



BIOMONITORING CIBLÉ POUR LES USAGERS DU COIN DE TERRE DE BRESSOUX : SYNTHÈSE POUR LES PROFESSIONNELS DE SANTÉ

Document d'information des médecins et professionnels de la santé de la région liégeoise sur les effets sanitaires des métaux, les marqueurs utilisés pour les analyses sanguines et urinaires et les modalités de prise en charge médicale.

Nous souhaitons attirer l'attention des professionnels de la santé sur la vigilance qu'il convient d'appliquer quant à l'utilisation des informations que se trouvent dans ce document. En effet, certaines recommandations formulées pour réduire l'exposition aux métaux concernent la consommation d'aliments. Or, plusieurs d'entre eux sont associés à une alimentation saine (légumes, céréales complètes, etc.). La restriction de ce type d'aliments n'est donc pertinente que pour celles et ceux qui ne varient pas suffisamment leur régime alimentaire et va donc le sens d'une diététique équilibrée.

Nous vous conseillons donc de ne pas distribuer ce document à votre clientèle, car il contient des informations dont la plupart méritent d'être lues avec discernement.

L'Institut Scientifique de Service Public (ISSeP), en collaboration avec le Service Public Wallon, a entrepris une campagne de biomonitoring auprès des bénéficiaires du « Coin de terre » de Bressoux (CTB). Les concentrations de plusieurs métaux tels que le plomb, le cadmium et l'arsenic étaient élevées dans les sols et certains fruits et légumes du CTB, raison qui a justifié la mise en place du biomonitoring.

Cette étude avait pour objectif de déterminer les concentrations de certains métaux dans des prélèvements biologiques effectués chez les adultes et enfants qui fréquentent ou ont fréquenté le Coin de terre de Bressoux et/ou qui consomment ou ont consommé les fruits et légumes produits sur ce terrain.

Les métaux recherchés dans cette étude étaient :

<u>Dans le sang</u>	<u>Dans l'urine</u>
<input type="radio"/> Le plomb	<input type="radio"/> Le plomb
<input type="radio"/> Le cadmium	<input type="radio"/> Le cadmium
	<input type="radio"/> L' arsenic
	<input type="radio"/> Le molybdène
	<input type="radio"/> Le cuivre
	<input type="radio"/> Le zinc

I. Comment une population peut-elle être exposée aux métaux présents dans des sols pollués?

L'exposition au plomb, au cadmium et à l'arsenic contenus dans les sols peut se faire selon :

- (1) l'inhalation de poussières émises dans l'atmosphère à partir des sols ;
- (2) l'ingestion de ces poussières ou de la terre retenue dans les ongles : cette voie concerne principalement les enfants en bas âge (moins de 3 ans) qui portent fréquemment leurs mains à la bouche et les personnes qui se lavent peu souvent les mains après avoir travaillé la terre ;
- (3) l'ingestion de produits alimentaires cultivés sur les sols pollués : les légumes feuilles (épinards, salades, ...) et les légumes racines (carottes, radis, ...) et les aromates (menthe, thym, ...) sont bien plus contaminés par ces 3 polluants que les légumes fruits (tomates, courgettes,...).

L'exposition aux sols pollués n'est pas une source unique et peut donc venir s'ajouter à d'autres expositions lorsque celles-ci existent. Parmi ces autres sources, on peut citer :

- (1) pour le **plomb** : il a été largement employé pour la fabrication de canalisations d'eau potable ou encore dans la confection de peintures (céruse). Il existe donc encore certaines habitations, généralement construites avant la deuxième guerre mondiale, dont les canalisations ou les peintures renferment du plomb. Certains ustensiles artisanaux comme les céramiques, le cristal ou des cosmétiques (khôl) contiennent également du plomb. La viande de gibier (chassé au plomb) contient aussi des concentrations moyennes en plomb très élevées (concentrations 4 fois plus importantes que celles rapportées par l'EFSA) ;
- (2) pour le **cadmium** : le tabagisme, la consommation fréquente d'abats (rognons), de coquillages et de champignons sauvages (surtout si ces derniers ont été cueillis sur un sol contaminé) sont une autre voie d'exposition au cadmium ;
- (3) pour l'**arsenic** : la population belge y est essentiellement exposée par l'alimentation. Concernant l'**arsenic total**, le poisson et les fruits de mer sont la source principale de l'exposition, mais l'arsenic présent dans ces aliments l'est en majorité sous forme d'arsenobetaine, un composé organique d'arsenic non toxique. En ce qui concerne l'**arsenic inorganique**, la forme la plus toxique de l'arsenic, la population générale belge y est principalement exposée par la consommation de riz et de céréales. Plusieurs espèces d'algues sont également riches en arsenic inorganique et leur ingestion fréquente peut entraîner une exposition élevée (p.ex. Hijiki). Dans des cas particuliers, l'eau potable et certains légumes, quand ils sont contaminés en arsenic, peuvent devenir des sources importantes d'exposition. Enfin, les fumeurs ou les personnes en contact avec la fumée de tabac sont également exposés à l'arsenic, mais cette source n'est pas la principale voie d'exposition, la plus importante étant l'alimentation.

Pour le molybdène, le cuivre et le zinc, la nourriture constitue la principale voie d'exposition. Ces trois métaux sont des oligo-éléments essentiels pour le corps humain. On les retrouve naturellement dans les sols mais aussi, de façon abondante, dans les aliments : viande, poisson, légumineuse, fruits secs (noix, noisettes) et légumes secs (pois chiche, lentilles), céréales complètes...

II. Quels sont les effets des métaux sur la santé ?

Les niveaux d'exposition attendus dans des cas comme celui du Coin de terre de Bressoux sont faibles en comparaison à des expositions professionnelles et aiguës. Les effets sur la santé à envisager sont donc de type chronique et sont, probablement pour une grande majorité d'entre eux, entraînés par une exposition par ingestion.

1. Le plomb¹⁻¹⁰ : le plomb perturbe de nombreuses voies métaboliques et différents processus physiologiques. Les principaux organes cibles sont le système nerveux central, cardiovasculaire, les reins et la moelle osseuse. Les enfants en bas âge sont une cible particulière de l'intoxication au plomb, car ils sont susceptibles d'en ingérer plus souvent en raison de leur activité main-bouche, mais aussi parce que leur coefficient d'absorption digestive est élevé et que leur système nerveux est en développement. L'intoxication au Pb des enfants a des effets durables sur les facultés cognitives. Tout comme les enfants, les femmes enceintes constituent aussi une population sensible du fait du passage par le plomb de la barrière placentaire dont les conséquences se manifestent notamment par une altération du développement cérébral du fœtus.

L'intoxication chronique au plomb prend des formes diverses¹⁰. Par exemple, les effets qui suivent ont parfois été observés chez l'adulte pour des plombémies inférieures à 200 µg/L : la diminution du débit de filtration glomérulaire, l'augmentation du risque d'insuffisance rénale chronique, l'élévation de la pression artérielle, l'augmentation du risque d'hypertension artérielle, l'inhibition de l'acide δ-aminolévulinique déshydratase (ALAD) et l'altération du spermogramme. Chez l'enfant les effets suivants ont été observés pour des plombémies inférieures à 100 µg/L : l'augmentation du risque de petit poids à la naissance, des troubles cognitifs et neurodéveloppementaux, la diminution de l'acuité auditive, le retard de la maturation sexuelle et l'augmentation du risque de retard pubertaire.

2. Le cadmium^{9,11-14} : les atteintes organiques en cas d'intoxication massives du cadmium sont principalement de nature digestive et rénale.

