

BMH-WAL

Surveiller l'exposition des Wallons aux substances chimiques

BIOMONITORING HUMAIN WALLON BMH-WAL

DÉTERMINATION DES VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LA POPULATION WALLONNE

PHASE 4 : ENFANTS 3-11 ANS, ADOLESCENTS 12-19 ANS ET ADULTES 20-59 ANS

SUBSTANCES SUPPLÉMENTAIRES

N° RAPPORT : RP1-RAP-26-02065

25 septembre 2026

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS 4

RÉSUMÉ 6

AUTEURS 8

Institut Scientifique de Service Public (ISSeP) 8

Université Catholique de Louvain (UCLouvain) 8

Cliniques Universitaires Saint-Luc (CUSL) 8

Centre Hospitalier Universitaire de Liège (CHU Liège) 8

Sciensano 8

REMERCIEMENTS 9

TABLE DES ACRONYMES 10

1 INTRODUCTION 13

2 OBJECTIFS 15

3 SUBSTANCES ÉTUDIÉES 16

3.1 Arsenic et ses espèces 18

3.2 Iode et sodium 19

3.3 Retardateurs de flamme phosphorés 19

3.4 Phtalates et Hexamoll®DINCH 20

4 MATÉRIEL ET MÉTHODE 23

4.1 Type d'étude 23

4.2 Population et zone d'étude 23

4.3 Sélection et recrutement des participants 23

4.4 Collecte des prélèvements biologiques 24

4.5 Informations collectées par questionnaire 25

4.6 Analyses chimiques des biomarqueurs d'exposition 25

4.7 Détermination des valeurs de référence 27

4.8 Valeurs de référence sanitaire 28

5 RÉSULTATS 31

5.1 Description de l'échantillon d'étude 31

5.2 Elaboration des valeurs de référence 33

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

5.3 Espèces de l'arsenic 59
5.3.1 Arsenic total 59
5.3.2 Arsénobétaïne 60
5.3.3 Toxic Relevant Arsenic (TRA) 61
5.4 Minéraux essentiels : iode et sodium 62
5.5 Retardateurs de flammes phosphorés 64
5.6 Phtalates et DINCH 65

CONCLUSION 69

BIBLIOGRAPHIE 71

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

AVANT-PROPOS

Ce document constitue une synthèse de différents rapports rédigés dans le cadre du projet BMH-Wal.

Liste des rapports

- ISSeP
    - Rapport sur la campagne de recrutement phase 1 : A. Jacques, P. Maggi, I. Ruthy, S. Remy. BioMonitoring Humain Wallon BMH-Wal, campagne de recrutement : préparation, méthodologie et résultats, phase 1 : nouveau-nés, adolescents et adultes 20-39 ans. Version 2. Rapport RP1-RAP-23-00430. Version 2. Décembre 2022. 73p.
    - Rapport sur la campagne de recrutement phase 2 : A. Jacques, I. Ruthy, P. Maggi, S. Remy. BioMonitoring Humain Wallon BMH-Wal, campagne de recrutement : préparation, méthodologie et résultats, phase 2 : enfants 3-5 ans et enfants 6-11 ans. RP1-RAP-22-01864. Février 2023. 43p.
    - Rapport sur la campagne de recrutement phase 3 : I. Ruthy, A. Jacques, P. Jacquemin. BioMonitoring Humain Wallon BMH-Wal, campagne de recrutement : préparation, méthodologie et résultats, phase 3 : adultes de 40-59 ans. RP1-RAP-22-01864. Décembre 2024. 44p.
    - Méthodologie d'élaboration des valeurs de référence : A. Jacques, I. Ruthy, P. Maggi, S. Remy. BioMonitoring Humain Wallon BMH-Wal, méthodes d'élaboration et d'analyse des résultats BMH-Wal. Février 2023. 11p.

- CHU de Liège
    - Rapport sur les analyses de laboratoire phase 4 : C. Pirard, C. Charlier. BioMonitoring Humain Wallon BMH-Wal, méthodes d'analyse des métabolites de phtalates et de retardateurs de flamme phosphorés (RFP) dans l'urine. Novembre 2025. 21p.
    - Rapport sur les valeurs de référence phase 4 : C. Pirard, C. Charlier. BioMonitoring Humain Wallon BMH-Wal, résultats des dosages de marqueurs urinaires de retardateurs de flamme phosphorés pour les enfants (3-11 ans, 2020-2021) et de marqueurs de phtalates et plastifiants sans phtalate pour l'ensemble de la population wallonne recrutée (enfants 3-11 ans, 2020-2021 ; adolescents 12- 19 ans et adultes 20-39 ans, 2019-2020 ; adultes 40-59 ans, 2023). Février 2025. 130p.

- CUSL et UCLouvain
    - Rapport sur les analyses de laboratoire des CUSL phase 4 : G. Deumer, V. Haufroid. BioMonitoring Humain Wallon BMH-Wal, dosage de l'iode et du sodium en matrice urinaire. Janvier 2026. 9p.
    - Rapport sur les valeurs de référence de l'UCLouvain phase 4 : L. Elens. BioMonitoring Humain Wallon BMH-Wal, iode et sodium dans les urines. Mars 2026. 17p.

- Sciensano
    - Rapport sur les analyses de laboratoire phase 4 : L. Coenegrachts, H. Demaegdt. BioMonitoring Humain Wallon BMH-Wal, analysis of total As and As species in urine samples of the Walloon population (children (3-5y; 6-11y) and adults (20-39y; 40-59y), methodological information. Janvier 2026. 6p.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

- Rapport sur les valeurs de référence phase 4 : C. Vansnick, L. Coenegrachts, H. Demaegdt. BioMonitoring Humain Wallon BMH-Wal, arsenic et ses espèces pour l'ensemble de la population. Février 2026. 111p.

Ce rapport constitue le livrable final du programme BMH-Wal phase IV (BMH-Wal 4), ayant pour objet la détermination de nouvelles valeurs de référence d'exposition dans 5 catégories d'âge de la population wallonne, les enfants de 3 à 5 ans et de 6 à 11 ans, les adolescents de 12 à 19 ans, les adultes de 20-39 ans et de 40 à 59 ans à des substances chimiques présentes dans l'environnement. Il complète les rapports ci-dessous, parus entre octobre 2021 et février 2025, sur la détermination de valeurs de référence d'exposition pour une gamme de substances chimiques dans 6 catégories d'âge de la population wallonne (les nouveau-nés, les adolescents de 12 à 19 ans, les adultes de 20 à 39 ans, les enfants de 3 à 5 ans et de 6 à11 ans, les adultes de 40 à 59 ans) :

- Jacques A., Pirard C., Hoet P., Ruttens A., Maggi P., Ruthy I., Charlier C., Haufroid V., Demaegdt H., Cheyns K., Champon L., Remy S. BioMonitoring Humain Wallon BMH-Wal, détermination des valeurs de référence pour la population wallonne, phase 1 : nouveau-nés, adolescents et adultes 20-39 ans. Rapport RP1-RAP-21-01804. Version 2. Février 2023. 66p.
- Jacques A., Pirard C., Hoet P., Demaegdt H., Ruthy I., Maggi P., Charlier C., Haufroid V., Cheyns K., Remy S. BioMonitoring Humain Wallon BMH-Wal, détermination des valeurs de référence pour la population wallonne, phase 1 : nouveau-nés, adolescents et adultes 20-39 ans. Substances supplémentaires. Rapport RP1-RAP-23-00424. Février 2023. 54p.
- Jacques A., Pirard C., Hoet P., Ruthy I., Maggi P., Charlier C., Haufroid V., Demaegdt H., Cheyns K., Remy S. BioMonitoring Humain Wallon BMH-Wal, détermination des valeurs de référence pour la population wallonne, phase 2 : enfants 3-5 ans et enfants 6-11 ans. Rapport RP1-RAP-22-03536. Janvier 2023. 52p.
- Jacques A., Pirard C., Elens L., Demaegdt H., Ruthy I., Remy S., Charlier C., Haufroid V., Cheyns K., Jacquemin P. BioMonitoring Humain Wallon BMH-Wal, détermination des valeurs de référence pour la population wallonne, phase 3 : adultes 40-59 ans. Rapport RP1-RAP-24-04063. Janvier 2025. 88p.

Les avis et opinions délivrés dans le cadre de ce rapport sont établis sur base des données scientifiques et techniques et en fonction des informations disponibles. Dans la mesure du possible, leur source est clairement mentionnée. Bien que l'ISSeP et ses partenaires procèdent à une vérification minutieuse de leur fiabilité, l'ISSeP ne pourra être tenu responsable des erreurs susceptibles de les affecter.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut.

RÉSUMÉ

Le BioMonitoring Humain Wallon (BMH-Wal) est un programme réalisé par un consortium scientifique composé du Centre Hospitalier Universitaire de Liège, de l'Université catholique de Louvain, des Cliniques universitaires Saint-Luc, de Sciensano et de l'Institut Scientifique de Service Public (ISSeP). Il répond à la volonté du Gouvernement wallon de disposer de valeurs de référence concernant l'exposition des Wallon·ne·s à un certain nombre de polluants et de substances chimiques présents dans l'environnement.

Les trois premières phases, menées entre 2019 et 2023, ont permis de recruter 283 adolescents de 12 à 19 ans et 261 adultes de 20 à 39 ans (phase 1), 300 enfants de 3 à 5 ans et 302 enfants de 6 à 11 ans (phase 2), ainsi que 302 adultes de 40 à 59 ans (phase 3). La quatrième phase vise à déterminer de nouvelles valeurs de référence d'exposition à partir des échantillons urinaires précédemment collectés lors de ces trois premières phases. Onze métabolites de phtalates et trois métabolites du Hexamoll® DINCH (DINCH) ont été analysés dans l'ensemble des catégories d'âge. Quatre métabolites de retardateurs de flamme phosphorés, ainsi que l'iode et le sodium, ont été mesurés chez les enfants, ceux-ci étant considérés comme une population potentiellement plus exposée aux retardateurs de flamme et particulièrement sensible à une carence en iode. L'arsenic et ses espèces, déjà analysés précédemment chez les adolescents de 12 à 19 ans, ont été dosés chez les enfants et les adultes afin de compléter les données disponibles et de disposer d'un ensemble de valeurs de référence couvrant les différentes catégories d'âge.

Les informations recueillies par questionnaire ont notamment permis d'examiner certains facteurs susceptibles d'influencer les concentrations mesurées, tels que la consommation récente de poisson ou de riz.

Des valeurs de référence d'exposition ont été établies pour l'ensemble des substances analysées, à l'exception de l'iode et du sodium, deux minéraux essentiels pour lesquels l'établissement de VR95 a été considéré comme moins pertinent.

Le statut iodé des enfants wallons apparaît adéquat selon les critères de l'OMS, tandis que les apports estimés en sel restent supérieurs aux recommandations nutritionnelles. La comparaison aux valeurs de référence sanitaires montre que, pour le « Toxic Relevant Arsenic » (TRA), un risque pour la santé ne peut être écarté chez environ un tiers des enfants et un cinquième des adultes. Pour les phtalates et le DINCH, aucun dépassement des VRS disponibles n'est observé pour la majorité des biomarqueurs considérés ; seuls le MnBP et le MiBP concernent une faible proportion des participants, comprise entre 0,5 et 6,8 %.

Globalement, les niveaux mesurés en Wallonie sont du même ordre de grandeur que ceux rapportés dans d'autres études nationales ou internationales, voire inférieurs pour plusieurs biomarqueurs des phtalates et du DINCH chez les adolescents et les adultes.

Enfin, la comparaison entre catégories d'âge met en évidence des concentrations généralement plus élevées chez les enfants, notamment pour les métabolites de phtalates et le TRA.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Mots clés : BMH-Wal ; biomonitoring ; Wallonie ; imprégnation ; exposition ; environnement ; biomarqueurs ; arsenic ; iode ; sodium ; retardateurs de flamme phosphorés ; phtalates ; DINCH ; enfants ; adolescents ; adultes ; population générale ; urine.

Citation suggérée : Jacques A., Pirard C., Elens, L., Vansnick C., Coenegrachts L., Ruthy I., Demaegdt H., Charlier C., Haufroid V., Jacquemin P. BioMonitoring Humain Wallon BMH-Wal, détermination des valeurs de référence pour la population wallonne, phase 4 : enfants 3-11 ans, adolescents 12-19 ans et adultes 20-59 ans. Substances supplémentaires. Rapport RP1-RAP-26-02065. Septembre 2026. 78 p.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

AUTEURS

INSTITUT SCIENTIFIQUE DE SERVICE PUBLIC (ISSEP)

JACQUES Aline, attachée, Cellule Environnement-Santé, Direction des Risques Chroniques.

RUTHY Ingrid, attachée, Cellule Environnement-Santé, Direction des Risques Chroniques.

JACQUEMIN Pierre, responsable, Cellule Environnement-Santé, Direction des Risques Chroniques.

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN (UCLOUVAIN)

ELENS Laure, Louvain Drug Research Institute (LDRI).

CLINIQUES UNIVERSITAIRES SAINT-LUC (CUSL)

HAUFROID Vincent, Laboratoire de Biochimie Analytique.

DEUMER Gladys, Laboratoire de Biochimie Analytique.

CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE LIÈGE (CHU LIÈGE)

PIRARD Catherine, responsable scientifique, Laboratoire de Toxicologie clinique, médico-légale, de l'environnement et en entreprise.

CHARLIER Corinne, cheffe de service, Laboratoire de Toxicologie clinique, médico-légale, de l'environnement et en entreprise.

SCIENSANO

VANSNICK Céleste, scientifique, Service Trace Elements and Nanomaterials

COENEGRACHTS Lore, scientifique, Service Trace Elements and Nanomaterials

DEMAEGDT Heidi, responsable, Service Trace Elements and Nanomaterials

Contact : biomonitoring@issep.be

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'ensemble des participants au projet BMH-Wal ainsi que les institutions qui nous ont permis d'entrer en contact avec ces participants.

Merci également à Alexandra Leclercq, Dima Lejeune, Jérôme Chrétien, Sophie Sleypenn et Fabrice Terlonge de l'ISSeP pour leurs précieuses contributions ainsi que la CPES pour leur appui scientifique et, plus largement, au SPW pour le financement du projet.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

TABLE DES ACRONYMES

Substances

AMPA : acide aminométhylphosphonique

DINCH : di(isononyl) cyclohexane-1,2-dicarboxylate

- OH-MINCH : cyclohexane-1,2-dicarboxylate-mono-(7-hydroxy-4-methyloctyl) ester
- cx-MINCH : cyclohexane-1,2-dicarboxylate-mono-(7-carboxylate-4-methylheptyl) ester
- oxo-MINCH : cyclohexane-1,2-dicarboxylate, mono-(4-methyl- 7-oxooctyl) ester

HAPs : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

METAUX ET MINERAUX

- As : arsenic
  - AB : arsénobétaïne
  - AsI : arsenic inorganique
  - AsO : arsenic organique
  - AsT : arsenic total
  - AsIII : arsénite
  - AsV : arséniate
  - DMA : acide diméthylarsinique
  - MMA : acide monométhylarsonique
- I : iode
- Na : sodium

PBDEs : polybromodiphényléthers

PCBs : polychlorobiphenyls

PFAS : substances per- et polyfluoroalkylées

PHTALATES ET DINCH

- 5-cx-MEPP : mono-(2-éthyl-5-carboxypentyl)phtalate
- 5-OH-MEHP : mono-(2-éthyl-5-hydroxyhexyl)phtalate
- 5-oxo-MEHP : mono-(2-éthyl-5-oxohexyl)phtalate
- 6-OH-MiDP : 6-hydroxy-mono-propylheptyl phtalate
- BBzP : butyl benzyl phtalate
- cx-MINCH : cyclohexane-1,2-dicarboxylate-mono-(7-carboxylate-4-méthylheptyl) ester
- cx-MiNP : 7-carboxy-(mono-méthylheptyl)phtalate
- DEHP : di(2-éthylhexyl)phtalate
- DEP : diéthylphtalate
- DiBP : di-isobutyl phtalate
- DiDP : di-isodécyl phtalate
- DINCH : di(isononyl) cyclohexane-1,2-dicarboxylate
- DiNP : di-isononyl phtalate
- DnBP : di-n-butyl phtalate
- MBzP : monobenzylphtalate
- MEHP : mono-(2-éthylhexyl)phtalate
- MEP : monoéthylphtalate
- MiBP : mono-isobutylphtalate
- MnBP : mono-n-butylphtalate
- OH-MINCH : cyclohexane-1,2-dicarboxylate-mono-(7-hydroxy-4-méthyloctyl) ester
- OH-MiNP : 7-hydroxy-(mono-méthyloctyl)phtalate
- oxo-MINCH : cyclohexane-1,2-dicarboxylate, mono-(4-méthyl-7-oxooctyl) ester

POPs : polluants organiques persistants

RFP : retardateurs de flamme phosphorés

- BCPHPP : 1-hydroxy-2-propyl bis(1-chloro-2-propyl) phosphate
- BDCPP : bis(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate
- DBP : di-n-butyl phosphate
- DPP : diphénylphosphate
- EHDPP : 2-éthylhexyldiphénylphosphate

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

RFP : retardateurs de flamme phosphorés
TBP : tri-n-butyl phosphate
TCIPP : tris(2-chloroisopropyl) phosphate
TDCIPP : tris(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate
TPP : triphénylphosphate

Valeurs de référence et statistiques

BE : Biomonitoring Equivalent
HBM-GV : Human Biomonitoring Guidance Value
HBM-GVGenPop : Human Biomonitoring Guidance Value pour la population générale
IC : intervalle de confiance
LOQ : limite de quantification
MG : moyenne géométrique
N : nombre de participants
P5, P25, P50, P75, P95 : percentiles 5, 25, 50, 75 et 95
UIC : concentration urinaire en iode (Urinary Iodine Concentration)
VR95 : valeur de référence d'exposition
VRS : valeur de référence sanitaire

Méthodes analytiques et contrôle qualité

dMRM : dynamic Multiple Reaction Monitoring
ESI : ionisation par électrospray
G-EQUAS : German External Quality Assessment Scheme
IC-ICP-MS : chromatographie ionique couplée à la spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif
ICP-MS : spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif
ICP-MS/MS : spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif en tandem
INSPQ : Institut national de santé publique du Québec
MRM : Multiple Reaction Monitoring
NIST : National Institute of Standards and Technology
PAA : acide phénylarsonique
SPE : extraction en phase solide (Solid Phase Extraction)
UHPLC : chromatographie liquide à ultra-haute performance
UPLC-MS/MS : chromatographie liquide à ultra-haute performance couplée à la spectrométrie de masse en tandem

Institutions et programmes

BHUL : Biothèque Hospitalo-Universitaire de Liège
BMH-Wal : BioMonitoring Humain Wallon
CHU Liège : Centre Hospitalier Universitaire de Liège
CIRC : Centre international de Recherche sur le Cancer
CUSL : Cliniques universitaires Saint-Luc
DEMOCOPHES : DEMOnstration of a study to COordinate and Perform Human biomonitoring on a European Scale
ECHA : Agence européenne des produits chimiques
EXPOPESTEN : EXposition de la POpulation aux PESTicides ENvironnementaux
HBM4EU : Human Biomonitoring for Europe
IFCC-LM : International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine
ISSeP : Institut Scientifique de Service Public
IUPAC : International Union of Pure and Applied Chemistry
IWEPS : Institut wallon de l'évaluation, de la prospective et de la statistique

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

OMS : Organisation mondiale de la Santé
PARC : Partnership for the Assessment of Risks from Chemicals
UCLouvain : Université catholique de Louvain

Études de comparaison
CHMS : Canadian Health Measures Survey
ESTEBAN : Étude de SanTé sur l'Environnement, la Biosurveillance, l'Activité physique et la Nutrition
FLEHS : Flemish Environment and Health Study
GerES : German Environmental Survey
NHANES : National Health and Nutrition Examination Survey

Unités
g/jour : gramme par jour
mmol/L : millimole par litre
µg/g créat : microgramme par gramme de créatinine
µg/L : microgramme par litre

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

1 INTRODUCTION

Le biomonitoring humain consiste en la mesure de substances ou de leurs métabolites dans des fluides ou tissus humains (sang, urine, cordon ombilical, cheveux, …). Il permet d'obtenir une estimation de l'exposition interne et globale des personnes aux substances, toutes sources et voies d'exposition confondues. A 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. Les données collectées lors de campagnes de biomonitoring permettent de suivre l'évolution au fil du temps de l'exposition de la population aux substances, de repérer les points noirs environnementaux, de surveiller l'exposition des populations vulnérables et de soutenir la mise en œuvre et le développement de politiques qui minimisent l'exposition aux polluants et à des produits chimiques dangereux.

En Wallonie, plusieurs programmes de biomonitoring ont été menés depuis 2005[1]. Jusqu'en 2013, les études ont concerné des situations locales relatives à des populations exposées aux métaux présents dans le sol. D'autres études ont ensuite vu le jour. Ainsi, l'université catholique de Louvain (UCLouvain) (Hoet et al., 2013) a réalisé un biomonitoring destiné à identifier des valeurs de référence belges pour les métaux dans l'urine d'adultes. En 2018, le Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Liège (Pirard et al., 2018) a publié les résultats d'un biomonitoring relatif à l'exposition aux perturbateurs endocriniens d'un échantillon d'environ 200 adultes. La même année, le projet EXPOPESTEN (Giusti et al., 2018 ; Pirard et al., 2020) entrepris par l'Institut Scientifique de Service Public (ISSeP) a mis en évidence des résultats d'imprégnation en pesticides pour 250 enfants de 9 à 12 ans provenant de 5 localités wallonnes. En 2020, l'UCLouvain a, cette fois, produit des valeurs de référence pour les métaux dans le sang de la population adulte belge (Hoet et al., 2020).

En 2019, le Gouvernement wallon a confié la coordination et la mise en place d'un programme de biomonitoring humain intitulé BMH-Wal (BioMonitoring Humain Wallon) à l'ISSeP. Pour mener à bien ce projet, l'ISSeP s'est adjoint la collaboration du laboratoire de toxicologie du CHU de Liège, du laboratoire de Biochimie Analytique des Cliniques Universitaires Saint-Luc et de l'UCLouvain (UCLouvain-CUSL), ainsi que de l'unité Eléments-Traces de Sciensano. Les résultats de la phase I du projet BMH-Wal (BMH-Wal 1), qui ciblait trois catégories d'âge de la population wallonne (les nouveau-nés, les adolescents de 12 à 19 ans et les adultes de 20 à 39 ans), ont été présentés publiquement en octobre 2021. Les résultats de la phase II (BMH-Wal 2), qui ciblait les enfants de 3 à 5 ans et de 6 à 11 ans, ont quant à eux été publiés en mai 2023. Les résultats de la phase III (BMH-Wal 3), relative aux adultes de 40 à 59 ans, ont été rendus publics en février 2025. Le présent document rapporte les résultats de la phase IV (BMH-Wal 4) qui consiste en la détermination de nouvelles valeurs de référence d'exposition dans les échantillons urinaires issus des trois premières phases. L'ensemble des rapports est disponible sur le site web de l'ISSeP (https://www.issep.be/biomonitoring/).

Les efforts conjoints de 30 pays européens, de l'Agence européenne pour l'environnement et de la Commission européenne ont permis de créer un projet commun appelé HBM4EU (2017-2021) dont un des enjeux majeurs consiste à harmoniser les procédures de biomonitoring humain dans les pays participants afin de fournir aux décideurs politiques des données comparables quant à l'exposition

[1] Parmi eux figurent également les participations de la Wallonie aux études de l'OMS (études concernant les POPs dans le lait maternel) et au programme COPHES/DEMOCOPHES.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

humaine aux produits chimiques en Europe et orienter les politiques communautaires. Les guidelines produites dans le cadre de HBM4EU pour la réalisation des différentes étapes d'un Biomonitoring constituent un cadre de référence méthodologique pour le projet BMH-Wal.

En mai 2022, le partenariat européen pour l'évaluation des risques liés aux substances chimiques (PARC), dont l'ISSeP fait partie, est lancé. Il regroupe plus de 200 partenaires scientifiques venus de 28 pays ainsi que des agences de l'Union européenne. Le partenariat a pour ambition de mettre en place une évaluation des risques des substances de nouvelle génération, intégrant à la fois la santé humaine et l'environnement, dans une approche « Une seule santé-One Health ». Pour ce faire, il s'appuiera sur les connaissances acquises dans le cadre de HBM4EU.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

2 OBJECTIFS

L'objectif principal du programme BMH-Wal est la détermination de valeurs de référence d'exposition de la population générale. Une valeur de référence renseigne sur le niveau d'imprégnation d'une population particulière, à une substance chimique à un moment donné. Elle fixe une limite arbitraire entre le « bruit de fond » d'exposition à la substance d'intérêt dans la population d'étude et la partie supérieure des niveaux d'exposition. Elle reflète donc une concentration biologique seuil au-delà de laquelle le niveau d'exposition de la population est estimé élevé mais elle ne donne aucune information sur l'existence ou la possibilité de survenue d'un quelconque effet sanitaire associé à ce niveau d'exposition. Les valeurs de référence d'exposition sont nécessaires pour interpréter les données acquises lors de campagnes de biomonitoring : elles permettent la comparaison des données d'imprégnation des individus à celles d'une population de référence et l'identification d'individus surexposés par rapport à cette population de référence.

Le concept de valeur de référence a été introduit par Grasbeck et Saris en 1969 (Grasbeck et Saris, 1969). Ce concept a remplacé celui des valeurs dites normales qui reposait sur l'hypothèse erronée de distribution normale des paramètres biologiques. Entre 1980 et 2000, des recommandations internationales ont été publiées par l'IFCC-LM (International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine) sur la production des valeurs de référence, puis révisées en 2008. L'IFCC-LM préconise la détermination des P2,5 et P97,5 comme intervalle de référence avec un intervalle de confiance de 90% via des méthodes statistiques non paramétriques, sur un échantillon d'au moins 120 individus (Solberg, 1987). En 1997, l'IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) recommande l'utilisation d'un intervalle de couverture de 0,95 avec une incertitude de couverture à un niveau de confiance de 95%. Cette méthode permet le calcul de valeurs de référence sur des échantillons de moins de 120 individus (Poulson, 1997). S'inspirant des recommandations publiées par HBM4EU (délivrable D10.5) et de leur expérience dans le domaine, les partenaires du programme BMH-Wal ont adopté une méthodologie commune pour l'élaboration des valeurs de référence (voir Avant-propos).

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

3 SUBSTANCES ÉTUDIÉES

Les substances étudiées dans le programme BMH-Wal sont des substances émergentes (substances prioritaires selon HBM4EU, perturbateurs endocriniens retenus par Pirard et al. 2018 et métabolites de pesticides) et des substances classiques[2] (métaux, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs), polychlorobiphényls (PCBs), polluants organiques persistants (POPs)). Elles sont mesurées dans le sang et/ou l'urine des participants.

Le Tableau 1 résume les substances analysées initialement (résultats publiés entre octobre 2021 et février 2025) ainsi que les substances supplémentaires faisant l'objet du présent rapport. Certaines substances ont été analysées dans toutes les catégories d'âge disposant d'un échantillon urinaire, tandis que d'autres ont été étudiées uniquement dans des catégories d'âge jugées prioritaires : les retardateurs de flamme phosphorés, ainsi que l'iode et le sodium, ont été mesurés chez les enfants, ces derniers étant considérés comme une population potentiellement plus exposée aux retardateurs de flamme, et particulièrement sensible à une carence en iode. L'arsenic et ses espèces avaient déjà été quantifiés précédemment chez les adolescents de 12 à 19 ans ; leur dosage a été étendu aux autres catégories d'âge afin de disposer d'un ensemble complet de valeurs de référence d'exposition.

