

BIOSOL

Biomonitoring humain et sols contaminés

**ÉTUDE COMPARÉE DE L'INFLUENCE DES CONCENTRATIONS ÉLEVÉES
EN POLLUANTS INORGANIQUES DANS LES SOLS SUR
L'IMPRÉGNATION DES POPULATIONS
CAMPAGNE DE RECRUTEMENT : PRÉPARATION, MÉTHODOLOGIE ET
RÉSULTATS (DÉLIVRABLE 7)**

N° RAPPORT : RP1-RAP-23-02276

20 septembre 2024

J. Petit

Attaché,

Cellule Environnement et Santé,
Direction des Risques Chroniques

M. Peeters

Attachée,

Cellule Environnement et Santé,
Direction des Risques Chroniques

L. Herbrich

Attaché,

Cellule Environnement et Santé,
Direction des Risques Chroniques

S. Remy

Responsable,

Cellule Environnement et Santé,
Direction des Risques Chroniques

M. Veschkens

Directeur

Direction des Risques Chroniques

Résumé

La Wallonie est l'une des régions d'Europe présentant les plus hauts niveaux de contaminations diffuses des sols en éléments traces métalliques (ETM). Le Plomb (Pb), le Cadmium (Cd) et l'Arsenic (As) sont les ETM les plus ubiquistes et les plus problématiques compte tenu des effets sanitaires qu'ils peuvent provoquer dans les populations exposées de façon chronique.

L'objectif principal de BIOSOL est d'étudier l'exposition chronique aux contaminations des sols en Pb, Cd et As, en recherchant les déterminants environnementaux (teneurs pseudo-totales en métaux, bioaccessibilité orale, spéciation) qui régissent les niveaux d'exposition biologique des populations résidant au droit de ceux-ci. Les résultats obtenus permettront de contribuer à une meilleure gestion des contaminations diffuses en Wallonie à l'avenir.

L'étude BIOSOL a ciblé les enfants de 6-11 ans répartis dans trois zones distinctes. Une zone témoin (commune de Jodoigne), une zone caractérisée par une pollution d'origine naturelle (communes de Musson, Aubange et Saint-Léger, province du Luxembourg) et une zone caractérisée par une pollution d'origine anthropique (quartiers de Chênée et Grivegnée dans la ville de Liège).

Au cours de la campagne de recrutement qui s'est étendue du 28 mars 2023 au 05 juin 2023, les urines de 172 enfants ont été collectées pour analyse des métaux totaux (Pb, Cd, As + polluants émergents), des espèces de l'As et de la créatinine. La procédure, les partenariats mis en place ainsi que les résultats du recrutement sont détaillés dans le présent rapport. Une description statistique reprenant les caractéristiques démographiques et socio-économiques des participants ainsi qu'une présentation des facteurs pouvant influencer les niveaux d'exposition aux polluants d'intérêt (exposition au tabagisme passif, habitudes alimentaires, caractéristiques de l'habitat) y sont également présentées.

Liste des acronymes

♀	Femme
♂	Homme
BMH	Biomonitoring Humain
BMH-Wal	Biomonitoring Humain Wallon
CHU	Centre Hospitalier Universitaire
DPO	Data protection officer
HBM4EU	European Human Biomonitoring Initiative
IMC	Indice de masse corporelle
ISSeP	Institut Scientifique de Service Public
N	Nombre de participants
PO	Pouvoirs Organisateur
RGPD	Règlement général sur la protection des données
UCLouvain	Université Catholique de Louvain

1. TABLE DES MATIERES

1.	Introduction.....	5
2.	Objectifs de BIOSOL.....	5
3.	Gestion et organisation de biosol.....	6
a.	Financement et comités.....	6
Financement.....	6	
Comité scientifique.....	6	
Partenaires du projet	7	
4.	Timing général du projet.....	8
5.	Protocole d'étude et méthodologie	9
a.	Design de l'étude	9
b.	Zone d'étude.....	9
c.	Population ciblée	12
d.	Critères d'inclusion	12
e.	Critères d'exclusion.....	12
6.	Sélection des substances de l'environnement	13
7.	Comité d'éthique.....	13
8.	Assurance	13
9.	RGPD.....	14
10.	Biobanque	14
11.	Communication durant le recrutement.....	15
12.	Procédure de sélection	16
13.	Procédure de collecte	17
a.	Les kits de prélèvement	17
b.	Traçabilité des échantillons d'urine	18
14.	Questionnaire	19
15.	Résultats.....	19
a.	Description de l'échantillon d'étude.....	21
Caractéristiques démographiques et socio-économiques	21	
Corpulence et tabagisme passif	22	
Consommations alimentaires.....	23	
Caractéristiques de l'habitat	24	
b.	Conclusion.....	25
16.	Bibliographie	26
Annexes.....	28	
ANNEXE 1 : revue de presse	29	
ANNEXE 2 : Kit de prélèvement	30	

1. INTRODUCTION

La Wallonie est l'une des régions d'Europe présentant les plus hauts niveaux de contaminations diffuses des sols en éléments traces métalliques (ETM), communément appelés « métaux lourds », auxquels on associe le métalloïde arsenic. De tous les ETM « courants », le Pb, le Cd et l'As sont les plus ubiquistes, mais aussi les plus toxiques et les plus problématiques en regard de leurs teneurs ambiantes dans les sols. Le Pb, l'As et le Cd posent des risques importants pour la santé des populations exposées (1–3).

On recense plus d'une vingtaine d'études¹ portant sur des biomonitorings ciblés auprès de populations adultes et infantiles exposées à des pollutions de sols locales en Pb, Cd et As en Belgique, France, Europe et ailleurs dans Monde. Ces études montrent que les contaminations des sols donnent lieu le plus souvent à de plus grandes cadmiuries, arsénicuries et plombémies (biomarqueurs principaux) en comparaison à la population générale ou aux populations témoins correspondantes, mais pas toujours (4–9). Les imprégnations plus élevées s'accompagnent parfois d'une incidence plus grande de maladies chroniques et de cancers (1,10–12). Dans ces études, les imprégnations élevées ont également été corrélées à la consommation de végétaux autoproduits/la fréquentation d'un potager, mais aussi avec des facteurs relevant des caractéristiques individuelles, comportementales et liées à l'habitat, principalement le genre, l'âge, le tabagisme, le niveau socio-économique, ou encore la consommation d'alcool ou de poisson, l'âge des logements, la présence de canalisation et de peinture au plomb.

2. OBJECTIFS DE BIOSOL

L'objectif principal de BIOSOL est d'étudier l'exposition chronique aux contaminations des sols en Pb, Cd et As, en recherchant les déterminants environnementaux (teneurs pseudo-totales en métaux, bioaccessibilité orale, spéciation) qui régissent les niveaux d'exposition biologique des populations résidant au droit de ceux-ci. En l'occurrence aucune étude n'a encore investigué de manière approfondie les relations entre les fractions bioaccessibles des métaux et l'imprégnation des populations exposées.

En d'autres termes, nous chercherons à déterminer si :

- (1) les populations vivant sur des sols anthropiquement ou naturellement plus contaminés sont caractérisées par des niveaux d'exposition biologique supérieurs à ceux d'une population vivant sur des sols naturels, faiblement contaminés (site Témoin) et si les niveaux d'exposition diffèrent de la moyenne de la population générale wallonne² ;

¹(Bassi, 2018; Binder et al., 1987; Bramwell et al., 2021; Bretin et al., 2008; Declercq et al., 2005; Dewolf et al., 2009; Do et al., 2011; Durand et al., 2011a, 2015; Fabres et al., 1999; Fierens et al., 2016b; Fillol et al., 2010a; Fillol and Dor, 2012; Fréry and Ohayon, 1998; Hinwood et al., 2004; Hoet et al., 2013, 2020 ; Kavanagh et al., 1998; Lauwerys et al., 1990; R Lauwerys et al., 1991; Ledrans et al., 1999; Legout and Mandereau-Bruno, 2009; ORS-PACA, 2001; Polissar et al., 1990; Ranft et al., 2003; Staessen et al., 1996; Tsuji et al., 2005; Vlaams Agentschap Zorg en Gezondheid, 2008)

²La moyenne de la population générale wallonne moyenne est actuellement caractérisée par le biomonitoring humain wallon (BMH-WAL)

- (2) les niveaux d'imprégnation des populations dépendent de variables liées aux propriétés physico-chimiques des sols (spéciation, bioaccessibilité, teneurs pseudo-totales, ou autre) afin que ces dernières puissent être utilisées comme outils prédictifs pour contribuer à une meilleure gestion des contaminations diffuses.

Les imprégnations seront déterminées au moyen d'une méthodologie incluant des critères d'inclusion, nécessaires pour s'affranchir de certains facteurs confondants, tels que l'âge des participants et le lieu de résidence ; critères qui n'ont pas pu être rigoureusement contrôlés dans le précédent BMH, inclus dans le projet SANISOL³. L'acquisition de telles données est nécessaire pour contribuer à une meilleure gestion des risques sanitaires induits par les contaminations diffuses des sols, notamment dans les portions du territoire wallon où les normes du Décret Sols sont fréquemment dépassées et où des risques sur la santé des populations ne peuvent être écartés.

