

BIOSOL

BIOmonitoring humain et SOLs contaminés

Synthèse scientifique du volet « Santé Humaine »

Le volet « santé humaine » du projet BIOSOL vise à comparer les niveaux d'exposition biologique d'enfants de 6-11 ans résidant au droit de sols contaminés sur trois zones : la zone « A » (à « contamination anthropique » - quartiers de Chénée et Grivegnée – Ville de Liège), la zone « N » (à « contamination naturelle », communes d'Aubange, Musson et Saint-Léger) et la zone « T » (zone « témoin », commune de Jodoigne) et à rechercher les déterminants (comportementaux, alimentaires, et environnementaux) de ces expositions. Les teneurs- « eau régale » en antimoine (Sb), arsenic (As), baryum (Ba), cadmium (Cd), cobalt (Co), étain (Sn) et plomb (Pb), mesurées dans les sols des jardins des participants sont exploitées en tant que variables pour rechercher des associations avec les niveaux d'exposition biologique de ces contaminants.

Entre mars et juin 2023, 172 enfants ont fourni des échantillons d'urine et répondu à un questionnaire avec l'aide de leurs parents. Un échantillon de sol de leur jardin a été prélevé et analysé par l'Earth&Life Institute (UCLouvain).

1) Les **niveaux de contaminations des sols** en métaux traces et métalloïdes présentent des différences marquées d'une zone d'étude à l'autre.

-La zone A présente les teneurs les plus élevées en Pb, Cd, Ba, Sn et Sb et des différences statistiquement significatives avec celles mesurées dans les sols de la zone N et T. En zone A, respectivement, 75% et 80% des sols dépassent les normes de 3 mg/kg et de 200 mg/kg pour le Cd et le Pb.

-La zone N présente des teneurs plus élevées en As et Co, significativement différentes des concentrations rencontrées dans les sols des zones A et T. Plus de 50% des sols de la zone N dépassent la norme du Décret Sols de 40 mg/kg d'As.

-La zone T présente les plus faibles teneurs en Pb, As et Ba et des teneurs en Cd plutôt faibles.

2) A part quelques exceptions, l'ensemble de la population d'étude présente généralement des **niveaux d'expositions biologiques** (concentrations en métaux urinaires) inférieurs ou égaux à ceux mesurés en population générale. Les imprégnations mesurées sont généralement comprises entre celles déterminées pour la population nord-américaine (NHANES – les plus faibles) et française (ESTEBAN- les plus élevées). Elles sont également inférieures ou du même ordre que celles

déterminées pour la population générale wallonne. Les fréquences de dépassements des valeurs de références populationnelles (VR) restent relativement faibles.

3) Des différences statistiquement significatives (niveau de confiance à 95%) entre les trois populations d'étude ont pu être mises en évidence à partir des modalités de réponses aux **questionnaires**.

En comparaison à la zone A et à la zone T, la zone N comporte davantage de ménages à revenus élevés et d'enfants exposés au tabagisme passif. Les enfants de la zone N sont relativement plus nombreux à s'alimenter en produits issus de leurs potagers et consomment aussi davantage de poisson que ceux des zones T et A. L'hygiène de la maison semble également être meilleure pour les individus de la zone N, avec une plus grande fréquence de passage de l'aspirateur et de nettoyage par voie humide.

Les logements des participants sont plus anciens (avant 1980) dans la zone A que dans les deux autres zones. A ce titre, bien qu'il n'ait pas été possible, via les questionnaires, de mettre en avant une plus grande proportion d'habitations ayant des canalisations en plomb dans la zone A, ces dernières sont encore fréquentes dans les habitations anciennes.

Les différences mises en évidence ci-dessus sont ou peuvent être parfois responsables de différences de niveaux d'expositions biologiques chez les enfants des trois zones d'étude.

Lorsqu'on reprend exclusivement les données issues du questionnaire :

3.1) Toutes zones confondues,

-Les concentrations élevées en antimoine urinaire ne sont associées à aucune variable d'exposition de manière statistiquement significative sur l'ensemble des trois zones.

-Les arsenicuries (Asi+MMA+MA) élevées sont associées à une plus grande consommation de poisson, de riz, de céréales et de graines.

-Les concentrations élevées en baryum urinaire ne sont associées à aucune variable d'exposition de manière statistiquement significative sur l'ensemble des trois zones.

-Des cadmiuries plus grandes sont observées chez les enfants consommant relativement plus de légumes du potager et chez ceux dont le logement est aspiré le moins fréquemment. Le statut tabagique des parents n'est pas associé à une plus grande cadmiurie chez l'enfant, comme généralement observé. Aucune cadmiurie ne dépasse la valeur de vigilance HBM I, ce qui indique que les niveaux d'exposition au cadmium ne posent pas de risque pour la santé à l'échelle de la population d'étude et ne donnent pas lieu à la mise en place de mesures particulières pour réduire l'exposition.

