MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

Liberté
Égalité
Fraternité

DATA Essentiel LAB

ENVIRONNEMENT

Arsenic et mercure dans les sols : les zones exposées en France

DÉCEMBRE 2021

Si l'arsenic et le mercure sont naturellement présents dans les sols, certaines activités humaines actuelles ou passées peuvent contribuer à accentuer leur teneur. En France, plusieurs zones présentent des teneurs en arsenic ou en mercure élevées dans les sols. Pour l'arsenic, il s'agit de la Lorraine et du nord-ouest du Massif central, et pour le mercure, de la région parisienne et du nord de la France.

Compte tenu des impacts de l'exposition aux métaux lourds sur l'environnement et la santé humaine (*encadré 1*), la connaissance de la contamination diffuse et des pollutions ponctuelles des sols par ces éléments représente un enjeu important.

Les contaminations diffuses dans les sols peuvent provenir de diverses sources dispersées dans l'espace et dans le temps : altération des roches à l'origine de la formation des sols (on parle alors de « teneurs naturelles »), mais aussi rejets présents ou passés des activités humaines (apports anthropiques) - (*encadré 2*). Les pollutions ponctuelles ont une origine géographiquement localisée et résultent le plus souvent de rejets de polluants non maîtrisés, d'accidents ou de mauvais confinements.

En France, la connaissance des contaminations diffuses repose sur l'analyse des prélèvements de sol réalisés sur 2 200 sites lors de la première campagne du réseau de mesures de la qualité des sols (Gis Sol, 2001-2010). Elle est complétée par une cartographie issue de l'interpolation spatiale par géostatistique (krigeage) de ces teneurs mesurées[1]. Les pollutions ponctuelles sont appréhendées à partir de l'inventaire des sites et sols pollués ou potentiellement pollués par une activité actuelle ou ancienne appelant une action des pouvoirs publics (Basol).

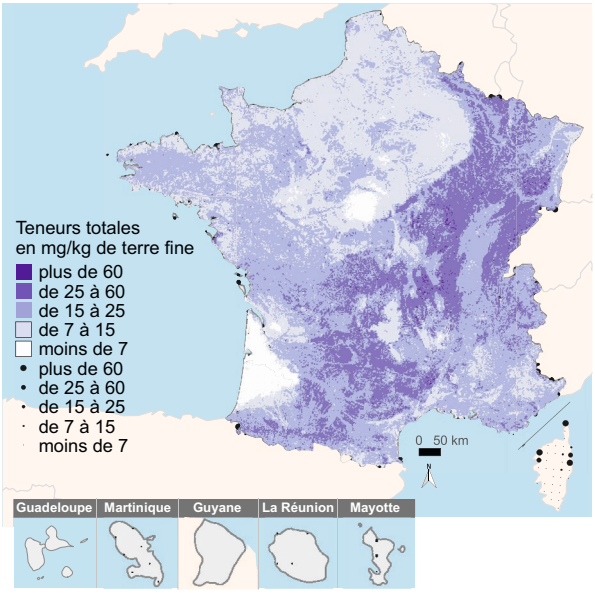
Une première cartographie des contaminations diffuses aux métaux lourds a été publiée en 2011 pour neuf substances[2]. Mais les données relatives à l'arsenic et au mercure n'ont été exploitées que plus récemment, en 2017. Les cartographies issues de l'analyse de ces deux substances, complétées des données de l'inventaire des sites pollués, sont présentées dans cette publication.

DES TENEURS ÉLEVÉES EN ARSENIC DANS LE MASSIF CENTRAL ET LE NORD-EST

Les teneurs en arsenic mesurées dans la partie superficielle des sols de France métropolitaine varient entre 0,4 et 412 mg/kg de terre fine, avec une médiane établie à 12 mg/kg. Les teneurs les plus élevées s'observent dans le Massif central et dans le nord-est de la France.