L'objectif secondaire du projet est d'étudier des contaminants métalliques qui sont relativement moins connus, à la fois en termes de teneurs environnementales dans les sols, qu'en terme d'exposition biologique. Malgré le fait qu'ils soient peu étudiés, ils présentent des concentrations remarquablement importantes dans certains sites wallons, ce qui peut induire une surexposition, même si un risque sanitaire ne peut actuellement être établi.

3. GESTION ET ORGANISATION DE BIOSOL

A. FINANCEMENT ET COMITÉS

FINANCEMENT

Le projet BIOSOL est financé par l'utilisation des moyens dégagés par la ristourne du précompte professionnel des chercheurs, accordée aux institutions scientifiques (loi Moerman). Une partie du financement est également apportée par l'UCLouvain.

COMITE SCIENTIFIQUE

Le comité a pour fonction d'apporter un regard critique et expérimenté et de donner un avis circonstancié, entre autres sur le protocole et le design de l'étude, les biomarqueurs analysés et la méthode d'échantillonnage de la population cible. Le comité se réunit à la demande des partenaires du projet. Il permet également de valider les étapes clés du projet. Ce comité est initialement composé des membres suivants :

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

³ Référent à un numéro de rapport ISSeP ? (JEPE ?)

- **TUAKUILA Joël**, Chercheur, Université de Sherbrooke – Canada

Par la suite, les personnes suivantes ont été sollicité et rejoint le comité scientifique :

- **Demaegdt Heidi et Cheyns Karlien** de Sciensano

PARTENAIRES DU PROJET

- UCLouvain - Earth and Life Institute
 - Delmelle Pierre
 - Pereira Benoît
 - Vandeuren Aubry
- ISSeP – Direction des Risques Chroniques – Cellule Environnement Santé
 - Breulet Hervé
 - Remy Suzanne
 - Petit Jérôme
 - Herbrich Ludovic
- ISSeP – Direction des Laboratoires d’Analyse - Cellule Chimie Minérale
 - Haouche Laurence
 - Kech Cécile
 - Sinaba Tiécoura



 **UCLouvain**



L’ISSeP – Cellule Environnement-Santé : La cellule, sous la responsabilité de Suzanne Remy, est chargée de la coordination du projet, de la sélection des éléments traces métalliques d’intérêt pour le projet, du recrutement des participants, des volets administratifs et logistiques (protocole d’étude, questionnaires, documents d’information, comité d’éthique, biobanque, gestion informatique, stockage et transport des échantillons biologiques, communication des résultats, synthèse et résumé), de l’exploitation des données de biomonitoring, de leur mise en commun avec les données géochimiques, de la valorisation scientifique (en collaboration étroite avec l’UCLouvain).

L’UCLouvain – Earth & Life Institute : L’institut, sous la responsabilité du Professeur Pierre Delmelle, est chargé de la sélection des éléments traces métalliques d’intérêt pour le projet, de la conception du et de la mise en œuvre du protocole d’étude et du plan d’échantillonnage des sols, du suivi des analyses pédogéochimique, de l’exploitation des données géochimiques et environnementales, de leur mise en commun avec les données du biomonitoring et de la valorisation scientifique des résultats, en étroite relation avec la CES. L’UCLouvain contribue également au développement et au transfert vers l’ISSeP des compétences technico-scientifiques relatives aux méthodes en spectrométrie portable XRF.

L’ISSeP – Cellule de Chimie Minérale : La Cellule, sous la responsabilité de la direction des laboratoires de l’ISSeP (L. Haouche), est chargée de la mise au point des techniques d’analyses nécessaires au projet, de la rédaction des rapports de laboratoire et du suivi de la qualité des mesures effectuées en interne ainsi que des analyses sous-traitées. La CCM apportera le soutien nécessaire à la publication des résultats scientifiques.

4. TIMING GÉNÉRAL DU PROJET

Le protocole de BMH de BIOSOL a été soumis au comité d'éthique en mai 2022. Suite à quelques questions et remarques de membres du comité d'éthique, le protocole a été adapté et à nouveau soumis en juillet 2022. L'avis favorable final a été accordé par le 25/08/2022.

Les documents préparatoires à l'étude tels que les formulaires de consentement et les lettres d'information ont été rédigés en mars et en avril 2022.

Le formulaire « *Intention de participation* » a été rédigé en mars et avril 2022, informatisé et testé durant l'été 2022.

Le questionnaire de l'enquête BIOSOL a été élaboré sur base de celui développé pour les BMH-Wal 1 & BMH-Wal 2. Il a été adapté à la catégorie d'âge ciblée. Les questions qui concernent exclusivement des expositions à des substances autres que les ETM ont été retirées et d'autres, caractérisant l'exposition aux ETM, ont été ajoutées. Le questionnaire a été informatisé en août et septembre 2022.

La campagne de recrutement a été initiée en juin 2022 par des courriers envoyés aux communes et aux directions des écoles (par voie postale en date du 24/06/2022). Au 15/08/2022, sur les 6 communes concernées, 5 avaient répondu favorablement. Seule la ville de Liège n'avait pas donné de réponse. Après plusieurs tentatives de contact, un courrier officiel de la ville nous parviendra en octobre, demandant que nous sollicitons l'avis/l'accord de la Communauté française Wallonie-Bruxelles pour autoriser le recrutement des enfants via les écoles. La CFWB se prononcera non-compétente en la matière. En l'absence de positionnement officiel de la Ville de Liège, l'ISSeP a décidé, mi-novembre 2022, d'organiser, avec l'appui de la cellule « Communication » de l'ISSeP, une communication de plus grande ampleur sur les zones d'étude, combinant toute-boîtes et campagne de presse pour faire connaître le projet et contribuer à la recherche de volontaires sur Liège. La revue de Presse est présentée en Annexe.

Bien que suspendue à Liège, le recrutement a démarré début septembre, via des relances par courriel et des contacts téléphoniques après la rentrée scolaire. Dans les zones de Aubange et Jodoigne, les directions d'école ont accepté de servir de relais vers les enfants et leurs parents (excepté l'école de la Providence à Jodoigne). Dans certains cas, une visite a eu lieu afin d'expliquer plus en détail les objectifs et le déroulement de l'étude. Une seconde phase campagne de recrutement de volontaires a été mise en place au cours du mois de novembre 2022, via la distribution de 50.000 toute-boîtes (9 au 13 janvier 2023) sur les trois zones d'étude et l'activation de la presse francophone belge (revue de Presse en annexe).

Les inscriptions à l'étude se sont clôturées en mars 2023. La récolte des kits de prélèvements a été réalisée entre le 28 mars et le 15 mai 2023. En plus des écoles participantes qui centralisaient la distribution/réception des kits de prélèvements, des points de collecte/dépôts supplémentaires ont été déterminés (un lieu sur Jodoigne (la salle communale) et deux lieux sur Liège (l'ASBL « Centre liégeois du Beau Mur » et la Chapelle Saint-Joseph (après accord de l'Evêché de Liège)).

Les appels d'offres pour les analyses toxicologiques : (1) biomarqueurs urinaires et (2) spéciation de l'arsenic, ont été rédigés en mai 2022 (1) et septembre 2022 (2). Ils ont été validés par le DPO (Data Protection Officer) de l'ISSeP, par la juriste ainsi que par la responsable achat et envoyés dans 3

laboratoires différents en septembre 2022 (1) et décembre 2022 (2). Les laboratoires ont été sélectionnés en février 2023 (1 & 2). Initialement, dans l'appel d'offre rédigé en date du 29-09-2022, la clôture de la campagne de prélèvement et transport des échantillons était prévu durant la première quinzaine de janvier 2023. Elle s'est terminée en juin 2023, par la livraison des échantillons d'urine au prestataire sélectionné.

La campagne de recrutement des volontaires au biomonitoring a été organisée en même temps que celles des sols. Chaque participant ayant un jardin a reçu la visite du Partenaire de l'UCLouvain pour la réalisation d'un prélèvement de sol.

5. PROTOCOLE D'ÉTUDE ET MÉTHODOLOGIE

A. DESIGN DE L'ÉTUDE

Le projet BIOSOL envisage de réaliser conjointement trois campagnes de biomonitoring sur des sites caractérisés par des niveaux et des typologies de contaminations des sols contrastées.