[2] On entend par substances « classiques » les substances pour lesquelles l'exposition et les risques sanitaires pour les Wallons restent difficiles à cerner alors même que les données environnementales sont abondantes et que des législations d'interdiction ou de réduction sont en vigueur.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

TABLEAU 1 : SUBSTANCES ÉTUDIÉES DANS LE PROGRAMME BMH-WAL

Matrices	**Nouveau-nés** Sang	**Enfants 3-5 ans** Urine	**Enfants 6-11 ans** Urine et sang	**Adolescents 12-19 ans** Urine et sang	**Adultes 20-39 ans** Urine et sang	**Adultes 40-59 ans** Urine et sang
Substances analysées BMH-Wal phase 1+2+3						
Biomarqueurs urinaires						
Métaux (Hg, AsT, Cd, Cr, Cu, Pb, Se, Zn)	-	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**
Nickel et thallium	-	**x**	**x**	**x**	-	**x**
Arsenic et ses espèces	-	-	-	**x**	-	-
Bisphénols	-	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**
HAPs	-	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**
Pesticides organophosphorés	-	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**
Glyphosate et AMPA	-	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**
Pesticides pyréthrinoïdes	-	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**
Biomarqueurs sanguins						
Métaux (Pb, Cd , Hg)	**x**	-	-	**x**	**x**	**x**
Pesticides organochlorés	**x**	-	-	**x**	**x**	**x**
PCBs	**x**	-	-	**x**	**x**	**x**
PFAS	**x**	-	-	**x**	**x**	**x**
PBDEs	-	-	-	**x**	**x**	-
Substances supplémentaires (BMH-Wal phase 4)						
Biomarqueurs urinaires						
Arsenic et ses espèces	-	**x**	**x**	-	**x**	**x**
Iode et Sodium	-	-	**x**	-	-	-
Phtalates et DINCH	-	**x**	**x**	**x**	**x**	**x**
RFP	-	**x**	**x**	-	-	-

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

3.1 ARSENIC ET SES ESPÈCES

L'arsenic (As) est omniprésent dans l'environnement et n'a pas de rôle physiologique ou métabolique connu chez l'homme, c'est un contaminant. Dans le passé, il était utilisé par ex. dans les pesticides dont des produits de traitement du bois qui ont conduit à une contamination environnementale très dispersée. De plus, l'arsenic est utilisé dans les alliages métalliques des batteries au plomb des véhicules. L'arsenic est aussi utilisé dans l'industrie des semi-conducteurs pour les diodes, les transistors ou l'optoélectronique. Une contamination locale peut se trouver à proximité des industries de production/transformation des métaux comme les broyeurs à métaux.

Les concentrations d'arsenic dans le sol sont généralement plus faibles dans les pays d'Europe du Nord que dans les pays du Sud (Tarvainen et al., 2013). Des points chauds naturels locaux ou régionaux d'origine géologique existent également (par exemple Cornouailles, Italie du Nord, Hongrie), qui influencent les concentrations d'As dans les sols et les eaux souterraines.

L'arsenic, dans l'environnement et dans les aliments, est présent sous de nombreuses formes chimiques inorganiques et organiques ayant des propriétés et une toxicité très différentes (Francesconi et al., 2002 ; Hughes, 2002).

L'exposition de la population générale à l'arsenic est principalement d'origine alimentaire. L'influence de la consommation de produits de la mer sur la concentration urinaire en As total (AsT) est bien documentée et liée aux composés organiques de l'arsenic (AsO). Les aliments d'origine terrestre contiennent une concentration en AsT moins élevée que les produits de la mer, mais la proportion d'arsenic inorganique (AsI) y est plus importante.

L'arsenic organique (AsO) comprend notamment les arsénoglucides (ou arsénosucres), l'arsénocholine, l'arsénobétaïne et les arsénolipides. L'arsénobétaïne est considérée comme peu toxique, tandis que les données concernant les arsénosucres et les arsénolipides restent limitées et ne permettent pas d'exclure une toxicité. Ces formes d'AsO proviennent principalement des poissons, crustacés, mollusques et algues, qui peuvent en être très riches. Les compléments alimentaires basés sur ces produits peuvent présenter des concentrations élevées en arsenic (Gao et al., 2018 ; Cheyns et al. 2021). Certains végétaux peuvent également contenir de l'AsO (ex. champignons) (Ruttens, 2012 ; Ruttens, 2018 ; Kohlmeyer, 2003). Selon les composés, l'AsO est éliminé dans les urines soit directement sous forme inchangée, soit après métabolisation, notamment en acide diméthylarsinique (DMA). Sa toxicité est généralement inférieure à celle de l'arsenic inorganique mais supérieure à celle de l'arsénobétaïne.

L'AsI est apporté par le sol et l'eau, et donc les nourritures dites terrestres. Parmi les aliments terrestres qui requièrent une attention particulière figurent les céréales (riz) car elles peuvent contenir des concentrations relativement élevées d'As et contribuent fortement à l'absorption d'arsenic en raison de leur consommation élevée (USFDA, 2022). L'AsI est toxique et susceptible de causer des effets très variés (cutanés, respiratoires, neurologiques, cardiovasculaires, hépatiques, rénaux, hématologiques, etc.) et le Centre International de Recherche contre le Cancer l'a classé comme cancérogène pour l'Homme (groupe 1, poumons, peau et vessie). Il est éliminé sous forme d'AsI, de dérivés méthylés (MMA) et diméthylés (DMA). Le dosage AsI + MMA + DMA est considéré comme le meilleur biomarqueur de l'exposition récente à l'AsI. Il limite la contribution des produits de la mer mais en reste influencé suite à la biotransformation de ces produits en DMA.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

TABLEAU 2 : BIOMARQUEURS MESURÉS POUR L'ARSENIC ET SES ESPÈCES

Marqueur	Numéro CAS
Arsenic total	7440-38-2
Arsénobétaïne	64436-13-1
Acide monométhylarsonique (MMA)	124-58-3
Acide diméthylarsinique (DMA)	75-60-5
Arsénite (AsIII)	13464-58-9
Arséniate (AsV)	7778-39-4

3.2 IODE ET SODIUM

L'iode (numéro CAS : 7553-56-2) est un oligo-élément essentiel nécessaire à la synthèse des hormones thyroïdiennes, indispensables au métabolisme et au développement neurologique. Le sodium, quant à lui, est un minéral essentiel à l'équilibre hydrique et à la transmission nerveuse, mais dont l'excès alimentaire constitue un facteur de risque cardiovasculaire.

L'iodurie, généralement mesurée sur un échantillon urinaire ponctuel, est un indicateur reconnu du statut iodé à l'échelle d'une population, car la majorité de l'iode absorbé est éliminée dans les urines. Elle reflète principalement les apports récents en iode. En revanche, elle ne renseigne pas directement sur la fonction thyroïdienne et une mesure isolée n'est pas adaptée à l'évaluation du statut iodé d'un individu, en raison de fortes variations intra-individuelles.

Au cours des dernières décennies, la carence en iode a fortement diminué en Europe, y compris en Belgique, grâce aux stratégies de supplémentation, notamment l'iodation du sel. La déficience iodée demeure aujourd'hui généralement modérée. Les principales sources d'iode dans l'alimentation sont le sel iodé et les produits laitiers (lait, yaourt, fromage), ces derniers étant particulièrement consommés chez l'enfant. Historiquement, des déficiences légères ont été observées chez des enfants belges d'âge scolaire lors de plusieurs études (Delange et al., 2000), conduisant à des mesures d'enrichissement du sel à partir de 2009, bien que son utilisation ne soit pas obligatoire en Belgique.

Chez l'adulte, une carence en iode peut entraîner des troubles thyroïdiens, notamment des nodules, tandis que chez l'enfant elle peut affecter le développement cognitif (Trumpff et al., 2013). Parallèlement, la consommation excessive de sodium (numéro CAS : 7440-23-5) reste un enjeu majeur de santé publique. Le sodium est principalement apporté par le sel de cuisine (chlorure de sodium), présent à la fois dans les aliments transformés et ajouté lors de la cuisson ou à table. En Belgique, les apports moyens en sel demeurent supérieurs aux recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) (OMS, 2026), fixées à un maximum de 5 g de sel par jour chez l'adulte. Une consommation élevée est associée à l'hypertension artérielle et à un risque accru de maladies cardiovasculaires.

3.3 RETARDATEURS DE FLAMME PHOSPHORÉS

Les retardateurs de flamme phosphorés (RFP) sont des substances chimiques ajoutées à de nombreux matériaux et produits de consommation afin de réduire leur inflammabilité et de ralentir la propagation du feu. Parmi eux, les esters organophosphorés sont également utilisés comme plastifiants et lubrifiants dans divers polymères (dont le PVC), textiles, mousses de polyuréthane et

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

fluides hydrauliques. Leur utilisation a augmenté ces dernières années en remplacement de retardateurs de flamme bromés, désormais interdits ou strictement réglementés. Ils sont largement utilisés dans les produits de consommation et les matériaux de construction tels que les meubles, les peintures et les colles, les appareils électroniques, les emballages alimentaires, les textiles, les jouets et les articles de puériculture.

En raison de leur caractère semi-volatil et de leur absence de liaison chimique forte avec les matériaux, les RFP peuvent migrer vers l'environnement intérieur et extérieur, contaminant l'air, les poussières domestiques, les aliments ainsi que différents compartiments environnementaux (eau, sols et sédiments) (Van der Veen and de Boer, 2012 ; Wang et al., 2020 ; Nguyen et al., 2024). L'exposition humaine se fait principalement par inhalation, ingestion (aliments, eau et poussières) et contact cutané. Les jeunes enfants sont particulièrement exposés via l'ingestion de poussières domestiques et le contact main-bouche, tandis que l'alimentation constitue la principale voie d'exposition chez l'adulte.

Après absorption, les RFP sont rapidement métabolisés et éliminés dans les urines. Les données toxicologiques disponibles restent limitées et hétérogènes, mais certaines substances montrent des effets potentiels neurotoxiques, immunotoxiques, reprotoxiques et des propriétés de perturbation endocrinienne, notamment sur les systèmes œstrogénique et thyroïdien. Bien qu'un potentiel cancérigène ait été observé chez l'animal, aucune classification internationale comme substance cancérogène n'a été établie à ce jour (Fromme et al., 2014 ; van der Veen and de Boer, 2012).

L'exposition aux RFP est évaluée par la mesure de leurs métabolites urinaires. Le Tableau 3 reprend les métabolites de RFP analysés dans le programme BMH-Wal ainsi que les composés parents correspondants. Le diphénylphosphate (DPP) est principalement le métabolite du triphénylphosphate (TPP), bien qu'il puisse également refléter l'exposition à d'autres retardateurs de flamme organophosphorés de type aryl-phosphates.

TABLEAU 3 : BIOMARQUEURS MESURÉS ET SUBSTANCES PARENTES CORRESPONDANTES (RFP)

Abréviation	Marqueur	Numéro CAS	Substance parente
DPP	Diphénylphosphate	838-85-7	Triphénylphosphate (TPP)
			2-éthylhexyldiphénylphosphate (EHDPP)
			Resorcinol bis(diphénylphopsphate)
DBP	Di-n-butyl phosphate	107-66-4	Tri-n-butyl phosphate (TBP)
BDCPP	Bis(1,3-dichloro-2-propyl)phosphate	72236-72-7	Tris(1,3-dichloro-2-propyl)phosphate (TDCIPP)
BCPHPP	1-hydroxy-2-propyl bis(1-chloro-2-propyl)phosphate	1477495-11-6	Tris(2-chloroisopropyl)phosphate (TCIPP)

3.4 PHTALATES ET HEXAMOLL®DINCH

Les phtalates sont des dérivés de l'acide phtalique caractérisés par un noyau benzénique portant deux groupements esters. Selon la longueur de leurs chaînes latérales, ils sont classés en phtalates de haut ou de faible poids moléculaire. Les phtalates de haut poids moléculaire, tels que le diéthylhexylphtalate (DEHP), sont principalement utilisés comme plastifiants afin d'améliorer la

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

flexibilité et la durabilité des matériaux plastiques, notamment du chlorure de polyvinyle (PVC). À l'inverse, les phtalates de faible poids moléculaire, comme le diéthylphtalate (DEP) et le di-n-butylphtalate (DnBP), sont davantage employés comme solvants, fixateurs de parfum, émollients ou agents de pénétration cutanée dans les cosmétiques et les produits de soins personnels. En raison de leurs nombreuses applications, les phtalates sont présents dans une large gamme de produits de consommation, incluant les matériaux de construction, les peintures, les jouets, les textiles, les matériaux en contact avec les aliments, les dispositifs médicaux, les cosmétiques et certains médicaments (Heudorf et al., 2007 ; Schettler, 2006 ; Lange et al., 2020).

Étant ajoutés comme additifs non liés chimiquement aux matériaux, les phtalates peuvent migrer dans l'environnement et entraîner une exposition humaine par ingestion d'aliments contaminés, inhalation d'air ou de poussières, absorption cutanée ou encore lors de certains traitements médicaux (Schettler, 2006). Bien que leur toxicité aiguë soit considérée comme faible, une exposition chronique a été associée à divers effets sur la santé, notamment des atteintes de la reproduction, des troubles métaboliques et des effets neurodéveloppementaux (Heudorf et al., 2007 ; Katsikantami et al., 2016). Ces préoccupations ont conduit à leur classification par l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA) en 2017 comme substances toxiques pour la reproduction et perturbateurs endocriniens (Palandri et al., 2026), ainsi qu'à des restrictions progressives de certains phtalates (notamment le DEHP, le DnBP, le BBzP et le DiNP) mises en place en Europe depuis 1999 (Pirard and Charlier, 2022 ; Palandri et al., 2026).

Dans ce contexte, des substituts tels que le di(isononyl) cyclohexane-1,2-dicarboxylate (DINCH) ont été développés afin de remplacer certains phtalates dans diverses applications, bien que leur innocuité à long terme reste encore à confirmer (Campioli et al., 2015 ; Xin et al., 2025).

Les phtalates et le Hexamoll®DINCH[3] sont rapidement métabolisés et excrétés dans les urines. Les phtalates de faible poids moléculaire sont principalement transformés en monoesters (MEP, MnBP, MiBP, MBzP), tandis que les composés de haut poids moléculaire subissent également des réactions d'oxydation conduisant à des métabolites hydroxylés, oxydés ou carboxylés (5-oxo-MEHP, 5-OH-MEHP, 5-cx-MEPP, OH-MiNP, cx-MiNP, 6-OH-MiDP, OH-MINCH, cx-MINCH, oxo-MINCH). Le dosage de ces métabolites urinaires constitue un biomarqueur d'exposition récente (Johns et al., 2015).

Le Tableau 4 résume les métabolites urinaires analysés dans le cadre du projet BMH-Wal ainsi que leurs phtalates parents.

[3] Dans la suite du document, par simplification d'écriture et pour faciliter la lecture, le terme DINCH sera employé.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

TABLEAU 4 : BIOMARQUEURS MESURÉS ET SUBSTANCES PARENTES CORRESPONDANTES (PHTALATES ET DINCH)

Abréviation	Marqueur	Numéro CAS	Substance parente
MEP	Monoéthylphtalate	2306-33-4	Diéthylphtalate (DEP)
MnBP	Mono-n-butylphtalate	131-70-4	Di-n-butyl phtalate (DnBP)
MiBP	Mono-isobutylphtalate	30833-53-5	Di-isobutyl phtalate (DiBP)
MBzP	Monobenzylphtalate	2528-16-7	Butyl benzyl phtalate (BBzP)
5-oxo-MEHP	Mono-(2-ethyl-5-oxohexyl)phtalate	40321-98-0	Di(2-ethylhexyl)phtalate (DEHP)
5-OH-MEHP	Mono-(2-ethyl-5-hydroxyhexyl)phtalate	40321-99-1	
5-cx-MEPP	Mono-(2-ethyl-5-carboxypentyl)phtalate	40809-41-4	
MEHP	Mono-(2-ethylhexyl)phthalate	4376-20-9	
cx-MiNP	7-carboxy-(mono-méthylheptyl)phtalate	936022-02-5	Di-isononyl phtalate (DiNP)
OH-MiNP	7-hydroxy-(mono-méthyloctyl)phtalate	898544-10-0	
6-OH-MiDP	6-hydroxy-mono-propylheptyl phthalate	1372605-11-2	Di-isodécyl phtalate (DiDP)
OH-MINCH	Cyclohexane-1,2-dicarboxylate-mono-(7-hydroxy-4-methyl)octyl ester	1637562-52-7	Di(isononyl) cyclohexane-1,2-dicarboxylate (DINCH)
cx-MINCH	Cyclohexane-1,2-dicarboxylate-mono-(7-carboxylate-4-methyl)heptyl ester	1637562-51-6	
oxo-MINCH	Cyclohexane-1,2-dicarboxylate, mono-(4-methyl- 7-oxooctyl) ester	1588520-62-0	

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

4 MATÉRIEL ET MÉTHODE

4.1 TYPE D'ÉTUDE

Le programme de de biomonitoring humain wallon, BMH-Wal, est une étude transversale, en population générale, qui a pour vocation d'être répétée avec un intervalle de temps d'environ 5 à 7 ans.

4.2 POPULATION ET ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude correspond au territoire wallon. La population wallonne a été classée en différentes catégories d'âge telles que proposées par le projet HBM4EU : nouveau-nés, 3-5 ans, 6-11 ans, 12-19 ans, 20-39 ans, 40-59 ans, 60-79 ans.

La quatrième phase, objet du présent document, s'est focalisée sur l'analyse de nouvelles substances dans les échantillons prélevés lors des trois premières phases : les enfants de 3 à 5 ans et de 6 à 11 ans, les adolescents de 12 à 19 ans, les adultes de 20 à 39 ans et de 40 à 59 ans. L'effectif visé dans chaque catégorie d'âge correspondait à l'effectif minimum recommandé par HBM4EU en matière de puissance statistique, soit 300 individus par catégorie (150 ♀ et 150 ♂).

La participation volontaire au biomonitoring a été privilégiée à la randomisation pour tenir compte du planning établi concernant le recrutement. Pour obtenir un échantillon le plus représentatif de la population, le nombre de participants par catégorie d'âge a été déterminé pour chacune des cinq provinces wallonnes en fonction de leur densité de population (Tableau 5). Au sein de chaque province, un second niveau de répartition a été appliqué selon la typologie des communes (typologie en fonction du degré de densité de la population, établie par Iweps, 2016).

TABLEAU 5 : RÉPARTITION DE LA POPULATION WALONNE PAR PROVINCE EN 2016

Entités administratives	Population totale (%)	Effectif attendu par classe d'âge
Rég. wallonne	*3.602.216 (100)*	*300*
Prov. Liège	1.098.688 (30,5)	92
Prov. Namur	489.204 (13,6)	40
Prov. Hainaut	1.337.157 (37,1)	111
Prov. Brabant Wallon	396.840 (11,0)	33
Prov. Luxembourg	280.327 (7,8)	24

Note : les chiffres s'entendent pour la population de droit au premier juillet de l'année 2016

4.3 SÉLECTION ET RECRUTEMENT DES PARTICIPANTS

Le recrutement a été réalisé par l'entremise d'institutions publiques et d'établissements scolaires, jouant le rôle d'intermédiaire avec le public cible, réparties sur le territoire wallon.

La période de recrutement s'est étendue de novembre 2019 à juillet 2020 pour la phase 1 (nouveau-nés, adolescents 12-19 ans et adultes 20-39 ans), de novembre 2020 à juin 2021 pour la phase 2 (enfants 3-5 et 6-11 ans) et d'avril à août 2023 pour la phase 3 (adultes 40-59 ans).

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

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

Critères d'inclusion

- Résider en Wallonie depuis au moins 5 ans ou depuis sa naissance pour la catégorie 3-5 ans ;
- Appartenir à une des classes d'âge retenues au moment de l'inclusion ;
- Résider dans un ménage ordinaire et être joignable par téléphone ;
- Résider au moins 4 jours par semaine dans une même résidence/commune ;
- Être en mesure de comprendre et parler le français ;
- Être en mesure de donner son consentement (pour les mineurs d'âge, le consentement est signé par les parents ou le tuteur légal) ;
- 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, les prélèvements biologiques, les analyses pour les différentes phases de l'étude, le stockage des échantillons.

Critères d'exclusion

- Être atteint d'une pathologie rendant impossible la réalisation de l'étude ;
- Avoir prévu de déménager dans les 3 mois suivant l'inclusion hors des zones géographiques de l'étude (hors Région Wallonne) ;
- Faire partie d'un ménage dont l'un des membres a participé au projet BMH-Wal ;
- Effectif atteint par catégorie de densité ou d'âge.

Pour les enfants et les adolescents, des écoles ont été sélectionnées de manière aléatoire dans chaque province pour être contactées. Lorsqu'une école refusait de participer, l'établissement suivant sur la liste était sollicité. Afin de tenir compte de la dispersion géographique au sein des provinces, un nombre variable de participants par établissement avait été recruté. Une approche similaire avait été utilisée pour le recrutement des adultes via des établissements publics tels que les établissements d'enseignement supérieur, les administrations publiques et les centres de formation sociale, en privilégiant les institutions les plus importantes en termes d'effectifs pour des raisons logistiques.

Des informations sur l'étude ainsi qu'une invitation à participer étaient transmises aux élèves des écoles ou aux travailleurs/demandeurs d'emploi des institutions publiques participantes. Une sélection de volontaires a été opérée sur base des critères définis ci-dessus. Chaque participant sélectionné était ensuite prévenu individuellement par l'équipe BMH-Wal.

4.4 COLLECTE DES PRÉLÈVEMENTS BIOLOGIQUES

Préalablement à tout prélèvement biologique, tous les participants (ou leurs parents/tuteurs légaux) ont lu, complété et signé l'attestation de consentement éclairé, conformément aux exigences du Comité d'éthique Hospitalo-Facultaire Universitaire de Liège qui a approuvé les protocoles d'étude les 4 septembre 2019 et 21 septembre 2020. Durant tout le processus de sélection et de collecte des données, une attention très grande a été portée à la question de la protection des données et à l'anonymisation.

Le dosage de polluants supplémentaires (phase 4) a été effectué dans la matrice urinaire. Pour collecter l'urine, un flacon primaire en polyéthylène d'une capacité de 100mL a été utilisé. Les tubes destinés à l'analyse des métaux, tout comme le pot primaire de 100mL, étaient systématiquement

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

lavés avec une solution contenant 10% d'acide nitrique (HNO_3) afin d'éliminer toutes traces de contamination métallique. Ils étaient ensuite rincés à l'eau nanopure et séchés en étuve sur papier-filtre.

Après homogénéisation de l'échantillon, un aliquotage a été effectué dans des tubes en polypropylène afin de permettre l'envoi et l'analyse des échantillons dans les laboratoires (dans un délai maximal de 24 h, avec une conservation à une température ne dépassant pas 6 °C) ainsi que leur stockage à −20 °C en vue d'analyses complémentaires. Les échantillons ainsi conservés ont ensuite été utilisés dans le cadre de la phase 4 pour le dosage de substances supplémentaires.

Les échantillons étaient étiquetés à l'aide d'un code unique afin de garantir leur anonymisation. Seuls les responsables du projet disposaient des informations d'identification, nécessaires à la restitution des résultats. L'ISSeP s'est associé à la Biothèque Hospitalo-Universitaire de Liège (BHUL) afin d'assurer la traçabilité de chaque échantillon biologique humain prélevé dans le cadre du projet BMH-Wal.

4.5 INFORMATIONS COLLECTÉES PAR QUESTIONNAIRE

Outre le prélèvement d'échantillons biologiques, chaque participant devait compléter un questionnaire. Celui-ci comprenait des questions portant sur les caractéristiques sociodémographiques, l'alimentation, certains facteurs de risque de maladies chroniques, la prise de compléments alimentaires, l'environnement, l'habitation et les comportements de vie, le statut tabagique (incluant tant le tabagisme actif que passif) ainsi que l'usage de pesticides à domicile.

Le mode de passation du questionnaire variait selon les phases et les catégories d'âge. Lors de la phase 1, le questionnaire était administré sous format papier tandis qu'il a été informatisé pour les phases 2 et 3. Pour les adolescents (phase 1), le questionnaire comportait deux parties : l'une destinée à l'adolescent, l'autre à ses parents ou tuteurs. Pour les enfants (phase 2), le questionnaire était complété par les parents ou tuteurs, en présence des enfants.

Le questionnaire et les prélèvements biologiques étaient identifiés avec une série d'étiquettes autocollantes pré-imprimées portant le numéro unique d'identification du participant.

4.6 ANALYSES CHIMIQUES DES BIOMARQUEURS D'EXPOSITION

Le dosage de l'arsenic dans l'urine a été réalisé au service Éléments-Traces et Nanomatériaux de Sciensano. Pour la détermination de l'arsenic total, les échantillons d'urine ont été décongelés puis centrifugés (10 min à 1500 g). Le surnageant a ensuite été dilué et acidifié à un facteur de dilution final de 10 (4 % HNO_3) et conservé à 4 °C jusqu'à analyse. Les concentrations en arsenic total ont été déterminées par ICP-MS (Agilent 8800), avec O_2 comme gaz de réaction sur la masse 75, et quantifiées à l'aide d'une calibration externe linéaire en matrice (0,005–10 µg/L).

Pour l'analyse des espèces d'arsenic (As^{3+}, As^{5+}, DMA, MA, AB), le surnageant a été dilué à un facteur 5 dans de l'eau Milli-Q, avec ajout d'acide phénylarsonique (PAA) comme étalon interne (1 µg/L final). Les espèces ont été analysées par IC-ICP-MS (Dionex ICS-6000 + iCAP RQ, Thermo Fisher Scientific), avec He comme gaz de collision. La séparation chromatographique a été réalisée sur une colonne échangeuse d'anions (IonPac AG7/AS7), avec une phase mobile constituée de carbonate d'ammonium (200 mM + 3 % MeOH) en gradient sur 20 minutes. La quantification reposait sur une calibration

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

externe en matrice (0,2–5 µg/L), incluant PAA. Chaque série analytique incluait des contrôles qualité internes (blancs, standards de contrôle et matériaux de référence certifiés tels que Seronorm ou NIST), avec des critères d'acceptation appliqués à chaque lot.

Les métabolites urinaires de phtalates et de retardateurs de flamme phosphorés ont été analysés au laboratoire de Toxicologie clinique, médico-légale, de l'environnement et en entreprise du CHU de Liège. Le dosage des métabolites urinaires de phtalates a été réalisé sur un volume d'urine de 3 mL par extraction en phase solide (Bond Elut Certify 130 mg) après hydrolyse enzymatique d'une nuit à l'aide de β-glucuronidase (Helix pomatia) en présence de tampon acétate de sodium 1M ajusté à pH=5. La détermination finale consistait en une analyse par chromatographie liquide à ultra haute performance couplée à la spectrométrie de masse en tandem (UPLC-MS/MS), sur un instrument UHPLC Acquity (Waters) couplé à un spectromètre de masse Quattro Premier (Waters) opérant en ionisation électrospray négative (ESI-) en mode MRM, et équipée d'une colonne Kinetex Phenyl-Hexyl parcourue par un gradient de phase mobile constituée d'eau-acide acétique 0.1% et acétonitrile-acide acétique 0.1%. Cette méthode, initialement développée et validée pour sept métabolites de phtalates (Dewalque et al., 2014), a été étendue à l'ensemble des métabolites ciblés. Pour les métabolites cx-MiNP, OH-MiDP, OH-MINCH et cx-MINCH, la fenêtre d'acquisition a été élargie d'une minute de part et d'autre du temps de rétention afin d'inclure l'ensemble des pics associés aux mélanges d'isomères. La quantification a été réalisée par dilution isotopique à l'aide de standards internes marqués au carbone 13 (ou deutérés pour le MiBP). Les courbes de calibration comprenaient neuf points préparés dans de l'urine synthétique, avec des concentrations comprises entre 0,5 et 200 µg/L, et traités comme des échantillons réels. Chaque séquence analytique incluait une courbe de calibration, un blanc réactif (urine synthétique), deux contrôles de qualité internes (urine synthétique enrichie à 10 et 100 µg/L), ainsi que trois matériaux de contrôle externe issus du programme G-EQUAS (German External Quality Assessment Scheme, University of Erlangen-Nuremberg). Les séquences comprenaient également 86 échantillons inconnus. Pour certains métabolites (cx-MiNP, OH-MiDP, OH-MINCH et cx-MINCH), les solutions étalons et contrôles de qualité ne contenaient que l'isomère principal, tandis que l'ensemble des isomères était quantifié dans les échantillons réels, conformément aux recommandations du programme qualité ICI/EQUAS dans le cadre du projet HBM4EU. Les échantillons présentant des concentrations supérieures à 200 µg/L ont été dilués (facteur 3 à 20 selon la concentration) puis réanalysés.

