Service de Toxicologie

PROGRAMME DE BIOMONITORING HUMAIN WALLON – BMH-WAL PHASE 4

VALEURS DE RÉFÉRENCE

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 (version 2)

Professeure Corinne Charlier

Cheffe de Service

Toxicologie clinique, médico-légale, de l'environnement et en entreprise, CHU Liège

Catherine Pirard

Responsable scientifique

Toxicologie clinique, médico-légale, de l'environnement et en entreprise, CHU Liège

TABLE DES MATIERES

TABLE DES ACRONYMES 5

1. INTRODUCTION 6

2. PRÉSENTATIONS DES BIOMARQUEURS 7

2.1. Les retardateurs de flamme phosphorés (RFP) 7

2.2. Les phtalates et plastifiants sans phtalate 9

3. ANALYSES STATISTIQUES 10

4. STATISTIQUES DESCRIPTIVES ET VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LES ENFANTS (3-5 ANS ET 6-11 ANS) RECRUTÉS EN 2020-2021 11

4.1. Les retardateurs de flamme phosphorés dans l'urine des enfants (3-11 ans) 17

4.2. Les phtalates et plastifiant sans phtalate dans l'urine des enfants (3-11 ans) 18

5. COMPARAISON AVEC D'AUTRES ÉTUDES NATIONALES ET INTERNATIONALES POUR LES ENFANTS (3-5 ANS ET 6-11 ANS) RECRUTÉS EN 2020-2021 19

5.1. Les retardateurs de flamme phosphorés dans l'urine des enfants 19

5.2. Les phtalates et plastifiants sans phtalate dans l'urine des enfants 23

5.2.1. Les métabolites de phtalates de bas poids moléculaires (MEP, MnBP, MiBP) 24

5.2.2. Les métabolites de phtalates de hauts poids moléculaires (MBzP, métabolites de DEHP, métabolites du DiNP, et 6-OH-MiDP) 27

5.2.3. Les métabolites du DINCH, plastifiant non phtalate (OH-MINCH, cx-MINCH, oxo-MINCH) 38

6. STATISTIQUES DESCRIPTIVES ET VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LES ADOLESCENTS (12-19 ANS) ET LES JEUNES ADULTES (20-39 ANS) RECRUTÉS EN 2019-2020 (PHASE 1), ET LES ADULTES (40-59 ANS) RECRUTÉS EN 2023 (PHASE 3) 40

6.1. Les phtalates et plastifiants sans phtalate dans l'urine des adolescents et adultes (12-19 ans, 20-39 ans et 40-59 ans) 51

7. COMPARAISON AVEC D'AUTRES ÉTUDES NATIONALES ET INTERNATIONALES POUR LES ADOLESCENTS (12-19 ANS) ET LES JEUNES ADULTES (20-39 ANS) RECRUTÉS EN 2019-2020 (PHASE 1), ET LES ADULTES (40-59 ANS) RECRUTÉS EN 2023 (PHASE 3) 52

7.1. Les métabolites de phtalates de bas poids moléculaires (MEP, MnBP, MiBP) 52

7.2. Les métabolites de phtalates de hauts poids moléculaires (MBzP, métabolites de DEHP, métabolites du DiNP, et du DiDP) 56

7.3. Les métabolites du DINCH, plastifiant non phtalate (OH-MINCH, cx-MINCH, oxo-MINCH) 66

8. COMPARAISON DES RÉSULTATS OBTENUS POUR LES DIFFÉRENTES CLASSES D'ÂGE RECRUTÉES SUR L'ENSEMBLE DES 3 PREMIÈRES PHASES (BMH-WAL1, 2 ET 3) 69

8.1. Les retardateurs de flamme phosphorés 70

8.2. Les phtalates et plastifiant sans phtalate 70

9. CONCLUSIONS GÉNÉRALES 75

RÉFÉRENCES 80

ANNEXES 86

ANNEXE 1 : Histogrammes des distributions de valeurs dans la population d'enfants (3-11 ans) recrutés en 2020-2021 (phase 2) pour chacun des marqueurs de retardateurs de flamme phosphorés et phtalates étudiés. 86

ANNEXE 2 : Histogrammes des distributions de valeurs dans la population d'adolescents (12-19 ans) et adultes (20-39 ans) recrutés en 2019-2020 (phase 1) pour chacun des marqueurs de phtalates étudiés. 86

ANNEXE 3 : Histogrammes des distributions de valeurs dans la population d'adultes (40-59 ans) recrutés en 2023 (phase 3) pour chacun des marqueurs de phtalates étudiés. 86

ANNEXE 4: Statistiques descriptives pour les marqueurs urinaires mesurés dans la population d'enfants (3-11 ans) recrutés en 2020-2021 (phase 2) et rapportés par rapport à la créatinine urinaire (en µg/g creat) 86

ANNEXE 5: Statistiques descriptives pour les marqueurs urinaires mesurés dans la population d'adolescents (12-19 ans) et d'adultes (20-39 ans) recrutés en 2019-2020 (phase 1) et rapportés par rapport à la créatinine urinaire (en µg/g creat) 86

ANNEXE 6: Statistiques descriptives pour les marqueurs urinaires mesurés dans la population d'adultes (40-59 ans) recrutés en 2023 (phase 3) et rapportés par rapport à la créatinine urinaire (en µg/g creat)[3] 86

Annexe 1 : Histogrammes des distributions de valeurs dans la population d'enfants (3-11 ans) recrutés en 2020-2021 (phase 2) pour chacun des marqueurs de retardateurs de flamme phosphorés et phtalates étudiés. 87

Annexe 2 : Histogrammes des distributions de valeurs dans la population d'adolescents (12-19 ans) et adultes (20-39 ans) recrutés en 2019-2020 (phase 1) pour chacun des marqueurs de phtalates étudiés. 96

Annexe 3 : Histogrammes des distributions de valeurs dans la population d'adultes (40-59 ans) recrutés en 2023 (phase 3) pour chacun des marqueurs de phtalates étudiés. 103

Annexe 4: Statistiques descriptives pour les marqueurs urinaires mesurés dans la population d'enfants (3-11 ans) recrutés en 2020-2021 (phase 2) et rapportés par rapport à la créatinine urinaire (en µg/g creat)[1] 110

Annexe 5: Statistiques descriptives pour les marqueurs urinaires mesurés dans la population d'adolescents (12-19 ans) et d'adultes (20-39 ans) recrutés en 2019-2020 (phase 1) et rapportés par rapport à la créatinine urinaire (en µg/g creat)[2] 117

Annexe 6: Statistiques descriptives pour les marqueurs urinaires mesurés dans la population d'adultes (40-59 ans) recrutés en 2023 (phase 3) et rapportés par rapport à la créatinine urinaire (en µg/g creat)[3] 125

TABLE DES ACRONYMES

BMH-Wal: Biomonitoring Humain Wallon
HAPs : hydrocarbures aromatiques polycycliques
PCBs : polychlorobiphényles
PFAS : substances perfluorées
MEP : monoéthylphtalate
DEP : diéthylphtalate
MnBP: mono-n-butylphtalate
DnBP: di-n-butyl phtalate
MiBP: mono-iso-butylphtalate
DiBP: di-isobutyl phtalate
5-oxo-MEHP: mono-(2-ethyl-5-oxohexyl)phtalate
DEHP: di(2-éthylhexyl)phtalate
5-OH-MEHP: mono-(2-ethyl-5-hydroxyhexyl)phtalate
5-cx-MEPP: mono(5-carboxy-2-ethylpentyl) phtalate
MEHP: monoethylhexylphtalate
MBzP: monobenzylphtalate
BBzP: butyl benzyl phtalate
cx-MiNP: 7-Carboxy-(mono-methyl-heptyl) phtalate
DiNP: di-isononyl phtalate
HO-MiNP: 7-hydroxy-(mono-methyl-octyl) phtalate
6-OH-MiDP: 6-OH-Mono-propyl-heptyl phtalate
DiDP: Di-isodécyl phtalate
OH-MINCH: cyclohexane-1,2-dicarboxylate-mono-(7-hydroxy-4-methyl)octyl ester
DINCH: di(isononyl) cyclohexane-1,2-dicarboxylate
cx-MINCH: cyclohexane-1,2-dicarboxylate-mono-(7-carboxylate-4-methyl)heptyl ester
oxo-MINCH: Cyclohexane-1,2-dicarboxylate, mono-(4-methyl- 7-oxooctyl) ester
DPP: Diphénylphosphate
TPP: triphénylphosphate
EHDPP: 2-ethylhexyldiphenylphosphate
DBP: di-n-butyl phosphate
TBP: tri-n-butyl phosphate
BDCPP: bis(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate
TDCIPP: Tris(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate
BCPHPP: 1-hydroxy-2-propyl bis(1-chloro-2-propyl) phosphate
TCIPP : Tris(2-chloroisopropyl) phosphate
RFP : retardateurs de flamme phosphorés
RV95 : valeurs de référence
LOQ : limite de quantification
N TOT : nombre totale de participants
MG : moyenne géométrique

1. INTRODUCTION

Le premier programme de Biomonitoring Humain Wallon (BMH-Wal), financé par le Gouvernement Wallon, a démarré en 2019 afin d'obtenir des données de référence sur l'exposition des Wallons à diverses substances polluantes rencontrées dans l'environnement, l'alimentation, l'eau de boisson ou les produits de la vie quotidienne. Les objectifs principaux étaient de déterminer les concentrations de référence spécifiques de la population wallonne, d'identifier des sous-groupes plus particulièrement exposés (en fonction de l'âge, du sexe, du statut tabagique, etc.), et de comparer les niveaux d'exposition de la population wallonne aux niveaux retrouvés dans les autres pays de niveau socio-économique similaire. La mise en évidence de sources d'exposition pourrait également être envisagée par la suite en cherchant des liens statistiques entre niveaux d'imprégnation et statut socio-économique des participants, lieu de résidence, ou certaines habitudes de vie.

Les substances ciblées initialement étaient des métaux et éléments traces, des plastifiants (bisphénols), des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs), plusieurs familles de pesticides, des polychlorobiphényles (PCBs) et des substances perfluorées (PFAS).

La phase 1 de ce programme s'était focalisée sur une population de nouveau-nés, d'adolescents (12-19 ans) et de jeunes adultes (20-39 ans), recrutés entre décembre 2019 et juillet 2020. La phase 2 s'était concentrée sur une population d'enfants de 3 à 5 ans et de 6 à 11 ans, recrutés entre décembre 2020 et juin 2021, et la phase 3 concernait la catégorie d'âge adulte de 40-59 ans recrutés en 2023, permettant ainsi à la Wallonie de disposer de valeurs de référence pour l'ensemble de la population de 3 à 59 ans, ainsi que les nouveau-nés.

Cette quatrième phase consiste en le dosage des métabolites de phtalates et plastifiants sans phtalate dans l'ensemble des échantillons d'urine collectés au cours des 3 phases précédentes (3-11 ans, 12-19 ans, 20-39 ans et 40-59 ans), et le dosage des retardateurs de flamme phosphorés (RFP) dans l'urine des enfants (3-11 ans) qui représentent une population particulièrement exposée à ce type de polluants. Ces marqueurs ainsi que les substances parentes dont ils sont issus sont repris dans le tableau ci-dessous (Tableau 1).

Tableau 1 : Liste des marqueurs mesurés et des substances parentes correspondantes

ABBRÉVIATION	MARQUEURS	PHTALATES PARENTS
PHTALATES ET PLASTIFIANTS SANS PHTALATE		
MEP	Monoéthylphtalate	Diéthylphtalate (DEP)
MnBP	Mono-n-butylphtalate	Di-n-butyl phtalate (DnBP)
MiBP	Mono-iso-butylphtalate	Di-isobutyl phtalate (DiBP)
5-oxo-MEHP	Mono-(2-ethyl-5-oxohexyl)phtalate	Di(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP)
5-OH-MEHP	Mono-(2-ethyl-5-hydroxyhexyl)phtalate	
5-cx-MEPP	Mono(5-carboxy-2-ethylpentyl) phtalate	
MEHP	Monoethylhexylphtalate	
MBzP	Monobenzylphtalate	Butyl benzyl phtalate (BBzP)
cx-MiNP	7-Carboxy-(mono-methyl-heptyl) phtalate	Di-isononyl phtalate (DiNP)
HO-MiNP	7-hydroxy-(mono-methyl-octyl) phtalate	
6-OH-MiDP	6-OH-Mono-propyl-heptyl phtalate	Di-isodécyl phtalate (DiDP)
OH-MINCH	cyclohexane-1,2-dicarboxylate-mono-(7-hydroxy-4-methyl)octyl ester	Di(isononyl) cyclohexane-1,2-dicarboxylate (DINCH)
cx-MINCH	cyclohexane-1,2-dicarboxylate-mono-(7-carboxylate-4-methyl)heptyl ester	
oxo-MINCH	Cyclohexane-1,2-dicarboxylate, mono-(4-methyl- 7-oxooctyl) ester	
RETARDATEURS DE FLAMME PHOSPHORÉS		
DPP	Diphénylphosphate	Triphénylphosphate (TPP), 2-ethylhexyldiphenylphosphate (EHDPP), resorcinol bis-diphenylphopsphate
DBP	Di-n-butyl phosphate	Tri-n-butyl phosphate (TBP)
BDCPP	bis(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate	Tris(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate (TDCIPP)
BCPHPP	1-hydroxy-2-propyl bis(1-chloro-2-propyl) phosphate	Tris(2-chloroisopropyl) phosphate (TCIPP)

2. PRÉSENTATIONS DES BIOMARQUEURS

2.1. Les retardateurs de flamme phosphorés (RFP)

Les retardateurs de flamme sont des substances chimiques qui sont ajoutées dans de nombreux objets de la vie courante pour éviter qu'ils ne s'enflamment, et ralentir la propagation du feu. Leur caractère semi-volatil favorise leur émission dans l'air. Parmi eux, les

esters organophosphorés sont utilisés comme retardateurs de flamme mais également comme plastifiant et lubrifiant dans les plastiques (dont le PVC), les textiles, les mousses de polyuréthane, les fluides hydrauliques, etc. Leur utilisation a augmenté au fil du temps en remplacement d'autres substances interdites ou strictement règlementées comme les retardateurs de flamme bromés. Ils sont largement utilisés dans les produits de consommation et les matériaux de construction tels que les meubles, les peintures et colles, les appareils électroniques, les emballages alimentaires et les textiles, mais aussi dans les jouets et articles de puériculture comme les tables à langer, les matelas, les porte-bébés ou les chaises hautes. Ils ne sont pas chimiquement liés aux produits, ils peuvent donc facilement migrer et contaminer les environnements domestiques et de bureau ainsi que les aliments lorsqu'ils sont présents dans les emballages. Ils ont également été détectés dans divers compartiments de l'environnement comme l'eau (eau douce et eau potable), l'air, le sol, et les sédiments (Nguyen et al., 2024; van der Veen and de Boer, 2012; Wang et al., 2020).

L'exposition aux RFP peut se produire par inhalation, ingestion (soit par l'ingestion de nourriture et d'eau, soit par l'ingestion de poussières intérieures car les RFP migrent des produits et des matériaux vers l'environnement intérieur et extérieur) et par voie cutanée, y compris par contact direct avec des produits de consommation contenant des RFP. Pour les bébés et les tout-petits, en raison du comportement main-bouche et de la mise en bouche des jouets, la principale voie d'exposition est l'ingestion de poussière domestique et le contact direct, alors que la contamination de la chaîne alimentaire serait la voie d'exposition prépondérante pour les adultes. Une fois absorbés, les RFP sont métabolisés et éliminés dans les urines.

Les effets des sur la santé des RFP sont peu documentés, et les résultats des expérimentations animales varient d'une étude toxicologique à l'autre (Fromme et al., 2014). Il semblerait que certains soient neurotoxiques, immunotoxiques, reprotoxiques, et auraient un potentiel cancérigène chez les animaux. Mais jusqu'à présent, aucune de ces substances n'a été classée comme cancérogène par les institutions internationales (Fromme et al., 2014; van der Veen and de Boer, 2012). Certaines études in vitro ont mis en évidence des propriétés de perturbateurs endocriniens, notamment des effets anti-oestrogéniques et des effets sur les hormones thyroïdiennes.

Les RFP mesurés dans le cadre de ce biomonitoring sont le triphénylphosphate (TPP) via son métabolite diphénylphosphate (DPP), le tri-n-butyl phosphate (TBP) via son métabolite di-n-butyl phosphate (DBP), le tris(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate (TDCIPP) via son métabolite bis(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate (BDCPP), et le tris(2-chloroisopropyl) phosphate (TCIPP) via son métabolite hydroxylé 1-hydroxy-2-propyl bis(1-chloro-2-propyl) phosphate (BCPHPP), ce dernier étant mesuré sous forme d'un mélange de diastéréoisomères (et dans les solutions de référence, et dans les échantillons réels d'urine).

2.2. Les phtalates et plastifiants sans phtalate

Les phtalates font partie d'un groupe de composés dérivés de l'acide phtalique, dont la structure commune est un noyau benzénique sur lequel sont fixés deux groupements esters. Il existe un grand nombre de congénères différents en fonction de la nature et la longueur des chaînes esters, dont une dizaine sont ou ont été couramment utilisés d'une part comme plastifiant pour augmenter la flexibilité, la transparence et la durabilité des matériaux plastiques comme le chlorure de polyvinyle (PVC) – ce sont les phtalates dits de hauts poids moléculaires comme le diéthylhexylphtalate (DEHP) – ou d'autre part comme solvants dans les adhésifs, cires et peintures, comme fixateur de parfum, émollients, ou agents de pénétration cutanée dans les cosmétiques et produits de soins personnels – ce sont les phtalates dits de faibles poids moléculaires comme le diéthylphtalate (DEP) ou di-n-butylphtalate (DnBP). Les phtalates sont donc présents dans une large gamme de produits de consommation tels que les matériaux de construction, les solvants, les peintures, les jouets, les textiles, les matériaux en contact avec la nourriture, les dispositifs médicaux, les cosmétiques et produits de soin personnels, les médicaments oraux, etc (Heudorf et al., 2007; Schettler, 2006). Comme ils sont ajoutés en tant qu'additifs, ils ne sont pas liés chimiquement aux matériaux, et peuvent facilement migrer hors du plastique lors de son utilisation ou de sa fin de vie. Les voies d'exposition pour la population générale comprennent donc l'ingestion d'aliments contaminés (ayant été en contact avec leur emballage) ou de poussières domestiques, l'inhalation ou l'absorption cutanée de produits de soins personnels, l'inhalation d'air intérieur contaminé par des émanations de peintures ou de matériaux de revêtement pour les murs et les sols, ou via certains traitements médicaux (par dialyse, transfusion sanguine ou prise de certains médicaments par voie orale)(Schettler, 2006). Si la toxicité aigüe des phtalates est jugée faible, l'exposition chronique a plusieurs fois été associée entre autres à une réduction de la qualité du sperme, une diminution de la fertilité, une augmentation de la mortalité prénatale, un poids réduit à la naissance, une diminution de la distance ano-génitale, une augmentation de la résistance à l'insuline et de l'obésité abdominale, ou encore des déficits neurodéveloppementaux (Heudorf et al., 2007; Katsikantami et al., 2016), entrainant leur classification par l'agence européenne des produits chimiques (ECHA) en 2017 comme toxiques pour la reproduction et perturbateurs endocriniens (Palandri et al., 2026).

À la suite des différentes restrictions sur l'utilisation de certains phtalates (i.e. DEHP, DnBP, BzBP, diisononylphtalate, etc) implémentées progressivement en Europe depuis 1999 (Palandri et al., 2026; Pirard and Charlier, 2022), d'autres plastifiants ont été mis sur le marché et utilisés comme substituts aux phtalates de hauts poids moléculaires dans les plastiques incluant les matériaux d'emballage alimentaire, les dispositifs médicaux, les produits de puériculture et les jouets. C'est le cas par exemple du di(isononyl) cyclohexane-1,2-dicarboxylate (DINCH) ou l'Hexamoll® DINCH, qui est considéré comme une alternative sûre dénuée de propriétés reprotoxiques et perturbatrices endocriniennes (Kasper-Sonnenberg et al., 2019). Néanmoins, les études sur ses effets sur la santé restent limitées, et certaines ont récemment mis en doute son innocuité (Campioli et al., 2015; Xin et al., 2025).

Les phtalates (et le DINCH) sont rapidement métabolisés en mono-esters glucuroconjugués pour les phtalates à faible poids moléculaire (MEP, MnBP, MiBP, MBzP), tandis que les plus hauts poids moléculaires subissent en plus une oxydation conduisant à des dérivés hydroxylés, oxo- et carboxylés, également glucuro-conjugués (5-oxo-MEHP, 5-OH-MEHP, 5-cx-MEPP, cx-MiNP, HO-MiNP, 6-OH-MiDP, OH-MINCH, cx-MINCH, oxo-MINCH). Le dosage de ces métabolites urinaires reflète une exposition à court terme (Johns et al., 2015).

3. ANALYSES STATISTIQUES

Les valeurs de référence (RV95) ont été établies et les statistiques descriptives ont été déterminées selon la « méthodologie d'élaboration des valeurs de référence dans le cadre du projet BMH-Wal 1 » (version 4) rédigée par l'ISSeP et approuvée par les trois laboratoires du consortium. Les valeurs inférieures à la limite de quantification (LOQ) ont été remplacées par LOQ/2. Pour chacun des marqueurs, et pour chacun des groupes de population étudié (en fonction des différentes phases), un histogramme a été construit afin d'inspecter visuellement si la distribution des valeurs ne présentait pas différents sous-groupes d'exposition (joints en annexe 1, 2 et 3 pour respectivement les phases 2, 1 et 3). Comme attendu, aucun des marqueurs ne présentait une distribution normale ce qui justifie l'utilisation de tests statistiques non-paramétriques et aucun sous-groupe d'exposition n'a été mis en évidence par ces histogrammes. Pour chaque « outlier » identifié par la méthode de Tukey modifié, le résultat de l'analyse a été revérifié (inspection du chromatogramme, vérification de la validité de la série), et les réponses au questionnaire (questions pertinentes selon le marqueur) ont été examinées afin d'y déceler une éventuelle exposition professionnelle ou extra-professionnelle particulière. Pour l'ensemble des marqueurs du présent rapport, aucun outlier n'a été exclu. Des tests de Mann-Whitney ont été réalisés afin d'identifier les sous-groupes (en fonction du sexe et de l'âge) qui présentent des concentrations de marqueurs significativement différentes. Ces tests ont été réalisés en utilisant les concentrations massiques volumiques. La différence a été jugée significative pour $p<0.05$. De plus, la pertinence d'établir des RV95 différentes pour ces sous-groupes a été évaluée au moyen d'un z test pour une proportion. Le seuil de significativité a été fixé à 0.001. Aucun z-test n'a mis en évidence de RV95 significativement différentes lorsque les Mann-Whitney ne l'étaient pas.

4. STATISTIQUES DESCRIPTIVES ET VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LES ENFANTS (3-5 ANS ET 6-11 ANS) RECRUTÉS EN 2020-2021

Pour chacun des biomarqueurs urinaires, le nombre de participants présentant des valeurs supérieures à la limite de quantification (LOQ), le pourcentage de participants présentant des valeurs supérieures et inférieures à la LOQ, la moyenne géométrique et son intervalle de confiance à 95%, les percentiles P5, P25, P50, P75, P90, P95 et l'intervalle de confiance à 95% de ce dernier, et la valeur de référence (RV_{95}) ont été déterminés et sont présentés dans les tableaux 2 (2a et 2b) pour l'ensemble de la population et pour les différents sous-groupes lorsque c'est pertinent (voir description des analyses statistiques chp 3. ANALYSES STATISTIQUES). Les p-values obtenues lors des tests de Mann-Whitney et z-test pour une proportion sont également rapportées. Les valeurs sont exprimées en µg/l. Les résultats ajustés par rapport à la créatinine (exprimés en µg/g créatinine) sont présentés à l'annexe 4.

Tableau 2a : Statistiques descriptives pour les retardateurs de flamme phosphorés dans l'urine des enfants âgés de 3 à 11 ans (en µg/l)

	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	Mann Whitney p-value	min-max µg/l	MG [95%CI] µg/l	P5 µg/l	P25 µg/l	P50 µg/l	P75 µg/l	P90 µg/l	P95 [95%CI] µg/l	RV_{95} µg/l	z-test p-value
DPP															
Tous (3-11 ans)															
	581	0.05	100.0	0.0		0.13-29.9	2.12 [1.98-2.26]	0.57	1.22	2.16	3.56	6.01	7.97 [7.01-9.41]	7.90	
DBP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	0.10	72.5	27.5		<0.10-3.43	0.15 [0.14-0.16]	<0.10	<0.10	0.16	0.25	0.43	0.62 [0.53-0.92]	0.62	
Age					***0.01506***										0.03662
3-5 ans	284	0.10	78.5	21.5		<0.10-3.43	0.17 [0.15-0.18]	<0.10	0.11	0.17	0.26	0.48	0.84 [0.57-1.16]		
6-11 ans	297	0.10	66.7	33.3		<0.10-2.66	0.14 [0.12-0.15]	<0.10	<0.10	0.15	0.25	0.39	0.53 [0.44-0.82]		
BDCPP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	0.10	88.5	11.5		<0.10-21.4	0.36 [0.33-0.40]	<0.10	0.18	0.36	0.72	1.58	2.69 [2.20-3.86]	2.60	
Sexe					***0.016079***										0.57670
Filles	283	0.10	85.9	14.1		<0.10-14.6	0.32 [0.28-0.37]	<0.10	0.17	0.30	0.65	1.43	2.43 [1.93-4.08]		
Garçons	298	0.10	90.9	9.1		<0.10-21.4	0.40 [0.35-0.45]	<0.10	0.19	0.40	0.78	1.59	2.91 [2.08-4.19]		
BCPHPP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	0.10	99.0	1.0		<0.10-319.4	0.98 [0.90-1.07]	0.22	0.48	0.85	1.84	4.13	6.66 [5.58-8.60]	6.60	

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

Tableau 2b : Statistiques descriptives pour les phtalates dans l'urine des enfants âgés de 3 à 11 ans (en µg/l)

MEP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	0.94	100.0	0.0		0.94-1777.6	22.9 [21.0-25.0]	4.25	11.7	20.5	43.6	84.3	145.4 [115.9-215.0]	140	
Age					***0.01909***										0.05277
3-5 ans	286	0.94	100.0	0.0		0.94-1777.6	20.4 [18.1-23.0]	3.55	11.1	18.8	38.2	73.7	122.5 [83.9-172.2]		
6-11 ans	295	0.94	100.0	0.0		1.37-655.0	25.6 [22.7-29.0]	5.66	12.2	22.5	49.4	99.6	188.1 [121.3-375.4]		
MnBP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	0.99	100.0	0.0		0.99-575.8	25.2 [23.5-27.0]	6.45	15.1	26.0	43.4	69.0	92.3 [79.4-100.0]	92	
MiBP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	1.23	100.0	0.0		1.35-1127.1	36.1 [33.3-39.1]	7.35	20.4	35.3	65.5	112.3	190.9 [154.5-265.0]	190	
5-oxo-MEHP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	0.53	99.5	0.5		<0.53-197.6	5.49 [5.12-5.90]	1.31	3.28	5.37	9.15	15.6	22.7 [19.1-29.2]	22.0	
5-OH-MEHP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	0.43	99.8	0.2		<0.43-467.0	8.52 [7.93-9.16]	1.95	4.94	8.49	15.0	24.4	33.3 [29.4-43.9]	33.0	

Tableau 2b suite

5-cx-MEPP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	1.14	99.5	0.5		<1.14-470.5	11.16 [10.4-11.9]	3.07	6.87	10.7	18.5	31.3	43.0 [36.1-54.5]	43.0	
MEHP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	0.62	60.4	39.6		<0.62-41.9	0.85 [0.79-0.92]	<0.62	<0.62	0.82	1.73	3.23	4.24 [3.73-6.21]	4.2	
MBzP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	0.61	95.0	5.0		<0.61-508.4	3.49 [3.18-3.83]	0.64	1.63	3.33	6.65	15.0	27.0 [20.1-36.6]	27.0	
cx-MiNP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	1.21	97.4	2.6		<1.21-215.2	5.18 [4.83-5.55]	1.64	3.02	4.81	8.06	14.8	23.1 [18.1-29.8]	23.0	
Age					***0.02252***										0.73840
3-5 ans	286	1.21	96.5	3.5		<1.21-71.6	5.49 [4.95-6.08]	1.59	3.17	5.47	9.00	15.3	21.5 [16.3-54.2]		
6-11 ans	295	1.21	98.3	1.7		<1.21-215.2	4.90 [4.46-5.38]	1.72	2.98	4.58	7.54	11.7	23.4 [15.6-31.3]		
HO-MiNP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	1.00	98.8	1.2		<1.00-187.2	6.70 [6.25-7.18]	1.84	3.96	6.39	11.1	19.3	27.0 [24.2-35.5]	27.0	

Tableau 2b suite

6-OH-MiDP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	1.00	54.0	46.0		<1.00-27.7	1.07 [1.00-1.15]	<1.00	<1.00	1.06	1.85	3.33	4.81 [4.05-6.07]	4.80	
Age					***0.03718***										0.84120
3-5 ans	286	1.00	55.9	44.1		<1.00-27.7	1.16 [1.05-1.28]	<1.00	<1.00	1.10	2.25	3.49	4.86 [4.01-6.07]		
6-11 ans	295	1.00	52.2	47.8		<1.00-14.1	1.00 [0.91-1.09]	<1.00	<1.00	1.04	1.63	2.71	4.27 [3.28-7.08]		
OH-MINCH															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	1.00	85.7	14.3		<1.00-582.1	2.85 [2.61-3.12]	<1.00	1.51	2.69	5.48	10.8	18.8 [14.6-25.9]	18.0	
Age					***0.01553***										0.16080
3-5 ans	286	1.00	84.6	15.4		<1.00-582.1	3.05 [2.68-3.47]	<1.00	1.71	3.15	5.69	10.4	16.9 [12.7-24.5]		
6-11 ans	295	1.00	86.8	13.2		<1.00-205.0	2.67 [2.35-3.03]	<1.00	1.35	2.32	4.54	11.8	21.4 [14.5-42.8]		
Sexe					***0.02821***										0.08183
Filles	281	1.00	82.2	17.8		<1.00-211.0	2.58 [2.25-2.95]	<1.00	1.24	2.47	5.02	10.12	17.6 [12.8-30.4]		
Garçons	300	1.00	89.0	11.0		<1.00-582.1	3.14 [2.77-3.55]	<1.00	1.71	2.84	5.91	11.46	19.9 [14.5-26.3]		
cx-MINCH															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	1.00	77.1	22.9		<1.00-332.5	1.70 [1.57-1.83]	<1.00	1.03	1.64	2.81	5.80	8.09 [7.00-11.2]	8.0	
Age					***0.00467***										0.38530
3-5 ans	286	1.00	81.1	18.9		<1.00-332.5	1.85 [1.66-2.07]	<1.00	1.09	1.82	3.16	6.23	7.37 [6.88-11.1]		
6-11 ans	295	1.00	73.2	26.8		<1.00-138.3	1.55 [1.39-1.74]	<1.00	<1.00	1.47	2.45	5.49	9.43 [6.39-17.3]		

Tableau 2b suite

oxo-MINCH															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (3-11 ans)															
	581	1.00	73.0	27.0		<1.00-342.7	2.00 [1.82-2.19]	<1.00	<1.00	1.99	3.94	8.56	14.4 [12.3-19.0]	14.0	

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

4.1. Les retardateurs de flamme phosphorés dans l'urine des enfants (3-11 ans)

Le diphénylphosphate (DPP) est le RFP détecté le plus fréquemment (dans 100% des échantillons dosés), et en plus grande concentration (P50 =2.16 µg/l ; P95 = 7.97 µg/l). Le 1-hydroxy-2-propyl bis(1-chloro-2-propyl) phosphate (BCPHPP) sous forme de mélange de diastéréoisomères et le bis(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate (BDCPP) ont également été détectés dans une grande majorité des échantillons (respectivement 99% et 88.5%) mais en moindre concentration (P50 = 0.85 µg/l et 0.36 µg/l respectivement). Enfin, le dibutylphosphate (DBP) a été retrouvé en plus faible concentration (concentration médiane de 0.16 µg/l) dans 73% des échantillons. Ce profil urinaire (DPP>BCPHPP>BDCPP>DBP) est similaire à celui généralement observé dans d'autres études réalisées en Europe (Guo et al., 2022; Schoeters et al., 2022; Van den Eede et al., 2015). Le DPP est un métabolite commun à plusieurs substances parentes (voir tableau 1), et est également utilisé comme tel en tant que plastifiant (van der Schyff et al., 2023). Il n'est dès lors pas surprenant qu'au vu de ses multiples sources et utilisations, son exposition soit plus importante. D'autre part, un profil différent est observé en Belgique dans les poussières domestiques (TCIPP>>DPP>TDCIPP>TBP) et dans l'alimentation (TCIPP ~ TPP> TDCIPP>TBP) (Poma et al., 2018; Van den Eede et al., 2011) qui sont considérées comme les principales sources d'exposition aux RFP. Une différence de toxicocinétique entre les RFP, mais aussi une exposition directe à certains métabolites (rarement mesurés dans les matrices environnementales), seraient peut-être au moins en partie en mesure d'expliquer cette différence entre les profils mesurés dans les urines et les matrices environnementales.

Les impacts de l'âge et du sexe sont inconsistants dans la littérature et dans la présente étude (Louis et al., 2022; van der Schyff et al., 2023). Une diminution de l'exposition aux RFP avec l'âge est souvent observée, les enfants plus jeunes ayant une absorption de nutriments plus rapide, un taux de ventilation et de métabolisme plus important, un rapport surface corporelle/poids plus élevé, et des comportements augmentant leur exposition comme les comportements main/bouche ou un plus grand temps passé au niveau du sol (Van den Eede et al., 2015). Dans notre population d'enfants wallons, les 4 métabolites de RFP ont été mesurés à des concentrations légèrement supérieures dans l'urine des enfants âgés entre 3 et 5 ans vs 6-11 ans, mais avec une différence significative uniquement pour le DBP ($p = 0.01506$). Les garçons ont des concentrations urinaires significativement plus élevées que les filles ($p = 0.01608$) uniquement pour le BDCPP, comme déjà observé pour des garçons slovènes ou tchèques (van der Schyff et al., 2023), mais contrairement aux observations de Louis et al. (2022) pour des enfants américains.

4.2. Les phtalates et plastifiant sans phtalate dans l'urine des enfants (3-11 ans)

Onze marqueurs de phtalates correspondant à 7 phtalates parents ont été mesurés, ainsi que 3 métabolites du DINCH, plastifiant alternatif sans phtalate. Le cx-MiNP, HO-MiNP, 6-OH-MiDP, et les 3 métabolites du DINCH (OH-MINCH, cx-MINCH et oxo-MINCH) ont été quantifiés chacun comme la somme de leurs isomères, selon les recommandations énoncées lors du programme QA/QC interlaboratoire mis en place dans le cadre du projet européen HBM4EU (Mol et al., 2022).

Les métabolites des phtalates ont été détectés dans plus de 95% des échantillons d'urine à l'exception du MEHP et 6-OH-MiDP (avec une fréquence de détection de 60% et 46% respectivement), tandis que les métabolites du DINCH ont été retrouvés dans plus de 70% des échantillons.

Les métabolites des phtalates de faibles poids moléculaires (DEP, DnBP, DiBP) ont été mesurés en plus hautes concentrations (concentrations médianes de 20.5 µg/l, 26.0 µg/l et 35.3 µg/l pour respectivement le MEP, MnBP et MiBP) comparées aux concentrations de phtalates de hauts poids moléculaires (DEHP, BBzP, DiNP et DiDP) pour lesquels les concentrations médianes en métabolites varient de 1.06 µg/l pour le 6-OH-MiDP à 10.7 µg/l pour le 5-cx-MEPP, et aux concentrations des métabolites du DINCH (dont les P50 varient entre 1.6 µg/l et 2.7 µg/l pour le cx-MINCH et OH-MINCH respectivement). Ce profil de distribution des métabolites est consistant avec ceux rapportés que ce soit pour des populations d'enfants, d'adolescents ou d'adultes (Bastiaensen et al., 2021; Pirard and Charlier, 2022). Ces concentrations urinaires plus faibles pour les métabolites de phtalates de haut poids moléculaire et du DINCH ne signifient pas pour autant une exposition plus faible, car leur toxicocinétique est différente, avec des pourcentages d'élimination urinaireplus faibles (entre 70% et 80% de la dose administrée pour le MEP, MiBP et MnBP, entre 2% et 23% pour les autres métabolites mesurés) (Bastiaensen et al., 2021).

Des concentrations significativement plus élevées ont été mesurées dans les urines des enfants plus jeunes (3-5 ans vs 6-11 ans) pour plusieurs métabolites comme le cx-MiNP ($p = 0.02252$), le 6-OH-MiDP ($p = 0.03718$), le OH-MINCH ($p = 0.01553$) et le cx-MINCH ($p = 0.00467$), le MEP faisant exception puisque la tendance inverse a été observée ($p = 0.01909$). Une exposition plus faible au DEP, et plus importante aux autres phtalates (de poids moléculaire élevés) pour les plus jeunes enfants ont déjà été rapportées (Den Hond et al., 2015; Jung et al., 2025; Schwedler et al., 2020b; Wang et al., 2019). Concernant les différences entre sexes, seul le OH-MINCH s'est révélé être significativement plus élevé dans l'urine des garçons ($p = 0.02821$), tous les autres métabolites ne montrant aucune différence significative en fonction du sexe. Cette absence de différence a déjà été rapportée pour des populations d'enfants (Schwedler et al., 2020a; Yao et al., 2019).

5. COMPARAISON AVEC D'AUTRES ÉTUDES NATIONALES ET INTERNATIONALES POUR LES ENFANTS (3-5 ANS ET 6-11 ANS) RECRUTÉS EN 2020-2021

Les valeurs obtenues lors du biomonitoring dans la population d'enfants wallons ont été comparées aux résultats mesurés dans d'autres populations d'enfants de pays ou régions si possible proches géographiquement, rapportés lors d'études comprenant un nombre de participants importants. Ces résultats (moyenne géométrique=MG, P50 et P95) ainsi que le nombre de participants et la période durant laquelle le recrutement de l'étude a été réalisé (années) sont présentés dans un tableau pour chaque marqueur.

5.1. Les retardateurs de flamme phosphorés dans l'urine des enfants

Les tableaux ci-dessous (3a, 3b, 3c et 3d) comparent les concentrations urinaires en DPP, DBP, BCPHPP et BDCPP mesurées en population wallonne avec les résultats d'études internationales pour des populations d'enfants, avec un focus sur les études européennes.

Tableau 3a : Concentrations urinaires en DPP mesurées dans des différentes études

DPP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Enfants (3-11 ans)	581	2020-2021	2.12	2.16	7.97
Belgique, 3xG (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	133	2019-2020	-	2.28	9.71
Belgique, FLEHS IV (Schoeters et al., 2022)					
Adolescents (14-15 ans)	413	2017-2018	1.36	1.33	3.97
France, ESTEBAN (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	299	2014-2016	-	1.70	8.07
Allemagne, GerES V (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-12 ans)	300	2015-2017	-	1.74	7.44
Danemark, OCC (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-7 ans)	291	2018-2019	-	1.02	4.38
Slovénie (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	147	2018	-	2.43	7.50
Slovaquie, PCB cohort (HBM4EU dashboard)					
Enfants (10-12 ans)	300	2014-2017	-	3.01	10.3
République Tchèque (van der Schyff et al., 2023)					
Enfants (11-12 ans)	195	2019	-	2.06*	5.97*
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-11 ans)	300	2016-2017	-	1.96	8.57
Europe, « aligned studies » (Govarts et al., 2023)					
Enfants (6-12 ans)	1768	2014-2021	1.82	-	8.29
USA, NHANHES (CDC)					
3-5 yrs	418	2017-2018	1.70	1.61	12.6
6-11 yrs	331	2017-2018	1.84	1.80	11.2
Canada, CHMS cycle 6					
3-5 yrs	400	2018-2019	1.30	1.30	6.40
6-11 yrs	400	2018-2019	1.10	1.00	6.50
Australie (He et al., 2018)					
Enfants (0.25 à 2.5 ans)	61	2015-2016	-	1.00	-
Chine (Yu et al., 2022)					
Enfants (6-18 ans)	1388	2018	0.240	0.22	2.03

* résultats exprimés en µg/g creat

Tableau 3b : Concentrations urinaires en DBP mesurées dans des différentes études

DBP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	0.15	0.16	0.62
Belgique, FLEHS IV (Schoeters et al., 2022)					
Adolescents (14-15 ans)	413	2017-2018	<0.15	<0.15	0.35
USA, NHANHES (CDC)					
3-5 yrs	417	2017-2018	0.27	0.24	2.33
6-11 yrs	331	2017-2018	<0.10	0.12	1.07
Australie (He et al., 2018)					
Enfants (0.25 à 2.5 ans)	61	2015-2016	-	0.15	-
Chine (Yu et al., 2022)					
Enfants (6-18 ans)	1388	2018	0.07	<LOD	1.08

Tableau 3c : Concentrations urinaires en BCPHPP mesurées dans des différentes études

BCPHPP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	0.98	0.85	6.66
Belgique, FLEHS IV (Schoeters et al., 2022)					
Adolescents (14-15 ans)	413	2017-2018	0.70	0.69	6.88
Australie (He et al., 2018)					
Enfants (0.25 à 2.5 ans)	61	2015-2016	-	0.93	-
Chine (Yu et al., 2022)					
Enfants (6-18 ans)	1388	2018	0.350	0.37	1.79

Tableau 3d : Concentrations urinaires en BDCPP mesurées dans des différentes études

BDCPP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	0.36	0.36	2.69
Belgique, 3xG (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	133	2019-2020		0.38	3.08
Belgique, FLEHS IV (Schoeters et al., 2022)					
Adolescents (14-15 ans)	413	2017-2018	0.29	0.33	2.93
France, ESTEBAN (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	299	2014-2016	-	0.47	3.82
Allemagne, GerES V (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-12 ans)	300	2015-2017	-	0.70	3.09
Danemark, OCC (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-7 ans)	291	2018-2019	-	0.35	2.80
Slovénie (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	147	2018	-	0.60	2.32
Slovaquie, PCB cohort (HBM4EU dashboard)					
Enfants (10-12 ans)	300	2014-2017	-	<0.30	1.46
République Tchèque (van der Schyff et al., 2023)					
Enfants (11-12 ans)	195	2019	-	0.26*	1.95*
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-11 ans)	300	2016-2017	-	<0.50	0.85
Europe, « aligned studies » (Govarts et al., 2023)					
Enfants (6-12 ans)	1768	2014-2021	0.36	-	2.61
USA, NHANHES (CDC)					
3-5 yrs	418	2017-2018	2.67	2.44	18.6
6-11 yrs	331	2017-2018	3.30	3.28	30.6
Canada, CHMS cycle 6					
3-5 yrs	400	2018-2019	0.93	0.89	5.70
6-11 yrs	400	2018-2019	0.94	0.85	6.30
Australie (He et al., 2018)					
Enfants (0.25 à 2.5 ans)	61	2015-2016	-	3.30	-
Chine (Yu et al., 2022)					
Enfants (6-18 ans)	1388	2018	0.180	0.19	1.04

* résultats exprimés en µg/g creat

Conclusion :

L'exposition aux RFP des enfants en Belgique semble plutôt uniforme. En effet, les concentrations médianes mesurées en DPP, et BDCPP dans l'urine des enfants wallons sont très proches de celles rapportées pour les enfants flamands de la cohorte 3xG recrutée pratiquement à la même période (même si les P95 sont un peu inférieures), mais plus élevées que celles mesurée pour l'ensemble des marqueurs mesurés dans l'urine des adolescents de l'étude FLEHS IV qui est un peu plus ancienne. Cette différence provient probablement de la différence d'âges entre les deux populations, les jeunes enfants étant souvent plus exposés à ce type de substances dont une des sources principales est l'exposition via les poussières domestiques, en raison de leurs comportements main/bouche, mais aussi entre autres d'un taux de ventilation et de métabolisme plus important et d'un rapport surface corporelle/poids plus élevé (Van den Eede et al., 2015). Les concentrations en DPP et BDCPP mesurées dans l'urine de la population d'enfants wallons sont également comparables aux données compilées des différentes études européennes alignées dans le projet HBM4EU qui concernent au total 1768 enfants âgés entre 6 et 12 ans et provenant de 9 pays européens (Govarts et al., 2023). Comme déjà observé par Govarts et ses collègues lors de cette mise en commun des données, l'exposition en Europe est globalement assez homogène du fait de l'harmonisation des règlementations sur les produits chimiques, un système de marché commun et la libre circulation des biens (Govarts et al., 2023). En revanche, si la contamination de l'urine des enfants belges en DPP est légèrement supérieure à celle rencontrée au nord de l'Amérique (USA et Canada) ou dans le pacifique occidental (Chine, Australie), les concentrations en BDCPP sont bien plus basses que dans ces deux autres régions du monde, démontrant une utilisation plus faible de TCPP en Europe, à l'exception de la Chine qui reste un faible consommateur de RFP (Guo et al., 2022; Yu et al., 2022).