En cas d'intoxication chronique, les premières manifestations sont rénales. Classiquement la néphropathie cadmique est une tubulopathie proximale qui se traduit par une fuite urinaire de protéines de faibles poids moléculaires (bêta-2-microglobuline, protéine de liaison de la vitamine D, protéine de liaison du rétinol (RBP), lysozyme, ribonucléase). A un stade ultérieur, l'atteinte tubulaire s'étend au tube distal, ce qui se traduit par des troubles de l'acidification et de la concentration des urines. Les atteintes osseuses sont principalement la conséquence d'une atteinte rénale avancée, diminuant la capacité de réabsorption du

calcium et du phosphore du rein (fuite phosphocalcique). Cette fuite phosphocalcique peut être responsable d'une ostéomalacie voire d'une ostéoporose.

3. L'arsenic ^{9,15,16}: les composés inorganiques de l'arsenic sont les plus toxiques. Les premiers symptômes d'une exposition prolongée à l'arsenic inorganique s'observent par des atteintes cutanées (mélanodermie, kératodermie, maladie de Bowen), mais aussi, potentiellement, par une atteinte des muqueuses (rhinite, stomatite, gingivite), une chute des cheveux, des stries de Mees (bandes blanches et grises transversales sur les ongles), une neurotoxicité (polynévrite sensitivomotrice débutant aux membres inférieurs) une atteinte sanguine (anémie). L'arsenic peut également être responsable de cancers de la peau et du poumon. Le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) a d'ailleurs classé l'arsenic et ses composés dans les produits cancérigènes pour l'homme.

4. Le molybdène : les données sur la toxicité du molybdène chez les humains sont limitées, car les effets nocifs observés chez des animaux de laboratoire n'ont pas été signalés chez les humains ¹⁷.

L'exposition chronique à des taux élevés de molybdène a toutefois été associée à des symptômes s'apparentant à la goutte, incluant des taux élevés d'acide urique et des douleurs articulaires ¹⁸. Le risque d'excès est cependant très rare, car l'organisme l'élimine facilement dans les urines. Il ne nous paraît donc pas nécessaire de fixer une valeur de vigilance en plus d'une valeur d'intervention.

5. Le cuivre : les effets toxiques du cuivre sont très rares.

Eventuellement, la prise massive de cuivre peut se manifester par des symptômes gastrointestinaux : nausées et maux d'estomac. Des apports élevés et réguliers en cuivre via l'alimentation et l'eau potable peuvent causer des lésions hépatiques graves chez les jeunes enfants ¹⁹, mais ceux-ci constituent des cas extrêmes.

6. Le zinc : les effets toxiques du zinc en cas d'apport excédentaire sont très rares.

Comme pour le cuivre, ces effets sont des manifestations gastrointestinales : nausées, vomissements et diarrhée. Une prise excessive et sur le long court peut perturber l'absorption du cuivre et entraîner une anémie.

III. Les mesures d'imprégnation aux métaux mises en œuvre dans l'étude : les valeurs limites

Pour permettre aux participants de connaître leur niveau d'imprégnation et d'estimer, sur base de l'imprégnation constatée, le risque encouru pour la santé, nous avons comparé les résultats de chaque analyse sanguine et urinaire à des « valeurs limites ».

A un niveau européen, la littérature distingue les valeurs limites selon **3 niveaux de « gravité »**^{20,21} :

1. **Niveau I, valeur de référence** : elle correspond à la concentration d'une substance dans le sang ou l'urine en-dessous de laquelle et selon l'état actuelle des connaissances, il n'y a pas de risque identifié pour la santé. Cette situation qualifiée de référence ne nécessite donc pas une intervention ou une action particulière en matière de santé.
2. **Niveau II, situation d'alerte ou de vigilance** : elle fait référence à une concentration qui se situe entre la **valeur de référence** et la **valeur d'intervention** d'une substance dans le sang ou l'urine. La situation de vigilance correspond à une gamme de valeurs dans laquelle, selon l'état actuel des connaissances, les effets néfastes sur la santé ne sont pas établis (Cd) ou qui ne se situent pas dans la tranche supérieure (> P90, P95) de la population (As_{specU}^1 , Pb, Zn, Cu, Mo). Néanmoins, elles sont suffisamment élevées pour y porter attention. Il est donc conseillé de répéter la mesure du biomarqueur et, si la concentration se confirme, de suivre des recommandations dans le but de diminuer l'exposition.
3. **Niveau III, valeur d'intervention** : elle est déterminée par la concentration d'une substance dans le sang ou l'urine à partir de laquelle, selon l'état actuel des connaissances, il existe un risque d'effet négatif sur la santé. Il est nécessaire de répéter la mesure du métal dans le sang ou l'urine et de suivre des recommandations visant la réduction de l'exposition au(x) polluant(x) ciblé(s).

1. **La Plombémie** est le biomarqueur préconisé pour évaluer la charge corporelle en Pb. Ce dernier est un toxique cumulatif et sa présence dans le sang témoigne de l'équilibre entre le plomb absorbé, le plomb stocké et le plomb éliminé par voie urinaire.

Pour les adultes, la valeur d'intervention de 100 µg/L et la valeur de référence de 50 µg/L sont retenues. *La valeur de 100 µg/L n'est en réalité pas un « seuil toxicologique » proprement dit, c'est-à-dire un seuil en-deçà duquel il n'y a pas d'effet toxique (puisque'il est admis que le plomb a un effet sans seuil). Initialement, elle a été proposée par le CDC (Centers for Disease Control and Prevention) en 1991 afin de déclencher des actions destinées à réduire l'exposition au plomb chez les*

¹ Pour l' As_{specU} , la borne inférieure de la situation de vigilance (10 µg/g.créat.) a été choisie sur base, notamment, de deux études françaises (Saoudi et al., 2012 ; Hays et al., 2010). Il faut noter que cette valeur se rapproche du P95 en matière d'imprégnation de la population française à l'As (Asi + MMA + DMA). La valeur de 10 µg/g.créat. se trouve donc dans la tranche supérieure de la population française, mais elle est également en deçà de la tranche supérieure de la population allemande.

enfants ²². Elle est, depuis ce temps, d'application dans la plupart des pays limitrophes à la Belgique, en France notamment.

Les études toxicologiques récentes établissent des effets toxiques avérés ^{10,23} pour des plombémies inférieures à 100 µg/L. C'est pourquoi, pour les enfants, nous avons retenu une valeur d'intervention de 50 µg/L et une valeur de référence de 25 µg/L². Ces valeurs correspondent à celles avancées en 2010 par l'OMS ²⁴ et adoptées par d'autres études ou références du moment ^{9,10,25}.

La différence entre les valeurs des enfants et des adultes s'expliquent de diverses façons. Premièrement, plus de 90% de la charge corporelle de plomb d'un adulte est stockée dans les os, contre 70% chez les enfants. D'une manière générale (chez des sujets sains) il y a donc plus de plomb en « circulation » chez les enfants que chez les adultes. Deuxièmement, la croissance d'un enfant est associées à un remaniement osseux important ce qui conduit à une libération continue du plomb dans l'organisme or, c'est spécifiquement ce plomb en circulation qui interagit avec les organes et distille ses effets toxiques sur ceux-ci. Enfin, le processus de développement cérébral qui a lieu durant l'enfance rend cette jeune population plus sensible aux effets du plomb. Cette circonstance, à elle seule, justifie probablement une valeur de référence plus basse pour les enfants ²⁶.

NB : Même en petite quantité, le plomb génère des effets toxiques sur l'organisme. La valeur de référence correspond à ce que l'on peut retrouver, actuellement, dans la population générale. Cette valeur, comme les valeurs de vigilance et d'intervention, est amenée à diminuer dans un avenir proche. Plusieurs études montrent en effet que l'imprégnation en plomb de la population diminue avec les années ^{26,27}. D'autre part, la nécessité de revoir prochainement les valeurs de vigilance et d'intervention à la baisse est liée à la valeur de 15 µg/L, proposée par l'Efsa (Autorité européenne de sécurité sanitaire des aliments) et reconnue par l'Anses (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), comme seuil au-delà duquel un risque de maladie rénale chronique existe ²⁸. Les valeurs proposées, pour les enfants et adultes, sont donc le reflet de ce qui est le plus communément d'application, de nos jours, en France et dans d'autres pays européens.

