDR, 2004) + (EPA, 1986)

SPAQUE



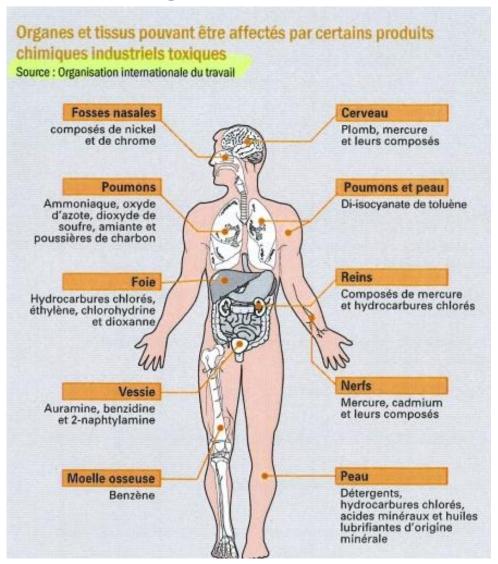
Effet de mélange (ATSDR, 2004)

- > Justification (études exp.)
- Effets à seuil : hypothèse d'<u>addition</u> des doses -> addition des effets pour les substances ayant un effet sur le même organe cible
- Effets sans seuil : hypothèse d'addition des réponses

SPAQUE



Organes cibles



SPAQUE







Etude du transfert des polluants du sol vers l'homme

Evaluation des risques :

Quelle proportion des polluants ingérés liés au sol va être réellement absorbée par le corps humain ?

Exposition à un polluant via ingestion de sol (mg/kg.jr) =

contenu dans le sol (mg/kg) (biodisponibilité) quantité (kg/jr) poids de l'homme (kg)

Jusqu'à présent en Wallonie : biodisponibilité = 100% En réalité, 2 constats :

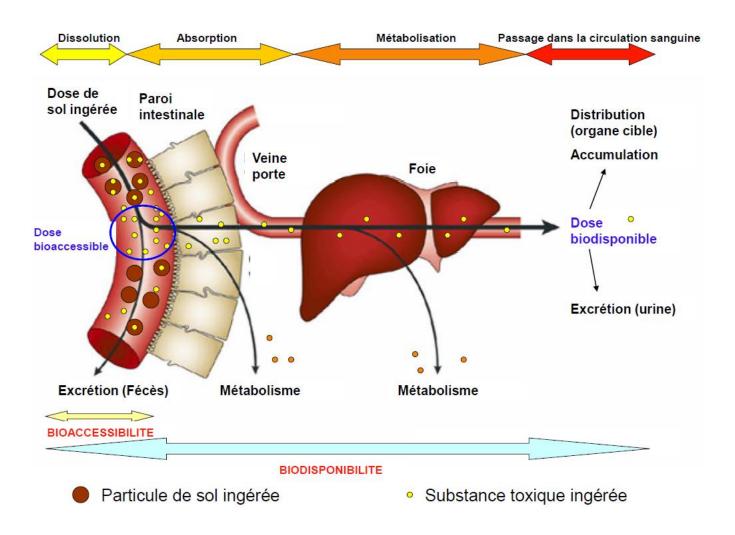
- 1) seule une fraction est absorbée
- 2) transfert via le sol différent du transfert via la matrice de référence (= matrice utilisée pour la VTR)

SPAQUE



Biodisponibilité et bioaccessibilité

Source: ICF
Environnement
« Biodisponibilité
et
bioaccessibilité
des polluants
dans les sols
pollués »



SPAQUE



Biodisponibilité et bioaccessibilité

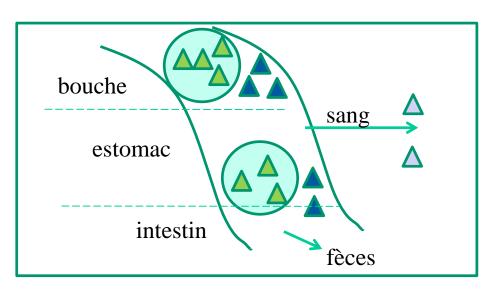


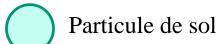
Biodisponibilité (orale) (absolue) : fraction du polluant ingéré qui atteint la circulation sanguine