On peut constater que le DBP et BCPHPP ont jusqu'ici été très peu étudiés en Europe (les seules données actuellement disponibles pour les jeunes proviennent de l'étude FLEHS en Flandres).

5.2. Les phtalates et plastifiants sans phtalate dans l'urine des enfants

Les tableaux ci-dessous (4a, 4b, 4c, 5a, 5b, 5c, 5d, 6) comparent les concentrations urinaires en métabolites de phtalates et DINCH mesurées en population wallonne avec les résultats d'études internationales pour des populations d'enfants, avec un focus sur les études européennes.

5.2.1. Les métabolites de phtalates de bas poids moléculaires (MEP, MnBP, MiBP)

Tableau 4a : Concentrations urinaires en MEP mesurées dans des différentes études

MEP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Enfants (3-11 ans)	581	2020-2021	22.9	20.5	145.4
Belgique, 3xG (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	133	2019-2020	-	17.8	87.1
Belgique, ENVIRONAGE (den Ouden et al., 2026)					
Enfants (4-12 ans)	328	2014-2023	10.4	7.79	173.0
France, ESTEBAN (Balicco et al., 2019)					
Enfants (6-10 ans)	231	2014-2016	40.6	39.0	227.9
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	25.8	23.1	219.0
Pays-Bas, SPECIMEn-NL (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	89	2020	-	11.1	105.2
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	161	2020-2021	-	52.0	533.0
Slovénie (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	149	2018	-	25.7	242.9
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	300	2017	-	41.8	205.0
Hongrie, InAirQ (HBM4EU dashboard)					
Enfants (8-11 ans)	262	2017-2018	-	8.94	53.5
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-11 ans)	300	2016-2017	-	15.4	123.5
Slovaquie (HBM4EU dashboard)					
Enfants (1-11 ans)	198	2015-2017	-	19.8	157.4
Italie, NACII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	300	2014-2016	-	55.5	431.6
Europe, « aligned studies » (Govarts et al., 2023)					
Enfants (6-12 ans)	2580	2014-2021	24.4	-	214.0
USA, NHANHES (CDC)					
Enfants (3-5 ans)	379	2017-2018	17.7	15.6	162.0
Enfants (6-11 ans)	330	2017-2018	21.2	18.4	192.0
Canada, CHMS cycle 6					
Enfants (3-5 ans)	509	2018-2019	12.0	11.0	67.0
Enfants (6-11 ans)	504	2018-2019	16.0	14.0	130.0
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Enfants (1-13 ans)	381	2018	-	4.20	-
Chine (Yao et al., 2019)					
Enfants (6-8 ans)	1490	2016-2017	-	9.70	-

Tableau 4b : Concentrations urinaires en MnBP mesurées dans des différentes études

MnBP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	25.2	26.0	92.3
Belgique, 3xG (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	133	2019-2020	-	28.0	131.9
Belgique, ENVIRONAGE (den Ouden et al., 2026)					
Enfants (4-12 ans)	328	2014-2023	10.6	10.3	73.6
France, ESTEBAN (Balicco et al., 2019)					
Enfants (6-10 ans)	231	2014-2016	27.6	26.9	95.3
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	20.9	21.0	69.5
Pays-Bas, SPECIMEn-NL (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	89	2020	-	14.8	38.5
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	161	2020-2021	-	25.3	78.1
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	149	2018	-	18.6	59.6
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	300	2017	-	33.8	116.1
Hongrie, InAirQ (HBM4EU dashboard)					
Enfants (8-11 ans)	262	2017-2018	-	17.7	81.3
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-11 ans)	300	2016-2017	-	25.3	80.3
République Tchèque (HBM4EU dashboard)					
Enfants (5-9 ans)	371	2016-2017	-	62.0	231.8
Slovaquie (HBM4EU dashboard)					
Enfants (1-11 ans)	198	2015-2017	-	50.1	202.7
Italie, NACII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	299	2014-2016	-	18.9	84.2
Europe, « aligned studies » (Govarts et al., 2023)					
Enfants (6-12 ans)	2579	2014-2021	21.1	-	80.5
USA, NHANHES (CDC)					
Enfants (3-5 ans)	379	2017-2018	10.5	11.2	53.5
Enfants (6-11 ans)	330	2017-2018	12.5	12.6	50.9
Canada, CHMS cycle 6					
Enfants (3-5 ans)	509	2018-2019	19.0	19.0	72.0
Enfants (6-11 ans)	500	2018-2019	19.0	21.0	60.0
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Enfants (1-13 ans)	381	2018	-	32.5	-
Chine (Yao et al., 2019)					
Enfants (6-8 ans)	1490	2016-2017	-	151.0	-

Tableau 4c : Concentrations urinaires en MiBP mesurées dans des différentes études

MiBP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	36.1	35.3	190.9
Belgique, 3xG (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	133	2019-2020	-	23.1	123.5
Belgique, ENVIRONAGE (den Ouden et al., 2026)					
Enfants (4-12 ans)	328	2014-2023	8.7	8.1	63.4
France, ESTEBAN (Balicco et al., 2019)					
Enfants (6-10 ans)	231	2014-2016	65.2	64.1	211.1
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	26.1	26.2	110.0
Pays-Bas, SPECIMEn-NL (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	89	2020	-	18.0	56.6
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	161	2020-2021	-	33.3	160.6
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	149	2018	-	26.7	129.8
Hongrie, InAirQ (HBM4EU dashboard)					
Enfants (8-11 ans)	262	2017-2018	-	29.6	148.0
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-11 ans)	300	2016-2017	-	26.9	140.6
République Tchèque (HBM4EU dashboard)					
Enfants (5-9 ans)	371	2016-2017	-	39.5	233.3
Slovaquie (HBM4EU dashboard)					
Enfants (1-11 ans)	198	2015-2017	-	23.8	298.6
Italie, NACII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	299	2014-2016	-	31.9	96.4
Europe, « aligned studies » (Govarts et al., 2023)					
Enfants (6-12 ans)	2279	2014-2021	26.6	-	123.0
USA, NHANHES (CDC)					
Enfants (3-5 ans)	379	2017-2018	9.8	9.3	50.8
Enfants (6-11 ans)	330	2017-2018	10.7	10.4	58.5
Canada, CHMS cycle 6					
Enfants (3-5 ans)	509	2018-2019	15.0	13.0	120.0
Enfants (6-11 ans)	494	2018-2019	13.0	13.0	65.0
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Enfants (1-13 ans)	381	2018	-	18.8	-
Chine (Yao et al., 2019)					
Enfants (6-8 ans)	1490	2016-2017	-	26.1	-

Conclusion :

On observe des variations parfois assez larges dans les concentrations urinaires en métabolites de phtalates de bas poids moléculaires (MEP, MnBP et MiBP) rapportées en fonction de l'étude, du pays ou de la période à laquelle a été recrutée la population d'enfants. Par exemple, les concentrations en MEP rapportées dans l'urine des enfants nord-américains (canadien) ou asiatiques (coréens ou chinois) sont entre 1.5x et 5 fois plus basses que les concentrations moyennes observées en Europe (Govarts et al., 2023). Au sein de l'Europe, des différences entre les pays peuvent également être observées, alors que la réglementation en matière d'utilisation de phtalates est commune (Palandri et al., 2026). Les concentrations urinaires mesurées en MEP, MnBP et MiBP lors de l'étude ENVIRONAGE flamande ou SPECIMEn-NL néerlandaise semblent bien plus basses que dans la plupart des autres études, tandis que le MEP mesuré dans l'urine des cohortes d'enfants français (ESTEBAN), grecques (CROME), italiens (NACII) ou polonais semblent avoir été mesuré en concentrations plus élevées. Nos enfants wallons se situent dans la moyenne des enfants européens (Govarts et al., 2023) pour le MEP et le MnBP, et légèrement supérieurs à la moyenne européenne pour le MiBP.

5.2.2. Les métabolites de phtalates de hauts poids moléculaires (MBzP, métabolites de DEHP, métabolites du DiNP, et 6-OH-MiDP)

Tableau 5a : Concentrations urinaires en MBzP mesurées dans des différentes études

MBzP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	3.49	3.33	27.0
Belgique, 3xG (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	133	2019-2020	-	3.50	29.8
Belgique, ENVIRONAGE (den Ouden et al., 2026)					
Enfants (4-12 ans)	328	2014-2023	1.45	1.32	17.6
France, ESTEBAN (Balicco et al., 2019)					
Enfants (6-10 ans)	231	2014-2016	9.70	9.10	56.7
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	3.10	2.90	18.7
Pays-Bas, SPECIMEn-NL (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	89	2020	-	1.61	10.6
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	161	2020-2021	-	2.95	14.4
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	149	2018	-	3.52	15.2

Tableau 5a suite

	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	300	2017	-	1.89	13.0
Hongrie, InAirQ (HBM4EU dashboard)					
Enfants (8-11 ans)	262	2017-2018	-	1.55	10.4
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-11 ans)	300	2016-2017	-	5.32	33.5
République Tchèque (HBM4EU dashboard)					
Enfants (5-9 ans)	371	2016-2017	-	3.20	32.7
Slovaquie (HBM4EU dashboard)					
Enfants (1-11 ans)	198	2015-2017	-	2.73	14.9
Italie, NACII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	299	2014-2016	-	5.92	29.1
Europe, « aligned studies » (Govarts et al., 2023)					
Enfants (6-12 ans)	2279	2014-2021	3.64	-	28.6
USA, NHANHES (CDC)					
Enfants (3-5 ans)	379	2017-2018	5.30	4.90	52.6
Enfants (6-11 ans)	330	2017-2018	5.54	5.20	36.2
Canada, CHMS cycle 6					
Enfants (3-5 ans)	511	2018-2019	5.90	5.90	49.0
Enfants (6-11 ans)	496	2018-2019	6.30	6.10	46.0
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Enfants (1-13 ans)	381	2018	-	1.79	-

Tableau 5b : Concentrations urinaires en métabolites de DEHP mesurées dans des différentes études

METABOLITES DE DEHP					
5-oxo-MEHP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	5.49	5.37	22.7
Belgique, 3xG (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	133	2019-2020	-	8.00	33.5
Belgique, ENVIRONAGE (den Ouden et al., 2026)					
Enfants (4-12 ans)	328	2014-2023	3.04	3.01	17.9
France, ESTEBAN (Balicco et al., 2019)					
Enfants (6-10 ans)	231	2014-2016	12.9	13.4	44.4
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	7.60	7.70	29.0
Pays-Bas, SPECIMEn-NL (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	89	2020	-	5.75	22.0
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	161	2020-2021	-	9.56	30.8
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	149	2018	-	10.8	44.1
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	300	2017	-	9.68	27.2
Hongrie, InAirQ (HBM4EU dashboard)					
Enfants (8-11 ans)	262	2017-2018	-	4.86	20.0
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-11 ans)	300	2016-2017	-	6.29	28.8
République Tchèque (HBM4EU dashboard)					
Enfants (5-9 ans)	371	2016-2017	-	13.5	41.3
Slovaquie (HBM4EU dashboard)					
Enfants (1-11 ans)	198	2015-2017	-	12.2	49.4
Italie, NACII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	299	2014-2016	-	8.91	30.8
Europe, « aligned studies » (Govarts et al., 2023)					
Enfants (6-12 ans)	2577	2014-2021	7.41	-	29.6
USA, NHANHES (CDC)					
Enfants (3-5 ans)	379	2017-2018	5.01	4.90	26.9
Enfants (6-11 ans)	330	2017-2018	5.69	5.90	27.0

Tableau 5b suite

	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
Canada, CHMS cycle 6					
Enfants (3-5 ans)	512	2018-2019	7.40	7.30	34.0
Enfants (6-11 ans)	497	2018-2019	5.80	6.10	19.0
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Enfants (1-13 ans)	381	2018	-	13.8	-
Chine (Yao et al., 2019)					
Enfants (6-8 ans)	1490	2016-2017	-	8.35	-
5-OH-MEHP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	8.52	8.49	33.3
Belgique, 3xG (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	133	2019-2020	-	12.1	50.9
Belgique, ENVIRONAGE (den Ouden et al., 2026)					
Enfants (4-12 ans)	328	2014-2023	4.73	4.43	32.1
France, ESTEBAN (Balicco et al., 2019)					
Enfants (6-10 ans)	231	2014-2016	17.0	17.8	56.3
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	11.0	11.1	40.9
Pays-Bas, SPECIMEn-NL (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	89	2020	-	7.68	33.5
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	161	2020-2021	-	13.3	48.1
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	149	2018	-	15.0	59.8
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	300	2017	-	12.3	35.8
Hongrie, InAirQ (HBM4EU dashboard)					
Enfants (8-11 ans)	262	2017-2018	-	10.3	43.1
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-11 ans)	300	2016-2017	-	10.5	47.3
République Tchèque (HBM4EU dashboard)					
Enfants (5-9 ans)	371	2016-2017	-	21.3	66.2
Slovaquie (HBM4EU dashboard)					
Enfants (1-11 ans)	198	2015-2017	-	18.4	71.4
Italie, NACII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	299	2014-2016	-	17.4	57.3

Tableau 5b suite

	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
Europe, « aligned studies » (Govarts et al., 2023)					
Enfants (6-12 ans)	2579	2014-2021	11.2	-	46.3
USA, NHANHES (CDC)					
Enfants (3-5 ans)	379	2017-2018	7.03	6.90	35.1
Enfants (6-11 ans)	330	2017-2018	8.06	7.90	38.3
Canada, CHMS cycle 6					
Enfants (3-5 ans)	512	2018-2019	9.90	10.0	47.0
Enfants (6-11 ans)	497	2018-2019	8.00	8.00	26.0
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Enfants (1-13 ans)	381	2018	-	19.8	-
Chine (Yao et al., 2019)					
Enfants (6-8 ans)	1490	2016-2017	-	15.6	-
5-cx-MEPP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	11.2	10.7	43.0
Belgique, 3xG (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	133	2019-2020	-	15.8	55.3
Belgique, ENVIRONAGE (den Ouden et al., 2026)					
Enfants (4-12 ans)	328	2014-2023	6.93	6.11	36.6
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	11.9	12.0	46.1
Pays-Bas, SPECIMEn-NL (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	89	2020	-	8.18	36.4
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	161	2020-2021	-	13.8	59.2
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	149	2018	-	18.4	65.6
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	300	2017	-	15.1	44.7
Hongrie, InAirQ (HBM4EU dashboard)					
Enfants (8-11 ans)	262	2017-2018	-	10.8	45.5
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-11 ans)	300	2016-2017	-	17.6	78.1
Slovaquie (HBM4EU dashboard)					
Enfants (1-11 ans)	198	2015-2017	-	25.3	95.1

Tableau 5b suite

	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
Italie, NACII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	299	2014-2016	-	21.7	73.1
Europe, « aligned studies » (Govarts et al., 2023)					
Enfants (6-12 ans)	2579	2014-2021	14.4	-	54.5
USA, NHANHES (CDC)					
Enfants (3-5 ans)	379	2017-2018	12.7	12.9	60.7
Enfants (6-11 ans)	330	2017-2018	13.9	14.5	61.2
Canada, CHMS cycle 6					
Enfants (3-5 ans)	509	2018-2019	12.0	11.0	51.0
Enfants (6-11 ans)	496	2018-2019	9.80	10.0	34.0
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Enfants (1-13 ans)	381	2018	-	25.6	-
Chine (Yao et al., 2019)					
Enfants (6-8 ans)	1490	2016-2017	-	13.6	-
MEHP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	0.85	0.82	4.24
Belgique, 3xG (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	133	2019-2020	-	0.30	5.32
Belgique, ENVIRONAGE (den Ouden et al., 2026)					
Enfants (4-12 ans)	328	2014-2023	0.70	0.67	3.90
France, ESTEBAN (Balicco et al., 2019)					
Enfants (6-10 ans)	231	2014-2016	2.00	2.00	9.40
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	1.40	1.50	6.7
Pays-Bas, SPECIMEn-NL (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	89	2020	-	0.97	3.33
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	161	2020-2021	-	2.95	18.0
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	149	2018	-	1.54	7.29
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	300	2017	-	1.53	5.78
Hongrie, InAirQ (HBM4EU dashboard)					
Enfants (8-11 ans)	262	2017-2018	-	1.55	7.5

Tableau 5b suite

	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-11 ans)	300	2016-2017	-	1.44	7.86
République Tchèque (HBM4EU dashboard)					
Enfants (5-9 ans)	371	2016-2017	-	2.37	7.30
Slovaquie (HBM4EU dashboard)					
Enfants (1-11 ans)	198	2015-2017	-	2.14	10.8
Europe, « aligned studies » (Govarts et al., 2023)					
Enfants (6-12 ans)	2280	2014-2021	1.21	-	7.00
USA, NHANHES (CDC)					
Enfants (3-5 ans)	379	2017-2018	-	0.90	4.5
Enfants (6-11 ans)	330	2017-2018	1.48	1.40	6.8
Canada, CHMS cycle 6					
Enfants (3-5 ans)	504	2018-2019	1.50	1.40	7.80
Enfants (6-11 ans)	489	2018-2019	1.10	1.20	4.30
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Enfants (1-13 ans)	381	2018	-	3.34	-
Chine (Yao et al., 2019)					
Enfants (6-8 ans)	1490	2016-2017	-	5.20	-

Tableau 5c : Concentrations urinaires en métabolites du DiNP (cx-MiNP et HO-MiNP) mesurées dans des différentes études

cx-MiNP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	5.18	4.81	23.1
Belgique, 3xG (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	133	2019-2020	-	0.28	1.60
Belgique, ENVIRONAGE (den Ouden et al., 2026)					
Enfants (4-12 ans)	328	2014-2023	0.49	0.42	3.43
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	5.90	5.40	30.2
Pays-Bas, SPECIMEn-NL (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	89	2020	-	4.49	17.0
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	161	2020-2021	-	6.49	34.6
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	149	2018	-	6.89	26.8
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	300	2017	-	4.20	14.1
Hongrie, InAirQ (HBM4EU dashboard)					
Enfants (8-11 ans)	262	2017-2018	-	2.41	11.1
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-11 ans)	300	2016-2017	-	10.4	43.4
Slovaquie (HBM4EU dashboard)					
Enfants (1-11 ans)	198	2015-2017	-	7.71	38.8
Europe, « aligned studies » (Govarts et al., 2023)					
Enfants (6-12 ans)	1980	2014-2021	4.34	-	27.0
USA, NHANHES (CDC)					
Enfants (3-5 ans)	379	2017-2018	6.42	5.90	34.3
Enfants (6-11 ans)	330	2017-2018	7.47	6.70	50.6
Canada, CHMS cycle 6					
Enfants (3-5 ans)	512	2018-2019	1.10	1.10	5.30
Enfants (6-11 ans)	497	2018-2019	1.10	1.10	6.70
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Enfants (1-13 ans)	381	2018	-	2.65	-

Tableau 5c suite

HO-MiNP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	6.70	6.39	27.0
Belgique, 3xG (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	133	2019-2020	-	1.90	9.20
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	6.90	6.90	30.2
Pays-Bas, SPECIMEn-NL (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	89	2020	-	3.67	17.9
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	161	2020-2021	-	1.88	18.0
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	149	2018	-	4.60	18.5
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	300	2017	-	2.92	12.1
Hongrie, InAirQ (HBM4EU dashboard)					
Enfants (8-11 ans)	262	2017-2018	-	2.00	10.5
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-11 ans)	300	2016-2017	-	7.22	45.7
Slovaquie (HBM4EU dashboard)					
Enfants (1-11 ans)	198	2015-2017	-	7.19	27.3
Europe, « aligned studies » (Govarts et al., 2023)					
Enfants (6-12 ans)	2280	2014-2021	3.77	-	22.6
Canada, CHMS cycle 6					
Enfants (3-5 ans)	494	2018-2019	1.30	1.30	6.20
Enfants (6-11 ans)	474	2018-2019	1.20	1.20	7.50
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Enfants (1-13 ans)	381	2018	-	0.64	-

Tableau 5d : Concentrations urinaires en 6-OH-MiDP mesurées dans des différentes études

6-OH-MiDP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	1.07	1.06	4.81
Belgique, 3xG (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	133	2019-2020	-	0.90	5.16
Belgique, ENVIRONAGE (den Ouden et al., 2026)					
Enfants (4-12 ans)	328	2014-2023	0.35	0.28	3.43
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	1.50	1.50	7.5
Pays-Bas, SPECIMEn-NL (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	89	2020	-	0.85	3.18
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	161	2020-2021	-	2.78	14.1
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	149	2018	-	1.88	7.10
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	300	2017	-	0.80	3.68
Hongrie, InAirQ (HBM4EU dashboard)					
Enfants (8-11 ans)	262	2017-2018	-	2.00	10.5
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-11 ans)	300	2016-2017	-	2.01	8.72
Slovaquie (HBM4EU dashboard)					
Enfants (1-11 ans)	198	2015-2017	-	1.20	6.66
Italie, NACII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	299	2014-2016	-	0.91	4.67
Europe, « aligned studies » (Govarts et al., 2023)					
Enfants (6-12 ans)	2418	2014-2021	1.13	-	5.88
Canada, CHMS cycle 6					
Enfants (3-5 ans)	504	2018-2019	0.39	0.36	8.20
Enfants (6-11 ans)	494	2018-2019	0.37	0.41	6.20

Conclusion :

Comme c'est aussi le cas pour les phtalates de bas poids moléculaires, les concentrations urinaires des métabolites de phtalates de hauts poids moléculaires varient d'une étude à l'autre, et différemment d'un métabolite à l'autre. Comparés aux enfants européens (Govarts et al., 2023), les enfants d'Amérique du nord (USA et Canada) ont dans leurs urines des niveaux un peu plus élevés en MBzP, et comparables en métabolites de DEHP. D'autre part, les enfants

canadiens présentent des taux urinaires en métabolites de DiNP beaucoup plus bas, alors que des concentrations légèrement supérieures ont été mesurées dans l'urine des enfants américains. En Asie (Corée du Sud et Chine), les concentrations rapportées en MBzP et métabolites de DiNP sont environ 2 fois plus basses que les moyennes européennes. Au sein de l'Europe, certaines études ont mesuré des concentrations particulièrement basses en métabolites de phtalates de hauts poids moléculaires comme l'étude flamande ENVIRONAGE, alors que les concentrations observées pour les cohortes ESTEBAN française et NACII italienne sont entre 3 et 4 fois plus hautes que les valeurs flamandes. Lors de la présente étude sur les enfants wallons, les concentrations urinaires en MBzP, cx-MiNP et 6-OH-MiDP sont comparables aux moyennes européennes, tandis que les concentrations en métabolites de DEHP sont un peu plus basses, et celles en OH-MiNP sont un peu plus hautes.

Si tous les pays de l'Union Européenne sont soumis aux mêmes réglementations en matière de production et utilisation des phtalates, d'autres facteurs peuvent influencer l'exposition des enfants et donc expliquer en partie ces différences. Si des habitudes de vie différentes d'un pays à l'autre peuvent exercer une influence sur les concentrations observées, l'âge des enfants recrutés, qui varie d'une étude à l'autre, peut également impacter les moyennes et médianes mesurées. En effet comme observé dans la présente étude, les enfants plus jeunes sont souvent plus exposés aux phtalates. Cette exposition plus importante est probablement liée à des comportements main-bouche plus fréquents et plus de temps passés au sol, et donc une ingestion plus importante de polluants présents dans les poussières domestiques et sur les objets, mais aussi un plus grand apport de nourriture par rapport à leur poids les exposant particulièrement aux contaminants alimentaires (Bastiaensen et al., 2021; Den Hond et al., 2015; English et al., 2015; Li et al., 2026). D'autre part, la période de recrutement des enfants est également un facteur important. On s'attend en effet à observer des niveaux d'exposition plus bas dans les études les plus récentes, car une diminution des taux d'imprégnation de phtalates en lien avec l'implémentation de restrictions européennes a déjà été rapportée ces 10 à 15 dernières années (Bastiaensen et al., 2021; Frederiksen et al., 2020; Pirard and Charlier, 2022; Schwedler et al., 2020a). Des différences dans les méthodes analytiques pourraient également être la source de biais dans les résultats principalement pour les cx-MiNP, HO-MiNP, et 6-OH-MiDP qui sont des mélanges, et pour lesquels la fenêtre d'acquisition doit être suffisamment grande pour inclure l'ensemble des isomères. Si la plupart des laboratoires qui ont réalisés les études européennes reprises dans les tableaux 5a à 5d ont satisfait aux critères QA/QC imposés par le programme HBM4EU (Govarts et al., 2023; Mol et al., 2022) et devraient donc avoir produit des données comparables, les détails analytiques ne sont pas toujours fournis pour les autres études (Canada, USA, Chine) et il n'est pas évident d'apprécier si les résultats concernent l'isomère principale ou l'ensemble des isomères.

5.2.3. Les métabolites du DINCH, plastifiant non phtalate (OH-MINCH, cx-MINCH, oxo-MINCH)

Tableau 6 : Concentrations urinaires en métabolites du DINCH (OH-MINCH, cx-MINCH, oxo-MINCH) mesurées dans des différentes études

OH-MINCH					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	2.85	2.69	18.8
Belgique, 3xG (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	133	2019-2020	-	1.97	8.56
Belgique, ENVIRONAGE (den Ouden et al., 2026)					
Enfants (4-12 ans)	328	2014-2023	-	1.16	13.7
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020a)					
Enfants (3-17 ans)	2228	2015-2017	2.27	2.20	15.8
Pays-Bas, SPECIMEn-NL (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	89	2020	-	1.68	9.66
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	161	2020-2021	-	1.26	12.2
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	149	2018	-	2.66	10.9
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	300	2017	-	1.14	9.59
Hongrie, InAirQ (HBM4EU dashboard)					
Enfants (8-11 ans)	262	2017-2018	-	0.80	3.68
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-11 ans)	300	2016-2017	-	3.05	21.5
Italie, NACII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	299	2014-2016	-	3.29	26.7
Europe, « aligned studies » (Govarts et al., 2023)					
Enfants (6-12 ans)	2879	2014-2021	2.34	-	16.5
USA, NHANHES (CDC)					
Enfants (3-5 ans)	379	2017-2018	1.68	1.50	12.3
Enfants (6-11 ans)	330	2017-2018	1.49	1.30	13.1
Canada, CHMS cycle 6					
Enfants (3-5 ans)	469	2018-2019	0.39	0.43	2.00
Enfants (6-11 ans)	494	2018-2019	0.22	0.24	1.40
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Enfants (1-13 ans)	381	2018	-	0.23	-

Tableau 6 suite

cx-MINCH					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	1.70	1.64	8.09
Belgique, 3xG (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	133	2019-2020	-	0.49	1.73
Belgique, ENVIRONAGE (den Ouden et al., 2026)					
Enfants (4-12 ans)	328	2014-2023	0.49	0.42	3.43
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020a)					
Enfants (3-17 ans)	2225	2015-2017	1.14	1.08	7.6
Pays-Bas, SPECIMEn-NL (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	89	2020	-	1.16	4.78
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-11 ans)	161	2020-2021	-	1.46	4.06
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Enfants (7-10 ans)	149	2018	-	1.71	7.59
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Enfants (8-11 ans)	300	2017	-	0.71	3.59
Hongrie, InAirQ (HBM4EU dashboard)					
Enfants (8-11 ans)	262	2017-2018	-	0.73	5.14
Italie, NACII (HBM4EU dashboard)					
Enfants (6-8 ans)	299	2014-2016	-	2.04	17.2
Europe, « aligned studies » (Govarts et al., 2023)					
Enfants (6-12 ans)	2579	2014-2021	1.25	-	8.29
USA, NHANHES (CDC)					
Enfants (3-5 ans)	379	2017-2018	1.13	1.00	6.7
Enfants (6-11 ans)	330	2017-2018	1.01	0.80	8.2
oxo-MINCH					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Tous (3-11 ans)	581	2020-2021	2.00	1.99	14.4
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020a, 2020a)					
Enfants (3-17 ans)	2227	2015-2017	0.93	0.96	7.6
Canada, CHMS cycle 6					
Enfants (3-5 ans)	495	2018-2019	0.17	0.20	0.92
Enfants (6-11 ans)	489	2018-2019	-	<LOD	0.79

Conclusion :

Le DINCH (ou Hexamoll® DINCH) a été introduit sur le marché européen en 2002, comme alternative au phtalates de hauts poids moléculaires comme le DEHP ou DiNP. Ses métabolites (OH-MINCH, cx-MINCH et oxo-MINCH) ont été détectés dans quelques échantillons d'urine de la biobanque allemande (Environmental Specimen Bank – ESB) collectés en 2006 (7%). Depuis, les fréquences de détection ont rapidement augmenté dans cette biobanque pour atteindre 80% en 2010 et 98% en 2011 (Kasper-Sonnenberg et al., 2019). Il n'est donc pas surprenant d'observer de hauts taux de détection dans toutes les études menées entre 2014 et 2023 reprises dans le tableau 6, y compris l'étude BMH-Wal. Dans l'ensemble, les concentrations en métabolites urinaires du DINCH rapportées dans la plupart des études sont relativement proches, démontrant une exposition plutôt homogène des populations d'enfants européens, les enfants wallons ne faisant pas exception.

6. STATISTIQUES DESCRIPTIVES ET VALEURS DE RÉFÉRENCE POUR LES ADOLESCENTS (12-19 ANS) ET LES JEUNES ADULTES (20-39 ANS) RECRUTÉS EN 2019-2020 (PHASE 1), ET LES ADULTES (40-59 ANS) RECRUTÉS EN 2023 (PHASE 3)

Pour chacun des biomarqueurs urinaires, le nombre de participants présentant des valeurs supérieures à la limite de quantification (LOQ), le pourcentage de participants présentant des valeurs supérieures et inférieures à la LOQ, la moyenne géométrique et son intervalle de confiance à 95%, les percentiles P5, P25, P50, P75, P90, P95 et l'intervalle de confiance à 95% de ce dernier, et la valeur de référence (RV_{95}) ont été déterminés et sont présentés dans le tableau 6 pour les adolescents (12-19 ans) et jeunes adultes (20-39 ans) recrutés lors de la première phase de BMH-Wal entre 2019 et 2020. Similairement, ces statistiques descriptives sont présentés dans le tableau 7 pour les adultes âgés entre 40 et 59 ans recrutés en 2023 lors de la 3ème phase du biomonitoring wallon. Les valeurs ont aussi été déterminées pour les différents sous-groupes lorsque c'était pertinent (voir description des analyses statistiques chp 3. ANALYSES STATISTIQUES). Les p-values obtenues lors des tests de Mann-Whitney et z-test pour une proportion sont également rapportées. Les valeurs sont exprimées en µg/l. Les résultats ajustés par rapport à la créatinine (exprimés en µg/g créatinine) sont présentés aux annexes 5 et 6.

Tableau 6: Statistiques descriptives pour les phtalates dans l'urine des adolescents (12-19 ans) et des jeunes adultes (20-39 ans) (en µg/l)

MEP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)															
	518	0.94	97.5	2.5		<0.94-2323	13.5 [11.9-15.3]	1.29	5.27	12.4	31.5	89.7	158.6 [117.5-210.0]	150	
Age					***0.00210***										0.39330
12-19 ans	258	0.94	98.1	1.9		<0.94-2323	16.5 [13.9-19.6]	1.85	7.16	14.4	37.5	100.4	176.8 [117.5-348.2]		
20-39 ans	260	0.94	96.9	3.1		<0.97-1330	11.10 [9.29-13.3]	1.13	4.44	10.9	27.3	70.5	147.5 [100.3-201.8]		
MnBP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)															
	518	0.99	90.9	9.1		<0.99-752.6	7.27 [6.49-8.14]	<0.99	3.36	8.46	16.8	31.6	45.5 [38.6-63.6]	45	
Age					***0.00399***										0.04638
12-19 ans	258	0.99	93.0	7.0		<0.99-752.6	8.76 [7.47-10.26]	<0.99	4.62	9.79	20.5	37.5	57.5 [39.1-121.8]		
20-39 ans	260	0.99	88.8	11.2		<0.99-114.1	6.04 [5.16-7.07]	<0.99	2.34	7.53	14.8	26.8	38.3 [30.7-57.2]		
Sexe					***0.00177***										***<0.0001***
Femmes	276	0.99	89.5	10.5		<0.99-192.2	6.19 [5.33-7.18]	<0.99	2.90	6.99	14.7	27.5	36.2 [31.4-57.2]	36	
Hommes	242	0.99	92.6	7.4		<0.99-752.6	8.82 [7.45-10.4]	<0.99	4.45	10.9	20.3	38.2	61.4 [43.3-92.2]	61	

Tableau 6 suite

MiBP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	Mann Whitney p-value	min-max µg/l	MG [95%CI] µg/l	P5 µg/l	P25 µg/l	P50 µg/l	P75 µg/l	P90 µg/l	P95 [95%CI] µg/l	RV_{95} µg/l	z-test p-value
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)															
	518	1.23	93.1	6.9		<1.23-1235	9.91 [8.86-11.1]	<1.23	4.57	10.9	22.5	42.1	78.2 [57.3-99.9]	78	
Age					***0.00222***										0.02282
12-19 ans	258	1.23	95.3	4.7		<1.23-1235	12.10 [10.4-14.1]	1.46	5.93	12.8	24.2	46.0	90.1 [67.1-187.6]		
20-39 ans	260	1.23	90.8	9.2		<1.23-235.6	8.11 [6.91-9.51]	<1.23	3.55	9.38	20.7	37.9	57.6 [45.4-87.0]		
Sexe					***0.00250***										***<0.0001***
Femmes	276	1.23	91.3	8.7		<1.23-1235	8.37 [7.21-9.72]	<1.23	3.95	9.31	19.5	35.2	46.2 [41.0-87.0]	46	
Hommes	242	1.23	95.0	5.0		<1.23-420.5	12.10 [10.3-14.3]	1.31	5.70	12.8	26.4	57.4	104.7 [78.0-188.2]	100	
5-oxo-MEHP	**N TOT**	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)															
	518	0.53	78.6	21.4		<0.53-47.6	1.38 [1.25-1.52]	<0.53	0.63	1.48	3.08	5.65	7.86 [6.71-10.2]	7.8	
Age					***0.00575***										0.25500
12-19 ans	258	0.53	83.7	16.3		<0.53-47.6	1.59 [1.39-1.82]	<0.53	0.87	1.68	3.67	5.78	8.51 [6.48-12.5]		
20-39 ans	260	0.53	73.5	26.5		<0.53-29.9	1.20 [1.04-1.38]	<0.53	<0.53	1.36	2.76	4.97	7.20 [5.89-11.7]		

Tableau 6 suite

5-OH-MEHP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)															
	518	0.43	87.3	12.7		<0.43-56.3	2.01 [1.81-2.23]	<0.43	0.94	2.33	4.71	8.48	12.0 [9.71-16.1]	12	
Age					***0.01912***										0.56930
12-19 ans	258	0.43	91.5	8.5		<0.43-41.4	2.31 [2.01-2.66]	<0.43	1.15	2.53	4.89	8.88	13.4 [9.29-18.2]		
20-39 ans	260	0.43	83.1	16.9		<0.43-56.3	1.75 [1.49-2.04]	<0.43	0.70	2.00	4.43	7.68	10.9 [8.53-17.9]		
Sexe					***0.01204***										0.01980
Femmes	276	0.43	85.5	14.5		<0.43-41.4	1.75 [1.51-2.02]	<0.43	0.74	1.98	4.57	7.50	10.4 [8.92-14.8]		
Hommes	242	0.43	89.3	10.7		<0.43-56.3	2.35 [2.02-2.74]	<0.43	1.16	2.68	4.87	8.70	14.7 [10.4-21.8]		
5-cx-MEPP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)															
	518	1.14	88.2	11.8		<1.14-60.3	3.31 [3.05-3.60]	<1.14	1.81	3.41	6.45	10.8	15.4 [13.3-20.1]	15	
Age					***0.02169***										0.15480
12-19 ans	258	1.14	89.9	10.1		<1.14-60.3	3.65 [3.24-4.10]	<1.14	2.03	3.82	6.94	11.6	17.5 [13.7-22.8]		
20-39 ans	260	1.14	86.5	13.5		<1.14-50.6	3.02 [2.68-3.40]	<1.14	1.66	3.10	6.03	10.2	13.5 [11.1-20.8]		
Sexe					***0.01507***										0.00131
Femmes	276	1.14	86.2	13.8		<1.14-60.3	2.99 [2.66-3.35]	<1.14	1.64	3.14	6.10	9.88	12.5 [10.9-19.0]		
Hommes	242	1.14	90.5	9.5		<1.14-51.1	3.73 [3.31-4.22]	<1.14	2.10	3.82	6.82	12.4	19.6 [13.7-23.8]		

Tableau 6 suite

MEHP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)															
	518	0.62	43.6	56.4		<0.62-14.4	0.62 [0.58-0.67]	<0.62	<0.62	<0.62	1.26	2.30	3.28 [2.69-4.02]	3.2	
Age					***0.02593***										0.04638
12-19 ans	258	0.62	39.5	60.5		<0.62-13.1	<0.62 -	<0.62	<0.62	<0.62	1.15	2.03	2.82 [2.45-4.12]		
20-39 ans	260	0.62	47.7	52.3		<0.62-14.4	0.68 [0.61-0.76]	<0.62	<0.62	<0.62	1.42	2.38	3.52 [2.80-4.30]		
MBzP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)															
	518	0.61	68.1	31.9		<0.61-212.1	1.30 [1.16-1.46]	<0.61	<0.61	1.19	2.92	7.47	16.1 [11.5-25.5]	16	
Sexe					***0.00963***										0.39240
Femmes	276	0.61	63.8	36.2		<0.61-150.9	1.14 [0.98-1.33]	<0.61	<0.61	0.98	2.41	6.80	14.0 [9.41-36.7]		
Hommes	242	0.61	73.1	26.9		<0.61-212.1	1.52 [1.28-1.79]	<0.61	<0.61	1.41	3.48	8.11	16.4 [11.2-33.6]		
cx-MiNP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)															
	518	1.21	73.7	26.3		<1.21-113.8	1.87 [1.72-2.02]	<1.21	<1.21	1.84	3.06	5.22	9.08 [6.94-13.9]	9.0	
Age					***0.04098***										0.77600
12-19 ans	258	1.21	80.2	19.8		<1.21-28.9	2.00 [1.81-2.22]	<1.21	1.33	1.93	3.24	5.31	9.00 [6.21-12.4]		
20-39 ans	260	1.21	67.3	32.7		<1.21-113.8	1.74 [1.54-1.96]	<1.21	<1.21	1.72	2.85	4.87	9.46 [2.75-20.3]		
Sexe					***0.02932***										0.79070
Femmes	276	1.21	71.7	28.3		<1.21-113.8	1.75 [1.57-1.95]	<1.21	<1.21	1.66	2.99	5.09	9.01 [5.75-15.2]		
Hommes	242	1.21	76.0	24.0		<1.21-60.9	2.00 [1.79-2.25]	<1.21	1.26	2.03	3.18	5.34	9.24 [6.34-18.2]		

Tableau 6 suite

HO-MiNP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	Mann Whitney p-value	min-max µg/l	MG [95%CI] µg/l	P5 µg/l	P25 µg/l	P50 µg/l	P75 µg/l	P90 µg/l	P95 [95%CI] µg/l	RV_{95} µg/l	z-test p-value
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)															
	518	1.00	75.3	24.7		<1.00-164.9	2.09 [1.89-2.30]	<1.00	1.01	2.04	4.07	8.57	15.3 [11.8-20.2]	15	
Age					***0.04275***										0.39330
12-19 ans	258	1.00	81.4	18.6		<1.00-32.4	2.24 [1.98-2.53]	<1.00	1.25	2.25	4.35	8.04	14.7 [9.71-18.8]		
20-39 ans	260	1.00	69.2	30.8		<1.00-164.9	1.94 [1.67-2.26]	<1.00	<1.00	1.89	3.85	9.20	16.9 [11.8-51.1]		
Sexe					***0.03423***										0.79070
Femmes	276	1.00	71.4	28.6		<1.00-164.9	1.92 [1.67-2.20]	<1.00	<1.00	1.88	3.52	8.84	15.1 [11.8-24.8]		
Hommes	242	1.00	79.8	20.2		<1.00-72.9	2.29 [2.00-2.65]	<1.00	1.20	2.30	4.61	8.32	15.2 [9.8-30.7]		