2. **La plomburie** reflète également la quantité de Pb stockée dans les tissus mous, mais elle est moins pertinente que la plombémie pour évaluer la concentration de ce métal dans l'organisme car elle n'est pas représentative du stockage osseux du plomb. Cette mesure dans l'urine est cependant intéressante dans l'optique d'une comparaison à des populations de référence et en l'absence d'un groupe témoin.

Les seuils utilisés sont de 1.8 µg/g. créatinine pour la valeur de référence et de 3.0 µg/g. créatinine pour la valeur d'intervention. Elles correspondent à des valeurs populationnelles c'est-à-dire à la moyenne géométrique de la population belge ²⁹ pour le seuil de 1.8 µg/g. créatinine et à la limite supérieure de référence qui figure dans la « Liste des biomarqueurs » de l'Institut de recherche expérimentale et clinique de l'UCL pour le seuil de 3.0 µg/g. créatinine.

² D'autres études ciblant les enfants et adolescents suggèrent une concentration de référence inférieure à 12 µg/L qui est d'ailleurs l'objectif à atteindre en France pour le Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP). C'est probablement l'objectif qu'il s'agira de viser dans les années à venir en Belgique au vu des dernières données populationnelles ^{26,34}.

3. La cadmiurie est le biomarqueur préconisé qui représente le mieux la charge corporelle en Cd. Comme le plomb, le cadmium est un cumulatif dont la charge s'accroît avec l'âge en se stockant dans les reins. Pour le cadmium également, il y a une différence de valeurs seuils entre les enfants et les adultes. Pour les adultes, les valeurs de référence et d'intervention sont respectivement de 1 µg/L et 4 µg/L. Pour les enfants, elles sont de 0.5 et 2 µg/L. Ces seuils ont été définis par l'agence allemande de l'environnement et correspondent à des valeurs HBM-I et HBM-II qui témoignent du niveau de risque d'atteinte rénale. Ces valeurs ne tiennent pas compte de la concentration en créatinine, ce qui peut s'avérer avantageux en cas de créatinine anormale (< 0.3 g/L ou > 3.0 g/L) qui sous-estime ou surestime alors l'imprégnation réelle.

D'autres études prennent comme valeurs limites la concentration de cadmium ajustée à la créatinine²⁵ en fonction d'une valeur d'imprégnation au-delà de laquelle 10% d'atteintes rénales ont été observées dans une population générale (étude Cadmibel) : cadmiurie ≥ 2 µg/g de créatininurie pour les adultes ≥ 1 µg/g pour les enfants de moins de 15 ans.

4. La cadmiémie reflète principalement l'exposition des derniers mois. Elle est entre autre particulièrement influencée par le tabagisme et, pour cette raison, des valeurs de référence différentes sont appliquées selon qu'une personne fume ou pas. Les valeurs de référence ont été fixées à partir de données moyennes (moyenne géométrique : 0.34 µg/L pour NF – 0.93 µg/L pour F) issues du rapport sur les métaux lourds et oligo-éléments dans le sang rédigé par l'Institut scientifique de Santé publique²⁷. Les valeurs d'intervention retenue correspondent au seuil adopté par le laboratoire de toxicologie du CHU de Liège et se rapproche, pour les non-fumeurs, de la valeur protectrice de 1.4 µg/L choisie par Hays et ses collaborateurs³⁰. Pour les fumeurs, la valeur d'intervention est de 5 µg/L.

Comme pour le plomb dans l'urine, la mesure du cadmium sanguin est plus utile dans une optique de comparaison à d'autres populations d'étude plutôt que pour définir un risque pour la santé.

5. Pour l'arsenic spécié (somme de l'arsenic inorganique, de l'acide méthylarsonique et de l'acide diméthylarsinique – Asi+MMA+DMA), le test utilisé est le dosage de l'arsenic urinaire. Les teneurs mesurées dans les urines sont le reflet d'une exposition récente (derniers jours).

La valeur d'intervention est fixée à 15 µg/g. créatinine et correspond au P95 de la population allemande^{15,31}, utilisé par ailleurs dans d'autres études comme valeur d'intervention⁹. Cette même valeur de 15 µg/g. créatinine a été mise en perspective dans le cadre d'un travail de Catherine Bouland et de ses collaborateurs³², commandité par la Société publique d'aide à la qualité de l'environnement (SPAQuE), pour le rapport prévu dans Pollusol2. La valeur de 10 µg/g. créatinine fixe la valeur de référence et se rapproche de la valeur de 8,3 µg/g. créatinine, considérée comme protectrice par Hays et ses collaborateurs³³.

Dans le cadre de ce biomonitoring, nous avons analysé l'arsenic total et effectué sa spéciation dans l'urine, pour tous les participants, ceci afin de pouvoir évaluer la concentration des biomarqueurs

dérivés de l'arsenic inorganique (Asi + MMA + DMA), qui est la forme d'arsenic la plus toxique. Contrairement à l'estimation de l'arsenic total, cette approche de « spéciation » permet de mettre en évidence et donc d'exclure l'arsénobétaïne, un composé organo-arsénié **non toxique** que l'on retrouve abondamment dans le poisson et les fruits de mer et, par voie de conséquence, dans l'organisme après en avoir consommé.

6. Pour le **molybdène**, le **cuivre** et le **zinc**, le test utilisé est le dosage de ces métaux dans l'urine. Une intoxication au cuivre, au zinc et au molybdène, en dehors d'une exposition professionnelle, est très rare. Pour ces trois métaux, un seul seuil a été déterminé en dessous duquel il n'est pas nécessaire d'agir et au-delà duquel l'investigation des causes est à envisager.

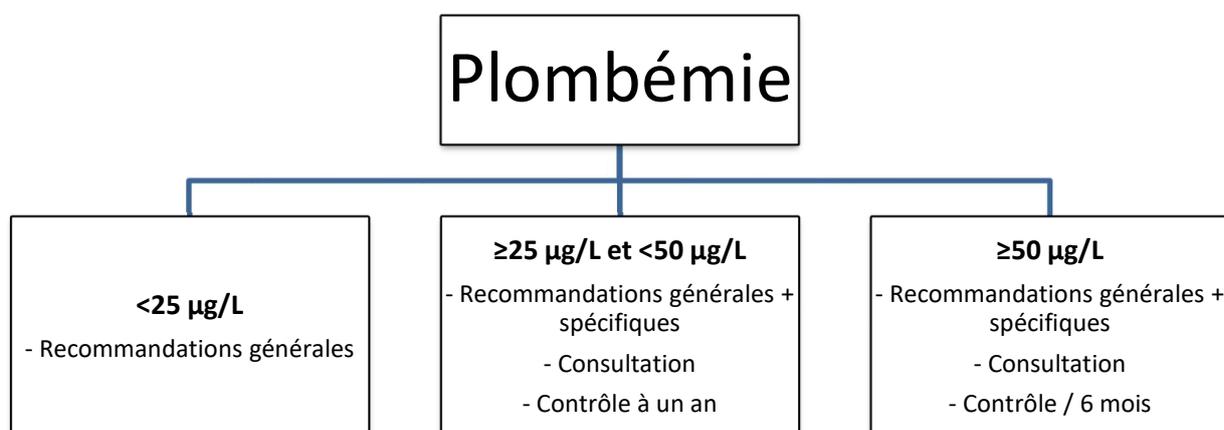
Le seuil de molybdène urinaire est de 100 µg/g. créatinine et celui du zinc urinaire est de 770 µg/g. créatinine. Ils sont tous deux utilisés par l'Institut de recherche expérimentale et clinique de l'UCL. Le seuil de cuivre urinaire est de 50 µg/g. créatinine et est utilisé par le laboratoire de toxicologie clinique du CHU de Liège.