Bioaccessibilité (orale) (absolue): fraction du polluant ingéré qui est dissoute dans l'estomac + tractus gastro-intestinal et qui est disponible à l'absorption







- Polluant fixé à la particule de sol
- ▲ Polluant bioaccessible
- △ Polluant biodisponible

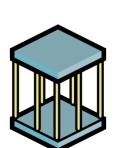




Biodisponibilité : définition, méthode, avantages et limites



Biodisponibilité : dose administrée parvenant dans la circulation sanguine



Méthode : test in vivo réalisé chez des primates (singes)

Avantages : donne l'information la plus proche de la réalité

Inconvénients: coûteux, éthique

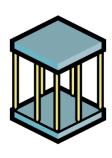


Biodisponibilité: protocole expérimental

Etude expérimentale menée sur des singes (% absorption similaire à celle de l'homme)



Pendant la période expérimentale :



- singes nourris avec une diète à basse teneur en arsenic
- analyse de l'arsenic dans les urines = niveau de référence
- sédation des singes puis injection par tubage gastrique de la solution d'arsenic ou de la solution contenant la terre
- analyse de l'arsenic dans les urines collectées (brossage et rinçage de la cage)
- analyse de l'arsenic dans les fèces (dans des coupes)



Bioaccessibilité : définition, méthode, avantages et limites



Bioaccessibilité : dose administrée solubilisée dans le tractus gastro-intestinal et disponible pour l'absorption



Méthode: test in vitro de simulation des processus de digestion salive -> estomac -> intestin

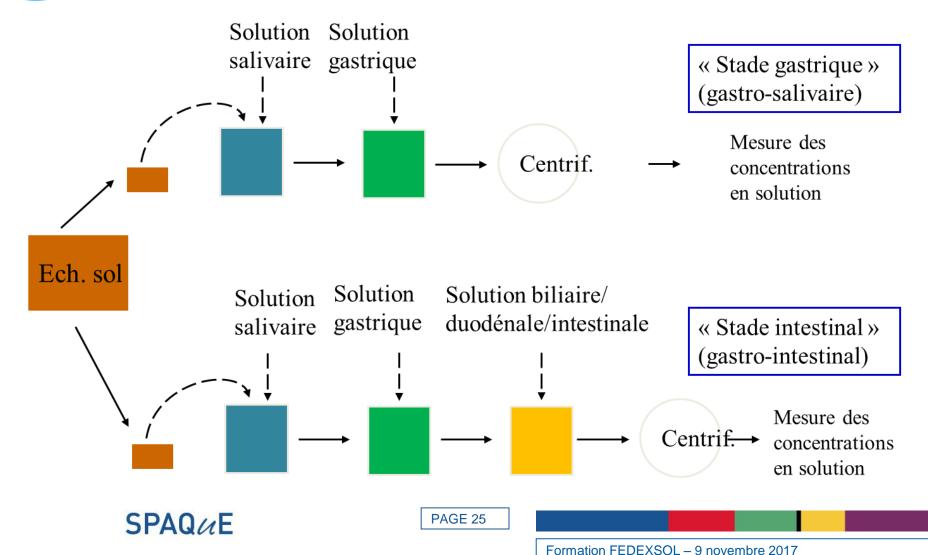


Avantages: peu coûteux, facile à mettre en œuvre

Inconvénients : validation de la méthode, nécessité de valider ensuite avec des tests de biodisponibilité



Bioaccessibilité Protocole UBM (Unified BARGE Method)









Biodisponibilité, bioaccessibilité : pistes de recherche

- Résultats de bioaccessibilité → s'approcher le mieux des résultats de biodisponibilité
- Vérifier pour quels polluants ces tests peuvent être utilisés (validation)
- Vérifier pour quels types de sols ces tests peuvent être utilisés
- Quelle phase gastrique ou gastro-intestinale doit être retenue?