6-OH-MiDP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	Mann Whitney p-value	min-max µg/l	MG [95%CI] µg/l	P5 µg/l	P25 µg/l	P50 µg/l	P75 µg/l	P90 µg/l	P95 [95%CI] µg/l	RV_{95} µg/l	z-test p-value
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)															
	518	1.00	15.6	84.4		<1.00-71.8	<1.00 -	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	1.46	2.06 [1.81-2.90]	2.0	

OH-MINCH	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	Mann Whitney p-value	min-max µg/l	MG [95%CI] µg/l	P5 µg/l	P25 µg/l	P50 µg/l	P75 µg/l	P90 µg/l	P95 [95%CI] µg/l	RV_{95} µg/l	z-test p-value
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)															
	518	1.00	36.9	63.1		<1.00-82.3	<1.00 -	<1.00	<1.00	<1.00	1.55	3.23	6.71 [4.63-10.5]	6.7	
Age					***0.00578***										0.25500
12-19 ans	258	1.00	42.6	57.4		<1.00-42.5	1.01 [<1.00-1.14]	<1.00	<1.00	<1.00	1.82	3.45	7.80 [4.50-14.1]		
20-39 ans	260	1.00	31.2	68.8		<1.00-82.3	<1.00 -	<1.00	<1.00	<1.00	1.24	2.86	5.60 [4.00-10.5]		

Tableau 6 suite

cx-MINCH															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)															
	518	1.00	44.2	55.8		<1.00-25.2	<1.00 -	<1.00	<1.00	<1.00	1.38	2.19	4.19 [3.22-5.43]	4.1	
oxo-MINCH															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)															
	518	1.00	25.7	74.3		<1.00-48.6	<1.00 -	<1.00	<1.00	<1.00	1.02	2.47	4.77 [4.63-10.5]	4.7	
Age					***0.02937***										0.39330
12-19 ans	258	1.00	29.8	70.2		<1.00-28.7	<1.00 -	<1.00	<1.00	<1.00	1.10	2.68	4.91 [3.24-12.4]		
20-39 ans	260	1.00	21.5	78.5		<1.00-48.6	<1.00 -	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	1.82	3.46 [2.66-7.00]		

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

Tableau 7: Statistiques descriptives pour les phtalates dans l'urine des adultes (40-59 ans) (en µg/l)

MEP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (40-59 ans)															
	292	0.94	97.9	2.1		<0.94-3571.5	13.5 [11.2-16.3]	1.42	4.4	11.8	34.4	111.2	304.6 [149.0-576.2]	300	
MnBP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (40-59 ans)															
	292	0.99	92.1	7.9		<0.99-295.1	6.87 [5.92-7.98]	<0.99	2.95	7.74	16.6	33.2	46.4 [40.1-85.3]	46	
MiBP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (40-59 ans)															
	292	1.23	96.9	3.1		<1.23-1130.1	9.42 [8.18-10.9]	1.50	4.43	8.38	19.1	43.0	86.7 [58.6-159.2]	86	
5-oxo-MEHP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (40-59 ans)															
	292	0.53	74.7	25.3		<0.53-52.4	1.11 [0.98-1.26]	<0.53	<0.53	1.13	2.45	4.35	6.64 [4.79-8.80]	6.6	
Sexe					***0.04569***										0.00724
Femmes	151	0.53	72.2	27.8		<0.53-14.2	0.97 [0.83-1.14]	<0.53	<0.53	0.92	2.04	3.67	5.07 [4.31-7.42]		
Hommes	141	0.53	77.3	22.7		<0.53-52.4	1.28 [1.06-1.54]	<0.53	0.58	1.37	2.74	4.65	8.55 [6.06-16.6]		

Tableau 7 suite

5-OH-MEHP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (40-59 ans)															
	292	0.43	88.4	11.6		<0.43-93.7	1.65 [1.44-1.88]	<0.43	0.79	1.74	3.67	6.30	9.05 [7.33-15.1]	9.0	
Sexe					***0.01465***										0.00724
Femmes	151	0.43	86.8	13.2		<0.43-21.7	1.40 [1.18-1.66]	<0.43	0.72	1.39	2.74	5.58	7.36 [6.18-9.95]		
Hommes	141	0.43	90.1	9.9		<0.43-93.7	1.96 [1.61-2.39]	<0.43	0.87	2.17	4.19	6.73	14.6 [8.02-28.3]		
5-cx-MEPP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (40-59 ans)															
	292	1.14	78.8	21.2		<1.14-95.8	2.31 [2.06-2.59]	<1.14	1.29	2.38	4.37	7.97	11.6 [8.94-18.0]	11.0	
Sexe					***0.03264***										0.05579
Femmes	151	1.14	78.8	21.2		<1.14-23.9	2.06 [1.79-2.39]	<1.14	1.28	2.07	3.53	7.03	9.26 [7.38-13.8]		
Hommes	141	1.14	78.7	21.3		<1.14-95.8	2.61 [2.19-3.11]	<1.14	1.36	2.85	5.18	8.87	14.5 [9.13-27.4]		
MEHP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (40-59 ans)															
	292	0.62	31.5	68.5		<0.62-41.1	<0.62 -	<0.62	<0.62	<0.62	0.92	1.78	2.74 [2.24-4.59]	2.7	
Sexe					***0.04925***										0.05579
Femmes	151	0.62	26.5	73.5		<0.62-4.77	<0.62 -	<0.62	<0.62	<0.62	0.72	1.60	2.34 [1.68-3.24]		
Hommes	141	0.62	36.9	63.1		<0.62-41.1	<0.62 -	<0.62	<0.62	<0.62	1.01	1.93	3.14 [1.99-8.41]		

Tableau 7 suite

MBzP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (40-59 ans)															
	292	0.61	60.6	39.4		<0.61-57.5	1.03 [0.89-1.19]	<0.61	<0.61	0.87	2.46	5.15	9.57 [7.21-27.4]	9.5	
Sexe					***0.00813***										***0.00012***
Femmes	151	0.61	54.3	45.7		<0.61-47.1	0.84 [0.70-1.02]	<0.61	<0.61	0.67	1.86	4.64	6.11 [4.97-27.4]	6.1	
Hommes	141	0.61	67.4	32.6		<0.61-57.5	1.27 [1.02-1.59]	<0.61	<0.61	1.13	3.08	7.43	18.4 [9.22-31.2]	18	
cx-MiNP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (40-59 ans)															
	292	1.21	63.7	36.3		<1.21-28.2	1.46 [1.33-1.60]	<1.21	<1.21	1.57	2.47	4.18	5.55 [4.74-7.42]	5.5	
HO-MiNP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (40-59 ans)															
	292	1.00	70.9	29.1		<1.00-40.2	1.70 [1.52-1.91]	<1.00	<1.00	1.83	3.15	5.84	8.46 [7.19-15.2]	8.4	
Sexe					***0.02867***										0.45120
Femmes	151	1.00	65.6	34.4		<1.00-26.3	1.51 [1.29-1.76]	<1.00	<1.00	1.48	2.93	5.83	7.95 [6.54-15.2]		
Hommes	141	1.00	76.6	23.4		<1.00-40.2	1.94 [1.65-2.28]	<1.00	1.12	2.11	3.73	5.90	8.98 [6.09-15.9]		
6-OH-MiDP															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (40-59 ans)															
	292	1.00	10.6	89.4		<1.00-15.0	<1.00 -	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	1.02	1.75 [1.39-2.89]	1.7	

Tableau 7 suite

OH-MINCH	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	Mann Whitney p-value	min-max µg/l	MG [95%CI] µg/l	P5 µg/l	P25 µg/l	P50 µg/l	P75 µg/l	P90 µg/l	P95 [95%CI] µg/l	RV_{95} µg/l	z-test p-value
Tous (40-59 ans)															
	292	1.00	31.8	68.2		<1.00-167.0	<1.00 -	<1.00	<1.00	<1.00	1.24	3.57	7.25 [4.94-16.3]	7.2	
Sexe					***0.00200***										***<0.0001***
Femmes	151	1.00	24.5	75.5		<1.00-123.2	<1.00 -	<1.00	<1.00	<1.00	0.50	2.05	3.86 [2.36-8.30]	3.8	
Hommes	141	1.00	39.7	60.3		<1.00-167.0	1.06 <1.00-1.28	<1.00	<1.00	<1.00	1.94	4.94	14.8 [6.43-28.9]	14.0	
cx-MINCH															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (40-59 ans)															
	292	1.00	32.9	67.1		<1.00-56.3	<1.00 -	<1.00	<1.00	<1.00	1.21	2.31	4.02 [3.08-7.35]	4.0	
Sexe					***0.00477***										***0.00054***
Femmes	151	1.00	25.8	74.2		<1.00-38.9	<1.00 -	<1.00	<1.00	<1.00	1.05	1.79	2.91 [1.90-4.81]	2.9	
Hommes	141	1.00	40.4	59.6		<1.00-56.3	<1.00 -	<1.00	<1.00	<1.00	1.37	3.12	5.08 [3.33-28.5]	5.0	
oxo-MINCH															
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**Mann Whitney** p-value	**min-max** µg/l	**MG [95%CI]** µg/l	**P5** µg/l	**P25** µg/l	**P50** µg/l	**P75** µg/l	**P90** µg/l	**P95 [95%CI]** µg/l	**RV_{95}** µg/l	**z-test** p-value
Tous (40-59 ans)															
	292	1.00	21.9	78.1		<1.00-117.7	<1.00 -	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	2.52	4.58 [3.25-14.8]	4.5	
Sexe					***0.00237***										0.05579
Femmes	151	1.00	14.6	85.4		<1.00-117.7	<1.00 -	<1.00	<1.00	<1.00	<1.00	2.04	3.41 [2.37-5.13]		
Hommes	141	1.00	29.8	70.2		<1.00-40.2	1.94 [1.65-2.28]	<1.00	<1.00	<1.00	1.30	2.98	8.68 [3.25-18.6]		

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

6.1. Les phtalates et plastifiants sans phtalate dans l'urine des adolescents et adultes (12-19 ans, 20-39 ans et 40-59 ans)

Le MEP est le métabolite de phtalates le plus abondant dans l'urine des adolescents et adultes wallons (P50 = 12.4 µg/l pour les 12-39 ans, 11.8 µg/l pour les 40-59 ans), suivi par le MiBP (P50 = 10.9 µg/L pour les 12-39 ans, 8.38 µg/l pour les 40-59 ans) et le MnBP (P50 = 8.46 µg/l pour les 12-39 ans, 7.74 µg/l pour les 40-59 ans), les phtalates de hauts poids moléculaires et les métabolites du DINCH ayant été mesuré en moindre concentrations. Ce profil est identique au profil observé pour les enfants wallons, et d'une manière générale aux profils rapportés dans la littérature quelle que soit la population cible. Les 6-OH-MiDP, OH-MINCH, cx-MINCH et oxo-MINCH ont été détectés dans moins de 50% des échantillons (entre 10.6% et 44.2% selon le métabolite et la population ciblée).

Tous les métabolites de phtalates et alternatives (DINCH) ont été mesurés en concentrations significativement plus élevées dans l'urine des adolescents par rapport aux jeunes adultes (p-value MEP : 0.0021 ; p-value MnBP : 0.00399 ; p-value MiBP : 0.00222 ; p-value oxo-MEHP : 0.00575 ; p-value 5-OH-MEHP : 0.01912 ; p-value cx-MEPP : 0.02169 ; p-value MEHP : 0.02593 ; p-value cx-MiNP : 0.04098 ; p-value OH-MiNP : 0.04275 ; p-value OH-MINCH : 0.00578 ; p-value oxo-MINCH : 0.02937) à l'exception du MBzP, du 6-OH-MiDP et du cx-MINCH. Des tendances identiques pour les adolescents vs adultes semblent également être observées dans les cohortes ESTEBAN (France), CHMS (Canada), KoNEHS (Corée du Sud) et NHANES (USA) pour la plupart des métabolites de phtalates. D'une manière générale, les concentrations urinaires en phtalates ont tendance à diminuer quand l'âge augmente (Wang et al., 2019).

On a également observé des concentrations urinaires significativement plus élevées chez les hommes (garçons) pour le MnBP (p-value = 0.00177), le MiBP (p-value = 0.00250), les métabolites du DEHP (p-value = 0.01204 et 0.01507 pour respectivement le 5-OH-MEHP et 5-cx-MEPP), le MBzP (p-value = 0.00963), le cx-MiNP (p-value = 0.02932) et le OH-MiNP (p-value = 0.03423) chez les 12-39 ans, et similairement des concentrations plus élevées pour les hommes de 40-59 ans pour le 5-oxo-MEHP (p-value = 0.04569), le 5-OH-MEHP (p-value =0.01465), le 5-cx-MECPP (p-value = 0.03264), le MEHP (p-value = 0.04925), le MBzP (p-value = 0.00813), le OH-MiNP (p-value = 0.02867), le OH-MINCH (p-value =0.00200), le cx-MINCH (p-value =0.00477), et le cx-MINCH (p-value = 0.00237). Ces différences entre sexe confirmées dans les 2 populations recrutées à deux périodes différentes (adolescents/jeunes adultes, et adultes plus âgés) n'étaient pas attendues. En effet, dans la plupart des études, aucune différence significative n'a été observée entre les hommes et les femmes (Dewalque et al., 2014; Geens et al., 2014; Pirard and Charlier, 2022; Runkel et al., 2020; Zhang et al., 2020) à l'exception des marqueurs de phtalates utilisés dans les cosmétiques comme le DEP présents dans les urines des femmes à des concentrations supérieures en lien avec une utilisation de cosmétiques plus importante (Bastiaensen et al., 2021; Hartmann et al., 2015; Huang et al., 2021; Saravanabhavan et al., 2013). Une plus grande dilution des échantillons urinaires pourrait induire un biais et être à la base de concentrations plus faibles dans l'urine des femmes. Cette hypothèse est confortée d'une part par l'observation de cette différence entre sexe pour une grande majorité des marqueurs de phtalates mesurés semblant démontrer un effet global, et d'autre part par une créatininurie significativement plus basse chez les femmes recrutées lors de BMH-Wal 1 (MG=0.81 g/l et 1.20 g/l pour les femmes et hommes respectivement, p-value <0.00001) et BMH-Wal 3 (MG = 0.51 g/l et 0.79 g/l pour les femmes

et hommes respectivement, p-value = 0.00001). Néanmoins, l'élimination de la créatinine étant entre autres liées à la masse musculaire, une créatininurie plus importante chez les hommes est attendue (Dieusaert 2024) sans pour autant être liée à un effet de dilution. De plus, pour les adultes âgés entre 40 et 59 ans (BMH-Wal 3), cette différence entre sexes n'est marquée que pour les phtalates, la plupart des autres marqueurs mesurés initialement (pesticides, HAPs, bisphénols, etc) montrant des concentrations urinaires similaires quel que soit le sexe (voir le rapport des valeurs de références pour la phase 3, juillet 2024). D'autre facteurs pourraient au moins en partie expliquer cette contamination plus importante de l'urine des hommes comme des habitudes alimentaires différentes (Varshavsky et al., 2018), ou une toxicocinétique différente.

7. COMPARAISON AVEC D'AUTRES ÉTUDES NATIONALES ET INTERNATIONALES POUR LES ADOLESCENTS (12-19 ANS) ET LES JEUNES ADULTES (20-39 ANS) RECRUTÉS EN 2019-2020 (PHASE 1), ET LES ADULTES (40-59 ANS) RECRUTÉS EN 2023 (PHASE 3)

Les valeurs obtenues lors du biomonitoring dans les populations d'adolescents et adultes wallons ont été comparées aux résultats mesurés dans d'autres populations de pays ou régions si possible proches géographiquement, rapportés par des études comprenant un nombre de participants importants. Ces résultats (MG, P50 et P95) ainsi que le nombre de participants et la période durant laquelle le recrutement de l'étude a été réalisé (années) sont présentés dans un tableau pour chaque marqueur et chaque population cible.

7.1. Les métabolites de phtalates de bas poids moléculaires (MEP, MnBP, MiBP)

Les tableaux 8 a, 8b et 8c comparent les concentrations urinaires en métabolites de phtalates de bas poids moléculaires (MEP, MnBP et MiBP) en populations wallonnes avec les résultats d'études internationales, avec un focus sur les études européennes.

Tableau 8a : Concentrations urinaires en MEP mesurées dans des différentes études

MEP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Adolescents (12-19 ans)	258	2019-2020	16.5	14.4	176.8
Adultes (20-39) ans	260	2019-2020	11.1	10.9	147.5
Adultes (40-59 ans)	292	2023	13.5	11.8	304.6
Belgique, Province de Liège (Pirard and Charlier, 2022)					
Adultes (>18 ans)	92	2018		20.4	689.7
Belgique, FLEHS IV (Bastiaensen et al., 2021)					
Adolescents (14-15 ans)	416	2017-2018	32.8	24.7	429.1
France, ESTEBAN (Balicco et al., 2019)					
Adolescents (12-17 ans)	94	2014-2016	84.9	64.0	1694.2
Adultes (18-74 ans)	897	2014-2016	52.0	50.2	402.1

Tableau 8a suite

	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
Allemagne, GerES V et ESB (Schwedler et al., 2020b), (HBM4EU dashboard)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	25.8	23.1	219.0
Adultes (20-29 ans)	60	2015	-	13.5	71.5
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-18 ans)	150	2020-2021	-	64.6	732.0
République Tchèque, CELSPAC (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2019-2020	-	37.2	216.6
Slovaquie, PCB cohort (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (15-17 ans)	287	2019-2020	-	51.7	523.7
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-15 ans)	96	2018	-	33.6	390.5
Espagne, BEA (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (13-17 ans)	300	2017-2018	-	79.1	652.9
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	281	2017	-	36.0	164.8
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	181	2016-2017	-	17.6	120.3
Suède (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2016-2017	-	31.9	363.2
USA, NHANHES (CDC)					
12-19 ans	353	2017-2018	28.0	27.3	322.0
Adultes >20 ans	1700	2017-2018	28.2	26.2	389.0
Canada, CHMS cycle 6					
Adolescents (12-19 ans)	504	2018-2019	20.0	20.0	180.0
Adultes (20-39 ans)	332	2018-2019	17.0	17.0	180.0
Adultes (40-59 ans)	341	2018-2019	18.0	13.0	250.0
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Adolescents (14-19 ans)	187	2018	-	7.44	-
Adultes (20-69 ans)	106	2018	-	5.32	-

Tableau 8b : Concentrations urinaires en MnBP mesurées dans des différentes études

MnBP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Adolescents (12-19 ans)	258	2019-2020	8.76	9.79	57.5
Adultes (20-39) ans	260	2019-2020	6.04	7.53	38.3
Adultes (40-59 ans)	292	2023	6.87	7.74	46.4
Belgique, Province de Liège (Pirard and Charlier, 2022)					
Adultes (<18 ans)	92	2018		11.8	77.0
Belgique, FLEHS IV (Bastiaensen et al., 2021)					
Adolescents (14-15 ans)	416	2017-2018	17.0	17.4	64.6
France, ESTEBAN (Balicco et al., 2019)					
Adolescents (12-17 ans)	94	2014-2016	26.2	26.3	64.0
Adultes (18-74 ans)	897	2014-2016	18.5	18.5	67.2
Allemagne, GerES V et ESB (Schwedler et al., 2020b), (HBM4EU dashboard)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	20.9	21.0	69.5
Adultes (20-29 ans)	60	2015	-	8.00	21.3
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-18 ans)	150	2020-2021	-	17.7	71.2
République Tchèque, CELSPAC + HBM adultes (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2019-2020	-	43.5	180.8
Adultes (18-65 ans)	399	2018-2019	-	21.7	82.9
Slovaquie, PCB cohort (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (15-17 ans)	287	2019-2020	-	91.8	399.4
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-15 ans)	96	2018	-	19.2	74.6
Espagne, BEA (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (13-17 ans)	300	2017-2018	-	14.8	64.1
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	281	2017	-	28.4	105.8
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	181	2016-2017	-	26.7	90.1
USA, NHANHES (CDC)					
12-19 ans	353	2017-2018	9.82	11.2	50.3
Adultes >20 ans	1700	2017-2018	8.06	8.70	42.3
Canada, CHMS cycle 6					
Adolescents (12-19 ans)	500	2018-2019	14.0	15.0	60.0
Adultes (20-39 ans)	327	2018-2019	12.0	12.0	49.0
Adultes (40-59 ans)	340	2018-2019	9.90	11.0	43.0
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Adolescents (14-19 ans)	187	2018	-	24.0	-
Adultes (20-69 ans)	106	2018	-	17.3	-

Tableau 8c : Concentrations urinaires en MiBP mesurées dans des différentes études

MiBP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Adolescents (12-19 ans)	258	2019-2020	12.1	12.8	90.1
Adultes (20-39) ans	260	2019-2020	8.11	9.38	57.6
Adultes (40-59 ans)	292	2023	9.42	8.38	86.7
Belgique, FLEHS IV (Bastiaensen et al., 2021)					
Adolescents (14-15 ans)	416	2017-2018	22.0	21.0	124.2
France, ESTEBAN (Balicco et al., 2019)					
Adolescents (12-17 ans)	94	2014-2016	49.1	43.4	329.6
Adultes (18-74 ans)	897	2014-2016	28.3	26.6	129.8
Allemagne, GerES V et ESB (Schwedler et al., 2020b), (HBM4EU dashboard)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	26.1	26.2	110.0
Adultes (20-29 ans)	60	2015	-	9.80	33.4
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-18 ans)	150	2020-2021	-	22.6	84.2
République Tchèque, CELSPAC + HBM adultes (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2019-2020	-	27.1	142.5
Adultes (18-65 ans)	399	2018-2019	-	12.0	53.7
Slovaquie, PCB cohort (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (15-17 ans)	287	2019-2020	-	29.7	144.7
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-15 ans)	96	2018	-	25.3	114.3
Espagne, BEA (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (13-17 ans)	300	2017-2018	-	20.0	84.1
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	181	2016-2017	-	29.2	218.9
USA, NHANHES (CDC)					
12-19 ans	353	2017-2018	8.47	9.40	37.9
Adultes >20 ans	1700	2017-2018	6.44	6.80	33.5
Canada, CHMS cycle 6					
Adolescents (12-19 ans)	503	2018-2019	11.0	11.0	39.0
Adultes (20-39 ans)	332	2018-2019	8.50	9.90	43.0
Adultes (40-59 ans)	340	2018-2019	7.10	8.00	36.0
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Adolescents (14-19 ans)	187	2018	-	10.90	-
Adultes (20-69 ans)	106	2018	-	7.32	-

Conclusion :

Les concentrations de MEP dans l'urine des adolescents et adultes wallons semblent inférieures voire très largement inférieures aux concentrations mesurées dans toutes les autres études européennes ou nord-américaines que ce soit pour les adolescents ou les adultes, y compris les valeurs mesurées en population liégeoise d'adultes (recrutés en 2018), et quelle que soit la période de recrutement (entre 2014 et 2023). Ces concentrations varient énormément, avec des médianes rapportées entre 17.6 µg/l et 79.1 µg/l pour les adolescents norvégiens et espagnols respectivement. Seuls les jeunes adultes allemands recrutés en 2015 présentaient des taux urinaires comparables aux wallons (P50 = 13.5 µg/l vs 10.9 µg/l pour les jeunes adultes wallons).
Pour les MnBP et MiBP, les variations de concentrations médianes rapportées en Europe sont moins importantes que pour le MEP (à l'exception des adolescents slovaques et tchèques pour le MnBP). Globalement, les adolescents et adultes wallons présentent des niveaux urinaires en MiBP et MnBP inférieurs aux niveaux mesurés dans la plupart des études européennes, mais comparables aux valeurs rapportées en populations adultes allemandes, liégeoises, américaines (pour le MnBP seulement) ou canadiennes.

7.2. Les métabolites de phtalates de hauts poids moléculaires (MBzP, métabolites de DEHP, métabolites du DiNP, et du DiDP)

Les tableaux 9 a, 9b et 9c comparent les concentrations urinaires en métabolites de phtalates de hauts poids moléculaires (MBzP, métabolites du DEHP, métabolites di DiNP et DiDP) en populations wallonnes avec les résultats d'études internationales, avec un focus sur les études européennes.

Tableau 9a : Concentrations urinaires en MBzP mesurées dans des différentes études

MBzP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Adolescents et adultes (12-39 ans)	518	2019-2020	1.30	1.19	16.1
Adultes (40-59 ans)	292	2023	1.03	0.87	9.57
Belgique, Province de Liège (Pirard and Charlier, 2022)					
Adultes (<18 ans)	92	2018		1.85	12.9
Belgique, FLEHS IV (Bastiaensen et al., 2021)					
Adolescents (14-15 ans)	416	2017-2018	2.60	2.30	34.7
France, ESTEBAN (Balicco et al., 2019)					
Adolescents (12-17 ans)	94	2014-2016	11.2	9.60	87.8
Adultes (18-74 ans)	897	2014-2016	6.00	5.70	31.6
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b), (HBM4EU dashboard)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	3.10	2.90	18.7
Adultes (20-29 ans)	60	2015	-	1.20	13.7

Tableau 9a suite

	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-18 ans)	150	2020-2021	-	2.57	10.4
République Tchèque, CELSPAC + HBM adultes (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2019-2020	-	1.65	15.2
Adultes (18-65 ans)	399	2018-2019	-	<2.37	7.14
Slovaquie, PCB cohort (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (15-17 ans)	287	2019-2020	-	1.26	8.38
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-15 ans)	96	2018	-	3.52	45.7
Espagne, BEA (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (13-17 ans)	300	2017-2018	-	1.70	8.63
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	281	2017	-	1.53	9.19
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	181	2016-2017	-	5.30	31.9
Suède (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2016-2017	-	5.91	38.9
USA, NHANHES (CDC)					
12-19 ans	353	2017-2018	4.54	4.70	33.0
Adultes >20 ans	1700	2017-2018	2.85	2.80	27.2
Canada, CHMS cycle 6					
Adolescents (12-19 ans)	502	2018-2019	3.80	3.80	26.0
Adultes (20-39 ans)	329	2018-2019	2.60	2.80	17.0
Adultes (40-59 ans)	340	2018-2019	1.90	2.10	13.0
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Adolescents (14-19 ans)	187	2018	-	1.44	-
Adultes (20-69 ans)	106	2018	-	1.30	-

Tableau 9b : Concentrations urinaires en métabolites de DEHP mesurées dans des différentes études

Métabolites du DEHP					
5-oxo-MEHP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Adolescents (12-19 ans)	258	2019-2020	1.59	1.68	8.51
Adultes (20-39) ans	260	2019-2020	1.20	1.36	7.20
Adultes (40-59 ans)	292	2023	1.11	1.13	6.64
Belgique, Province de Liège (Pirard and Charlier, 2022)					
Adultes (<18 ans)	92	2018		1.92	7.76
Belgique, FLEHS IV (Bastiaensen et al., 2021)					
Adolescents (14-15 ans)	416	2017-2018	3.60	3.80	15.5
France, ESTEBAN (Balicco et al., 2019)					
Adolescents (12-17 ans)	94	2014-2016	8.60	8.90	21.3
Adultes (18-74 ans)	897	2014-2016	5.50	5.70	18.5
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b), (HBM4EU dashboard)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	7.60	7.70	29.0
Adultes (20-29 ans)	60	2015	-	3.15	10.7
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-18 ans)	150	2020-2021	-	7.13	29.7
République Tchèque, CELSPAC + HBM adultes (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2019-2020	-	5.51	24.7
Adultes (18-65 ans)	399	2018-2019	-	2.79	16.4
Slovaquie, PCB cohort (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (15-17 ans)	287	2019-2020	-	7.82	30.3
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-15 ans)	96	2018	-	7.95	27.3
Espagne, BEA (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (13-17 ans)	300	2017-2018	-	6.20	22.4
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	281	2017	-	7.07	23.5
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	181	2016-2017	-	5.53	17.7
Suède (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2016-2017	-	5.11	22.4
USA, NHANHES (CDC)					
12-19 ans	353	2017-2018	3.28	3.80	15.5
Adultes >20 ans	1700	2017-2018	2.70	2.80	15.0

Tableau 9b suite

	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
Canada, CHMS cycle 6					
Adolescents (12-19 ans)	503	2018-2019	3.80	4.10	14.0
Adultes (20-39 ans)	331	2018-2019	3.20	3.40	11.0
Adultes (40-59 ans)	341	2018-2019	2.30	2.70	10.0
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Adolescents (14-19 ans)	187	2018	-	7.64	-
Adultes (20-69 ans)	106	2018	-	6.58	-
5-OH-MEHP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Adolescents (12-19 ans)	258	2019-2020	2.31	2.53	13.4
Adultes (20-39) ans	260	2019-2020	1.75	2.00	10.9
Adultes (40-59 ans)	292	2023	1.65	1.74	9.05
Belgique, Province de Liège (Pirard and Charlier, 2022)					
Adultes (<18 ans)	92	2018		2.89	12.8
Belgique, FLEHS IV (Bastiaensen et al., 2021)					
Adolescents (14-15 ans)	416	2017-2018	5.70	6.00	23.1
France, ESTEBAN (Balicco et al., 2019)					
Adolescents (12-17 ans)	94	2014-2016	12.2	13.0	28.0
Adultes (18-74 ans)	897	2014-2016	8.90	9.10	30.4
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b), (HBM4EU dashboard)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	11.0	11.1	40.9
Adultes (20-29 ans)	60	2015	-	4.20	17.9
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-18 ans)	150	2020-2021	-	10.3	44.0
République Tchèque, CELSPAC + HBM adultes (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2019-2020	-	13.9	50.7
Adultes (18-65 ans)	399	2018-2019	-	4.69	31.1
Slovaquie, PCB cohort (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (15-17 ans)	287	2019-2020	-	33.7	142.4
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-15 ans)	96	2018	-	10.5	40.7
Espagne, BEA (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (13-17 ans)	300	2017-2018	-	8.53	31.6
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	281	2017	-	9.62	32.2
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	181	2016-2017	-	9.11	29.1

Tableau 9b suite

	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
Suède (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2016-2017	-	6.92	25.9
USA, NHANHES (CDC)					
12-19 ans	353	2017-2018	4.80	5.50	24.6
Adultes >20 ans	1700	2017-2018	4.22	4.40	22.5
Canada, CHMS cycle 6					
Adolescents (12-19 ans)	504	2018-2019	5.40	5.80	22.0
Adultes (20-39 ans)	332	2018-2019	4.90	5.30	19.0
Adultes (40-59 ans)	342	2018-2019	3.60	4.00	15.0
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Adolescents (14-19 ans)	187	2018	-	13.2	-
Adultes (20-69 ans)	106	2018	-	10.5	-
5-cx-MEHP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Adolescents (12-19 ans)	258	2019-2020	3.65	3.82	17.5
Adultes (20-39) ans	260	2019-2020	3.02	3.1	13.5
Adultes (40-59 ans)	292	2023	2.31	2.38	11.6
Belgique, FLEHS IV (Bastiaensen et al., 2021)					
Adolescents (14-15 ans)	416	2017-2018	14.0	14.5	31.9
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b), (HBM4EU dashboard)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	11.9	12.0	46.1
Adultes (20-29 ans)	60	2015	-	3.80	14.0
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-18 ans)	150	2020-2021	-	11.7	48.1
République Tchèque, CELSPAC (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2019-2020	-	7.59	35.3
Slovaquie, PCB cohort (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (15-17 ans)	287	2019-2020	-	9.25	32.9
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-15 ans)	96	2018	-	12.2	45.2
Espagne, BEA (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (13-17 ans)	300	2017-2018	-	11.1	41.5
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	281	2017	-	11.1	35.8
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	181	2016-2017	-	16.2	49.0

Tableau 9b suite

	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
Suède (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2016-2017	-	6.06	27.8
USA, NHANHES (CDC)					
12-19 ans	353	2017-2018	7.68	8.50	35.7
Adultes >20 ans	1700	2017-2018	6.63	6.90	31.0
Canada, CHMS cycle 6					
Adolescents (12-19 ans)	497	2018-2019	6.30	6.80	26.0
Adultes (20-39 ans)	326	2018-2019	5.10	5.70	21.0
Adultes (40-59 ans)	337	2018-2019	4.00	4.50	14.0
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Adolescents (14-19 ans)	187	2018	-	13.7	-
Adultes (20-69 ans)	106	2018	-	10.1	-
MEHP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Adolescents (12-19 ans)	258	2019-2020	<0.62	<0.62	2.82
Adultes (20-39) ans	260	2019-2020	0.68	<0.62	3.52
Adultes (40-59 ans)	292	2023	<0.62	<0.62	2.74
Belgique, Province de Liège (Pirard and Charlier, 2022)					
Adultes (<18 ans)	92	2018		<0.62	12.8
Belgique, FLEHS IV (Bastiaensen et al., 2021)					
Adolescents (14-15 ans)	416	2017-2018	1.10	1.10	5.50
France, ESTEBAN (Balicco et al., 2019)					
Adolescents (12-17 ans)	94	2014-2016	2.20	2.30	8.90
Adultes (18-74 ans)	897	2014-2016	1.40	1.40	6.20
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b), (HBM4EU dashboard)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	1.40	1.50	6.7
Adultes (20-29 ans)	60	2015	-	1.10	4.4
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-18 ans)	150	2020-2021	-	2.75	16.4
République Tchèque, CELSPAC + HBM adultes (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2019-2020	-	2.01	12.0
Adultes (18-65 ans)	399	2018-2019	-	1.96	12.9
Slovaquie, PCB cohort (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (15-17 ans)	287	2019-2020	-	3.54	18.3
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-15 ans)	96	2018	-	1.57	5.90

Tableau 9b suite

	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
Espagne, BEA (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (13-17 ans)	300	2017-2018	-	2.04	8.20
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	281	2017	-	1.66	6.26
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	181	2016-2017	-	1.44	6.23
Suède (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2016-2017	-	1.56	6.37
USA, NHANHES (CDC)					
12-19 ans	353	2017-2018	-	1.00	4.10
Adultes >20 ans	1700	2017-2018	-	<0.8	4.90
Canada, CHMS cycle 6					
Adolescents (12-19 ans)	489	2018-2019	1.10	1.10	5.50
Adultes (20-39 ans)	324	2018-2019	1.20	1.20	5.80
Adultes (40-59 ans)	335	2018-2019	0.73	0.74	4.20
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Adolescents (14-19 ans)	187	2018	-	2.87	-
Adultes (20-69 ans)	106	2018	-	2.36	-

Tableau 9c : Concentrations urinaires en métabolites du DiNP (cx-MiNP et HO-MiNP) mesurées dans des différentes études

Cx-MiNP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Adolescents (12-19 ans)	258	2019-2020	2.00	1.93	9.00
Adultes (20-39) ans	260	2019-2020	1.74	1.72	9.46
Adultes (40-59 ans)	292	2023	1.46	1.57	5.55
Belgique, Province de Liège (Pirard and Charlier, 2022)					
Adultes (<18 ans)	87	2018		3.40	14.6
Belgique, FLEHS IV (Bastiaensen et al., 2021)					
Adolescents (14-15 ans)	416	2017-2018	1.71	1.66	7.23
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b), (HBM4EU dashboard)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	5.90	5.40	30.2
Adultes (20-29 ans)	60	2015	-	2.00	12.5
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-18 ans)	150	2020-2021	-	5.86	34.9
République Tchèque, CELSPAC (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2019-2020	-	5.14	34.9

Tableau 9c suite

	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
Slovaquie, PCB cohort (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (15-17 ans)	287	2019-2020	-	6.69	33.8
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-15 ans)	96	2018	-	5.75	15.9
Espagne, BEA (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (13-17 ans)	300	2017-2018	-	6.66	29.5
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	281	2017	-	3.50	12.3
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	181	2016-2017	-	9.23	33.6
Suède (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2016-2017	-	5.74	46.8
USA, NHANHES (CDC)					
12-19 ans	353	2017-2018	5.72	5.40	36.7
Adultes >20 ans	1700	2017-2018	4.52	4.30	32.1
Canada, CHMS cycle 6					
Adolescents (12-19 ans)	435	2018-2019	0.52	0.57	2.20
Adultes (20-39 ans)	285	2018-2019	0.47	0.46	2.20
Adultes (40-59 ans)	295	2018-2019	0.42	0.37	3.90
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Adolescents (14-19 ans)	187	2018	-	1.67	-
Adultes (20-69 ans)	106	2018	-	0.92	-
HO-MiNP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Adolescents (12-19 ans)	258	2019-2020	2.24	2.25	14.7
Adultes (20-39) ans	260	2019-2020	1.94	1.89	16.9
Adultes (40-59 ans)	292	2023	1.70	1.83	8.46
Belgique, FLEHS IV (Bastiaensen et al., 2021)					
Adolescents (14-15 ans)	416	2017-2018	3.88	3.85	15.3
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b), (HBM4EU dashboard)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	6.90	6.90	30.2
Adultes (20-29 ans)	60	2015	-	2.40	15.3
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-18 ans)	150	2020-2021	-	3.27	25.7
République Tchèque, CELSPAC (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2019-2020	-	11.17	52.8

Tableau 9c suite

	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
Slovaquie, PCB cohort (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (15-17 ans)	287	2019-2020	-	16.20	95.2
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-15 ans)	96	2018	-	4.03	11.0
Espagne, BEA (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (13-17 ans)	300	2017-2018	-	4.38	19.0
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	281	2017	-	2.84	10.9
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	181	2016-2017	-	5.91	35.1
Suède (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2016-2017	-	3.74	35.3
Canada, CHMS cycle 6					
Adolescents (12-19 ans)	469	2018-2019	0.78	0.98	5.50
Adultes (20-39 ans)	309	2018-2019	0.68	0.86	8.20
Adultes (40-59 ans)	323	2018-2019	0.54	0.59	3.70
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Adolescents (14-19 ans)	187	2018	-	0.53	-
Adultes (20-69 ans)	106	2018	-	0.12	-
6-OH-MiDP					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Adolescents et adultes (12-39 ans)	518	2019-2020	<1.00	<1.00	2.06
Adultes (40-59 ans)	292	2023	<1.00	<1.00	1.75
Belgique, Province de Liège (Pirard and Charlier, 2022)					
Adultes (<18 ans)	87	2018		<2.00	2.40
Belgique, FLEHS IV (Bastiaensen et al., 2021)					
Adolescents (14-15 ans)	416	2017-2018	0.63	0.63	2.84
Allemagne, GerES V (Schwedler et al., 2020b), (HBM4EU dashboard)					
Enfants (3-17 ans)	2256	2015-2017	1.50	1.50	7.5
Adultes (20-29 ans)	60	2015	-	0.80	3.4
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-18 ans)	150	2020-2021	-	2.00	12.5
République Tchèque, CELSPAC (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2019-2020	-	0.63	3.56
Slovaquie, PCB cohort (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (15-17 ans)	287	2019-2020	-	<0.6	1.29

Tableau 9c suite

	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-15 ans)	96	2018	-	1.59	4.73
Espagne, BEA (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (13-17 ans)	300	2017-2018	-	1.53	6.47
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	281	2017	-	0.82	2.82
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	181	2016-2017	-	1.88	5.76
Suède (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2016-2017	-	0.94	6.51
Canada, CHMS cycle 6					
Adolescents (12-19 ans)	499	2018-2019	0.32	0.31	3.40
Adultes (20-39 ans)	329	2018-2019	0.40	0.26	3.50
Adultes (40-59 ans)	338	2018-2019	0.18	0.19	1.90

Conclusion :

Pour le MBzP, les concentrations urinaires mesurées en population wallonne sont sensiblement similaires aux concentrations rapportées pour les populations d'adultes allemands, et d'adolescents slovaques, polonais ou espagnols, sont légèrement inférieures aux concentrations mesurées en Province de Liège, en Flandres, en Grèce, aux USA ou au Canada, mais largement voire très largement inférieures qu'en France, en Norvège, ou en Suède. Tout comme pour les phtalates de bas poids moléculaires, cette disparité entre les pays européens est difficilement explicable.

D'autre part, si les taux urinaires en métabolites du DEHP en population wallonne (actuels) sont comparables aux valeurs mesurées en Province de Liège en 2018, ils sont bien plus bas que les niveaux rapportés dans toutes les autres études reprises dans le Tableau 9b. Les mêmes tendances sont observées pour les métabolites du DiNP sauf pour les études allemandes et flamandes qui ont mesuré des concentrations similaires, et les études canadiennes et coréennes qui ont rapporté des concentrations plus basses.

Peu de données ont été rapportées pour le métabolite du DiDP (65-OH-MiDP), qui dans l'ensemble a été mesuré à des concentrations plutôt faibles, rendant les comparaisons difficiles.

7.3. Les métabolites du DINCH, plastifiant non phtalate (OH-MINCH, cx-MINCH, oxo-MINCH)

Le tableau 10 reprend les concentrations urinaires en métabolites de DINCH (OH-MINCH, cx-MINCH et oxo-MINCH) en populations wallonnes et les résultats d'études internationales, avec un focus sur les études européennes.