Le dosage des retardateurs de flamme phosphorés a été réalisé sur 3 mL d'urine par extraction liquide-liquide à l'acétate d'éthyle après une nuit d'hydrolyse enzymatique (β-glucuronidase et tampon acétate d'ammonium 1 M à pH 5). Les extraits ont ensuite été injectés sur un système UHPLC 1290 Infinity II (Agilent) équipé d'une colonne Acquity BEH C18 (50 × 2,1 mm ; 1,7 µm) couplé à un spectromètre de masse Triple Quadrupôle 6495C (Agilent). L'ionisation a été effectuée en électrospray négatif (ESI-) pour l'ensemble des métabolites, à l'exception du BCPHPP analysé en mode positif (ESI+), avec acquisition en mode dMRM. La phase mobile consistait en un gradient d'une solution aqueuse d'acétate d'ammonium 5 mM et de méthanol.Pour le BCPHPP, la fenêtre d'acquisition a été élargie afin de couvrir l'ensemble des diastéréoisomères. La quantification a été réalisée par dilution isotopique à l'aide de standards internes deutérés propres à chaque métabolite. Les courbes de calibration comprenaient sept points préparés dans de l'eau fortifiée, couvrant une gamme de 0,05 à 25 µg/L, et traités comme des échantillons réels. Chaque séquence analytique incluait une courbe de calibration, un blanc réactif (eau), ainsi que deux matériaux de contrôle externe issus du programme AMAP de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). Chaque série comprenait 50 à 75

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

échantillons inconnus. Le BCPHPP était présent sous forme de mélange de diastéréoisomères dans les standards et les échantillons réels, et l'ensemble des pics a été intégré pour la quantification.

Les dosages de l'iode et du sodium urinaires ont été réalisés au Département des laboratoires cliniques des Cliniques Universitaires Saint-Luc. L'iode urinaire a été quantifié par plasma à couplage inductif avec détection par spectrométrie de masse en tandem (ICP-MS/MS) à l'aide d'un équipement Agilent 8900 Triple Quadrupole ICP-MS, selon une procédure interne validée et certifiée ISO15189 (BIOCA-SOP-6216). Les échantillons urinaires (50 µL) ont été dilués dans une solution d'hydroxyde de tétraméthylammonium contenant un standard interne (Ge). L'isotope 127I a été mesuré en mode « no gas » avec une limite de quantification de 10 µg/L. Un contrôle interne et trois contrôles externes certifiés (G-EQUAS et INSPQ) ont été inclus dans chaque série analytique afin d'assurer la qualité des mesures.

Le sodium urinaire a été quantifié par méthode potentiométrique à l'aide d'un analyseur COBAS 8000 (module ISE), selon une procédure interne validée et certifiée ISO 15189 (LCA-SOP-5726, utilisation des lignes Roche). Deux contrôles internes certifiés (BIO-RAD) ont été inclus dans chaque série analytique afin d'assurer la qualité des mesures.

4.7 DÉTERMINATION DES VALEURS DE RÉFÉRENCE

Une méthodologie a été établie et validée par l'ensemble des partenaires du projet et vise à standardiser la méthode de calcul des valeurs de référence d'exposition par les laboratoires (voir Avant-propos).

La moyenne géométrique, le pourcentage de valeurs inférieures à la limite de quantification (LOQ) et les percentiles 5, 25, 50, 75 et 95 ainsi que les intervalles de confiance à 95% de la moyenne géométrique et du P95 sont déterminés à l'aide des logiciels Microsoft Excel, JMP (version 18) et GraphPad Prism. Ces statistiques sont établies par phase du programme BMH-Wal, pour les groupes d'âge de 3–11 ans, de 12–39 ans et de 40–59 ans. L'intervalle de confiance (IC) à 95% du P95 est calculé à l'aide d'un test de rang. Les statistiques descriptives sont présentées pour l'ensemble de l'échantillon et pour les différents sous-groupes qui présentent des différences significatives (selon le biomarqueur et en fonction des connaissances disponibles).

L'exclusion des valeurs aberrantes (outliers), identifiées à l'aide de la méthode de Tukey modifiée, n'est réalisée qu'en cas de problème analytique, d'exposition particulière professionnelle ou extra-professionnelle (prise de compléments alimentaires pour les éléments traces par exemple). Les valeurs inférieures à la limite de quantification sont remplacées par LOQ/2.

Le percentile utilisé pour établir la valeur de référence (notée VR95) correspond au 95^{e} percentile. Le P95 est arrondi en dessous, au sein de l'intervalle de confiance, en conservant au moins deux chiffres significatifs en fonction de la précision de la méthode analytique utilisée.

La comparaison de la distribution des biomarqueurs selon l'âge, le sexe ou d'autres critères (tabagisme, consommation de poisson par exemple) est réalisée au moyen du test non paramétrique de Mann-Whitney pour échantillons non appariés. Afin d'estimer la pertinence d'établir des valeurs de référence VR95 différentes en fonction de ces critères, les P95 ont été comparés au moyen du test Z pour une proportion (test unilatéral). Les seuils de significativité de ces tests sont fixés à 0,05 pour le Mann-Whitney et 0,001 pour le z-test.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Une valeur de référence ne peut pas être établie si la borne inférieure de l'intervalle de confiance du P95 est inférieure à la LOQ ou si l'effectif est inférieur à 120.

La comparaison des résultats de BMH-Wal avec d'autres études nationales et internationales est effectuée sur base de la moyenne géométrique, de la médiane et du P95. Les études portant sur des populations de catégories d'âge comparables, géographiquement proches, récentes et incluant un nombre élevé de participants sont privilégiées.

L'iode et le sodium étant des minéraux essentiels, l'établissement de VR95, destinées à identifier des niveaux d'exposition inhabituellement élevés dans la population, n'a pas été considéré comme pertinent pour ces biomarqueurs. L'influence de l'âge et du sexe sur les concentrations urinaires a donc été évaluée uniquement à l'aide du test non paramétrique de Mann-Whitney, sans application du z-test utilisé pour déterminer la nécessité de VR95 spécifiques. Les deux groupes d'âge (≤ 9 ans et > 9 ans) ont été définis à partir de la médiane de la distribution de l'âge, afin d'obtenir des groupes d'effectifs comparables. Pour l'iode, les concentrations médianes ont également été comparées à celles rapportées dans d'autres études de biosurveillance.

Des analyses complémentaires ont été menées pour estimer l'excrétion urinaire de sodium sur 24 heures à partir des échantillons urinaires ponctuels, à l'aide des équations de Tanaka et d'INTERSALT, présentées dans le Tableau 6. Ces estimations ont ensuite été utilisées pour estimer la consommation quotidienne de sel. Compte tenu de l'utilisation de sel iodé comme source d'iode alimentaire, les relations entre l'iodurie et la concentration urinaire en sodium, ainsi qu'entre l'iodurie et la consommation estimée de sel, ont également été étudiées. Les associations entre variables quantitatives ont été évaluées par régression linéaire simple et exprimées par le coefficient de corrélation de Pearson (r).

TABLEAU 6 : EQUATIONS UTILISÉES POUR ESTIMER L'EXCRÉTION JOURNALIÈRE DE SODIUM (MMOL/JOUR) À PARTIR D'UN ÉCHANTILLON URINAIRE ISOLÉ

Tanaka, 2002	
$21{,}98 \times \left\{\left[\frac{SNa}{SCr \times 10}\right] \times [(-2{,}04 \times âge) + (14{,}89 \times poids) + (16{,}14 \times taille) - 2244{,}45]\right\}^{0{,}392}$	
INTERSALT sans valeur de potassium	
Hommes/Garçons	$\{23{,}51 + [0{,}45 \times SNa] - [3{,}09 \times SCr] + [4{,}16 \times IMC] + [0{,}22 \times âge]\}$
Femmes/Filles	$\{3{,}74 + [0{,}33 \times SNa] - [2{,}44 \times SCr] + [2{,}42 \times IMC] + [2{,}34 \times âge] - [0{,}03 \times âge^2]\}$

SNa : concentration en sodium dans l'échantillon urinaire ponctuel, en mmol/L pour les deux équations ; SCr : concentration en créatinine dans l'échantillon urinaire ponctuel, en mg/dL pour Tanaka et en mmol/L pour INTERSALT ; âge en années ; poids en kilogrammes ; taille en centimètres ; IMC : indice de masse corporelle en kg/m².

4.8 VALEURS DE RÉFÉRENCE SANITAIRE

Pour certaines substances, une valeur de référence sanitaire est disponible. Ces valeurs de référence sanitaires (notées VRS) permettent d'apprécier le risque sanitaire associé à une exposition. Elles sont dérivées par des groupes d'experts à partir des résultats d'études épidémiologiques et/ou toxicologiques. Elles sont fondées sur les informations scientifiques disponibles au moment de leur

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

élaboration. Il existe différents types de VRS et selon leur provenance, elles n'ont pas exactement la même signification.

Les Biomonitoring Equivalents (BE) sont des VRS développées par Summit Toxicology (USA). Un BE se définit comme la concentration ou la plage de concentration d'un agent chimique ou de ses métabolites dans une matrice biologique correspondant à une valeur guide sanitaire (par exemple une dose de référence ou un apport quotidien tolérable) (Hays et al, 2007). La valeur BE pour le « toxic relevant arsenic » (TRA = Asi + MMA + DMA) urinaire est de 6,4 µg/L (Hays et al., 2010). Cette valeur, applicable aux enfants et aux adultes, est basée sur des effets dermatologiques et vasculaires.

Pour l'iode, l'interprétation de la concentration urinaire repose sur une approche différente de celle des substances toxiques, car il s'agit d'un oligo-élément essentiel à la synthèse des hormones thyroïdiennes. Les concentrations urinaires d'iode (UIC) ne sont donc pas interprétées à l'aide d'une valeur de référence sanitaire unique, mais selon des seuils populationnels définis par l'OMS, utilisés pour la surveillance de l'état nutritionnel en iode et la prévention des déséquilibres d'apport. Cette approche vise à apprécier le statut nutritionnel d'une population (carence, adéquation ou excès) plutôt qu'un risque toxique individuel.

Les concentrations médianes d'iode urinaire utilisées pour établir le bilan iodé des enfants de plus de 6 ans et des adultes, selon les recommandations de l'OMS, figurent dans le Tableau 7. Ces seuils ne s'appliquent pas aux femmes enceintes ni aux femmes allaitantes.

TABLEAU 7 : BILAN IODÉ SUR LA BASE DE LA CONCENTRATION DE L'IODE URINAIRE (µG/L) CHEZ LES PLUS DE 6 ANS

Concentration médiane iode urinaire	Apport d'iode	Bilan iodé
<20	Insuffisant	Carence grave
20-49	Insuffisant	Carence moyenne
50-99	Insuffisant	Carence légère
100-199	Suffisant	Bilan iodé satisfaisant
200-299	Supérieur aux besoins	Léger risque possible
≥300	Excessif	Risque d'effets indésirables sur la santé

Les valeurs guide de biomonitoring (human biomonitoring guidance values, HBM-GVs), dérivées par le consortium HBM4EU, représentent la concentration d'un biomarqueur à et en-dessous de laquelle, selon les connaissances actuelles, il n'y a pas de risque d'effets néfastes sur la santé (Apel et al, 2020). Elles ont été déterminées pour plusieurs métabolites urinaires de phtalates et un substitut plastifiant (DINCH), notamment pour évaluer l'exposition de la population générale, HBM-GV_{GenPop} (Lange et al, 2021). Ces valeurs reposent notamment sur des effets critiques sur le développement et la fonction de l'appareil reproducteur mâle pour plusieurs phtalates (DEHP, DnBP, DiBP et BBzP) et sur des effets rénaux pour le DINCH. Toutefois, ces valeurs ne sont pas considérées comme appropriées pour les enfants de moins de 6 ans, en raison du manque de données toxicocinétiques pertinentes permettant de dériver des HBM-GV spécifiques pour ce groupe d'âge (Lange et al., 2021). En complément de ces valeurs HBM-GVs, une valeur BE a été utilisée pour le MEP, métabolite urinaire du DEP (Aylward et al., 2009). Cette valeur correspond à la concentration urinaire compatible avec une dose externe de référence considérée comme protectrice pour la santé et repose sur des effets sur la croissance et le poids des organes. Toutes ces VRS sont reprises dans le Tableau 8.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Ces valeurs permettent d'interpréter les résultats d'imprégnation à l'échelle populationnelle en regard du risque sanitaire et donc de définir les éventuelles mesures de gestion à prendre si le seuil sanitaire est dépassé par une part significative de la population pour identifier les sources d'exposition et les réduire (ou mieux les éliminer). A l'échelle individuelle, l'utilisation des VRS est plus complexe et doit être faite avec prudence. Entre autres, pour les phtalates dont les concentrations urinaires des métabolites sont soumises à d'importantes variations intra-individuelles (facteurs physiologiques, éventuelles expositions récentes) (Lange et al, 2021).

TABLEAU 8 : VALEURS DE RÉFÉRENCE SANITAIRES POUR LES PHTALATES ET DINCH (µG/L)

Substance parente	Biomarqueur (métabolite)	Valeur de référence sanitaire (µg/L) – Population générale		Source bibliographique
		HBM-GV_{GenPop}	BE	
DEP	MEP		18000	Aylward et al, 2009
DnBP	MnBP	120[a] - 190[b]		Lange et al, 2021
DiBP	MiBP	160[a] - 230[b]		
DEPH	5-oxo-MEHP + 5-OH-MEHP	340[a] - 500[b]		
	5-OH-MEHP + 5-cx-MEPP	380[a] - 570[b]		
BBzP	MBzp	2000[a] - 3000[b]		
DINCH	OH-MINCH + cx-MINCH	3000[a] - 4500[b]		

[a] enfants (6-13 ans)

[b] adolescents et adultes (dont les femmes en âge de procréer)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

5 RÉSULTATS

La période de recrutement s'est étendue de novembre 2019 à juillet 2020 pour la phase 1 (nouveau-nés, adolescents 12-19 ans et adultes 20-39 ans), de novembre 2020 à juin 2021 pour la phase 2 (enfants 3-5 et 6-11 ans) et d'avril à août 2023 pour la phase 3 (adultes 40-59 ans). Le Tableau 9 rend compte des faibles différences entre l'effectif visé et l'effectif recruté par province. L'effectif cible de 300 participants a été atteint dans toutes les classes d'âge, à l'exception des adolescents et des jeunes adultes, dont le recrutement a été perturbé par la pandémie de COVID-19.

TABLEAU 9 : RÉSULTATS DU RECRUTEMENT BMH-WAL POUR LES 3-59 ANS

Entités administratives	Effectif visé par catégorie d'âge	Effectif recruté				
		3-5 ans	6-11 ans	12-19 ans	20-39 ans	40-59 ans
Rég. wallonne	*300*	*300*	*302*	*283*	*261*	*302*
Prov. Liège	92	92	89	92	91	94
Prov. Namur	40	42	43	39	34	43
Prov. Hainaut	111	113	111	95	81	112
Prov. Brabant Wallon	33	29	33	33	33	29
Prov. Luxembourg	24	24	26	24	22	24

5.1 DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON D'ÉTUDE

Le Tableau 10 décrit la province de résidence, le sexe, la nationalité, les revenus du ménage, la situation professionnelle, le niveau d'étude, la catégorie socio-professionnelle et la consommation de poisson dans les 4 jours précédents le prélèvement de l'échantillon BMH-Wal. Il s'agit de données auto-déclarées par les participants via le questionnaire d'enquête.

TABLEAU 10 : DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON D'ÉTUDE

	Enfants 3-5 ans (N=300)	Enfants 6-11 ans (N=302)	Ados 12-19 ans (N=283)	Adultes 20-39 ans (N=261)	Adultes 40-59 ans (N=302)
Province					
Liège	92 (30.7%)	89 (29.5%)	92 (32.5%)	91 (34.9%)	94 (31.1%)
Hainaut	113 (37.7%)	111 (36.8%)	95 (33.5%)	81 (31.0%)	112 (37.1%)
Namur	42 (14.0%)	43 (14.2%)	39 (13.8%)	34 (13.0%)	43 (14.2%)
Brabant Wallon	29 (9.7%)	33 (10.9%)	33 (11.6%)	33 (12.6%)	29 (9.6%)
Luxembourg	24 (8.0%)	26 (8.6%)	24 (8.5%)	22 (8.4%)	24 (7.9%)
Sexe					
Femme	147 (49.0%)	146 (48.3%)	142 (50.2%)	152 (58.2%)	157 (52.0%)
Homme	153 (51.0%)	156 (51.7%)	141 (49.8%)	109 (41.8%)	145 (48.0%)
Nationalité à la naissance					
Belge	287 (95.7%)	284 (94.0%)	263 (92.9%)	239 (91.6%)	257 (85.1%)
Autre	13 (4.3%)	18 (6.0%)	20 (7.1%)	21 (8.0%)	45 (14.9%)
Revenu du ménage (net en €/mois)					
<2000 €	15 (5.0%)	24 (7.9%)	19 (6.7%)	35 (13.4%)	30 (9.9%)

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

2000-2999 €	42 (14.0%)	45 (14.9%)	46 (16.3%)	36 (13.8%)	59 (19.5%)
3000-3999 €	69 (23.0%)	57 (18.9%)	47 (16.6%)	72 (27.6%)	55 (18.2%)
4000-4999 €	98 (32.7%)	96 (31.8%)	58 (20.5%)	76 (29.1%)	54 (17.9%)
>5000 €	76 (25.3%)	80 (26.5%)	93 (32.9%)	37 (14.2%)	103 (34.1%)
Situation professionnelle[1]					
Etudiant/actif	274 (91.3%)	268 (88.7%)	283 (100.0%)	225 (86.2%)	258 (85.4%)
Chômeur/inactif/invalide	20 (6.7%)	30 (9.9%)	0 (0.0%)	9 (3.4%)	37 (12.3%)
Autre	6 (2.0%)	4 (1.3%)	0 (0.0%)	24 (9.2%)	6 (2.0%)
Niveau de diplôme[1]					
Primaire et Secondaire inférieur	13 (4.3%)	22 (7.3%)	23 (8.1%)	19 (7.3%)	20 (6.6%)
Secondaire supérieur	40 (13.3%)	52 (17.2%)	46 (16.3%)	45 (17.2%)	56 (18.5%)
Supérieur court	120 (40.0%)	114 (37.7%)	112 (39.6%)	94 (36.0%)	102 (33.8%)
Supérieur long	127 (42.3%)	114 (37.7%)	91 (32.2%)	99 (37.9%)	124 (41.1%)
Catégorie socio-professionnelle[1]					
Cadre	30 (10.0%)	26 (8.6%)	25 (8.8%)	6 (2.3%)	35 (11.6%)
Employé	201 (67.0%)	200 (66.2%)	160 (56.5%)	184 (70.5%)	220 (72.8%)
Ouvrier	7 (2.3%)	12 (4.0%)	11 (3.9%)	7 (2.7%)	6 (2.0%)
Indépendant	34 (11.3%)	26 (8.6%)	31 (11.0%)	3 (1.1%)	0 (0.0%)
Autre	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	5 (1.9%)	1 (0.3%)
Tabagisme					
Non-fumeur	-	-	248 (87.6%)	156 (59.8%)	194 (64.2%)
Ancien fumeur	-	-	0 (0.0%)	43 (16.5%)	72 (23.8%)
Fumeur quotidien	-	-	7 (2.5%)	37 (14.2%)	35 (11.6%)
Fumeur occasionnel	-	-	27 (9.5%)	21 (8.0%)	1 (0.3%)
Consommation récente de riz (derniers 3 jours)					
Non	200 (66.7%)	191 (63.2%)	184 (65.0%)	171 (65.5%)	205 (67.9%)
Oui	100 (33.3%)	111 (36.8%)	99 (35.0%)	89 (34.1%)	97 (32.1%)
Consommation récente de poisson (derniers 4 jours)					
Non	171 (57.0%)	168 (55.6%)	168 (59.4%)	127 (48.7%)	157 (52.0%)
Oui	129 (43.0%)	134 (44.4%)	113 (39.9%)	129 (49.4%)	142 (47.0%)

[1] du parent répondant pour les enfants et les adolescents

La répartition géographique des participants entre les provinces wallonnes est globalement respectée dans l'ensemble des catégories d'âge, conformément à leur poids démographique en Wallonie. Une légère sous-représentation de la province du Hainaut est toutefois observée chez les adultes de 20 à 39 ans. La parité femme/homme est également globalement respectée, à l'exception des adultes de 20 à 39 ans où les femmes sont légèrement surreprésentées (58 %).

La majorité des participants sont de nationalité belge à la naissance (85 à 96 % selon les groupes d'âge). Le niveau socio-économique apparaît relativement élevé dans l'ensemble des catégories d'âge, un phénomène fréquemment observé dans les études de sciences participatives. En Wallonie, 39 % des personnes âgées de 25 à 89 ans sont diplômées de l'enseignement supérieur (2025) (Iweps, 2026a), alors que cette proportion varie entre 72 % et 82 % dans les différentes catégories d'âge de BMH-Wal. Chez les adultes, la proportion de participants en activité est également élevée. Entre 85 % et 86 % des

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

participants âgés de 20 à 59 ans se déclarent actifs, contre un taux d'emploi de 62 % dans la population wallonne âgée de 15 à 64 ans en 2023 (Iweps, 2026b).

Parmi les adolescents et les adultes, la majorité des participants se déclarent non-fumeurs (60 à 88 %). La proportion de fumeurs quotidiens est de 2,5 % chez les adolescents, 14,2 % chez les adultes de 20 à 39 ans et 11,6 % chez les adultes de 40 à 59 ans. Ces proportions sont globalement comparables, voire légèrement inférieures, à celles observées dans la population wallonne, où 16% des personnes âgées de 15 ans et plus déclarent fumer quotidiennement (Iweps, 2026c).

Les habitudes alimentaires récentes sont relativement similaires entre les groupes d'âge. Environ un tiers des participants ont consommé du riz dans les trois jours précédant le prélèvement (32 à 37 % selon les groupes) et près de la moitié ont consommé du poisson dans les quatre jours précédents (40 à 49 % selon les groupes), cette proportion étant légèrement plus élevée chez les adultes.

5.2 ELABORATION DES VALEURS DE RÉFÉRENCE

Les statistiques descriptives sont présentées en µg/L dans les tableaux 11 à 14, à l'exception du sodium, exprimé en mmol/L conformément à l'usage habituel pour les électrolytes. Avant leur calcul, une analyse des valeurs extrêmes a été réalisée, aucune valeur n'a été exclue. Les statistiques descriptives des espèces d'arsenic, de l'iode et du sodium n'ont pas été rapportées par phase du programme BMH-Wal (3-11 ans, 12-39 ans et 40-59 ans), contrairement à la méthodologie décrite pour la détermination des valeurs de référence (voir section 4.7). En effet, les espèces d'arsenic avaient déjà été analysées chez les 12-19 ans dans une phase précédente du programme BMH-Wal, tandis que l'iode et le sodium ont uniquement été analysés chez les enfants de 6-11 ans. Les p-valeurs des tests de Mann-Whitney et des z-tests sont également rapportées dans les tableaux. Pour l'iode, le sodium, les phtalates et les retardateurs de flamme phosphorés, les statistiques exprimées en µg/g de créatinine sont disponibles dans les rapports « valeurs de référence » correspondants (voir Avant-propos). Il est important de noter qu'il peut exister, selon les substances, des différences entre les distributions des concentrations exprimées en µg/L et celles exprimées en µg/g de créatinine.

Le Tableau 15 résume l'ensemble des valeurs de référence établies lors de la phase 4 du programme BMH-Wal.

Les concentrations mesurées dans la population wallonne au cours du projet BMH-Wal ont ensuite été comparées aux concentrations mesurées dans d'autres régions ou pays. Les tableaux de comparaison sont présentés par famille de substances (tableaux 16 à 19) et reprennent pour chaque étude, le nombre de participants (N), l'année de réalisation et la catégorie d'âge ciblée. Les données les plus récentes et concernant des catégories d'âge similaires à BMH-Wal ont été privilégiées. Des comparaisons supplémentaires sont disponibles dans les rapports (voir Avant-propos).

Enfin, des comparaisons entre catégories d'âge des différentes phases ont également été réalisées pour les espèces d'arsenic et les phtalates et les DINCH. Des comparaisons statistiques (test de Dunn) sont disponibles dans les rapports spécifiques « valeurs de référence » (voir Avant-propos). Ces comparaisons doivent être lues avec prudence, les collectes n'ayant pas été effectuées lors de la même période (phase 1 : 2019-2020 ; phase 2 : 2020-2021 ; phase 3 : 2023).

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

TABLEAU 11 : STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES ESPÈCES DE L'ARSENIC DANS L'URINE (µG/L)

	N_{tot}	LOQ	N<LOQ	MG (95% IC)	P5	P25	P50	P75	P95 (95% IC)	p z-test	VR95
ARSENIC TOTAL (µg/L)											
3-11 ans	546	0.5	0.4%	10.9 (9.8-12.1)	2.3	4.5	8.6	22.3	107.1 (85.2-131.8)		100
	Consommation récente de riz (p=0.0064)										
Pas de riz	352	0.5	0.6%	9.9 (8.7-11.2)	2.3	4.2	7.7	18.3	96.4 (72.3-131.4)	0.0900	
Riz	194	0.5	0.0%	13.0 (11.0-15.4)	2.5	5.1	11.8	29.5	128.6 (78.4-181.2)		
	Consommation récente de poisson (p<0.0001)										
Pas de poisson	304	0.5	0.7%	5.8 (5.3-6.3)	2.2	3.4	5.2	8.7	21.5 (17.1-45.3)	<0.0001	21
Poisson	242	0.5	0.0%	24.1 (20.8-27.9)	4.2	10.5	25.9	50.0	152.7 (129.8-286.6)		150
20-39 ans	251	0.5	0.8%	8.3 (7.1-9.7)	1.1	3.7	7.3	15.7	77.8 (61.8-129.5)		77
	Consommation récente de riz (p=0.0073)										
Pas de riz	165	0.5	0.6%	7.2 (5.9-8.7)	1.1	3.3	6.9	12.5	76.9 (51.0-115.5)	0.1713	
Riz	86	0.5	1.2%	10.9 (8.3-14.4)	1.4	5.0	9.6	23.4	89.3 (55.9-290.8)		
	Consommation récente de poisson (p<0.0001)										
Pas de poisson	124	0.5	1.6%	4.5 (3.7-5.4)	0.8	2.4	4.6	8.5	16.7 (14.9-59.4)	<0.0001	16
Poisson	127	0.5	0.0%	15.1 (12.2-18.6)	2.9	6.5	12.2	34.9	125.3 (82.9-219.4)		120
40-59 ans	299	0.5	0.7%	8.6 (7.4-9.9)	1.3	3.8	8.3	19.0	77.0 (58.1-106.6)		77
	Consommation récente de poisson (p<0.0001)										
Pas de poisson	157	0.5	1.3%	5.5 (4.5-6.6)	0.7	2.5	5.3	10.6	39.7 (27.8-62.4)	<0.0001	39
Poisson	142	0.5	0.0%	14.1 (11.7-17.1)	2.4	6.0	13.7	27.2	96.9 (80.1-151.7)		96
ARSENOBETAÏNE (µg/L)											
3-11 ans	546	0.5	27.7%	3.0 (2.5-3.5)	<LOQ	<LOQ	2.8	14.6	86.4 (66.9-131.4)		86
	Consommation récente de poisson (p<0.0001)										
Pas de poisson	304	0.5	45.4%	0.9 (0.8-1.0)	<LOQ	<LOQ	0.6	2.4	12.7 (9.0-24.6)	<0.0001	12
Poisson	242	0.5	5.4%	13.4 (10.8-16.6)	<LOQ	5.2	18.8	41.7	154.9 (121.3-279.6)		150
20-39 ans	251	0.5	19.9%	3.4 (2.7-4.2)	<LOQ	1.0	3.4	10.6	73.3 (63.2-98.0)		73
	Consommation récente de riz (p=0.0162)										
Pas de riz	165	0.5	23.6%	2.8 (2.1-3.7)	<LOQ	0.6	2.8	9.0	76.7 (42.5-98.0)	0.3035	
Riz	86	0.5	12.8%	5.0 (3.4-7.3)	<LOQ	1.6	5.1	14.3	67.7(55.2-292.0)		

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

	N_{tot}	LOQ	N<LOQ	MG (95% IC)	P5	P25	P50	P75	P95 (95% IC)	p z-test	VR95
	Consommation récente de poisson (p<0.0001)										
Pas de poisson	124	0.5	36.3%	1.2 (0.9-1.6)	<LOQ	<LOQ	1.2	3.2	11.4 (10.1-68.9)	<0.0001	11
Poisson	127	0.5	3.9%	9.1 (6.9-12.0)	0.9	3.4	8.7	31.0	96.0 (74.7-222.4)		96
40-59 ans	299	0.5	14.0%	3.7 (3.1-4.5)	<LOQ	1.1	4.1	12.3	53.7 (45.0-81.5)		53
	Consommation récente de poisson (p<0.0001)										
Pas de poisson	157	0.5	23.6%	1.8 (1.4-2.3)	<LOQ	0.5	1.6	6.7	25.2 (14.6-46.5)	<0.0001	25
Poisson	142	0.5	3.5%	8.1 (6.4-10.3)	0.7	3.6	9.0	20.0	81.4 (55.9-108.7)		81
TOXIC RELEVANT ARSENIC (TRA) (µg/L)											
3-11 ans	546	-	-	5.5 (5.2-5.8)	2.2	3.3	4.8	8.6	18.4 (16.0-24.7)		18
	Consommation récente de riz (p<0.0001)										
Pas de riz	352	-	-	5.0 (4.4-5.4)	2.2	3.2	4.5	6.9	16.8 (14.2-24.7)	0.0900	
Riz	194	-	-	6.4 (5.8-7.0)	2.5	3.9	6.5	9.9	21.1 (15.7-26.3)		
	Consommation récente de poisson (p<0.0001)										
Pas de poisson	304	-	-	4.4 (4.1-4.7)	2.1	3.0	4.0	6.0	11.5 (11.0-15.0)	<0.0001	11
Poisson	242	-	-	7.2 (6.6-7.9)	2.7	4.4	7.0	11.1	25.4 (18.7-34.4)		25
20-39 ans	251	-	-	3.7 (3.4-4.1)	1.4	2.2	3.3	5.9	13.4 (11.5-16.7)		13
	Consommation récente de riz (p=0.0217)										
Pas de riz	165	-	-	3.4 (3.1-3.8)	1.4	2.1	3.1	5.1	12.3 (10.6-16.3)	0.0867	
Riz	86	-	-	4.3 (3.7-5.1)	1.4	2.3	3.8	7.1	16.1 (11.5-70.0)		
	Consommation récente de poisson (p<0.0001)										
Pas de poisson	124	-	-	3.0 (2.7-3.4)	1.0	1.9	2.9	4.3	9.1 (7.4-13.4)	<0.0001	9
Poisson	127	-	-	4.5 (4.0-5.2)	1.6	2.5	3.8	7.6	16.4 (13.4-27.6)		16
40-59 ans	299	-	-	3.7 (3.4-4.1)	1.3	2.1	3.4	5.9	13.7 (12.1-17.8)		13
	Consommation récente de riz (p=0.0035)										
Pas de riz	202	-	-	3.4 (3.1-3.8)	1.0	1.9	3.1	5.4	12.7 (9.5-17.1)	0.0132	
Riz	97	-	-	4.6 (3.9-5.4)	1.7	2.5	3.9	7.4	18.1 (13.3-54.5)		
	Consommation récente de poisson (p=0.0008)										
Pas de poisson	157	-	-	3.2 (2.9-3.6)	1.0	1.9	3.1	5.4	12.6 (9.5-25.9)	0.0688	
Poisson	142	-	-	4.4 (3.9-5.0)	1.5	2.5	3.9	7.3	17.0 (12.8-33.4)		

La différence entre les catégories (M-W) est considérée comme significative pour p<0.05 tandis que la différence entre les RV95 (z-test) est considérée significative pour p<0.001.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

TABLEAU 12 : STATISTIQUES DESCRIPTIVES DE L'IODE (µG/L) ET DU SODIUM (MMOL/L) DANS L'URINE

	N_{tot}	LOQ	N<LOQ	MG (95% IC)	P5	P25	P50	P75	P95 (95% IC)
IODE (µg/L)									
6-11 ans	288	10	0.0%	133.5 (125.8-141.8)	58.1	95.8	132.2	189.2	318.2 (269.9-433.3)
	Genre (p=0.0058)								
Fille	137	10	0.0%	122.9 (112.8-134.1)	50.8	89.4	117.1	162.7	271.5 (245.7-436.3)
Garçon	151	10	0.0%	143.9 (132.6-156.2)	60.4	102.2	146.4	208.3	318.2 (274.8-449.5)
SODIUM (mmol/L)									
6-11 ans	288	10	0.0%	105.3 (99.0-1011.9)	37.0	79.0	114.5	151.8	217.0 (197.0-236.0)

La différence entre les catégories (M-W) est considérée comme significative pour p<0.05.

