



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI

Office fédéral de la santé publique OFSP
Unité de direction Protection de la santé GZ

Août 2023

Phase pilote de l'étude suisse sur la santé

Résultats de la biosurveillance humaine (Human biomonitoring HBM)



Pour moi. Pour tous.
Étude suisse sur la santé

Table des matières

1. Contexte	4
1.1 Substances sélectionnées.....	4
1.1.1 Métaux	4
1.1.2 Composés per- et polyfluoroalkylés (PFAS).....	5
1.1.3 Glyphosate	5
1.2 Portée des résultats et évaluations prévues	6
1.3 Risques pour la santé liés aux substances chimiques	6
2. Evaluation comparative des résultats	8
2.1 Métaux et autres éléments	8
2.2 Les substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS).....	11
2.3 Glyphosate.....	13
3. Conclusion.....	15
Annexe 1 : Résultats quantitatifs d'analyse des éléments avec taux de détection supérieur à 50% ...	16
Annexe 2 : Liste des PFAS analysés avec taux de détection	17

Résumé

Dans le cadre de l'Etude suisse sur la santé - phase pilote, une biosurveillance humaine (HBM) a été réalisée auprès de 789 adultes (âgés de 20 à 69 ans) en bonne santé résidant dans les cantons de Berne ou de Vaud. Plusieurs substances ont été mesurées dans le sang et l'urine des participants. Les substances analysées ont été sélectionnées sur la base de différents critères, notamment l'intérêt public, la pertinence pour la santé et les aspects méthodologiques. Les substances choisies sont les métaux plomb et mercure ainsi que d'autres éléments, une sélection de substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) et le glyphosate (produit phytosanitaire).

L'exposition de la population des deux cantons suisses déterminée via HBM à ces substances se situe dans le même ordre de grandeur que dans les autres pays européens. Comme dans d'autres pays, l'exposition à l'acide perfluorooctane sulfonique (PFOS) s'avère préoccupante pour la santé, puisque 3,6% des participants sont exposés à des concentrations dépassant la valeur seuil fixée pour les PFOS. Cette substance de la famille des PFAS fait l'objet d'une interdiction dans l'UE et en Suisse, depuis plus de 10 ans, sauf quelques exceptions, mais elle est toujours présente dans l'environnement et dans le corps humain en raison de sa longue durée de vie et de sa grande mobilité.

Actuellement, les plus hautes concentrations de substances mesurées dans le sang ou l'urine sont comparées avec les données collectées sur les habitudes alimentaires et d'autres composantes du comportement, afin d'explorer les sources potentielles d'exposition particulièrement pertinentes. De telles informations sont importantes pour proposer et mettre en œuvre des mesures efficaces de réduction des risques. Les données collectées de HBM sont représentatives des cantons concernés, mais pas nécessairement de l'ensemble de la Suisse. Dans le cadre d'une étude à long terme avec des participants en bonne santé, des valeurs de référence HBM pourraient être établies pour l'ensemble de la Suisse, afin de gérer efficacement la protection de la santé au niveau national. En outre, une telle étude à long terme pourrait établir un lien entre l'exposition aux produits chimiques et la prévalence des pathologies à condition que le nombre de participants soit suffisamment élevé.

1. Contexte

En mai 2017, le Conseil fédéral a chargé l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) de réaliser une étude pilote afin d'étudier la faisabilité d'une étude à long terme représentative de la population suisse auprès de participants en bonne santé¹. Cette étude pilote, l'étude sur la santé – phase pilote², a été conçue et réalisée en collaboration avec la Swiss Biobanking Platform (SBP), Unisanté, l'Institute of Social and Preventive Medicine (ISPM) de l'Université de Berne et l'Institut tropical et de santé publique suisse (Swiss TPH). Dans le cadre de cette étude, des échantillons de sang et d'urine ont été collectés auprès de 789 participants en bonne santé et analysés afin de détecter différentes substances chimiques connues comme étant des polluants environnementaux. En juin 2023, un rapport intermédiaire a été présenté au Conseil fédéral, contenant notamment déjà quelques résultats de l'étude pilote³. Le rapport succinct présenté ici a pour but de communiquer les résultats analytiques disponibles sur la biosurveillance humaine des substances sélectionnées pour la phase pilote.