Source : « Biodisponibilité et bioaccessibilité des polluants dans le cas des sols pollués - Etat des connaissances et pistes de recherche », Etude RECORD n° 10-0671/1A, janvier 2012

SPAQUE



Biodisponibilité, bioaccessibilité: sources d'information



« Biodisponibilité et bioaccessibilité des polluants dans le cas des sols pollués - Etat des connaissances et pistes de recherche », Etude RECORD n° 10-0671/1A, janvier 2012



« Etude Pollusol 2 », UCL, ULg, UMons, décembre 2012



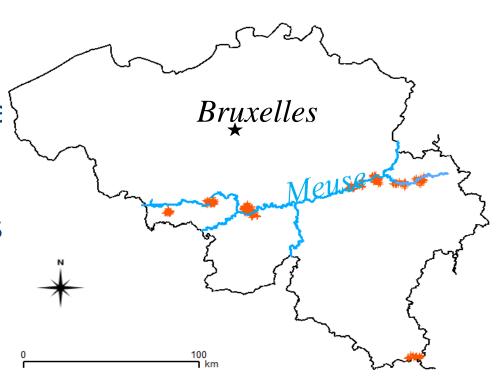


Bioaccessibilité Résultats de l'étude POLLUSOL 2

1126 éch. de sol 1341 éch. de légumes 435 éch. d'eau souterraine

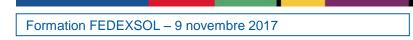
Collectés dans les forêts, champs, prairies, potagers zones de remblais

Analyses de 20 composés inorganiques et 33 organiques



→ échantillons provenant de sols <u>peu</u> pollués

SPAQUE





Bioaccessibilité Résultats de l'étude POLLUSOL 2

Dans les 8 zones d'études :

SPAULLE

- mise à l'écart des échantillons présentant des teneurs en polluants atypiques
- sélection d'échantillons de sols de surface représentatifs des sols soumis à la PAP pour les trois occupations ciblées (potagers, parcs, forêts)

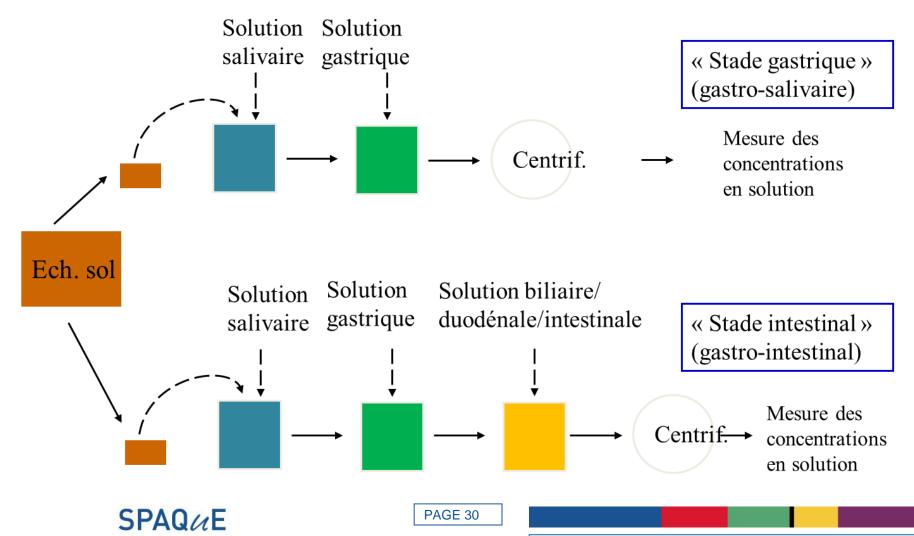
122 échantillons de potagers37 échantillons de forêts78 échantillons de parcs