Le référentiel de teneurs en arsenic (Inra, Aspitet, 2000) identifie trois classes de valeurs couramment observées dans les sols ordinaires cultivés ou forestiers de zones

Carte 1 : teneurs en arsenic dans la partie superficielle des sols



Notes : teneurs spatialisées en métropole hors Corse à partir des analyses des 2 017 sites du RMQS prélevés de 0 à 30 cm de profondeur, par krigeage par dérive externe ; teneurs mesurées en outre-mer et en Corse.
***Source** : Gis Sol, RMQS, d'après Loiseau* et al.*, 2021. Traitements : SDES, 2021*

[1] *Voir Note méthodologique - Cartographie des contaminations diffuses et des pollutions ponctuelles de l'arsenic et du mercure dans les sols* (cf. Pour en savoir plus).

[2] *Cadmium, cobalt, chrome, cuivre, molybdène, nickel, plomb, thallium, zinc.*

ENCADRÉ 1

Les enjeux en matière de santé publique

Les effets néfastes du mercure et de l'arsenic pour la santé sont connus. Le mercure, même à faible dose, constitue une menace pour le développement de l'enfant in utero *et à un âge précoce. Il peut également être toxique pour les systèmes nerveux, digestif et immunitaire, sur les poumons, etc. Quant à l'arsenic, une exposition prolongée par le biais des aliments et de l'eau de boisson peut provoquer des cancers et des lésions cutanées. Il serait aussi responsable de maladies cardiovasculaires, de diabète, et de troubles du développement cognitif de l'enfant.*
Le premier facteur d'exposition à ces métaux lourds est l'alimentation, en particulier la consommation de poissons et de produits de la mer. Ce constat montre la nécessité de mener une action globale pour éviter le transfert de ces polluants entre les milieux naturels. C'est notamment l'objet de la convention de Minamata, adoptée le 10 octobre 2013 par les Nations unies, qui vise à limiter les émissions et rejets anthropiques de mercure. En application de cette convention, la France prévoit notamment d'identifier et évaluer les sites contaminés par du mercure ou ses composés et de mettre en place des actions écologiques rationnelles pour réduire les risques présentés.
Pour mesurer l'exposition de la population aux métaux lourds, plusieurs études ont été menées par Santé publique France depuis le milieu des années 2000. La plus récente, l'étude transversale Esteban (étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition) décrit l'exposition de la population de France métropolitaine à 27 métaux, dont l'arsenic et le mercure, entre 2014 et 2016 et mesure leur présence dans l'organisme des adultes et des enfants. Les résultats, publiés en juillet 2021, montrent que l'ensemble de la population est concerné par l'imprégnation aux métaux lourds. L'Agence nationale de santé publique estime nécessaire la poursuite dans le temps de cette surveillance et le maintien des mesures visant à réduire l'exposition à ces polluants.

rurales : valeurs ordinaires (moins de 25 mg/kg de terre fine), anomalies naturelles modérées (entre 30 à 60 mg/kg en l'absence de pollution anthropique), fortes anomalies naturelles (entre 60 et 284 mg/kg).

Un cinquième du territoire métropolitain hors Corse présente des teneurs estimées de contamination diffuse par l'arsenic supérieures aux valeurs ordinaires (*carte 1*). En particulier, huit « points chauds » d'origine géologique ou issus de processus de minéralisation sont répertoriés dans le Massif central. Il s'agit de zones présentant des teneurs particulièrement élevées (probabilité de plus de 0,15 de dépasser les teneurs de 100 mg/kg de terre fine). Au-delà des facteurs géologiques, les activités minières et l'usage de pesticides dans le sud-ouest de cette région peuvent avoir contribué aux fortes teneurs observées. Plusieurs points chauds d'arsenic sont également relevés dans l'ancienne région Lorraine, en lien notamment avec les anciennes activités minières et industrielles.