Plusieurs critères ont été pris en considération lors de la sélection des substances analysées dans le cadre de l'étude pilote : la pertinence pour la santé de la population et l'intérêt public ont joué un rôle important. En outre, des considérations méthodologiques telles que la disponibilité et la qualité des méthodes d'analyse, les coûts d'analyse, les sources d'exposition et les propriétés des substances ont également été prises en compte dans la décision.

1.1 Substances sélectionnées

1.1.1 Métaux

Les métaux émis dans l'environnement, tels que le plomb ou le mercure, ont des effets indésirables sur la santé, en fonction du niveau d'exposition. Le plomb provoque des dommages au système nerveux, en particulier durant la phase de développement du corps humain⁴. Le mercure est présent dans l'environnement sous différentes formes, dont les effets sur la santé sont variables : le mercure élémentaire agit sur le système nerveux central et sur les reins. La forme la plus préoccupante sur le plan toxicologique est cependant une forme organique, le méthyl mercure qui, comme le plomb, endommage le système nerveux au cours du développement humain⁵. L'exposition de la population au plomb et au mercure se fait principalement par le biais de la consommation de denrées alimentaires. Plus exceptionnellement, l'exposition à certaines substances peut également se produire sur le lieu de travail, par exemple lorsque des matériaux contenant du plomb ou du mercure sont manipulés dans le cadre d'une activité professionnelle ou lorsque ces substances sont utilisées ou libérées dans des processus industriels ou commerciaux.

¹ https://www.bag.admin.ch/dam/bag/fr/dokumente/chem/chemikalien-alltag/Biosurveillance%20humaine%20en%20Suisse.pdf.download.pdf/201706_HBMcohort_Bericht.pdf

² <https://www.etude-sur-la-sante.ch/>

³ <https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/chemikalien/chemikalien-im-alltag/human-biomonitoring/human-biomonitoring-projekte-in-der-schweiz.html>

⁴ <https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/chemikalien/chemikalien-a-z/blei.html>

⁵ <https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/chemikalien/chemikalien-a-z/quecksilber.html>

Pour l'étude pilote, le plomb (Pb), le mercure (Hg) et 23 autres éléments chimiques (dont l'arsenic (As) et le cadmium (Cd)) ont été analysés dans des échantillons de sang (sang total) par le Centre Universitaire Romand de Médecine Légale (CURML).

1.1.2 Composés per- et polyfluoroalkylés (PFAS)

Les PFAS sont abondamment utilisés depuis les années 1950 (p. ex. dans les mousses anti-incendie, les emballages alimentaires, le fart de ski, les fluides de refroidissement, les textiles) et sont très stables. Certains PFAS s'accumulent dans le corps humain et certains d'entre eux (par exemple l'acide perfluorooctane sulfonique PFOS et l'acide perfluorooctanoïque PFOA) sont également connus pour avoir des effets nocifs sur la santé. Cependant, les connaissances sur de nombreux PFAS sont encore très lacunaires. Les évaluations des risques menées par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA)⁶ et l'Institut fédéral allemand d'évaluation des risques (BfR)⁷ ont mis en évidence un lien entre les niveaux de PFAS dans le sang des enfants et une diminution de la concentration d'anticorps après une vaccination, et par conséquent de l'efficacité de celle-ci. En outre, les deux organisations soulignent d'autres effets négatifs possibles sur la santé liés à des concentrations élevées de PFAS dans le sang, par exemple sur le foie, les reins ou sur le poids à la naissance.

Comme les PFAS se dégradent très lentement, voire pas du tout dans l'environnement, ils se retrouvent donc également dans les denrées alimentaires⁸. Par ailleurs, en raison de leurs propriétés antisalissures, les PFAS sont utilisés par exemple dans les textiles et les meubles rembourrés, de sorte qu'ils peuvent être présents dans les intérieurs meublés et être ainsi absorbés par les occupants via la poussière domestique ou l'air.