TABLEAU 13 : STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES RETARDATEURS DE FLAMMES PHOSPHORÉS DANS L'URINE (µG/L)

	N_{tot}	LOQ	N<LOQ	MG (95% IC)	P5	P25	P50	P75	P95 (95% IC)	p z-test	VR95
DPP (µg/L)											
3-11 ans	581	0.05	0.0%	2.12 (1.98-2.26)	0.57	1.22	2.16	3.56	7.97 (7.01-9.41)		7.9
DBP (µg/L)											
3-11 ans	581	0.10	27.5%	0.15 (0.14-0.16)	<LOQ	<LOQ	0.16	0.25	0.62 (0.53-0.92)		0.62
	Age (p=0.0151)										
3-5 ans	284	0.10	21.5%	0.17 (0.15-0.18)	<LOQ	0.11	0.17	0.26	0.84 (0.57-1.16)	0.0366	
6-11 ans	297	0.10	33.3%	0.14 (0.12-0.15)	<LOQ	<LOQ	0.15	0.25	0.53 (0.44-0.82)		
BDCPP (µg/L)											
3-11 ans	581	0.10	11.5%	0.36 (0.33-0.40)	<LOQ	0.18	0.36	0.72	2.69 (2.20-3.86)		2.6
	Genre (p=0.0161)										
Fille	283	0.10	14.1 %	0.32 (0.28-0.37)	<LOQ	0.17	0.30	0.65	2.43 (1.93-4.08)	0.5767	
Garçon	298	0.10	9.1%	0.40 (0.35-0.45)	<LOQ	0.19	0.40	0.78	2.91 (2.08-4.19)		
BCPHPP (µg/L)											
3-11 ans	581	0.10	1.0%	0.98 (0.90-1.07)	0.22	0.48	0.85	1.84	6.66 (5.58-8.60)		6.6

La différence entre les catégories (M-W) est considérée comme significative pour p<0.05 tandis que la différence entre les RV95 (z-test) est considérée significative pour p<0.001.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

TABLEAU 14 : STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES PHTALATES ET DINCH DANS L'URINE (µG/L)

	N_{tot}	LOQ	N<LOQ	MG (95% IC)	P5	P25	P50	P75	P95 (95% IC)	p z-test	VR95
MEP (µg/L)											
3-11 ans	581	0.94	0.0%	22.9 (21.0-25.0)	4.25	11.7	20.5	43.6	145.4 (115.9-215.0)		140
	Age (p=0.0191)										
3-5 ans	286	0.94	0.0%	20.4 (18.1-23.0)	3.55	11.1	18.8	38.2	122.5 (83.9-172.2)	0.0528	
6-11 ans	295	0.94	0.0%	25.6 (22.7-29.0)	5.66	12.2	22.5	49.4	188.1 (121.3-375.4)		
12-39 ans	518	0.94	2.5%	13.5 (11.9-15.3)	1.29	5.27	12.4	31.5	158.6 (117.5-210.0)		150
	Age (p=0.0021)										
12-19 ans	258	0.94	1.9%	16.5 (13.9-19.6)	1.85	7.16	14.4	37.5	176.8 (117.5-348.2)	0.3933	
20-39 ans	260	0.94	3.1%	11.1 (9.29-13.3)	1.13	4.44	10.9	27.3	147.5 (100.3-201.8)		
40-59 ans	292	0.94	2.1%	13.5 (11.2-16.3)	1.42	4.4	11.8	34.4	304.6 (149.0-576.2)		300
MnBP (µg/L)											
3-11 ans	581	0.99	0.0%	25.2 (23.5-27.0)	6.45	15.1	26.0	43.4	92.3 (79.4-100.0)		92
12-39 ans	518	0.99	9.1%	7.27 (6.49-8.14)	<LOQ	3.36	8.46	16.8	45.5 (38.6-63.6)		45
	Age (p=0.0040)										
12-19 ans	258	0.99	7.0%	8.76 (7.47-10.26)	<LOQ	4.62	9.79	20.5	57.5 (39.1-121.8)	0.0464	
20-39 ans	260	0.99	11.2%	6.04 (5.16-7.07)	<LOQ	2.34	7.53	14.8	38.3 (30.7-57.2)		
	Genre (p=0.0018)										
Femme	276	0.99	10.5%	6.19 (5.33-7.18)	<LOQ	2.90	6.99	14.7	36.2 (31.4-57.2)	<0.0001	36
Homme	242	0.99	7.4%	8.82 (7.45-10.4)	<LOQ	4.45	10.9	20.3	61.4 (43.3-92.2)		61
40-59 ans	292	0.99	7.9%	6.87 (5.92-7.98)	<LOQ	2.95	7.74	16.6	46.4 (40.1-85.3)		46
MiBP (µg/L)											
3-11 ans	581	1.23	0.0%	36.1 (33.3-39.1)	7.35	20.4	35.3	65.5	190.9 (154.5-265.0)		190
12-39 ans	518	1.23	6.9%	9.91 (8.86-11.1)	<LOQ	4.57	10.9	22.5	78.2 (57.3-99.9)		78
	Age (p=0.0022)										
12-19 ans	258	1.23	4.7%	12.10 (10.4-14.1)	1.46	5.93	12.8	24.2	90.1 (67.1-187.6)	0.0228	
20-39 ans	260	1.23	9.2%	8.11 (6.91-9.51)	<LOQ	3.55	9.38	20.7	57.6 (45.4-87.0)		
	Genre (p=0.0025)										
Femme	276	1.23	8.7%	8.37 (7.21-9.72)	<LOQ	3.95	9.31	19.5	46.2 (41.0-87.0)	<0.0001	46
Homme	242	1.23	5.0%	12.10 (10.3-14.3)	1.31	5.70	12.8	26.4	104.7 (78.0-188.2)		100

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

	N_{tot}	LOQ	N<LOQ	MG (95% IC)	P5	P25	P50	P75	P95 (95% IC)	p z-test	VR95
40-59 ans	292	1.23	3.1%	9.42 (8.18-10.9)	1.50	4.43	8.38	19.1	86.7 (58.6-159.2)		86
5-oxo-MEHP (µg/L)											
3-11 ans	581	0.53	0.5%	5.49 (5.12-5.90)	1.3	3.28	5.37	9.15	22.7 (19.1-29.2)		22
12-39 ans	518	0.53	21.4%	1.38 (1.25-1.52)	<LOQ	0.63	1.48	3.08	7.86 (6.71-10.2)		7.8
	Age (p=0.0058)										
12-19 ans	258	0.53	16.3%	1.59 (1.39-1.82)	<LOQ	0.87	1.68	3.67	8.51 (6.48-12.5)	0.2550	
20-39 ans	260	0.53	26.5%	1.20 (1.04-1.38)	<LOQ	<LOQ	1.36	2.76	7.20 (5.89-11.7)		
40-59 ans	292	0.53	25.3%	1.11 (0.98-1.26)	<LOQ	<LOQ	1.13	2.45	6.64 (4.79-8.80)		6.6
	Genre (p=0.0457)										
Femme	151	0.53	27.8%	0.97 (0.83-1.14)	<LOQ	<LOQ	0.92	2.04	5.07 (4.31-7.42)	0.0072	
Homme	141	0.53	22.7%	1.28 (1.06-1.54)	<LOQ	0.58	1.37	2.74	8.55 (6.06-16.6)		
5-OH-MEHP (µg/L)											
3-11 ans	581	0.43	0.2%	8.52 (7.93-9.16)	1.95	4.94	8.49	15.0	33.3 (29.4-43.9)		33
12-39 ans	518	0.43	12.7%	2.01 (1.81-2.23)	<LOQ	0.94	2.33	4.71	12.0 (9.71-16.1)		12
	Age (p=0.0191)										
12-19 ans	258	0.43	8.5%	2.31 (2.01-2.66)	<LOQ	1.15	2.53	4.89	13.4 (9.29-18.2)	0.5693	
20-39 ans	260	0.43	16.9%	1.75 (1.49-2.04)	<LOQ	0.70	2.00	4.43	10.9 (8.53-17.9)		
	Genre (p=0.0120)										
Femme	276	0.43	14.5%	1.75 (1.51-2.02)	<LOQ	0.74	1.98	4.57	10.4 (8.92-14.8)	0.0198	
Homme	242	0.43	10.7%	2.35 (2.02-2.74)	<LOQ	1.16	2.68	4.87	14.7 (10.4-21.8)		
40-59 ans	292	0.43	11.6%	1.65 (1.44-1.88)	<LOQ	0.79	1.74	3.67	9.05 (7.33-15.1)		9.0
	Genre (p=0.0147)										
Femme	151	0.43	13.2%	1.40 (1.18-1.66)	<LOQ	0.72	1.39	2.74	7.36 (6.18-9.95)	0.0072	
Homme	141	0.43	9.9%	1.96 (1.61-2.39)	<LOQ	0.87	2.17	4.19	14.6 (8.02-28.3)		
5-cx-MEPP (µg/L)											
3-11 ans	581	1.14	0.5%	11.16 (10.4-11.9)	3.07	6.87	10.7	18.5	43.0 (36.1-54.5)		43

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

	N_{tot}	LOQ	N<LOQ	MG (95% IC)	P5	P25	P50	P75	P95 (95% IC)	p z-test	VR95
12-39 ans	518	1.14	11.8%	3.31 (3.05-3.60)	<LOQ	1.81	3.41	6.45	15.4 (13.3-20.1)		
	Age (p=0.0217)										
12-19 ans	258	1.14	10.1%	3.65 (3.24-4.10)	<LOQ	2.03	3.82	6.94	17.5 (13.7-22.8)	0.1548	
20-39 ans	260	1.14	13.5%	3.02 (2.68-3.40)	<LOQ	1.66	3.10	6.03	13.5 (11.1-20.8)		15
	Genre (p=0.0151)										
Femme	276	1.14	13.8%	2.99 (2.66-3.35)	<LOQ	1.64	3.14	6.10	12.5 (10.9-19.0)	0.0013	
Homme	242	1.14	9.5%	3.73 (3.31-4.22)	<LOQ	2.10	3.82	6.82	19.6 (13.7-23.8)		
40-59 ans	292	1.14	21.2%	2.31 (2.06-2.59)	<LOQ	1.29	2.38	4.37	11.6 (8.94-18.0)		
	Genre (p=0.0326)										11
Femme	151	1.14	21.2%	2.06 (1.79-2.39)	<LOQ	1.28	2.07	3.53	9.26 (7.38-13.8)	0.0558	
Homme	141	1.14	21.3%	2.61 (2.19-3.11)	<LOQ	1.36	2.85	5.18	14.5 (9.13-27.4)		
MEHP (µg/L)											
3-11 ans	581	0.62	39.6%	0.85 (0.79-0.92)	<LOQ	<LOQ	0.82	1.73	4.24 (3.73-6.21)		4.2
12-39 ans	518	0.62	56.4%	0.62 (<LOQ-0.67)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.26	3.28 (2.69-4.02)		
	Age (p=0.0259)										3.2
12-19 ans	258	0.62	60.5%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.15	2.82 (2.45-4.12)	0.0464	
20-39 ans	260	0.62	52.3%	0.68 (<LOQ-0.76)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.42	3.52 (2.80-4.30)		
40-59 ans	292	0.62	68.5%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.92	2.74 (2.24-4.59)		
	Genre (p=0.0493)										2.7
Femme	151	0.62	73.5%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.72	2.34 (1.68-3.24)	0.0558	
Homme	141	0.62	63.1%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.01	3.14 (1.99-8.41)		
MBzP (µg/L)											
3-11 ans	581	0.61	5.0%	3.49 (3.18-3.83)	0.64	1.63	3.33	6.65	27.0 (20.1-36.6)		27
12-39 ans	518	0.61	31.9%	1.30 (1.16-1.46)	<LOQ	<LOQ	1.19	2.92	16.1 (11.5-25.5)		
	Genre (p=0.0096)										16
Femme	276	0.61	36.2%	1.14 (0.98-1.33)	<LOQ	<LOQ	0.98	2.41	14.0 (9.41-36.7)	0.3924	
Homme	242	0.61	26.9%	1.52 (1.28-1.79)	<LOQ	<LOQ	1.41	3.48	16.4 (11.2-33.6)		

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

	N_{tot}	LOQ	N<LOQ	MG (95% IC)	P5	P25	P50	P75	P95 (95% IC)	p z-test	VR95
40-59 ans	292	0.61	39.4%	1.03 (0.89-1.19)	<LOQ	<LOQ	0.87	2.46	9.57 (7.21-27.4)		9.5
	Genre (p=0.0081)										
Femme	151	0.61	45.7%	0.84 (0.70-1.02)	<LOQ	<LOQ	0.67	1.86	6.11 (4.97-27.4)	0.0001	6.1
Homme	141	0.61	32.6%	1.27 (1.02-1.59)	<LOQ	<LOQ	1.13	3.08	18.4 (9.22-31.2)		18
cx-MINP (µg/L)											
3-11 ans	581	1.21	2.6%	5.18 (4.83-5.55)	1.64	3.02	4.81	8.06	23.1 (18.1-29.8)		23
	Age (p=0.0225)										
3-5 ans	286	1.21	3.5%	5.49 (4.95-6.08)	1.59	3.17	5.47	9.00	21.5 (16.3-54.2)	0.7384	
6-11 ans	295	1.21	1.7%	4.90 (4.46-5.38)	1.72	2.98	4.58	7.54	23.4 (15.6-31.3)		
12-39 ans	518	1.21	26.3%	1.87 (1.72-2.02)	<LOQ	<LOQ	1.84	3.06	9.08 (6.94-13.9)		9.0
	Age (p=0.0410)										
12-19 ans	258	1.21	19.8%	2.00 (1.81-2.22)	<LOQ	1.33	1.93	3.24	9.00 (6.21-12.4)	0.7760	
20-39 ans	260	1.21	32.7%	1.74 (1.54-1.96)	<LOQ	<LOQ	1.72	2.85	9.46 (2.75-20.3)		
	Genre (p=0.0293)										
Femme	276	1.21	28.3%	1.75 (1.57-1.95)	<LOQ	<LOQ	1.66	2.99	9.01 (5.75-15.2)	0.7907	
Homme	242	1.21	24.0%	2.00 (1.79-2.25)	<LOQ	1.26	2.03	3.18	9.24 (6.34-18.2)		
40-59 ans	292	1.21	36.3%	1.46 (1.33-1.60)	<LOQ	<LOQ	1.57	2.47	5.55 (4.74-7.42)		5.5
OH-MiNP (µg/L)											
3-11 ans	581	1.00	1.2%	6.70 (6.25-7.18)	1.84	3.96	6.39	11.1	27.0 (24.2-35.5)		27
12-39 ans	518	1.00	24.7%	2.09 (1.89-2.30)	<LOQ	1.01	2.04	4.07	15.3 (11.8-20.2)		15
	Age (p=0.0428)										
12-19 ans	258	1.00	18.6%	2.24(1.98-2.53)	<LOQ	1.25	2.25	4.35	14.7 (9.71-18.8)	0.3933	
20-39 ans	260	1.00	30.8%	1.94 (1.67-2.26)	<LOQ	<LOQ	1.89	3.85	16.9 (11.8-51.1)		
	Genre (p=0.0342)										
Femme	276	1.00	28.6%	1.92 (1.67-2.20)	<LOQ	<LOQ	1.88	3.52	15.1 (11.8-24.8)	0.7907	
Homme	242	1.00	20.2%	2.29 (2.00-2.65)	<LOQ	1.20	2.30	4.61	15.2 (9.8-30.7)		
40-59 ans	292	1.00	29.1%	1.70 (1.52-1.91)	<LOQ	<LOQ	1.83	3.15	8.46 (7.19-15.2)		8.4
	Genre (p=0.0287)										
Femme	151	1.00	34.4%	1.51 (1.29-1.76)	<LOQ	<LOQ	1.48	2.93	7.95 (6.54-15.2)	0.4512	
Homme	141	1.00	23.4%	1.94 (1.65-2.28)	<LOQ	1.12	2.11	3.73	8.98 (6.09-15.9)		

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

	N_{tot}	LOQ	N<LOQ	MG (95% IC)	P5	P25	P50	P75	P95 (95% IC)	p z-test	VR95
6-OH-MiDP (µg/L)											
3-11 ans	581	1.00	46.0%	1.07 (1.00-1.15)	<LOQ	<LOQ	1.06	1.85	4.81 (4.05-6.07)		4.8
	Age (p=0.0372)										
3-5 ans	286	1.00	44.1%	1.16 (1.05-1.28)	<LOQ	<LOQ	1.10	2.25	4.86 (4.01-6.07)	0.8412	
6-11 ans	295	1.00	47.8%	1.00 (<LOQ-1.09)	<LOQ	<LOQ	1.04	1.63	4.27 (3.28-7.08)		
12-39 ans	518	1.00	84.4%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2.06 (1.81-2.90)		2.0
40-59 ans	292	1.00	89.4%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.75 (1.39-2.89		1.7
OH-MINCH (µg/L)											
3-11 ans	581	1.00	14.3%	2.85 (2.61-3.12)	<LOQ	1.51	2.69	5.48	18.8 (14.6-25.9)		18
	Age (p=0.0155)										
3-5 ans	286	1.00	15.4%	3.05 (2.68-3.47)	<LOQ	1.71	3.15	5.69	16.9 (12.7-24.5)	0.1608	
6-11 ans	295	1.00	13.2%	2.67 (2.35-3.03)	<LOQ	1.35	2.32	4.54	21.4 (14.5-42.8)		
	Genre (p=0.0282)										
Fille	283	1.00	17.8%	2.58 (2.25-2.95)	<LOQ	1.24	2.47	5.02	17.6 (12.8-30.4)	0.0818	
Garçon	298	1.00	11.0%	3.14 (2.77-3.55)	<LOQ	1.71	2.84	5.91	19.9 (14.5-26.3)		
12-39 ans	518	1.00	63.1%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.55	6.71 (4.63-10.5)		6.7
	Age (p=0.0058)										
12-19 ans	258	1.00	57.4%	1.01 (<LOQ-1.14)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.82	7.80 (4.50-14.1)	0.2550	
20-39 ans	260	1.00	68.8%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.24	5.60 (4.00-10.5)		
40-59 ans	292	1.00	68.2%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.24	7.25 (4.94-16.3)		7.2
	Genre (p=0.0020)										
Femme	151	1.00	75.5%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.50	3.86 (2.36-8.30)	<0.0001	3.8
Homme	141	1.00	60.3%	1.06 (<LOQ-1.28)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.94	14.8 (6.43-28.9)		14
cx-MINCH (µg/L)											
3-11 ans	581	1.00	22.9%	1.70 (1.57-1.83)	<LOQ	1.03	1.64	2.81	8.09 (7.00-11.2)		8.0
	Age (p=0.0047)										
3-5 ans	286	1.00	18.9%	1.85 (1.66-2.07)	<LOQ	1.09	1.82	3.16	7.37 (6.88-11.1)	0.3853	
6-11 ans	295	1.00	26.8%	1.55 (1.39-1.74)	<LOQ	<LOQ	1.47	2.45	9.43 (6.39-17.3)		
12-39 ans	518	1.00	55.8%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.38	4.19 (3.22-5.43)		4.1
40-59 ans	292	1.00	67.1%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.21	4.02 (3.08-7.35)		4.0

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

	N_{tot}	LOQ	N<LOQ	MG (95% IC)	P5	P25	P50	P75	P95 (95% IC)	p z-test	VR95
	Genre (p=0.0048)										
Femme	151	1.00	74.2%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.05	2.91 (1.90-4.81)	0.0005	2.9
Homme	141	1.00	59.6%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.37	5.08 (3.33-28.5)		5.0
oxo-MINCH (µg/L)											
3-11 ans	581	1.00	27.0%	2.00 (1.82-2.19)	<LOQ	<LOQ	1.99	3.94	14.4 (12.3-19.0)		14
12-39 ans	518	1.00	74.3%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.02	4.77 (4.63-10.5)		4.7
	Age (p=0.0294)										
12-19 ans	258	1.00	70.2%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.10	4.91 (3.24-12.4)	0.3933	
20-39 ans	260	1.00	78.5%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	3.46 (2.66-7.00)		
40-59 ans	292	1.00	78.1%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	4.58 (3.25-14.8)		4.5
	Genre (p=0.0024)										
Femme	151	1.00	85.4%	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	3.41 (2.37-5.13)	0.0558	
Homme	141	1.00	70.2%	1.94 (1.65-2.28)	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.30	8.68 (3.25-18.6)		

La différence entre les catégories (M-W) est considérée comme significative pour p<0.05 tandis que la différence entre les RV95 (z-test) est considérée significative pour p<0.001.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

TABLEAU 15 : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES VR95 POUR TOUTES LES SUBSTANCES ÉTUDIÉES LORS DE BMH-WAL PHASE 4

	N_{tot}	LOQ	N<LOQ	VR95
ESPECES DE l'ARSENIC (µg/L)				
ARSENIC TOTAL				
3-11 ans	546	0.5	0.4%	100
Pas de poisson	304	0.5	0.7%	21
Poisson	242	0.5	0.0%	150
20-39 ans	251	0.5	0.8%	77
Pas de poisson	124	0.5	1.6%	16
Poisson	127	0.5	0.0%	120
40-59 ans	299	0.5	0.7%	77
Pas de poisson	157	0.5	1.3%	39
Poisson	142	0.5	0.0%	96
ARSENOBETAÏNE				
3-11 ans	546	0.5	27.7%	86
Pas de poisson	304	0.5	45.4%	12
Poisson	242	0.5	5.4%	150
20-39 ans	251	0.5	19.9%	73
Pas de poisson	124	0.5	36.3%	11
Poisson	127	0.5	3.9%	96
40-59 ans	299	0.5	14.0%	53
Pas de poisson	157	0.5	23.6%	25
Poisson	142	0.5	3.5%	81
TOXIC RELEVANT ARSENIC (TRA)				
3-11 ans	546	-	-	18
Pas de poisson	304	-	-	11
Poisson	242	-	-	25
20-39 ans	251	-	-	13
Pas de poisson	124	-	-	9
Poisson	127	-	-	16
40-59 ans	299	-	-	13
RETARDATEURS DE FLAMMES PHOSPHORES (µg/L)				
DPP				
3-11 ans	581	0.05	0.0%	7.9
DBP				
3-11 ans	581	0.10	27.5%	0.62
BDCPP				
3-11 ans	581	0.10	11.5%	2.6
BCPHPP				
3-11 ans	581	0.10	1.0%	6.6
PHTALATES ET DINCH (µg/L)				
MEP				
3-11 ans	581	0.94	0.0%	140
12-39 ans	518	0.94	2.5%	150
40-59 ans	292	0.94	2.1%	300

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

	N_{tot}	LOQ	N<LOQ	VR95
MnBP				
3-11 ans	581	0.99	0.0%	92
12-39 ans	518	0.99	9.1%	45
Femme	276	0.99	10.5%	36
Homme	242	0.99	7.4%	61
40-59 ans	292	0.99	7.9%	46
MiBP				
3-11 ans	581	1.23	0.0%	190
12-39 ans	518	1.23	6.9%	78
Femme	276	1.23	8.7%	46
Homme	242	1.23	5.0%	100
40-59 ans	292	1.23	3.1%	86
5-oxo-MEHP				
3-11 ans	581	0.53	0.5%	22
12-39 ans	518	0.53	21.4%	7.8
40-59 ans	292	0.53	25.3%	6.6
5-OH-MEHP				
3-11 ans	581	0.43	0.2%	33
12-39 ans	518	0.43	12.7%	12
40-59 ans	292	0.43	11.6%	9.0
5-cx-MEPP				
3-11 ans	581	1.14	0.5%	43
12-39 ans	518	1.14	11.8%	15
40-59 ans	292	1.14	21.2%	11
MEHP				
3-11 ans	581	0.62	39.6%	4.2
12-39 ans	518	0.62	56.4%	3.2
40-59 ans	292	0.62	68.5%	2.7
MBzP				
3-11 ans	581	0.61	5.0%	27
12-39 ans	518	0.61	31.9%	16
40-59 ans	292	0.61	39.4%	9.5
Femme	151	0.61	45.7%	6.1
Homme	141	0.61	32.6%	18
cx-MINP				
3-11 ans	581	1.21	2.6%	23
12-39 ans	518	1.21	26.3%	9.0
40-59 ans	292	1.21	36.3%	5.5
OH-MiNP				
3-11 ans	581	1.00	1.2%	27
12-39 ans	518	1.00	24.7%	15
40-59 ans	292	1.00	29.1%	8.4
6-OH-MiDP				
3-11 ans	581	1.00	46.0%	4.8