(T) Un site **témoin**, caractérisé par des sols présentant les teneurs naturelles les plus faibles, situé à l'écart de toute source anthropique, comme dans le Brabant wallon (13)

(A) Un site caractérisé par une **contamination anthropique** élevée due aux retombées de poussières issues de la métallurgie historique, dans l'agglomération liégeoise où les sols présentent des teneurs particulièrement élevées en Pb, Cd et As (table 1) ainsi qu'en certains éléments moins habituels comme Sb et Sn (14,15) ;

(N) Un site, caractérisé par une **contamination géogénique naturelle** élevée, héritée du substratum géologique localisé dans le sud de la Lorraine belge, où les sols présentent des teneurs élevées en As (table 1) ainsi qu'en certains éléments moins habituels Be, Co, Mn et Mo (14,16).

Les communes de Jodoigne, Liège (sections de Chénée et Grivegnée) et de Musson, Halanzy et Aubange ont été sélectionnées pour le projet.

B. ZONE D'ÉTUDE

Les sites sont choisis parmi trois ensembles de localités sélectionnées selon les teneurs en métaux prédites par les cartes des fonds (*Figure 1*). Les sites A et N sont sélectionnés parmi les localités présentant des teneurs prédites supérieures au 95^{ème} percentile des sols wallons. A l'inverse, le site T est choisi dans une des localités dont les teneurs prédites en métaux sont inférieures au 5^{ème} percentile des sols wallons.

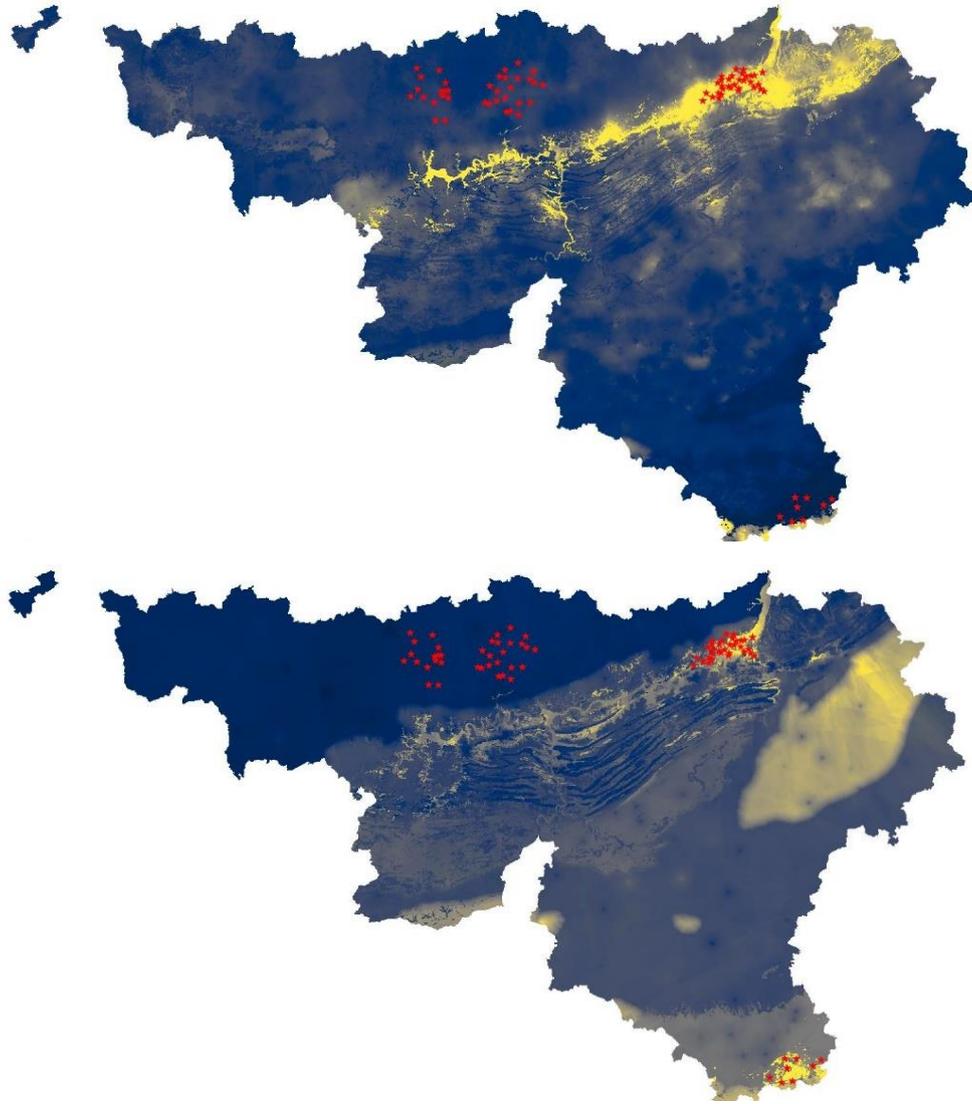


Figure 1 : ★ = Localités sélectionnées sur base des teneurs au p95 prédites en Cd (ou Pb) (au-dessus) et en As (en dessous) dans les sols wallons (couleur claire = valeur élevée)

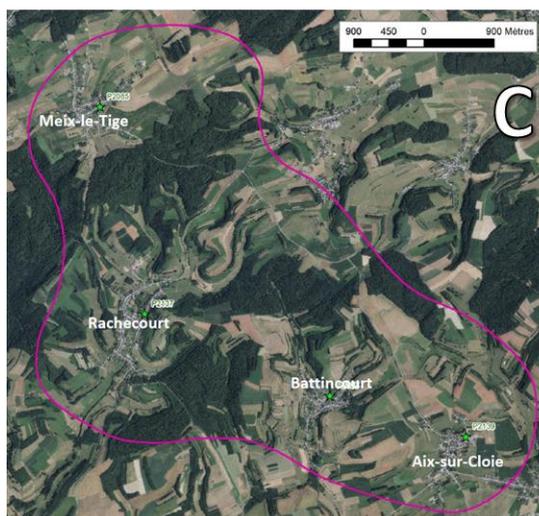


Figure 2 : Carte des zone d'étude ciblées dans le projet BIOSOL : A : Zone témoin (Commune de Jodoigne) ; B : Zone à contamination anthropique (Ville de Liège, sections de Chênée et Grivegnée) ; C : Zone à contamination géogénique (Communes de Musson, Aubange et Saint-Léger).

C. POPULATION CIBLÉE

Le public cible déterminé pour le projet sont les enfants de **6-11 ans**. Le choix de cette catégorie offre plusieurs avantages :

- Il permet de s'affranchir d'un certain nombre de sources ou de facteurs d'influence non souhaités tels que les expositions professionnelles, le tabagisme actif, la consommation d'alcool, et l'âge (ce dernier est un déterminant important des plombémies et cadmiuries).
- Il optimise l'exposition directe (voir figure 2) en comparaison aux adultes, dès lors que les enfants ont des comportements favorisant un taux d'ingestion de particules de sol et de poussières supérieur (de l'ordre de plus 100 mg/j contre 30 mg/j pour les adultes (17)(18). En effet, les enfants expriment des comportements *main-bouche* plus fréquemment que les adultes, ont une hygiène des mains moindre et une plus grande activité de jeu en extérieur.
- Elle correspond à l'une des catégories préconisées par HBM4EU (19).
- Elle a fait l'objet du programme BMH-WAL phase II organisé par l'ISSeP en 2021. Nous disposons donc de distributions de références récentes avec lesquelles comparer les données qui seront acquises sur cette tranche d'âge.

En extrapolant les expériences de campagnes de biomonitoring similaires, la taille minimale des échantillons de population à constituer pour chacun des sites ne devrait pas être inférieure à 50 (20). Toutefois, la taille de l'échantillon à recruter sera de 100 individus par site, de manière à augmenter la puissance statistique de l'échantillon. Soit un total de 300 individus monitorés sur les 3 sites d'étude.

Pour pouvoir se porter volontaire et ainsi participer à l'étude, il était nécessaire de respecter plusieurs critères.

D. CRITÈRES D'INCLUSION

- Résider dans la zone d'étude depuis au moins 5 ans ;
- Appartenir à la classe d'âge retenues (6-11 ans) au moment de l'inclusion ;
- Etre en mesure de comprendre et parler le français ;
- Etre en mesure de donner son consentement (pour les parents et les enfants) ;
- Avoir donné son accord de participation écrit à la totalité de l'étude, c'est-à-dire avoir accepté de réaliser le volet enquête par questionnaire, le prélèvement d'urine, les analyses (urine et sol), le stockage des échantillons ;

E. CRITÈRES D'EXCLUSION

- Etre en dehors de la zone d'étude
- Etre atteint d'une pathologie rendant impossible la réalisation de l'étude ;
- Effectif atteint pour la zone

6. SÉLECTION DES SUBSTANCES DE L'ENVIRONNEMENT

Les substances analysées lors du projet BMH-BIOSOL sont reprises dans le tableau 1 ci-dessous. Elles ont été sélectionnées sur base de différents critères (risque sur la santé, exposition, concentration dans les sols de l'une ou l'autre des zones, faisabilité analytique pour la mesure du biomarqueur urinaire et pour les méthodes mises en œuvre sur les sols).