Pour l'étude pilote, les PFAS ont été analysés dans les échantillons de sang (sérum sanguin) par l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV).⁹

1.1.3 Glyphosate

Le glyphosate est un produit phytosanitaire fréquemment et largement utilisé, qui est rapidement dégradé par le corps humain et excrété par les urines. Selon l'évaluation des risques réalisée par l'EFSA, le glyphosate présente une toxicité aiguë faible, n'est pas génotoxique ni cancérigène¹⁰. Cette évaluation est partagée par d'autres autorités et organismes internationaux tels que l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA), l'Agence américaine de protection de l'environnement (US EPA), l'Agence canadienne de la santé (Santé Canada) et la Réunion conjointe FAO/OMS sur les résidus de pesticides (JMPR), selon l'Agence fédérale allemande de l'environnement (UBA), 2023¹¹. En revanche, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé le glyphosate comme "probablement cancérigène pour l'homme"

⁶ <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2020.6223>

⁷ <https://www.bfr.bund.de/cm/343/pfas-in-lebensmitteln-bfr-bestaetigt-kritische-exposition-gegenueber-industriechemikalien.pdf>

⁸ <https://www.blv.admin.ch/blv/de/home/lebensmittel-und-ernaehrung/lebensmittelsicherheit/stoffe-im-fokus/kontaminanten/per-und-polyfluorierte-alkylverbindungen-pfas.html>

⁹ Le laboratoire de l'OSAV a été repris par METAS en janvier 2023.

¹⁰ https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/2023-07/glyphosate_factsheet.pdf

¹¹ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/uug_02-2023_deutsche_umweltstudie_zur_gesundheit_von_kindern_und_jugendlichen_2014-2017.pdf

(groupe 2A) en 2015¹². Selon l'UBA (2023), ces divergences sont en partie dues à des bases d'évaluation différentes. Actuellement, une réévaluation de la substance active est en cours au niveau européen.

Il n'existe actuellement que peu de données sur l'exposition humaine en Suisse¹³. L'exposition des consommateurs se fait principalement par le biais de denrées alimentaires telles que par exemple les légumineuses, les pâtes ou les céréales pour petit-déjeuner.

Le glyphosate et son métabolite, l'acide aminométhylphosphonique (AMPA), ont été analysés lors de la phase pilote dans des échantillons urinaires. Les analyses ont été réalisées par l'OSAV.

1.2 Portée des résultats et évaluations prévues

L'étude pilote a été menée dans deux cantons, Berne et Vaud, auprès d'adultes âgés de 20 à 69 ans en bonne santé. Les participants ont été sélectionnés de manière aléatoire - de manière représentative pour les deux cantons en termes d'âge et de sexe – et invités par écrit. En définitive, 14% des personnes sélectionnées de manière aléatoire ont décidé de participer.

Les résultats des analyses chimiques sont en cours d'évaluation. Il s'agit notamment d'essayer de relier les concentrations de substances mesurées dans les fluides corporels (sang et urine) à des sources d'exposition spécifiques telles que l'alimentation, les cosmétiques, les produits d'entretien ménager ou encore les expositions professionnelles. En outre, des valeurs de référence doivent être établies, reflétant une exposition moyenne de la population dans les cantons participants, et pouvant servir de valeurs de comparaison ("valeurs normales").

Ces analyses sont destinées à être publiées de manière exhaustive dans des revues scientifiques. Les résultats de l'analyse sont présentés ici à titre informatif sous forme résumée et comparative.

1.3 Risques pour la santé liés aux substances chimiques

Pour déterminer si une exposition à des produits chimiques est préoccupante pour la santé humaine, il est nécessaire de la comparer à une valeur seuil. Cette valeur seuil est déterminée sur la base de la toxicité d'une substance chimique. Cette comparaison permet ensuite de déterminer si la quantité de substance présente dans l'organisme constitue, en l'état actuel des connaissances, un risque pour la santé. Lorsque cela était possible, les concentrations de substances mesurées par HBM ont été comparées dans le chapitre 2 à des valeurs seuils pour la santé spécifiquement établies. En l'absence de tels seuils pour le glyphosate, les concentrations de la substance mesurées par HBM ont été converties en dose journalière et cette valeur a été comparée à une dose journalière admissible (ADI).

En se basant sur des études toxicologiques et épidémiologiques, l'UBA a déterminé deux types de valeurs seuils, les valeurs HBM-I et HBM-II, particulièrement bien adaptées à l'évaluation des résultats de biosurveillance humaine (HBM)¹⁴. Si des valeurs HBM-I et HBM-II existent pour une substance, celles-ci ont été utilisées pour la comparaison.