237 échantillons de surface

| | As | Cd | Со | Cr | Cu | Ni | Pb | Zn |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Eau régale (min.) | 5.0 | 8.0 | 1.0 | 16 | 20 | 9.2 | 12 | 15 |
| Eau régale (méd.) | 14 | 1.7 | 13 | 36 | 40 | 29 | 122 | 280 |
| Eau régale (max.) | 78 | 9.8 | 30 | 112 | 146 | 60 | 1485 | 2100 |



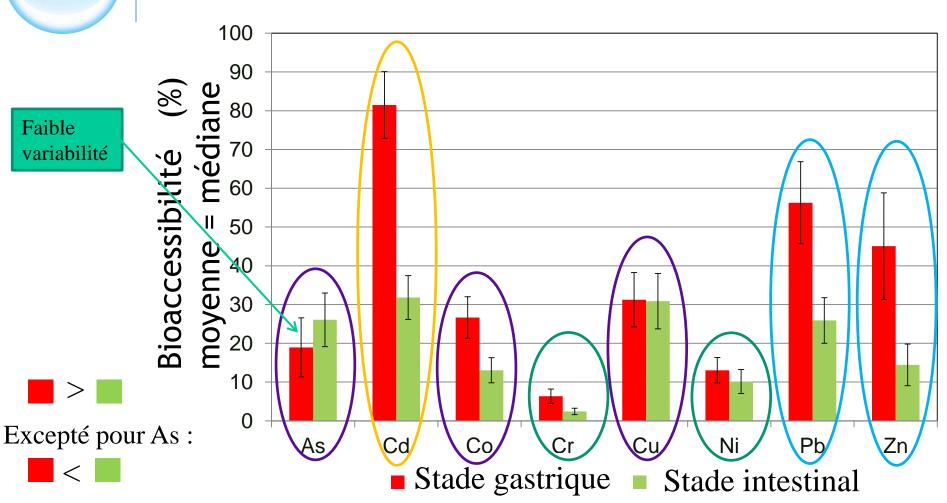
Bioaccessibilité (méthode UBM) Résultats de l'étude POLLUSOL 2



Formation FEDEXSOL - 9 novembre 2017



Bioaccessibilité Résultats de l'étude POLLUSOL 2



SPAQUE



Bioaccessibilité Résultats de l'étude POLLUSOL 2

Choix: utilisation du P95

% valides pour notre gamme de concentrations dans le sols

Bioaccessibilité au stade gastrique :

| % | As | Cd | Со | Cr | Cu | Ni | Pb | Zn |
|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 5e centile | 6 | 67 | 18 | 3 | 20 | 8 | 39 | 22 |
| moyenne | 19 | 81 | 27 | 6 | 31 | 13 | 56 | 45 |
| 95e centile | 32 | 95 | 35 | 9 | 43 | 19 | 74 | 67 |

Bioaccessibilité au stade intestinal:

| % | As | Cd | Со | Cr | Cu | Ni | Pb | Zn |
|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 5e centile | 15 | 23 | 8 | 1 | 19 | 5 | 16 | 6 |
| moyenne | 26 | 32 | 13 | 2 | 31 | 10 | 26 | 15 |
| 95e centile | 37 | 41 | 18 | 4 | 43 | 16 | 36 | 24 |





VTR distinctes pour adultes et enfants

Différences physiologiques, toxicologiques et comportementales



Adolescent (12 ans)



enfant (6 ans)



in utero SPAQ_{\(\mu\)E\(\)}

nourrisson



Pour en savoir plus : article dans Environnement, Risques et Santé, nov-déc. 2016 (Jailler M. et al, « Prise en compte des particularités... »



Pourquoi un guide spécifique pour l'exposition de l'enfant?