IV. Les recommandations en fonction des résultats de mesures d'imprégnation

Dans le cas du plomb sanguin et du cadmium urinaire, les mesures réalisées permettent de détecter un risque pour la santé, surtout rénal, et peuvent dès lors déboucher sur une démarche de dépistage. En revanche, pour l'arsenic spécié (Asi+MMA+DMA), le cadmium sanguin, le plomb urinaire, le molybdène, le cuivre et le zinc, l'imprégnation mesurée ne permet pas de prédire l'apparition d'effets sur la santé, mais traduit un niveau d'exposition qui a pour intérêt de pouvoir être comparé à celui d'autres populations générales.

1) **Plomb** : Schéma de prise en charge enfant

Pour déterminer la prise en charge relative au plomb, la mesure dans le sang est la référence.



Les différents éléments du schéma sont les suivants :

Recommandations générales : ce sont des recommandations pour la réduction de l'exposition aux sols pollués. Il s'agit de recommandations d'hygiène concernant les poussières et la consommation de fruits et légumes auto-produits. Elles sont préconisées à tous quels que soient les niveaux d'exposition.

Evaluation et suivi :

- A partir d'une plombémie ≥ 25 $\mu\text{g/L}$, une consultation chez le médecin traitant associée à un contrôle de la plombémie après 1 an est conseillée. Les recommandations générales restent d'application auxquelles s'ajoutent des recommandations spécifiques (voir ci-dessous).
- A partir de 50 $\mu\text{g/L}$, la consultation du médecin traitant est recommandée et le suivi biologique de la plombémie est conseillé tous les 6 mois. Dans les cas les plus graves, un traitement adéquat par chélateur peut s'envisager.

NB : en cas de plomburie \geq à 1.8 $\mu\text{g/g}$. créatinine et en présence d'une plombémie de référence < 25 $\mu\text{g/L}$, il est conseillé de suivre les recommandations générales. En cas de plomburie \geq à 3.0 $\mu\text{g/g}$. créatinine et présence d'une plombémie de référence < 25 $\mu\text{g/L}$, il est conseillé de suivre les recommandations générales et de consulter son médecin pour un contrôle de plomb urinaire dans les premiers mois qui suivent la communication des résultats. Si la plomburie reste \geq à 3.0 $\mu\text{g/g}$. créatinine, il conviendra d'appliquer les recommandations spécifiques et, si nécessaire (surtout pour ceux qui n'ont pas donné d'échantillon de sang), de mesurer le plomb dans le sang.

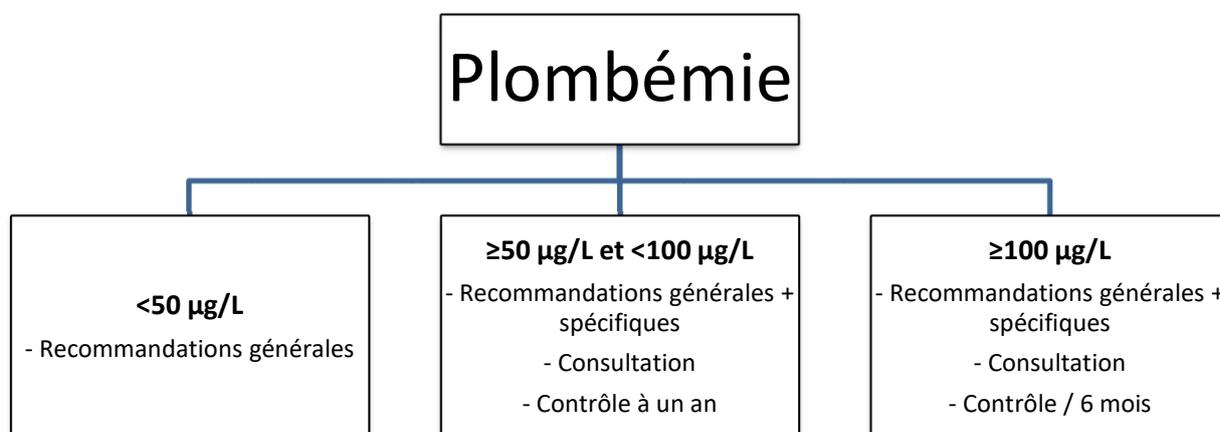
Recommandations spécifiques :

- Si vos canalisations contiennent du plomb, il est préférable de les remplacer. En attendant, prenez l'habitude le matin, lorsque l'eau a stagné dans les canalisations, de laisser couler l'eau pendant une à deux minutes avant de la consommer. On évitera également de prendre de l'eau chaude du robinet pour la boisson, la préparation ou la cuisson des aliments (une température élevée favorise la « dispersion » du plomb dans l'eau).
- Si vous pensez que la peinture de votre maison contient du plomb, cela ne pose pas de problème si la peinture est en bon état. Par contre, si elle s'écaille, s'effrite ou se fendille, le risque d'exposition au plomb est plus important surtout lorsque l'habitation abrite un enfant en bas âge qui amène régulièrement ses mains à la bouche. Pour une peinture au plomb en bon état, vous pouvez la recouvrir d'une nouvelle peinture ou de papier peint. Si elle est en mauvais état, il est conseillé de l'enlever en l'absence d'enfant ou de femme enceinte et en privilégiant un décapant chimique.
- La fumée de tabac contient du plomb. Si vous fumez, évitez de le faire dans un endroit clos (maison, voiture) et surtout pas en présence d'enfant ou de femme enceinte.

- Si vous possédez de la vaisselle émaillée en provenance de l'étranger (certains plats à tajine), ne l'utilisez pas pour servir des aliments ou des boissons.
- N'utilisez pas pour vous-même ou surtout pour de jeunes enfants, des cosmétiques traditionnels (khôl, surma, etc.) ou des remèdes traditionnels (par exemple la médecine ayurvédique).
- De manière générale : lavez souvent les mains de votre enfant, diversifiez son alimentation et donnez-lui des aliments riches en fer et en calcium (pour éviter que le plomb ne se fixe dans l'organisme).

2) Plomb : Schéma de prise en charge adulte

Pour déterminer la prise en charge relative au plomb, la mesure dans le sang est la référence.



Les différents éléments du schéma sont les suivants :

Recommandations générales : ce sont des recommandations pour la réduction de l'exposition aux sols pollués. Il s'agit de recommandations d'hygiène concernant les poussières et la consommation de fruits et légumes auto-produits. Elles sont préconisées à tous quels que soient les niveaux d'exposition.