¹² <https://publications.iarc.fr/549>

¹³ <https://www.blv.admin.ch/blv/fr/home/lebensmittel-und-ernaehrung/lebensmittelsicherheit/stoffe-im-fokus/pflanzenschutzmittel/glyphosat.html>

¹⁴ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/kommission-human-biomonitoring/beurteilungswerte-der-hbm-kommission>

- La valeur HBM-I d'une substance est considérée comme une valeur d'alerte au-dessous de laquelle aucune conséquence pour la santé n'est attendue. Les valeurs inférieures à la valeur HBM-I peuvent donc être considérées comme sans risque.
- La valeur HBM-II indique le seuil des effets potentiels sur la santé. Des niveaux supérieurs à cette valeur sont donc considérés comme potentiellement préoccupants.

Lorsque les valeurs HBM-I et HBM-II n'étaient pas disponibles, les seuils dérivés par Santé Canada sur la base d'études toxicologiques ont été utilisés pour évaluer les concentrations de substances HBM mesurées au niveau de la population : les équivalents de biosurveillance BE et BE_{POD}¹⁵. Contrairement aux valeurs HBM-I et HBM-II, ces valeurs n'ont pas été obtenues à partir d'études épidémiologiques. De ce fait, elles sont plus appropriées pour donner des indications sur l'ensemble d'un groupe de population que pour servir de valeur de comparaison avec des résultats individuels.

- En dessous du BE, le risque pour l'homme est négligeable.
- entre le BE et le BE_{POD}, un risque modéré peut exister et
- au-dessus de la BE_{POD}, le risque est accru.

¹⁵ <https://www.canada.ca/fr/services/sante/publications/science-recherche-et-donnees/equivalents-biosurveillance-outil-evaluation-donnees-echelle-population.html>

2. Evaluation comparative des résultats

Les résultats quantitatifs ne sont fournis que pour les substances qui ont été détectées chez plus de la moitié des participants, c'est-à-dire qui ont un taux de détection $\geq 50\%$ (voir tableaux 1, 4 et 6). Pour chaque substance analysée, le taux de détection, la moyenne arithmétique, la médiane et le 95e percentile sont indiqués. La moyenne arithmétique et la médiane indiquent des niveaux d'exposition moyens, tandis que le 95e percentile (P95) indique des niveaux d'exposition élevés (seuls 5 % des échantillons analysés étant à des niveaux supérieurs).

Pour les échantillons dont les concentrations sont inférieures à la limite de quantification¹⁶, une valeur égale à la limite de quantification divisée par la racine carrée de 2 a été attribuée pour la détermination de la moyenne arithmétique et du 95e centile¹⁷.

2.1 Métaux et autres éléments

Des métaux préoccupants pour la santé ont été quantifiés dans les échantillons de sang total par spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS). Cette méthode a permis d'analyser simultanément un total de 25 métaux et éléments. Néanmoins, tous n'ont pas fourni des résultats suffisamment robustes pour déduire des valeurs quantitatives. Pour 11 des éléments analysés, la quantification a été validée, il n'y a pas eu de contamination lors de l'échantillonnage ou en raison de la méthode d'analyse et le taux de détection a été supérieur à 50%. Ces éléments sont listés dans l'annexe 1 avec leurs limites de quantification correspondantes, inférieures d'au moins d'un facteur 10 aux seuils sanitaires, lorsqu'ils existent.

Les résultats d'analyse obtenus pour les éléments particulièrement préoccupants pour la santé, à savoir le mercure, l'arsenic, le cadmium et le plomb sont présentés dans le tableau 1. Pour le cadmium, en plus des valeurs mesurées pour tous les participants, les valeurs mesurées pour les non-fumeurs ont également été indiquées, les fumeurs étant davantage exposés en raison de leur consommation de tabac¹⁸.

Tableau 1 : Concentrations en mercure, arsenic, cadmium, et plomb, mesurées dans les échantillons de sang total

Substance	Abréviation	Taux de détection [%]	Moyenne arith. [ng/mL]	Médiane [ng/mL]	P95 [ng/mL]
Mercure	Hg	85	1,3	0,9	3,6
Arsenic	As	76	1,2	0,5	4,8
Cadmium	Cd	97	0,4	0,3	1,3
Cadmium <i>non-fumeurs</i>	Cd	97	0,3	0,3	0,7
Plomb	Pb	99	16	13	37

¹⁶ La limite de quantification est la concentration la plus faible qui peut être déterminée quantitativement avec une précision acceptable pour une substance.