Tableau 1 : ETM prioritaires et secondaires mesurées dans le cadre du BMH BIOSOL dans l'urine des enfants

Éléments traces métalliques prioritaires
Arsenic total
Les métabolites de l'arsenic
Cadmium
Plomb
Antimoine
Baryum
Cobalt
Etain

7. COMITÉ D'ÉTHIQUE

La demande d'approbation de l'étude par un comité d'éthique a été introduite auprès du Comité d'éthique Hospitalo-Facultaire Universitaire de Liège. Ce dernier a été défini comme comité d'éthique central. Le dossier de soumission incluait les documents suivants : le protocole d'étude, les lettres d'informations (parents et enfants), les formulaires de consentement pour les parents et une version adaptée pour les enfants de 6 à 11 ans, la carte de retrait (à remplir pour quitter le projet), le formulaire d'intention de participation, un résumé du protocole. Le dossier a été soumis au comité d'éthique le 05 mai 2022 (version PDF et versions papiers en mains propres). En date du 24 mai 2022, le comité d'éthique (prof. V. SEUTIN) a émis plusieurs remarques et questions qui ont donné lieu à des réponses et des adaptations de certains documents mentionnés ci-avant. Les réponses et les modifications ont été envoyées le 20 juillet 2022 (par voie postale et e-mail). L'étude a finalement été approuvée par le Comité d'éthique le 07 septembre 2022.

8. ASSURANCE

Pour le projet BIOSOL, aucune assurance particulière n'a été contractée.

« Cette étude n'étant pas soumise à la loi du 7 mai 2004 sur l'expérimentation humaine, il n'est pas nécessaire de contracter une assurance en ce sens. En cas de dommage, c'est l'assurance Responsabilité Civile du promoteur (ISSeP) qui couvre. » (extrait de la réponse du comité d'éthique CHULiège réf 2022-127 du 24 mai 2022)

9. RGPD

Pour garantir la confidentialité des données, toutes les données collectées lors du projet ont été pseudonymisées à l'aide d'un code unique constitué de chiffres et de lettres. Ainsi, chaque participant recevait un code renseigné sur l'attestation de consentement à conserver, sur le pot pour recueillir le prélèvement d'urine et sur le questionnaire.

Seuls les responsables du projet ont connaissance et accès aux informations d'identification, indispensables pour assurer la restitution des résultats (si les participants en font la demande). Ces informations confidentielles et sensibles sont enregistrées dans un fichier Excel, accessible sur un dossier sécurisé du réseau de l'ISSeP dont l'accès est restreint à Jérôme Petit et Ludovic Herbrich. Le DPO (Data Protection Officer), la personne responsable du RGPD à l'ISSeP, a également accès à la localisation du fichier et de la clé de protection pour éviter d'éventuelles pertes de données en cas de départ du ou des responsables de l'étude à l'ISSeP.

10. BIOBANQUE

Le projet BIOSOL est soumis à l'arrêté royal du 9 janvier 2018 relatif aux biobanques dans le cadre de l'obtention et l'utilisation de matériel corporel humain destiné à des applications médicales humaines ou à des fins de recherche scientifique.

En conformité avec la loi, l'ISSeP a sollicité la collaboration d'une biobanque par l'intermédiaire d'un appel d'offre au terme duquel il s'est associé à la Biothèque Hospitalo-Universitaire de Liège (BHUL). Cette dernière veille à la traçabilité de chaque échantillon corporel humain prélevé dans le cadre de BMH-Wal et s'assure des conditions éthiques, techniques et logistiques adéquates du prélèvement jusqu'au stockage des échantillons.

A cet égard, l'ISSeP ainsi que chaque laboratoire partenaire a pour mission de garantir le suivi des échantillons dont il est respectivement responsable en compilant dans un fichier Excel diverses informations relatives aux conditions de prélèvement, de transport, d'usage et de stockage. Le fichier de traçabilité se veut être le plus complet possible. Comme informations à compiler dans le fichier on retrouve : le numéro de l'échantillon et de ses aliquotes éventuels, le type d'échantillon (urine ou sang), la date de collecte, le site de prélèvement, la date de la première réception (par l'ISSeP), la température de stockage, la date de transfert éventuel, la température de stockage en cas de transfert (lors du transfert et après réception par un partenaire), le nombre ainsi que la date et le type d'utilisation, etc.

11. COMMUNICATION DURANT LE RECRUTEMENT

La première communication a été diffusée auprès des autorités communales, des pouvoirs organisateurs et des directions des écoles concernées par l'étude. Un premier courrier leur a été envoyé en juin 2022. Ce courrier contenait :

- Une lettre introductive signée par la DG de l'ISSeP ;
- Un document informatif détaillé
- Un dossier reprenant les zones sélectionnées et les établissements scolaires sollicités
- Des autorisations pré-remplies afin de récolter les signatures nécessaires au bon déroulement de l'étude
 - Autorisations à prélever des échantillons de sols sur les terrains communaux (adressées aux bourgmestres) ;
 - Autorisations à contacter les directions des écoles (adressée aux bourgmestre pour les écoles communales et aux PO pour les écoles libres) ;
 - Autorisation à prélever des échantillons de sols au sein des établissements scolaires (adressée aux bourgmestres et aux PO).

Pendant la phase de recrutement, le projet, ses objectifs et son déroulement ont été diffusés selon différents canaux de communication. Le premier était la page internet sur le site de l'ISSeP : <https://www.issep.be/biosol/>

Une affiche à destination des enfants (Figure 3) a été élaborée afin d'expliquer le projet de manière simple et imagée à ce public particulier (distribution dans les malettes (flyer) et affichage dans les écoles).

La pollution des SOLS par les métaux, qu'est-ce que c'est ?

Dans l'environnement, on peut retrouver des petites particules de métaux. Certaines sont bonnes pour ta santé, d'autre non. Notre projet BIOSOL s'intéresse aux mauvaises. On peut les retrouver dans le sol, dans la terre de ton jardin, ou dans la cour de récréation de ton école. Quand tu manges ou quand tu joues dehors, ces particules entrent dans ton corps sans que tu ne t'en aperçoives.

Ne sois pas inquiet !!

En avoir un peu n'est pas grave, tout le monde en a dans son corps. Ce qui intéresse les chercheurs de l'ISSeP, c'est de savoir si tu en as plus ou moins que d'autres enfants de ton âge, qui vivent à d'autres endroits en Wallonie.

Comment va-t-on mesurer les métaux présents dans ton corps ??

La meilleure manière de savoir si tu as été en contact avec ces mauvaises particules, c'est de regarder dans tes urines. Et oui ! Dans ton pipi !

Et les métaux présents dans ton environnement ? Nous allons prélever de la terre dans ton jardin et l'analyser

Comment participer ?

Demande à papa et à maman de lire les documents et d'en discuter avec toi. S'ils sont d'accord, ils complètent le formulaire d'inscription

<https://biosol.issep.be/inscription>

Des questions ?

N'hésite pas à visiter notre site internet ou à prendre contact avec nous via l'adresse mail biosol@issep.be

Version : 20220915 Wallonie

Figure 3 : Affiche/flyer de présentation du projet à destination des enfants.

Le flyer/toute-boites utilisé lors de la phase 2 du recrutement (janvier 2023) a été modifié à partir de celui conçu pour le projet BMH-WAL. Trois versions de flyers ont été envoyées dans les différentes zones d'études (Figure 4).

Partenaires

Institut Scientifique de Service Public (ISSEP)
L'Institut Scientifique de Service Public (ISSEP) est une Unité d'Administration Publique (UAP) de type 1, soumise à l'autorité du Gouvernement Wallon qui en détient les pouvoirs de gestion. Son ministre fonctionnel est le Ministre de l'Environnement. L'ISSEP est la sentinelle de l'environnement. Il exerce depuis 1990 des activités scientifiques et techniques dans le domaine environnemental et est reconnu comme laboratoire de référence.

ISSEP - Cellule Environnement-Santé (CES)
La Cellule Environnement-Santé de l'ISSEP (CES) a développé des compétences dans le domaine de l'évaluation des risques sanitaires liés à la dégradation de l'environnement et contribue à la mise en place d'un système d'information géographique en environnement-santé. Depuis 2018, la CES mène des biomonitorings dans toute la Wallonie afin de suivre l'exposition de la population wallonne à diverses substances polluantes.

ISSEP - Le Laboratoire de Chimie Minérale
Le Laboratoire de Chimie Minérale de l'ISSEP exerce des activités scientifiques et techniques dans le domaine environnemental (monitoring et métrologie). Il est également reconnu en tant que laboratoire de référence pour la Wallonie dans ce domaine.