Tableau 10 : Concentrations urinaires en métabolites du DINCH (OH-MINCH, cx-MINCH, oxo-MINCH) mesurées dans des différentes études

OH-MINCH					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Adolescents (12-19 ans)	258	2019-2020	1.01	<1.00	7.80
Adultes (20-39) ans	260	2019-2020	<1.00	<1.00	5.60
Adultes (40-59 ans)	292	2023	<1.00	<1.00	7.25
Belgique, Province de Liège (Pirard and Charlier, 2022)					
Adultes (<18 ans)	87	2018		<2.00	36.0
Belgique, FLEHS IV (Bastiaensen et al., 2021)					
Adolescents (14-15 ans)	416	2017-2018	1.15	1.06	6.94
Allemagne, GerES V et ESB (Schwedler et al., 2020a), (HBM4EU dashboard)					
Enfants (3-17 ans)	2228	2015-2017	2.27	2.20	15.8
Adultes (20-29 ans)	60	2017	-	0.70	3.96
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-18 ans)	150	2020-2021	-	1.77	9.28
République Tchèque, CELSPAC (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2019-2020	-	1.70	22.5
Slovaquie, PCB cohort (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (15-17 ans)	287	2019-2020	-	1.59	11.0
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-15 ans)	96	2018	-	1.86	12.9
Espagne, BEA (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (13-17 ans)	300	2017-2018	-	1.80	11.0
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	281	2017	-	1.72	4.95
Norvège, NEBII (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	181	2016-2017	-	2.81	27.0
Suède (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2016-2017	-	0.84	9.19
USA, NHANHES (CDC)					
12-19 ans	353	2017-2018	0.87	0.70	10.9
Adultes >20 ans	1700	2017-2018	0.73	0.60	8.50

Tableau 10 suite

	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
Canada, CHMS cycle 6					
Adolescents (12-19 ans)	471	2018-2019	0.15	0.12	1.50
Adultes (20-39 ans)	310	2018-2019	-	0.09	0.94
Adultes (40-59 ans)	332	2018-2019	-	<LOD	1.10
Corée du Sud, KoNEHS (Jung et al., 2025)					
Adolescents (14-19 ans)	187	2018	-	0.17	-
Adultes (20-69 ans)	106	2018	-	0.09	-
cx-MINCH					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Adolescents et adultes (12-39 ans)	518	2019-2020	<1.00	<1.00	4.19
Adultes (40-59 ans)	292	2023	<1.00	<1.00	4.02
Belgique, Province de Liège (Pirard and Charlier, 2022)					
Adultes (<18 ans)	87	2018		<2.00	24.3
Belgique, FLEHS IV (Bastiaensen et al., 2021)					
Adolescents (14-15 ans)	416	2017-2018	0.98	0.98	3.42
Allemagne, GerES V et ESB (Schwedler et al., 2020a), (HBM4EU dashboard)					
Enfants (3-17 ans)	2225	2015-2017	1.14	1.08	7.61
Adultes (20-29 ans)	60	2017	-	0.21	1.02
Grèce, CROME (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-18 ans)	150	2020-2021	-	1.19	3.52
Slovaquie, PCB cohort (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (15-17 ans)	287	2019-2020	-	0.79	5.04
Slovénie, CRP (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-15 ans)	96	2018	-	1.23	5.92
Espagne, BEA (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (13-17 ans)	300	2017-2018	-	0.96	7.07
Pologne (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-14 ans)	281	2017	-	0.55	2.68
Suède (HBM4EU dashboard)					
Adolescents (12-17 ans)	300	2016-2017	-	5.74	46.80
USA, NHANHES (CDC)					
12-19 ans	353	2017-2018	-	<0.5	6.50
Adultes >20 ans	1700	2017-2018	-	<0.5	5.50

Tableau 10 suite

oxo-MINCH					
	N TOT	Années	MG	P50	P95
			µg/l	µg/l	µg/l
BMH-Wal					
Adolescents (12-19 ans)	258	2019-2020	<1.00	<1.00	4.91
Adultes (20-39) ans	260	2019-2020	<1.00	<1.00	3.46
Adultes (40-59 ans)	292	2023	<1.00	<1.00	4.58
Allemagne, GerES V et ESB (Schwedler et al., 2020a), (HBM4EU dashboard)					
Enfants (3-17 ans)	2227	2015-2017	0.93	0.96	7.61
Adultes (20-29 ans)	60	2017	-	0.31	1.88
Canada, CHMS cycle 6					
Adolescents (12-19 ans)	495	2018-2019	-	<LOD	0.79
Adultes (20-39 ans)	321	2018-2019	-	<LOD	0.31
Adultes (40-59 ans)	335	2018-2019	-	<LOD	0.52

Conclusion :

Les concentrations médianes en OH-MINCH déterminées dans les études européennes reprises dans le tableau 10 sont comprises entre 1 et 2.87 µg/l (sauf la Suède pour laquelle une P50 de 0.87 µg/l a été rapportée), c'est-à-dire légèrement supérieures aux concentrations mesurées dans les populations d'adolescents et adultes wallons. Les valeurs rapportées pour les populations nord-américaines et coréennes semblent en revanche très inférieures aux valeurs européennes. Concernant le cx-MINCH, les concentrations rapportées sont à peu près similaires quelle que soit l'étude, à l'exception de l'étude suédoise qui a observé une concentration médiane très largement supérieure dans sa population d'adolescents (5.74 µg/l). Peu de données existent pour l'oxo-MINCH rendant toute comparaison difficile.

8. COMPARAISON DES RÉSULTATS OBTENUS POUR LES DIFFÉRENTES CLASSES D'ÂGE RECRUTÉES SUR L'ENSEMBLE DES 3 PREMIÈRES PHASES (BMH-WAL1, 2 ET 3)

Un des objectifs majeurs de ce programme de biomonitoring, parallèlement à la détermination des concentrations de référence pour l'ensemble de la population wallonne, était d'évaluer si certaines classes d'âge étaient particulièrement exposées. Afin de bien interpréter les comparaisons qui seront faites ci-dessous, il est important de rappeler que le recrutement des différentes classes d'âge n'a pas été réalisé au même moment, avec un décalage pouvant aller jusque 3 ans entre 2 classes d'âge (Figure 1).

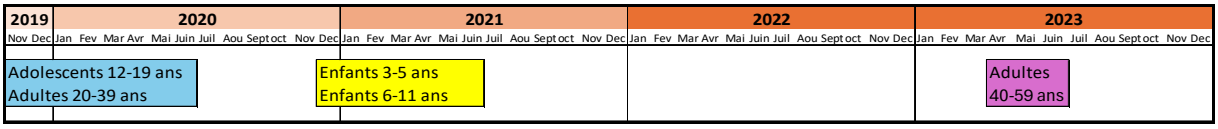


Figure 1 : Calendrier du recrutement des 3 phases de BMH-WAL. En bleu : adolescents et adultes 20-39 ans ; en jaune : enfants 3-5 ans et 6-11 ans ; en mauve : adultes 40-59 ans.

Si pour certains polluants il est peu probable que la temporalité de l'échantillonnage ait une influence sur les niveaux mesurés dans les prélèvements biologiques de la population wallonne, pour d'autres qui ont vu la règlementation sur leurs utilisations fortement évoluer au cours de ces dernières années, une variation de l'exposition de la population (et donc une variation des taux d'imprégnation et/ou d'excrétion) est attendue. Il ne sera pas toujours possible de déterminer à priori si une différence (ou une absence de différence) entre deux groupes provient d'une exposition différente liée à l'âge ou d'une exposition différente liée au timing du recrutement. Les comparaisons entre les classes d'âge qui n'ont pas été recrutées en même temps sont donc à interpréter avec beaucoup de prudence.

Les comparaisons entre les différents groupes d'âge ont été réalisée à l'aide d'un test de comparaison multiple des rangs moyens de Kruskal-Wallis (le seuil de significativité est fixé à 0.05).

8.1. Les retardateurs de flamme phosphorés

Les retardateurs de flamme phosphorés n'ont été à ce jour mesurés que dans l'urine des enfants. Une comparaison avec les autres tranches de la population wallonne n'est donc pas possible.

8.2. Les phtalates et plastifiant sans phtalate

Tableau 11 : Comparaison des données obtenues pour les métabolites de phtalates et plastifiant sans phtalate entre les différentes classes d'âge du projet BMH-WAL (les 3 phases confondues) : pourcentage de valeurs supérieures à la LOQ, P50 et P95 (en µg/l), et p-values obtenues lors d'un test de comparaison multiple des rangs moyens de Kruskal-Wallis (le seuil de significativité est fixé à 0.05).

MEP					
	3-5 ans	6-11 ans	12-19 ans	20-39 ans	40-59 ans
N>LOQ	100%	100%	98%	97%	98%
P50 (µg/L)	18.8	22.5	14.4	10.9	11.8
P95 (µg/L)	122.6	188.1	176.8	147.5	304.6
3-5 ans	-				
6-11 ans	0.42060	-			
12-19 ans	0.201625	***0.00016***	-		
20-39 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	***0.02371***	-	
40-59 ans	***0.00014***	***<0.0001***	0.58750	1.00000	-
MnBP					
	3-5 ans	6-11 ans	12-19 ans	20-39 ans	40-59 ans
N>LOQ	100%	100%	93%	89%	92%
P50 (µg/L)	24.3	27.2	9.79	7.53	7.74
P95 (µg/L)	92.3	89.2	57.5	38.3	46.4
3-5 ans	-				
6-11 ans	1.00000	-			
12-19 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	-		
20-39 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	0.05830	-	
40-59 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	0.52723	1.00000	-
MiBP					
	3-5 ans	6-11 ans	12-19 ans	20-39 ans	40-59 ans
N>LOQ	100%	100%	95%	91%	97%
P50 (µg/L)	34.5	36.1	12.8	9.38	8.38
P95 (µg/L)	167.8	231.0	90.1	57.6	86.7
3-5 ans	-				
6-11 ans	1.00000	-			
12-19 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	-		
20-39 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	0.06884	-	
40-59 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	0.13879	1.00000	-

Tableau 11 suite

5-oxo-MEHP					
	3-5 ans	6-11 ans	12-19 ans	20-39 ans	40-59 ans
N>LOQ	99%	100%	84%	73%	75%
P50 (µg/L)	5.27	5.39	1.68	1.36	1.13
P95 (µg/L)	25.4	18.8	8.51	7.20	6.64
3-5 ans	-				
6-11 ans	1.00000	-			
12-19 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	-		
20-39 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	0.17144	-	
40-59 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	***0.00770***	1.00000	-
5-OH-MEHP					
	3-5 ans	6-11 ans	12-19 ans	20-39 ans	40-59 ans
N>LOQ	100%	100%	91%	83%	88%
P50 (µg/L)	8.71	8.47	2.53	2.00	1.74
P95 (µg/L)	41.2	28.3	13.4	10.9	9.05
3-5 ans	-				
6-11 ans	1.00000	-			
12-19 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	-		
20-39 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	0.50565	-	
40-59 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	***0.02054***	1.00000	-
5-cx-MEPP					
	3-5 ans	6-11 ans	12-19 ans	20-39 ans	40-59 ans
N>LOQ	99%	100%	90%	87%	79%
P50 (µg/L)	11.1	10.2	3.82	3.10	2.38
P95 (µg/L)	50.0	34.9	17.5	13.5	11.6
3-5 ans	-				
6-11 ans	1.00000	-			
12-19 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	-		
20-39 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	0.54330	-	
40-59 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	***<0.0001***	0.10699	-
MEHP					
	3-5 ans	6-11 ans	12-19 ans	20-39 ans	40-59 ans
N>LOQ	55%	66%	40%	48%	32%
P50 (µg/L)	0.75	0.93	<0.62	<0.62	<0.62
P95 (µg/L)	3.99	4.67	2.82	3.52	2.74
3-5 ans	-				
6-11 ans	0.19994	-			
12-19 ans	***0.00379***	***<0.0001***	-		
20-39 ans	1.00000	***0.00154***	0.44904	-	
40-59 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	1.00000	***0.00437***	-

Tableau 11 suite

MBzP					
	3-5 ans	6-11 ans	12-19 ans	20-39 ans	40-59 ans
N>LOQ	93%	97%	71%	65%	61%
P50 (µg/L)	3.30	3.40	1.29	1.10	0.87
P95 (µg/L)	27.7	26.2	15.2	16.1	9.57
3-5 ans	-				
6-11 ans	1.00000	-			
12-19 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	-		
20-39 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	0.71812	-	
40-59 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	***0.04265***	1.00000	-
cx-MiNP					
	3-5 ans	6-11 ans	12-19 ans	20-39 ans	40-59 ans
N>LOQ	97%	98%	80%	67%	64%
P50 (µg/L)	5.47	4.58	1.83	1.72	1.57
P95 (µg/L)	21.5	23.4	9.00	9.46	5.55
3-5 ans	-				
6-11 ans	1.00000	-			
12-19 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	-		
20-39 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	1.00000	-	
40-59 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	***0.00558***	0.74260	-
OH-MiNP					
	3-5 ans	6-11 ans	12-19 ans	20-39 ans	40-59 ans
N>LOQ	99%	99%	81%	69%	71%
P50 (µg/L)	6.91	5.94	2.25	1.89	1.83
P95 (µg/L)	30.8	28.9	14.7	16.9	8.46
3-5 ans	-				
6-11 ans	1.00000	-			
12-19 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	-		
20-39 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	1.00000	-	
40-59 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	0.08833	1.00000	-
6-OH-MiDP					
	3-5 ans	6-11 ans	12-19 ans	20-39 ans	40-59 ans
N>LOQ	56%	52%	17%	15%	11%
P50 (µg/L)	1.10	1.04	<1.00	<1.00	<1.00
P95 (µg/L)	4.86	4.27	1.91	2.59	1.75
3-5 ans	-				
6-11 ans	1.00000	-			
12-19 ans	***<0.0001***	***<0.0001***			
20-39 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	1.00000	-	
40-59 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	1.00000	1.00000	-

Tableau 11 suite

OH-MINCH					
	3-5 ans	6-11 ans	12-19 ans	20-39 ans	40-59 ans
N>LOQ	85%	87%	43%	31%	32%
P50 (µg/L)	3.15	2.32	<1.00	<1.00	<1.00
P95 (µg/L)	16.9	21.4	7.80	5.60	7.25
3-5 ans	-				
6-11 ans	1.00000	-			
12-19 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	-		
20-39 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	0.29013	-	
40-59 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	0.58195	1.00000	-
cx-MINCH					
	3-5 ans	6-11 ans	12-19 ans	20-39 ans	40-59 ans
N>LOQ	81%	73%	41%	47%	33%
P50 (µg/L)	1.82	1.47	<1.00	<1.00	<1.00
P95 (µg/L)	7.37	9.43	4.30	3.52	4.03
3-5 ans	-				
6-11 ans	0.08993	-			
12-19 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	-		
20-39 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	1.00000	-	
40-59 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	1.00000	0.68107	-
oxo-MINCH					
	3-5 ans	6-11 ans	12-19 ans	20-39 ans	40-59 ans
N>LOQ	74%	72%	30%	22%	22%
P50 (µg/L)	2.15	1.78	<1.00	<1.00	<1.00
P95 (µg/L)	12.3	16.8	4.91	3.46	4.58
3-5 ans	-				
6-11 ans	1.00000	-			
12-19 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	-		
20-39 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	1.00000	-	
40-59 ans	***<0.0001***	***<0.0001***	1.00000	1.00000	-

D'après ces comparaisons, aucune différence significative n'est observée entre les enfants âgés de 3 à 5 ans, et ceux âgés de 6 à 11 ans. En revanche, les enfants quel que soit leur âge ont dans leurs urines des concentrations en métabolites de phtalates plus élevées que les adolescents (12-19 ans) et les adultes (20-39 ans et 40-59 ans). Ces différences sont clairement observables sur la Figure 2 qui représente pour exemple les concentrations urinaires de MEP, métabolites de DEHP (somme des 4 métabolites) et métabolites du DiNP (somme des 2 métabolites) en fonction de la catégorie d'âge. A noter que cette différence n'est pas statistiquement significative entre les enfants de 3-5 ans et les adolescents pour le MEP, et entre les enfants de 3-5 ans et les jeunes adultes (20-39 ans) pour le MEHP.

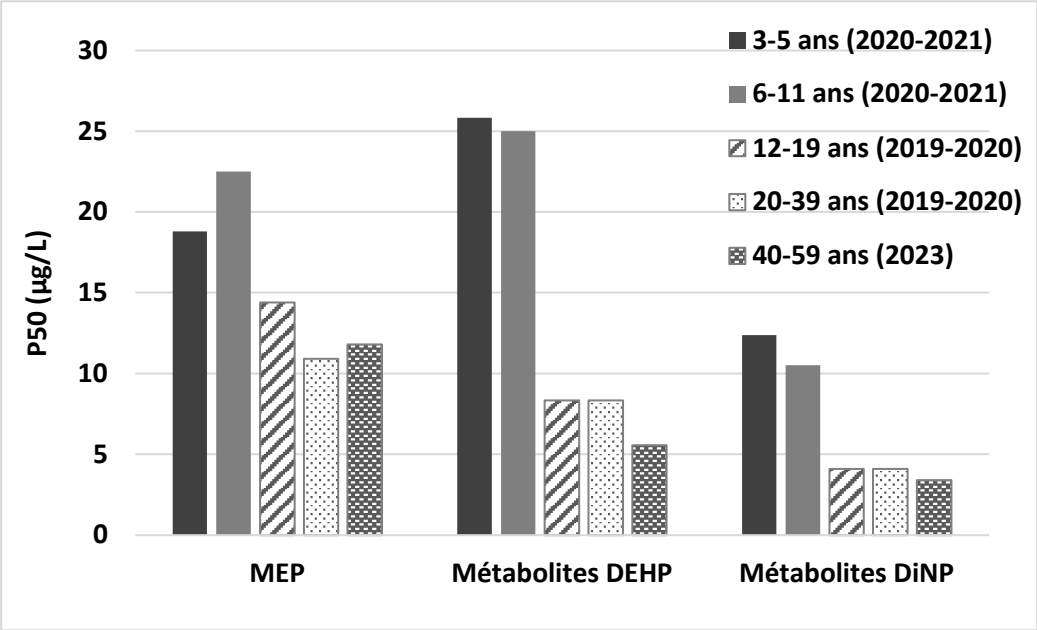


Figure 2 : Concentrations urinaires (P50) en MEP, métabolites de DEHP (somme des MEHP, 5-oxo-MEHP, 5-OH-MEHP, 5-cx-MEPP) et métabolites de DiNP (somme de cx-MiNP et OH-MiNP) en fonction de la tranche d'âge de la population wallonne.

Une plus grande exposition des enfants par rapport aux adultes a déjà été mise en évidence pour les phtalates (Dewalque et al., 2014, Silva et al., 2004) mais aussi pour d'autres polluants comme les pesticides (Roberts et Karr, 2012) ou le bisphenol A (Calafat et al., 2008). Les enfants ont des caractéristiques et des comportements spécifiques qui pourraient en partie expliquer une différence d'exposition aux phtalates comme des comportements main-bouche plus fréquents et un plus grand temps passé à jouer au sol, entrainant une ingestion plus importante de poussières domestiques ou de plastifiants migrant hors des objets mis en bouche. Des taux respiratoires plus élevés résultant en une exposition accrue par l'air intérieur et la poussière domestique, et une plus grande consommation d'eau et de nourriture par rapport à leur poids pourraient également entraîner une exposition plus importante que chez les adultes (Silva et al., 2004 ; Roberts and Karr, 2012; Weiss et al., 2004).

D'une manière générale, les adolescents présentent des concentrations urinaires en métabolites de phtalates légèrement plus élevées que les adultes (20-39 ans et 40-59 ans) mais cette différence n'est statistiquement significative qu'avec les jeunes adultes (20-39 ans) pour le MEP, et qu'avec les adultes plus âgés (40-59 ans) pour les métabolites de DEHP, le MBzP et le cx-MiNP.

Même s'il convient de rester prudent lors de la comparaison des catégories d'âge recrutées à des périodes différentes, il est peu probable que la temporalité de la collecte d'échantillons joue un rôle important dans les tendances observées. En effet, il n'y a pas de raison apparente pour que l'exposition de la population augmente entre 2019-2020 (recrutement des

adolescents et jeunes adultes) et 2020-2021 (recrutement des enfants), puis rediminue entre 2020-2021 et 2023 (recrutement des adultes âgés entre 40 et 59 ans).

9. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Ce rapport présente les statistiques descriptives et les valeurs de référence issues des résultats des dosages de marqueurs d'exposition de retardateurs de flamme phosphorés dans l'urine des enfants wallons âgés entre 3 et 11 ans et recrutés entre fin 2020 et mi-2021 (BMH-Wal 2), ainsi que des dosages de métabolites de phtalates et plastifiant non phtalate (métabolites du DINCH) dans l'urine de cette même population d'enfants wallons (3-11 ans), des adolescents (12-19 ans) et jeunes adultes (20-39 ans) recrutés lors de la phase 1 entre fin 2019 et 2020 (BMH-Wal 1), et des adultes âgés entre 40 et 59 ans recrutés en 2023 (BMH-Wal 3). Cette quatrième phase vient donc compléter la liste de polluants environnementaux inclus dans le programme biomonitoring wallon. Les valeurs de référence obtenues sont résumées dans le Tableau 11.

Les esters organophosphorés sont utilisés comme retardateurs de flamme mais également comme plastifiants dans de nombreux objets de la vie courante. On les retrouve dans différents plastiques (dont le PVC), textiles, matériaux de construction, meubles, peintures et colles, appareils électroniques, emballages alimentaires. Ils sont aussi présents dans certains jouets et articles de puériculture comme les tables à langer, les matelas, les porte-bébés ou les chaises hautes. Les enfants y sont particulièrement exposés en raison entre autres du comportement main-bouche qui augmente l'exposition aux poussières domestiques contaminées et de la mise en bouche de jouets ou d'objets contenant des retardateurs de flamme phosphorés.

Les résultats ont démontré que l'ensemble des enfants wallons sont exposés aux retardateurs de flamme phosphorés. En effet, tous les échantillons d'urine contenaient au moins 1 métabolite de RFP, et en moyenne entre 3 et 4 métabolites sur les 4 recherchés. Les fréquences de détection par métabolite ciblé variaient entre 72% et 100%, avec des concentrations urinaires pouvant aller jusqu'à 30 µg/l pour le DPP, métabolite le plus abondamment retrouvé. Des concentrations extrêmes (e.g. 319 µg/l) ont été mesurées ponctuellement pour le métabolite du tris(2-chloroisopropyl) phosphate (BCPHPP). Les RV95 varient entre 0.6 µg/l pour le DBP (métabolite du tri-n-butyl phosphate) et 7.9 µg/l pour le DPP (métabolite du triphénylphosphate). Les urines des enfants plus jeunes (3-5 ans) semblent légèrement plus contaminées que les plus âgés (6-11 ans) même si cette différence n'était significative que pour le DBP. Globalement, l'exposition des enfants wallons est comparable à celle des enfants belges et/ou flamands, ainsi qu'aux autres cohortes d'enfants européens.

Tableau 11 : RV_{95} pour les marqueurs urinaires de retardateurs de flamme phosphorés et de phtalates mesurés (µg/l)

Marqueur	Substance parente	Population	Age	Cycles	Années	RV_{95}
Retardateurs de flamme phosphorés						
DPP	Triphénylphosphate (TPP)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	7.9 µg/l
DBP	Tri-n-butyl phosphate (TBP)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	0.6 µg/l
BDCPP	Tris(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate (TDCIPP)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	2.6 µg/l
BCPHPP	Tris(2-chloroisopropyl) phosphate (TCIPP)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	6.6 µg/l
Phtalates et plastifiant non phtalate						
MEP	Diéthylphtalate (DEP)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	145 µg/l
		Adolescents et adultes	12-39 ans	1	2019-2020	158 µg/l
		Adultes	40-59 ans	3	2023	300 µg/l
MnBP	Di-n-butyl phtalate (DnBP)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	92 µg/l
		Adolescents et adultes	19-39 ans	1	2019-2020	45 µg/l
		Femmes	12-39 ans	1	2019-2020	36 µg/l
		Hommes	12-39 ans	1	2019-2020	61 µg/l
		Adultes	40-59 ans	3	2023	46 µg/l
MiBP	Di-isobutyl phtalate (DiBP)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	190 µg/l
		Adolescents et adultes	12-39 ans	1	2019-2020	78 µg/l
		Femmes	12-39 ans	1	2019-2020	46 µg/l
		Hommes	12-39 ans	1	2019-2020	100 µg/l
		Adultes	40-59 ans	3	2023	86 µg/l
5-oxo-MEHP	Di(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	22 µg/l
		Adolescents et adultes	12-39 ans	1	2019-2020	7.8 µg/l
		Adultes	40-59 ans	3	2023	6.6 µg/l
5-OH-MEHP	Di(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	33 µg/l
		Adolescents et adultes	12-39 ans	1	2019-2020	12 µg/l
		Adultes	40-59 ans	3	2023	9.0 µg/l
5-cx-MEPP	Di(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	43 µg/l
		Adolescents et adultes	12-39 ans	1	2019-2020	15 µg/l
		Adultes	40-59 ans	3	2023	11 µg/l
MEHP	Di(2-éthylhexyl)phtalate (DEHP)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	4.2 µg/l
		Adolescents et adultes	12-39 ans	1	2019-2020	3.2 µg/l
		Adultes	40-59 ans	3	2023	2.7 µg/l

Tableau 11 suite

Marqueur	Substance parente	Population	Age	Cycles	Années	RV_{95}
Phtalates et plastifiant non phtalate						
MBzP	Butyl benzyl phtalate (BBzP)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	27 µg/l
		Adolescents et adultes	12-39 ans	1	2019-2020	16 µg/l
		Adultes	40-59 ans	3	2023	9.5 µg/l
		Femmes	40-59 ans	3	2023	6.1 µg/l
		Hommes	40-59 ans	3	2023	18 µg/l
cx-MiNP	Di-isononyl phtalate (DiNP)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	23 µg/l
		Adolescents et adultes	12-39 ans	1	2019-2020	9.0 µg/l
		Adultes	40-59 ans	3	2023	5.5 µg/l
HO-MiNP	Di-isononyl phtalate (DiNP)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	27 µg/l
		Adolescents et adultes	12-39 ans	1	2019-2020	15 µg/l
		Adultes	40-59 ans	3	2023	8.4 µg/l
6-OH-MiDP	Di-isodécyl phtalate (DiDP)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	4.8 µg/l
		Adolescents et adultes	12-39 ans	1	2019-2020	2.0 µg/l
		Adultes	40-59 ans	3	2023	1.7 µg/l
OH-MINCH	Di(isononyl) cyclohexane-1,2-dicarboxylate (DINCH)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	18 µg/l
		Adolescents et adultes	12-39 ans	1	2019-2020	6.7 µg/l
		Adultes	40-59 ans	3	2023	7.2 µg/l
		Femmes	40-59 ans	3	2023	3.8 µg/l
		Hommes	40-59 ans	3	2023	14 µg/l
cx-MINCH	Di(isononyl) cyclohexane-1,2-dicarboxylate (DINCH)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	8.0 µg/l
		Adolescents et adultes	12-39 ans	1	2019-2020	4.1 µg/l
		Adultes	40-59 ans	3	2023	4.0 µg/l
		Femmes	40-59 ans	3	2023	2.9 µg/l
		Hommes	40-59 ans	3	2023	5.0 µg/l
oxo-MINCH	Di(isononyl) cyclohexane-1,2-dicarboxylate (DINCH)	Enfants	3-11 ans	2	2020-2021	14 µg/l
		Adolescents et adultes	12-39 ans	1	2019-2020	4.7 µg/l
		Adultes	40-59 ans	3	2023	4.5 µg/l

Les phtalates sont des plastifiant présents dans une large gamme de produits tels que les matériaux de construction, les solvants, les peintures, les jouets, les textiles, les matériaux en contact avec la nourriture, les dispositifs médicaux, etc. Certains sont aussi ajoutés dans les cosmétiques et produits de soin personnels, ou encore dans certains médicaments oraux. La population générale y est donc exposée continuellement principalement via l'ingestion d'aliments contaminés (ayant été en contact avec leur emballage) ou de poussières domestiques, et l'inhalation ou l'absorption cutanée de produits de soins personnels. Depuis la fin des années 90, des restrictions de plus en plus sévères ont été imposées en Europe sur l'utilisation de certains phtalates comme le di(-2-éthylhexyl)phtalate (DEHP) conduisant à leur élimination progressive et leur remplacement par des alternatives de type plastifiant « non phtalate » comme entre autres l'Hexamoll® DINCH. On s'attend donc à une diminution de l'exposition de la population à ces anciens phtalates et une augmentation de l'exposition aux alternatives non phtalates.

Des métabolites de phtalates de bas et hauts poids moléculaires, ainsi que d'une alternative non phtalate (DINCH) ont été dosés dans l'urine des enfants (3-11 ans), des adolescents et jeunes adultes (12-39 ans), et d'adultes wallons plus âgés (40 et 59 ans). Les périodes de recrutement pour les différentes populations ciblées varient (2019-2020 pour les adolescents et jeunes adultes, 2020-2021 pour les enfants, et 2023 pour les derniers adultes) rendant peu pertinente toute comparaison entre elles. Seules les tranches d'âge recrutées à la même période ont été comparées (i.e. 3-5 ans vs 6-11 ans, et 12-19 ans vs 20-39 ans).

Tous les métabolites de phtalates mesurés ont été détectés dans plus de 95% des échantillons d'urine des enfants (à l'exception du MEHP et du OH-MiDP), tandis que les métabolites du DINCH étaient retrouvés dans plus de 70% des échantillons. Ces fréquences de détection sont légèrement inférieures pour les adolescents et adultes, mais traduisent une exposition de l'ensemble de la population y compris à des phtalates strictement réglementés depuis plus de 20 ans. Si quelques métabolites ont été retrouvés en plus grandes concentrations dans l'urine des enfants les plus jeunes (3-5 ans vs 6-12 ans), pratiquement tous les marqueurs ont été mesurés en concentrations plus importantes dans l'urine des adolescents par rapport aux jeunes adultes, démontrant une exposition qui diminue avec l'âge. Parmi les adolescents et adultes (12-59 ans), les femmes présentaient des concentrations urinaires plus faibles pour la plupart des marqueurs mesurés, conduisant à la détermination de valeurs de référence différentes pour les femmes et pour les hommes pour quelques marqueurs. Cette différence entre femmes et hommes pourrait provenir d'une dilution plus importante des échantillons d'urine, et/ou de différences d'habitudes alimentaires ou de vie, ou de toxicocinétique. Cette différence filles/garçons n'a pas été observée chez les enfants.

S'il existe beaucoup de données d'exposition aux phtalates pour les enfants et adolescents européens, populations prioritaires dans la cadre du projet HBM4EU, la situation est différente pour la caractérisation de l'exposition des adultes qui ont été inclus dans moins d'études récentes. Même si d'importantes variations entre populations et études apparaissent, les concentrations mesurées dans les urines des enfants wallons sont en

moyennes proches des concentrations rapportées pour les enfants européens, tandis que les adolescents et adultes wallons semblent globalement être exposés de manière similaire ou légèrement inférieure que la plupart des autres populations étudiées.

Lorsque toutes les catégories d'âge sont comparées entre elles, il ressort que les enfants quel que soit leur âge semblent plus exposés aux plastifiants phtalates et non phtalate que les adolescents et les adultes. Ces différences pourraient en partie être expliquées par une exposition accrue aux poussières domestiques potentiellement contaminées liée à des comportements main-bouche plus fréquents, un plus grand temps passé à jouer au sol, et des taux respiratoires plus élevés. La mise en bouche d'objet contenant des plastifiant et une plus grande consommation d'eau et de nourriture par rapport à leur poids pourraient également résulter en une plus grande ingestion de phtalates.

RÉFÉRENCES

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.

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. Environ. Pollut. 276, 116724. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116724

Calafat, A.M.; Ye, X.; Wong, L-Y.; Reidy, J.A.; Needham, L.L. Urinary concentrations of triclosan in the U.S. population: 2003–2004. Environ. Health Perspect. 2008, 116:303–7.

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. Environ. Res. 140, 145–156. https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.03.036

Canadian Health Measures Survey (CHMS), Fourth Report on Human Biomonitoring of Environmental Chemicals in Canada. 2017. https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/environmental-contaminants/fourth-report-human-biomonitoring-environmental-chemicals-canada.html

Center for Disease Control and Prevention (CDC), 2009. Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals.http://www.cdc.gov/exposurereport/pdf/fourthreport.pdf

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., Katsonouri, A., Hadjipanayis, A., Krskova, A., Maly, M., Mørck, T.A., Rudnai, P., Kozepesy, S., Mulcahy, M., Mannion, R., Gutleb, A.C., Fischer, M.E., Ligocka, D., Jakubowski, M., Reis, M.F., Namorado, S., Gurzau, A.E., Lupsa, I.-R., Halzlova, K., Jajcaj, M., Mazej, D., Tratnik, J.S., López, A., Lopez, E., Berglund, M., Larsson, K., Lehmann, A., Crettaz, P., Schoeters, G., 2015. First Steps toward Harmonized Human Biomonitoring in Europe: Demonstration Project to Perform Human Biomonitoring on a European Scale. Environ. Health Perspect. 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. Environ. Res. 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 Res. Int. 2014, 649314. https://doi.org/10.1155/2014/649314

Dieusaert P (2024) Guide pratique des analyses médicales, 7e édition. Maloine, Paris

English, K., Healy, B., Jagals, P., Sly, P.D., 2015. Assessing exposure of young children to common endocrine-disrupting chemicals in the home environment: a review and commentary of the questionnaire-based approach. Rev. Environ. Health 30, 25–49. https://doi.org/10.1515/reveh-2014-0069

Frederiksen, H., Nielsen, O., Koch, H.M., Skakkebaek, N.E., Juul, A., Jørgensen, N., Andersson, A.-M., 2020. Changes in urinary excretion of phthalates, phthalate substitutes, bisphenols and other polychlorinated and phenolic substances in young Danish men; 2009–2017. Int. J. Hyg. Environ. Health 223, 93–105. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.10.002

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). Environ. Int. 71, 158–163. https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.06.016

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., Larebeke, N.V., Hond, E.D., 2014. Determinants of bisphenol A and phthalate metabolites in urine of Flemish adolescents. Environ. Res., Linking Exposure and Health in Environmental Public Health Tracking 134, 110–117. https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.07.020

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., Cañas-Portilla, A., Covaci, A., Csako, Z., Den Hond, E., Dvorakova, D., Fabelova, L., Fletcher, T., Frederiksen, H., Gabriel, C., Ganzleben, C., Göen, T., Halldorsson, T.I., Haug, L.S., Horvat, M., Huuskonen, P., Imboden, M., Jagodic Hudobivnik, M., Janasik, B., Janev Holcer, N., Karakitsios, S., Katsonouri, A., Klanova, J., Kokaraki, V., Kold Jensen, T., Koponen, J., Laeremans, M., Laguzzi, F., Lange, R., Lemke, N., Lignell, S., Lindroos, A.K., Lobo Vicente, J., Luijten, M., Makris, K.C., Mazej, D., Melymuk, L., Meslin, M., Mol, H., Montazeri, P., Murawski, A., Namorado, S., Niemann, L., Nübler, S., Nunes, B., Olafsdottir, K., Palkovicova Murinova, L., Papaioannou, N., Pedraza-Diaz, S., Piler, P., Plichta, V., Poteser, M., Probst-Hensch, N., Rambaud, L., Rauscher-Gabernig, E., Rausova, K., Remy, S., Riou, M., Rosolen, V., Rousselle, C., Rüther, M., Sarigiannis, D., Silva, M.J., Šlejkovec, Z., Snoj Tratnik, J., Stajnko, A., Szigeti, T., Tarazona, J.V., Thomsen, C., Tkalec,

Ž., Tolonen, H., Trnovec, T., Uhl, M., Van Nieuwenhuyse, A., Vasco, E., Verheyen, V.J., Viegas, S., Vinggaard, A.M., Vogel, N., Vorkamp, K., Wasowicz, W., Weber, T., Wimmerova, S., Woutersen, M., Zimmermann, P., Zvonar, M., Koch, H., Kolossa-Gehring, M., Esteban López, M., Castaño, A., Stewart, L., Sepai, O., Schoeters, G., 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). Int. J. Hyg. Environ. Health 249, 114119. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2023.114119

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. Sci. Total Environ. 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. Int. J. Hyg. Environ. Health 218, 489–499. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2015.04.002

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. Environ. Res. 164, 262–270. https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.02.040

Heudorf, U., Mersch-Sundermann, V., Angerer, J., 2007. Phthalates: Toxicology and exposure. Int. J. Hyg. Environ. Health, Children's Environment in Central Europe - Threats and Chances 210, 623–634. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2007.07.011

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. Environ. Pollut. 279, 116941. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116941

Johns, L.E., Cooper, G.S., Galizia, A., Meeker, J.D., 2015. Exposure assessment issues in epidemiology studies of phthalates. Environ. Int. 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 non-phthalate plasticizers in representative Korean population between 2010 and 2018: Sex and age-stratified comparisons. Int. J. Hyg. Environ. Health 270, 114679. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2025.114679

Kasper-Sonnenberg, M., Koch, H.M., Apel, P., Rüther, M., Pälmke, C., Brüning, T., Kolossa-Gehring, M., 2019. Time trend of exposure to the phthalate plasticizer substitute DINCH in Germany from 1999 to 2017: Biomonitoring data on young adults from the Environmental Specimen Bank (ESB). Int. J. Hyg. Environ. Health 222, 1084–1092. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.07.011

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. Environ. Int. 97, 212–236. https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.09.013

Li, Yatai, Zhao, Y., Tian, X., Li, Yao, Sun, S., Feng, S., Wang, C., Wei, Y., Zhang, S., Shen, X., Fan, G., Yuan, P., Deng, Q., 2026. Legacy and emerging plasticizer profiles in kindergarten classrooms: innovative source identification and exposure assessment. Environ. Int. 207, 109980. https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109980

Louis, L.M., Quirós-Alcalá, 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. Environ. Res. 212, 113192. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113192

Mol, H.G.J., Elbers, I., Pälmke, C., Bury, D., Göen, T., López, M.E., Nübler, S., Vaccher, V., Antignac, J.-P., Dvořáková, D., Hajšlová, J., Sakhi, A.K., Thomsen, C., Vorkamp, K., Castaño, A., Koch, H.M., 2022. Proficiency and Interlaboratory Variability in the Determination of Phthalate and DINCH Biomarkers in Human Urine: Results from the HBM4EU Project. Toxics 10, 57. https://doi.org/10.3390/toxics10020057

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

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. Int. J. Hyg. Environ. 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? Environ. Res. 214, 113852. https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113852

Poma, G., Sales, C., Bruyland, B., Christia, C., Goscinny, S., Van Loco, J., Covaci, A., 2018. Occurrence of Organophosphorus Flame Retardants and Plasticizers (PFRs) in Belgian Foodstuffs and Estimation of the Dietary Exposure of the Adult Population. Environ. Sci. Technol. 52, 2331–2338. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b06395

Roberts J.R., Karr C.J. Pesticide exposure in children. 2012. Pediatrics 131,e1765-e1788. https://doi.org/10.1542/peds.2012-2758

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. Environ. Res. 186, 109548. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109548

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). Int. J. Hyg. Environ. Health 216, 652–661. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2012.12.009

Schettler, T., 2006. Human exposure to phthalates via consumer products. Int. J. Androl. 29, 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., Bellemans, M., Leermakers, M., Van Larebeke, N., Baeyens, W., Jacobs, G., Voorspoels, S., Nielsen, F., Bruckers, L., 2022. Internal exposure of Flemish teenagers to environmental pollutants: Results of the Flemish Environment and Health Study 2016–2020 (FLEHS IV). Int. J. Hyg. Environ. 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. Int. J. Hyg. Environ. Health 229, 113397. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.09.004

Schwedler, G., Rucic, E., Lange, R., Conrad, A., Koch, H.M., Pälmke, 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. Int. J. Hyg. Environ. 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. Environ. Health Perspect. 112,. 331–338. https: https://doi.org/10.1289/ehp.6723

Van den Eede, N., Dirtu, A.C., Neels, H., Covaci, A., 2011. Analytical developments and preliminary assessment of human exposure to organophosphate flame retardants from indoor dust. Environ. Int. 37, 454–461. https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.11.010

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. Environ. Int. 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-López, M., Kohoutek, J., Kukučka, P., Covaci, A., Koppen, G., Andrýsková, L., Piler, P., Klánová, J., Jensen, T.K., Rambaud, L., Riou, M., Lamoree, M., Kolossa-Gehring, M., Vogel, N., Weber, T.,

Göen, T., Gabriel, C., Sarigiannis, D.A., Sakhi, A.K., Haug, L.S., Murinova, L.P., Fabelova, L., Tratnik, J.S., Mazej, D., Melymuk, L., 2023. Exposure to flame retardants in European children — Results from the HBM4EU aligned studies. Int. J. Hyg. Environ. 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, 1119–1153. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.03.067

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. Environ. Int. 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. Environ. Int. 143, 105946. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105946

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

Weiss, B.; Amler, S.; Amler, R. Pesticides. Pediatrics 2004, 113: 1030–1036

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. Ecotoxicol. Environ. Saf. 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. Environ. Res. 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. Environ. Sci. Pollut. Res. 29, 39310–39322. https://doi.org/10.1007/s11356-021-18334-0

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. Environ. Pollut. 260, 114005. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114005

ANNEXES

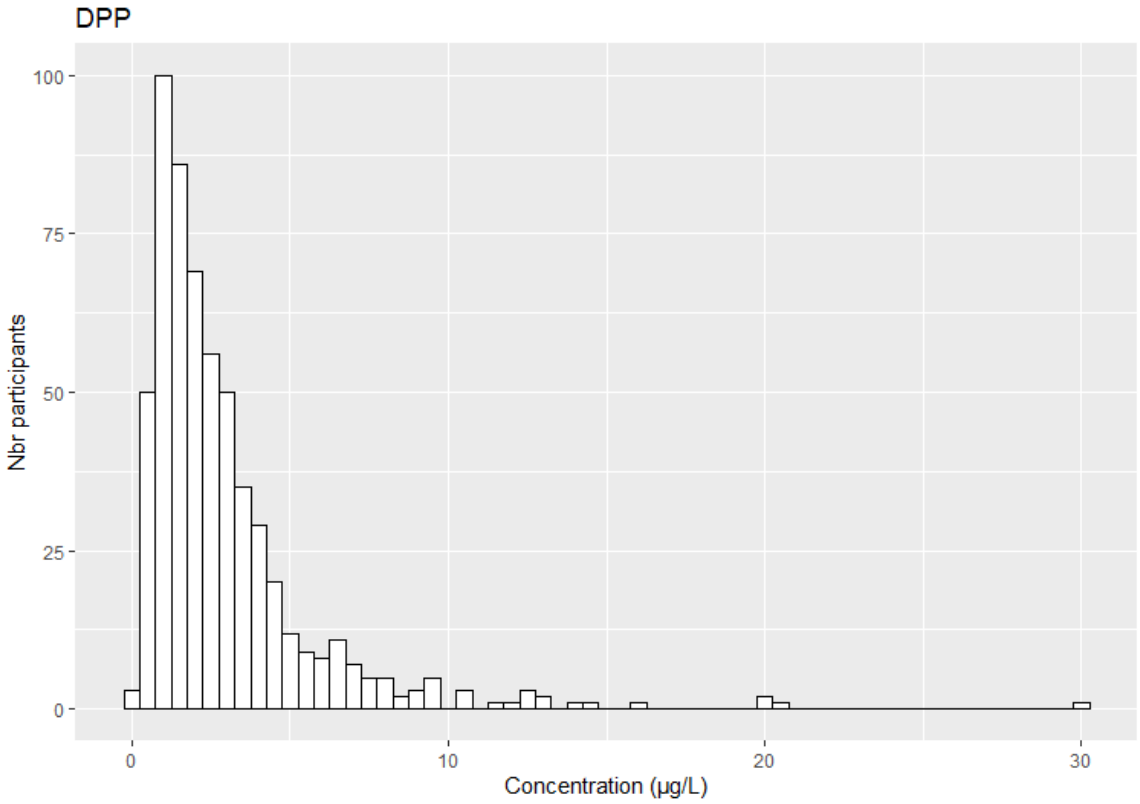
ANNEXE 1 : Histogrammes des distributions de valeurs dans la population d'enfants (3-11 ans) recrutés en 2020-2021 (phase 2) pour chacun des marqueurs de retardateurs de flamme phosphorés et phtalates étudiés.