¹⁷ Pérez-Gómez *et al.*, 2013, <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1320-3>

¹⁸ Saravanabhavan *et al.*, 2017, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.10.006>

Dans la figure 1, les résultats d'analyse de l'étude pilote suisse, à partir desquels des valeurs de référence sont actuellement dérivées, sont comparés avec les valeurs de référence déjà existantes dans d'autres pays. Seules les valeurs de référence avec des critères d'inclusion comparables sont présentées, notamment les participants non-fumeurs dans le cas du cadmium. Les résultats d'analyse présentés pour le mercure, l'arsenic, le cadmium et le plomb dans le sang montrent que l'exposition de la population dans les cantons pilotes se situe dans le même ordre de grandeur que celle des pays voisins^{19, 20, 21, 22, 23} (figure 1).

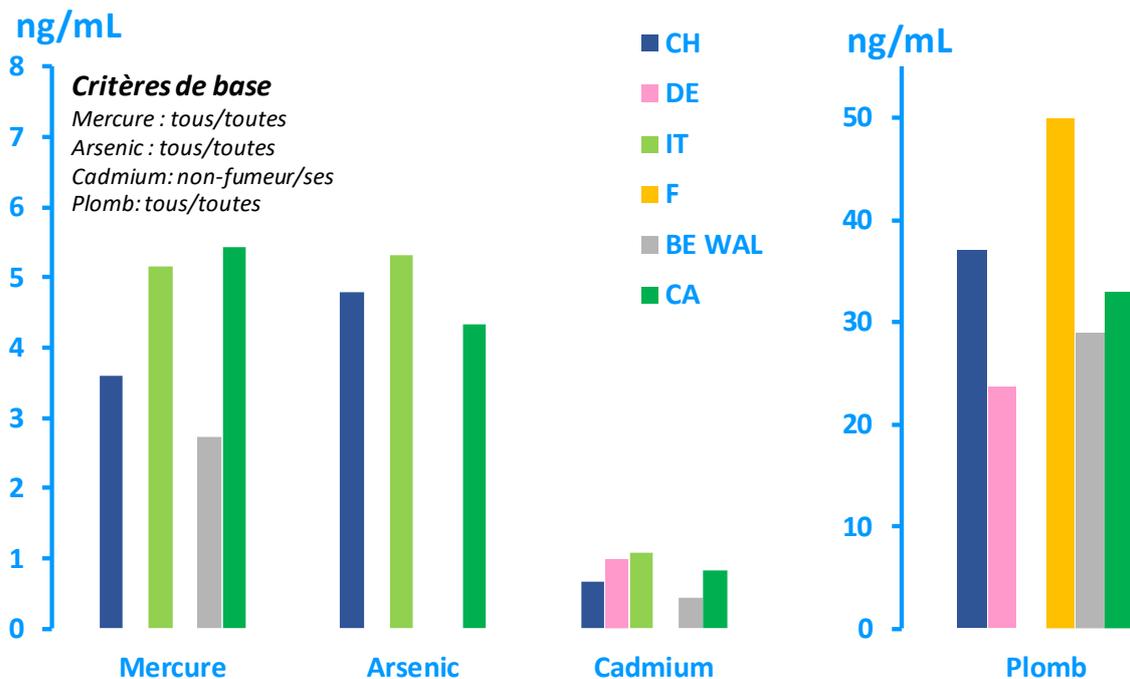


Figure 1 : Concentrations P95 en mercure, arsenic, cadmium et plomb dans le sang total mesurés dans le cadre de l'étude pilote (CH) en comparaison avec les valeurs correspondantes P95 pour l'Allemagne (DE), l'Italie (IT), la France (F), la Belgique Wallonie (BE WAL) et le Canada (CA)

Le tableau 2 établit une comparaison entre le mercure et les valeurs seuils pour la santé, les valeurs HBM-I et HBM-II²⁴. Celles-ci ont été établies sur la base du méthyl mercure, à savoir la forme la plus préoccupante du mercure du point de vue toxicologique²⁵.