« Exposure Factors Handbook (EFH) » - édité en 1997 et 2011

CONSTAT:



Les enfants peuvent être plus exposés que les adultes car :

- Ils consomment plus de certains aliments/unité de poids que les adultes;
- Ils ont un ratio surface corporelle/poids > à celui de l'adulte ;
- Ils présentent de rapides changements comportementaux et physiologiques;
- Ils sont plus vulnérables aux polluants (fenêtres d'exposition, absorption, métabolisme, excrétion) -> exemples
- → Nécessité de consolider l'EFH « child-specific » (2002 et 2008)
- → Nécessité de définir des tranches d'âge et non plus de considérer les enfants comme une seule sous-population

SPAQUE



Documents produits par l'US-EPA spécifiques à l'enfant



Guidance on selecting age groups for monitoring and assessing childhood exposures to environmental contaminants (2005) - 51 pages



Supplemental guidance for assessing susceptibility from early-life exposure to carcinogens (2005) - 125 pages



Child-Specific Exposure Factors Handbook (2008) - 687 pages

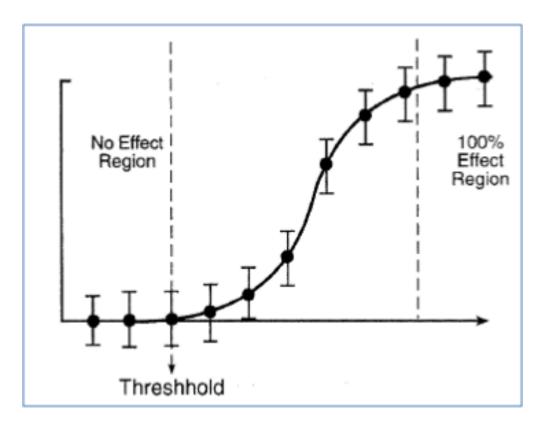


- Highlights of the Child-Specific Exposure Factors Handbook (2009) 39 pages
- Exposure Factors Handbook (2011) 1436 pages
- Highlights of the Exposure Factors Handbook (2011) 72 pages
- Child-Specific Exposure Scenarios Examples (2014) 116 pages

SPAQUE



VTR établie à partir du NOAEL, LOAEL



Source: www.perturbateurendocrinien.fr





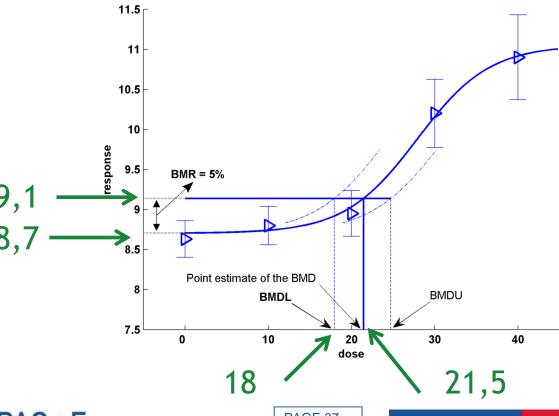
VTR établie à partir de la BMDL (exemple du plomb)

EFSA (2009) « Use of the Benchmark Dose approach in risk assessment »





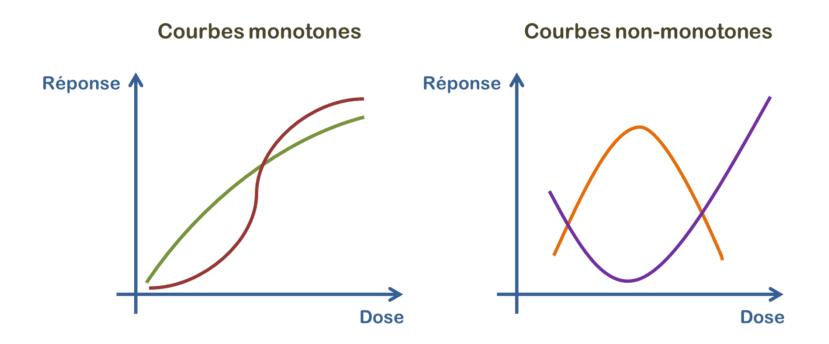




SPAQUE



VTR: relation dose / effet les courbes non monotones



Source: www.perturbateurendocrinien.fr