Evaluation et suivi :

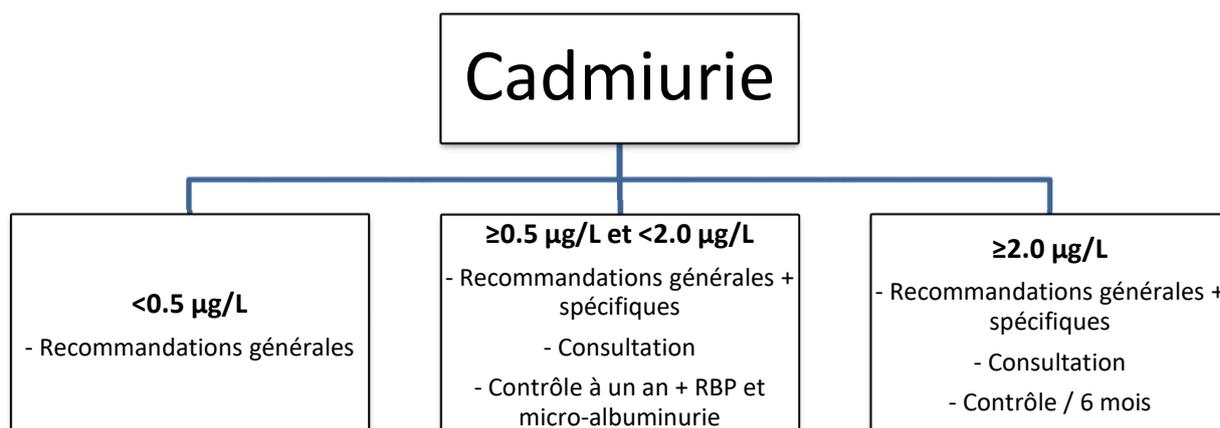
- A partir d'une plumbémie $\geq 50 \mu\text{g/L}$, une consultation chez le médecin traitant associée à un contrôle de la plumbémie après 1 an est conseillée. Les recommandations générales restent d'application auxquelles s'ajoutent des recommandations spécifiques (voir ci-dessus).
- A partir de $100 \mu\text{g/L}$, la consultation du médecin traitant est recommandée et le suivi biologique de la plumbémie est conseillé tous les 6 mois. Dans les cas les plus graves, un traitement adéquat par chélateur peut s'envisager.

Remarques : La plombémie est potentiellement augmentée en cas d'anémie, que cette dernière soit au départ causée par un effet hématologique du plomb ou non.

NB : en cas de plomburie \geq à 1.8 $\mu\text{g/g}$. créatinine et en présence d'une plombémie de référence $<25 \mu\text{g/L}$, il est conseillé de suivre les recommandations générales. En cas de plomburie \geq à 3.0 $\mu\text{g/g}$. créatinine et présence d'une plombémie de référence $<25 \mu\text{g/L}$, il est conseillé de suivre les recommandations générales et de consulter son médecin pour un contrôle de plomb urinaire dans les premiers mois qui suivent la communication des résultats. Si la plomburie reste \geq à 3.0 $\mu\text{g/g}$. créatinine, il conviendra d'appliquer les recommandations spécifiques et, si nécessaire (surtout pour ceux qui n'ont pas donné d'échantillon de sang), de mesurer le plomb dans le sang.

3) Cadmium : Schéma de prise en charge enfant

Pour déterminer la prise en charge relative au cadmium, la mesure dans l'urine est la référence.



Recommandations générales: ce sont des recommandations pour la réduction de l'exposition aux sols pollués. Il s'agit de recommandations d'hygiène concernant les poussières et la consommation de fruits et légumes auto-produits. Elles sont préconisées à tous quels que soient les niveaux d'exposition.

Evaluation et suivi :

- A partir d'une cadmiurie $\geq 0.5 \mu\text{g/L}$, une consultation chez le médecin traitant associée à un contrôle de la cadmiurie après 1 an est conseillée. Si la concentration de cadmium dans l'urine est toujours $\geq 0.5 \mu\text{g/L}$ à un an, un dépistage de l'atteinte rénale peut se concevoir. Les recommandations générales restent d'application auxquelles s'ajoutent des recommandations spécifiques (voir ci-dessous).

- A partir de 2.0 µg/L, la consultation du médecin traitant est recommandée et le suivi biologique de la cadmiurie est conseillé à un an. Le recours au dépistage de l'atteinte rénale est également recommandé.

Dépistage de l'atteinte rénale : le dépistage consiste en une recherche de microalbuminurie et de protéine de liaison au rétinol (RBP). Si l'un ou l'autre de ces marqueurs est présent, il est conseillé de pratiquer une créatinémie.

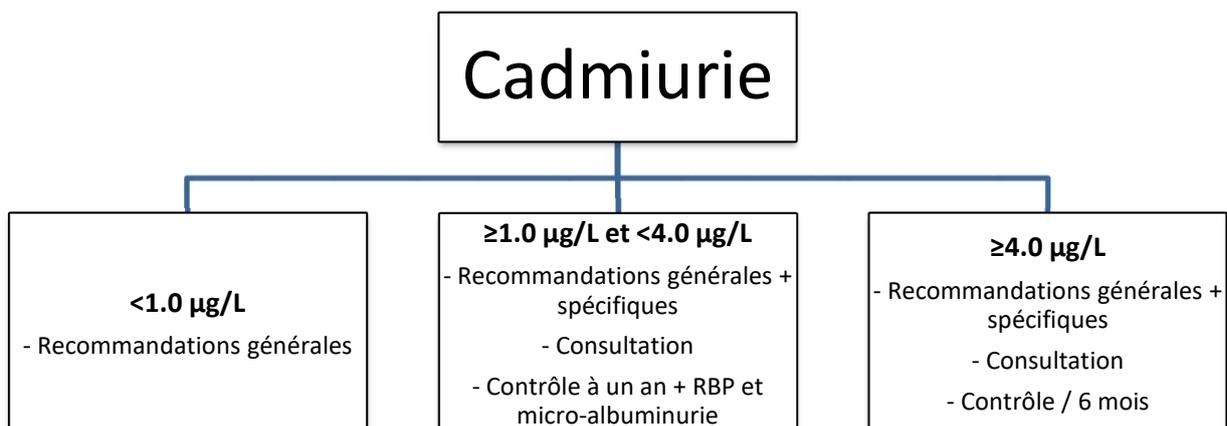
NB : en cas de cadmiémie ≥ 0.4 µg/L et en présence d'une cadmiurie de référence < 0.5 µg/L, il est conseillé de suivre les recommandations générales. En cas de cadmiémie ≥ 1.5 µg/L et en présence d'une cadmiurie de référence < 0.5 µg/L, il est conseillé de suivre les recommandations générales et de consulter son médecin pour un contrôle de cadmium sanguin dans les premiers mois qui suivent la communication des résultats. Si la cadmiémie reste \geq à 1.5 µg/L, il conviendra d'appliquer les recommandations spécifiques et, si nécessaire, de mesurer une nouvelle fois le cadmium dans l'urine.

Recommandations spécifiques :

- La première source du cadmium est le tabac, la principale recommandation consiste, pour le fumeur, à s'abstenir de fumer des produits du tabac (cigarette, cigare, pipe, etc.). Si l'arrêt du tabagisme n'est pas envisageable, il convient d'éviter de fumer dans des espaces clos (maison, voiture, etc.) et en présence d'autres personnes, surtout s'il s'agit d'enfants ou de femmes enceintes (le cadmium s'accumule également dans le placenta).
- Éliminez de manière appropriée les piles et autres produits qui peuvent contenir du cadmium.
- Limitez la consommation d'abats, comme par exemple le foie et les rognons, où se stocke le cadmium lorsqu'il est assimilé par l'organisme.

4) Cadmium : Schéma de prise en charge adulte

Pour déterminer la prise en charge relative au cadmium, la mesure dans l'urine est la référence.



Recommandations générales : ce sont des recommandations pour la réduction de l'exposition aux sols pollués. Il s'agit de recommandations d'hygiène concernant les poussières et la consommation de fruits et légumes auto-produits. Elles sont préconisées à tous quels que soient les niveaux d'exposition.