UCLouvain
Louvain Centre for Toxicology and Applied Pharmacology (CTAP) - Université Catholique de Louvain (UCLouvain)
L'Earth and Life Institute de l'Université Catholique de Louvain rassemble plus de 300 scientifiques, couvrant un large éventail de disciplines dans les sciences de la Terre et de la Vie. L'objectif de l'Institut est de comprendre la dynamique des systèmes Terre et Vie à différentes échelles et de concevoir des solutions durables pour relever certains des défis majeurs de nos sociétés. Ces dernières années, le groupe de recherche en science du sol et géochimie de l'Environnement de l'Earth and Life Institute a conduit de nombreuses recherches sur les fonds géochimiques en métaux dans les sols wallons et les risques de transferts sol-plantes et sol-homme de ces métaux.

Le biomonitoring humain, c'est quoi ?

Le biomonitoring humain consiste à mesurer l'exposition humaine aux substances et polluants présents dans nos milieux de vie via leur dosage dans l'urine, le sang, les cheveux, la salive, etc. Les résultats du Biomonitoring Humain renseignent sur la quantité d'un polluant environnemental réellement présent dans le corps.

À ce titre, le biomonitoring est particulièrement utile pour le suivi des substances largement distribuées dans l'environnement intérieur et extérieur (eau, air, sol) mais également dans l'alimentation et les produits de la vie quotidienne (matériaux, produits de nettoyage, jouets, etc).

**Vous habitez la commune de Jodoigne ?
Votre enfant a entre 6 et 11 ans ?
Vous souhaitez vous inscrire ?**

Accédez au formulaire d'inscription par téléphone ou via ce lien : <https://biosol.issep.be/inscription>

Clôture des inscriptions le 28 février 2023

Une question ?

Pour toute question relative à cette étude, les équipes du projet se tiennent à votre disposition

au +32 479 86 89 95
et via biosol@issep.be
ou sur www.issep.be/biosol

BIOSOL
Biomonitoring humain et sels contaminés

Participez au Biomonitoring Sol Wallon !

Objectifs de l'étude
L'objectif de l'étude est de comprendre le lien entre la présence d'éléments traces métalliques (parfois appelés « métaux lourds ») dans le sol et l'exposition des enfants à ces substances. Les données obtenues via le biomonitoring et via les analyses de sol vont permettre de déterminer l'influence de la zone de résidence et/ou de certains comportements sur la présence de substances dans le corps des enfants.

Inscription des enfants (6-11 ans) jusqu'au 28 février 2023

Lancement du projet dans la commune de Jodoigne

Sélection des participants

Prélèvements et questionnaire

Analyses et résultats

Envoi des résultats personnels et confidentiels

Présentation des résultats collectifs

Substances étudiées
Les éléments traces métalliques sont naturellement présents dans les sols. Ils résultent de l'altération de la croûte terrestre. Certains sont essentiels à la vie, d'autres sont mauvais pour la santé. Les activités humaines peuvent faire augmenter fortement leurs teneurs dans les sols. Le contact avec la terre et les poussières, ainsi que la consommation de fruits et légumes produits sur ces sols contaminés peuvent augmenter l'exposition et les risques pour la santé.

Le projet BIOSOL se focalise sur trois métaux particulièrement toxiques.

L'arsenic : La population est exposée à l'arsenic via l'alimentation. Dans certaines situations, le sol peut également contribuer de manière importante aux quantités ingérées. L'arsenic est également présent dans la fumée de cigarette.

Le cadmium : La population est exposée au cadmium via l'alimentation et le contact avec les poussières du sol. Les légumes cultivés sur des sols contenant du cadmium en seront également porteurs. Les fumeurs sont fortement exposés au cadmium.

Le plomb : Le plomb est particulièrement toxique pour les enfants, on le retrouve dans les anciennes canalisations d'eau, les aliments et la terre.

Figure 4 : Exemple de flyer RECTO/VERSO en trois volets conçu pour la zone de Jodoigne

12. PROCÉDURE DE SÉLECTION

Une fois l'accord des directions des établissements obtenus, un planning a été convenu pour fixer les dates clés du déroulement du projet (soumis à modification selon certaines conditions). L'appel à participer au projet a été diffusé par l'école sous format papier (affiche et flyers dans les mallettes),

par mail, sur le site internet de l'école ou via une application selon les préférences de l'école. Celui-ci contenait le lien vers le formulaire d'inscription en ligne et un code d'inscription, unique pour chaque école. L'appel a été diffusé aux parents des enfants en âge de participer.

En parallèle, une campagne médiatique d'envergure a été lancée pour les des trois sites ateliers, comprenant communiqué de presse, des apparitions télévisuelles, la distribution et le placardage de flyers et affiches, des appels à candidatures sur les réseaux sociaux, et la distribution de toute-boîtes...

L'ensemble des inscriptions récoltées par l'équipe de l'ISSeP en charge du projet ont été soumises au contrôle des critères de sélection. La sélection tenait principalement compte de la localisation géographique du domicile familial de chaque enfant inscrit.

En fonction de la répartition des enfants dans les établissements de chaque zone géographique considérée et selon le maillage des pouvoirs organisateurs, une sélection a été établie pour déterminer les établissements partenaires à contacter en priorité. A partir de cette sélection, deux méthodes de dépôt et collecte des échantillons ont été envisagées lors de notre campagne de prélèvement.

13. PROCÉDURE DE COLLECTE

A. LES KITS DE PRÉLÈVEMENT

Les kits de prélèvement étaient constitués de différents éléments :

- Une procédure explicative
- Un document d'information pour les parents
- Deux exemplaires d'attestation de consentement éclairé à destination des parents ou tuteur de l'enfant
- Deux exemplaires d'attestation de consentement éclairé à destination des enfants
- Un lien (QR code) vers le questionnaire en ligne avec un code participant et un code de sécurité
- OU le questionnaire en version papier pour les parents qui en faisaient la demande
- Un sachet contenant un pot pour la collecte d'urine.

L'ensemble des documents présentés dans le Kits sont proposés en annexe.

La procédure de prélèvement était détaillée dans le kit distribué aux parents des enfants participant au projet. Premièrement, il était nécessaire pour le parent (ou tuteur) et l'enfant de 6-11 ans de compléter et de signer les attestations de consentement éclairé. Un exemplaire de l'attestation « parent » et un exemplaire de l'attestation « enfant » devaient être conservés par le parent, les deux autres devaient être rapportés à l'école accompagnés du prélèvement d'urine. Le jour précédant le prélèvement d'urine, après le souper de l'enfant, le parent devait remplir le questionnaire en ligne (ou en version papier). Le code participant et le code de sécurité fournis dans le kit étaient nécessaires pour s'y connecter. Enfin, le prélèvement d'urine devait être réalisé sur les premières urines du matin de l'enfant.

Sur le terrain, l'équipe BIOSOL a procédé selon deux méthodes distinctes. Pour optimiser au maximum le temps de dépôt et collecte au sein des trois zones, l'équipe a principalement travaillé avec les écoles partenaires, dès lors qu'un nombre jugé suffisant d'enfants inscrits au projet fréquentaient lesdites écoles. Lorsqu'un enfant était seul à fréquenter une école en particulier, l'équipe de l'ISSeP se rendait directement au domicile de l'enfant concerné. En général et pour les deux situations susmentionnées, les kits étaient récupérés le matin du jour du prélèvement. Pour que les dépôts et collectes des kits de prélèvement se déroulent sans accroc, un contact étroit, par sms ou appel téléphonique, a été maintenu avec les personnes relai ou les parents des enfants participant au projet. Cela a également permis de minimiser au maximum le temps durant lequel l'échantillon urinaire était exposé à température ambiante.

Au sein de chaque établissement participant, une personne relai a été désignée par la direction. Il s'agissait dans la majorité des cas, du directeur ou de la directrice de l'établissement, d'une assistante à la direction ou d'un professeur. Jouant le rôle d'intermédiaire avec l'ISSeP, la personne relai était en charge de distribuer les kits aux enfants inscrits au projet, mais aussi de collecter les échantillons rapportés par les parents le matin du prélèvement et les rassembler dans une caisse prévue à cet effet. L'ISSeP se chargeait de donner la liste des enfants inscrits au projet, d'expliquer la procédure pour la distribution et la collecte des kits et enfin, de récupérer la caisse contenant tous les prélèvements urinaires.

Après récupération des kits, l'équipe du projet vérifiait systématiquement qu'il disposait d'un questionnaire, des consentements éclairés signés et d'un prélèvement d'urine pour chaque participant.

B. TRAÇABILITÉ DES ÉCHANTILLONS D'URINE

Les échantillons d'urine empruntaient le trajet suivant, de leur prélèvement jusqu'à leur stockage à l'ISSeP puis l'envoi pour analyse :

- Collecte de l'urine dans un pot en polypropylène (PP) d'une capacité de 100 ml (pot primaire).
- Aliquotage de l'urine dans 5 tubes avec bouchon à visser en polypropylène (PP) de 10 ml.
- Les 5 tubes de 10ml étaient stockés à l'ISSeP au congélateur à une température de -20°C à des fins d'analyses ultérieures.
- En cas d'excédent, cette quantité d'urine était conservée dans le pot primaire de 100 ml ou et stockée à l'ISSeP au congélateur à une température de -20°C.
- Parmi les 5 aliquots, 3 aliquots étaient envoyés pour l'analyse auprès du partenaire Sciensano (1 aliquote pour les métaux totaux, 1 aliquote pour les espèces de l'arsenic et 1 aliquote pour la créatinine)

Avant leur utilisation, les pots de 100ml ainsi que les tubes de 10ml étaient systématiquement lavés avec une solution contenant 10% de HNO₃ (préparée à partir d'une solution de HNO₃ 65% et d'eau purifiée⁴) tout comme le pot primaire de 100 ml. Ils étaient ensuite rincés à l'eau ultra pure et séchés sur un papier-filtre, en étuve.