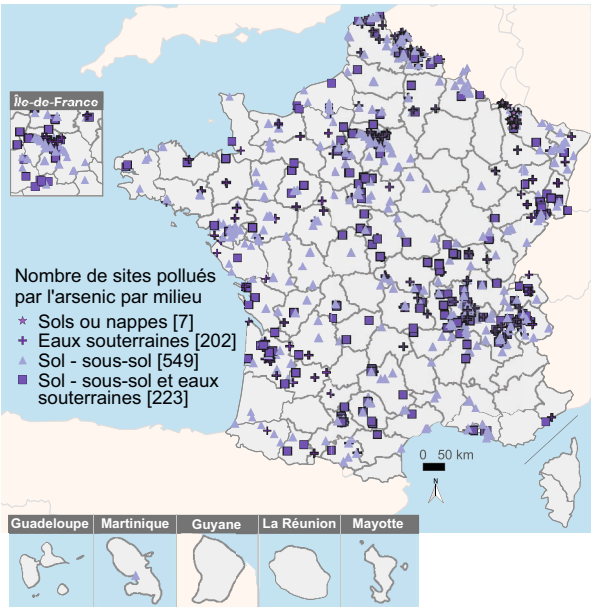
À l'inverse, les territoires constitués de sols sableux acides (Landes, Sologne, nord des Vosges) renferment les teneurs les plus basses. Ces sols, issus de matériaux géologiques avec de faibles teneurs naturelles en arsenic, possèdent par ailleurs une faible capacité à fixer l'arsenic sur leurs particules organiques ou minérales (adsorption). Les teneurs plutôt basses observées dans les sols limoneux formés dans les dépôts éoliens du quaternaire (Bassin parisien, Nord-Ouest) s'expliquent par un appauvrissement en argile et en oxyde de fer en surface, de nature à limiter la fixation de l'arsenic. Dans les sols crayeux peu épais (Charentes, Champagne), les faibles teneurs en arsenic peuvent être attribuées aux propriétés alcalines de ces sols, défavorables à la fixation de l'arsenic.

L'ARSENIC EST DÉTECTÉ SUR UN DIXIÈME DES SITES POLLUÉS

Au-delà des teneurs de contaminations diffuses mesurées dans la partie superficielle des sols, des pollutions localisées peuvent être observées à proximité de sites pollués par une activité humaine. La part des sites pollués par l'arsenic représente un peu plus de 10 % des 9 527 sites pollués ou potentiellement pollués par une activité actuelle ou ancienne recensés en France mi-2021 (*carte 2*).

Ces pollutions résultent le plus souvent d'accidents (manutention, transport), de mauvaises pratiques de stockage (déchets, effluents) ou de confinements (produits toxiques ou dangereux). Initialement localisées, elles peuvent s'étendre sous l'effet de la dispersion par l'air ou par les eaux percolant dans le sol, s'infiltrer dans le sous-sol et atteindre les nappes souterraines.

Carte 2 : sites et sols pollués par l'arsenic



***Source** : MTE, Basol, juillet 2021. Traitements : SDES, 2021*

ENCADRÉ 2

D'où proviennent l'arsenic et le mercure des sols ?

Si la géologie explique les principales variations de la présence d'arsenic dans les sols métropolitains, les activités anthropiques y contribuent aussi : usage de dérivés minéraux de l'arsenic (arséniate de plomb, de calcium, etc.) comme pesticide dans les vignobles et en arboriculture jusqu'en 1973 pour la plupart, jusqu'en 2000 pour l'arsénite de sodium (viticulture) ; impuretés dans certains engrais minéraux ; industrie ; mines. La relative mobilité de l'arsenic dans l'environnement le prédispose à contaminer les eaux souterraines.
Le mercure est, pour sa part, émis naturellement dans l'environnement par les volcans et l'érosion des sols et des roches. Depuis l'industrialisation, une partie du mercure dans l'environnement provient aussi de sources anthropiques. Utilisé dans l'industrie (production de chlore et soude caustique, métallurgie de métaux non ferreux notamment), ce métal se trouve également dans certains effluents industriels. Particulièrement volatil, le mercure émis lors de combustions (déchets contaminés, combustibles fossiles) peut contaminer les sols et l'environnement par retombées atmosphériques. Rapidement fixé sur la matière organique ou sur les oxydes (fer, aluminium, manganèse), il a tendance à demeurer dans la partie superficielle des sols. Certaines bactéries peuvent aussi transformer le mercure du sol ou des sédiments en méthyl-mercure, substance toxique pour l'Homme.