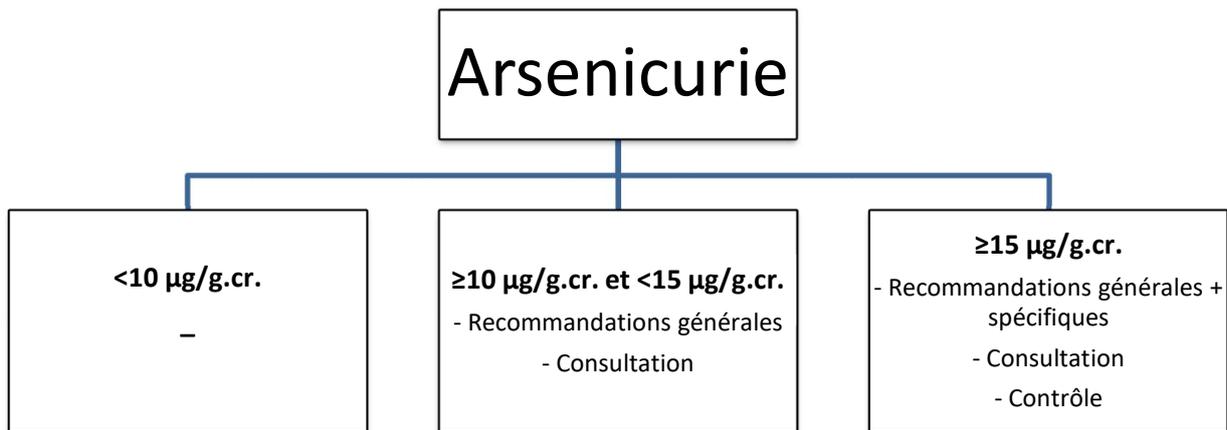
Evaluation et suivi :

- A partir d'une cadmiurie $\geq 1.0 \mu\text{g/L}$, une consultation chez le médecin traitant associée à un contrôle de la cadmiurie après 1 an est conseillée. Si la concentration de cadmium dans l'urine est toujours $\geq 1.0 \mu\text{g/L}$ à un an, un dépistage de l'atteinte rénale peut se concevoir. Les recommandations générales restent d'application auxquelles s'ajoutent des recommandations spécifiques (voir ci-dessus).
- A partir de $4.0 \mu\text{g/L}$, la consultation du médecin traitant est recommandée et le suivi biologique de la cadmiurie est conseillé à un an. Le recours au dépistage de l'atteinte rénale est également recommandé.

Dépistage de l'atteinte rénale : le dépistage consiste en une recherche de microalbuminurie et de protéine de liaison au rétinol (RBP). Si l'un ou l'autre de ces marqueurs est présent, il est conseillé de pratiquer une créatinémie.

NB : en cas de cadmiémie $\geq 0.4 \mu\text{g/L}$ pour les non-fumeurs et $\geq 1.0 \mu\text{g/L}$ pour les fumeurs et en présence d'une cadmiurie de référence $< 1.0 \mu\text{g/L}$, il est conseillé de suivre les recommandations générales. En cas de cadmiémie $\geq 1.5 \mu\text{g/L}$ pour les non-fumeurs et $\geq 5.0 \mu\text{g/L}$ pour les fumeurs et en présence d'une cadmiurie de référence $< 0.5 \mu\text{g/L}$, il est conseillé de suivre les recommandations générales et de consulter son médecin pour un contrôle de cadmium sanguin dans les premiers mois qui suivent la communication des résultats. Si la cadmiémie reste \geq à $1.5 \mu\text{g/L}$ (non-fumeur) ou $5.0 \mu\text{g/L}$ (fumeur), il conviendra d'appliquer les recommandations spécifiques et, si nécessaire, de mesurer une nouvelle fois le cadmium dans l'urine.

5) Arsenic spécié (Asi+MMA+DMA): Schéma de prise en charge



Recommandations générales : ce sont des recommandations pour la réduction de l'exposition aux sols pollués. Il s'agit de recommandations d'hygiène concernant les poussières et la consommation de fruits et légumes auto-produits. Elles sont préconisées à tous quels que soient les niveaux d'exposition.

Suivi de l'exposition à l'arsenic : la valeur d'arsenic urinaire est indicative d'une exposition récente à l'arsenic (dans les jours précédant l'échantillon urinaire)

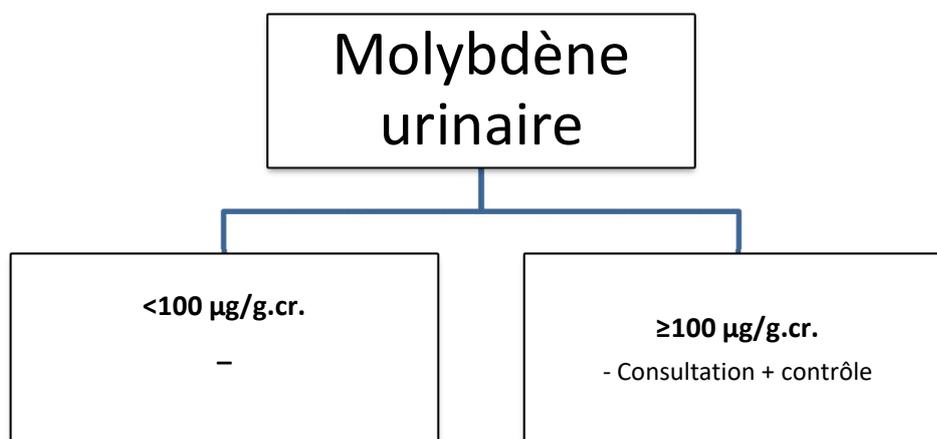
- Si l'arsenic urinaire est <10 µg/g. créatinine, le niveau d'exposition à l'arsenic n'est pas dans la tranche supérieure des niveaux observés habituellement en population générale. Il n'y a pas de nécessité d'agir.
- Si l'arsenic urinaire est ≥10 µg/g. créatinine, il est conseillé de respecter les recommandations générales et de consulter le médecin traitant qui pourra évaluer les sources d'exposition et délivrer les recommandations adéquates.
- Si l'arsenic urinaire est ≥15 µg/g. créatinine, le niveau d'exposition à l'arsenic est dans la tranche supérieure des niveaux observés habituellement en population générale. Il convient de consulter le médecin traitant afin d'évaluer les sources d'exposition et de réaliser un suivi biologique de l'arsenicurie (Asi+MMA+DMA) dans les premières semaines qui suivent la communication des résultats. Les recommandations générales sont d'application auxquelles s'ajoutent des recommandations spécifiques (voir ci-dessous).

Recommandations spécifiques :

- Varier l'alimentation et en particulier les féculents et céréales. Pour le riz, privilégier le riz blanc basmati, qui est moins chargé en arsenic que d'autres types de riz. Rincer le riz avant de le cuire permet par ailleurs d'enlever une partie de l'arsenic qu'il contient. De même que le faire cuire dans une plus grande quantité d'eau et en jeter l'excédent réduira la quantité d'arsenic susceptible d'être avalé (cuire le riz à sec jusqu'à ce qu'il ait absorbé toute l'eau ne réduit pas la quantité d'arsenic). Enfin, s'il y a lieu de le faire (en cas de consommation de riz plusieurs fois par semaine et de manière régulière), réduire la consommation de riz.

- Eviter de consommer l'algue marine « hijiki » qui contient des concentrations très élevées d'arsenic inorganique.
- Le tabac renferme également de l'arsenic. S'il y a lieu, éviter de fumer dans des espaces clos (maison, voiture, etc.) et en présence d'autres personnes.