¹⁹ Lermen *et al*, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113665>

²⁰ Saravanabhavan *et al.*, 2017, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.10.006>

²¹ Oleko *et al*, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113630>

²² Jacques *et al*, 2021, <https://www.issep.be/wp-content/uploads/Rapport-valeur-de-referance-Siensano-ISSeP.pdf>

²³ AFN, 2013, First Nations Biomonitoring Initiative: National Results 2011, <http://www.afn.ca>

²⁴ Human-Biomonitoring (HBM)-Werte, abgeleitet von der Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes, Stand März 2020

²⁵ Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes» (1999), <https://link.springer.com/article/10.1007/s001030050148>

Tableau 2 : Mercure dans le sang total : comparaison de la médiane et P95 de l'étude pilote suisse avec les valeurs HBM-I et HBM-II²⁶

Substance	Médiane [ng/mL]	P95 [ng/mL]	HBM-I [ng/mL]	HBM-II [ng/mL]	Echantillons supérieurs à HBM-II [%]
Mercure	0,9	3,6	5	15	0,4

Pour le mercure, les valeurs mesurées auprès de la population des cantons pilotes s'avèrent peu préoccupantes, avec toutefois trois valeurs sur 768 dépassant le seuil HBM-II.

Pour les autres métaux, il n'existe pas de seuils HBM-I et HBM-II correspondants pour le sang. Pour le cadmium, des équivalents de biosurveillance (BE) ont été établis et peuvent être utilisés comme alternative pour l'évaluation (tableau 3).

Tableau 3 : Cadmium dans le sang total : comparaison de la médiane et P95 de l'étude pilote suisse avec les valeurs d'équivalent de biosurveillance²⁷

Substance	Médiane [ng/mL]	P95 [ng/mL]	BE [ng/mL]	BE _{POD} [ng/mL]	Echantillons supérieurs à BE [%]	Echantillons supérieurs à BE _{POD} [%]
Cadmium (n=768)	0,3	1,3	1,7	5,3	3,1	0,0
Cadmium, non- fumeurs (n=678)	0,3	0,7	1,7	5,3	0,3	0,0

Pour le cadmium, on constate que 3,1 % des participants (24 participants sur 768) dépassent le BE dans le sang. Comme attendu, ce pourcentage est plus faible pour le sous-groupe des non-fumeurs, moins exposés au cadmium. Chez les non-fumeurs, seuls 0,3% (2 participants sur 678) dépassent le BE. La valeur supérieure BE_{POD}, fixée à 5,3 ng/mL de cadmium, n'est dépassée ni par la population générale ni par le sous-groupe de non-fumeurs. Le risque pour la santé peut donc être considéré comme faible pour la majorité des participants à l'étude pilote.

²⁶ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/kommission-human-biomonitoring/beurteilungswerte-der-hbm-kommission>

²⁷ Hays *et al.*, 2008, <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2008.05.008>

2.2 Les substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS)

Le groupe des PFAS comprend plusieurs milliers de substances chimiques différentes, utilisées dans différentes applications et compositions. Le choix des substances analysées s'est basé sur la recommandation de l'UE concernant le contrôle des PFAS dans les denrées alimentaires (Commission européenne UE 2022/1431²⁸). La liste exhaustive des 30 substances de la famille des PFAS analysées figure dans l'annexe 2.

L'analyse quantitative des 30 PFAS sélectionnés a été réalisée par chromatographie liquide couplée à un spectromètre de masse triple quadripôle (LC-MS/MS) précédée d'une préparation d'échantillon spécifique. La limite de quantification de toutes les substances était 0,1 ng/mL. Les résultats d'analyse obtenus pour les 7 PFAS, qui ont été quantifiés dans plus de la moitié des échantillons, sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Concentrations en PFAS mesurées dans les échantillons de sérum sanguin (taux de détection >50%)

Substance	Acronyme (en anglais)	CAS-Nr.	Taux de détection* [%]	Moyenne arith. [ng/mL]	Médiane [ng/mL]	P95 [ng/mL]
Acide perfluoro-octanoïque	PFOA	335-67-1	100	1,5	1,3	3,2
Acide perfluoro-nonanoïque	PFNA	375-95-1	99,6	0,5	0,4	0,9
Acide perfluoro-decanoïque	PFDA	335-76-2	90,9	0,3	0,2	0,7
Acide perfluoro-undecanoïque	PFUnDA	2058-94-8	51,2	0,1	0,1	0,3
Acide perfluorohexane sulfonique	PFHxS	355-46-4	100	1,4	1,2	2,5
Acide perfluoroheptane sulfonique	PFHpS	375-92-8	87,9	0,2	0,2	0,5
Acide perfluorooctane sulfonique (linéaire + ramifié)	Somme PFOS	n.a.	100	7,8	6,1	18,8