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

	N_{tot}	LOQ	N<LOQ	VR95
12-39 ans	518	1.00	84.4%	2.0
40-59 ans	292	1.00	89.4%	1.7
OH-MINCH				
3-11 ans	581	1.00	14.3%	18
12-39 ans	518	1.00	63.1%	6.7
40-59 ans	292	1.00	68.2%	7.2
Femme	151	1.00	75.5%	3.8
Homme	141	1.00	60.3%	14
cx-MINCH				
3-11 ans	581	1.00	22.9%	8.0
12-39 ans	518	1.00	55.8%	4.1
40-59 ans	292	1.00	67.1%	4.0
Femme	151	1.00	74.2%	2.9
Homme	141	1.00	59.6%	5.0
oxo-MINCH				
3-11 ans	581	1.00	27.0%	14
12-39 ans	518	1.00	74.3%	4.7
40-59 ans	292	1.00	78.1%	4.5

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

TABLEAU 16 : CONCENTRATIONS EN ESPÈCES DE L'ARSENIC DANS L'URINE RAPPORTÉES DANS DES BIOMONITORINGS RÉGIONAUX/NATIONAUX

Pays/Etude	Année d'étude	Population	N	MG (µg/L)	P50 (µg/L)	P95 (µg/L)
Arsenic total						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	546	10.9	8.6	107.1
Belgique - ESTEBAN [1]	2014-2016	6-10 ans	477	19.4	15.0	147.7
Slovénie - CRP	2018	12-15 ans	97		6.55	48.3
Belgique [2]	2007-2009	7 ans	200	12.9	11.0	104
Espagne (Valence) [3]	2010	6-11 ans	109	33.8	31.4	256.8
Canada - CHMS cycle 6 *	2018-2019	3-5 ans	513	5.4	5.3	53.2
Canada - CHMS cycle 6 *	2018-2019	6-11 ans	499	6.3	5.6	120.9
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	399	4.55	4.54	22.1
USA - NHANES	2017-2018	6-11 ans	328	5.19	5.09	21.5
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	20-39 ans	251	8.3	7.3	77.8
Belgique (Flandre) - FLEHS 2 [4]	2007-2011	20-40 ans	194	17.2		179.3
Belgique - 3xG	2011-2015	20-40 ans	301		9.71	85.8
France - ESTEBAN [1]	2014-2016	18-29 ans	161	21.0	18.5	134.2
France - ESTEBAN [1]	2014-2016	30-44 ans	609	19.6	16.5	177.0
Espagne - BETTERMILK	2015	20-45 ans	117		51.9	358.4
Allemagne - ESB	2018	20-29 ans	509		4.49	41.0
Slovénie	2011-2014	18-49 ans	812		5.63	53.3
Canada - CHMS cycle 6 *	2018-2019	20-39 ans	330	6.5	6.2	103.3
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	299	8.6	8.3	77.0
Belgique (Flandre) - FLEHS 3	2014	50-65 ans	208		11.7	105.7
Belgique - RefVal [5]	2010-2011	18-80 ans	1001	15.4	14.1	157
Belgique - ESTEBAN [1]	2014-2016	45-59 ans	893	22.3	18.4	198.9
Canada - CHMS cycle 6 *	2018-2019	40-59 ans	342	5.3	5.1	75.4
USA - NHANES	2017-2018	≥20 ans	1703	6.73	6.02	66.8
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 2 subst suppl	2019-2020	12-19 ans	281	8.1	6.9	64.9
Arsénobétaïne						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	546	3.0	2.8	86.4
Belgique (Flandre) - FLEHS 4	2017-2018	14-15 ans	148		1.85	45.8
Belgique [2]	2007-2009	7 ans	200	5.09	5.72	102
Espagne (Valence) [3]	2010	6-11 ans	109	15.0	17.9	216.6
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	419		<1.16	12.4
USA - NHANES	2017-2018	6-11 ans	332		<1.16	11.6
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	20-39 ans	251	3.4	3.4	73.3
Belgique - 3xG	2012-2015	20-40 ans	151		2.61	63.9
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	302	3.7	4.1	53.7
USA - NHANES	2017-2018	≥20 ans	1711		<1.16	48.2
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 2 subst suppl	2019-2020	12-19 ans	281	2.7	2.4	75.7
Toxic Relevant Arsenic (TRA)						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	546	5.5	4.8	18.4
Belgique (Flandre) - FLEHS 4	2017-2018	14-15 ans	148		4.02	10.5
France - ESTEBAN [1]	2014-2016	6-10 ans	251	5.84	5.66	17.7
Slovénie - CRP	2018	12-15 ans	96		3.68	9.94
Belgique [2]	2007-2009	7 ans	200		4.03	13.4
Espagne (Valence) [3]	2010	6-11 ans	109	9.15	9.45	23.9
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	513	5.0	4.8	19
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	499	5.7	5.2	57
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	419	4.14	3.72	13.7
USA - NHANES	2017-2018	6-11 ans	332	4.22	3.98	11.4
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	20-39 ans	251	3.7	3.3	13.4
Belgique (Flandre) - FLEHS 2 [4]	2007-2011	20-40 ans	194	4.0		16.1
Belgique - 3xG	2012-2015	20-40 ans	151		4.25	10.5
France - ESTEBAN [1]	2014-2016	18-44 ans	177	6.08	5.40	19.6

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Pays/Etude	Année d'étude	Population	N	MG (µg/L)	P50 (µg/L)	P95 (µg/L)
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	20-39 ans	330	5.5	5.2	42
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	302	3.7	3.4	13.7
France - ESTEBAN [1]	2014-2016	45-59 ans	222	6.33	6.64	31.1
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	40-59 ans	342	4.2	4.1	20
USA - NHANES	2017-2018	≥20 ans	1794	4.39	4.17	14.2
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 2 subst suppl	2019-2020	12-19 ans	281	3.7	3.5	13.2

Sources : https://hbm.vito.be/eu-hbm-dashboard ; https://health-infobase.canada.ca/biomonitoring/ ; https://www.cdc.gov/exposurereport/data_tables.html ; (1) Fillol et al., 2021 ; (2) Bocca et al., 2020 ; (3) Yusa et al., 2018 ; (4) Baeyens et al., 2014 ; (5) Hoet et al., 2013 ; *calculé.

TABLEAU 17 : CONCENTRATIONS EN IODE DANS DES BIOMONITORINGS RÉGIONAUX/NATIONAUX

Pays/Etude	Année d'étude	Population	N	MG (µg/L)	P50 (µg/L)	P95 (µg/L)
Iode						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	6-11 ans	288	133.5	132.2	318.2
Belgique [1]	2010-2011	6-12 ans	1507		113.1	249.5
Irlande [2]	2017-2020	5-18 ans	496		87.8	
Suisse [3]	2020-2022	6-12 ans	362		127	
Crête (cohorte Rhea) [4]	2011-2012	4 ans	304		249	
Croatie [5]	2014-2019	6-12 ans	957		250.7	
Portugal [6]	<2012	6-12 ans	3680		105.5	
Espagne (Madrid) [7]	2011-2012	3-14 ans	217		120	
Norvège [8]	2020-2021	≤2 ans	333		145	
Italie [9]	2015-2019	11-13 ans	3510		124	

Sources : (1) Vandevijvere et al., 2012 ; (2) Kane et al., 2025 ; (3) Fischer et al., 2024 ; (4) Kampouri et al., 2024 ; (5) Filipan et al., 2023 ; (6) Limbert et al., 2012 ; (7) Garcia Ascaso et al., 2019 ; (8) Aarsland et al., 2023 ; (9) De Angelis et al., 2024.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

TABLEAU 18 : CONCENTRATIONS EN RETARDATEURS DE FLAMME PHOSPHORÉS DANS DES BIOMONITORINGS RÉGIONAUX/NATIONAUX

Pays/Etude	Année d'étude	Population	N	MG (µg/L)	P50 (µg/L)	P95 (µg/L)
DPP						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	2.12	2.16	7.97
Belgique - 3xG	2019-2020	6-8 ans	133		2.28	9.71
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [1]	2017-2018	14-15 ans	413	1.36	1.33	3.97
France - ESTEBAN	2014-2016	6-11 ans	299		1.70	8.07
Allemagne - GerES V	2015-2017	6-11 ans	300		1.74	7.44
Danemark - OCC	2018-2019	6-7 ans	291		1.02	4.38
Slovénie - CRP	2018	7-10 ans	147		2.43	7.50
Slovaquie - PCB	2014-2017	10-12 ans	300		3.01	10.3
Norvège - NEBII	2016-2017	7-11 ans	300		1.96	8.57
Europe "aligned studies" [2]	2014-2021	6-12 ans	1768	1.82		8.29
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	400	1.30	1.30	6.40
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	400	1.10	1.00	6.50
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	418	1.70	1.61	12.6
USA - NHANES	2017-2019	6-11 ans	331	1.84	1.80	11.2
Australie [3]	2015-2016	0-2 ans	61		1.00	
Chine [4]	2018	6-18 ans	1388	0.24	0.22	2.03
DBP						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	0.15	0.16	0.62
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [1]	2017-2018	14-15 ans	413	<0.15	<0.15	0.35
Norvège - IES	2012	6-12 ans	53		<0.4	<0.4
Suède - DEMOCOPHES	2011-2012	6-11 ans	99		0.12	0.36
Australie [3]	2015-2016	0-2 ans	61		0.15	
Chine [4]	2018	6-18 ans	1388	0.07	<0.06	1.08
BDCPP						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	0.36	0.36	2.69
Belgique - 3xG	2019-2020	6-8 ans	133		0.38	3.08
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [1]	2017-2018	14-15 ans	413	0.29	0.33	2.93
France - ESTEBAN	2014-2016	6-11 ans	299		0.47	3.82
Allemagne - GerES V	2015-2017	6-11 ans	300		0.70	3.09
Danemark - OCC	2018-2019	6-7 ans	291		0.35	2.80
Slovénie - CRP	2018	7-10 ans	147		0.6	2.32
Slovaquie - PCB	2014-2017	10-12 ans	300		<0.30	1.46
Norvège - NEBII	2016-2017	7-11 ans	300		<0.50	0.85
Europe "aligned studies" [2]	2014-2021	6-12 ans	1768	0.36		2.61
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	400	0.93	0.89	5.70
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	400	0.94	0.85	6.30
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	418	2.67	2.44	18.6
USA - NHANES	2017-2019	6-11 ans	331	3.30	3.28	30.6
Australie [3]	2015-2016	0-2 ans	61		3.30	
Chine [4]	2018	6-18 ans	1388	0.18	0.19	1.04
BCPHPP						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	220-2021	3-11 ans	581	0.98	0.85	6.66
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [1]	2017-2018	14-15 ans	413	0.70	0.69	6.88
Australie [3]	2015-2016	0-2 ans	61		0.93	
Chine [4]	2018	6-18 ans	1388	0.35	0.37	1.79

Sources : https://hbm.vito.be/eu-hbm-dashboard ; https://health-infobase.canada.ca/biomonitoring/ ; https://www.cdc.gov/exposurereport/data_tables.html ; (1) Schoeters et al., 2022 ; (2) Govarts et al., 2023 ; (3) He et al., 2018 ; (4) Yu et al., 2022.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

TABLEAU 19 : CONCENTRATIONS EN PHTALATES ET DINCH DANS DES BIOMONITORINGS RÉGIONAUX/NATIONAUX

Pays/Etude	Année d'étude	Population	N	MG (µg/L)	P50 (µg/L)	P95 (µg/L)
MEP						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	22.9	20.5	145.4
Belgique - 3xG	2019-2020	6-8 ans	133		17.8	87.1
Belgique - ENVIRONAGE [1]	2014-2023	4-12 ans	328	10.4	7.79	173.0
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	6-10 ans	231	40.6	39.0	227.9
Allemagne - GerES V [3]	2015-2017	3-17 ans	2256	25.8	23.1	219.0
Pays-Bas - SPECIMEn-NL	2020	6-11 ans	89		11.1	105.2
Grèce - CROME	2020-2021	6-11 ans	161		52.0	533.0
Slovénie - CRP	2018	7-10 ans	149		25.7	242.9
Pologne	2017	7-10 ans	300		41.8	205.0
Hongrie - InAirQ	2017-2018	8-11 ans	262		8.94	53.5
Norvège - NEBII	2016-2017	7-11 ans	300		15.4	123.5
Slovaquie	2015-2016	1-11 ans	198		19.8	157.4
Italie - NACII	2014-2016	6-8 ans	300		55.5	431.6
Europe "aligned studies" [4]	2014-2021	6-12 ans	2580	24.4		214.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	509	12.0	11.0	67.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	504	16.0	14.0	130.0
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	379	17.7	15.6	162.0
USA - NHANES	2017-2019	6-11 ans	330	21.2	18.4	192.0
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	12-39 ans	518	13.5	12.4	158.6
Belgique (Liège) [5]	2018	>18 ans	92		20.4	689.7
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [6]	2017-2018	14-15 ans	416	32.8	24.7	429.1
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	12-17 ans	94	84.9	64.0	1694.2
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	18-74 ans	897	52.0	50.2	402.1
Allemagne - ESB	2015	20-29 ans	60		13.5	71.2
Grèce - CROME	2020-2021	12-18 ans	150		64.6	732.0
République Tchèque - CELSPAC	2019-2020	12-17 ans	300		37.2	216.6
Slovaquie - PCB	2019-2020	15-17 ans	287		51.7	523.7
Slovaquie - MNC UKF	2014-2015	19-42 ans	51		20.0	212.3
Slovénie - CRP	2018	12-15 ans	96		33.6	390.5
Espagne - BEA	2017-2018	13-17 ans	300		79.1	652.9
Pologne - POLAES	2017	12-14 ans	281		36.0	164.8
Danemark - DYMS	2017	18-29 ans	100		22.0	195.8
Norvège - NEBII	2016-2017	12-14 ans	181		17.6	120.3
Suède	2016-2017	12-17 ans	300		31.9	363.2
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	12-19 ans	504	20.0	20.0	180.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	20-39 ans	332	17.0	17.0	180.0
USA - NHANES	2017-2018	12-19 ans	353	28.0	27.3	322.0
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	292	13.5	11.8	304.6
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	40-59 ans	343	56.7	49.9	614.3
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	40-59 ans	341	18.0	13.0	250.0
USA - NHANES	2017-2018	>20 ans	1700	28.2	26.2	389.0
Corée du Sud [7]	2018	20-69 ans	106		5.32	
MnBP						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	25.2	26.0	92.3
Belgique - 3xG	2019-2020	6-8 ans	133		28.0	131.9
Belgique - ENVIRONAGE [1]	2014-2023	4-12 ans	328	10.6	10.3	73.6
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	6-10 ans	231	27.6	26.9	95.3
Allemagne - GerES V [3]	2015-2017	3-17 ans	2256	20.9	21.0	69.5
Pays-Bas - SPECIMEn-NL	2020	6-11 ans	89		14.8	38.5
Grèce - CROME	2020-2021	6-11 ans	161		25.3	78.1
Slovénie - CRP	2018	7-10 ans	149		18.6	59.6
Pologne	2017	7-10 ans	300		33.8	116.1
Hongrie - InAirQ	2017-2018	8-11 ans	262		17.7	81.3

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Pays/Etude	Année d'étude	Population	N	MG (µg/L)	P50 (µg/L)	P95 (µg/L)
Norvège - NEBII	2016-2017	7-11 ans	300		25.3	80.3
République Tchèque	2016-2017	5-9 ans	371		62.0	231.8
Slovaquie	2015-2016	1-11 ans	198		50.1	202.7
Italie - NACII	2014-2016	6-8 ans	299		18.9	84.2
Europe "aligned studies" [4]	2014-2021	6-12 ans	2579	21.1		80.5
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	509	19.0	19.0	72.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	500	19.0	21.0	60.0
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	379	10.5	11.2	53.5
USA - NHANES	2017-2019	6-11 ans	330	12.5	12.6	50.9
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	12-39 ans	518	7.27	8.46	45.5
Belgique (Liège) [5]	2018	>18 ans	92		11.8	77.0
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [6]	2017-2018	14-15 ans	416	17.0	17.4	64.6
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	12-17 ans	94	26.2	26.3	64.0
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	18-74 ans	897	18.5	18.5	67.2
Allemagne - ESB	2015	20-29 ans	60		8.0	21.3
Grèce - CROME	2020-2021	12-18 ans	150		17.7	71.2
République Tchèque - CELSPAC	2019-2020	12-17 ans	300		43.5	180.8
République Tchèque	2018-2019	18-65 ans	399		21.7	82.9
Slovaquie - PCB	2019-2020	15-17 ans	287		91.8	399.4
Slovaquie - MNC UKF	2014-2015	19-42 ans	51		16.0	57.8
Slovénie - CRP	2018	12-15 ans	96		19.2	74.6
Espagne - BEA	2017-2018	13-17 ans	300		14.8	64.1
Pologne - POLAES	2017	12-14 ans	281		28.4	105.8
Danemark - DYMS	2017	18-29 ans	100		20.6	86.7
Norvège - NEBII	2016-2017	12-14 ans	181		26.7	90.1
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	12-19 ans	500	14.0	15.0	60.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	20-39 ans	327	12.0	12.0	49.0
USA - NHANES	2017-2018	12-19 ans	353	9.8	11.2	50.3
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	292	6.87	7.74	46.4
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	40-59 ans	343	17.9	16.6	71.8
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	40-59 ans	340	9.9	11.0	43.0
USA - NHANES	2017-2018	>20 ans	1700	8.06	8.70	42.3
Corée du Sud [7]	2018	20-69 ans	106		17.3	
MiBP						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	36.1	35.3	190.9
Belgique - 3xG	2019-2020	6-8 ans	133		23.1	123.5
Belgique - ENVIRONAGE [1]	2014-2023	4-12 ans	328	8.7	8.1	63.4
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	6-10 ans	231	65.2	64.1	211.1
Allemagne - GerES V [3]	2015-2017	3-17 ans	2256	26.1	26.2	110.0
Pays-Bas - SPECIMEn-NL	2020	6-11 ans	89		18.0	56.6
Grèce - CROME	2020-2021	6-11 ans	161		33.3	160.6
Slovénie - CRP	2018	7-10 ans	149		26.7	129.8
Hongrie - InAirQ	2017-2018	8-11 ans	262		29.6	148.0
Norvège - NEBII	2016-2017	7-11 ans	300		26.9	140.6
République Tchèque	2016-2017	5-9 ans	371		39.5	233.3
Slovaquie	2015-2016	1-11 ans	198		23.8	298.6
Italie - NACII	2014-2016	6-8 ans	299		31.9	96.4
Europe "aligned studies" [4]	2014-2021	6-12 ans	2279	26.6		123.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	509	15.0	13.0	120.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	494	13.0	13.0	65.0
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	379	9.8	9.3	50.8
USA - NHANES	2017-2019	6-11 ans	330	10.7	10.4	58.5
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	12-39 ans	518	9.91	10.9	78.2
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [6]	2017-2018	14-15 ans	416	22.0	21.0	124.2
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	12-17 ans	94	49.1	43.4	329.6
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	18-74 ans	897	28.3	26.6	129.8
Allemagne - ESB	2015	20-29 ans	60		9.80	33.4

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Pays/Etude	Année d'étude	Population	N	MG (µg/L)	P50 (µg/L)	P95 (µg/L)
Grèce - CROME	2020-2021	12-18 ans	150		22.6	84.2
République Tchèque - CELSPAC	2019-2020	12-17 ans	300		27.1	142.5
République Tchèque	2018-2019	18-65 ans	399		12.0	53.7
Slovaquie - PCB	2019-2020	15-17 ans	287		29.7	144.7
Slovénie - MNC UKF	2018	12-15 ans	96		25.3	114.3
Espagne - BEA	2017-2018	13-17 ans	300		20.0	84.1
Danemark - DYMS	2017	18-29 ans	100		22.1	75.6
Norvège - NEBII	2016-2017	12-14 ans	181		29.2	218.9
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	12-19 ans	503	11.0	11.0	39.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	20-39 ans	332	8.50	9.90	43.0
USA - NHANES	2017-2018	12-19 ans	353	8.47	9.40	37.9
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	292	9.42	8.38	86.7
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	40-59 ans	343	29.2	27.1	118.3
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	40-59 ans	340	7.10	8.00	36.0
USA - NHANES	2017-2018	>20 ans	1700	6.44	6.80	33.5
Corée du Sud [7]	2018	20-69 ans	106		7.32	
5-oxo-MEHP						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	5.49	5.37	22.7
Belgique - 3xG	2019-2020	6-8 ans	133		8.00	33.5
Belgique - ENVIRONAGE [1]	2014-2023	4-12 ans	328	3.04	3.01	17.9
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	6-10 ans	231	12.9	13.4	44.4
Allemagne - GerES V [3]	2015-2017	3-17 ans	2256	7.60	7.70	29.0
Pays-Bas - SPECIMEn-NL	2020	6-11 ans	89		5.75	22.0
Grèce - CROME	2020-2021	6-11 ans	161		9.56	30.8
Slovénie-CRP	2018	7-10 ans	149		10.8	44.1
Pologne	2017	7-10 ans	300		9.68	27.2
Hongrie - InAirQ	2017-2018	8-11 ans	262		4.86	20.0
Norvège - NEBII	2016-2017	7-11 ans	300		6.29	28.8
République Tchèque	2016-2017	5-9 ans	371		13.5	41.3
Slovaquie	2015-2016	1-11 ans	198		12.2	49.4
Italie - NACII	2014-2016	6-8 ans	299		8.91	30.8
Europe "aligned studies" [4]	2014-2021	6-12 ans	2577	7.41		29.6
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	512	7.40	7.30	34.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	497	5.80	6.10	19.0
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	379	5.01	4.90	26.9
USA - NHANES	2017-2019	6-11 ans	330	5.69	5.90	27.0
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	12-39 ans	518	1.38	1.48	7.86
Belgique (Liège) [5]	2018	>18 ans	92		1.92	7.76
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [6]	2017-2018	14-15 ans	416	3.60	3.80	15.5
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	12-17 ans	94	8.60	8.90	21.3
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	18-74 ans	897	5.50	5.70	18.5
Allemagne - ESB	2015	20-29 ans	60		3.15	10.7
Grèce - CROME	2020-2021	12-18 ans	150		7.13	29.7
République Tchèque - CELSPAC	2019-2020	12-17 ans	300		5.51	24.7
République Tchèque	2018-2019	18-65 ans	399		2.79	16.4
Slovaquie - PCB	2019-2020	15-17 ans	287		7.82	30.3
Slovaquie - MNC UKF	2014-2015	19-42 ans	51		8.44	19.3
Slovénie - CRP	2018	12-15 ans	96		7.95	27.3
Espagne - BEA	2017-2018	13-17 ans	300		6.20	22.4
Pologne - POLAES	2017	12-14 ans	281		7.07	23.5
Danemark - DYMS	2017	18-29 ans	100		3.97	13.3
Norvège - NEBII	2016-2017	12-14 ans	181		5.53	17.7
Suède	2016-2017	12-17 ans	300		5.11	22.4
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	12-19 ans	503	3.80	4.10	14.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	20-39 ans	331	3.20	3.40	11.0
USA - NHANES	2017-2018	12-19 ans	353	3.28	3.80	15.5
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	292	1.11	1.13	6.64
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	40-59 ans	343	5.20	5.50	17.5

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Pays/Etude	Année d'étude	Population	N	MG (µg/L)	P50 (µg/L)	P95 (µg/L)
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	40-59 ans	341	2.30	2.70	10.0
USA - NHANES	2017-2018	>20 ans	1700	2.70	2.80	15.0
Corée du Sud [7]	2018	20-69 ans	106		6.58	
5-OH-MEHP						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	8.52	8.49	33.3
Belgique - 3xG	2019-2020	6-8 ans	133		12.1	50.9
Belgique - ENVIRONAGE [1]	2014-2023	4-12 ans	328	4.73	4.43	32.1
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	6-10 ans	231	17.0	17.8	56.3
Allemagne - GerES V [3]	2015-2017	3-17 ans	2256	11.0	11.1	40.9
Pays-Bas - SPECIMEn-NL	2020	6-11 ans	89		7.68	33.5
Grèce - CROME	2020-2021	6-11 ans	161		13.3	48.1
Slovénie-CRP	2018	7-10 ans	149		15.0	59.8
Pologne	2017	7-10 ans	300		12.3	35.8
Hongrie - InAirQ	2017-2018	8-11 ans	262		10.3	43.1
Norvège - NEBII	2016-2017	7-11 ans	300		10.5	47.3
République Tchèque	2016-2017	5-9 ans	371		21.3	66.2
Slovaquie	2015-2016	1-11 ans	198		18.4	71.4
Italie - NACII	2014-2016	6-8 ans	299		17.4	57.3
Europe "aligned studies" [4]	2014-2021	6-12 ans	2579	11.2		46.3
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	512	9.90	10.0	47.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	497	8.00	8.00	26.0
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	379	7.03	6.90	35.1
USA - NHANES	2017-2019	6-11 ans	330	8.06	7.90	38.3
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	12-39 ans	518	2.01	2.33	12.0
Belgique (Liège) [5]	2018	>18 ans	92		2.89	12.8
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [6]	2017-2018	14-15 ans	416	5.70	6.00	23.1
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	12-17 ans	94	12.2	13.0	28.0
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	18-74 ans	897	8.90	9.10	30.4
Allemagne - ESB	2015	20-29 ans	60		4.20	17.9
Grèce - CROME	2020-2021	12-18 ans	150		10.3	44.0
République Tchèque - CELSPAC	2019-2020	12-17 ans	300		13.9	50.7
République Tchèque	2018-2019	18-65 ans	399		4.69	31.1
Slovaquie - PCB	2019-2020	15-17 ans	287		33.7	142.4
Slovaquie - MNC UKF	2014-2015	19-42 ans	51		8.44	19.3
Slovénie - CRP	2018	12-15 ans	96		10.5	40.7
Espagne - BEA	2017-2018	13-17 ans	300		8.53	31.6
Pologne - POLAES	2017	12-14 ans	281		9.62	32.2
Danemark - DYMS	2017	18-29 ans	100		5.81	18.5
Norvège - NEBII	2016-2017	12-14 ans	181		9.11	29.1
Suède	2016-2017	12-17 ans	300		6.92	25.9
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	12-19 ans	504	5.40	5.80	22.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	20-39 ans	327	4.90	5.30	19.0
USA - NHANES	2017-2018	12-19 ans	353	4.80	5.50	24.6
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	292	1.65	1.74	9.05
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	40-59 ans	343	8.60	8.80	30.2
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	40-59 ans	342	3.60	4.00	15.0
USA - NHANES	2017-2018	>20 ans	1700	4.22	4.40	22.5
Corée du Sud [7]	2018	20-69 ans	106		10.5	
5-cx-MEPP						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	11.2	10.7	43.0
Belgique - 3xG	2019-2020	6-8 ans	133		15.8	55.3
Belgique - ENVIRONAGE [1]	2014-2023	4-12 ans	328	6.93	6.11	36.6
France - ESTEBAN	2014-2016	6-12 ans	286		18.7	54.8
Allemagne - GerES V [3]	2015-2017	3-17 ans	2256	11.9	12.0	46.1
Pays-Bas - SPECIMEn-NL	2020	6-11 ans	89		8.18	36.4
Grèce - CROME	2020-2021	6-11 ans	161		13.8	59.2
Slovénie-CRP	2018	7-10 ans	149		18.4	65.6