La confrontation entre les deux cartes de contamination diffuse et des sites et sols pollués par l'arsenic montre que pour 14 % des sites pollués par ce métal, les teneurs médianes observées à proximité de ces sites excèdent les valeurs ordinaires. Certaines activités semblent surreprésentées parmi ces sites : « sidérurgie, métallurgie, cokéfaction », « collecte de déchets et eaux usées, traitements des surfaces » et « textile, cuir et peaux ».

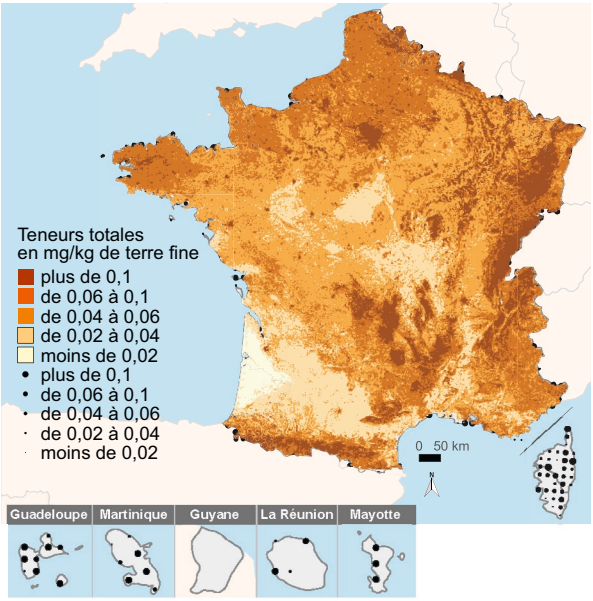
DES TENEURS EN MERCURE SUPÉRIEURES AUX VALEURS COURANTES DANS 13 % DES SOLS MÉTROPOLITAINS

Les teneurs en mercure mesurées dans la partie superficielle des sols de France métropolitaine varient entre 0,001 et 1,7 mg/kg de terre fine avec une valeur médiane de 0,04 mg/kg.

Moins de 13 % du territoire métropolitain montre des teneurs estimées de contamination diffuse par le mercure supérieures aux valeurs couramment observées dans les sols ordinaires cultivés ou forestiers de zones rurales (*carte 3*), soit plus de 0,1 mg de mercure par kg de terre fine (Inra, Aspitet, 2000).

Les plus fortes teneurs sont liées à la présence de roches volcaniques (centre du Massif central), d'anciennes activités d'extraction aurifère (certains points chauds du Massif central) ou de minéralisations naturelles amplifiées par les fortes teneurs en carbone des sols de l'ensemble des massifs montagneux. La forte capacité du mercure à se fixer sur les matières organiques des sols explique également les teneurs en mercure relativement élevées dans les sols bretons et normands, dont les stocks en carbone organique sont plutôt élevés. Les activités humaines peuvent également conduire à des contaminations du sol par le mercure. Ainsi, les fortes teneurs observées dans le Nord sont largement liées à l'industrie métallurgique. De même, le point chaud de mercure autour de Paris (zone présentant une probabilité proche de 0,01 de dépasser 0,5 mg de mercure par kg de terre fine) correspond à des territoires marqués par une forte présence industrielle et par l'apport de boues d'épandage en provenance de la plus grande station d'épuration d'eaux urbaines dans le nord-ouest de Paris dans les années 1970 et 1980.