*Limite de quantification: 0,1 ng/mL

Les PFOA, PFHxS et PFOS ont été détectés dans tous les échantillons de sérum sanguin mesurés. Ce sont également les composés pour lesquels les médianes les plus élevées ont été mesurées : 6,1 ng/mL de PFOS, 1,2 ng/mL de PFHxS, et 1,3 ng/mL de PFOA. En outre, le PFNA et le PFDA ont été mesurés à des concentrations quantifiables dans plus de 90% des échantillons. Le PFOS et le PFOA sont parmi les PFAS les plus étudiés. Leur utilisation est soumise à de sévères restrictions dans l'UE et en Suisse²⁹. Cependant, en raison de la longévité de ces substances, on les trouve encore dans l'environnement et chez l'homme.

²⁸ Official Journal of the European Union, L 221, 26 August 2022

²⁹ <https://www.oecd.org/chemicalsafety/portal-perfluorinated-chemicals/countryinformation/european-union.htm>

Les concentrations de PFAS mesurées dans la présente étude se révèlent globalement comparables à celles relevées dans des études similaires menées en Europe et au Canada^{30, 31, 32, 33, 34, 35}.

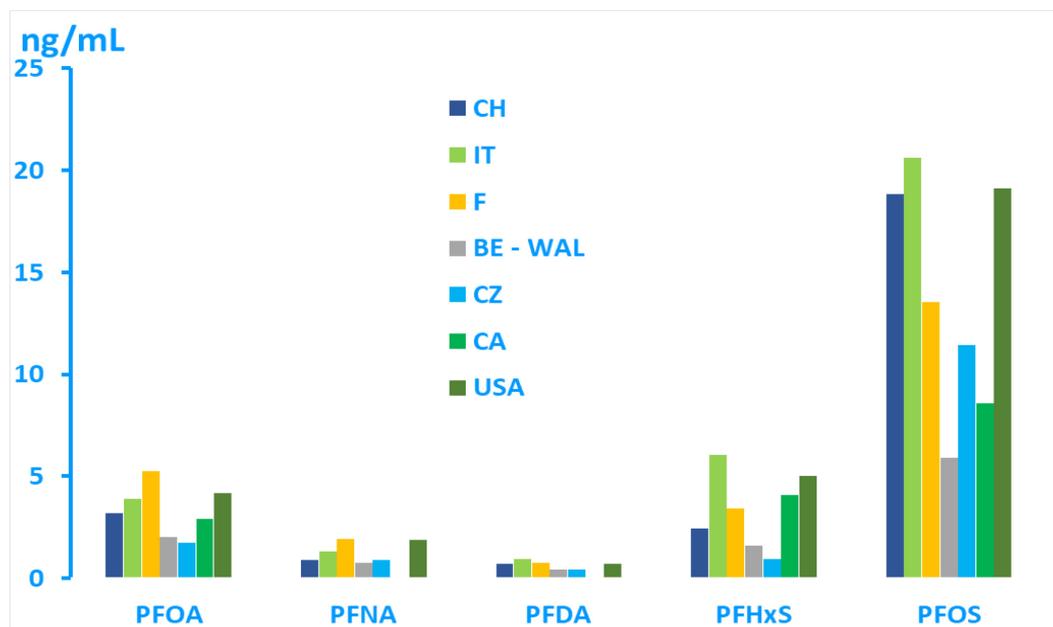


Figure 2 : Concentrations P95 en PFAS dans le sérum sanguin de l'étude pilote (CH) en comparaison avec les valeurs correspondantes P95 pour l'Italie (IT), la France (F), la Belgique Wallonie (BE WAL), la Tchèque (CZ), le Canada (CA) et les Etats-Unis d'Amérique (USA)

Le tableau 4 montre, pour le PFOS et le PFOA, la comparaison avec les valeurs seuils pertinentes pour la santé, la valeur HBM-I et la valeur HBM-II pour la population générale³⁶. Il n'existe pas de valeurs seuils correspondantes pour les autres PFAS.