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Pays/Etude	Année d'étude	Population	N	MG (µg/L)	P50 (µg/L)	P95 (µg/L)
Pologne	2017	7-10 ans	300		15.1	44.7
Hongrie - InAirQ	2017-2018	8-11 ans	262		10.8	45.5
Norvège - NEBII	2016-2017	7-11 ans	300		17.6	78.1
Slovaquie	2015-2016	1-11 ans	198		25.3	95.1
Italie - NACII	2014-2016	6-8 ans	299		21.7	73.1
Europe "aligned studies" [4]	2014-2021	6-12 ans	2579	14.4		54.5
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	509	12.0	11.0	51.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	496	9.80	10.0	34.0
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	379	12.7	12.9	60.7
USA - NHANES	2017-2019	6-11 ans	330	13.9	14.5	61.2
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	12-39 ans	518	3.31	3.41	15.4
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [6]	2017-2018	14-15 ans	416	14.0	14.5	31.9
France - ESTEBAN	2014-2016	12-17 ans	304		16.7	66.9
Allemagne - ESB	2015	20-29 ans	60		3.80	14.0
Grèce - CROME	2020-2021	12-18 ans	150		11.7	48.1
République Tchèque - CELSPAC	2019-2020	12-17 ans	300		7.59	35.3
Slovaquie - PCB	2019-2020	15-17 ans	287		9.25	32.9
Slovénie - CRP	2018	12-15 ans	96		12.2	45.2
Espagne - BEA	2017-2018	13-17 ans	300		11.1	41.5
Pologne - POLAES	2017	12-14 ans	281		11.1	35.8
Danemark - DYMS	2017	18-29 ans	100		7.16	21.6
Norvège - NEBII	2016-2017	12-14 ans	181		16.2	49.0
Suède	2016-2017	12-17 ans	300		6.06	27.8
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	12-19 ans	497	6.30	6.80	26.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	20-39 ans	326	5.10	5.70	21.0
USA - NHANES	2017-2018	12-19 ans	353	7.68	8.50	35.7
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	292	2.31	2.38	11.6
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	40-59 ans	337	4.00	4.50	14.0
USA - NHANES	2017-2018	>20 ans	1700	6.62	6.90	31.0
Corée du Sud [7]	2018	20-69 ans	106		10.1	
MEHP						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	0.85	0.82	4.24
Belgique - 3xG	2019-2020	6-8 ans	133		0.30	5.32
Belgique - ENVIRONAGE [1]	2014-2023	4-12 ans	328	0.70	0.67	3.90
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	6-10 ans	231	2.00	2.00	9.40
Allemagne - GerES V [3]	2015-2017	3-17 ans	2256	1.40	1.50	6.70
Pays-Bas - SPECIMEn-NL	2020	6-11 ans	89		0.97	3.33
Grèce - CROME	2020-2021	6-11 ans	161		2.95	18.0
Slovénie-CRP	2018	7-10 ans	149		1.54	7.29
Pologne	2017	7-10 ans	300		1.53	5.78
Hongrie - InAirQ	2017-2018	8-11 ans	262		1.55	7.48
Norvège - NEBII	2016-2017	7-11 ans	300		1.44	7.86
République Tchèque	2016-2017	5-9 ans	371		2.37	7.30
Slovaquie	2015-2016	1-11 ans	198		2.14	10.8
Europe "aligned studies" [4]	2014-2021	6-12 ans	2579	1.21		7.00
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	504	1.50	1.40	7.80
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	489	1.10	1.20	4.30
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	379		0.90	4.50
USA - NHANES	2017-2019	6-11 ans	330	1.48	1.40	6.80
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	12-39 ans	518	0.62	<0.62	3.28
Belgique (Liège) [5]	2018	>18 ans	92		<0.62	12.8
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [6]	2017-2018	14-15 ans	416	1.10	1.10	5.50
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	12-17 ans	94	2.20	2.30	8.90
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	18-74 ans	897	1.40	1.40	6.20
Allemagne - ESB	2015	20-29 ans	60		1.10	4.42
Grèce - CROME	2020-2021	12-18 ans	150		2.75	16.4
République Tchèque - CELSPAC	2019-2020	12-17 ans	300		2.01	12.0
République Tchèque	2018-2019	18-65 ans	399		1.96	12.9

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Pays/Etude	Année d'étude	Population	N	MG (µg/L)	P50 (µg/L)	P95 (µg/L)
Slovaquie - PCB	2019-2020	15-17 ans	287		3.54	18.3
Slovaquie - MNC UKF	2014-2015	19-42 ans	51		7.21	13.3
Slovénie - CRP	2018	12-15 ans	96		1.57	5.90
Espagne - BEA	2017-2018	13-17 ans	300		2.04	8.20
Pologne - POLAES	2017	12-14 ans	281		1.66	6.26
Danemark - DYMS	2017	18-29 ans	100		1.04	4.48
Norvège - NEBII	2016-2017	12-14 ans	181		1.44	6.23
Suède	2016-2017	12-17 ans	300		1.56	6.37
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	12-19 ans	489	1.10	1.10	5.50
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	20-39 ans	324	1.20	1.20	5.80
USA - NHANES	2017-2018	12-19 ans	353		1.00	4.10
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	292	<0.62	<0.62	2.74
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	40-59 ans	343	1.30	1.40	5.70
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	40-59 ans	335	0.73	0.74	4.20
USA - NHANES	2017-2018	>20 ans	1700		<0.8	4.90
Corée du Sud [7]	2018	20-69 ans	106		2.36	
MBzP						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	3.49	3.33	27.0
Belgique - 3xG	2019-2020	6-8 ans	133		3.50	29.8
Belgique - ENVIRONAGE [1]	2014-2023	4-12 ans	328	1.45	1.32	17.6
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	6-10 ans	231	9.70	9.10	56.7
Allemagne - GerES V [3]	2015-2017	3-17 ans	2256	3.10	2.90	18.7
Pays-Bas - SPECIMEn-NL	2020	6-11 ans	89		1.61	10.6
Grèce - CROME	2020-2021	6-11 ans	161		2.95	14.4
Slovénie-CRP	2018	7-10 ans	149		3.52	15.2
Pologne	2017	7-10 ans	300		1.89	13.0
Hongrie - InAirQ	2017-2018	8-11 ans	262		1.55	10.4
Norvège - NEBII	2016-2017	7-11 ans	300		5.32	33.5
République Tchèque	2016-2017	5-9 ans	371		3.20	32.7
Slovaquie	2015-2016	1-11 ans	198		2.73	14.9
Italie - NACII	2014-2016	6-8 ans	299		5.92	29.1
Europe "aligned studies" [4]	2014-2021	6-12 ans	2579	3.64		28.6
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	511	5.90	5.90	49.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	496	6.30	6.10	46.0
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	379	5.30	4.90	52.6
USA - NHANES	2017-2019	6-11 ans	330	5.54	5.20	36.2
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	12-39 ans	518	1.30	1.19	16.1
Belgique (Liège) [5]	2018	>18 ans	92		1.85	12.9
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [6]	2017-2018	14-15 ans	416	2.60	2.30	34.7
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	12-17 ans	94	11.2	9.60	87.8
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	18-74 ans	897	6.00	5.70	31.6
Allemagne - ESB	2015	20-29 ans	60		1.20	13.7
Grèce - CROME	2020-2021	12-18 ans	150		2.57	10.4
République Tchèque - CELSPAC	2019-2020	12-17 ans	300		1.65	15.2
République Tchèque	2018-2019	18-65 ans	399		<2.37	7.14
Slovaquie - PCB	2019-2020	15-17 ans	287		1.26	8.38
Slovénie - CRP	2018	12-15 ans	96		3.52	45.7
Espagne - BEA	2017-2018	13-17 ans	300		1.70	8.63
Pologne - POLAES	2017	12-14 ans	281		1.53	9.19
Danemark - DYMS	2017	18-29 ans	100		2.36	20.2
Norvège - NEBII	2016-2017	12-14 ans	181		5.30	31.9
Suède	2016-2017	12-17 ans	300		5.91	38.9
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	12-19 ans	502	3.80	3.80	26.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	20-39 ans	329	2.60	2.80	17.0
USA - NHANES	2017-2018	12-19 ans	353	4.54	4.70	33.0
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	292	1.03	0.87	9.57
France - ESTEBAN [2]	2014-2016	40-59 ans	343	5.70	5.40	31.9
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	40-59 ans	340	1.90	2.10	13.0

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Pays/Etude	Année d'étude	Population	N	MG (µg/L)	P50 (µg/L)	P95 (µg/L)
USA - NHANES	2017-2018	>20 ans	1700	2.85	2.80	27.2
Corée du Sud [7]	2018	20-69 ans	106		1.30	
cx-MINP						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	5.18	4.81	23.1
Belgique - 3xG	2019-2020	6-8 ans	133		0.28	1.60
Belgique - ENVIRONAGE [1]	2014-2023	4-12 ans	328	0.49	0.42	3.43
France - ESTEBAN	2014-2016	6-12 ans	286		10.3	62.0
Allemagne - GerES V [3]	2015-2017	3-17 ans	2256	5.90	5.40	30.2
Pays-Bas - SPECIMEn-NL	2020	6-11 ans	89		4.49	17.0
Grèce - CROME	2020-2021	6-11 ans	161		6.49	34.6
Slovénie-CRP	2018	7-10 ans	149		6.89	26.8
Pologne	2017	7-10 ans	300		4.20	14.1
Hongrie - InAirQ	2017-2018	8-11 ans	262		2.41	11.1
Norvège - NEBII	2016-2017	7-11 ans	300		10.4	43.4
Slovaquie	2015-2016	1-11 ans	198		7.71	38.8
Europe "aligned studies" [4]	2014-2021	6-12 ans	2579	4.34		27.0
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	512	1.10	1.10	5.30
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	497	1.10	1.10	6.70
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	379	6.42	5.90	34.3
USA - NHANES	2017-2019	6-11 ans	330	7.47	6.70	50.6
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	12-39 ans	518	1.87	1.84	9.08
Belgique (Liège) [5]	2018	>18 ans	87		3.40	14.6
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [6]	2017-2018	14-15 ans	416	1.71	1.66	7.23
France - ESTEBAN	2014-2016	12-17 ans	304		11.0	90.6
Allemagne - ESB	2015	20-29 ans	60		2.00	12.5
Grèce - CROME	2020-2021	12-18 ans	150		5.86	34.9
République Tchèque - CELSPAC	2019-2020	12-17 ans	300		5.14	34.9
Slovaquie - PCB	2019-2020	15-17 ans	287		6.69	33.8
Slovénie - CRP	2018	12-15 ans	96		5.75	15.9
Espagne - BEA	2017-2018	13-17 ans	300		6.66	29.5
Pologne - POLAES	2017	12-14 ans	281		3.50	12.3
Danemark - DYMS	2017	18-29 ans	100		4.30	47.8
Norvège - NEBII	2016-2017	12-14 ans	181		9.23	33.6
Suède	2016-2017	12-17 ans	300		5.74	46.8
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	12-19 ans	435	0.52	0.57	2.20
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	20-39 ans	285	0.47	0.46	2.20
USA - NHANES	2017-2018	12-19 ans	353	5.72	5.40	36.7
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	292	1.46	1.57	5.55
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	40-59 ans	295	0.42	0.37	3.90
USA - NHANES	2017-2018	>20 ans	1700	4.52	4.30	32.1
Corée du Sud [7]	2018	20-69 ans	106		0.92	
OH-MiNP						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	6.70	6.39	27.0
Belgique - 3xG	2019-2020	6-8 ans	133		1.90	9.20
France - ESTEBAN	2014-2016	6-12 ans	286		6.75	48.0
Allemagne - GerES V [3]	2015-2017	3-17 ans	2256	6.90	6.90	30.2
Pays-Bas - SPECIMEn-NL	2020	6-11 ans	89		3.67	17.9
Grèce - CROME	2020-2021	6-11 ans	161		1.88	18.0
Slovénie-CRP	2018	7-10 ans	149		4.60	18.5
Pologne	2017	7-10 ans	300		2.92	12.1
Hongrie - InAirQ	2017-2018	8-11 ans	262		2.00	10.5
Norvège - NEBII	2016-2017	7-11 ans	300		7.22	45.7
Slovaquie	2015-2016	1-11 ans	198		7.19	27.3
Europe "aligned studies" [4]	2014-2021	6-12 ans	2579	3.77		22.6
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	494	1.30	1.30	6.20
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	474	1.20	1.20	7.50
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	12-39 ans	518	2.09	2.04	15.3
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [6]	2017-2018	14-15 ans	416	3.88	3.85	15.3

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Pays/Etude	Année d'étude	Population	N	MG (µg/L)	P50 (µg/L)	P95 (µg/L)
France - ESTEBAN	2014-2016	12-17 ans	304		7.15	47.0
Allemagne- ESB	2015	20-29 ans	60		2.40	15.3
Grèce - CROME	2020-2021	12-18 ans	150		3.27	25.7
République Tchèque - CELSPAC	2019-2020	12-17 ans	300		11.17	52.8
Slovaquie - PCB	2019-2020	15-17 ans	287		16.2	95.2
Slovénie - CRP	2018	12-15 ans	96		4.03	11.0
Espagne - BEA	2017-2018	13-17 ans	300		4.38	19.0
Pologne - POLAES	2017	12-14 ans	281		2.84	10.9
Danemark - DYMS	2017	18-29 ans	100		2.77	16.5
Norvège - NEBII	2016-2017	12-14 ans	181		5.91	35.1
Suède	2016-2017	12-17 ans	300		3.74	35.3
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	12-19 ans	469	0.78	0.98	5.50
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	20-39 ans	309	0.68	0.86	8.20
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	292	1.70	1.83	8.46
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	40-59 ans	323	0.54	0.59	3.70
Corée du Sud [7]	2018	20-69 ans	106		0.12	
6-OH-MiDP						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	1.07	1.06	4.81
Belgique - 3xG	2019-2020	6-8 ans	133		0.90	5.16
Belgique - ENVIRONAGE [1]	2014-2023	4-12 ans	328	0.35	0.28	3.43
France - ESTEBAN	2014-2016	6-12 ans	286		1.92	12.0
Allemagne - GerES V [3]	2015-2017	3-17 ans	2256	1.50	1.50	7.5
Pays-Bas - SPECIMEn-NL	2020	6-11 ans	89		0.85	3.18
Grèce - CROME	2020-2021	6-11 ans	161		2.78	14.1
Slovénie-CRP	2018	7-10 ans	149		1.88	7.10
Pologne	2017	7-10 ans	300		0.80	3.68
Hongrie - InAirQ	2017-2018	8-11 ans	262		2.00	10.5
Norvège - NEBII	2016-2017	7-11 ans	300		2.01	8.72
Slovaquie	2015-2016	1-11 ans	198		1.20	6.66
Italie - NACII	2014-2016	6-8 ans	299		0.91	4.67
Europe "aligned studies" [4]	2014-2021	6-12 ans	2579	1.13		5.88
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	504	0.39	0.36	8.20
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	494	0.37	0.41	6.20
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	12-39 ans	518	<1.00	<1.00	2.06
Belgique (Liège) [5]	2018	>18 ans	87		<2.00	2.40
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [6]	2017-2018	14-15 ans	416	0.63	0.63	2.84
France - ESTEBAN	2014-2016	12-17 ans	304		1.94	8.14
Allemagne - ESB	2015	20-29 ans	60		0.80	3.41
Grèce - CROME	2020-2021	12-18 ans	150		2.00	12.5
République Tchèque - CELSPAC	2019-2020	12-17 ans	300		0.63	3.56
Slovaquie - PCB	2019-2020	15-17 ans	287		<0.6	1.29
Slovénie - CRP	2018	12-15 ans	96		1.59	4.73
Espagne - BEA	2017-2018	13-17 ans	300		1.53	6.47
Pologne - POLAES	2017	12-14 ans	281		0.82	2.82
Danemark - DYMS	2017	18-29 ans	100		0.40	4.75
Norvège - NEBII	2016-2017	12-14 ans	181		1.88	5.76
Suède	2016-2017	12-17 ans	300		0.94	6.51
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	12-19 ans	499	0.32	0.31	3.40
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	20-39 ans	329	0.40	0.26	3.50
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	292	<1.00	<1.00	1.75
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	40-59 ans	338	0.18	0.19	1.90
OH-MINCH						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	2.85	2.69	18.8
Belgique - 3xG	2019-2020	6-8 ans	133		1.97	8.56
Belgique - ENVIRONAGE [1]	2014-2023	4-12 ans	328		1.16	13.7
France - ESTEBAN	2014-2016	6-12 ans	286		2.33	15.8
Allemagne - GerES V [8]	2015-2017	3-17 ans	2228	2.27	2.20	15.8
Pays-Bas - SPECIMEn-NL	2020	6-11 ans	89		1.68	9.66

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Pays/Etude	Année d'étude	Population	N	MG (µg/L)	P50 (µg/L)	P95 (µg/L)
Grèce - CROME	2020-2021	6-11 ans	161		1.26	12.2
Slovénie-CRP	2018	7-10 ans	149		2.66	10.9
Pologne	2017	7-10 ans	300		1.14	9.59
Hongrie - InAirQ	2017-2018	8-11 ans	262		0.80	3.68
Norvège - NEBII	2016-2017	7-11 ans	300		3.05	21.5
Italie - NACII	2014-2016	6-8 ans	299		3.29	26.7
Europe "aligned studies" [4]	2014-2021	6-12 ans	2579	2.34		16.5
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	469	0.39	0.43	2.00
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	494	0.22	0.24	1.40
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	379	1.68	1.50	12.3
USA - NHANES	2017-2019	6-11 ans	330	1.49	1.30	13.1
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	12-39 ans	518	<1.00	<1.00	6.71
Belgique (Liège) [5]	2018	>18 ans	87		<2.00	36.0
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [6]	2017-2018	14-15 ans	416	1.15	1.06	6.94
France - ESTEBAN	2014-2016	12-17 ans	304		2.02	20.3
Allemagne - ESB	2017	20-29 ans	60		0.70	3.96
Grèce - CROME	2020-2021	12-18 ans	150		1.77	9.28
République Tchèque - CELSPAC	2019-2020	12-17 ans	300		1.70	22.5
Slovaquie - PCB	2019-2020	15-17 ans	287		1.59	11.0
Slovénie - CRP	2018	12-15 ans	96		1.86	12.9
Espagne - BEA	2017-2018	13-17 ans	300		1.80	11.0
Pologne - POLAES	2017	12-14 ans	281		1.72	4.95
Danemark - DYMS	2017	18-29 ans	100		1.53	29.2
Norvège - NEBII	2016-2017	12-14 ans	181		2.81	27.0
Suède	2016-2017	12-17 ans	300		0.84	9.19
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	12-19 ans	471	0.15	0.12	1.50
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	20-39 ans	210		0.09	0.94
USA - NHANES	2017-2018	12-19 ans	353	0.87	0.70	10.9
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	292	<1.00	<1.00	7.25
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	40-59 ans	342		<LOD	1.10
USA - NHANES	2017-2018	>20 ans	1700	0.73	0.60	8.50
Corée du Sud [7]	2018	20-69 ans	106		0.09	
cx-MINCH						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	1.70	1.64	8.09
Belgique - 3xG	2019-2020	6-8 ans	133		0.49	1.73
Belgique - ENVIRONAGE [1]	2014-2023	4-12 ans	328	0.49	0.42	3.43
France - ESTEBAN	2014-2016	6-12 ans	286		1.52	7.64
Allemagne - GerES V [8]	2015-2017	3-17 ans	2225	1.14	1.08	7.6
Pays-Bas - SPECIMEn-NL	2020	6-11 ans	89		1.16	4.78
Grèce - CROME	2020-2021	6-11 ans	161		1.46	4.06
Slovénie-CRP	2018	7-10 ans	149		1.71	7.59
Pologne	2017	7-10 ans	300		0.71	3.59
Hongrie - InAirQ	2017-2018	8-11 ans	262		0.73	5.14
Italie - NACII	2014-2016	6-8 ans	299		2.04	17.2
Europe "aligned studies" [4]	2014-2021	6-12 ans	2579	1.25		8.29
USA - NHANES	2017-2018	3-5 ans	379	1.13	1.00	6.7
USA - NHANES	2017-2019	6-11 ans	330	1.01	0.80	8.2
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	12-39 ans	518	<1.00	<1.00	4.19
Belgique (Liège) [5]	2018	>18 ans	87		<2.00	24.3
Belgique (Flandre) - FLEHS 4 [6]	2017-2018	14-15 ans	416	0.98	0.98	3.42
France - ESTEBAN	2014-2016	12-17 ans	304		1.42	11.0
Allemagne - ESB	2017	20-29 ans	60		0.21	1.02
Grèce - CROME	2020-2021	12-18 ans	150		1.19	3.52
Slovaquie - PCB	2019-2020	15-17 ans	287		0.79	5.04
Slovénie - CRP	2018	12-15 ans	96		1.23	5.92
Espagne - BEA	2017-2018	13-17 ans	300		0.96	7.07
Pologne - POLAES	2017	12-14 ans	281		0.55	2.68
Danemark - DYMS	2017	18-29 ans	100		0.60	13.7

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Pays/Etude	Année d'étude	Population	N	MG (µg/L)	P50 (µg/L)	P95 (µg/L)
Suède	2016-2017	12-17 ans	300		5.74	46.8
USA - NHANES	2017-2018	12-19 ans	353		<0.5	6.50
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	292	<1.00	<1.00	4.02
USA - NHANES	2017-2018	>20 ans	1700		<0.5	5.50
oxo-MINCH						
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2020-2021	3-11 ans	581	2.00	1.99	14.4
Allemagne - GerES V [8]	2015-2017	3-17 ans	2227	0.93	0.96	7.61
Suède - DEMOCOPHES	2011-2012	6-11 ans	99		0.83	3.29
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	3-5 ans	495	0.17	0.20	0.92
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	6-11 ans	489		<LOD	0.79
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2019-2020	12-39 ans	518	<1.00	<1.00	4.77
Belgique - 3xG	2011-2015	20-40 ans	156		0.31	5.28
Allemagne - ESB	2017	20-29 ans	60		0.31	1.88
Suède - DEMOCOPHES	2011-2012	28-46 ans	94		0.59	6.73
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	12-19 ans	495		<LOD	0.79
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	20-39 ans	321		<LOD	0.31
Belgique (Wallonie) - BMH-Wal 4	2023	40-59 ans	292	<1.00	<1.00	4.58
Canada - CHMS cycle 6	2018-2019	40-59 ans	335		<LOD	0.52

Sources : https://hbm.vito.be/eu-hbm-dashboard ; https://health-infobase.canada.ca/biomonitoring/ ; https://www.cdc.gov/exposurereport/data_tables.html ; (1) Den Ouden et al., 2016 ; (2) Balicco et al., 2019 ; (3) Schwedler et al., 2020b ; (4) Govarts et al., 2023 ; (5) Pirard et Charlier, 2022 ; (6) Bastiansen et al., 2021 ; (7) Jung et al., 2025 ; (8) Schwedler et al., 2020a.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

5.3 ESPÈCES DE L'ARSENIC

Les espèces d'arsenic ont été dosées chez les enfants de 3 à 11 ans recrutés lors de la phase 2, ainsi que chez les adultes de 20 à 39 ans de la phase 1 et de 40 à 59 ans de la phase 3. Elles avaient déjà été analysées chez les adolescents de 12 à 19 ans dans une phase antérieure du programme BMH-Wal. Ces résultats relatifs aux adolescents seront utilisés pour la comparaison entre les différentes catégories d'âge étudiées dans BMH-Wal.

5.3.1 ARSENIC TOTAL

L'arsenic total est retrouvé en concentration supérieure à la LOQ dans l'urine de plus de 99 % des participants, quelle que soit la catégorie d'âge (Tableau 11).

Chez les enfants âgés de 3 à 11 ans, aucune influence significative de la catégorie d'âge (3-5 ans vs 6-11 ans) n'est observée sur les concentrations urinaires d'arsenic total. L'influence du sexe sur les concentrations d'arsenic total apparaît limitée chez les enfants comme chez les adultes. Les tests de Mann-Whitney ne montrent pas de différence significative des médianes entre les individus de sexe masculin et féminin, et les z-tests ne conduisent pas à établir de valeurs de référence spécifiques selon le sexe. Chez les adultes, les z-tests sont toutefois proches du seuil de significativité, suggérant des différences plus marquées au niveau des valeurs élevées de la distribution, avec des P95 plus élevés chez les femmes que chez les hommes.

Chez les enfants de 3 à 11 ans, la consommation récente de riz est associée à des concentrations urinaires d'arsenic total plus élevées que chez les non-consommateurs. Une tendance similaire est observée chez les adultes de 20-39 ans. Toutefois, aucune VR95 spécifique n'a été établie dans les catégories d'âge étudiées selon la consommation de riz, les z-tests n'ayant pas mis en évidence de différence suffisamment significative pour justifier la définition de valeurs de référence distinctes.

La consommation récente de poisson constitue le déterminant impactant le plus les concentrations urinaires en arsenic total. Dans l'ensemble des catégories d'âge, les participants ayant consommé du poisson au cours des quatre jours précédant le prélèvement présentent des concentrations médianes environ trois à cinq fois supérieures à celles des non-consommateurs, avec un effet légèrement plus marqué chez les enfants que chez les adultes. Des VR95 spécifiques selon la consommation récente de poisson ont ainsi été établies dans l'ensemble des populations étudiées. Cette augmentation est cohérente avec l'apport d'espèces organiques de l'arsenic via les produits de la mer, en particulier l'arsénobétaïne, qui contribue fortement à l'arsenic total urinaire (Navas-Acien et al., 2011).

Par rapport aux données de la littérature, les concentrations urinaires d'arsenic total mesurées en Wallonie occupent une position intermédiaire. Chez les enfants, les médianes wallonnes (8,2 µg/L chez les 3-5 ans et 8,9 µg/L chez les 6-11 ans) sont supérieures à celles rapportées récemment au Canada, aux États-Unis et en Slovénie, mais inférieures à celles observées en France (2014-2016), en Italie (2007-2009) et en Espagne (2010). Chez les adultes, les médianes wallonnes (7,3 µg/L chez les 20-39 ans et 8,3 µg/L chez les 40-59 ans) sont supérieures aux valeurs rapportées récemment au Canada, aux États-Unis, en Allemagne et en Slovénie, mais inférieures à celles observées en France ainsi qu'à celles issues de plusieurs études belges plus anciennes (FLEHS 2 : 2007-2011 ; RefVal : 2010-2011) et d'une étude espagnole réalisée en 2015 (Tableau 16). Les concentrations médianes des Wallons n'ayant pas

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

consommé de poisson au cours des quatre jours précédant le prélèvement sont proches de celles rapportées au Canada et aux États-Unis, indépendamment de la consommation de poisson. Ces comparaisons doivent être interprétées avec prudence en raison des différences entre les études, notamment les périodes de prélèvement, les caractéristiques des populations étudiées, les méthodes analytiques et les habitudes alimentaires. La consommation de poisson constitue en particulier un déterminant majeur des concentrations urinaires d'arsenic total.

Comparaison des résultats entre catégories d'âge BMH-Wal : La concentration médiane en arsenic total des enfants de 6-11 ans (phase 2) (8,9 µg/L) est significativement plus élevée que celle des adolescents de 12-19 ans (phase 1) (6,9 µg/L). Les différences entre les autres catégories d'âge ne sont pas significatives.

5.3.2 ARSÉNOBÉTAÏNE

L'arsénobétaïne est retrouvée dans l'urine d'une proportion importante de participants, comprise entre 72,3 % et 86 % selon la catégorie d'âge (Tableau 11).

Chez les enfants âgés de 3 à 11 ans, aucune influence significative de la catégorie d'âge n'est observée sur les concentrations urinaires d'arsénobétaine. L'influence du sexe sur les concentrations d'arsénobétaïne apparaît limitée chez les enfants comme chez les adultes. Les tests de Mann-Whitney ne montrent pas de différence significative des médianes entre les individus de sexe masculin et féminin, et les z-tests ne justifient pas l'établissement de VR95 distinctes selon le sexe. Chez les adultes de 40-59 ans, le z-test est toutefois proche du seuil de significativité (p=0,00376), suggérant une différence plus marquée au niveau des valeurs élevées de la distribution. Dans cette classe d'âge, le P95 est plus élevé chez les femmes que chez les hommes.

Chez les enfants comme chez les adultes, les différences entre consommateurs et non-consommateurs de riz sont non significatives, à l'exception d'une différence observée chez les adultes de 20-39 ans. Toutefois, aucune valeur de référence au 95e percentile (VR95) spécifique n'a été établie selon la consommation de riz.

La consommation récente de poisson constitue le déterminant le plus important des concentrations urinaires d'arsénobétaïne. La différence est particulièrement marquée chez les enfants. En effet, les enfants qui ont consommé du poisson au cours des quatre jours précédant le prélèvement présentent une concentration médiane 31 fois plus élevée que celle des non-consommateurs (18,8 µg/L contre 0,6 µg/L) tandis que ce ratio est d'environ 7 chez les 20-39 ans et de près de 6 chez les 40-59 ans. Des VR95 spécifiques selon la consommation récente de poisson ont ainsi été établies dans l'ensemble des populations étudiées. Cette association est cohérente avec le fait que l'arsénobétaïne, une espèce d'arsenic considérée comme peu toxique, est principalement apportée par les produits de la mer.

Par rapport aux données de la littérature, les concentrations urinaires d'arsénobétaïne mesurées en Wallonie apparaissent globalement plus élevées que celles rapportées récemment aux États-Unis, où les concentrations médianes sont inférieures à 1,16 µg/L chez les enfants comme chez les adultes (Tableau 16). Chez les enfants wallons de 3-11 ans, la concentration médiane est de 2,8 µg/L, soit une valeur largement inférieure à celle mesurée chez des enfants espagnols en 2010 (17,9 µg/L). Chez les adultes, les résultats wallons, avec une concentration médiane de 3,4 µg/L chez les 20-39 ans, sont proches de ceux rapportés dans l'étude belge 3xG menée entre 2012 et 2015, où la médiane était de

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

2,61 µg/L. Les données disponibles pour l'arsénobétaïne restent toutefois limitées. Chez les participants wallons n'ayant pas consommé de poisson au cours des quatre jours précédant le prélèvement, les concentrations médianes se rapprochent davantage des valeurs rapportées aux États-Unis. À l'inverse, les concentrations observées chez les consommateurs de poisson sont proches des résultats espagnols, suggérant que les différences observées entre pays sont, au moins en partie, liées aux habitudes de consommation de produits de la mer.