⁴ Eau ultra pure de type I filtrée via le système de purification d'eau Milli-Q Advantage® A10.

14. QUESTIONNAIRE

Tous les parents des enfants participants à l'étude ont dû compléter le questionnaire qui portait sur les caractéristiques sociodémographiques, l'alimentation, la prise de compléments alimentaires, l'environnement et les comportements de vie. De plus, des items spécifiques aux substances étudiées ont été intégrés comme le fait d'avoir été en contact avec celles-ci dans le cadre d'une activité professionnelle des parents ou de loisir. Le questionnaire comportait 111 questions. Il pouvait être complété par les participants en ligne via le lien <https://biosol.issep.be/> ou sur papier.

15. RÉSULTATS

La campagne de prélèvement a débuté le 28 mars 2023 et s'est clôturée le 05 juin 2023. Malgré l'importante campagne de recrutement mise en place, le nombre d'enfants initialement souhaité n'a pu être atteint dans aucune des trois zones d'étude. Ajouté à cela, un nombre non négligeable de participants ont dû être exclus de l'étude car leur lieu d'habitation se trouvait en dehors de nos zones d'études (voir détails dans la Figure 5, page suivante).

La figure 6 présente la répartition du genre et de l'âge des enfants de 6-11 ans participant à l'étude BIOSOL. Les classes d'âge ne sont pas réparties de manière homogène au sein de la population d'étude et on observe une surreprésentation de la classe d'âge médiane (8 ans). Parmi les enfants retenus pour l'étude, 5 d'entre eux dépassent l'âge requis au moment où ce rapport est rédigé. Ils ont cependant été gardés pour la suite du projet car au moment de leur inscription, ils validaient bien les conditions de participation.

L'effectif recruté dans la zone de Jodoigne est plus faible que dans les deux autres zones. De manière générale, on observe un plus grand nombre de garçon que de filles sur l'ensemble des trois zones et des rapports de genre plutôt déséquilibrés. Ce constat est néanmoins plus nuancé dans la zone de Liège.

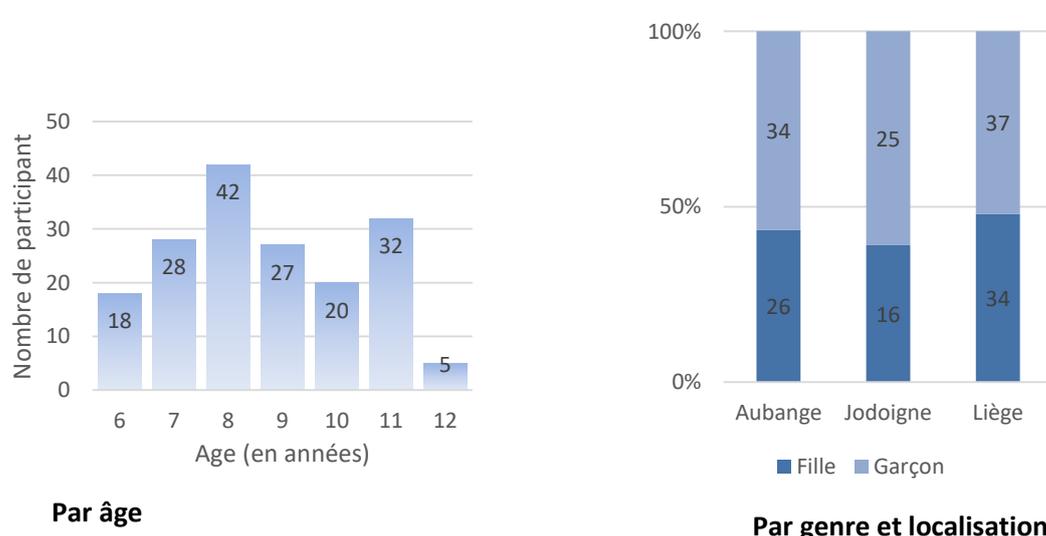


Figure 6 : répartition par âge et genre de la population d'étude

Jodoigne

42 enfants inscrits contre 100 attendus
3 écoles participantes
42 kits distribués
41 kits avec prélèvement urinaire récupérés (1 désinscription au projet)
40 questionnaires complétés (1 questionnaire non-remis malgré les multiples relances)
1 enfant désinscrit

Liège

74 enfants inscrits contre 100 attendus
1 école participante
5 participants exclus sur base d'une consultation des cartes de fond géologique et de la zone d'étude. Participants hors zone d'étude.
Sur 69 enfants restant, 4 nouveaux enfants ont été ajouté sur demande des parents et approbation des conditions de participation au cours de la campagne de prélèvement à Liège
72 kits distribués (une désinscription dès le début de la campagne de prélèvement)
71 kits avec prélèvement urinaire récupérés (une seconde désinscription au cours de la campagne)
71 questionnaires complétés
2 enfants désinscrits

Aubange

85 enfants inscrits contre 100 attendus
4 écoles participantes
23 participants exclus sur base d'une consultation des cartes de fond géologique et de la zone d'étude. Participants dans des zones présentant des sols *a priori* moins contaminés au ML.
62 kits distribués
60 kits avec prélèvement urinaire récupérés (deux désinscriptions)
60 questionnaires complétés (dont 2 complétés partiellement)
2 enfants désinscrits

Figure 5 : Répartition des enfants recrutés au sein des trois zones

A. DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON D'ÉTUDE

Les paragraphes suivants décrivent l'échantillon d'étude sur base de plusieurs variables catégorielles et quantitatives, notamment les caractéristiques démographiques et socio-économiques, la corpulence et le statut tabagique, les consommations alimentaires ainsi que les caractéristiques de l'habitat. Chaque variable catégorielle est représentée en valeur absolue et en fréquence (en %), calculée sur base du nombre total de participant. Les variables continues sont, quant à elle, représentées à l'aide de la moyenne et de l'écart-type ainsi que de la médiane (P50), des premiers et troisièmes quartiles (P25 et P75).

CARACTERISTIQUES DEMOGRAPHIQUES ET SOCIO-ECONOMIQUES

Le tableau 2 présente les caractéristiques démographiques et socio-économiques des enfants de 6-11 ans constituant l'échantillon de l'étude BIOSOL. Les garçons y sont davantage représentés que les filles (56% contre 44%).

Les enfants participant à l'étude sont, pour la grande majorité, nés en Belgique (90%), même si on observe quelque naissance ailleurs, notamment dans le Luxembourg (7%), en France (1%) ou en dehors de l'UE (Royaume-Uni, Ukraine, Canada). Concernant les mères des enfants de l'étude BIOSOL, 80% d'entre elles sont nées en Belgique, 15% en Europe ou Suisse et 5% hors UE ou sur un autre continent.

Plus de 76% de notre population ont terminé des études supérieures, contre 37% dans la population générale en 2022. Pour 41% d'entre eux, il s'agit d'étude universitaire (masters ou équivalents). Reste 19% qui possèdent un diplôme du secondaire supérieur et 4% qui disposent, *a minima*, d'un diplôme du secondaire inférieur. Le taux d'emploi est, quant à lui, nettement supérieur à celui observé en Wallonie en 2021 chez les 15-64 ans (92% contre 61.2%). De manière générale, ces chiffres sont relativement similaires à ceux observés dans l'étude BMH-WAL2 même si plus de 50% des parents de notre étude ont déclaré percevoir un revenu mensuel net de plus de 5000 euros (contre 26.5% dans BMH-WAL2).

