



© Gilles Leimdorfer/REA

RÉHABILITATION DES SITES ET SOLS POLLUÉS



EXPOSITION AUX POLLUANTS MINÉRAUX ET ORGANIQUES

SOURCES D'ÉMISSION¹

- Anciennes décharges (officielles ou sauvages),
- Friches industrielles (dépôts de résidus de production ou de produits chimiques) : fonderies, centres d'équarissage, centres de stockage de résidus miniers, de gaz...
- Infiltration ou déversement de substances dus à des pratiques sommaires d'élimination des déchets ou des déversements accidentels,
- Accumulations dues aux rejets atmosphériques.

ACTIVITÉS POLLUANTES^{1,2}

- Carottage (diagnostic de pollution des sols)³
 - Analyses de métaux et métalloïdes avec valence, hydrocarbures totaux, BETX, HAP, PCB^{4,5}
- Terrassement/excavation de terres/boues polluées²
- Évacuation des terres/boues polluées²
- Traitement physicochimique, thermique ou biologique des terres/boues polluées¹ :
 - En installation de traitement biologique : désorption thermique, incinération, lavage de terres
 - En cimenterie
 - En site de stockage
 - In situ : ventilation forcée, traitement biologique, stabilisation physicochimique, désorption thermique, lavage de terres
- Confinement des terres polluées¹
- Reconditionnement de fûts²
- Remblayage

VARIABLES IMPORTANTES

- Nature des polluants
- Intensité de la pollution mesurée en mg/Kg de MS (matière sèche)
- Fréquence d'intervention

VOIES D'ABSORPTION^{1,2}



Cutanée



Respiratoire



Orale indirecte (contamination des mains et de la nourriture)

RISQUES SANITAIRES

Non évalués à ce jour



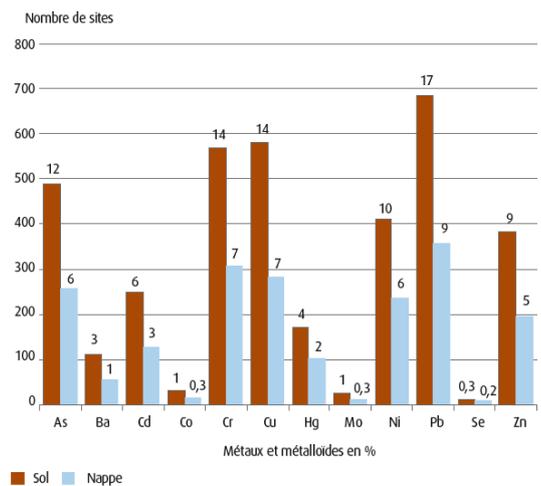
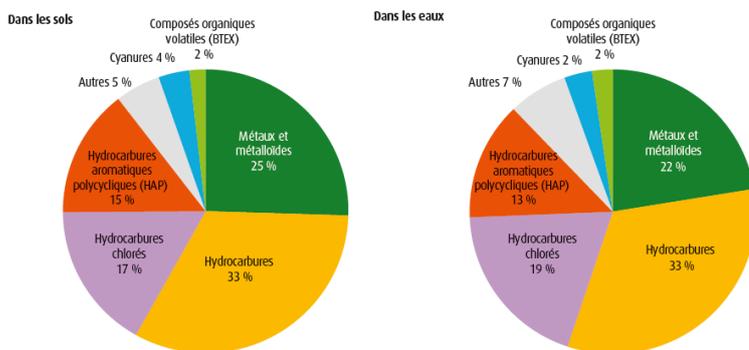
SURVEILLANCE BIOLOGIQUE DE L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE

Les données de la littérature disponibles à l'heure actuelle montrent des expositions atmosphériques faibles, très inférieures aux VLEP, même sur des sols fortement pollués, possiblement en raison de² :

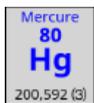
- Faible bioaccessibilité des polluants,
- Faible volatilité des polluants (à l'exception du mercure élémentaire), même lors du brassage de la terre,
- Equipements de protection individuelle adaptés.

Ci-dessous, quelques exemples de biomarqueurs rapportés plus fréquemment dans la littérature **MAIS** le choix des biomarqueurs est à adapter selon la nature de la pollution des sols⁹ (cf ci-dessous) et la **bioaccessibilité des polluants**.