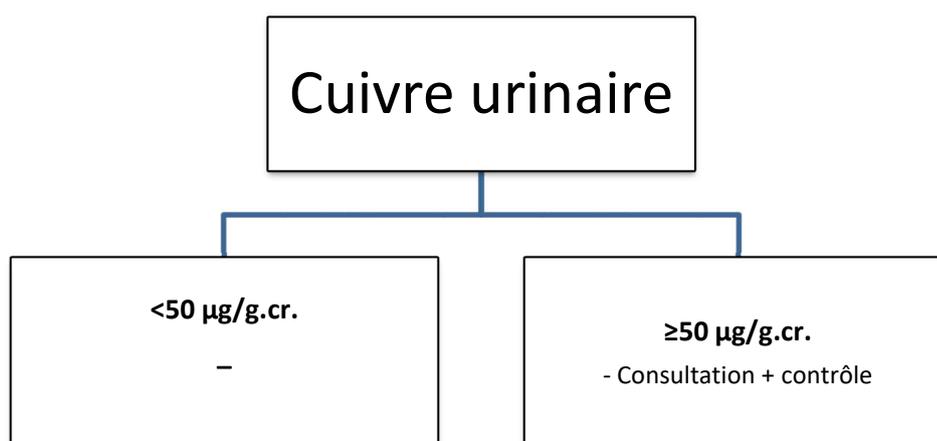
6) Molybdène, cuivre et zinc : Schéma de prise en charge



Suivi de l'exposition au molybdène :

Si le molybdène urinaire est $\geq 100 \mu\text{g/g. créatinine}$, le niveau d'exposition au molybdène est dans la tranche supérieure des niveaux observés habituellement en population générale. Il est recommandé de consulter le médecin traitant pour la réalisation d'un contrôle du molybdène urinaire.

Il peut être envisagé de réduire la consommation des aliments les plus riches en molybdène : abats (foie, rognon), les légumes secs (lentilles, pois chiches, haricot blanc), les produits céréaliers (blé, riz), les produits laitiers (lait, yaourt) et les fruits à coque (amande, noix).

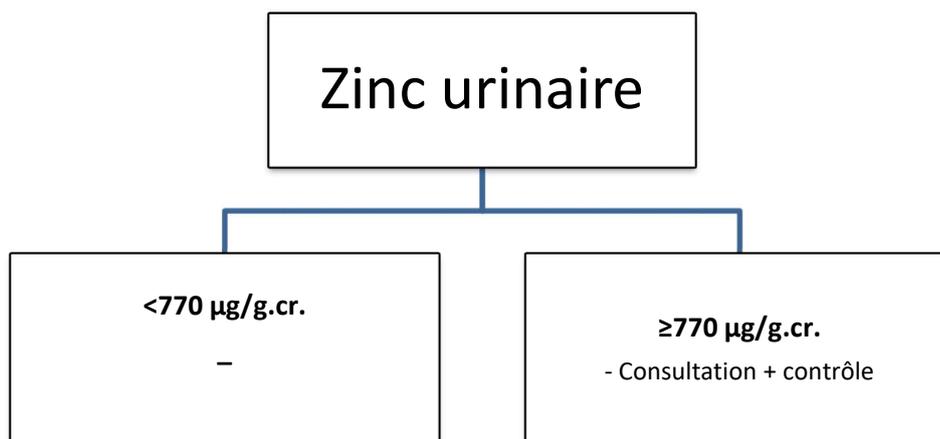


Suivi de l'exposition au cuivre :

Si le cuivre urinaire est $\geq 50 \mu\text{g/g. créatinine}$, le niveau d'exposition au cuivre est dans la tranche supérieure des niveaux observés habituellement en population générale. Il est

recommandé de consulter le médecin traitant pour la réalisation d'un contrôle du cuivre urinaire.

En l'absence de signes d'intoxication au cuivre comme des maux de ventre ou une atteinte hépatique confirmée par une analyse sanguine, il n'y a rien qui doit impérativement être mis en place. Eventuellement, il peut être envisagé de réduire les suppléments en vitamine sources de cuivre ou la consommation des aliments les plus riches en cuivre : les abats, comme le foie, et les fruits de mer sont les sources les plus riches en cuivre. On en retrouve également en quantité importante dans la levure, les fruits et légumes secs (noix, noisettes, lentille), les céréales complètes, le vin et certaines eaux minérales.



Suivi de l'exposition au zinc :

Si le zinc urinaire est $\geq 770 \mu\text{g/g}$. créatinine, le niveau d'exposition au zinc est dans la tranche supérieure des niveaux observés habituellement en population générale. Il est recommandé de consulter le médecin traitant pour la réalisation d'un contrôle du zinc urinaire.

En l'absence de signes d'intoxication au zinc (nausées, vomissements, diarrhée, anémie), il n'y a rien qui doit impérativement être mis en place. Eventuellement, il peut être envisagé de réduire les suppléments en vitamine sources de zinc ou la consommation des aliments les plus riches en zinc : la viande, le poisson et les fruits de mer, comme les huîtres, sont des sources abondantes de zinc. Les céréales complètes et les légumineuses contiennent aussi du zinc de façon non négligeable.

V. Les recommandations générales pour la réduction des expositions aux polluants des sols

Si un biomarqueur dépasse la valeur de référence (dans le sang ou l'urine), le respect de ces recommandations est vivement conseillé :

- 1.** Eviter de consommer les légumes et fruits provenant d'une parcelle du Coin de terre de Bressoux ou privilégier certains d'entre eux : les légumes feuilles (épinards, salades, ...), les légumes racines (carottes, radis, ...) et les aromates (menthe, thym,...) sont plus contaminés par le plomb, le cadmium et l'arsenic que les légumes fruits (tomates, courgettes,...);
- 2.** Cultiver uniquement en hors sol, après contrôle de la qualité du substrat (terre) sans utiliser le compost provenant du site OU ne consommer les fruits et légumes autoproduits qu'après un lavage minutieux et un épluchage (si possible) ET diversifier la provenance des légumes et fruits;
- 3.** Se laver régulièrement les mains et le visage au retour du jardin et avant les repas;
- 4.** Se couper les ongles courts et les nettoyer fréquemment;
- 5.** Eviter d'emmener les animaux domestiques sur le site du Coin de terre et brosser leur pelage à l'extérieur;
- 6.** Utiliser des chaussures spécifiques pour le Coin de terre et limiter l'entrée dans la maison des poussières de sols extérieurs par les chaussures et les vêtements de tous les membres de la famille
- 7.** Utiliser une serpillière humide pour nettoyer les carrelages et les sols (pas l'aspirateur qui rejette les poussières dans l'air) ;
- 8.** Pour les enfants :
 - a. Eviter d'emmener de jeunes enfants (moins de 6 ans) sur le Coin de terre ;
 - b. Laver les mains des enfants avant chaque repas et leur couper les ongles régulièrement ;
 - c. Choisir pour les enfants (tout particulièrement pour les plus jeunes enfants) des zones de jeux enherbées, au Coin de terre comme ailleurs ;
 - d. Veiller à ce que les enfants ne portent pas leurs mains à leur bouche, ni des substances non-comestibles (terre, objets salis par de la terre) ;
 - e. Limiter les jeux à proximité des zones de travaux ou de terrassement.