	Nombre d'enfants (N=172)
Genre	
Fille	76 (44%)
Garçon	96 (56%)
Pays de naissance de l'enfant	
Belgique	152 (90%)
Reste de l'Europe + Suisse	14 (8%)
Autre	3 (2%)
Pays de naissance de la mère	N parent = 141
Belgique	113 (80%)
Reste de l'Europe + Suisse	21 (15,0%)
Autre	7 (5%)
Niveau d'étude de la mère	
Primaire et secondaire inférieur	5 (4%)
Secondaire supérieur	14 (10%)
Supérieur court	55 (40%)
Supérieur long	64 (46%)

Situation professionnelle de la mère	
Etudiante/active	127 (90%)
Sans emploi/inactive/chômage	14 (10%)
Catégorie socio-professionnelle de la mère	
Employée	107 (85.6%)
Ouvrière	2 (1,6%)
Indépendante	13 (10.4%)
Profession libérale	3 (2,4%)
Niveau d'étude du père	
Primaire et secondaire inférieur	7 (5.1%)
Secondaire supérieur	39 (28.7%)
Supérieur court	43 (31.6%)
Supérieur long	47 (34.6%)
Situation professionnelle du père	
Etudiant/actif	132 (94%)
Sans emploi/inactif/chômage	9 (6%)
Catégorie socio-professionnelle du père	
Employé	95 (72%)
Ouvrier	17 (13%)
Indépendant	19 (14%)
Profession libérale	1 (1%)
Revenu mensuel net du ménage	
Moins de 1000 euros	0 (0,0%)
1000 à 1900 euros	4 (2,7%)
2000 à 2999 euros	14 (12,8%)
3000 à 3999 euros	21 (14,9%)
4000 à 4999 euros	22 (16,2%)
Plus de 5000 euros	63 (53,4%)

Tableau 2 : Caractéristiques démographiques et socioéconomiques des enfants de l'étude BIOSOL

CORPULENCE ET TABAGISME PASSIF

L'indice de masse corporelle ou IMC représente un indicateur à prendre en compte dans l'évaluation de certains biomarqueurs. Chez l'enfant, les valeurs de référence de l'IMC varient suivant des courbes qui définissent l'indice de corpulence (maigreur, poids idéal, excès pondéral, obésité) en fonction du poids et de la taille (ou l'excès de poids par rapport à la taille). L'indice de masse corporelle moyen et l'écart-type associé ainsi que la médiane et les premiers et troisièmes quartiles des enfants de l'étude BIOSOL sont présentés dans le tableau 3. La moyenne et la médiane observées dans l'échantillon d'étude sont proches de celles observées chez les enfants de 6-11ans de l'étude BMH-WAL2.

IMC enfants 6-11 ans

	Moyenne ± ET	Médiane (P25-P75)
Fille (N=74)	16.33 ± 2.42	16.07 (14.86-17.60)
Garçon (N=93)	16.15 ± 2.34	15.65 (14.75-17.30)
Total (N=167)	16.23 ± 2.37	15.88 (14.78-17.35)

Tableau 3 : Paramètres de position des indices de masse corporelle (IMC) des enfants de l'étude

Le tabagisme est une source connue d'exposition à différents types de polluants. Plus de 95% des enfants de 6-11 ans ont déclaré ne pas être soumis au tabagisme passif. Quand ils y sont confrontés, l'exposition dure en général, moins de 1h par jour (Tableau 4).

Enfants 6-11 ans (N=165)	
Tabagisme passif	
Jamais	150 (90.9%)
Moins de 1h par jour	14 (84.8%)
De 1h à 4h par jour	0 (0.0%)
Plus de 4h par jour	1 (0.6%)

Tableau 4 : Fréquence d'exposition des enfants de l'étude au tabagisme passif

CONSOMMATIONS ALIMENTAIRES

L'alimentation est l'une des principales sources d'exposition aux polluants inorganiques tels que les métaux lourds (21,22) et la fréquence de consommation de certains aliments en particulier peut représenter un risque d'exposition d'autant plus important chez les consommateurs. Les fréquences de consommation de certains types d'aliment d'intérêt sont présentées dans le tableau 5. En ce qui concerne l'eau de boisson, la source a été privilégiée à la fréquence de consommation.

Les abats et le gibier, source connue d'exposition au plomb, sont peu ou pas consommés dans la population des enfants de 6-11 ans (2 enfants consomment plus d'une fois par semaine des abats). Les algues, le poisson et le riz, principales sources d'exposition à l'arsenic, sont consommées au moins une fois par semaine par 5%, 49% et 70% des enfants, respectivement. Les céréales, le pain ou les pâtes, sources probables d'arsenic, de plomb et de cadmium sont consommés au moins une fois par semaine par 73%, 99% et 96% des enfants, respectivement. En ce qui concerne les légumes et les pommes de terres, principales sources d'exposition au cadmium (et au plomb dans une moindre mesure), 99% et 86% des enfants en consomment au moins une fois par semaine. Enfin, la principale source d'eau de boisson reste l'eau du robinet (filtrée ou non) pour 83% des enfants. Ils ne sont que 16% à consommer de l'eau embouteillée.

Enfants 6-11 ans (N=169)	
Consommation habituelle d'abats	
Moins d'une fois par semaine	165 (99.9%)
Une fois par semaine	-
Plus d'une fois par semaine	2 (0.1%)
Consommation habituelle de gibier	
Moins d'une fois par semaine	166 (100%)
Une fois par semaine	-
Plus d'une fois par semaine	-
Consommation habituelle d'algues	
Moins d'une fois par semaine	158 (94.6%)
Une fois par semaine	7 (4.2%)
Plus d'une fois par semaine	2 (1.2%)
Consommation habituelle de céréales	
Moins d'une fois par semaine	46 (27.22%)
Une fois par semaine	31 (18.34%)

Plus d'une fois par semaine	92 (54.44%)
Consommation habituelle de pain	
Moins d'une fois par semaine	1 (0.59%)
Une fois par semaine	5 (2.96%)
Plus d'une fois par semaine	163 (96.45%)
Consommation habituelle de légumes	
Moins d'une fois par semaine	2 (1.2%)
Une fois par semaine	13 (7.7%)
Plus d'une fois par semaine	154 (91.1%)
Consommation habituelle de pâtes	
Moins d'une fois par semaine	6 (3.55%)
Une fois par semaine	64 (37.87%)
Plus d'une fois par semaine	99 (58.58%)
Consommation habituelle de poisson	
Moins d'une fois par semaine	82 (50.6%)
Une fois par semaine	72 (44.4%)
Plus d'une fois par semaine	8 (5.0%)
Consommation habituelle de pommes de terre	
Moins d'une fois par semaine	23 (13.6%)
Une fois par semaine	77 (45.6%)
Plus d'une fois par semaine	69 (40.8%)
Consommation habituelle de riz	
Moins d'une fois par semaine	51 (30%)
Une fois par semaine	91 (54%)
Plus d'une fois par semaine	27 (16%)
Source d'eau de boisson	
Robinet	135 (83%)
Bouteille plastique	23 (4%)
Bouteille en verre	4 (2%)
Puit, source	1 (1%)
Autres	6 (4%)

Tableau 5 : Habitudes de consommation des enfants de l'étude

CARACTERISTIQUES DE L'HABITAT

Les caractéristiques de l'habitat représentent un ensemble de paramètres pouvant expliquer la prévalence de l'exposition au plomb et peuvent être un bon indicateur du niveau socio-économique de la population d'étude. Les données présentées dans le tableau 6 sont catégorisées par site-atelier.

	Site atelier			Total N=144
	Jodoigne (N=34)	Liège (N=56)	Aubange (N=54)	
Année de construction du logement				
Avant 1950	14	30	18	62
Entre 1950 et 1980	1	18	8	27
Entre 1980 et 2000	7	-	6	15
Après 2000	10	7	18	35
Ne sais pas	-	1	2	3
Type de logement				

Maison avec jardin et potager	21	25	31	77
Maison avec jardin	12	28	22	62
Maison sans jardin	-	2	-	2
Appartement au rez-de-chaussée	-	-	1	1
Appartement à l'étage	1	1	-	2
Rénovation du logement				
Aucune	7	5	16	28
Moins de 2 ans	10	17	11	38
Moins de 10 ans	15	26	17	58
Moins de 20 ans	-	5	7	12
Plus de 20 ans	1	2	-	3
Canalisation en plomb				
Oui	-	5	1	6
Non	22	27	33	82
Ne sais pas	11	24	18	53

Tableau 6 : Caractéristiques de l'habitat des participants selon les zones d'étude

B. CONCLUSIONS

Le recrutement de l'étude BIOSOL a débuté le 28 mars 2023, s'est clôturé le 05 juin 2023 et a permis de recruter 172 enfants âgés de 6 à 11 ans répartis sur trois zones géographiques distinctes.

Malgré les campagnes de recrutement déployées sur les trois zones, le nombre souhaité de participants (N=100 par zone) n'a pas été atteint. De plus, les participants n'étaient pas également répartis sur l'ensemble des zones. La zone de Jodoigne, plus petite et moins densément peuplée, n'a reçu qu'un faible taux de participation, par comparaison aux deux autres zones. Un certain nombre de participants ont également dû être exclus car ils ne rencontraient pas les conditions de participation ou se trouvaient hors des zones d'étude.

Les caractéristiques démographiques et socio-économiques ainsi que différents paramètres pouvant influencer le niveau d'exposition des enfants de 6-11 ans aux métaux lourds ont été présentés (exposition au tabagisme passif, habitudes alimentaires, caractéristiques de l'habitat). Par la suite, ils seront croisés avec les biomarqueurs mesurés dans les urines des enfants et les données sols au travers d'analyses uni- et multivariées.