-Les concentrations élevées en cobalt urinaire sont associées principalement à une consommation plus importante de chocolat.

-Les concentrations en étain urinaire sont plus importantes chez les enfants déclarant consommer davantage de légumes et chez les individus exposés au tabagisme passif.

-Les plomburies élevées sont principalement associées à une exposition au tabagisme passif, à la présence d'animaux domestique, à l'ancienneté du logement et à une fréquence faible de passage de l'aspirateur dans le logement.

3.2) Zone par zone, les différences suivantes peuvent être relevées :

-En Zone A : les plomburies plus élevées sont associées au fait d'habiter un logement ancien, d'avoir consommé récemment des pommes de terre et de passer moins souvent l'aspirateur dans son logement.

-En zone N : les plomburies plus élevées sont associées au fait d'habiter un logement ancien. Les concentrations en étain urinaire sont plus élevées chez les participants soumis au tabagisme passif (relativement plus nombreux en zone N). Les concentrations en étain urinaire sont également plus élevées chez les enfants déclarant consommer plus fréquemment des légumes. Enfin, les arsenicuries plus élevées (Asi+MMA+DMA) sont associées à une consommation de poisson plus fréquente que sur les deux autres zones.

-En Zone T : des cadmiuries plus grandes sont observées chez un très faible nombre d'enfant déclarant consommer davantage de légumes autoproduits. Des concentrations en Asi+MMA+DMA sont associées à une plus récente consommation de poisson et de graines. Une plus grande imprégnation en antimoine urinaire des enfants résidant dans la zone témoin a été mise en évidence et reste inexplicite à l'issue de ce travail.

-Il n'existe pas de différence statistiquement significative d'imprégnations en Cd, Co, Ba et Pb urinaires selon le fait de résider dans l'une des trois zones d'étude.

-Des différences se marquent davantage pour Sn, Sb, As total et Asi+MMA+DMA urinaires, sans être pour autant expliquées par des facteurs relevant de la qualité des sols, et sont parfois difficilement interprétables. En l'occurrence, des concentrations en Sn et en Sb urinaires plus élevées sont observées pour les enfants de la zone N (en comparaison aux zones T et A) et pour les enfants de la zone T (en comparaison aux zones N et A), respectivement. La présence en zone N de plus nombreux consommateurs de poisson explique les arsenicuries (totale et spéciée) plus élevées en comparaison aux zones T et A. Après ajustement, il n'y a plus de différences statistiquement significatives d'arsenicuries entre les trois zones d'étude. Les plus grands niveaux d'antimoine urinaire mesurés à Jodoigne restent inexplicite.

4) En considérant, plutôt que les zones d'étude, les données relatives aux **contaminations des sols**, exprimées en classes de valeurs construites sur des percentiles particuliers des distributions de concentrations dans les sols :

-Des associations statistiquement significatives entre les concentrations mesurées dans les urines des participants et les niveaux de contamination des sols sont observées sur l'ensemble des trois zones pour le cobalt et le plomb urinaires, uniquement. Pour ces deux biomarqueurs, plus les teneurs dans les sols sont élevées, plus les imprégnations des enfants résidant sur ces sols le sont aussi. Cette tendance se marque donc :

- pour les plomburies en zone A, où les teneurs en Pb dans les sols sont les plus élevées et associées à des dépassements plus fréquents de la norme décréte de 200 mg/kg.

Et dans une moindre mesure,

- pour les concentrations en Co urinaire en zone N, qui peuvent, au moins partiellement, être mises en lien avec les teneurs plus élevées en Co dans les sols de cette zone. S'il n'existe pas de valeur de référence sanitaire pour le cobalt, l'étude des doses d'exposition (alimentation générale, sol) en regard de la valeur toxicologique de référence admise pour la Wallonie indique qu'il n'y a pas de risques sur la santé même pour des situations très défavorables d'exposition.

-Enfin, pour l'arsenicurie totale ou spéciée, il n'y a pas de différence d'imprégnation statistiquement significative selon les teneurs mesurées dans les sols. Ces dernières sont en moyenne largement en dessous du seuil de 100 mg/kg au-delà duquel des surexpositions peuvent être attendues auprès de populations exposées. L'étude indique un impact faible à limité de la qualité des sols en zone N sur l'imprégnation des enfants qui y résident.

5) Les **analyses multivariées** pour l'arsenicurie et la plomburie ont permis de déterminer des modèles qui sont (i) exclusivement dépendant de variables liées à l'alimentation (consommation fréquente de poisson, de céréales et de graines) pour l'arsenicurie (Asi+MMA+DMA) et (ii) davantage multifactoriels pour les plomburies, expliquées par la date de construction du logement, l'exposition au tabagisme passif et par les concentrations en Pb dans les sols.