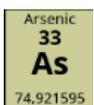
Figure 9 : Poids global des 7 familles de polluants identifiées dans les sols ou dans les nappes des sites pollués, début 2012



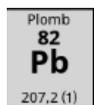
BIOMARQUEURS (À ADAPTER EN FONCTION DE LA NATURE DE LA POLLUTION DES SOLS)



Mercure urinaire
⚠ Sous forme élémentaire : volatil à température ambiante



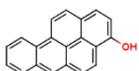
Arsenic inorganique et métabolites méthylés (MMA, DMA) urinaire



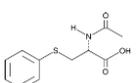
Plomb sanguin
Reflète de l'exposition récente et de la charge corporelle



1-hydroxypyrene (**1- OHP**) urinaire
Métabolite du **pyrène**



3-Hydroxybenzo[a]pyrène (**3- OHB[a]P**) urinaire
Métabolite non cancérigène du **benzo[a]pyrène** (HAP **CIRC1**)



Acide S-Phénylmercapturique (S-PMA) urinaire
Métabolite du **benzène**

PROTOCOLE^{6,7,8}



FS-DP

FP le jour de plus forte exposition (cinétique d'élimination rapide)

Moment indifférent après quelques semaines d'exposition (pas d'intérêt si seulement quelques j d'exposition)

FS-FP +/- DS-DP (niveau de base)
FS-FP+16h

FS-FP+16h +/- DS-DP (niveau de base)

FP (moment de la semaine indifférent)

DS / FS = Début / Fin de Semaine ; DP / FP = Début / Fin de Poste

VALEURS BIOLOGIQUES D'INTERPRÉTATION

BIOMARQUEURS	VBI EN MILIEU PROFESSIONNEL	VBR EN POPULATION GÉNÉRALE
Hg urinaire	< 20 µg/g de créatinine <i>ACGIH (2013)</i> < 50 µg/g de créatinine <i>ANSES (2014)</i>	< 4,6 µg/g de créatinine <i>ESTEBAN (2016)</i> < 1,7 µg/g de créatinine <i>Hoet (2013)</i> < 2,8 µg/g de créatinine <i>HSL (2013)</i>
As inorganique + MMA/DMA urinaire	< 35 µg/L <i>ACGIH (2000)</i>	< 10 µg/L en FS-FP (<i>RAC ECHA, 2017</i>) < 10,7 µg/L (9 µg/g de créatinine) [<i>Fréry et al., 2011</i>]
Plomb sanguin	< 180 µg/L (<i>moment de prélèvement indifférent</i>) (<i>VLB ANSES, 2019</i>)	< 85 µg/L chez l'homme < 60 µg/L chez la femme (<45 µg/L chez la femme susceptible de procréer) (<i>Anses 2019</i>)
1-OHP urinaire	< 1 µmol/mol de créatinine <i>Jongeneelen (2014)</i>	 < 0,10 µmol/mol de créatinine  < 0,30 µmol/mol de créatinine <i>NHANES (2018)</i>
3-OHBP urinaire	< 0,4 nmol/mol de créatinine <i>INRS (2007)</i>	 < 0,02 nmol/mol de créatinine  < 0,07 nmol/mol de créatinine <i>Lafontaine (2006)</i>
S-PMA urinaire	< 2 µg/g créatinine <i>RAC (2018)</i>	 < 0,5 µg/g de créatinine <i>FIOH (2018)</i>  < 7 µg/g de créatinine <i>Bevan (2013)</i>

POSTES À SUIVRE EN PRIORITÉ

Personnel des entreprises de dépollution des sols (risque d'exposition chronique)

Ingénieurs intervenant sur les chantiers (audits, suivis)

BIBLIOGRAPHIE

- Nisse C. Les sols pollués : évaluation du risque et surveillance des personnels. *Arch Mal Prof Env*, 2010;71:54-60.
- Testud F, Arquillère MF, Bidaud C, Guéry A, Vernotte M. Interventions de salariés du BTP sur sites et sols pollués : expérience du service lyonnais de santé au travail du BTP. *Arch Mal Prof Env*. 1 oct 2021;82(5):494-502.
- Géorisques. M'informer sur la pollution des sols, SIS et anciens sites industriels [En ligne]. [cité le 28 avril 2023]. Disponible: <https://georisques.gouv.fr/articles-risques/pollutions-sols-sis-anciens-sites-industriels/basias>
- Code de l'environnement, art. R.512-72-1. Circulaire du 8 février 2007 mise à jour le 19 avril 2017, BO n° 2017-8 du 10 mai 2017 [En ligne]. Disponible: <https://www.legifrance.gouv.fr/circulaire/id/42093>
- Ministère en charge de l'environnement, BRGM. Guide méthodologique pour l'analyse des sols pollués. BRGM, Orléans (2001). Disponible: <https://ssp-infoterre.brgm.fr/fr/guide/analyse-sols-pollues>
- INRS. Base de données Biotox. Mercure et composés [En ligne]. 2022 [cité le 28 avril 2023]. Disponible: https://www.inrs.fr/publications/bdd/biotox/dosage.html?reflNRS=Dosage_43
- INRS. Base de données Biotox. Hydrocarbures aromatiques polycycliques [En ligne]. 2020 [cité le 28 avril 2023]. Disponible: https://www.inrs.fr/publications/bdd/biotox/dosage.html?reflNRS=Dosage_149
- INRS. Base de données Biotox. Benzène [En ligne]. 2021 [cité le 28 avril 2023]. Disponible: https://www.inrs.fr/publications/bdd/biotox/dosage.html?reflNRS=Dosage_384
- Commissariat général au développement durable. Études & documents - observation et statistiques. Basol : un panorama des sites et sols pollués, ou potentiellement pollués, nécessitant une action des pouvoirs publics. Novembre 2013.