Carte 3 : teneurs en mercure dans la partie superficielle des sols



Notes : teneurs spatialisées en métropole hors Corse à partir des analyses des 2 017 sites du RMQS prélevés de 0 à 30 cm de profondeur, par krigeage par dérive externe ; teneurs mesurées en outre-mer et en Corse.
***Source** : Gis Sol, RMQS, d'après Loiseau et al., 2021. Traitements : SDES, 2021*

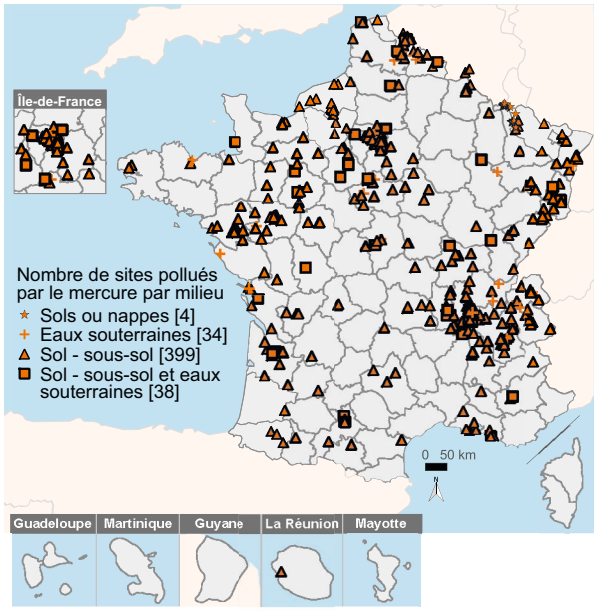
Les teneurs en mercure mesurées dans les sols agricoles *stricto sensu* (Gis Sol, BDETM, 2011) sont plus faibles : la moitié des valeurs observées ne dépassent pas 0,05 mg/kg et 90 % sont inférieures à 0,11 mg/kg.

LE MERCURE CONCERNE 5 % DES SITES POLLUÉS

Parmi les 9 527 sites et sols potentiellement pollués par une activité actuelle ou ancienne recensés en France, 471 sites sont pollués ou potentiellement pollués par le mercure (*carte 4*), soit 5 % de l'ensemble des sites pollués.

La confrontation entre les deux cartes de contamination diffuse et des sites et sols pollués par le mercure montre que pour 45 % des sites pollués par ce métal, les teneurs médianes observées à proximité de ces sites excèdent les valeurs ordinaires. Les activités de type « mécanique, électrique, électronique, traitements des surfaces » sont surreprésentées parmi ces sites.

Carte 4 : sites et sols pollués par le mercure



***Source** : MTE, Basol, juillet 2021. Traitements : SDES, 2021*

ARSENIC ET MERCURE DANS LES SOLS ULTRAMARINS

Les teneurs en arsenic dans la partie superficielle des sols ultramarins hors Guyane s'échelonnent entre 0,92 et 16,6 mg/kg. La médiane (3,93 mg/kg) est trois fois plus faible que celle estimée pour la métropole.

A contrario, pour le mercure, la médiane est trois fois supérieure à celle des sols métropolitains. Les teneurs en mercure varient entre 0,008 et 0,42 mg/kg de terre fine, avec des situations contrastées entre les départements.