6) Dans la mesure où la **toxicité du plomb** se manifeste, chez les enfants, par des effets neuro-développementaux et cognitifs, même à des niveaux d'exposition faibles, l'étude BIOSOL a cherché à réaliser une première évaluation des associations entre les niveaux de plomburies des enfants et les difficultés scolaires. Ces dernières ont été évaluées uniquement sur base des déclarations des parents, sans diagnostic standardisé systématique.

-Si le nombre d'enfants en difficultés scolaires ne diffère pas d'une zone à l'autre, les concentrations en plomb urinaire sont plus élevées chez les enfants qui présentent des difficultés scolaires en comparaison aux enfants qui n'en présentent pas. Ceci est observé à l'échelle de toute la population d'étude et en zone A.

-Dans la zone A, la fréquence de déclaration de difficultés scolaires est associée à davantage de variables socio-économiques, notamment le niveau de diplôme et le statut d'emploi des parents. Il s'y cumule aussi d'autres facteurs de risque comme davantage de logements anciens et des sols plus contaminés qui peuvent contribuer à augmenter l'exposition au plomb et donc les risques sur la santé.

-Bien que ce signal reste faible – vu les effectifs réduits et l'absence de diagnostic standardisé systématique, les liens entre la plomburie, les variables socio-économiques, les teneurs en plomb dans les sols, l'âge des logements et les difficultés scolaires mis en évidence ici sont d'autant plus interpellants qu'ils s'observent pour des niveaux d'exposition inférieurs à ceux mesurés en population générale wallonne.

7) **En conclusion**, ce rapport d'analyse statistique décrit les niveaux d'imprégnations urinaires chez 172 enfants en As, Cd, Pb, Ba, Co, Sb, Sn et réalise une série d'investigation sur les déterminants comportementaux et environnementaux des concentrations urinaires en métaux. Selon les substances considérées, l'alimentation (pour As, Sn, Cd), l'âge du logement (Pb) et la qualité des sols (Pb, Co)

permettent généralement d'expliquer une part des variations des niveaux d'imprégnation chez les jeunes enfants. Il reste difficile de cerner et d'évaluer l'influence de l'ensemble des facteurs explicatifs des expositions aux métaux lourds pour les polluants « émergents » (Ba, Co, Sb et Sn).

Suite à ces résultats, des recommandations d'usage ont été formulées aux participants pour limiter l'exposition aux sols contaminés en métaux lourds (similaires à celles reprises dans l'outil web SANISOL). Les associations entre niveaux d'exposition biologique et les variables liées à l'alimentation éventuellement mises en évidence dans l'étude relèvent de généralités observables en population générale et n'impliquent en rien une modification de ses habitudes alimentaires.

8) En **perspective** : la mise en place d'une étude pluridisciplinaire à plus grande échelle, ciblant les zones contaminées au plomb, et adressant de façon plus robuste les liens de santé environnementale et de santé mentale chez les enfants devrait être considérée. Tout en s'attachant à inclure un plus grand nombre de participants, elle devra prendre en compte une meilleure évaluation des expositions au plomb, de la qualité des sols et des logements en lien avec les catégories socio-économique des parents et les difficultés scolaires des enfants, dans l'objectif de mieux identifier les populations à risque, améliorer la prévention et, le cas échéant, agir pour contribuer à réduire de potentiels effets sur la santé de la population vis-à-vis du plomb.

Rapport complet : Herbrich L. & Petit J. (2024) Rapport statistique du volet santé humaine : présentation des résultats et analyses des biomarqueurs urinaires de l'As, Cd, Pb et Ba, Co, Sb, Sn. Rapport ISSeP 01912/2024, 113 pp.

Partenaires :

- **Herbrich Ludovic & Dr Jérôme C.J. Petit**, attachés. Cellule Environnement Santé - Pôle Risques Sanitaires et Environnementaux, ISSeP
- **Dr Aubry Vandeuken & Dr Benoit Pereira**, Enseignants- chercheurs. Earth&Life Institute. Université Catholique de Louvain

Comité Scientifique :

- **Dr Clémence FILLOL**, Responsable de l'Unité Surveillance des Expositions, Agence Nationale de Santé Publique – France
- **Dr Aurélie PELFRENE**, Enseignant-Chercheur en Toxicologie de l'Environnement, Laboratoire Génie Civil et Géo-Environnement – France
- **Dr Hugues TITEUX**, Assistant de recherche, Université Catholique de Louvain – Belgique
- **Dr TUAKUILA Joël**, Chercheur, Université de Sherbrooke – Canada