Les résultats de l'ensemble des analyses urinaires des enfants recrutés dans le cadre de l'étude BIOSOL permettront d'établir des liens entre les déterminants environnementaux des concentrations en métaux lourds dans les sols et les niveaux d'imprégnation des populations infantiles exposées de manière chronique. Cela dans le but d'améliorer la gestion future des risques sanitaire liés à cette problématique en Wallonie.

16. BIBLIOGRAPHIE

1. Durand C, Sauthier N, Schwoebel V. Évaluation de l'exposition à des sols pollués au plomb, au cadmium et à l'arsenic en Aveyron. Étude Cassiopée (cadmium et arsenic dans les sols : impact observé sur une population exposée). [Internet]. Institut de veille sanitaire, 2011, 186p. Disponible sur: <http://www.invs.sante.fr>
2. Fillol C, Dor F, Labat L, Boltz P, Bouard JL, Mantey K, et al. Urinary arsenic concentrations and speciation in residents living in an area with naturally contaminated soils. *Science of Total Environment*, 2010, 408(5), 1190- 4.
3. Sauthier N, Durand C, Schwoebel V, Dor F. Health impact assessment of Cadmium, Arsenic and Lead soil pollution, CASSIOPÉE study, Aveyron, France. ISEE Conference Abstracts. 2011.
4. Do MT, Smith LF, Pinsent CL. Urinary Inorganic Arsenic in Residents Living in Close Proximity to A Nickel and Copper Smelter in Ontario, Canada. *Canadian Journal of Public Health*. 2011, 102(6), 467- 71.
5. Fillol C, Dor F, Labat L, Boltz P, Bouard JL, Mantey K, et al. Urinary arsenic concentrations and speciation in residents living in an area with naturally contaminated soils. *Science of Total Environment*, 2010, 408(5), 1190- 4.
6. Fillol C, Dor F. Exposition de la population du bassin de Moselle et Madon à l'arsenic. Mesures urinaires. Institut de veille sanitaire, 2012, 81p.
7. Gebel TW, Suchenwirth RHR, Bolten C, Dunkelberg HH. Human Biomonitoring of Arsenic and Antimony in Case of an Elevated Geogenic Exposure. *Environmental Health Perspectives*, 1998, 106(1), 33p.
8. Poulson OM, Holst E, Christensen JM. Calculation and application of coverage intervals for biological reference values (Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 1 janv 1997, 69(7), 1601- 12.
9. Tsuji JS, Kerkhove MDV, Kaetzel RS, Scrafford CG, Mink PJ, Barraji LM, et al. Evaluation of exposure to arsenic in residential soil. *Environmental Health Perspectives*, 2005, 113(12), 1735- 40.
10. Fréry N, Ohayon A. Enquête sur l'exposition de la population aux polluants d'origine industrielle. Réseau National de Santé Publique, 1998.
11. Lauwerys R, Bernard A, Buchet JP, Roels H, Bruaux P, Claeys F, et al. Does environmental exposure to cadmium represent a health risk? Conclusions from the Cadmibel study. *Acta Clinica Belgica*, 1991, 46(4), 219- 25.
12. Ranft U, Miskovic P, Pesch B, Jakubis P, Fabianova E, Keegan T, et al. Association between arsenic exposure from a coal-burning power plant and urinary arsenic concentrations in Prievidza District, Slovakia. *Environ Health Perspectives*, 2003, 111(7), 889- 94.

13. Bock L, Bogaert P, Delcarte E, Delvaux B, Marcoen JM, Sonnet P, et al. Établissement et cartographie des teneurs bruits de fond en éléments traces métalliques (ETM) et micro-polluants organiques (MPO) dans les sols de la Région Wallonne (POLLUSOL) - Rapport final. 2003, 124p.
14. Pereira B, Titeux H, Schneider A, Sonnet P, Gesels J, Dollé F, et al. Rapport Final du Projet Pollusol 2. 2012, 90p.
15. Pereira B, Vandeuken A, Delmelle P. Screening des teneurs en éléments traces potentiellement toxiques des sols wallons - Projet BIOSOL - WP1 - tâche 1C. 2022, 59p.
16. Pereira B, Vandeuken A, Delmelle P. Rapport final de la convention de recherche intitulée : « Gestion des concentrations de fond élevées à l'échelle régionale : mesure et diagnostic du risque adapté aux spécificités du contexte wallon » (acronyme : CAPASOL 6). 2018, 173p.
17. Dor F, Denys S, Daniau C, Bellenfant G, Zeghnoun K, Dabin C, et al. Exposition des enfants par ingestion de sol et de poussières contaminés : quels choix pour les évaluations de risque ? [Internet]. Disponible sur: <https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00973362>
18. USEPA. Update for Chapter 5 of the Exposure Factors Handbook : Soil and Dust Ingestion. Office of Research and Development. United States Environmental Protection Agency Washington, DC [Internet]. 2017. Disponible sur: https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-01/documents/efh-chapter05_2017.pdf
19. Gilles L, Govarts E, Rambaud L, Vogel N, Castaño A, López ME, et al. HBM4EU combines and harmonises human biomonitoring data across the EU, building on existing capacity – The HBM4EU survey. International Journal of Hygiene and Environmental Health. août 2021, 237p.
20. Vlaanderen J, Ottenbros I, Bogers R, Lebet E, Vermeulen R. Joint survey of pesticides : details of approach and contributions. Additional Deliverable Report AD15.7 WP15 - Mixtures , HBM and human health risks. HBM4EU; 2019.
21. Mehri A, Rahnamaye Farzami M. Trace Elements in Human Nutrition: A Review. International Journal of Preventive Medicine. 1 sept 2013, 2(3), 115-128.
22. Mehri A. Trace Elements in Human Nutrition (II) - An Update. International Journal of Preventive Medicine. 2020, 11:2.

ANNEXES

ANNEXE 1 : REVUE DE PRESSE

- 9 mars L'ISSEP, Institut Scientifique de Service Public, lance un grande étude sur les métaux lourds et recherche 300 enfants âgés de 6 à 11 ans... Pourquoi ? <https://auvio.rtbf.be/media/les-niouzz-3008895>
- 27 janvier 2023 <https://www.leide.be/belgique/2023/01/27/les-metaux-lourds-presents-aussi-chez-les-enfants-32485/>
- 13 janvier. Le soir. <https://www.lesoir.be/488720/article/2023-01-13/une-etude-sur-lexposition-des-enfants-aux-metaux-lourds>
- 12 janvier 2023, Le Quotidien indépendant luxembourgeois. La Wallonie lance une étude sur l'exposition des enfants aux métaux lourds. <https://lequotidien.lu/grande-region/la-wallonie-lance-une-etude-sur-lexposition-des-enfants-aux-metaux-lourds/>
- 11 janvier 2023, L'Avenir Luxembourg, [Enquête sur les métaux lourds en Lorraine belge: les médecins trouvent le projet excellent](#)
- 11 janvier 2023, La Meuse Luxembourg, [Biosol : appel à candidats résidents en Lorraine belge et évaluation de l'exposition des enfants aux métaux lourds des sols](#)
- 10 janvier 2023, RTBF (Régions Liège et Brabant wallon), [Quelle est l'exposition des enfants aux métaux lourds présents dans le sol wallon ? Une enquête est lancée](#)
- 10 janvier 2023, L'Avenir Luxembourg, [Une étude sur l'exposition des enfants aux métaux lourds en Lorraine belge](#)
- 10 janvier 2023, L'Avenir Liège, [Quelle exposition aux métaux lourds à Liège pour les enfants ? Appel aux candidats](#)
- 10 janvier 2023, Radio Contact (Contact news Liège) Interview de Jérôme PETIT à propos du recrutement Biosol
- 10 janvier 2023, RTC Télé Liège, [Recherche de métaux lourds chez les enfants](#)
- 9 janvier 2023, RTBF radion, interview de Jérôme PETIT sur le recrutement du projet Biosol
- 9 janvier 2023, TV Lux, [Exposition des enfants aux métaux lourds dans les sols de Gaume : l'ISSEP recherche des participants](#)
- 9 janvier 2023, La Dernière Heure Liège, [Quelle exposition aux métaux lourds à Liège pour les enfants ? Appel aux candidats](#)
- 9 janvier 2023, Le Spécialiste, [Appel à candidats pour évaluer l'exposition des enfants aux métaux lourds des sols](#)
- 9 janvier 2023, La Meuse Liège, [L'ISSEP cherche des enfants de 6 à 11 ans pour une étude sur la toxicité des sols de Chênée et de Grivegnée](#)
- 9 janvier 2023, L'Avenir, [Étude sur la présence des métaux lourds dans l'urine des enfants: l'ISSEP cherche des volontaires](#)
- 9 janvier 2023, La Dernière Heure Luxembourg, [Exposition des enfants aux métaux lourds des sols : appel aux candidats en Lorraine belge](#)

ANNEXE 2 : KIT DE PRÉLÈVEMENT

Voir fichier joint