Comparaison des résultats entre catégories d'âge BMH-Wal : Aucune comparaison deux à deux réalisée par le test de Dunn n'est significative, indiquant l'absence de différence significative selon l'âge.

5.3.3 TOXIC RELEVANT ARSENIC (TRA)

Le toxic relevant arsenic (TRA), défini comme la somme de l'arsenic inorganique, du MMA et du DMA, constitue l'indicateur le plus pertinent pour l'évaluation des formes toxicologiquement importantes de l'arsenic. Chez les enfants, la médiane est de 4,8 µg/L. Chez les adultes, les concentrations observées sont également très proches dans les deux classes d'âge étudiées dans ce rapport, avec une médiane de 3,3 µg/L chez les 20-39 ans et de 3,4 µg/L chez les 40-59 ans (Tableau 11).

Chez les enfants âgés de 3 à 11 ans, aucune influence significative de la catégorie d'âge n'est observée sur les concentrations urinaires de TRA. L'influence du sexe sur les concentrations urinaires de TRA apparaît limitée dans les catégories d'âge étudiées dans ce rapport. Les tests de Mann-Whitney ne montrent pas de différence significative des médianes selon le sexe chez les enfants ni chez les adultes, contrairement à ce qui avait été observé chez les adolescents dans une phase précédente du programme BMH-Wal. Les z-tests ne conduisent pas non plus à établir de valeurs de référence spécifiques selon le sexe.

La consommation récente de riz est associée à des concentrations urinaires de TRA plus élevées chez les enfants comme chez les adultes. Chez les enfants, la médiane est 1,4 fois plus élevées chez les consommateurs de riz que chez les non-consommateurs. Une tendance similaire est observée chez les adultes de 20-39 ans et de 40-59 ans. Toutefois, les z-tests ne conduisent pas à établir de VR95 spécifiques selon la consommation de riz.

La consommation récente de poisson est également associée à des concentrations urinaires de TRA plus élevées chez les enfants et les adultes. Chez les enfants, les concentrations médianes sont environ 1,8 fois plus élevées chez les consommateurs de poisson que chez les non-consommateurs. Ce ratio est légèrement plus faible chez les adultes, avec des concentrations médianes environ 1,3 fois plus élevées chez les consommateurs de poisson. L'effet du poisson est toutefois moins marqué pour le TRA que pour l'arsenic total ou l'arsénobétaïne. En effet, le dosage AsI + MMA + DMA est considéré comme le meilleur biomarqueur de l'exposition récente à l'arsenic inorganique. Contrairement à l'arsenic total, le TRA exclut notamment l'arsénobétaïne, principale forme d'arsenic apportée par les produits de la mer, ce qui réduit fortement l'influence de leur consommation. Une influence résiduelle du poisson reste toutefois possible, certains composés organiques de l'arsenic présents dans les produits de la mer pouvant être métabolisés en DMA, une espèce incluse dans le calcul du TRA.

Par rapport aux données de la littérature, les concentrations urinaires de TRA mesurées chez les enfants en Wallonie, avec une médiane de 4,8 µg/L, sont globalement comparables à celles rapportées

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

récemment au Canada et aux États-Unis, ainsi qu'à celles observées chez des enfants ou adolescents dans plusieurs pays européens, notamment en Belgique, en France, en Slovénie et en Italie. Elles restent toutefois inférieures aux valeurs les plus élevées observées en Espagne en 2010, où la médiane atteignait 9,45 µg/L (Tableau 16). Chez les adultes, les médianes wallonnes sont de 3,3 µg/L chez les 20-39 ans et de 3,4 µg/L chez les 40-59 ans. Ces valeurs sont légèrement inférieures à celles rapportées récemment au Canada, aux États-Unis et en France (2014-2016), mais approchent celles mesurées en Belgique chez les adultes flamands dans l'étude FLEHS II menée en 2007-2011 et dans l'étude belge 3xG en 2012-2015 (4,25 µg/L). Contrairement à l'arsenic total et à l'arsénobétaïne, les concentrations de TRA sont moins directement influencées par l'arsénobétaïne issue des produits de la mer, ce qui peut expliquer les écarts moins marqués entre pays.

Le pourcentage d'échantillons dépassant la valeur de référence sanitaire du TRA de 6,4 µg/L varie selon la catégorie d'âge. Il est plus élevé chez les enfants, avec 35 % de dépassement chez les 3-5 ans et 36 % chez les 6-11 ans. Chez les adultes, ce pourcentage est plus faible et similaire dans les deux classes d'âge, avec 21 % de dépassement chez les 20-39 ans comme chez les 40-59 ans. Ces proportions sont cohérentes avec celles rapportées par Buekers et al. (2023) dans le cadre du projet HBM4EU, où 16 à 52 % des adolescents dépassaient cette valeur. Il convient de rappeler que la valeur de 6,4 µg/L correspond à une valeur de référence sanitaire pour les effets non cancérigènes ; les risques liés à une exposition chronique à faible dose, notamment les risques cancérigènes, ne peuvent toutefois pas être exclus.

Comparaison des résultats entre catégories d'âge BMH-Wal : Les enfants de 3-5 ans et de 6-11 ans (phase 2) présentent des concentrations significativement plus élevées que les adolescents et les adultes (phase 1 et 3). En revanche, aucune différence significative n'est observée entre les deux groupes d'enfants, ni entre les adolescents et les deux groupes adultes. Cette tendance contraste avec certaines données de la littérature même si peu d'études couvrent l'ensemble des catégories d'âge. En effet, aucune corrélation générale entre les concentrations en As(III) + As(V) + MMA + DMA et l'âge n'a été rapportée par Buekers et al. (2023), tandis que Saoudi et al. (2012) ont décrit une corrélation positive avec l'âge jusqu'à 55 ans. Les résultats BMH-Wal suggèrent au contraire des concentrations plus élevées chez les enfants que chez les groupes plus âgés. Une tendance similaire a été observée dans l'étude canadienne (cycle 6), avec des valeurs de TRA plus élevées dans les groupes les plus jeunes, mais sans confirmation statistique (Health Canada, 2021).

5.4 Minéraux essentiels : iode et sodium

L'iode et le sodium ont été dosés chez les enfants de 6 à 11 ans, un des groupes recrutés lors de la phase 2.

La concentration urinaire en iode est fortement associée à la créatininurie ($r=0,30$; $p<0,0001$), soulignant l'importance de la dilution urinaire dans l'interprétation de ce biomarqueur. Les concentrations urinaires d'iode varient également selon le sexe chez les enfants wallons. Les garçons présentent des concentrations significativement plus élevées que les filles (médiane : 146,4 vs 117,1 µg/L ; $p=0,0058$) (Tableau 12). Une iodurie plus élevée chez les garçons que chez les filles avait déjà été rapportée chez les enfants belges d'âge scolaire par Vandevijvere et al. (2012). Dans notre étude, cette différence persiste après prise en compte de la créatininurie, ce qui suggère qu'elle ne s'explique pas uniquement par la dilution urinaire, mais pourrait aussi refléter des facteurs physiologiques,

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

alimentaires ou comportementaux. Concernant l'âge, les enfants de moins de 9 ans présentent des concentrations urinaires en iode légèrement plus élevées que les plus âgés (médiane : 138,0 vs 124,9 µg/L), bien que cette différence soit à la limite de la significativité (p=0,06).

Les concentrations urinaires de sodium ne diffèrent pas significativement selon le sexe ni selon l'âge. La natriurie médiane observée dans la population étudiée est de 114,5 mmol/L, avec un intervalle interquartile compris entre 79,0 et 151,8 mmol/L (Tableau 12). Une corrélation significative (r=0,23 ; p<0,0001) est toutefois observée entre la natriurie et la créatininurie, indiquant que les concentrations urinaires de sodium mesurées sur échantillon ponctuel sont en partie influencées par la dilution urinaire.

Estimation de la consommation quotidienne de sel : La consommation journalière de sel a été estimée à partir des concentrations urinaires ponctuelles de sodium au moyen des équations de Tanaka et d'INTERSALT (voir rapport valeurs de référence de l'UCLouvain en Avant-Propos). Ces équations estiment d'abord l'excrétion urinaire de sodium sur 24 heures à partir d'un échantillon d'urine ponctuel, puis permettent d'en déduire la consommation quotidienne de sel. Elles fournissent une estimation pertinente à l'échelle d'une population, mais leur précision reste limitée pour évaluer les apports individuels. Dans la population étudiée (6-11 ans), les consommations médianes estimées atteignent 4,84 g/jour avec l'équation de Tanaka et 6,21 g/jour avec l'équation d'INTERSALT, soit des valeurs supérieures aux recommandations adaptées à l'âge (3-3,5g/jour chez les enfants âgés de 7 à 14 ans). La proportion d'enfants dépassant les seuils recommandés par l'OMS pour la consommation de sel est élevée (elle varie selon la méthode, 89,9 % avec Tanaka et 98,9 % avec INTERSALT). L'équation de Tanaka met également en évidence une consommation journalière en sel estimée plus importante chez les enfants âgés de 9 ans et plus, suggérant une augmentation des apports sodés avec l'âge.

Relation entre l'iodurie, la concentration urinaire en sodium et la consommation estimée de sel : Une corrélation positive mais faible (r=0,15, p=0,012) est observée entre les concentrations urinaires brutes d'iode et de sodium. Cette association disparaît après correction pour la créatinine, indiquant qu'elle reflète surtout un effet commun de dilution des urines plutôt qu'un lien nutritionnel direct. Lorsque les apports en sel sont estimés par les équations prédictives, seule l'équation de Tanaka met en évidence une association significative avec l'iodurie (r=-0,13 ; p=0,037), mais dans un sens inattendu : une consommation estimée de sel plus élevée est associée à une iodurie plus faible. Ce résultat pourrait traduire soit les limites de ces équations en population pédiatrique, soit l'absence de relation directe entre consommation de sel et apport iodé chez les enfants wallons, le sel consommé n'étant pas nécessairement iodé et les produits laitiers pouvant représenter une source majeure d'iode.

La concentration urinaire médiane en iode observée chez les enfants wallons est de 132,2 µg/L, soit une valeur supérieure à celle rapportée lors de l'enquête belge de 2010-2011 (113,1 µg/L) (Vandevijvere et al. 2012), ce qui suggère une amélioration du statut iodé (Tableau 17). Cette valeur est proche de celles observées en Suisse, en Italie et en Espagne, supérieure à celles rapportées au Portugal ou en Irlande, mais inférieure aux niveaux observés en Crête ou en Croatie.

Selon les catégories de l'OMS, cette médiane se situe dans la zone correspondant à un apport iodé adéquat (100 –199 µg/L). Cependant, l'analyse par sous-groupes montre que l'insuffisance iodée reste présente : environ 28 % des enfants ont une iodurie inférieure à 100 µg/L, avec une proportion plus élevée chez les filles que chez les garçons, et les déficiences les plus marquées (<50 µg/L) concernent

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

principalement les enfants les plus âgés. Ces résultats indiquent donc un statut iodé globalement satisfaisant au niveau populationnel, mais avec une persistance de situations d'insuffisance, en particulier chez les filles et les enfants plus âgés.

5.5 RETARDATEURS DE FLAMMES PHOSPHORÉS

Les retardateurs de flamme phosphorés ont été dosés chez les enfants de 3 à 11 ans. Quatre métabolites ont été mesurés : DPP, DBP, BDCPP et BCPHPP.

Le DPP est le plus fréquemment mesuré à des concentrations supérieures à la LOQ (dans 100% des échantillons dosés) et le plus concentré, avec une médiane de 2,16 µg/L. Il était suivi du BCPHPP (0,85 µg/L), du BDCPP (0,36 µg/L) et du DBP (0,16 µg/L). Ce profil général DPP > BCPHPP > BDCPP > DBP est similaire à celui généralement observé dans d'autres études menées en Europe (Guo et al., 2022 ; Schoeters et al., 2022 ; Van den Eede et al., 2015). La prédominance du DPP pourrait être liée au fait qu'il constitue le métabolite de plusieurs substances parentes et qu'il est également utilisé directement comme plastifiant (Van der Schyff et al., 2023), ce qui multiplie les sources potentielles d'exposition.

L'âge a une influence limitée sur les concentrations. Les niveaux étaient légèrement plus élevés chez les 3-5 ans pour les quatre métabolites, mais la différence n'était significative que pour le DBP ($p=0,015$). L'influence du sexe est également faible : seul le BDCPP était significativement plus élevé chez les garçons ($p=0,016$). Aucune valeur de référence spécifique selon l'âge ou le sexe n'a été retenue.

Dans la littérature, l'effet de l'âge et du sexe est inconstant et varie selon les métabolites et les populations étudiées (Louis et al., 2022 ; Van der Schyff et al., 2023). Une tendance générale à la diminution de l'exposition avec l'âge est néanmoins souvent rapportée. Elle pourrait s'expliquer par des comportements main-bouche plus fréquents chez les jeunes enfants, un temps plus important passé près du sol, une ingestion accrue de poussières domestiques, ainsi qu'une dose d'exposition plus élevée rapportée au poids corporel. Un taux de ventilation relativement plus élevé et des différences de métabolisme selon l'âge pourraient également influencer les concentrations urinaires mesurées (Van den Eede et al., 2015).

Globalement, l'exposition des enfants wallons aux retardateurs de flamme phosphorés apparaît proche de celle observée dans les autres études européennes. Les concentrations médianes de DPP et de BDCPP sont notamment très similaires à celles mesurées chez les enfants flamands de la cohorte 3xG, recrutés à une période comparable, même si les P95 wallons sont légèrement plus faibles. Elles sont également comparables aux données regroupées pour les enfants de neuf pays européens dans le cadre des études harmonisées HBM4EU (2014-2021), ce qui suggère une exposition relativement homogène en Europe, probablement en lien avec des réglementations communes, le marché intérieur et la circulation des produits (Govarts et al., 2023). Les concentrations mesurées chez les enfants wallons sont en revanche plus élevées que celles observées chez les adolescents flamands de l'étude FLEHS IV (2017-2018). Cette différence pourrait être liée à l'âge, les jeunes enfants étant généralement davantage exposés pour les raisons évoquées précédemment. À l'échelle internationale, les concentrations en DPP sont légèrement supérieures à celles rapportées en Amérique du Nord (2017-2019), en Australie (2015-2016) et en Chine (2018). Pour le BDCPP, les niveaux wallons sont nettement plus faibles que ceux observés aux États-Unis, au Canada et en Australie, mais légèrement plus élevés

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

que ceux mesurés en Chine. Cette différence pourrait refléter une utilisation plus faible de certains retardateurs de flamme phosphorés (TDCIPP) en Europe et en Chine (Guo et al., 2022 ; Yu et al., 2022). Les données concernant le DBP et le BCPHPP restent limitées en Europe.

5.6 PHTALATES ET DINCH

Les métabolites de phtalates et du DINCH ont été dosés chez les enfants de 3 à 11 ans (phase 2), les adolescents de 12 à 19 ans et les adultes de 20 à 39 ans (phase 1) et les adultes de 40 à 59 ans (phase 3). Onze métabolites de phtalates ont été analysés : le MEP, le MnBP, le MiBP, le 5-oxo-MEHP, le 5-OH-MEHP, le 5-cx-MEPP, le MEHP, le MBzP, le cx-MiNP, le HO-MiNP et le 6-OH-MiDP. Trois métabolites du DINCH, plastifiant sans phtalate utilisé comme substitut à certains phtalates réglementés, ont également été mesurés : l'OH-MINCH, le cx-MINCH et l'oxo-MINCH.

Chez les enfants de 3 à 11 ans, la plupart des métabolites de phtalates sont quantifiés dans plus de 95 % des échantillons, à l'exception du MEHP et du 6-OH-MiDP, quantifiés dans 60 % et 54 % des échantillons respectivement (Tableau 14). Les trois métabolites du DINCH sont retrouvés dans plus de 70 % des échantillons, avec des médianes de 2,69 µg/L pour l'OH-MINCH, 1,99 µg/L pour l'oxo-MINCH et 1,64 µg/L pour le cx-MINCH. Un profil similaire est observé dans les autres catégories d'âge, avec une prédominance du MEP, du MiBP et du MnBP. Chez les participants de 12 à 39 ans, les médianes sont respectivement de 12,4 µg/L, 10,9 µg/L et 8,46 µg/L. Chez les adultes de 40 à 59 ans, elles sont de 11,8 µg/L, 8,38 µg/L et 7,74 µg/L. Dans ces catégories d'âge (12-59 ans), les métabolites du DINCH sont quantifiés dans moins de 50 % des échantillons.

Dans l'ensemble des catégories d'âge étudiées, les métabolites des phtalates de haut poids moléculaire et du DINCH sont généralement mesurés à des concentrations plus faibles que les métabolites des phtalates de faible poids moléculaire, comme également rapporté dans la littérature (Bastiaensen et al., 2021 ; Pirard and Charlier, 2022). Ces concentrations plus faibles ne traduisent toutefois pas nécessairement une exposition moindre, les différences de toxicocinétique entre les composés, notamment au niveau de leur excrétion urinaire, influençant les concentrations mesurées (Bastiaensen et al., 2021).

L'âge semble influencer plusieurs de ces marqueurs. Chez les enfants, les concentrations de cx-MiNP, de 6-OH-MiDP, d'OH-MINCH et de cx-MINCH sont significativement plus élevées chez les 3-5 ans, tandis que le MEP est plus élevé chez les 6-11 ans. Chez les participants de 12 à 39 ans, les concentrations sont significativement plus élevées chez les adolescents que chez les adultes de 20 à 39 ans pour le MEP, le MnBP, le MiBP, le 5-oxo-MEHP, le 5-OH-MEHP, le 5-cx-MEPP, le MEHP, le cx-MiNP, le HO-MiNP, l'OH-MINCH et l'oxo-MINCH. Seuls le MBzP, le 6-OH-MiDP et le cx-MINCH ne différent pas significativement selon l'âge. Cette tendance générale à une diminution des concentrations urinaires avec l'âge est également rapportée dans plusieurs études (Den Hond et al., 2015 ; Jung et al., 2025 ; Schwedler et al., 2020b ; Wang et al., 2019).

L'influence du sexe est limitée chez les enfants : aucun métabolite de phtalate ne diffère significativement entre les filles et les garçons, tandis que seul l'OH-MINCH est plus élevé chez les garçons. Chez les participants de 12 à 39 ans, les concentrations de MnBP, de MiBP, de 5-OH-MEHP, de 5-cx-MEPP, de MBzP, de cx-MiNP et de HO-MiNP sont significativement plus élevées chez les hommes. Chez les adultes de 40 à 59 ans, des concentrations plus élevées chez les hommes sont observées pour le 5-oxo-MEHP, le 5-OH-MEHP, le 5-cx-MEPP, le MEHP, le MBzP, le HO-MiNP, l'OH-

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

MINCH, le cx-MINCH et l'oxo-MINCH. Dans la littérature, aucune différence significative entre les sexes n'est généralement observée pour la plupart des métabolites de phtalates, y compris chez les enfants (Dewalque et al., 2014 ; Geens et al., 2014 ; Pirard et Charlier, 2022 ; Runkel et al., 2020 ; Schwedler et al., 2020a ; Yao et al., 2019 ; Zhang et al., 2020). Une exception concerne les phtalates utilisés dans les cosmétiques, notamment le DEP, dont le métabolite MEP est souvent mesuré à des concentrations plus élevées chez les femmes, en lien avec une utilisation plus importante de cosmétiques et de produits de soins personnels (Bastiaensen et al., 2021 ; Hartmann et al., 2015 ; Huang et al., 2021 ; Saravanabhavan et al., 2013). Les différences observées dans BMH-Wal pourraient notamment être liées à une dilution urinaire plus importante chez les femmes, mais aussi à des habitudes alimentaires ou à une toxicocinétique différente (Varshavsky et al., 2018).

Aucune valeur de référence spécifique à l'âge n'a été établie. Par contre, des VR95 distinctes selon le sexe ont été retenues pour le MnBP chez les 12-39 ans (36 µg/L chez les femmes et 61 µg/L chez les hommes) et pour le MiBP (46 µg/L chez les femmes et 100 µg/L chez les hommes). Chez les 40-59 ans, des VR95 spécifiques au sexe ont été établies pour le MBzP (6,1 µg/L chez les femmes et 18 µg/L chez les hommes), l'OH-MINCH (3,8 et 14 µg/L) et le cx-MINCH (2,9 et 5,0 µg/L).

Les concentrations urinaires en métabolites de phtalates varient parfois fortement selon les études, les pays et les périodes de recrutement. Des différences existent également au sein de l'Europe malgré une réglementation commune (Palandri et al., 2026). Chez les enfants, les concentrations en MEP, MnBP et MiBP, métabolites de phtalates de faible poids moléculaire, rapportées dans les cohortes flamande (ENVIRONAGE) et néerlandaise sont parmi les plus faibles, tandis que des niveaux plus élevés ont été observés dans certaines études française, grecque, italienne ou polonaise (Tableau 19). Les enfants wallons se situent dans la moyenne européenne pour le MEP et le MnBP, mais légèrement au-dessus pour le MiBP (Govarts et al., 2023). Pour les phtalates de haut poids moléculaire, les enfants wallons présentent des concentrations en MBzP, cx-MiNP et 6-OH-MiDP proches des moyennes européennes. Les concentrations des métabolites du DEHP sont légèrement inférieures à celles observées dans l'ensemble des études européennes harmonisées, tandis que celles du HO-MiNP sont légèrement plus élevées (Govarts et al., 2023). Par rapport aux enfants wallons, les enfants américains et canadiens présentent des concentrations plus élevées en MBzP. Les concentrations des métabolites du DEHP sont globalement du même ordre de grandeur que celles observées en Amérique du Nord. Pour les métabolites du DiNP, les valeurs wallonnes sont nettement supérieures aux données canadiennes et légèrement inférieures aux données américaines pour le cx-MiNP.

Chez les adolescents et les adultes wallons, les concentrations de MEP sont inférieures, voire nettement inférieures, à celles rapportées dans la plupart des études européennes et nord-américaines. Les niveaux de MEP varient fortement d'une étude à l'autre. Seuls les jeunes adultes allemands présentent des valeurs proches (P50=13,5 µg/L contre 10,9 µg/L pour les jeunes adultes wallons). Les concentrations en MnBP et MiBP sont également généralement plus faibles que dans la plupart des études européennes, mais restent comparables à celles observées chez certains adultes allemands (ESB), liégeois, américains ou canadiens. Pour les phtalates de haut poids moléculaire, les concentrations en MBzP mesurées chez les adolescents et les adultes wallons sont proches de celles observées chez les adultes allemands et dans certaines cohortes d'adolescents européens, notamment en Slovaquie, en Pologne et en Espagne. Elles sont toutefois inférieures aux niveaux rapportés en France, en Norvège et en Suède, et légèrement inférieures à ceux mesurés chez des adultes de la province de Liège en 2018. Les concentrations en métabolites du DEHP sont comparables à celles

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

mesurées dans la province de Liège, mais plus faibles que dans la plupart des autres études reprises dans le Tableau 19. Une tendance similaire est observée pour les métabolites du DiNP, à l'exception des études allemandes (ESB) et flamandes (FLEHS), qui rapportent des niveaux comparables, et des études canadiennes et coréennes, qui présentent des valeurs plus faibles. Les données concernant le 6-OH-MiDP restent limitées et les faibles concentrations mesurées rendent les comparaisons difficiles.

Concernant le DINCH, ses métabolites sont désormais fréquemment détectés dans les études récentes, ce qui reflète l'augmentation de son utilisation comme substitut à certains phtalates. Chez les enfants, les concentrations rapportées dans les différentes études européennes sont relativement proches, suggérant une exposition assez homogène. Les enfants wallons se situent dans cette tendance générale. Chez les adolescents et les adultes, les concentrations médianes en OH-MINCH mesurées en Wallonie sont légèrement inférieures à celles rapportées dans la plupart des études européennes. Elles restent toutefois supérieures aux niveaux observés en Amérique du Nord et en Corée du Sud. Pour le cx-MINCH, les concentrations sont globalement similaires entre les études, à l'exception d'une cohorte suédoise d'adolescents présentant des niveaux nettement plus élevés. Les données disponibles pour l'oxo-MINCH restent trop peu nombreuses pour permettre une comparaison solide.

Dans l'ensemble, les enfants wallons présentent ainsi des niveaux de phtalates et de DINCH proches des moyennes européennes, avec quelques différences selon les métabolites. Chez les adolescents et les adultes, les concentrations sont souvent inférieures à celles rapportées dans les autres études européennes. Les comparaisons sont toutefois plus limitées chez les adultes, en raison du nombre plus restreint d'études récentes disponibles dans des populations d'âge comparable. Les différences entre les études peuvent s'expliquer par l'âge, les habitudes de vie et d'alimentation propres à chaque population, ainsi que par les périodes de recrutement. En effet, l'exposition à certains phtalates a diminué au cours des dix à quinze dernières années sous l'effet des restrictions européennes, tandis que l'utilisation de plastifiants de substitution a progressé. Enfin, certaines différences méthodologiques entre laboratoires, notamment dans la prise en compte des différents isomères, peuvent également affecter la comparabilité des résultats.

Dans la population wallonne étudiée, aucun dépassement des valeurs de référence sanitaires (VRS) n'est observé pour le MEP, le MBzP, les sommes de métabolites du DEHP considérées pour l'évaluation, ni pour la somme OH-MINCH + cx-MINCH. Des dépassements sont en revanche observés pour le MnBP et le MiBP, pour lesquels des VRS distinctes sont disponibles selon l'âge. Pour le MnBP, la VRS est dépassée chez 1,9 % des enfants de 6-13 ans et 0,5 % des participants de plus de 14 ans. Pour le MiBP, ces proportions sont respectivement de 6,9 % et 0,9 %. Chez ces participants, un risque pour la santé ne peut être écarté, sans que le dépassement de la VRS implique nécessairement la survenue d'un effet sanitaire.

Comparaison des résultats entre catégories d'âge BMH-Wal : Pour l'ensemble des métabolites de phtalates étudiés, les enfants (phase 2) présentent des concentrations urinaires significativement plus élevées que les adolescents et les adultes (phase 1 et 3). Les adolescents (phase 1) présentent généralement des concentrations légèrement supérieures à celles des adultes, avec des différences significatives soit par rapport aux 20-39 ans (phase 1), soit par rapport aux 40-59 ans (phase 3) selon les métabolites. Cette plus forte exposition des enfants pourrait notamment s'expliquer par leurs comportements spécifiques, leur contact accru avec les poussières et une consommation d'eau et d'aliments plus élevée rapportée au poids corporel (Silva et al., 2004). Bien que les différentes

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

catégories d'âge aient été recrutées à des périodes différentes, la temporalité des prélèvements semble peu susceptible d'expliquer les tendances observées.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

CONCLUSION

L'objectif principal du programme BMH-Wal est la détermination de valeurs de référence d'exposition pour la population wallonne à des substances chimiques présentes dans l'environnement. Les trois premières phases ont permis de recruter des adolescents de 12 à 19 ans, des adultes de 20 à 39 ans, des enfants de 3 à 5 ans et de 6 à 11 ans et des adultes de 40 à 59 ans, et d'analyser différentes substances chimiques dans leurs échantillons biologiques. Cette quatrième phase a permis d'analyser des substances supplémentaires dans les échantillons urinaires précédemment collectés. Onze métabolites de phtalates et trois métabolites du DINCH ont été dosés dans l'ensemble des catégories d'âge, quatre métabolites de retardateurs de flamme phosphorés chez les enfants de 3 à 11 ans, l'arsenic et ses espèces chez les enfants et les adultes, en complément des données déjà disponibles chez les adolescents, ainsi que l'iode et le sodium chez les enfants de 6 à 11 ans.

Des valeurs de référence d'exposition ont pu être établies pour les substances analysées, à l'exception de l'iode et du sodium, deux minéraux essentiels pour lesquels la détermination d'une VR95 a été considérée comme moins pertinente. Pour l'arsenic total et l'arsénobétaïne, la consommation de poisson dans les jours précédant le prélèvement constitue le principal déterminant des concentrations urinaires et a conduit à établir des VR95 spécifiques selon la consommation récente de poisson. La consommation de poisson et, dans une moindre mesure, celle de riz influencent également les concentrations de TRA, sans toutefois justifier l'établissement de VR95 spécifiques pour le riz. Pour les retardateurs de flamme phosphorés, les différences observées selon l'âge ou le sexe ne justifient pas de valeurs de référence distinctes. Pour les phtalates et le DINCH, aucune VR95 spécifique à l'âge n'a été retenue, tandis que des valeurs distinctes selon le sexe ont été établies pour certains biomarqueurs, notamment le MnBP et le MiBP chez les 12-39 ans ainsi que le MBzP, l'OH-MINCH et le cx-MINCH chez les 40-59 ans.