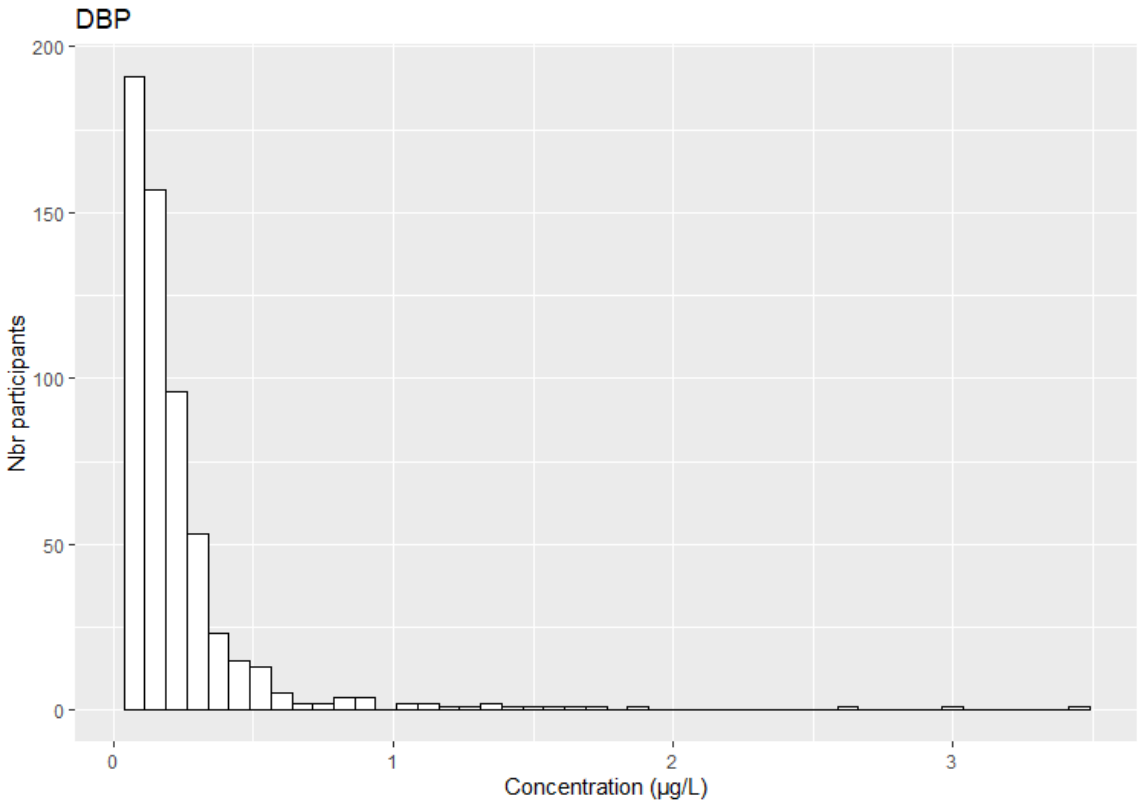
ANNEXE 2 : Histogrammes des distributions de valeurs dans la population d'adolescents (12-19 ans) et adultes (20-39 ans) recrutés en 2019-2020 (phase 1) pour chacun des marqueurs de phtalates étudiés.

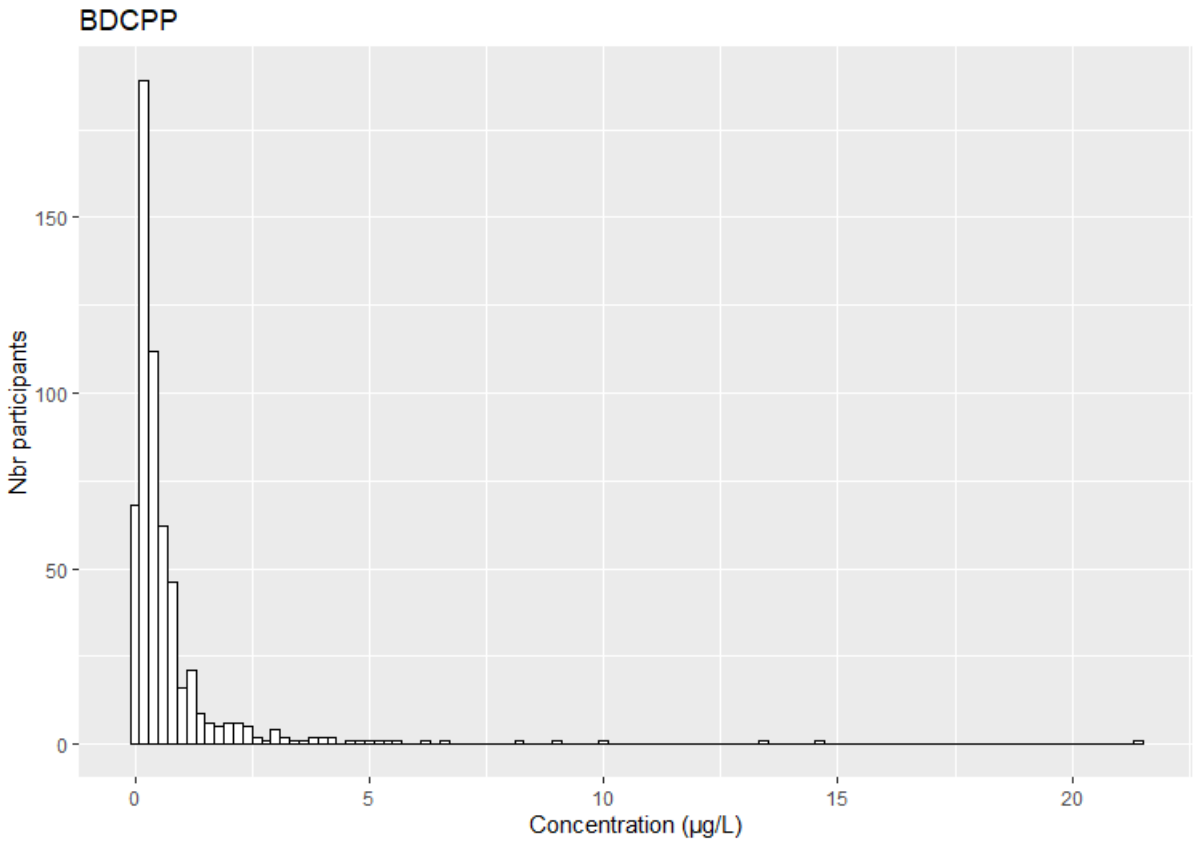
ANNEXE 3 : Histogrammes des distributions de valeurs dans la population d'adultes (40-59 ans) recrutés en 2023 (phase 3) pour chacun des marqueurs de phtalates étudiés.

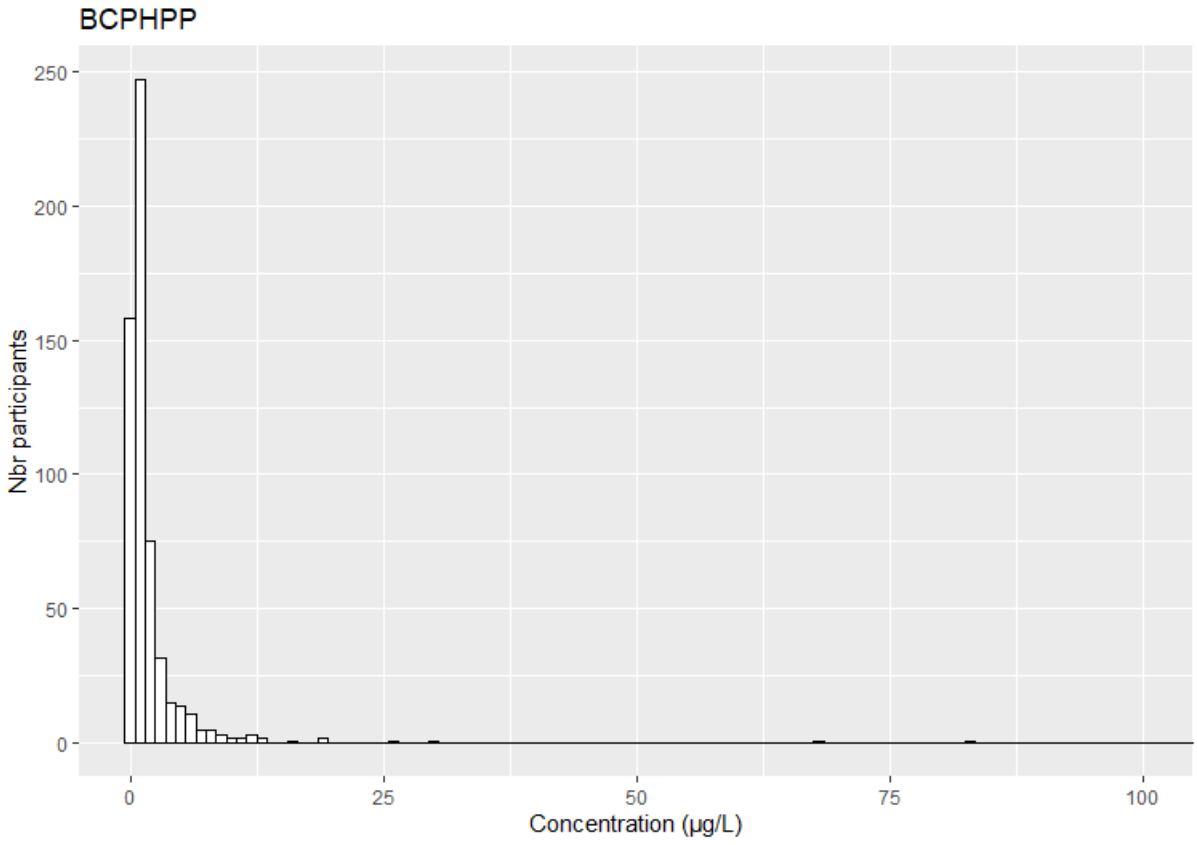
ANNEXE 4: Statistiques descriptives pour les marqueurs urinaires mesurés dans la population d'enfants (3-11 ans) recrutés en 2020-2021 (phase 2) et rapportés par rapport à la créatinine urinaire (en µg/g creat)
ANNEXE 5: Statistiques descriptives pour les marqueurs urinaires mesurés dans la population d'adolescents (12-19 ans) et d'adultes (20-39 ans) recrutés en 2019-2020 (phase 1) et rapportés par rapport à la créatinine urinaire (en µg/g creat)
ANNEXE 6: Statistiques descriptives pour les marqueurs urinaires mesurés dans la population d'adultes (40-59 ans) recrutés en 2023 (phase 3) et rapportés par rapport à la créatinine urinaire (en µg/g creat)[3]

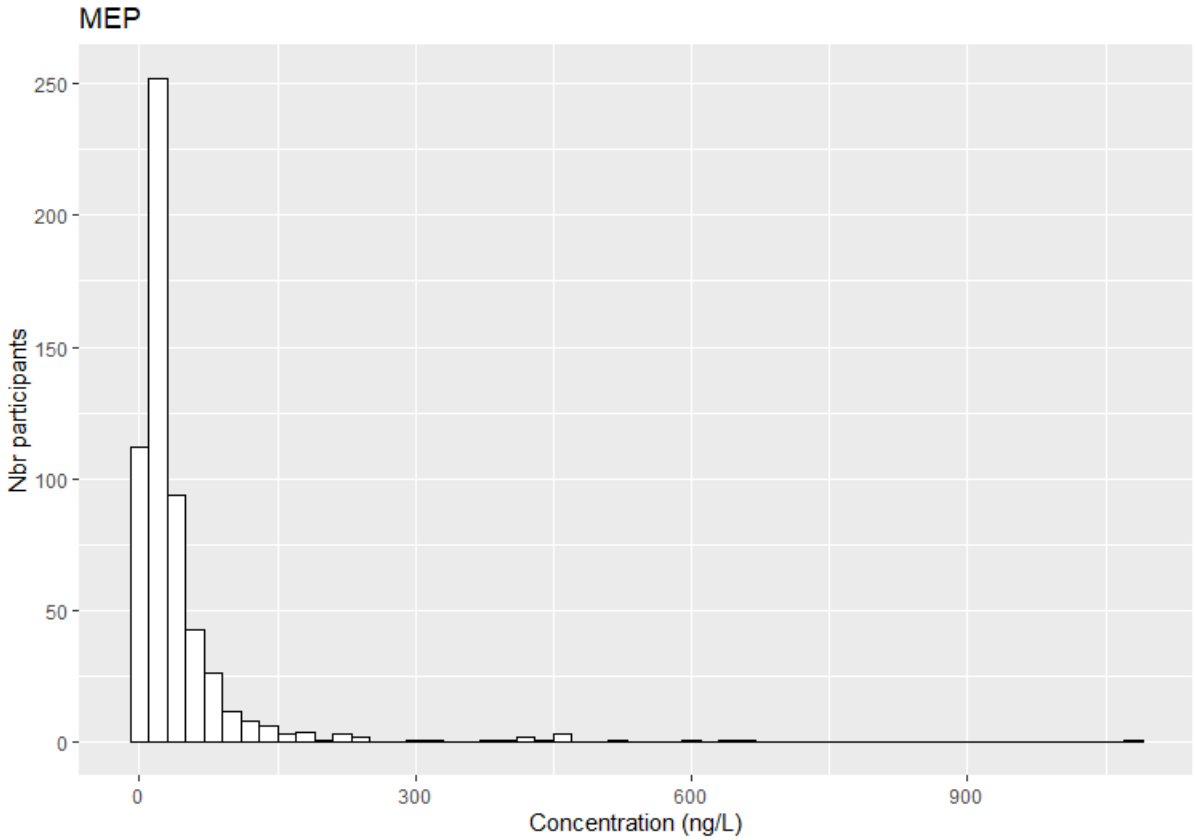
Annexe 1 : Histogrammes des distributions de valeurs dans la population d'enfants (3-11 ans) recrutés en 2020-2021 (phase 2) pour chacun des marqueurs de retardateurs de flamme phosphorés et phtalates étudiés.

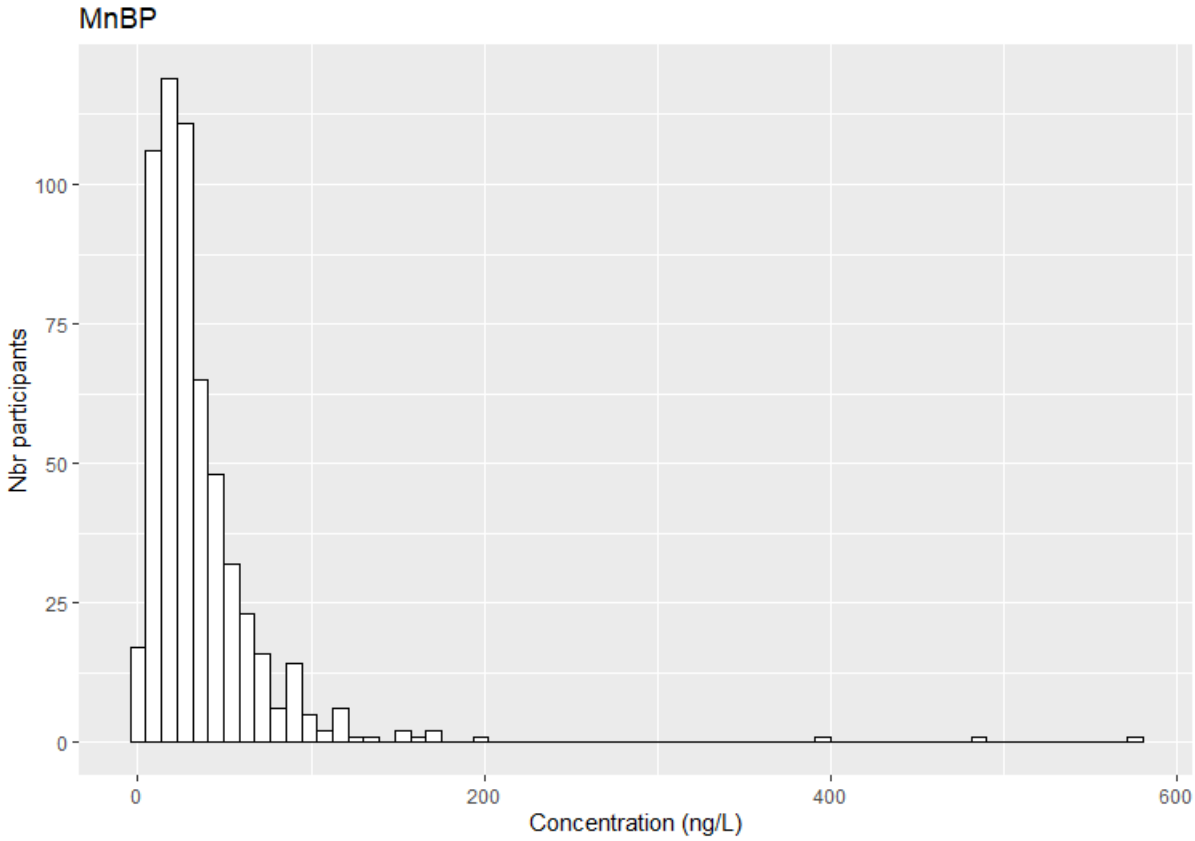


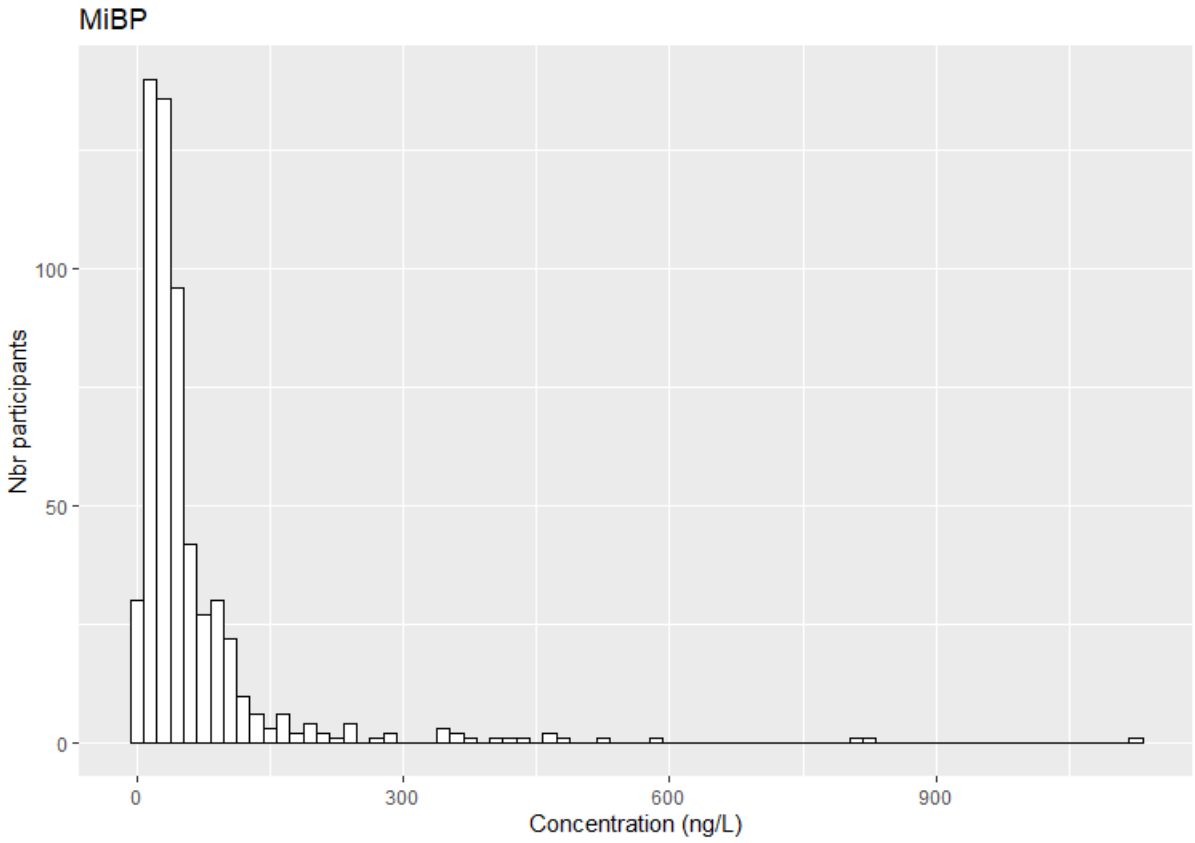


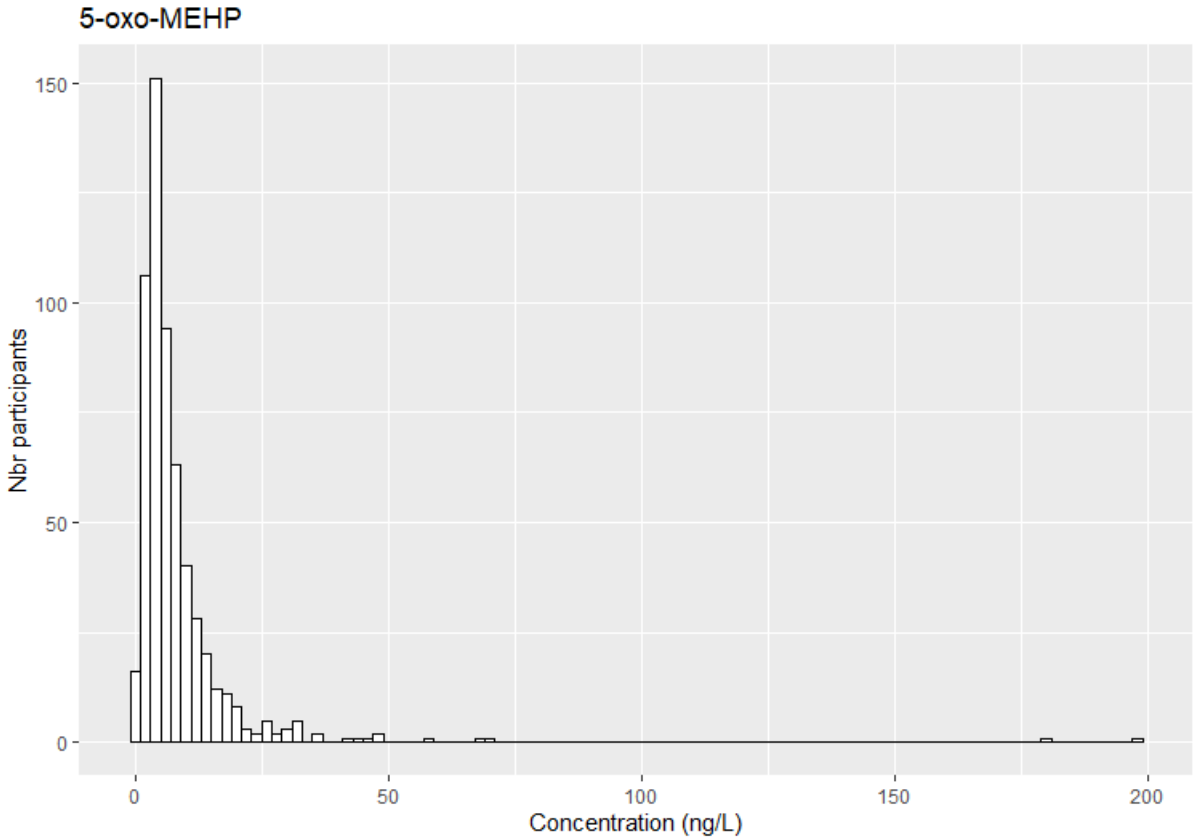

BDCPP
Nbr participants
0
50
100
150
0
5
10
15
20
Concentration (µg/L)

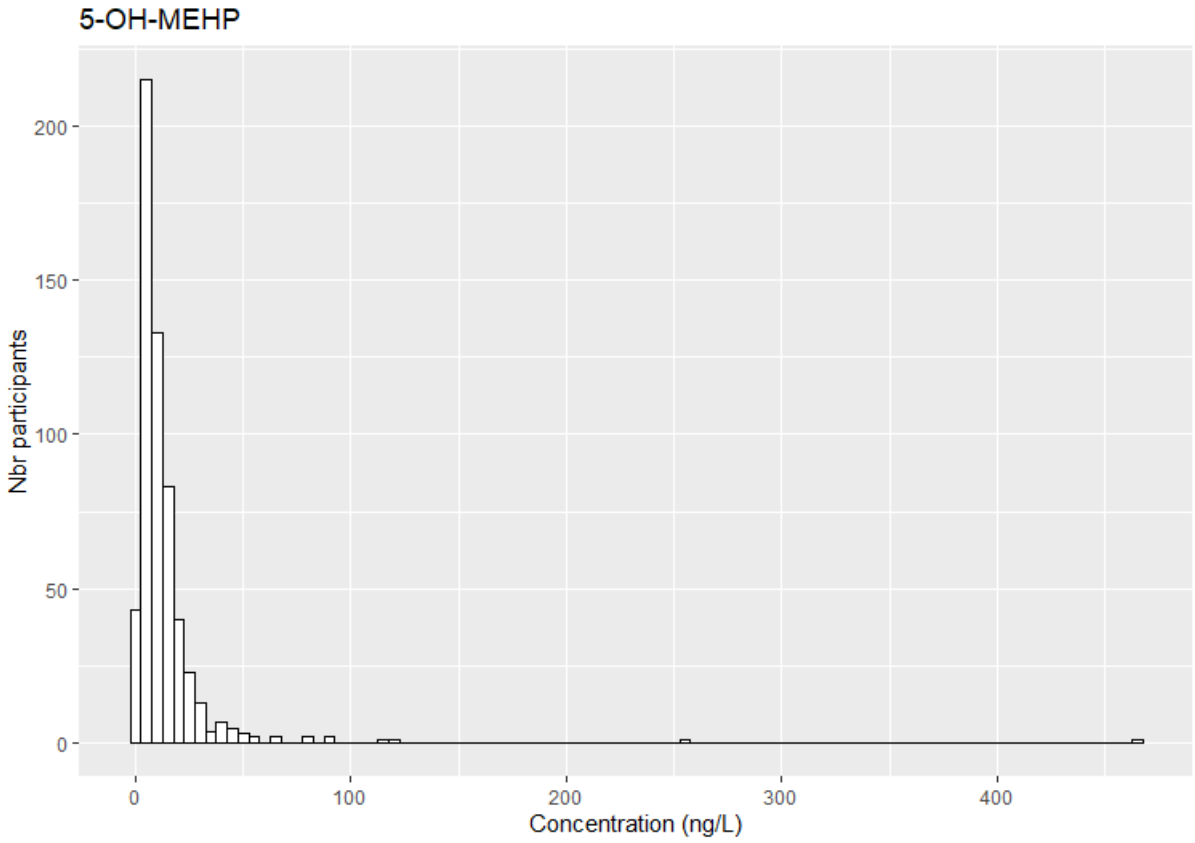

BCPHPP
Nbr participants
0
50
100
150
200
250
0
25
50
75
100
Concentration (µg/L)

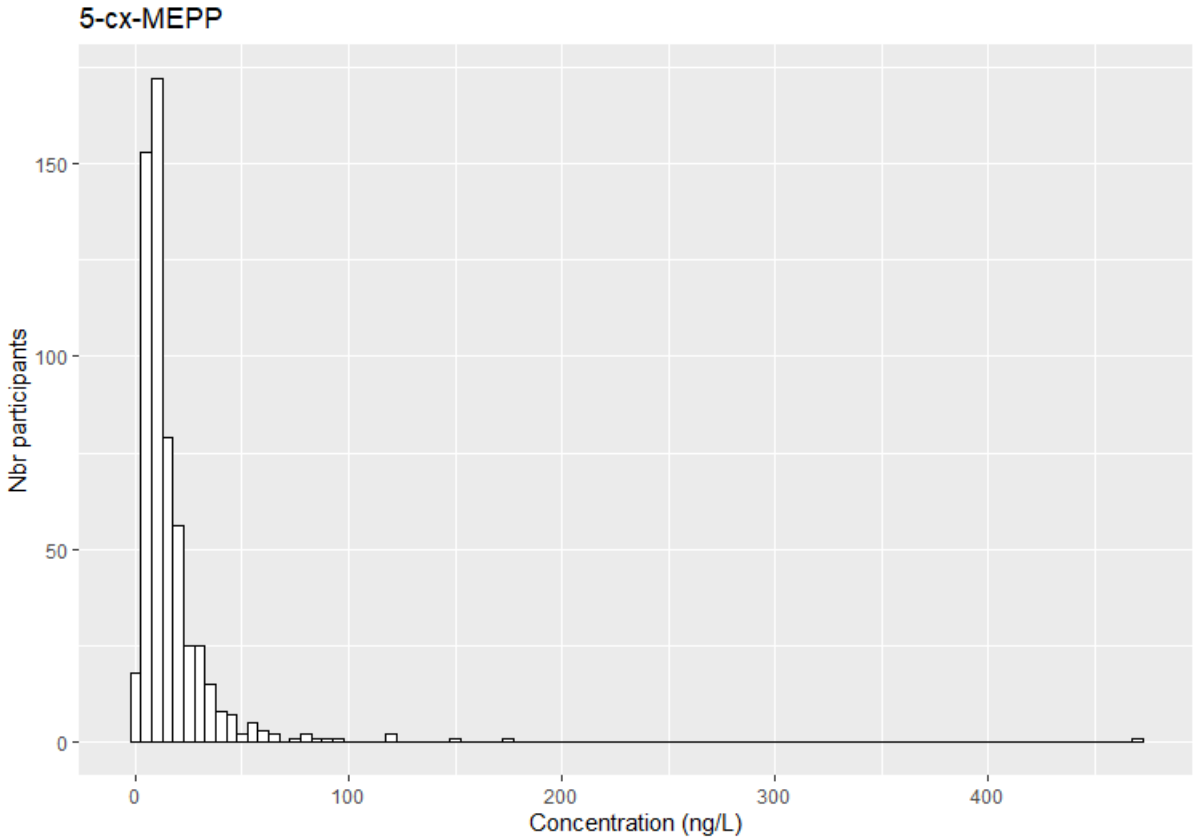

MEP
Nbr participants
250
200
150
100
50
0
0
300
600
900
Concentration (ng/L)

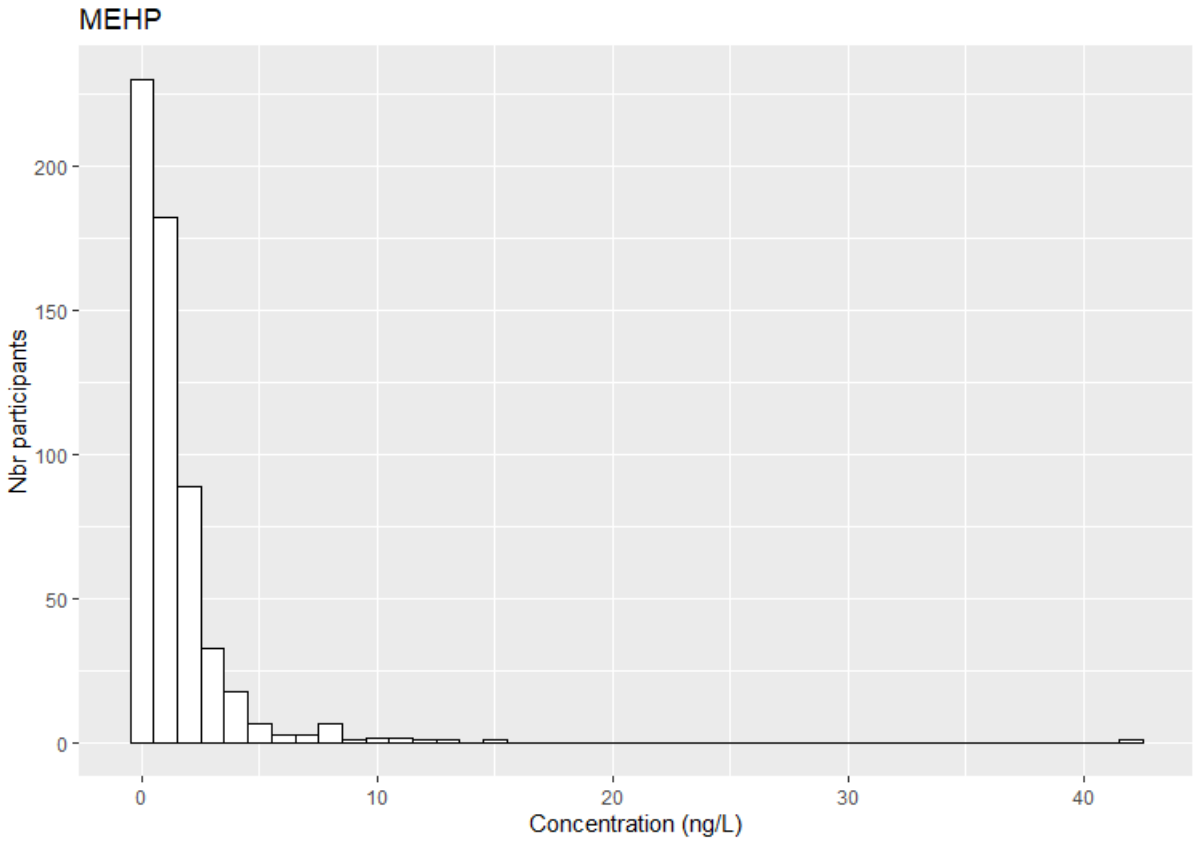

MnBP
Nbr participants
100
75
50
25
0
0
200
400
600
Concentration (ng/L)

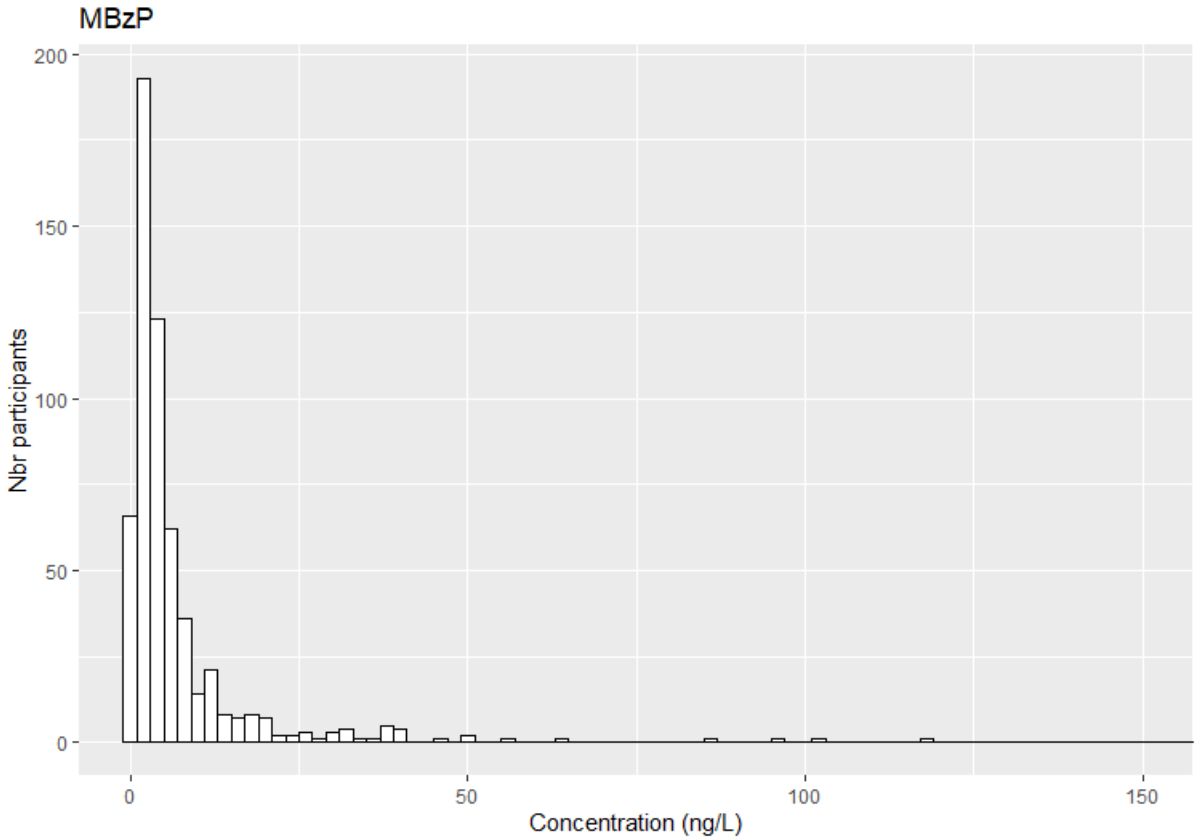

MiBP
Nbr participants
0
50
100
0
300
600
900
Concentration (ng/L)


5-oxo-MEHP
Nbr participants
0
50
100
150
0
50
100
150
200
Concentration (ng/L)

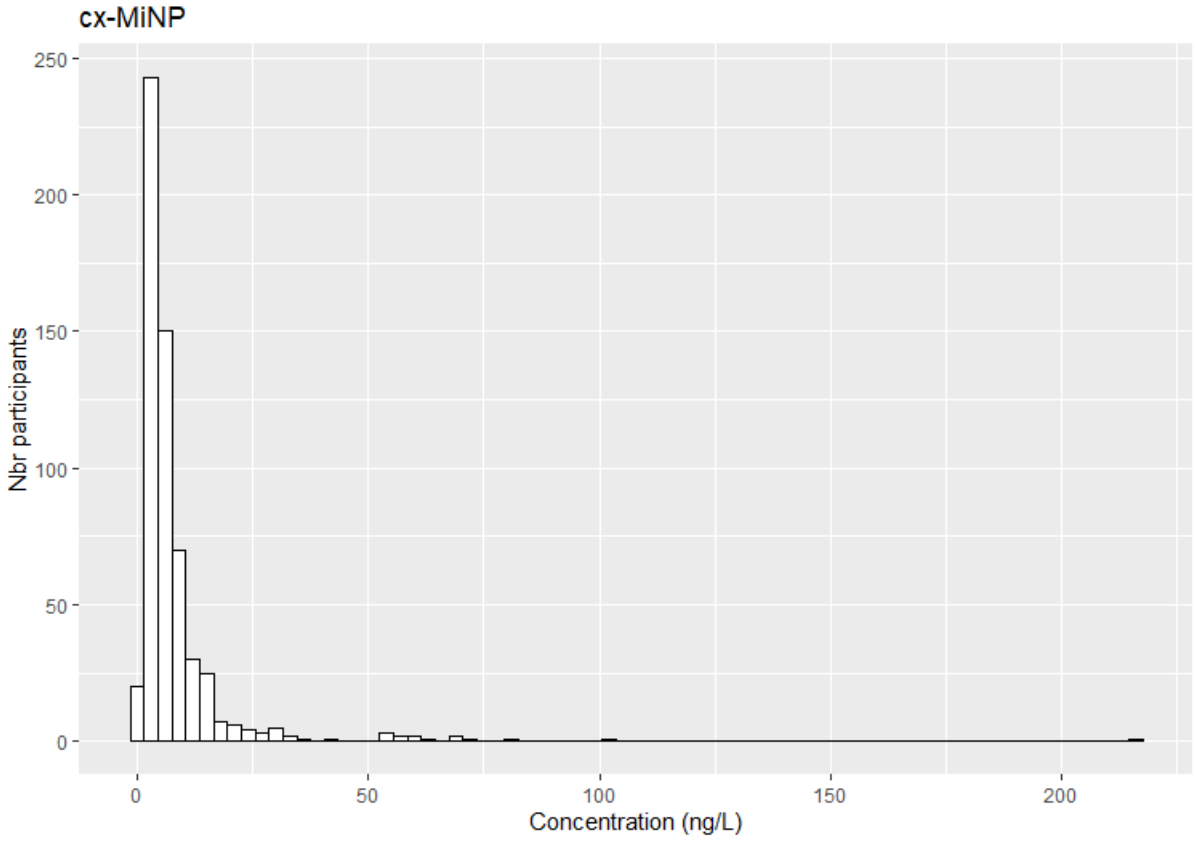

5-OH-MEHP
Nbr participants
0
50
100
150
200
0
100
200
300
400
Concentration (ng/L)

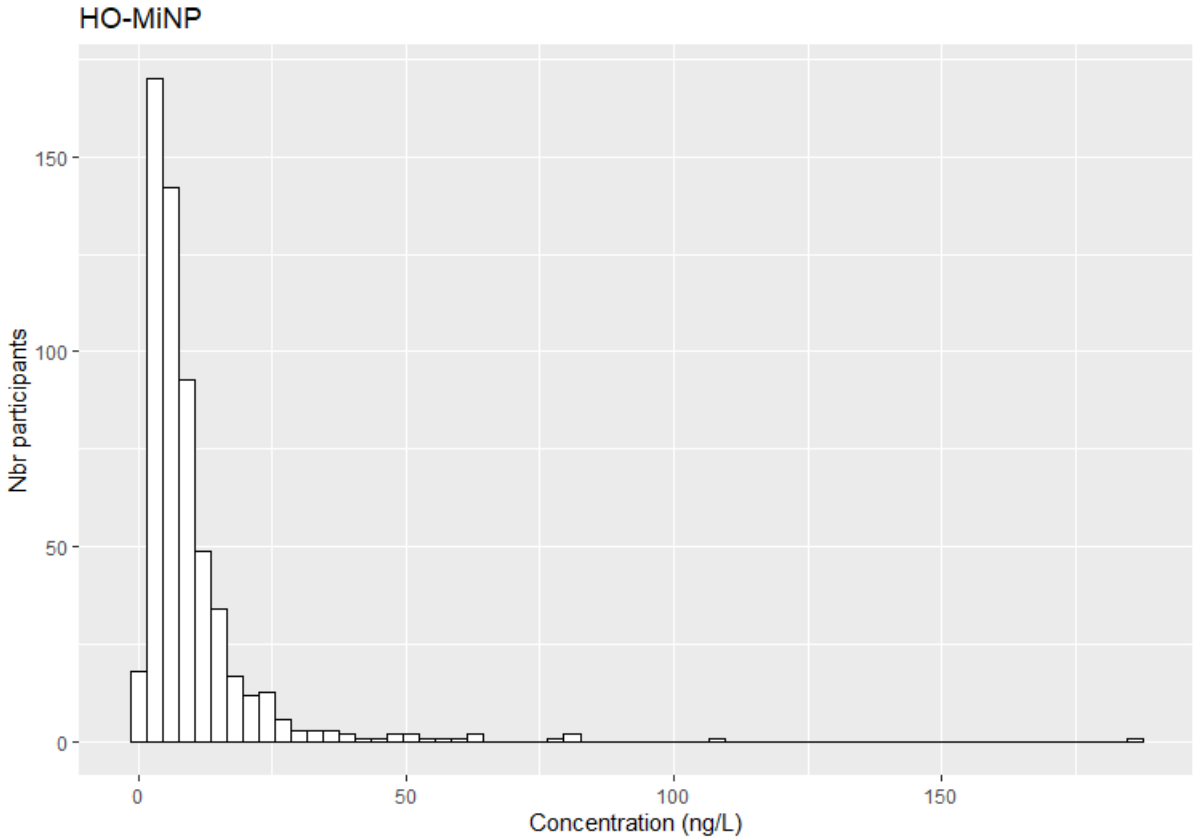

5-cx-MEPP
Nbr participants
0
50
100
150
0
100
200
300
400
Concentration (ng/L)