Références

1. Mitra P, Sharma S, Purohit P, Sharma P. Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences Clinical and molecular aspects of lead toxicity: An update Clinical and molecular aspects of lead toxicity: An update. 2017. doi:10.1080/10408363.2017.1408562.
2. Chen W-W, Zhang X, Huang W-J. Neural stem cells in lead toxicity. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2016;20:5174-5177. <https://www.europeanreview.org/wp/wp-content/uploads/5174-5177-Neural-stem-cells-in-lead-toxicity.pdf>. Accessed May 2, 2018.
3. Council on environmental health. Prevention of Childhood Lead Toxicity. *Am Acad Pediatr*. 2016;138(1). doi:10.1542/peds.2016-1493.
4. Costa Serrão de Araújo G, Teixeira Mourão N, Natário Pinheiro I, Rampazzo Xavier A, Schott Gameiro V. Lead Toxicity Risks in Gunshot Victims. *PLoS One*. 2015. doi:10.1371/journal.pone.0140220.
5. Zhai Q, Narbad A, Chen W. Dietary Strategies for the Treatment of Cadmium and Lead Toxicity. *Nutrients*. 2015;7:552-571. doi:10.3390/nu7010552.
6. Fischer PR. Lead toxicity – a call to action. *Paediatr Int Child Health*. 2014;34(3):154-155. doi:10.1179/2046905514Y.0000000122.
7. Mason LH, Harp JP, Han DY. Pb Neurotoxicity: Neuropsychological Effects of Lead Toxicity. 2014. doi:10.1155/2014/840547.
8. Moriarity RS, Harris JT, Cox RD. Lead toxicity as an etiology for abdominal pain in the emergency department. *J Emerg Med*. 2014;46:e35-e38. doi:10.1016/j.jemermed.2013.08.037.
9. Durand C, Sauthier N, Schwoebel V. *Evaluation de l'exposition à Des Soles Pollués Au Plomb, Au Cadmium et à l'arsenic En Aveyron*. Midi-Pyrénées; 2008. http://opac.invs.sante.fr/doc_num.php?explnum_id=7426. Accessed March 2, 2018.
10. Haut Conseil de la Santé Publique. *Expositions Au Plomb : Détermination de Nouveaux Objectifs de Gestion*. Paris; 2014.
11. Heyman C, Haeghebaert S, Farvacques C, Kalache N. *Pertinence d'un Dépistage Du Saturnisme et de Mesures de l'imprégnation de La Population En Cadmium Sur Le Secteur de Mortagne-Du-Nord.*; 2008. http://opac.invs.sante.fr/doc_num.php?explnum_id=3436. Accessed May 4, 2018.
12. Wu H, Liao Q, Chillrud SN, et al. Environmental Exposure to Cadmium: Health Risk Assessment and its Associations with Hypertension and Impaired Kidney Function. *Sci Rep*. 2016;6:29989. doi:10.1038/srep29989.
13. Ke S, Cheng X-Y, Zhang J-Y, et al. Estimation of the benchmark dose of urinary cadmium as the reference level for renal dysfunction: a large sample study in five cadmium polluted areas in China. *BMC Public Health*. 2015;15:656. doi:10.1186/s12889-015-2021-x.
14. Chen C, Xun P, Nishijo M, He K. Cadmium exposure and risk of lung cancer: a meta-analysis of cohort and case-control studies among general and occupational populations. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2016;26(5):437-444. doi:10.1038/jes.2016.6.
15. Fillol C, Dor F, Labat L, et al. Urinary arsenic concentrations and speciation in residents living in an area with naturally contaminated soils. *Sci Total Environ*. 2010;408(5):1190-1194. doi:10.1016/j.scitotenv.2009.11.046.
16. European Food Safety Authority. Dietary exposure to inorganic arsenic in the European population. *EFSA J*. 2014;12(3). doi:10.2903/j.efsa.2014.3597.
17. Institute of Medicine (US) Panel on Micronutrients. *Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc*. Washington: National Academies Press (US); 2001. doi:10.17226/10026.
18. US EPA (United States Environmental Protection Agency). *Integrated Risk Information System (IRIS)*.

- Molybdenum* (No CAS 7439-98-7).; 1993.
https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0425_summary.pdf. Accessed October 10, 2018.
19. Hayman C, Haeghebaert S, Farvacques C, Kalache N. *Pertinence d'un Dépistage Du Saturnisme et de Mesures de l'imprégnation de La Population En Cadmium Sur Le Secteur de Mortagne-Du-Nord : Rapport Final*. Saint-Maurice; 2008. doi:978-2-11-097004-6.
 20. Ewers U, Krause C, Schulz C, Wilhelm M. Reference values and human biological monitoring values for environmental toxins. *Int Arch Occup Environ Health*. 1999;72(4):255-260. doi:10.1007/s004200050369.
 21. Santonen T. *Human Biomonitoring in Risk Assessment: Analysis of the Current Practice and 1 St Examples on the Use of HBM in Risk Assessments of HBM4EU Priority Chemicals Deliverable Report D 5.1 WP 5-Translation of the Results into the Policy.*; 2017. <https://www.hbm4eu.eu/wp-content/uploads/2018/09/Deliverable-5.1-Human-biomonitoring-in-risk-assessment-analysis-of-the-current-practice-and-1st-examples-on-the-use-of-HBM-in-risk-assessments-of-HBM4EU-prio.pdf>. Accessed October 12, 2018.
 22. Gilbert SG, Weiss B. A rationale for lowering the blood lead action level from 10 to 2 microg/dL. *Neurotoxicology*. 2006;27(5):693-701. doi:10.1016/j.neuro.2006.06.008.
 23. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail. *Expositions Au Plomb : Effets Sur La Santé Associés à Des Plombémies Inférieures à 100 Mg/L.*; 2013. www.anses.fr. Accessed October 8, 2018.
 24. World Health Organization. *Preventing Disease through Healthy Environments*. Genève; 2010. <http://www.who.int/ipcs/features/lead..pdf>. Accessed October 22, 2018.
 25. Durand C, Sauthier N, Schwoebel V. *Etude de l'exposition Au Plomb, Au Cadmium et à l'arsenic Par Des Sols Pollués En Aveyron. Synthèse Pour Les Professionnels de Santé*. Midi-Pyrénées; 2008.
 26. Schoeters G, Govarts E, Bruckers L, et al. Three cycles of human biomonitoring in Flanders – Time trends observed in the Flemish Environment and Health Study. *Int J Hyg Environ Health*. 2017;220(2):36-45. doi:10.1016/J.IJHEH.2016.11.006.
 27. Hutse V, Claeys F, Mertens K. *Surveillance Épidémiologique de La Population Belge - Métaux Lourds et Oligo-Éléments Dans Le Sang*. Bruxelles; 2005. doi:D/2006/2505/37.
 28. Garnier R. *Les Effets Du Plomb Sur La Santé : Des Fortes Aux Faibles Doses*. Paris; 2015. http://www.oqai.fr/userdata/documents/485_CONFERENCE_PLOMB_ACTES_FINALAUX.pdf. Accessed November 20, 2018.
 29. Hoet P, Jacquerye C, Deumer G, Lison D, Haufroid V. Reference values and upper reference limits for 26 trace elements in the urine of adults living in Belgium. *Clin Chem Lab Med*. 2013;51(4):839-849. doi:10.1515/cclm-2012-0688.
 30. Hays SM, Nordberg M, Yager JW, Aylward LL. Biomonitoring Equivalents (BE) dossier for cadmium (Cd). *Regul Toxicol Pharmacol*. 2008;51(3):S49-S56. doi:10.1016/J.YRTPH.2008.05.008.
 31. Becker K, Schulz C, Kaus S, Seiwert M, Seifert B. German environmental survey 1998 (GerES III): environmental pollutants in the urine of the German population. *Int J Hyg Environ Health*. 2003;206. <http://www.urbanfischer.de/journals/intjhyg>. Accessed October 4, 2018.
 32. Van Oosten J-M, Rasoloharimahefa M, Bouland C. *Biomonitoring Humain de Pb, Cd, As En Wallonie et Régions Limitrophes - Revue de La Littérature*. Bruxelles; 2015.
 33. Hays SM, Aylward LL, Gagné M, Nong A, Krishnan K. Biomonitoring Equivalents for inorganic arsenic. *Regul Toxicol Pharmacol*. 2010;58(1):1-9. doi:10.1016/J.YRTPH.2010.06.002.
 34. Buekers J, Colles A, Cornelis C, Van Den Heuvel R, Schoeters G. *Ontwikkeling van Milieu-Indicatoren Gebaseerd Op Humane Biomonitoringsresultaten in Vlaanderen*. Aalst; 2017. doi:D/2017/6871/010.