La comparaison aux valeurs de référence sanitaires disponibles met en évidence plusieurs éléments d'intérêt pour la santé publique. Pour le TRA, un risque pour la santé ne peut être écarté chez 35 % des enfants de 3 à 5 ans et 36 % des enfants de 6 à 11 ans, ainsi que chez 21 % des adultes de 20 à 39 ans et de 40 à 59 ans, sur la base de la valeur sanitaire de 6,4 µg/L. Concernant les phtalates et le DINCH, aucun participant ne présente de concentration supérieure aux VRS disponibles pour le MEP, le MBzP, les sommes de métabolites du DEHP considérées ou la somme OH-MINCH + cx-MINCH. En revanche, pour le MnBP, un risque pour la santé ne peut être écarté chez 1,9 % des enfants de 6 à 13 ans et 0,5 % des participants de plus de 14 ans ; pour le MiBP, ces proportions atteignent respectivement 6,9 % et 0,9 %.

Par ailleurs, le statut iodé des enfants wallons apparaît globalement adéquat selon les critères de l'OMS, avec une concentration urinaire médiane de 132,2 µg/L, bien qu'environ 28 % des enfants présentent une iodurie inférieure à 100 µg/L, plus fréquemment chez les filles et les enfants les plus âgés. À l'inverse, les estimations de consommation de sel indiquent des apports largement supérieurs aux recommandations adaptées à l'âge. Ces estimations, obtenues à partir d'échantillons urinaires ponctuels, doivent toutefois être considérées comme des indicateurs populationnels et interprétées avec prudence.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Globalement, les niveaux d'exposition observés en Wallonie sont du même ordre de grandeur que ceux rapportés dans d'autres études nationales ou internationales. L'exposition des enfants wallons aux retardateurs de flamme phosphorés est proche de celle observée dans les autres populations européennes étudiées. Pour les phtalates et le DINCH, les enfants présentent des niveaux globalement proches des moyennes européennes, tandis que les concentrations mesurées chez les adolescents et les adultes sont souvent inférieures à celles rapportées dans d'autres études européennes. Pour l'arsenic total et l'arsénobétaïne, les comparaisons internationales sont fortement influencées par la consommation de produits de la mer, les concentrations des participants wallons n'ayant pas récemment consommé de poisson étant proches de celles rapportées notamment au Canada et aux États-Unis.

La comparaison entre les différentes catégories d'âge du programme BMH-Wal met en évidence des concentrations généralement plus élevées chez les enfants de 3 à 11 ans, notamment pour les métabolites de phtalates et le TRA. Pour les phtalates, cette différence pourrait notamment s'expliquer par des comportements spécifiques à l'enfance, un contact plus important avec les poussières et des apports plus élevés rapportés au poids corporel. Ces comparaisons doivent toutefois être interprétées avec prudence, les différentes catégories d'âge ayant été recrutées au cours de périodes distinctes.

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

BIBLIOGRAPHIE

Aarsland, T. E., et al. (2023). Iodine Nutrition in Children ≤2 Years of Age in Norway. *Journal of Nutrition*, *153*, 3237–3246. https://doi.org/10.1016/j.tjnut.2023.09.013

Apel, P., Rousselle, C., Lange, R., Sissoko, F., Kolossa-Gehring, M., & Ougier, E. (2020). Human biomonitoring initiative (HBM4EU) – Strategy to derive human biomonitoring guidance values (HBM-GVs) for health risk assessment. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *230*, 113622. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113622

Aylward, L. L., Hays, S. M., Gagné, M., & Krishnan, K. (2009). Derivation of Biomonitoring Equivalents for di-n-butyl phthalate (DBP), benzylbutyl phthalate (BzBP), and diethyl phthalate (DEP). *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, *55*(3), 259–267. https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2009.09.003

Baeyens, W., Vrijens, J., Gao, Y., Croes, K., Schoeters, G., Den Hond, E., Sioen, I., Bruckers, L., Nawrot, T., Nelen, V., Van Den Mieroop, E., Morrens, B., Loots, I., Van Larebeke, N., & Leermakers, M. (2014). Trace metals in blood and urine of newborn/mother pairs, adolescents and adults of the Flemish population (2007–2011). *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *217*, 878–890. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2014.06.007

Balicco, A., Bidondo, M.-L., Fillol, C., Gane, J., Oleko, A., Saoudi, A., & Zeghnoun, A. (2019). Imprégnation de la population française par les phtalates. Programme national de biosurveillance, Esteban 2014–2016. Santé publique France. https://www.santepubliquefrance.fr

Bastiaensen, M., Gys, C., Colles, A., Malarvannan, G., Verheyen, V., Koppen, G., Govarts, E., Bruckers, L., Morrens, B., Francken, C., Den Hond, E., Schoeters, G., & Covaci, A. (2021). Biomarkers of phthalates and alternative plasticizers in the Flemish Environment and Health Study (FLEHS IV): Time trends and exposure assessment. *Environmental Pollution*, *276*, 116724. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116724

Bocca, B., Pino, A., Brumatti, L. V., Rosolen, V., Ronfani, L., D'Aversa, J., Ruggieri, F., Petrucci, F., Calamandrei, G., Barbone, F., & Alimonti, A. (2020). Children exposure to inorganic and organic arsenic metabolites: A cohort study in Northeast Italy. *Environmental Pollution*, *265*, 114826. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114826

Buekers, J., Baken, K., Govarts, E., Rodriguez Martin, L., Vogel, N., Kolossa-Gehring, M., Šlejkovec, Z., Falnoga, I., Horvat, M., Lignell, S., Lindroos, A. K., Rambaud, L., Riou, M., Pedraza-Diaz, S., Esteban-Lopez, M., Castaño, A., Den Hond, E., Baeyens, W., Santonen, T., & Schoeters, G. (2023). Human urinary arsenic species, associated exposure determinants and potential health risks assessed in the HBM4EU Aligned Studies. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *248*, 114115. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2023.114115

Campioli, E., Duong, T. B., Deschamps, F., & Papadopoulos, V. (2015). Cyclohexane-1,2-dicarboxylic acid diisononyl ester and metabolite effects on rat epididymal stromal vascular fraction differentiation of adipose tissue. *Environmental Research*, *140*, 145–156. https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.03.036

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Cheyns, K., Demaegdt, H., Waegeneers, N., & Ruttens, A. (2021). Intake of food supplements based on algae or cyanobacteria may pose a health risk due to elevated concentrations of arsenic species. *Food Additives & Contaminants: Part A*, *38*(4), 609–621. https://doi.org/10.1080/19440049.2021.1877834

De Angelis, S., et al. (2024). Fifteen Years of Iodine Prophylaxis in Italy: Results of a Nationwide Surveillance (Period 2015–2019). *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, *109*, e495–e507. https://doi.org/10.1210/clinem/dgad593

Delange, F., Van Onderbergen, A., Shabana, W., Vandemeulebroucke, E., Vertongen, F., Gnat, D., & Dramaix, M. (2000). Silent iodine prophylaxis in Western Europe only partly corrects iodine deficiency; the case of Belgium. *European Journal of Endocrinology*, *143*(2), 189–196. https://doi.org/10.1530/eje.0.1430189

Den Hond, E., Govarts, E., Willems, H., Smolders, R., Casteleyn, L., Kolossa-Gehring, M., Schwedler, G., Seiwert, M., Fiddicke, U., Castaño, A., Esteban, M., Angerer, J., Koch, H. M., Schindler, B. K., Sepai, O., Exley, K., Bloemen, L., Horvat, M., Knudsen, L. E., Joas, A., Joas, R., Biot, P., Aerts, D., Koppen, G., et al. (2015). First Steps toward Harmonized Human Biomonitoring in Europe: Demonstration Project to Perform Human Biomonitoring on a European Scale. *Environmental Health Perspectives*, *123*, 255–263. https://doi.org/10.1289/ehp.1408616

Den Ouden, F., Cseresznye, A., Engelen, L., Maris, E., Bosschaerts, S., Gys, C., Cleys, P., Ait Bamai, Y., Pero-Gascon, R., Hemeryck, L. Y., De Paepe, E., Proost, S., Vich Vila, A., Raes, J., Vanhaecke, L., De Boevre, M., De Saeger, S., Nawrot, T. S., Poma, G., & Covaci, A. (2026). Chemical exposure in childhood: A study on organophosphate flame retardants and plasticizers in a Flemish birth cohort. *Environmental Research*, *288*, 123275. https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.123275

Dewalque, L., Pirard, C., & Charlier, C. (2014). Measurement of Urinary Biomarkers of Parabens, Benzophenone-3, and Phthalates in a Belgian Population. *BioMed Research International*, *2014*, 649314. https://doi.org/10.1155/2014/649314

Filipan, D., Vidranski, V., Bosak Butković, M. et al. (2023). Recent data on iodine intake in Croatian schoolchildren: Results of 2014–2019 survey. *European Journal of Clinical Nutrition*, *77*, 959–965. https://doi.org/10.1038/s41430-023-01301-y

Fillol, C., Balicco, A., Oleko, A., Gane, J., Saoudi, A., & Zeghnoun, A. (2021). Imprégnation de la population française par l'arsenic. Programme national de biosurveillance, Esteban 2014–2016. Santé publique France. https://www.santepubliquefrance.fr

Fischer, L., Andersson, M., Braegger, C., Herter-Aeberli, I., & Swiss Iodine Study Consortium. (2024). Iodine intake in the Swiss population 100 years after the introduction of iodised salt: A cross-sectional national study in children and pregnant women. *European Journal of Nutrition*, *63*, 573–587. https://doi.org/10.1007/s00394-023-03287-6

Francesconi, K. A., Tanggaar, R., McKenzie, C. J., & Goessler, W. (2002). Arsenic metabolites in human urine after ingestion of an arsenosugar. *Clinical Chemistry*, *48*(1), 92–101. https://doi.org/10.1093/CLINCHEM/48.1.92

Fromme, H., Lahrz, T., Kraft, M., Fembacher, L., Mach, C., Dietrich, S., Burkardt, R., Völkel, W., & Göen, T. (2014). Organophosphate flame retardants and plasticizers in the air and dust in German daycare centers and human biomonitoring in visiting children (LUPE 3). *Environment International*, *71*, 158–163. https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.06.016

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Gao, Y., Baisch, P., Mirlean, N., Rodrigues da Silva Júnior, F. M., Van Larebeke, N., Baeyens, W., & Leermakers, M. (2018). Arsenic speciation in fish and shellfish from the North Sea (Southern Bight) and Açu Port area (Brazil) and health risks related to seafood consumption. *Chemosphere*, *191*, 89–96. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.031

Garcia Ascaso, M. T., et al. (2019). Nutritional status of iodine in children: When appropriateness relies on milk consumption and not adequate coverage of iodized salt in households. *Clinical Nutrition ESPEN*, *30*, 52–58. https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2019.02.007

Geens, T., Bruckers, L., Covaci, A., Schoeters, G., Fierens, T., Sioen, I., Vanermen, G., Baeyens, W., Morrens, B., Loots, I., Nelen, V., de Bellevaux, B. N., Van Larebeke, N., & Den Hond, E. (2014). Determinants of bisphenol A and phthalate metabolites in urine of Flemish adolescents. *Environmental Research*, *134*, 110–117. https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.07.020

Giusti, A., Pirard, C., Charlier, C., et al. (2018). Selection and ranking method for currently used pesticides (CUPs) monitoring in ambient air. Air Quality, *Atmosphere & Health*, *11*, 385–396. https://doi.org/10.1007/s11869-017-0516-6

Govarts, E., Gilles, L., Rodriguez Martin, L., Santonen, T., Apel, P., Alvito, P., Anastasi, E., Andersen, H. R., Andersson, A.-M., Andryskova, L., Antignac, J.-P., Appenzeller, B., Barbone, F., Barnett-Itzhaki, Z., Barouki, R., Berman, T., Bil, W., Borges, T., Buekers, J., Canas-Portilla, A., et al. (2023). Harmonized human biomonitoring in European children, teenagers and adults: EU-wide exposure data of 11 chemical substance groups from the HBM4EU Aligned Studies (2014–2021). *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *249*, 114119. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2023.114119

Gräsbeck, R., & Saris, N.-E. (1969). Establishment and use of normal values. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, *26*(Suppl. 110), 62–63.

Guo, Y., Liang, C., Zeng, M.-X., Wei, G.-L., Zeng, L.-X., Liu, L.-Y., & Zeng, E. Y. (2022). An overview of organophosphate esters and their metabolites in humans: Analytical methods, occurrence, and biomonitoring. *Science of the Total Environment*, *848*, 157669. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157669

Hartmann, C., Uhl, M., Weiss, S., Koch, H. M., Scharf, S., & König, J. (2015). Human biomonitoring of phthalate exposure in Austrian children and adults and cumulative risk assessment. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *218*(5), 489–499. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2015.04.002

Hays, S. M., Aylward, L. L., Gagné, M., Nong, A., & Krishnan, K. (2010). Biomonitoring equivalents for inorganic arsenic. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, *58*(1), 1–9. https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2010.06.002

Hays, S. M., Becker, R. A., Leung, H. W., Aylward, L. L., & Pyatt, D. W. (2007). Biomonitoring equivalents: A screening approach for interpreting biomonitoring results from a public health risk perspective. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, *47*(1), 96–109. https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2006.08.004

He, C., English, K., Baduel, C., Thai, P., Jagals, P., Ware, R. S., Li, Y., Wang, X., Sly, P. D., & Mueller, J. F. (2018). Concentrations of organophosphate flame retardants and plasticizers in urine from young children in Queensland, Australia and associations with environmental and behavioural factors. *Environmental Research*, *164*, 262–270. https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.02.040

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Health Canada. (2021). Arsenic in Canadians [Datasets; surveys]. Health Canada. https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/environmental-contaminants/human-biomonitoring-resources/arsenic-canadians.html

Heudorf, U., Mersch-Sundermann, V., & Angerer, J. (2007). Phthalates: Toxicology and exposure. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *210*(5), 623–634. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2007.07.011

Hoet, P., Jacquerye, C., Deumer, G., Lison, D., & Haufroid, V. (2013). Reference values and upper reference limits for 26 trace elements in the urine of adults living in Belgium. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, *51*(4), 839–849. https://doi.org/10.1515/cclm-2012-0688

Hoet, P., Jacquerye, C., Deumer, G., Lison, D., & Haufroid, V. (2021). Reference values of trace elements in blood and/or plasma in adults living in Belgium. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, *59*(4), 729–742. https://doi.org/10.1515/cclm-2020-1019

Huang, S., Qi, Z., Ma, S., Li, G., Long, C., & Yu, Y. (2021). A critical review on human internal exposure of phthalate metabolites and the associated health risks. *Environmental Pollution, 279*, 116941. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116941

Hughes, M. F. (2002). Arsenic toxicity and potential mechanisms of action. *Toxicology Letters*, *133*(1), 1–16. https://doi.org/10.1016/S0378-4274(02)00084-X

IWEPS. Institut wallon de l'évaluation, de la prospective et de la statistique. (2026a). Niveau de diplôme de la population de 25 ans et plus. https://www.iweps.be/indicateur-statistique/niveau-de-diplome-de-population-de-25-ans-plus/

IWEPS. Institut wallon de l'évaluation, de la prospective et de la statistique. (2026b). Taux d'emploi administratif des 15 à 64 ans. https://www.iweps.be/indicateur-statistique/taux-demploi-administratif-15-a-64-ans/

IWEPS. Institut wallon de l'évaluation, de la prospective et de la statistique. (2026c). Comportements de santé en Wallonie. https://www.iweps.be/indicateur-statistique/comportements-de-sante/

Johns, L. E., Cooper, G. S., Galizia, A., & Meeker, J. D. (2015). Exposure assessment issues in epidemiology studies of phthalates. *Environment International*, *85*, 27–39. https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.08.005

Jung, J., Heo, J.-Y., Park, N.-Y., Kho, Y., & Choi, K. (2025). Exposure to conventional and nonphthalate plasticizers in representative Korean population between 2010 and 2018: Sex and age-stratified comparisons. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *270*, 114679. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2025.114679

Kampouri, M., et al. (2024). Urinary iodine concentrations in preschoolers and cognitive development at 4 and 6 years of age, the Rhea mother-child cohort on Crete, Greece. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, *85*, 127486. https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2024.127486

Kane, E., et al. (2025). Iodine intake and status of school-age girls in Ireland. *European Journal of Nutrition*, *64*, 214. https://doi.org/10.1007/s00394-025-03731-9

Katsikantami, I., Sifakis, S., Tzatzarakis, M. N., Vakonaki, E., Kalantzi, O.-I., Tsatsakis, A. M., & Rizos, A. K. (2016). A global assessment of phthalates burden and related links to health effects. *Environment International*, *97*, 212–236. https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.09.013

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Kohlmeyer, U., Jantzen, E., Kuballa, J., & Jakubik, S. (2003). Benefits of high resolution IC–ICP–MS for the routine analysis of inorganic and organic arsenic species in food products of marine and terrestrial origin. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, *377*(1), 6–13. https://doi.org/10.1007/s00216-003-2064-1

Lange, R., Apel, P., Rousselle, C., Charles, S., Sissoko, F., Kolossa-Gehring, M., & Ougier, E. (2021). The European Human Biomonitoring Initiative (HBM4EU): Human biomonitoring guidance values for selected phthalates and a substitute plasticizer. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *234*, 113722. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113722

Lange, R., Kolossa-Gehring, M., & Tschersich, C. (2020). Prioritised substance group: Phthalates & Hexamoll® DINCH®. HBM4EU, Deliverable D4.9 – Scoping Documents for 2021 for the First and Second Round HBM4EU Priority Substances. https://www.hbm4eu.eu/wp-content/uploads/2019/03/HBM4EU_D4.9_Scoping_Documents_HBM4EU_priority_substances_v1.0-Phthalates.pdf

Limbert, E., et al. (2012). Iodine intake in Portuguese school children. *Acta Médica Portuguesa*, *25*, 29–36.

Louis, L. M., Quiros-Alcala, L., Kuiper, J. R., Diette, G., Hansel, N. N., McCormack, M. C., Meeker, J. D., & Buckley, J. P. (2022). Variability and predictors of urinary organophosphate ester concentrations among school-aged children. *Environmental Research*, *212*, 113192. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113192

Navas-Acien, A., Francesconi, K. A., Silbergeld, E. K., & Guallar, E. (2011). Seafood intake and urine concentrations of total arsenic, dimethylarsinate and arsenobetaine in the US population. *Environmental Research*, *111*, 110–118. https://doi.org/10.1016/j.envres.2010.10.009

Nguyen, M. K., Jeong, E. S., Kim, K. T., Choi, Y. S., Lee, D.-K., Han, S. B., Kang, J. S., & Kim, H. M. (2024). Organophosphate flame retardants in food matrices and their analytical methods. *Food Control*, *156*, 110115. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110115

Organisation mondiale de la Santé. (2026, 11 mai). Réduction de l'apport en sodium. https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/sodium-reduction

Palandri, L., Monti, M., Scasserra, M. R., Lugli, C., Fasano, M., Lucaccioni, L., & Righi, E. (2026). Regulatory framework of phthalates and two common alternatives: A review of the European Union legislation. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *271*, 114704. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2025.114704

Pirard, C., & Charlier, C. (2022). Urinary levels of parabens, phthalate metabolites, bisphenol A and plasticizer alternatives in a Belgian population: Time trend or impact of an awareness campaign? *Environmental Research*, *214*, 113852. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113852

Pirard, C., Compere, S., Firquet, K., & Charlier, C. (2018). The current environmental levels of endocrine disruptors (mercury, cadmium, organochlorine pesticides and PCBs) in a Belgian adult population and their predictors of exposure. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *221*, 211–222. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.10.010

Pirard, C., Remy, S., Giusti, A., Champon, L., & Charlier, C. (2020). Assessment of children's exposure to currently used pesticides in Wallonia, Belgium. *Toxicology Letters*, *329*, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.04.020

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Poulson, O. M., Holst, E., & Christensen, J. M. (1997). Calculation and application of coverage intervals for biological reference values (Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, *69*(7), 1601–1612. https://doi.org/10.1351/pac199769071601

Runkel, A. A., Snoj-Tratnik, J., Mazej, D., & Horvat, M. (2020). Urinary phthalate concentrations in the Slovenian population: An attempt to exposure assessment of family units. *Environmental Research*, *186*, 109548. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109548

Ruttens, A., Blanpain, A. C., De Temmerman, L., & Waegeneers, N. (2012). Arsenic speciation in food in Belgium: Part 1: Fish, molluscs and crustaceans. *Journal of Geochemical Exploration*, *121*, 55–61. https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.07.003

Ruttens, A., Cheyns, K., Blanpain, A. C., De Temmerman, L., & Waegeneers, N. (2018). Arsenic speciation in food in Belgium. Part 2: Cereals and cereal products. *Food and Chemical Toxicology*, *118*, 32–41. https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.04.040

Saoudi, A., Zeghnoun, A., Bidondo, M.-L., Garnier, R., Cirimele, V., Persoons, R., & Fréry, N. (2012). Urinary arsenic levels in the French adult population: The French National Nutrition and Health Study, 2006–2007. *Science of the Total Environment*, *433*, 206–215. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.06.053

Saravanabhavan, G., Guay, M., Langlois, É., Giroux, S., Murray, J., & Haines, D. (2013). Biomonitoring of phthalate metabolites in the Canadian population through the Canadian Health Measures Survey (2007–2009). *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *216*(6), 652–661. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2012.12.009

Schettler, T. (2006). Human exposure to phthalates via consumer products. *International Journal of Andrology*, *29*(1), 134–139. https://doi.org/10.1111/j.1365-2605.2005.00567.x

Schoeters, G., Verheyen, V. J., Colles, A., Remy, S., Martin, L. R., Govarts, E., Nelen, V., Den Hond, E., De Decker, A., Franken, C., Loots, I., Coertjens, D., Morrens, B., Bastiaensen, M., Gys, C., Malarvannan, G., Covaci, A., Nawrot, T., De Henauw, S., … Bruckers, L. (2022). Internal exposure of Flemish teenagers to environmental pollutants: Results of the Flemish Environment and Health Study 2016–2020 (FLEHS IV). *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *242*, 113972. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2022.113972

Schwedler, G., Conrad, A., Rucic, E., Koch, H. M., Leng, G., Schulz, C., Schmied-Tobies, M. I. H., & Kolossa-Gehring, M. (2020a). Hexamoll® DINCH and DPHP metabolites in urine of children and adolescents in Germany. Human biomonitoring results of the German Environmental Survey GerES V, 2014–2017. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *229*, 113397. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.09.004

Schwedler, G., Rucic, E., Lange, R., Conrad, A., Koch, H. M., Palmke, C., Brüning, T., Schulz, C., Schmied-Tobies, M. I. H., Daniels, A., & Kolossa-Gehring, M. (2020b). Phthalate metabolites in urine of children and adolescents in Germany. Human biomonitoring results of the German Environmental Survey GerES V, 2014–2017. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *225*, 113444. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.113444

Silva, M. J., Barr, D. B., Reidy, J. A., et al. (2004). Urinary levels of seven phthalate metabolites in the U.S. population from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1999–2000. *Environmental Health Perspectives*, *112*, 331–338. https://doi.org/10.1289/ehp.6723

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Solberg, H. E. (1987). Approved recommendation (1987) on the theory of reference values. Part 5. Statistical treatment of collected reference values. Determination of reference limits. *Clinica Chimica Acta*, *170*, S13–S32. https://doi.org/10.1016/0009-8981(87)90151-3

Tarvainen, T., Albanese, S., Birke, M., Poňavič, M., & Reimann, C. (2013). Arsenic in agricultural and grazing land soils of Europe. *Applied Geochemistry*, *28*, 2–10. https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2012.10.005

Trumpff, C., De Schepper, J., Tafforeau, J., Van Oyen, H., Vanderfaeillie, J., & Vandevijvere, S. (2013). Mild iodine deficiency in pregnancy in Europe and its consequences for cognitive and psychomotor development of children: A review. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, *27*(3), 174–183. https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2013.01.002

USFDA. U.S. Food and Drug Administration. (2016). Arsenic in Rice and Rice Products Risk Assessment. FDA. https://www.fda.gov/food/risk-and-safety-assessments-food/arsenic-rice-and-rice-products-risk-assessment

Van den Eede, N., Heffernan, A. L., Aylward, L. L., Hobson, P., Neels, H., Mueller, J. F., & Covaci, A. (2015). Age as a determinant of phosphate flame retardant exposure of the Australian population and identification of novel urinary PFR metabolites. *Environment International*, *74*, 1–8. https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.09.005

Van der Schyff, V., Kalina, J., Govarts, E., Gilles, L., Schoeters, G., Castaño, A., Esteban-Lopez, M., Kohoutek, J., Kukučka, P., Covaci, A., Koppen, G., Andryskova, L., Piler, P., Klanova, J., Jensen, T. K., Rambaud, L., Riou, M., Lamoree, M., Kolossa-Gehring, M., Vogel, N., et al. (2023). Exposure to flame retardants in European children — Results from the HBM4EU aligned studies. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *247*, 114070. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2022.114070

Van der Veen, I., & de Boer, J. (2012). Phosphorus flame retardants: Properties, production, environmental occurrence, toxicity and analysis. *Chemosphere*, *88*(10), 1119–1153. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.03.067

Vandevijvere, S., Bensouda Mourri, A., Amsalkhir, S., Avni, F., Van Oyen, H., & Moreno-Reyes, R. (2012). Fortification of bread with iodized salt corrected iodine deficiency in school-aged children, but not in their mothers: A national cross-sectional survey in Belgium. *Thyroid*, *22*(10), 1046–1053. https://doi.org/10.1089/thy.2012.0016

Varshavsky, J. R., Morello-Frosch, R., Woodruff, T. J., & Zota, A. R. (2018). Dietary sources of cumulative phthalates exposure among the U.S. general population in NHANES 2005–2014. *Environment International*, *115*, 417–429. https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.02.029

Wang, C., Chen, H., Li, H., Yu, J., Wang, X., & Liu, Y. (2020). Review of emerging contaminant tris(1,3-dichloro-2-propyl)phosphate: Environmental occurrence, exposure, and risks to organisms and human health. *Environment International*, *143*, 105946. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105946

Wang, X., Zhu, Q., Yan, X., Wang, Y., Liao, C., & Jiang, G. (2020). A review of organophosphate flame retardants and plasticizers in the environment: Analysis, occurrence and risk assessment. *Science of the Total Environment*, *731*, 139071. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139071

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065

Wang, Y., Zhu, H., & Kannan, K. (2019). A Review of Biomonitoring of Phthalate Exposures. *Toxics*, *7*, 21. https://doi.org/10.3390/toxics7020021

Xin, J., Zhou, C., Wang, Y., Chen, H., Yin, K., Gao, L., & Shao, S. (2025). Unraveling DINCH-induced hepatotoxicity mechanisms via network toxicology and molecular docking with experimental validation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *299*, 118305. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.118305

Yao, Y., Chen, D., Wu, Y., Zhou, L., Cheng, J., Li, Y., Lu, S., Yuan, G., & Liu, G. (2019). Urinary phthalate metabolites in primary school starters in Pearl River Delta, China: Occurrences, risks and possible sources. *Environmental Research*, *179*, 108853. https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108853

Yu, M., Li, X., Liu, B., Li, Y., Liu, L., Wang, L., Song, L., Wang, Y., Hu, L., & Mei, S. (2022). Organophosphate esters in children and adolescents in Liuzhou city, China: Concentrations, exposure assessment, and predictors. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*, 39310–39322. https://doi.org/10.1007/s11356-021-18334-0

Yusà, V., Pérez, R., Sánchez, A., Pardo, O., & Roca, M. (2018). Exposure and risk assessment to arsenic species in Spanish children using biomonitoring. *Science of the Total Environment*, *628–629*, 302–309. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.330

Zhang, X., Tang, S., Qiu, T., Hu, X., Lu, Y., Du, P., Xie, L., Yang, Y., Zhao, F., Zhu, Y., & Giesy, J. P. (2020). Investigation of phthalate metabolites in urine and daily phthalate intakes among three age groups in Beijing, China. *Environmental Pollution*, *260*, 114005. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114005

Ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut - Synthèse BMH-Wal 4 -n° RAP-26-02065