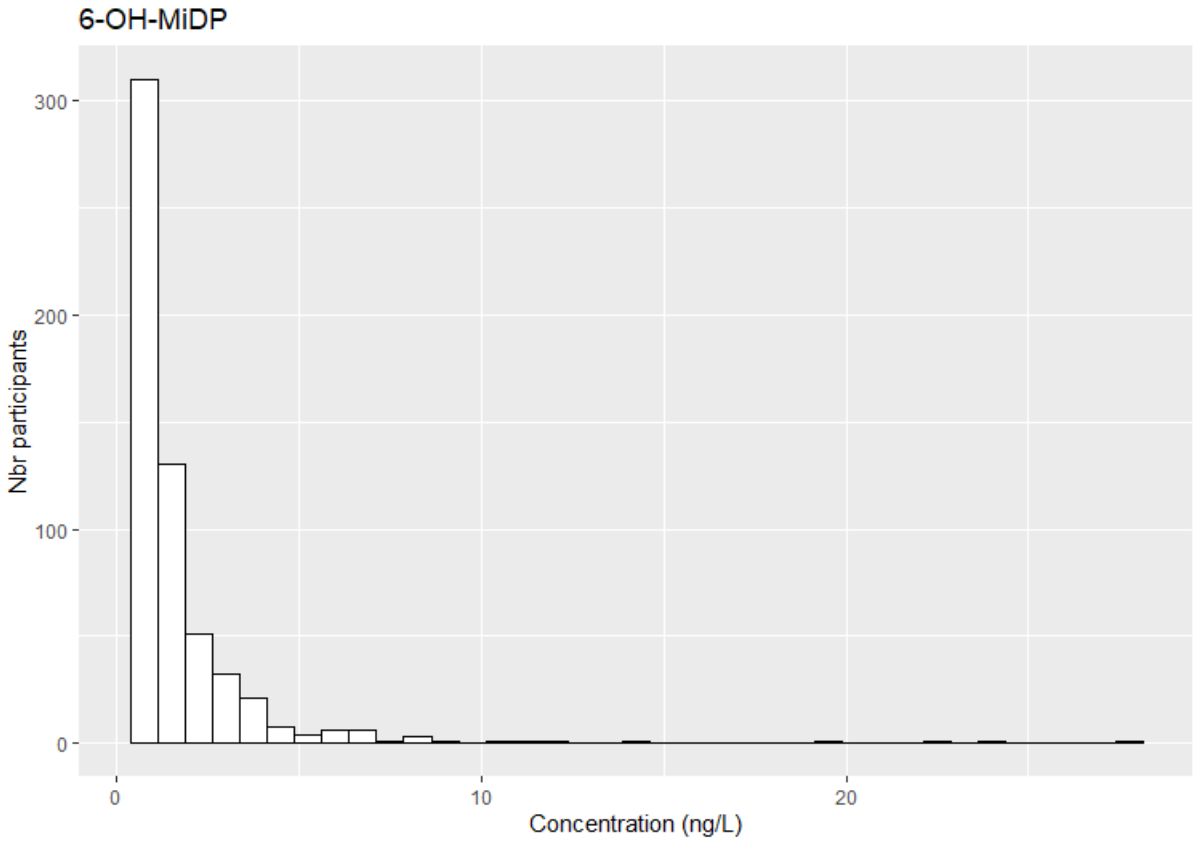


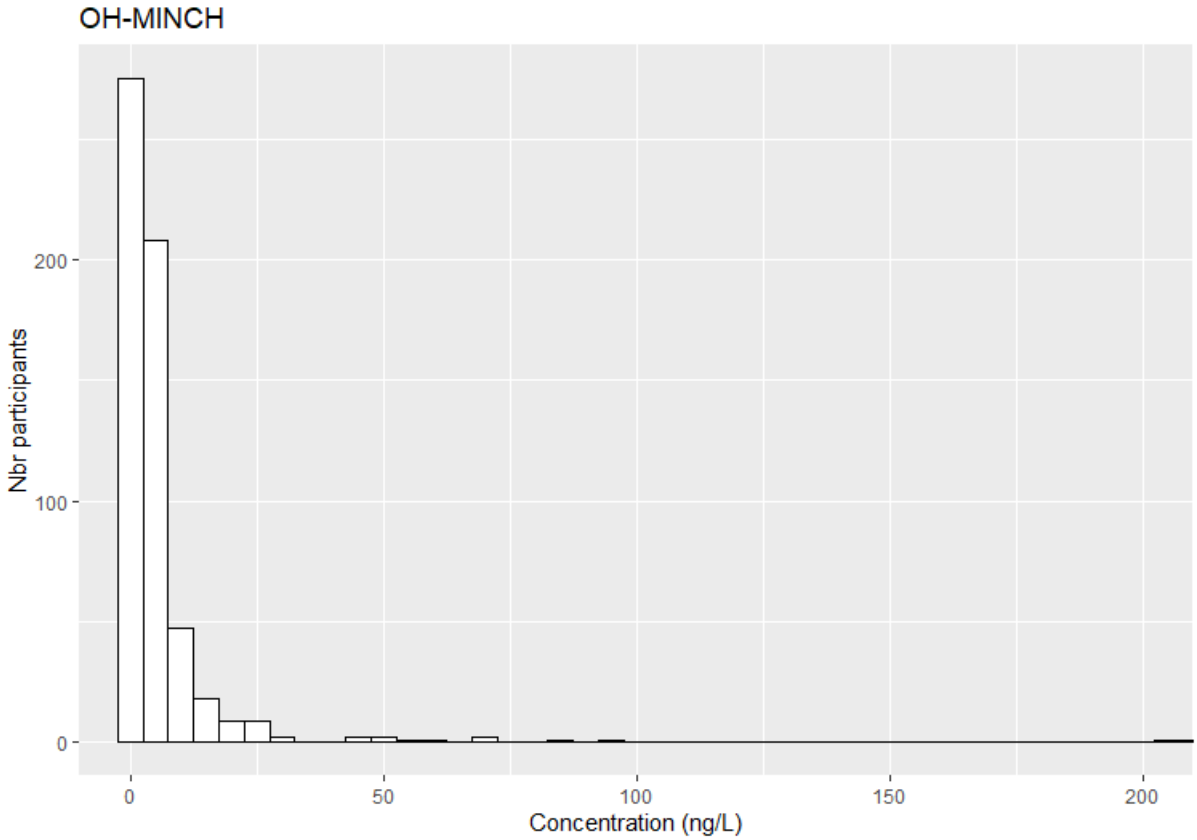


Une valeur extrême a été retirée pour plus de lisibilité

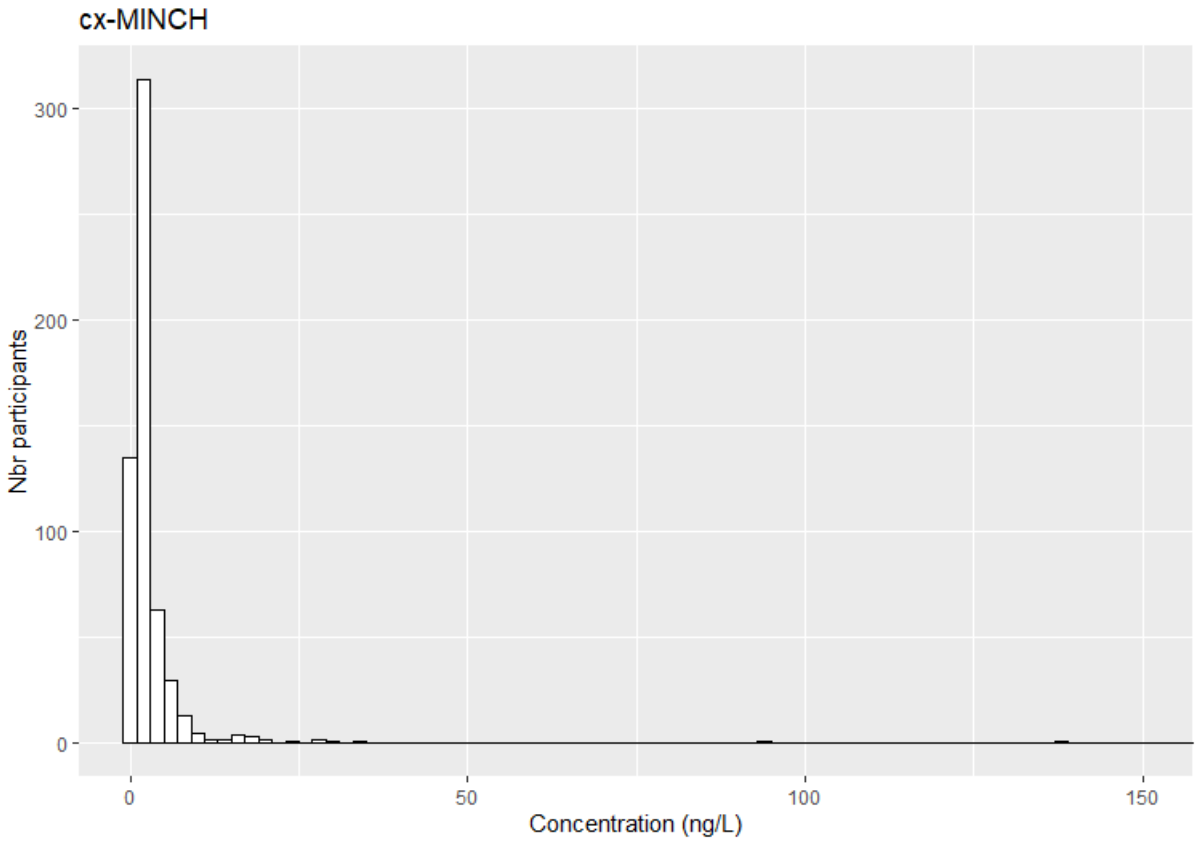

cx-MiNP
Nbr participants
250
200
150
100
50
0
0
50
100
150
200
Concentration (ng/L)


HO-MiNP
Nbr participants
150
100
50
0
0
50
100
150
Concentration (ng/L)

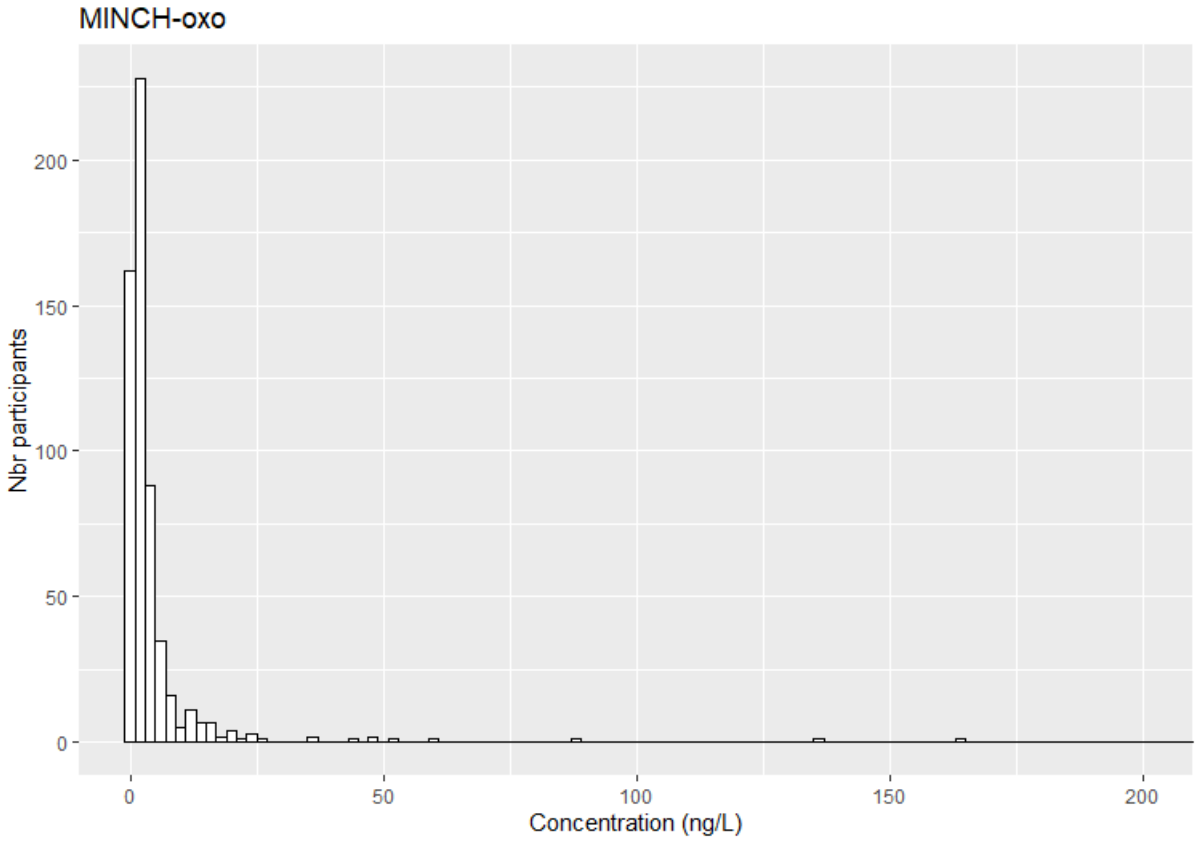




Trois valeurs extrêmes ont été retirées pour plus de lisibilité

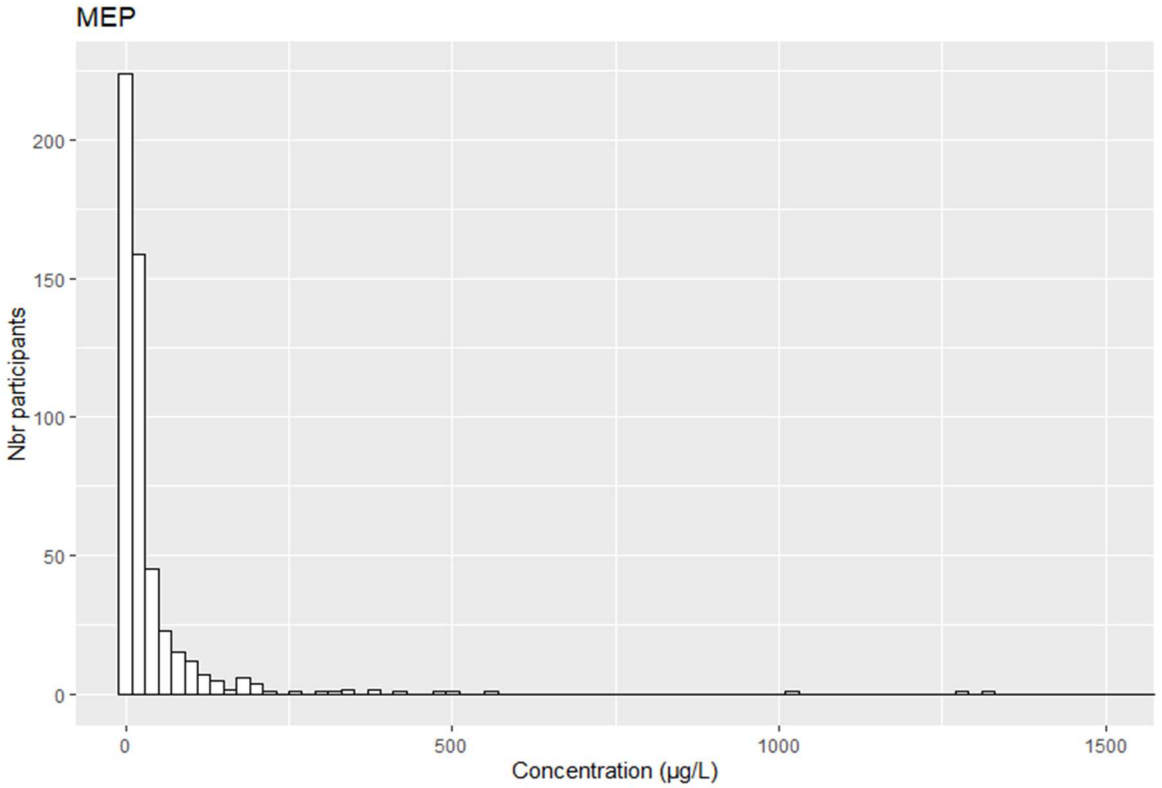


Une valeur extrême a été retirée pour plus de lisibilité

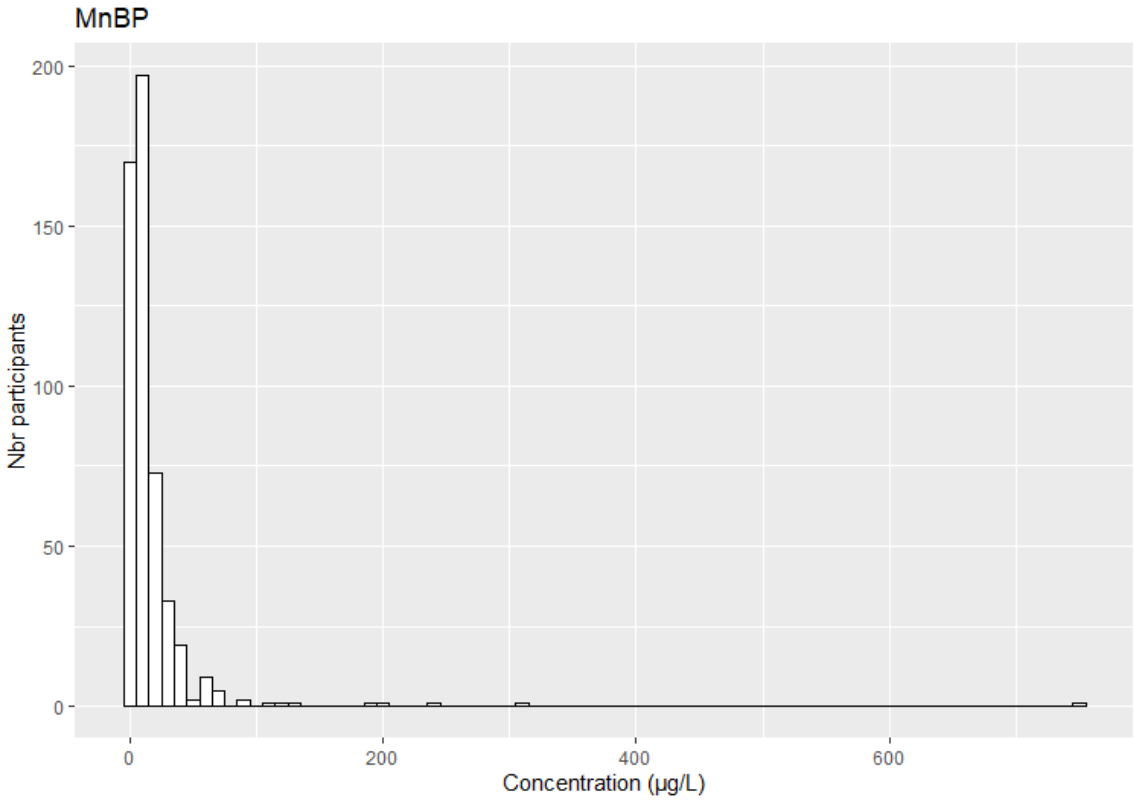


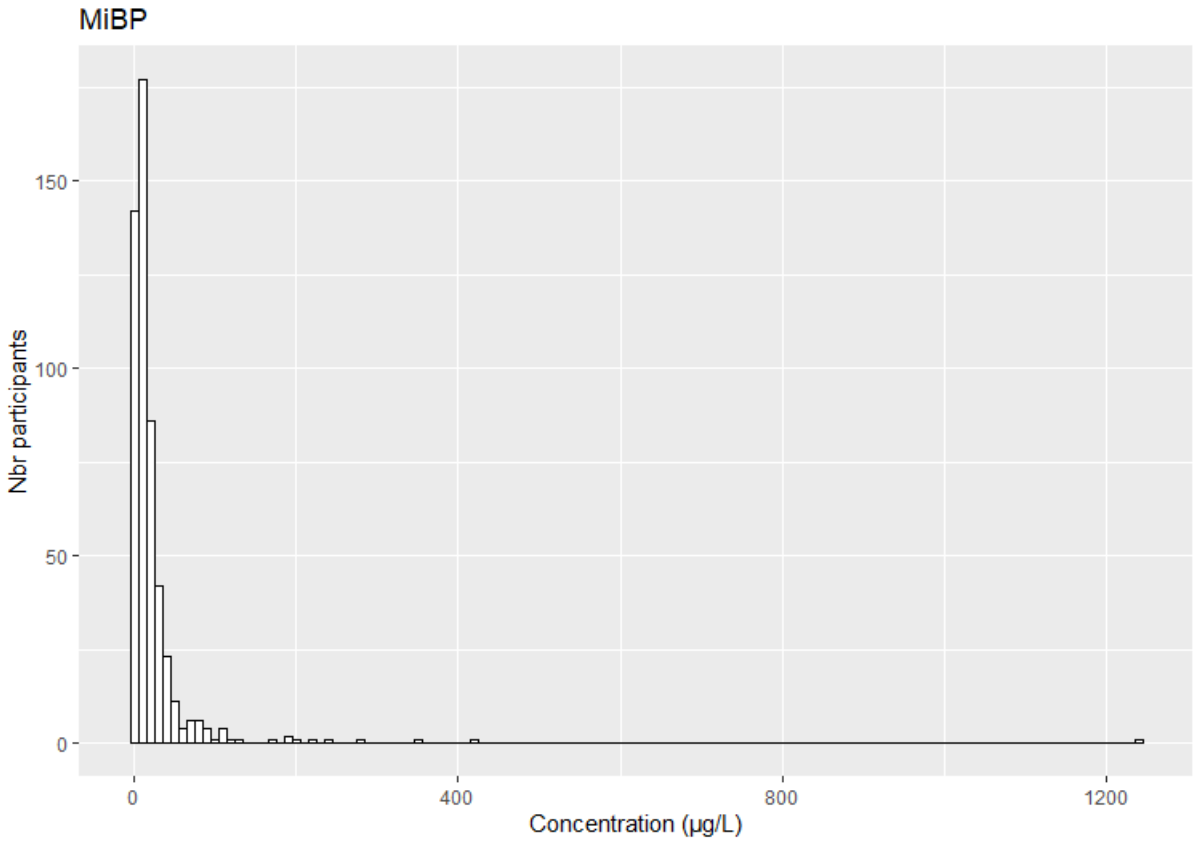
Une valeur extrême a été retirée pour plus de lisibilité

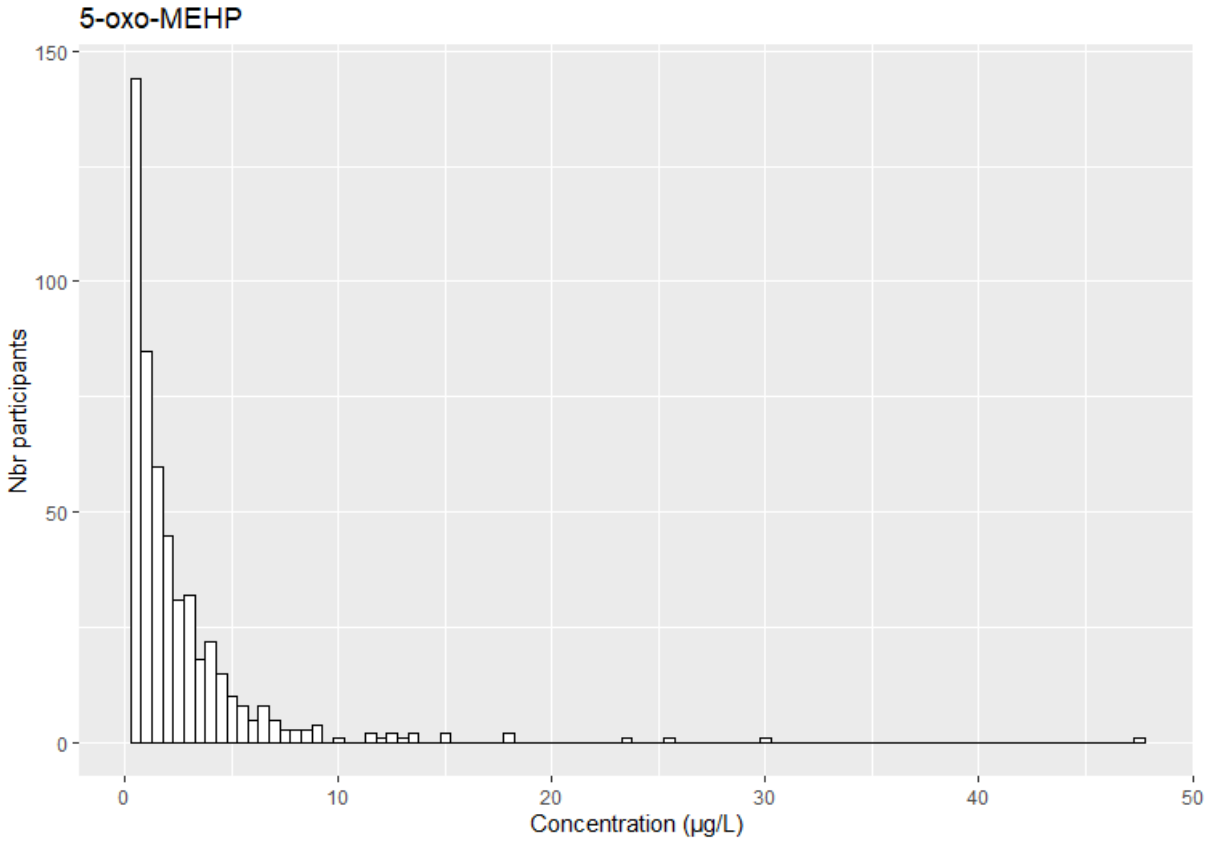
Annexe 2 : Histogrammes des distributions de valeurs dans la population d'adolescents (12-19 ans) et adultes (20-39 ans) recrutés en 2019-2020 (phase 1) pour chacun des marqueurs de phtalates étudiés.

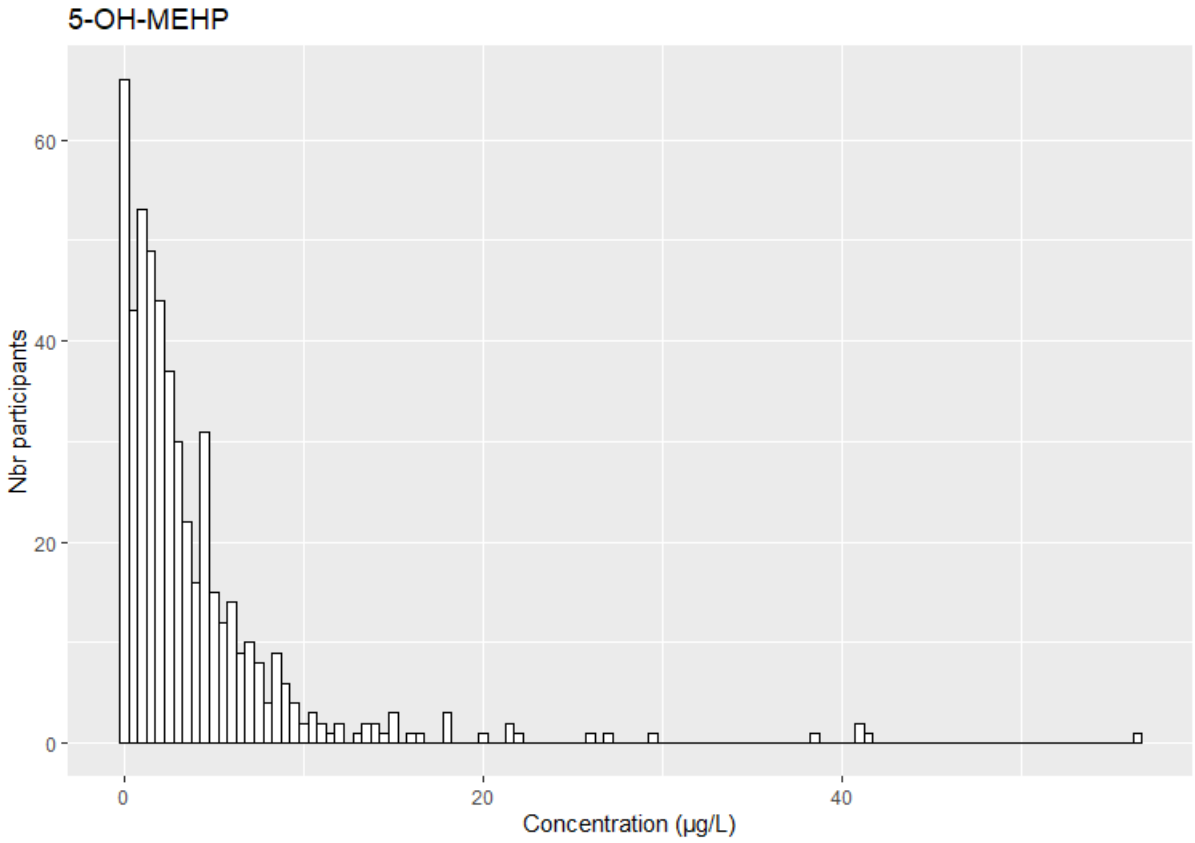


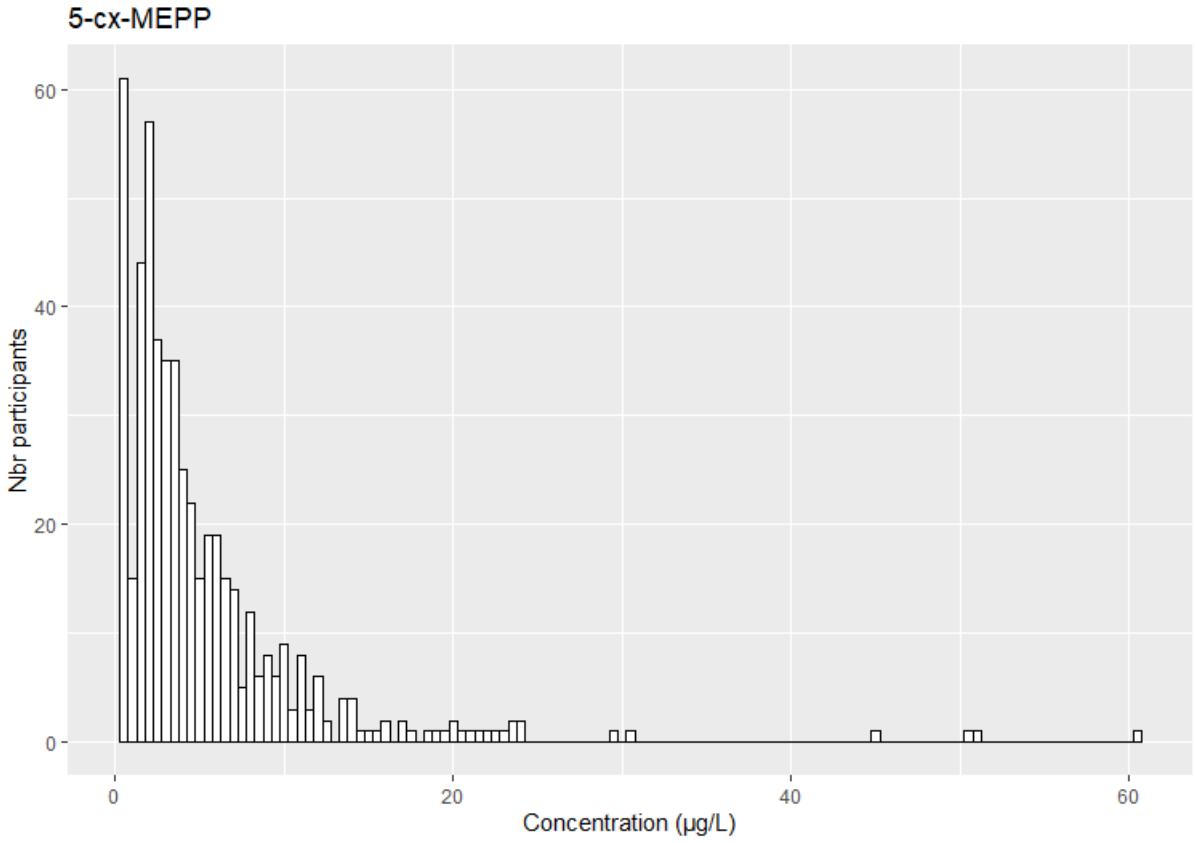
Une valeur extrême a été retirée pour plus de lisibilité

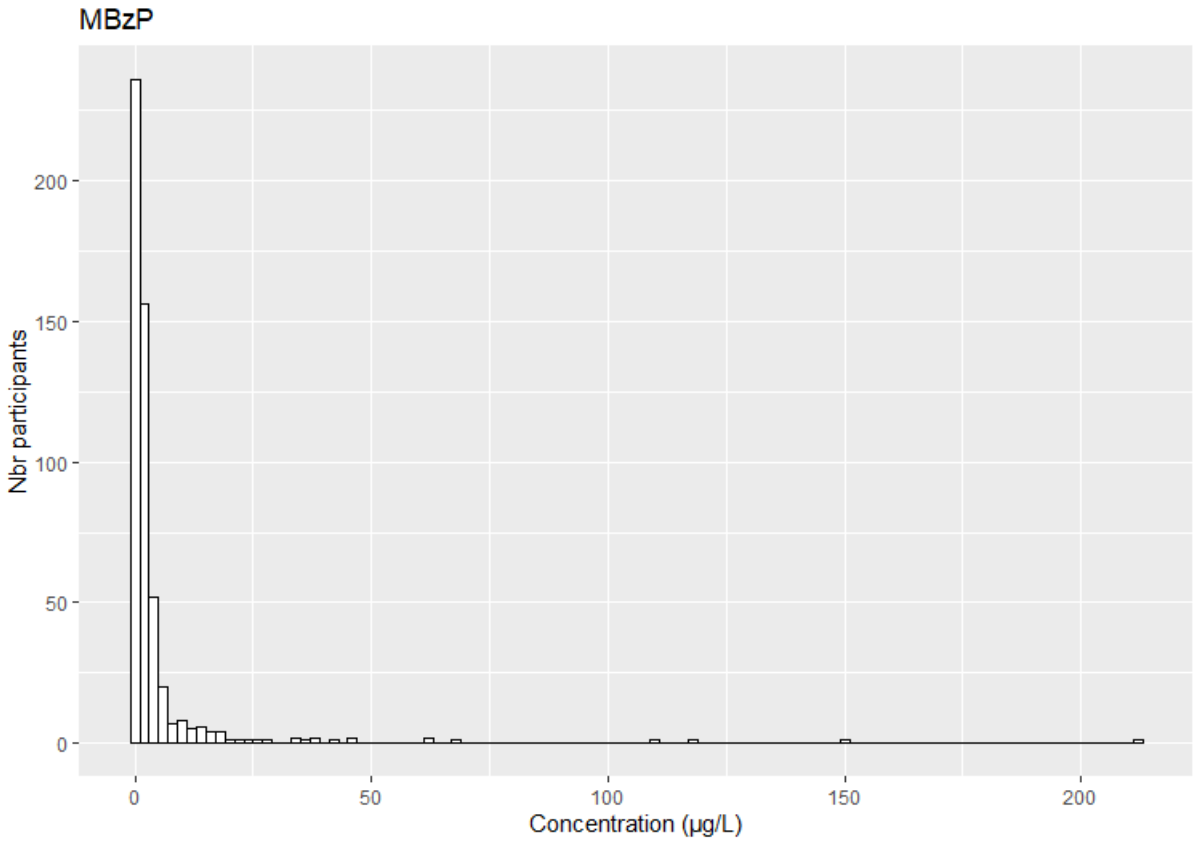


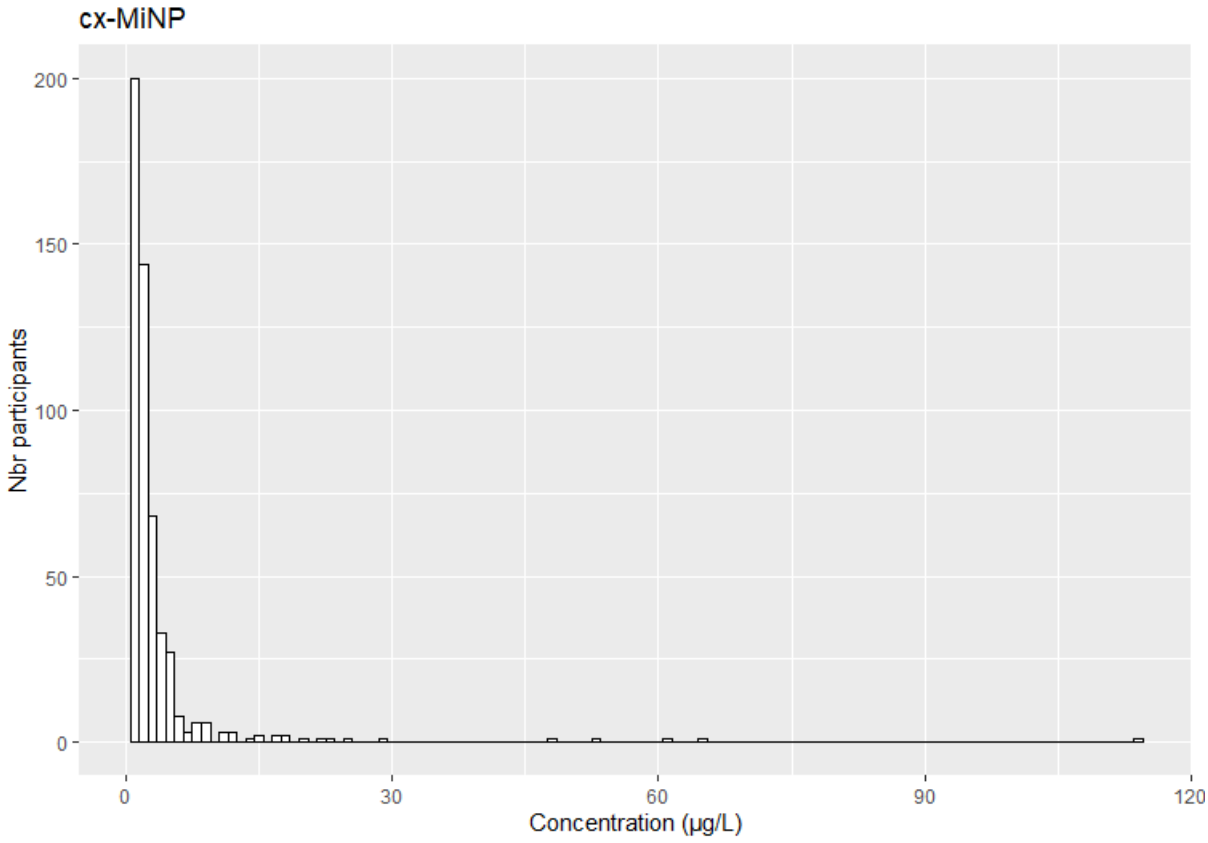

MiBP
Nbr participants
150
100
50
0
0
400
800
1200
Concentration (µg/L)


5-oxo-MEHP
Nbr participants
150
100
50
0
0
10
20
30
40
50
Concentration (µg/L)

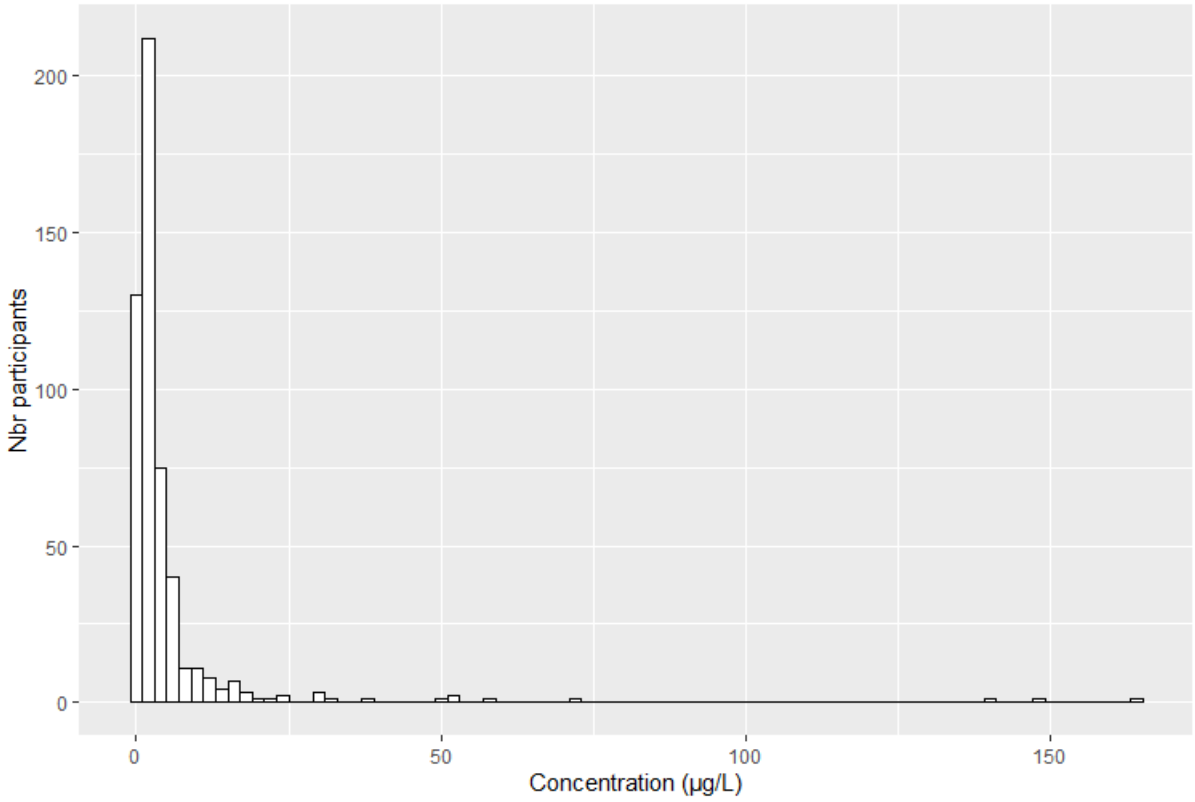

5-OH-MEHP
Nbr participants
0
20
40
60
0
20
40
Concentration (µg/L)