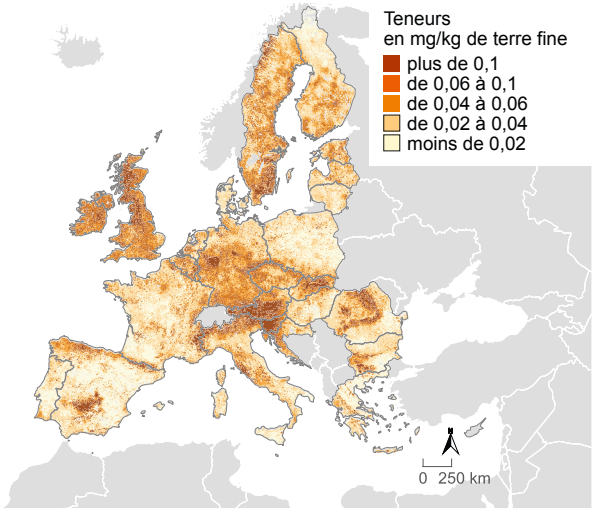
En Guyane, certains sols sont naturellement riches en mercure. L'extraction aurifère (avec l'usage du mercure pour amalgamer l'or jusqu'en 2006) et l'érosion des sols accélérée par la déforestation sont par ailleurs à l'origine d'une dispersion du mercure dans l'environnement (eau, sédiments, biodiversité).

LE MERCURE DANS LES SOLS EN EUROPE

En 2021, le centre commun de recherche de la Commission européenne estime la valeur médiane des teneurs en mercure dans les 20 premiers centimètres des sols européens à 0,04 mg/kg. Environ 4 % de la surface de France métropolitaine dépasse 0,1 mg de mercure par kg de terre fine dans les sols pour ce niveau de profondeur, selon cette méthodologie (contre 8,4 % pour l'ensemble de la surface européenne).

Ces parts sont estimées les plus élevées en Europe centrale et septentrionale (*carte 5*) : Slovénie (63 %), Autriche (47 %), Royaume-Uni (24 %), Slovaquie (21 %), Irlande (17 %), Belgique (16 %) et Suède (12 %). *A contrario*, elles concernent moins de 2 % de la surface dans sept pays (Lituanie, Danemark, Portugal, Finlande, Hongrie, Pologne et Lettonie).

Carte 5 : teneurs en mercure dans la partie superficielle des sols en Europe



Notes : teneurs estimées par réseau de neurones profonds - krigeage par régression ; analyse de 21 591 échantillons de sols, dont 3 050 en France, prélevés de 0 à 20 cm de profondeur.
Champ : 26 États membres.
***Source** : CE/JRC, Lucas Soil, 2015, d'après Ballabio et al., 2021. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144755. Traitements : SDES, 2021*

POUR EN SAVOIR PLUS

• SDES, 2021. Note méthodologique - *Cartographie des contaminations diffuses et pollutions ponctuelles de l'arsenic et du mercure dans les sols*, décembre 2021, 37 p.
• Marchant B.P., Saby, N.P.A., Arrouays, D. (2017). *A survey of topsoil arsenic and mercury concentrations across France.* Chemosphere 181 (2017), 635-644.
• Saby N.P.A. Saby, Marchant B.P., Lark R.M., Jolivet C.C., Arrouays D., 2011. *Robust geostatistical prediction of trace elements across France.* Geoderma 162 (2011) 303–311.
• Santé publique France, 2021. *Exposition aux métaux de la population française : résultats de l'étude Esteban.*

Véronique ANTONI, SDES
en collaboration avec Céline JAMET, SDES

Dépôt légal : décembre 2021
ISSN : 2555-7572 (imprimé)
2557-8510 (en ligne)
Impression : imprimerie intégrée du MTE, imprimé sur du papier certifié écolabel européen – www.ecolabel.com

Directrice de publication : Béatrice Sédillot
Rédacteur en chef : Hugues Cahen
Coordination éditoriale : Céline Blivet
Cartographie : Véronique Antoni
Maquettage et réalisation : Agence Efil, Tours

Commissariat général au développement durable
Service des données et études statistiques
Sous-direction de l'information environnementale
Tour Séquoia - 92055 La Défense cedex
Courriel : diffusion.sdes.cgdd@developpement-durable.gouv.fr

www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE
Liberté Égalité Fraternité

STATISTIQUE PUBLIQUE