5-cx-MEPP
Nbr participants
0
20
40
60
0
20
40
60
Concentration (µg/L)

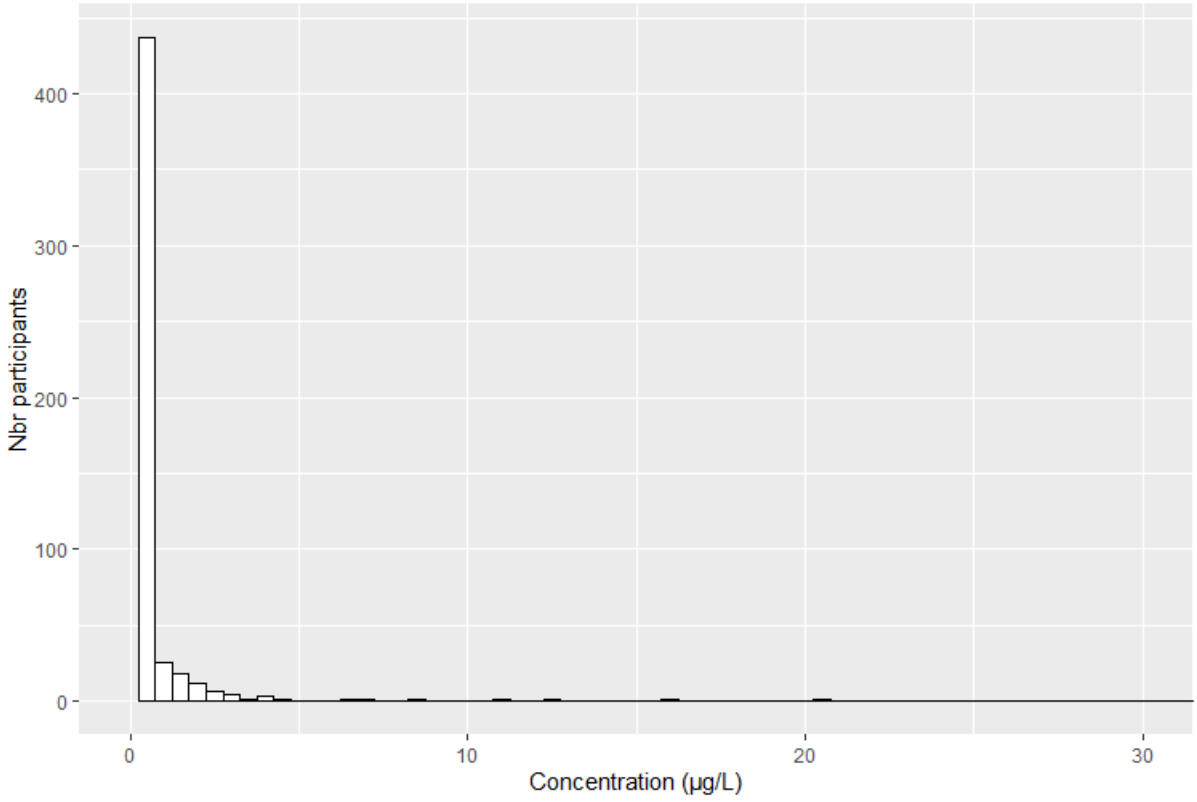

MBzP
Nbr participants
0
50
100
150
200
0
50
100
150
200
Concentration (µg/L)

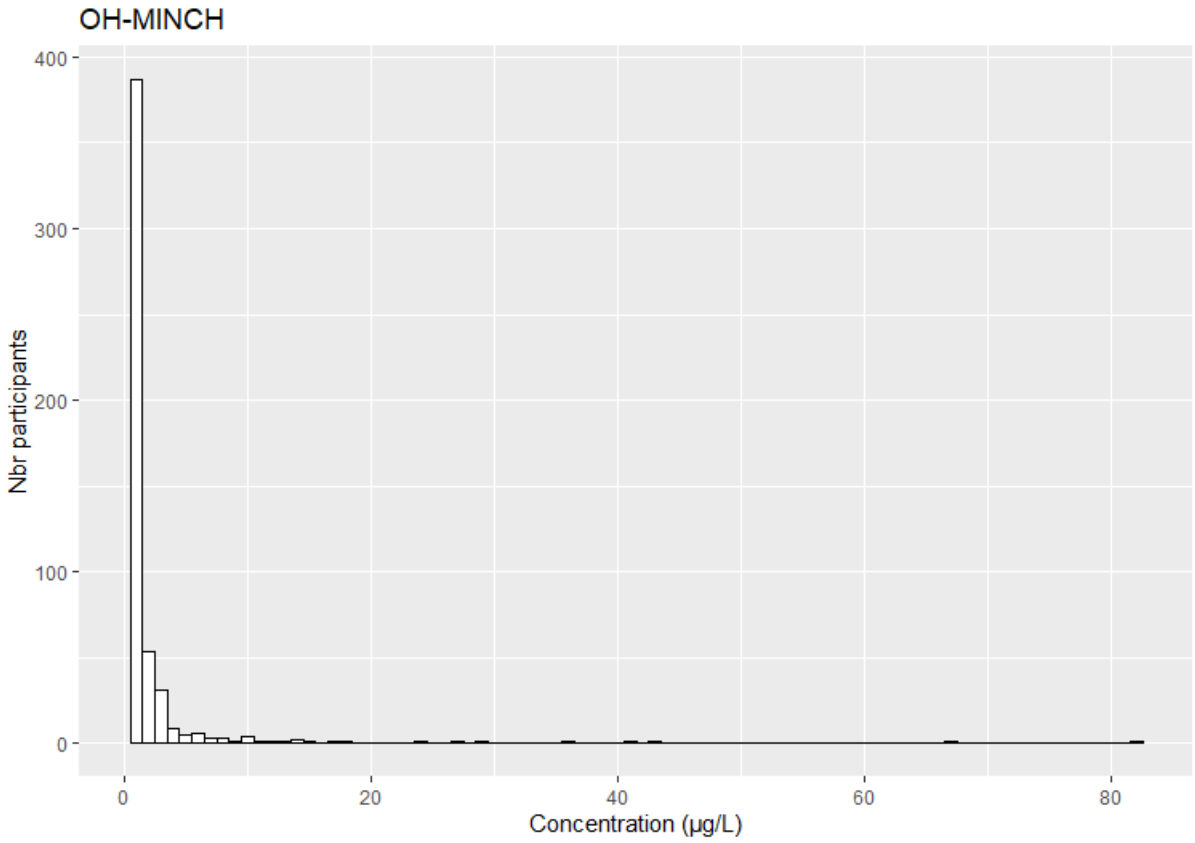

cx-MiNP
Nbr participants
0
50
100
150
200
0
30
60
90
120
Concentration (µg/L)

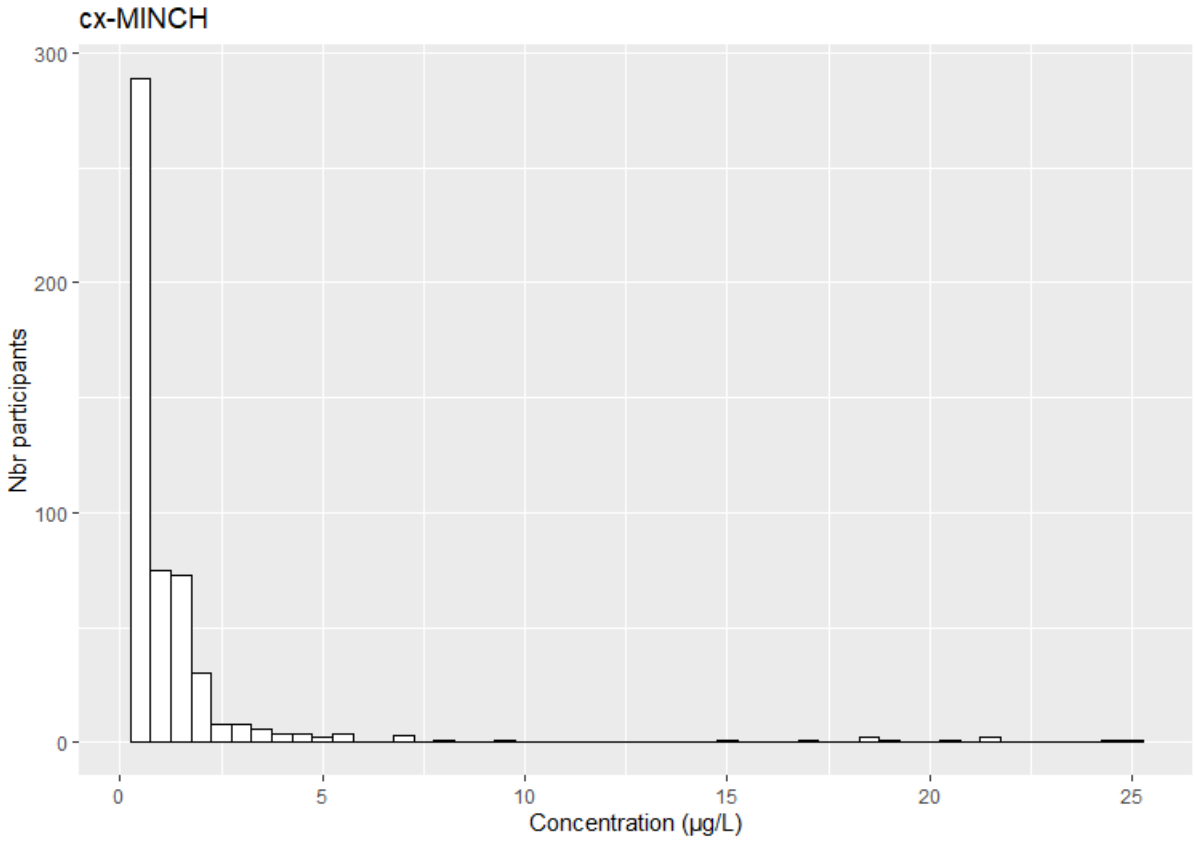
HO-MiNP

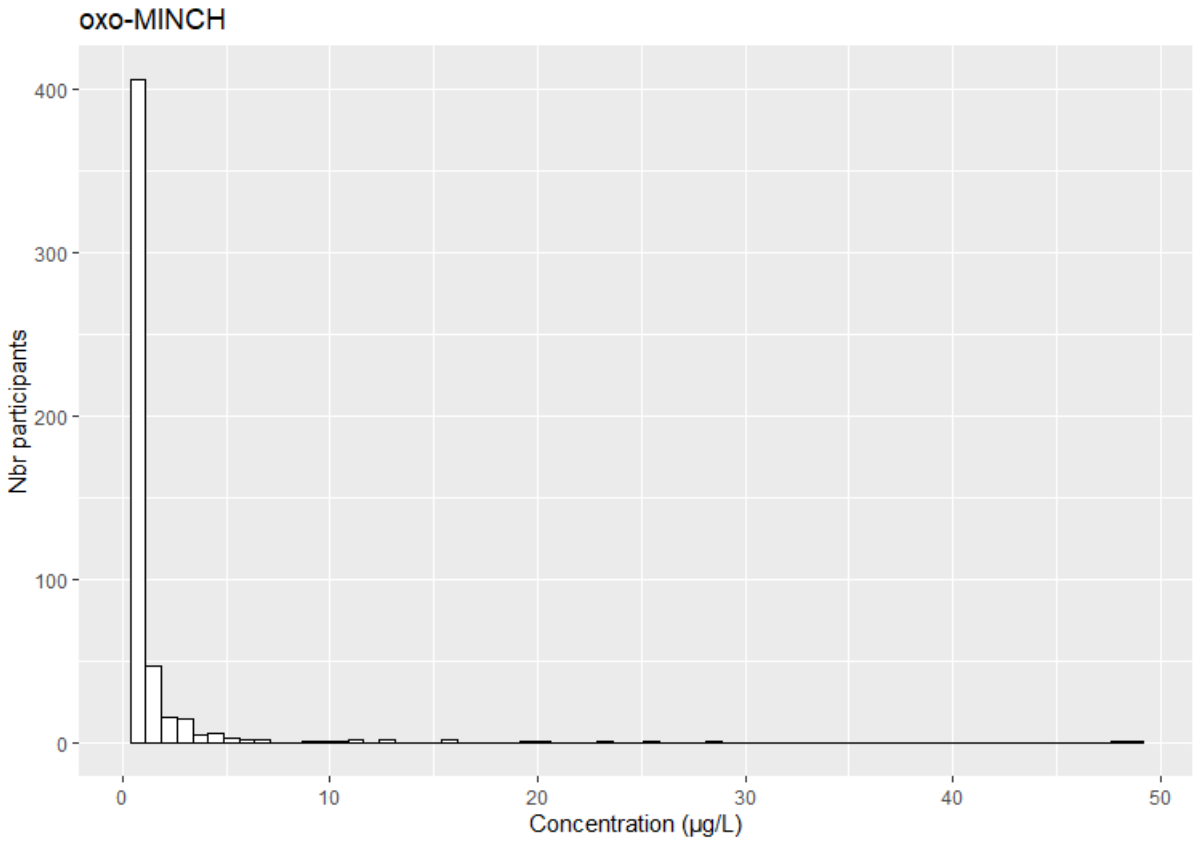


6-OH-MiDP

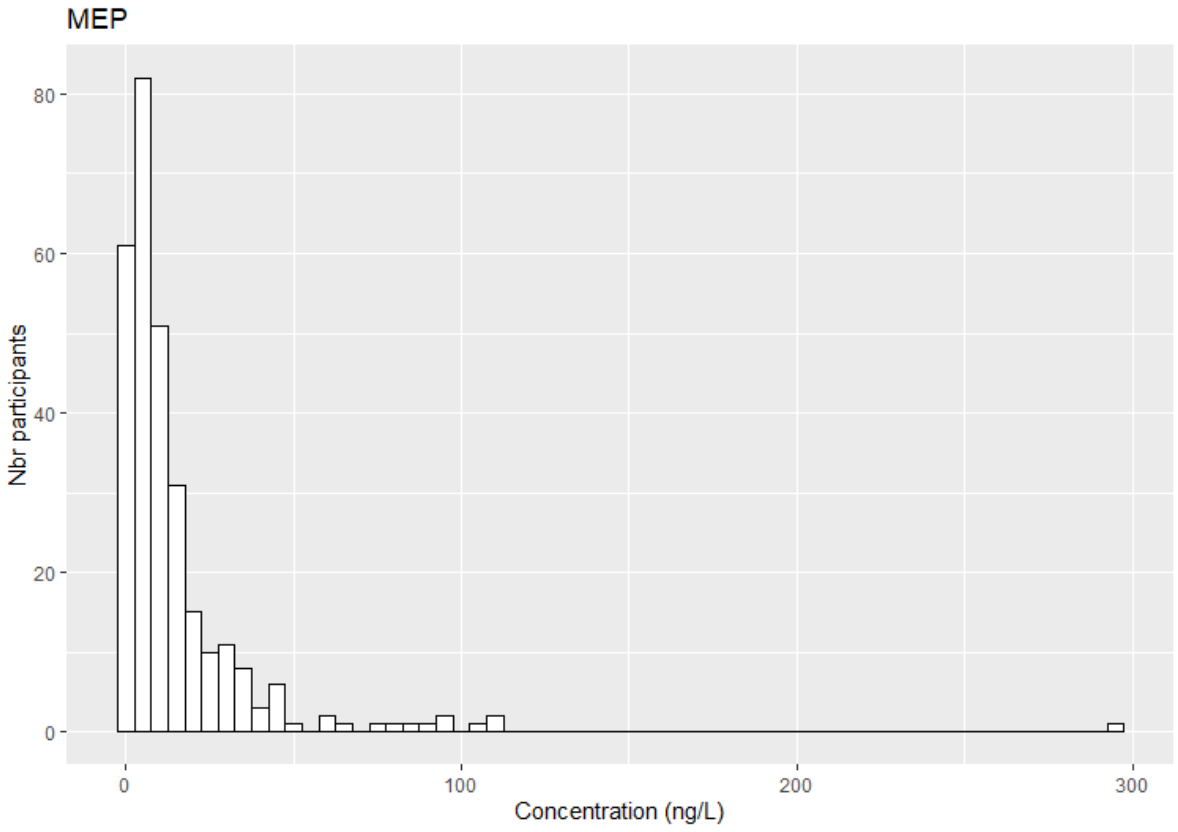


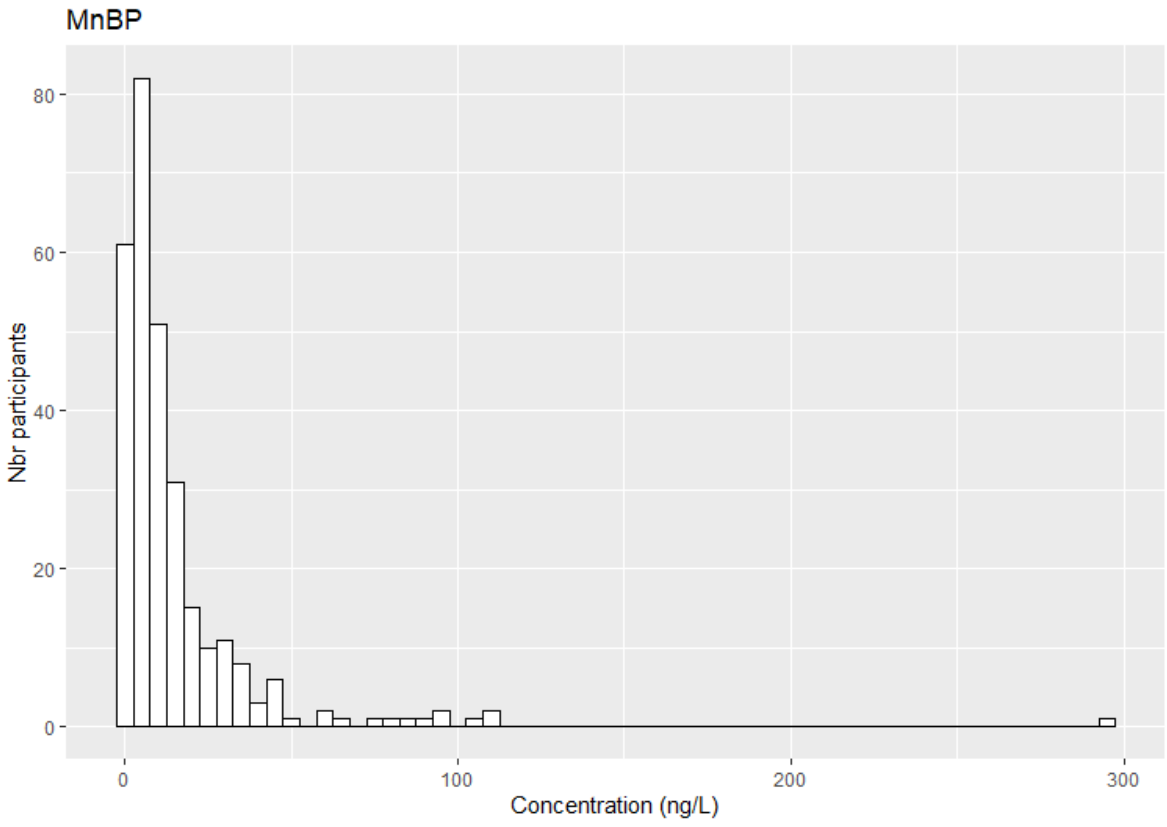

OH-MINCH
Nbr participants
400
300
200
100
0
0
20
40
60
80
Concentration (µg/L)

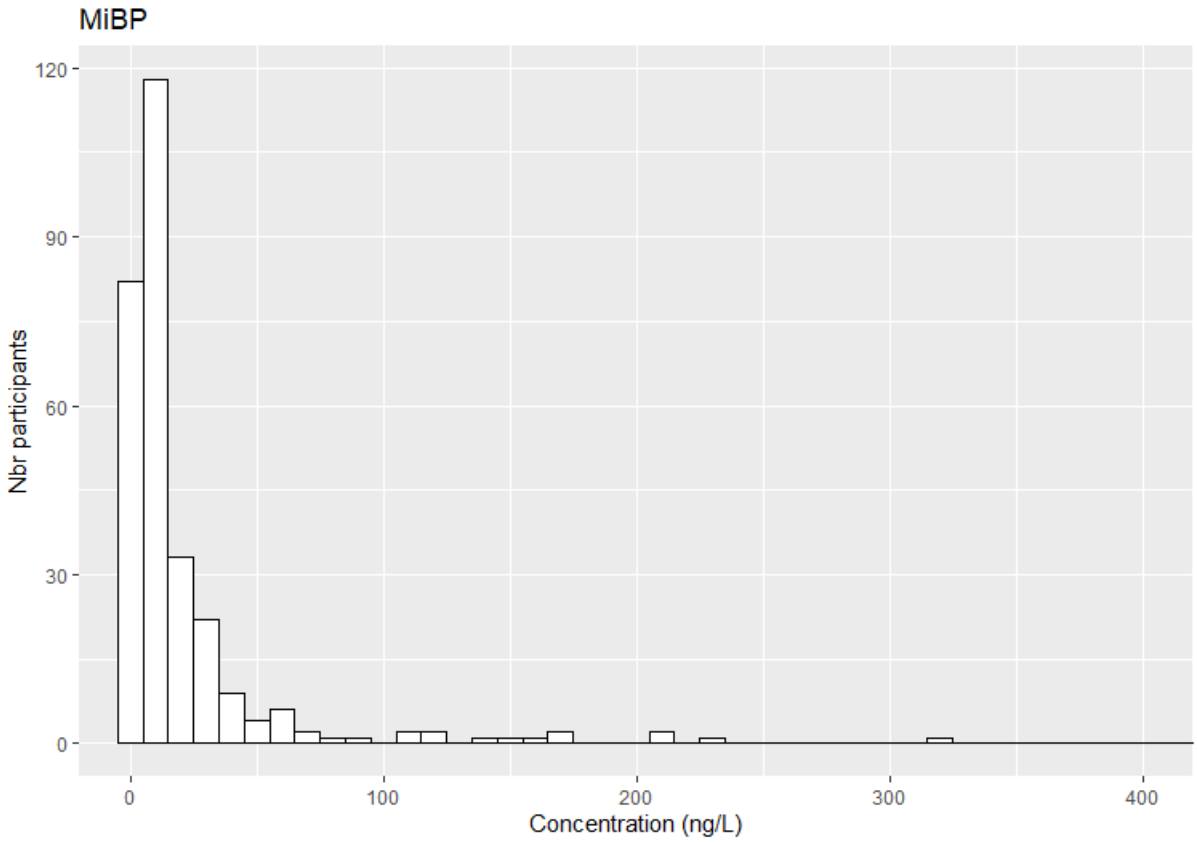

cx-MINCH
Nbr participants
300
200
100
0
0
5
10
15
20
25
Concentration (µg/L)

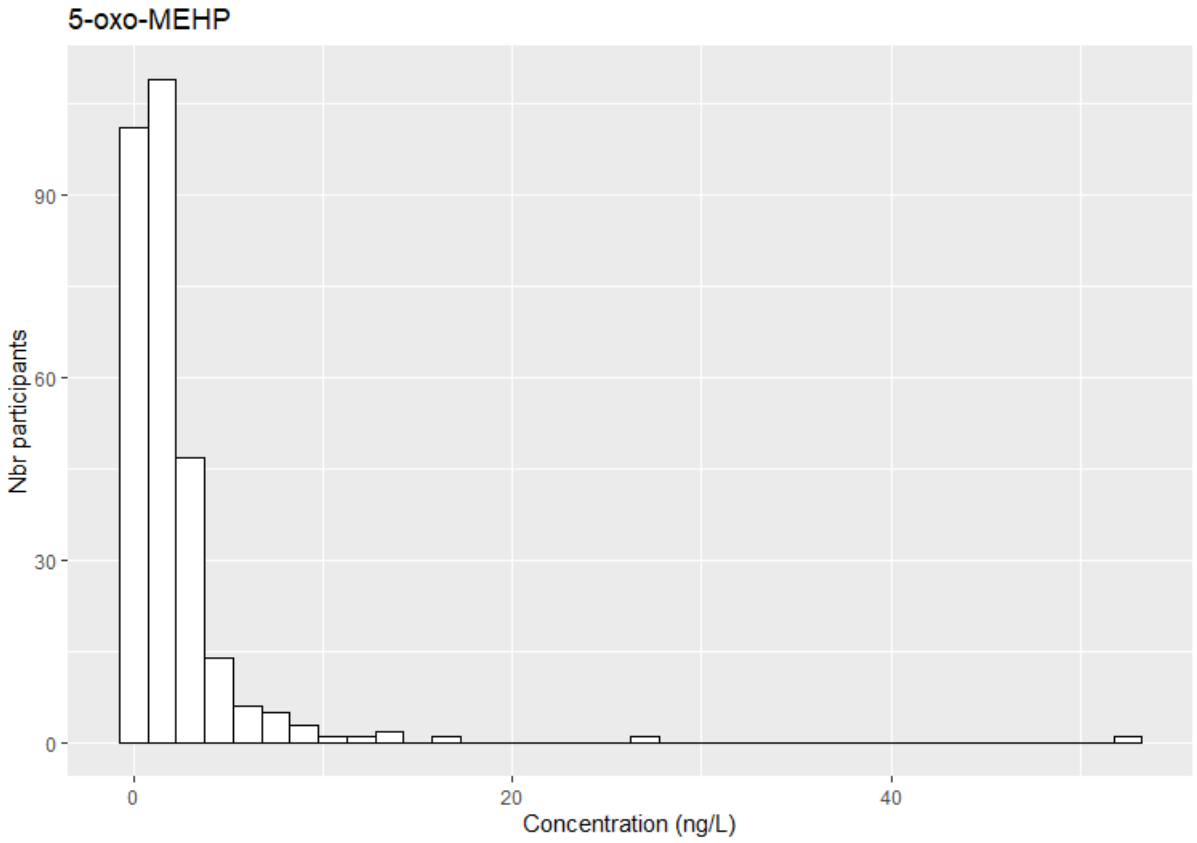

oxo-MINCH
Nbr participants
400
300
200
100
0
0
10
20
30
40
50
Concentration (µg/L)

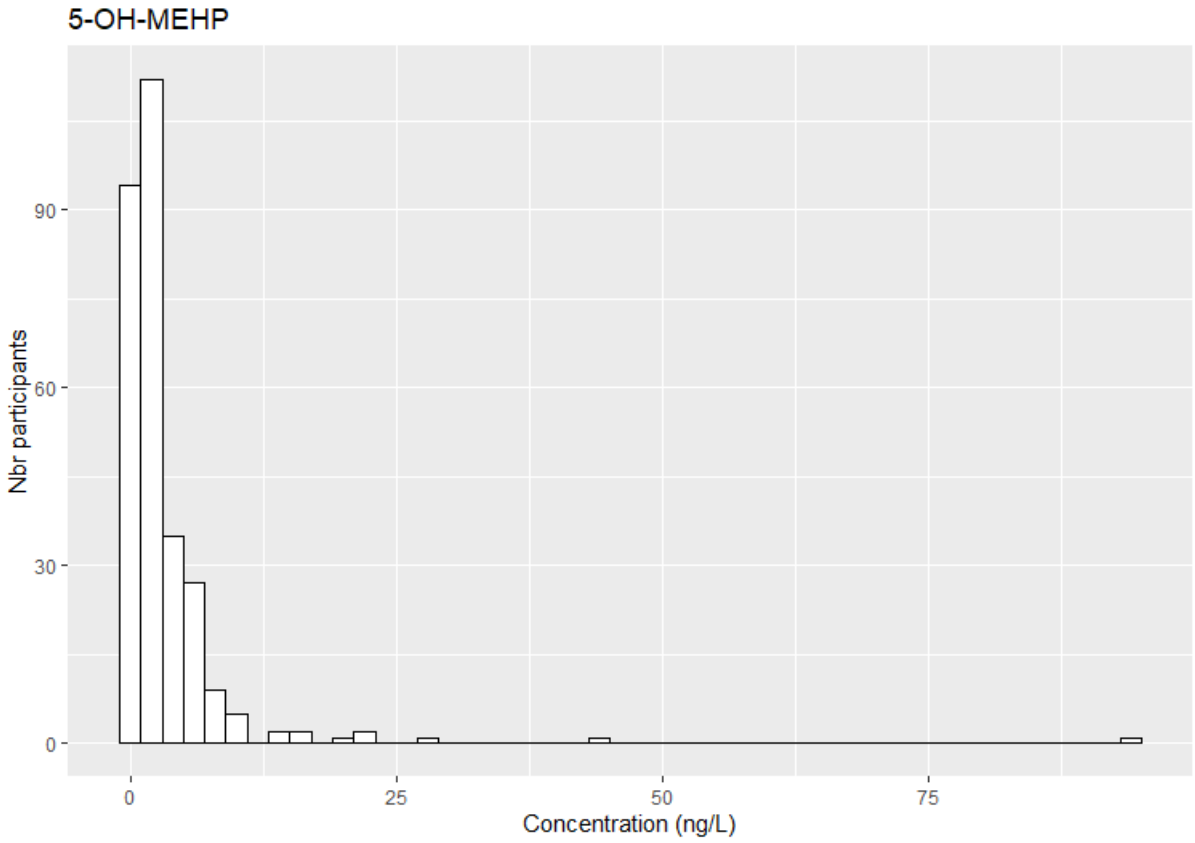
Annexe 3 : Histogrammes des distributions de valeurs dans la population d'adultes (40-59 ans) recrutés en 2023 (phase 3) pour chacun des marqueurs de phtalates étudiés.

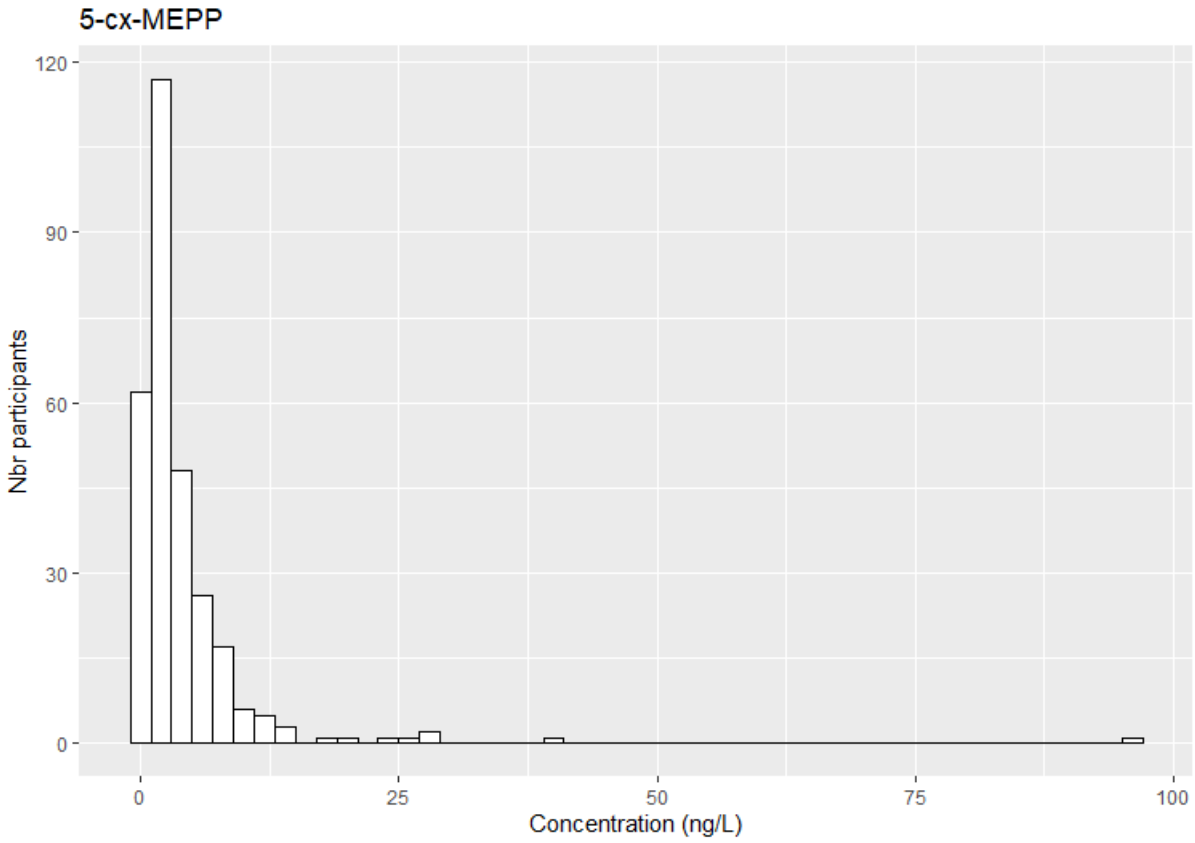


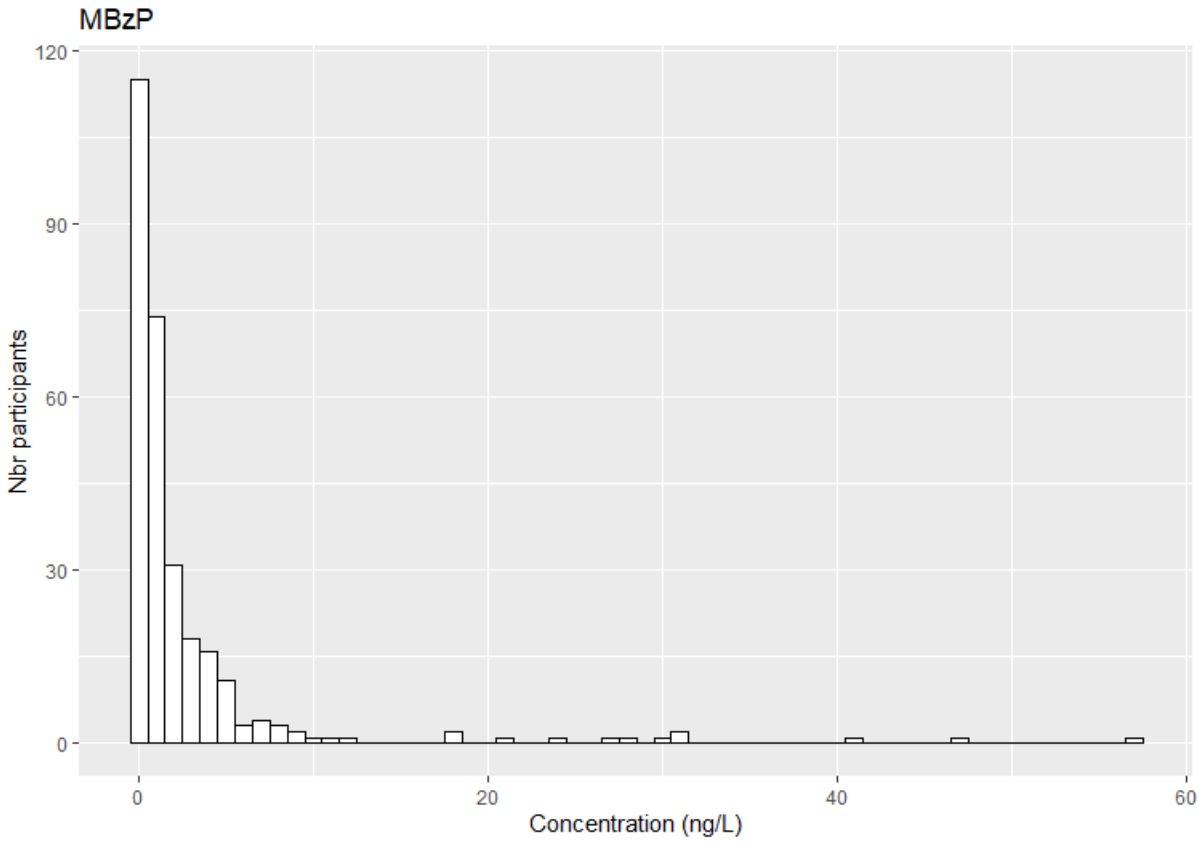


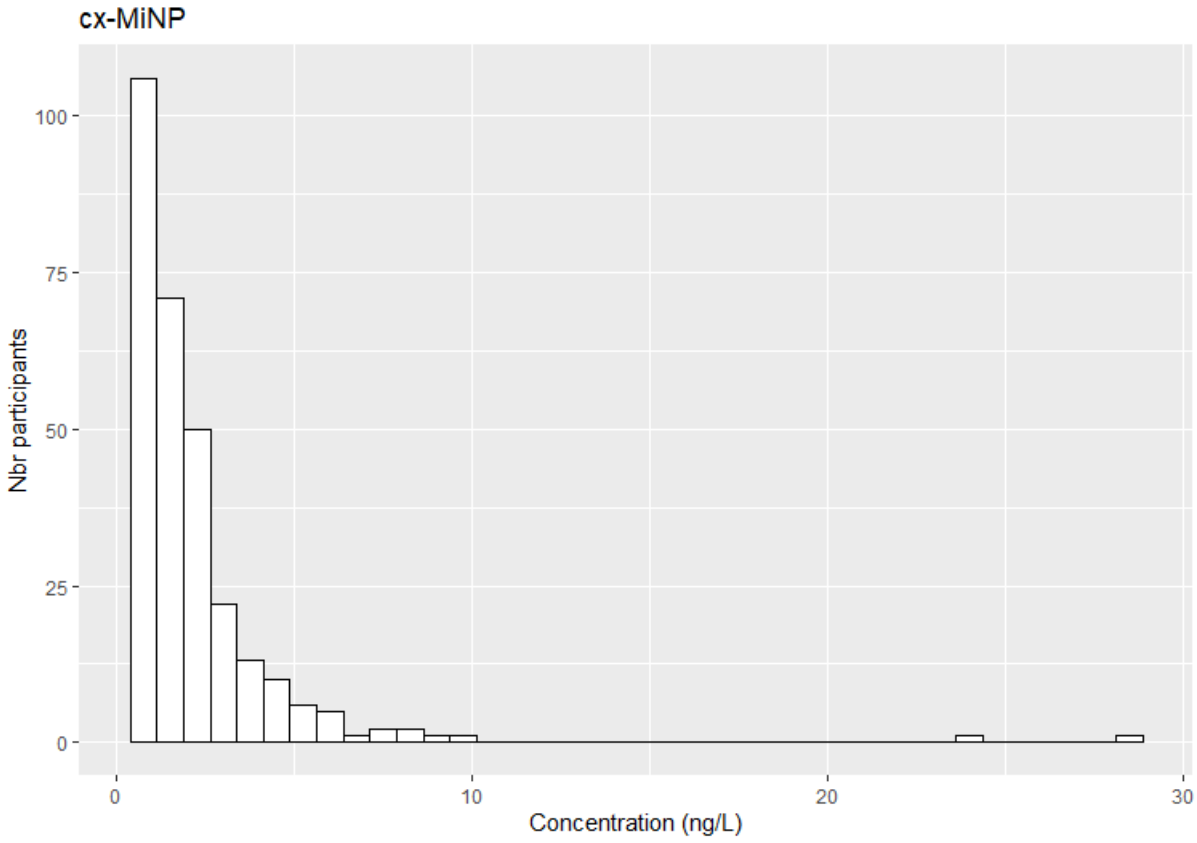

MiBP
120
90
60
30
0
Nbr participants
0
100
200
300
400
Concentration (ng/L)

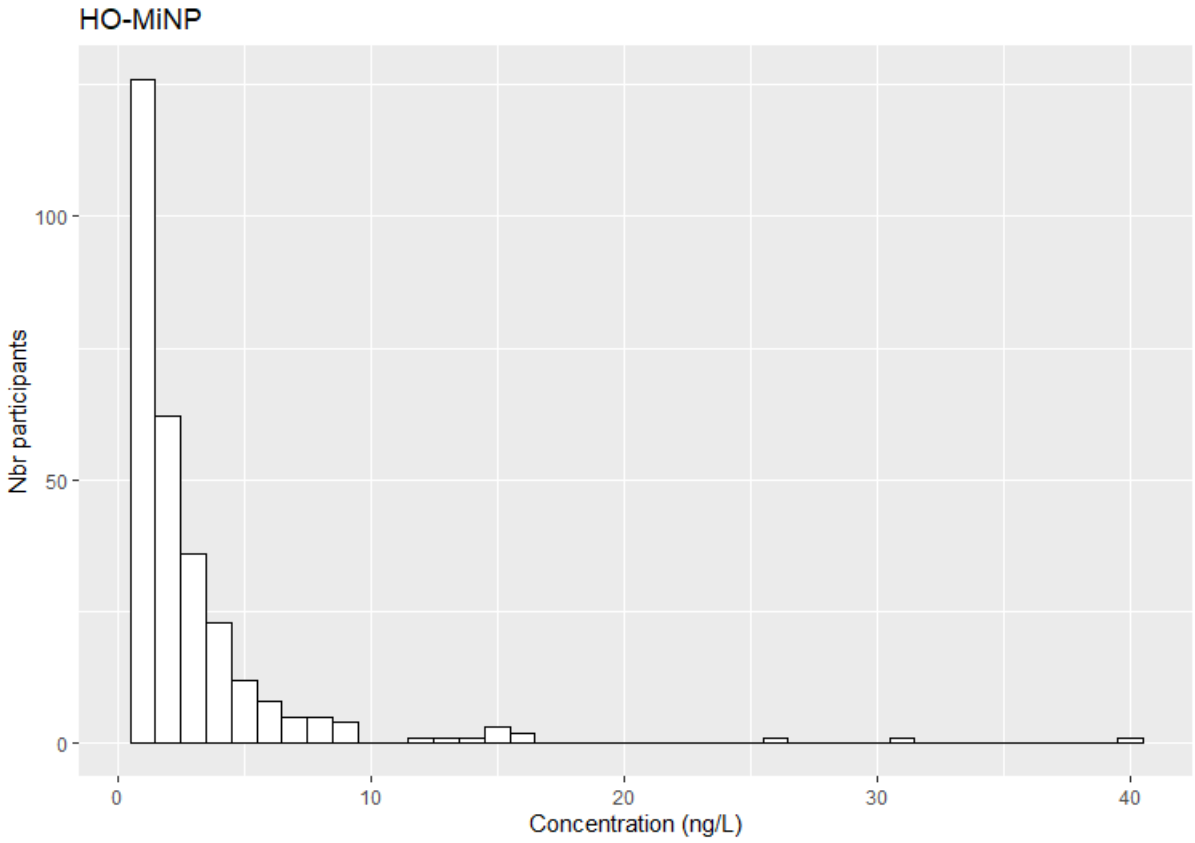

5-oxo-MEHP
90
60
30
0
Nbr participants
0
20
40
Concentration (ng/L)

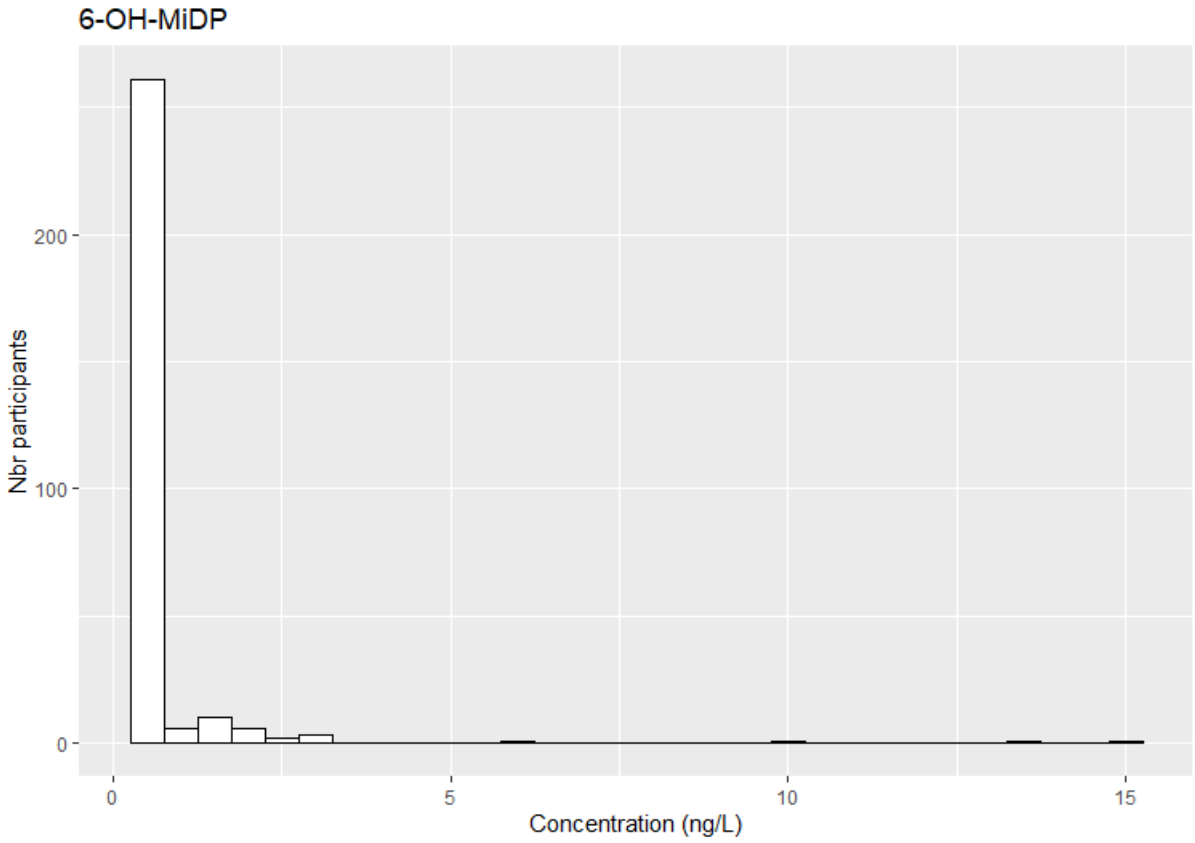

5-OH-MEHP
Nbr participants
0
30
60
90
0
25
50
75
Concentration (ng/L)

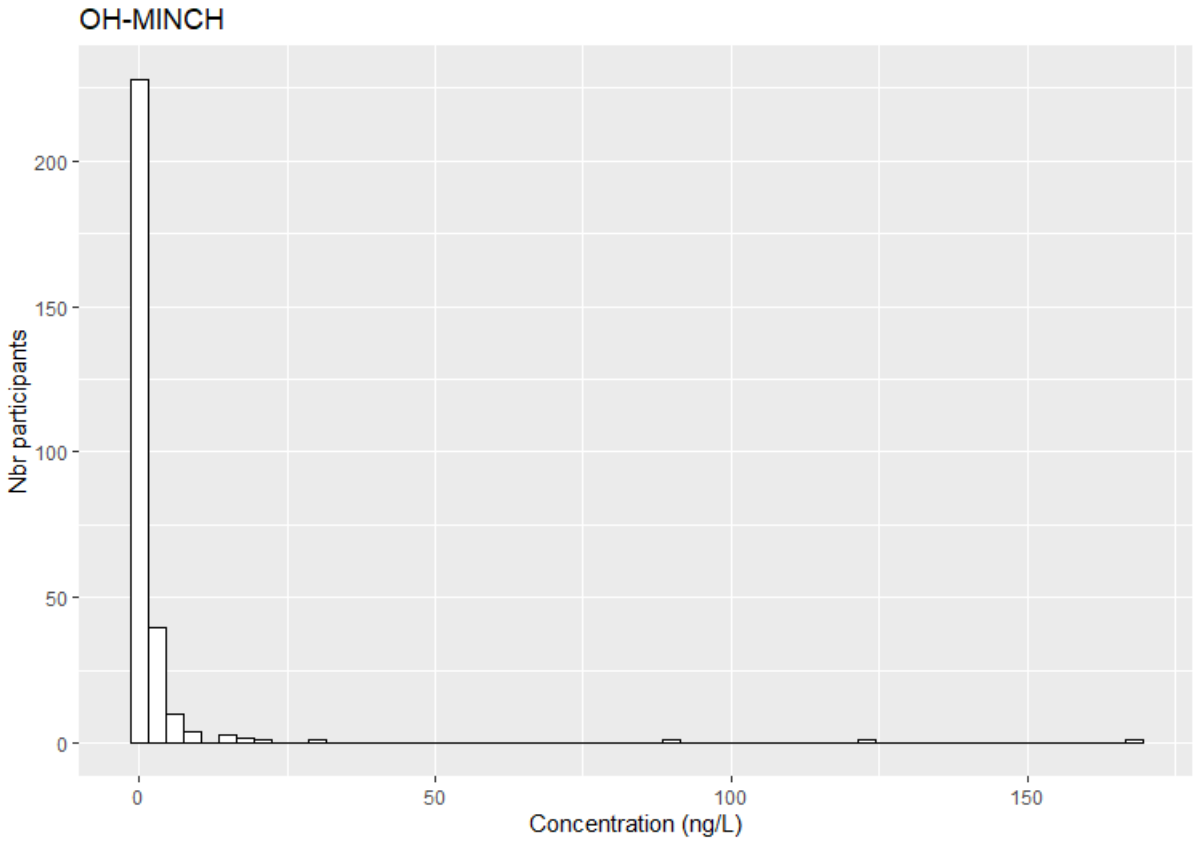

5-cx-MEPP
Nbr participants
0
30
60
90
120
0
25
50
75
100
Concentration (ng/L)

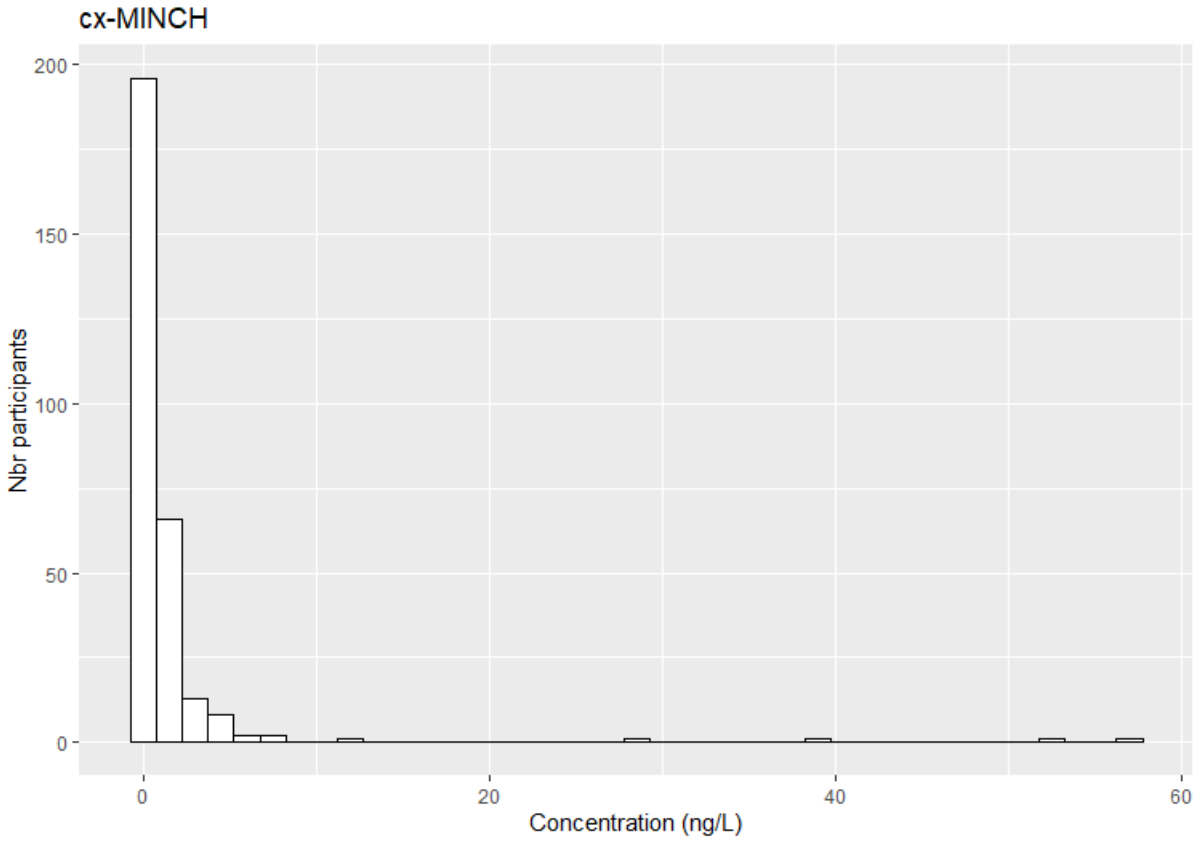

MBzP
120
90
60
30
0
Nbr participants
0
20
40
60
Concentration (ng/L)

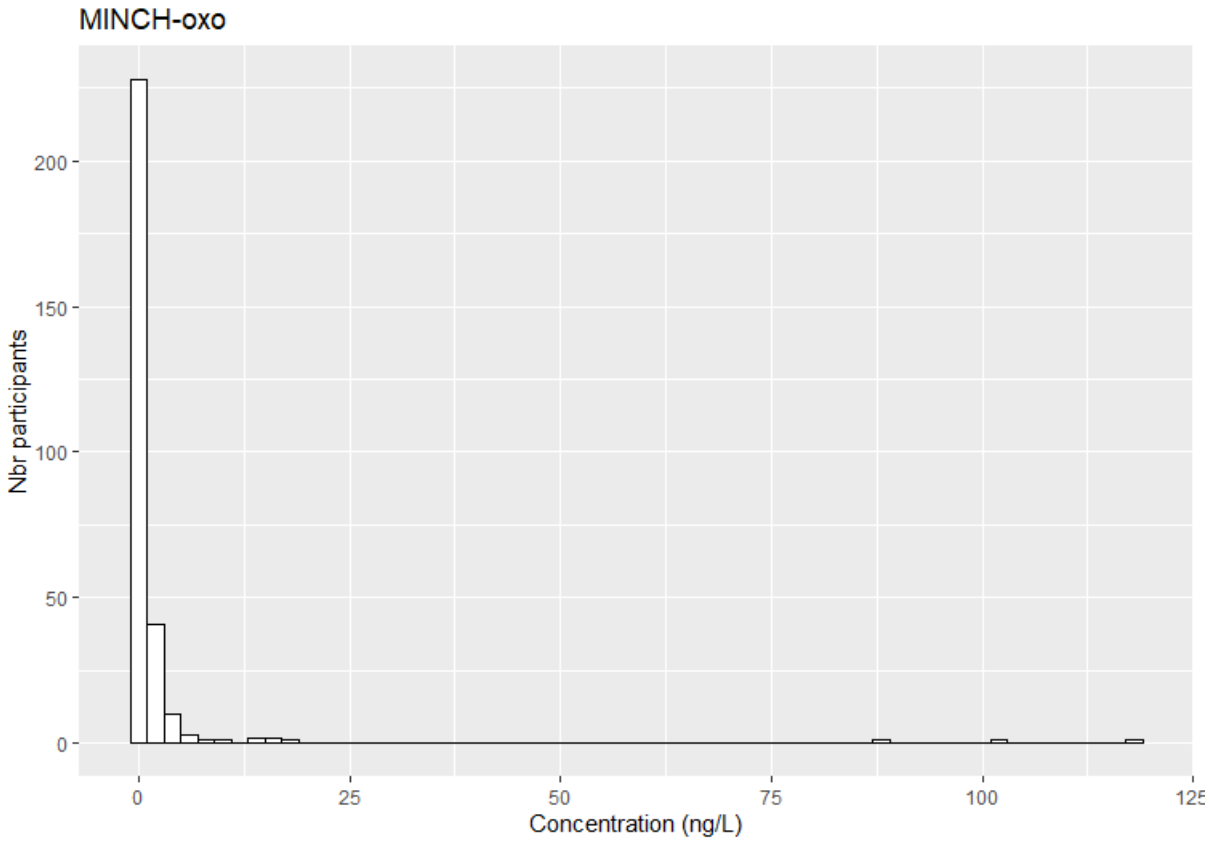

cx-MiNP
100
75
50
25
0
Nbr participants
0
10
20
30
Concentration (ng/L)


HO-MiNP
Nbr participants
0
50
100
0
10
20
30
40
Concentration (ng/L)


6-OH-MiDP
Nbr participants
0
100
200
0
5
10
15
Concentration (ng/L)


OH-MINCH
Nbr participants
200
150
100
50
0
0
50
100
150
Concentration (ng/L)


cx-MINCH
Nbr participants
200
150
100
50
0
0
20
40
60
Concentration (ng/L)


MINCH-oxo
Nbr participants
200
150
100
50
0
0
25
50
75
100
125
Concentration (ng/L)

Annexe 4: Statistiques descriptives pour les marqueurs urinaires mesurés dans la population d'enfants (3-11 ans) recrutés en 2020-2021 (phase 2) et rapportés par rapport à la créatinine urinaire (en µg/g creat)[1]

DPP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat.	**P25** µg/g creat.	**P50** µg/g creat.	**P75** µg/g creat.	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	0.05	100.0	0.0	0.34-58.2	2.29 [2.16-2.44]	0.74	1.37	2.22	3.62	5.61	8.16 [7.08-9.37]
DBP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat.	**P25** µg/g creat.	**P50** µg/g creat.	**P75** µg/g creat.	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	0.10	73.0	27.0	<LOQ-3.08	0.16 [0.15-0.17]	<LOQ	<LOQ	0.16	0.27	0.43	0.66 [0.53-0.93]
Age												
3-5 ans	268	0.10	79.1	20.9	<LOQ-3.08	0.25 [0.24-0.26]	<LOQ	0.15	0.23	0.35	0.57	0.95 [0.75-1.59]
6-11 ans	291	0.10	68.0	32.0	<LOQ-2.78	0.16 [0.15-0.16]	<LOQ	<LOQ	0.14	0.21	0.34	0.50 [0.38-0.69]
BDCPP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat.	**P25** µg/g creat.	**P50** µg/g creat.	**P75** µg/g creat.	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	0.10	88.7	11.3	<LOQ-26.0	0.39 [0.35-0.43]	<LOQ	0.20	0.38	0.74	1.54	2.97 [2.10-3.65]
Sexe												
Filles	270	0.10	86.3	13.7	<LOQ-12.4	0.36 [0.31-0.41]	<LOQ	0.18	0.35	0.68	1.37	2.88 [1.701-4.43]
Garçons	289	0.10	91.0	9.0	<LOQ-26.0	0.42 [0.37-0.48]	<LOQ	0.52	0.83	1.83	4.73	8.49 [2.08-3.78]

Annexe 4 suite

BCPHPP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	min-max µg/g creat.	MG [95%CI] µg/g creat.	P5 µg/g creat.	P25 µg/g creat.	P50 µg/g creat.	P75 µg/g creat.	P90 µg/g creat.	P95 [95%CI] µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	0.10	98.9	1.1	<LOQ-345.6	1.06 [0.97-1.15]	0.25	0.52	0.88	1.83	4.35	8.15 [6.57-10.5]

MEP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	min-max µg/g creat.	MG [95%CI] µg/g creat.	P5 µg/g creat	P25 µg/g creat	P50 µg/g creat	P75 µg/g creat	P90 µg/g creat.	P95 [95%CI] µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	0.94	100.0	0.0	1.93-1271.0	24.9 [22.9-27.1]	6.21	12.5	21.0	43.7	84.7	152.3 [126.4-301.4]
Age												
3-5 ans	270	0.94	100.0	0.0	2.95-1271.0	26.5 [23.6-29.7]	7.02	14.4	22.7	43.8	81.8	152.1 [109.9-368.6]
6-11 ans	289	0.94	100.0	0.0	1.93-630.6	23.6 [20.9-26.6]	5.50	11.4	20.7	43.4	86.2	147.3 [110.7-328.4]

MnBP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	min-max µg/g creat.	MG [95%CI] µg/g creat.	P5 µg/g creat	P25 µg/g creat	P50 µg/g creat	P75 µg/g creat	P90 µg/g creat.	P95 [95%CI] µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	0.99	100.0	0.0	2.21-529.0	26.9 [25.3-28.7]	7.62	16.7	27.6	43.6	66.8	97.1 [80.4-113.8]

MiBP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	min-max µg/g creat.	MG [95%CI] µg/g creat.	P5 µg/g creat	P25 µg/g creat	P50 µg/g creat	P75 µg/g creat	P90 µg/g creat.	P95 [95%CI] µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	1.23	100.0	0.0	2.61-685.4	38.7 [35.9-41.6]	11.12	21.1	34.8	63.4	124.7	206.3 [163.4-313.9]

Annexe 4 suite

5-oxo-MEHP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	0.53	99.5	0.5	<LOQ-303.2	5.97 [5.60-6.37]	2.00	3.56	5.61	9.11	16.3	23.5 [19.1-29.1]
5-OH-MEHP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	0.43	99.8	0.2	<LOQ-716.7	9.29 [8.71-9.92]	2.88	5.57	8.70	14.9	23.8	34.0 [30.0-43.5]
5-cx-MEPP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	1.14	99.5	0.5	<LOQ-416.3	12.08 [11.3-12.9]	3.96	7.30	11.34	19.24	30.9	44.5 [39.7-52.5]
MEHP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	0.62	60.4	39.6	<LOQ-64.3	0.93 [0.86-1.01]	<LOQ	<LOQ	0.90	1.75	3.20	4.84 [3.76-5.82]

Annexe 4 suite

MBzP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	0.61	95.0	5.0	<LOQ-784.0	3.72 [3.41-4.07]	0.84	1.83	3.39	6.91	14.7	24.6 [20.0-36.1]
cx-MiNP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	1.21	97.4	2.6	<LOQ-214.1	5.58 [5.21-5.97]	1.85	3.22	5.13	8.63	14.9	23.8 [18.9-31.5]
Age												
3-5 ans	270	1.21	96.5	3.5	<LOQ-168.6	7.09 [6.43-7.81]	2.35	4.32	6.50	11.08	18.2	30.7 [22.3-54.2]
6-11 ans	289	1.21	98.3	1.7	<LOQ-214.1	4.46 [4.08-4.88]	1.67	2.67	4.03	6.41	10.7	18.0 [14.0-23.8]
HO-MiNP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	1.00	98.8	1.2	<LOQ-186.2	7.32 [6.84-7.83]	2.19	4.25	6.82	12.5	19.2	31.5 [24.2-39.4]

Annexe 4 suite

6-OH-MiDP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat.	**P25** µg/g creat.	**P50** µg/g creat.	**P75** µg/g creat.	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	1.00	54.0	46.0	<LOQ-60.9	1.15 [1.07-1.23]	<LOQ	<LOQ	1.01	1.90	3.56	5.06 [4.52-5.89]
Age												
3-5 ans	270	1.00	55.9	44.1	<LOQ-60.9	1.49 [1.35-1.64]	<LOQ	<LOQ	1.43	2.80	4.40	5.49 [4.86-6.17]
6-11 ans	289	1.00	52.2	47.8	<LOQ-13.4	0.90 [0.83-0.99]	<LOQ	<LOQ	0.80	1.44	2.42	4.14 [3.19-6.11]
OH-MINCH												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat.	**P25** µg/g creat.	**P50** µg/g creat.	**P75** µg/g creat.	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	1.00	85.7	14.3	<1.00-1098.1	3.01 [2.75-3.30]	<LOQ	1.47	2.83	5.55	11.9	17.7 [14.9-22.5]
Age												
3-5 ans	270	1.00	84.6	15.4	<LOQ-1098.1	3.82 [3.37-4.33]	<LOQ	2.04	3.64	7.29	13.3	18.1 [15.1-22.5]
6-11 ans	289	1.00	86.8	13.2	<LOQ-170.5	2.41 [2.12-2.74]	<LOQ	1.24	2.05	4.31	10.3	16.0 [11.7-29.1]
Sexe												
Filles	268	1.00	82.2	17.8	<LOQ-240.4	2.76 [2.43-3.15]	<LOQ	1.33	2.71	5.35	11.14	15.4 [12.4-24.6]
Garçons	291	1.00	89.0	11.0	<LOQ-1098.1	3.26 [287-3.71]	<LOQ	1.69	2.96	5.95	13.52	19.5 [15.1-29.1]

Annexe 4 suite

cx-MINCH												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	1.00	77.1	22.9	<LOQ-627.3	1.79 [1.65-1.94]	<LOQ	0.94	1.72	3.15	5.41	9.78 [7.28-12.6]
Age												
3-5 ans	270	1.00	81.1	18.9	<LOQ-627.3	2.34 [2.10-2.60]	<LOQ	1.31	2.16	3.72	6.22	10.9 [7.67-15.5]
6-11 ans	289	1.00	73.2	26.8	<LOQ-115.1	1.39 [1.24-1.56]	<LOQ	<LOQ	1.27	2.49	4.67	7.68 [5.37-12.9]
oxo-MINCH												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (3-11 ans)												
	559	1.00	73.0	27.0	<LOQ-646.4	2.12 [1.93-2.32]	<LOQ	<LOQ	2.03	4.12	8.34	13.5 [11.1-16.1]

[1] 22 participants ont été exclus des statistiques descriptives en raison d'un volume insuffisant pour faire le dosage de la créatinine.

Annexe 5: Statistiques descriptives pour les marqueurs urinaires mesurés dans la population d'adolescents (12-19 ans) et d'adultes (20-39 ans) recrutés en 2019-2020 (phase 1) et rapportés par rapport à la créatinine urinaire (en µg/g creat)[2]

MEP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)												
	516	0.94	97.5	2.5	<LOQ-1051.1	13.8 [12.5-15.3]	2.68	6.03	12.0	26.6	65.0	120.2 [92.6-169.40]
Age												
12-19 ans	258	0.94	98.1	1.9	<LOQ-1051.1	14.6 [12.7-16.9]	3.16	6.56	12.8	30.6	63.0	122.0 [74.9-220.4]
20-39 ans	258	0.94	96.9	3.1	<LOQ-596.4	13.00 [11.2-15.0]	2.47	5.41	10.7	25.4	66.4	115.2 [100.3-201.8]
MnBP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)												
	516	0.99	90.9	9.1	<LOQ-318.9	7.50 [6.94-8.10]	<LOQ	4.15	7.63	12.7	21.3	30.9 [27.8-45.6]
Age												
12-19 ans	258	0.99	93.0	7.0	<LOQ-318.9	7.78 [6.92-8.75]	<LOQ	4.06	7.79	13.6	25.2	42.5 [29.0-63.4]
20-39 ans	258	0.99	88.8	11.2	<LOQ-79.3	7.23 [6.50-7.96]	<LOQ	4.19	7.41	11.9	19.4	28.5 [20.9-34.5]
Sexe												
Femmes	274	0.99	89.5	10.5	<LOQ-79.3	7.69 [6.98-8.48]	<LOQ	4.33	8.10	13.1	20.5	30.4 [24.0-45.6]
Hommes	242	0.99	92.6	7.4	<LOQ-318.9	7.33 [6.49-8.15	<LOQ	4.06	7.22	12.1	25.0	34.4 [27.8-58.8]

Annexe 5 suite

MiBP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	min-max µg/g creat.	MG [95%CI] µg/g creat.	P5 µg/g creat	P25 µg/g creat	P50 µg/g creat	P75 µg/g creat	P90 µg/g creat.	P95 [95%CI] µg/g creat.
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)												
	516	1.23	93.1	6.9	<LOQ-407.7	10.23 [9.42-11.11]	<LOQ	5.59	9.87	18.0	33.8	51.2 [42.8-67.6]
Age												
12-19 ans	258	1.23	95.3	4.7	<LOQ-407.7	10.78 [9.56-12.15]	2.33	5.65	10.5	18.8	36.4	54.0 [47.1-96.2]
20-39 ans	258	1.23	90.8	9.2	<LOQ-188.5	9.72 [8.61-10.8]	<LOQ	5.44	9.31	17.4	29.3	45.6 [33.9-67.6]
Sexe												
Femmes	274	1.23	91.3	8.7	<LOQ-407.7	10.40 [9.34-11.6]	<LOQ	5.69	10.7	20.3	30.1	37.4 [33.9-54.3]
Hommes	242	1.23	95.0	5.0	<LOQ-188.5	10.09 [8.90-11.3]	2.19	5.15	9.44	15.2	43.4	67.4 [50.1-96.2]

5-oxo-MEHP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	min-max µg/g creat.	MG [95%CI] µg/g creat.	P5 µg/g creat	P25 µg/g creat	P50 µg/g creat	P75 µg/g creat	P90 µg/g creat.	P95 [95%CI] µg/g creat.
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)												
	516	0.53	78.6	21.4	<LOQ-17.7	1.42 [1.32-1.53]	<LOQ	0.83	1.39	2.41	3.95	5.45 [4.81-6.61]
Age												
12-19 ans	258	0.53	83.7	16.3	<LOQ-16.4	1.42 [1.28-1.57]	<LOQ	0.84	1.39	2.65	4.04	5.43 [4.38-8.09]
20-39 ans	258	0.53	73.5	26.5	<LOQ-17.7	1.43 [1.29-1.56]	<LOQ	0.83	1.36	2.23	3.72	5.64 [4.52-7.08]

Annexe 5 suite

5-OH-MEHP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	min-max µg/g creat.	MG [95%CI] µg/g creat.	P5 µg/g creat.	P25 µg/g creat.	P50 µg/g creat.	P75 µg/g creat.	P90 µg/g creat.	P95 [95%CI] µg/g creat.
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)												
	516	0.43	87.3	12.7	<LOQ-51.5	2.06 [1.92-2.23]	<LOQ	1.17	2.07	3.65	6.08	7.96 [6.97-11.7]
Age												
12-19 ans	258	0.43	91.5	8.5	<LOQ-24.3	2.05 [1.84-2.28]	<LOQ	1.21	2.06	3.73	6.01	7.95 [6.47-12.4]
20-39 ans	258	0.43	83.1	16.9	<LOQ-51.5	2.08 [1.86-2.30]	<LOQ	1.13	2.08	3.51	6.15	7.73 [6.44-13.2]
Sexe												
Femmes	274	0.43	85.5	14.5	<LOQ-51.5	2.17 [1.95-2.39]	<LOQ	1.26	2.18	4.00	6.34	8.05 [7.25-11.7]
Hommes	242	0.43	89.3	10.7	<LOQ-33.1	1.95 [1.75-2.18]	<LOQ	1.11	1.87	3.35	5.63	7.46 [6.14-14.9]

5-cx-MEPP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	min-max µg/g creat.	MG [95%CI] µg/g creat.	P5 µg/g creat.	P25 µg/g creat.	P50 µg/g creat.	P75 µg/g creat.	P90 µg/g creat.	P95 [95%CI] µg/g creat.
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)												
	516	1.14	88.2	11.8	<LOQ-96.1	3.40 [3.20-3.62]	<LOQ	2.08	3.28	5.13	8.54	11.9 [10.3-13.7]
Age												
12-19 ans	258	1.14	89.9	10.1	<LOQ-96.1	3.24 [2.96-3.55]	<LOQ	1.97	3.16	5.01	8.53	11.8 [9.12-15.0]
20-39 ans	258	1.14	86.5	13.5	<LOQ-43.8	3.58 [3.27-3.87]	<LOQ	2.17	3.38	5.38	8.53	11.9 [9.71-15.8]
Sexe												
Femmes	274	1.14	86.2	13.8	<LOQ-96.1	3.69 [3.37-4.00]	<LOQ	2.24	3.65	5.75	9.16	12.6 [11.0-14.9]
Hommes	242	1.14	90.5	9.5	<LOQ-43.8	3.10 [2.84-3.40]	<LOQ	2.01	2.86	4.57	7.18	10.4 [8.86-15.6]

Annexe 5 suite

MEHP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)												
	516	0.62	43.6	56.4	<LOQ-11.2	0.64 [0.59-0.69]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.11	1.83	2.46 [2.20-3.10]
Age												
12-19 ans	258	0.62	39.5	60.5	<LOQ-4.17	0.51 [0.46-0.56]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.86	1.49	2.12 [1.68-3.10]
20-39 ans	258	0.62	47.7	52.3	<LOQ-11.2	0.80 [0.72-0.88]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.32	2.10	2.74 [2.38-3.23]
MBzP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)												
	516	0.61	68.1	31.9	<LOQ-83.5	1.34 [1.22-1.47]	<LOQ	<LOQ	1.21	2.30	5.22	9.94 [7.60-19.6]
Sexe												
Femmes	274	0.61	63.8	36.2	<LOQ-75.0	1.41 [1.23-1.60]	<LOQ	<LOQ	1.29	2.36	5.74	10.7 [7.52-26.4]
Hommes	242	0.61	73.1	26.9	<LOQ-83.5	1.26 [1.09-1.45]	<LOQ	<LOQ	1.09	2.23	5.01	8.50 [7.16-25.2]

Annexe 5 suite

cx-MiNP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	min-max µg/g creat.	MG [95%CI] µg/g creat.	P5 µg/g creat.	P25 µg/g creat.	P50 µg/g creat.	P75 µg/g creat.	P90 µg/g creat.	P95 [95%CI] µg/g creat.
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)												
	516	1.21	73.7	26.3	<LOQ-199.6	1.91 [1.79-2.05]	<LOQ	<LOQ	1.83	2.66	4.55	7.54 [6.05-11.3]
Age												
12-19 ans	258	1.21	80.2	19.8	<LOQ-31.7	1.78 [1.62-1.95]	<LOQ	1.10	1.73	2.52	4.30	7.72 [5.52-11.5]
20-39 ans	258	1.21	67.3	32.7	<LOQ-199.6	2.06 [1.85-2.26]	<LOQ	<LOQ	1.89	2.87	4.68	7.20 [5.24-22.1]
Sexe												
Femmes	274	1.21	71.7	28.3	<LOQ-199.6	2.17 [1.96-2.38]	<LOQ	<LOQ	2.02	3.02	5.73	10.1 [6.62-19.0]
Hommes	242	1.21	76.0	24.0	<LOQ-31.0	1.66 [1.52-1.85]	<LOQ	1.06	1.56	2.30	3.88	5.50 [4.32-7.90]
HO-MiNP	**N TOT**	**LOQ µg/l**	**N>LOQ %**	**N<LOQ %**	**min-max µg/g creat.**	**MG [95%CI] µg/g creat.**	**P5 µg/g creat.**	**P25 µg/g creat.**	**P50 µg/g creat.**	**P75 µg/g creat.**	**P90 µg/g creat.**	**P95 [95%CI] µg/g creat.**
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)												
	516	1.00	75.3	24.7	<LOQ-244.6	2.14 [1.97-2.32]	<LOQ	1.23	1.92	3.34	6.36	13.9 [10.2-20.1]
Age												
12-19 ans	258	1.00	81.4	18.6	<LOQ-24.3	1.99 [1.79-2.22]	<LOQ	1.11	1.88	3.33	5.86	10.4 [6.88-15.0]
20-39 ans	258	1.00	69.2	30.8	<LOQ-244.6	2.30 [2.03-2.59]	<LOQ	<LOQ	1.93	3.33	7.20	18.8 [11.1-38.8]
Sexe												
Femmes	274	1.00	71.4	28.6	<LOQ-244.6	2.38 [2.10-2.66]	<LOQ	<LOQ	2.07	3.57	7.97	16.6 [11.1-24.4]
Hommes	242	1.00	79.8	20.2	<LOQ-44.7	1.91 [1.71-2.16]	<LOQ	1.11	1.75	3.00	5.63	10.2 [6.48-17.3]

Annexe 5 suite

6-OH-MiDP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)												
	516	1.00	15.6	84.4	<LOQ-149.5	0.64 [0.59-0.69]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.79	2.69 [2.27-3.48]
OH-MINCH												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)												
	516	1.00	36.9	63.1	<LOQ-222.5	0.94 [0.86-1.03]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.58	3.26	5.73 [3.84-9.03]
Age												
12-19 ans	258	1.00	42.6	57.4	<LOQ-64.2	0.90 [0.79-1.02]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.50	3.24	5.54 [3.72-13.4]
20-39 ans	258	1.00	31.2	68.8	<LOQ-222.5	0.99 [0.87-1.11]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.65	3.25	6.26 [3.62-9.56]
cx-MINCH												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)												
	516	1.00	44.2	55.8	<LOQ-65.6	0.91 [0.84-0.99]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.48	2.80	4.27 [3.57-5.59]

Annexe 5 suite

oxo-MINCH												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat.	**P25** µg/g creat.	**P50** µg/g creat.	**P75** µg/g creat.	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (12-19 ans, 20-39 ans)												
	516	1.00	25.7	74.3	<LOQ-131.4	0.77 [0.71-0.84]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.28	2.59	4.06 [3.13-5.92]
Age												
12-19 ans	258	1.00	29.8	70.2	<LOQ-35.6	0.72 [0.64-0.81]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.14	2.54	3.76 [2.94-8.47]
20-39 ans	258	1.00	21.5	78.5	<LOQ-131.4	0.83 [0.74-0.93]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2.57	4.05 [2.94-6.21]

[2] 2 participants ont été exclus des statistiques descriptives en raison de leur créatininurie très faible (<0.1 g/L)

Annexe 6: Statistiques descriptives pour les marqueurs urinaires mesurés dans la population d'adultes (40-59 ans) recrutés en 2023 (phase 3) et rapportés par rapport à la créatinine urinaire (en µg/g creat)[3]

MEP													
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (40-59 ans)												
	286	0.94	97.9	2.1	<LOQ-4658	21.2 [18.0-24.9]	3.27	8.00	17.3	46.7	143.4	337.4 [194-1-782.7]
MnBP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (40-59 ans)												
	286	0.99	92.1	7.9	<LOQ-234.1	10.9 [9.91-12.1]	<LOQ	6.17	11.2	17.4	31.0	47.8 [37.3-61.3]
MiBP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (40-59 ans)												
	286	1.23	96.9	3.1	<LOQ-672.3	15.0 [13.5-16.6]	4.20	7.93	13.3	23.2	46.6	72.7 [56.4-125.5]
5-oxo-MEHP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (40-59 ans)												
	286	0.53	74.7	25.3	<LOQ-24.5	1.74 [1.60-1.89]	<LOQ	<LOQ	1.73	2.74	3.78	5.19 [4.39-7.03]
Sexe												
Femmes	146	0.53	72.2	27.8	<LOQ-24.5	1.88 [1.70-2.08]	<LOQ	<LOQ	1.92	2.81	3.64	4.80 [3.72-8.46]
Hommes	140	0.53	77.3	22.7	<LOQ-22.5	1.60 [1.41-1.83]	<LOQ	0.96	1.45	2.53	4.38	5.73 [4.48-19.5]

Annexe 6 suite

5-OH-MEHP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	min-max µg/g creat.	MG [95%CI] µg/g creat.	P5 µg/g creat	P25 µg/g creat	P50 µg/g creat	P75 µg/g creat	P90 µg/g creat	P95 [95%CI] µg/g creat.
Tous (40-59 ans)												
	286	0.43	88.4	11.6	<LOQ-40.2	2.61 [2.39-2.84]	<LOQ	1.60	2.67	4.02	6.02	8.07 [6.56-11.6]
Sexe												
Femmes	146	0.43	86.8	13.2	<LOQ-37.4	2.76 [2.49-3.07]	<LOQ	1.81	2.74	4.14	5.65	6.49 [5.80-12.0]
Hommes	140	0.43	90.1	9.9	<LOQ-40.2	2.46 [2.14-2.82]	<LOQ	1.44	2.45	3.93	6.50	9.36 [7.30-31.3]

5-cx-MEPP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	min-max µg/g creat.	MG [95%CI] µg/g creat.	P5 µg/g creat	P25 µg/g creat	P50 µg/g creat	P75 µg/g creat	P90 µg/g creat	P95 [95%CI] µg/g creat.
Tous (40-59 ans)												
	286	1.14	78.8	21.2	<LOQ-41.2	3.62 [3.36-3.91]	<LOQ	2.37	3.58	5.38	7.22	9.58 [8.52-13.8]
Sexe												
Femmes	146	1.14	78.8	21.2	<LOQ-41.2	3.99 [3.64-4.37]	<LOQ	2.73	4.10	5.64	7.09	8.69 [8.17-13.8]
Hommes	140	1.14	78.7	21.3	<LOQ-41.1	3.28 [2.91-3.69]	<LOQ	2.15	3.01	4.74	7.34	10.7 [7.82-29.4]

MEHP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	min-max µg/g creat.	MG [95%CI] µg/g creat.	P5 µg/g creat	P25 µg/g creat	P50 µg/g creat	P75 µg/g creat	P90 µg/g creat	P95 [95%CI] µg/g creat.
Tous (40-59 ans)												
	286	0.62	31.5	68.5	<LOQ-17.9	0.79 [0.72-0.88]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.29	2.30	2.62 [2.45-5.61]
Sexe												
Femmes	146	0.62	26.5	73.5	<LOQ-8.22	0.87 [0.756-1.00]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.47	2.32	2.71 [2.33-5.72]
Hommes	140	0.62	36.9	63.1	<LOQ-17.9	0.72 [0.62-0.83]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.11	2.13	2.61 [2.31-7.35]

Annexe 6 suite

MBzP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (40-59 ans)												
	286	0.61	60.6	39.4	<LOQ-65.9	1.62 [1.44-1.81]	<LOQ	<LOQ	1.45	2.87	5.81	8.77 [7.09-14.2]
Sexe												
Femmes	146	0.61	54.3	45.7	<LOQ-65.9	1.62 [1.40-1.87]	<LOQ	<LOQ	1.59	2.78	4.62	6.98 [5.14-18.6]
Hommes	140	0.61	67.4	32.6	<LOQ-49.8	1.62 [1.35-1.94]	<LOQ	<LOQ	1.36	3.07	7.30	11.5 [7.81-14.8]
cx-MiNP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (40-59 ans)												
	286	1.21	63.7	36.3	<LOQ-33.5	2.27 [2.10-2.45]	<LOQ	<LOQ	2.15	3.25	5.09	6.61 [5.72-12.3]
HO-MiNP												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat	**P25** µg/g creat	**P50** µg/g creat	**P75** µg/g creat	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (40-59 ans)												
	286	1.00	70.9	29.1	<LOQ-44.6	2.66 [2.42-2.92]	<LOQ	<LOQ	2.41	4.10	7.88	14.4 [9.62-18.9]
Sexe												
Femmes	146	1.00	65.6	34.4	<LOQ-25.7	2.90 [2.55-3.30]	<LOQ	<LOQ	2.77	4.61	8.39	14.2 [9.34-21.1]
Hommes	140	1.00	76.6	23.4	<1.00-44.6	2.43 [21.13-2.78]	<LOQ	1.47	2.12	3.51	7.44	14.5 [8.28-16.7]

Annexe 6 suite

6-OH-MiDP	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	min-max µg/g creat.	MG [95%CI] µg/g creat.	P5 µg/g creat.	P25 µg/g creat.	P50 µg/g creat.	P75 µg/g creat.	P90 µg/g creat.	P95 [95%CI] µg/g creat.
Tous (40-59 ans)												
	286	1.00	10.6	89.4	<LOQ-16.2	<LOQ -	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2.53	3.59 [3.12-4.21]

OH-MINCH	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	min-max µg/g creat.	MG [95%CI] µg/g creat.	P5 µg/g creat.	P25 µg/g creat.	P50 µg/g creat.	P75 µg/g creat.	P90 µg/g creat.	P95 [95%CI] µg/g creat.
Tous (40-59 ans)												
	286	1.00	31.8	68.2	<LOQ-259.9	<LOQ -	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2.28	4.32	14.4 [5.86-23.1]
Sexe												
Femmes	146	1.00	24.5	75.5	<LOQ-259.9	<LOQ -	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2.27	3.66	4.65 [3.76-23.1]
Hommes	140	1.00	39.7	60.3	<LOQ-135.2	1.33 -	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2.29	7.29	16.3 [12.9-36.0]

cx-MINCH	N TOT	LOQ µg/l	N>LOQ %	N<LOQ %	min-max µg/g creat.	MG [95%CI] µg/g creat.	P5 µg/g creat.	P25 µg/g creat.	P50 µg/g creat.	P75 µg/g creat.	P90 µg/g creat.	P95 [95%CI] µg/g creat.
Tous (40-59 ans)												
	286	1.00	32.9	67.1	<LOQ-81.9	<LOQ -	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2.00	3.72	5.53 [4.41-13.1]
Sexe												
Femmes	146	1.00	25.8	74.2	<LOQ-81.9	<LOQ -	<LOQ	<LOQ	<LOQ	2.00	3.72	4.36 [3.96-13.4]
Hommes	140	1.00	40.4	59.6	<LOQ-45.6	<LOQ -	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.90	3.62	8.08 [5.33-21.2]

Annexe 6 suite

oxo-MINCH												
	N TOT	**LOQ** µg/l	**N>LOQ** %	**N<LOQ** %	**min-max** µg/g creat.	**MG [95%CI]** µg/g creat.	**P5** µg/g creat.	**P25** µg/g creat.	**P50** µg/g creat.	**P75** µg/g creat.	**P90** µg/g creat.	**P95 [95%CI]** µg/g creat.
Tous (40-59 ans)												
	286	1.00	21.9	78.1	<LOQ-248.3	<LOQ -	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	3.75	6.65 [4.73-14.2]
Sexe												
Femmes	146	1.00	14.6	85.4	<LOQ-248.3	<LOQ -	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	3.66	4.62 [3.76-11.3]
Hommes	140	1.00	76.6	23.4	<LOQ-82.7	1.09 [0.90-1.32]	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1.89	4.91	12.0 [6.32-25.7]

[3] 6 participants ont été exclus des statistiques descriptives : 5 en raison de leur créatininurie très faible (<0.1 g/L), et 1 pour lequel le volume d'urine était insuffisant pour faire le dosage de la créatinine