Tableau 5 : PFOA et PFOS dans le sérum : comparaison de la médiane et P95 de l'étude pilote suisse avec les valeurs HBM-I et HBM-II

Substance	Médiane [ng/mL]	P95 [ng/mL]	HBM-I [ng/mL]	HBM-II [ng/mL]	Echantillons supérieurs à HBM-II [%]
PFOA	1,3	3,2	2	10	0
PFOS	6,1	18,8	5	20	3,6

³⁰ Ingelido *et al*, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105435>

³¹ Fillol *et al*, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106340>

³² Charlier *et al*, 2022, Programme de biomonitoring humain wallon BMH-WAL, <https://www.issep.be/bmh-wal/>

³³ National Institute of Public Health, 2021, https://szu.cz/wpcontent/uploads/2022/12/SZU_Report_2021.pdf

³⁴ U.S. Department of Health and Human Services CDC, 2019, <https://doi.org/10.15620/cdc75822>

³⁵ Health Canada, 2021, Sixth report on human biomonitoring of environmental chemicals in Canada

³⁶ Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (2020), <https://doi.org/10.1007/s00103-020-03101-2>. Comme le plasma sanguin et le sérum ne diffèrent que par la présence de facteurs de coagulation, les valeurs de référence pour le plasma humain peuvent également être utilisées pour les échantillons de sérum de la présente étude.

En ce qui concerne le PFOA, les valeurs mesurées en Suisse s'avèrent peu préoccupantes, contrairement au PFOS, dont les teneurs dans le sang de 3,6% des participants à l'étude sont supérieures à la valeur HBM-II. Au-delà de cette valeur, des effets sur la santé sont possibles. Les hommes sont davantage exposés que les femmes : 4,9% des hommes contre 2,5% des femmes présentent des valeurs supérieures à la valeur HBM-II. Cette différence est probablement due à l'excrétion régulière de PFAS par le sang menstruel³⁷. Les sources d'exposition les plus probables sont actuellement étudiées pour les participants les plus exposés.

2.3 Glyphosate

Dans le corps humain, le glyphosate est dégradé à un maximum de 0,3% en son métabolite, l'acide aminométhylphosphonique (AMPA)³⁸. Aussi les deux substances ont-elles été dosées dans l'urine. L'AMPA n'est pas seulement produit par la dégradation du glyphosate dans l'organisme, mais il peut également être directement absorbé.

Dans l'étude pilote, les participants ont fourni un seul échantillon d'urine à un moment donné (spots urinaires). Bien que ces échantillons ponctuels soient utiles pour fournir une première indication de l'exposition, ils ne permettent pas de tirer des conclusions sur les sources d'exposition en raison de la rapidité avec laquelle le glyphosate est éliminé de l'organisme. Pour une évaluation plus précise, il serait nécessaire de collecter et d'analyser l'urine sur 24 heures ou d'analyser la première urine du matin et de la corriger en fonction du taux de créatinine urinaire³⁹.

L'analyse quantitative du glyphosate et du métabolite AMPA a été réalisée par chromatographie liquide couplée avec un spectromètre de masse tandem (LC-MS/MS)⁴⁰. Les limites de quantification pour le glyphosate et AMPA sont respectivement de 0,05 et 0,1 ng/mL dans les échantillons d'urine. Le tableau 6 présente les résultats. En plus des valeurs mesurées directement, la valeur P95 des échantillons est également indiquée après normalisation par la teneur en créatinine urinaire des échantillons.

Tableau 6 : Concentrations en glyphosate et AMPA mesurées dans les échantillons de spots urinaires

Substance	Acronyme	CAS-Nr.	Taux de détection [%]	Médiane [ng/mL]	P95 [ng/mL]	P95 [ng/mg _{crea}]
Glyphosate	GLY	1071-83-6	19	<0,05	0,11	0,18
Acide aminométhyl phosphonique	AMPA	1066-51-9	13	<0,1	0,2	0,35

³⁷ Upson *et al.*, 2022, <https://doi.org/10.1007/s40572-022-00332-0>

³⁸ EFSA, 2015, <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4302>

³⁹ Conrad *et al.*, 2017, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.09.016>

⁴⁰ Zoller *et al.* 2020, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113526>

Au total, les concentrations quantifiables de glyphosate et/ou d'AMPA n'ont été mesurées que dans 19% et 13% des 783 échantillons analysés respectivement. Comme plus de 80% des échantillons analysés sont donc en dessous de la limite de quantification, il en résulte une valeur médiane également inférieure à la limite de quantification. Des études similaires menées dans d'autres pays européens aboutissent aux mêmes conclusions, avec des médianes inférieures au limite de quantification et des valeurs P95 du même ordre de grandeur⁴¹. L'étude suédoise, tout comme l'étude pilote suisse, a été réalisée avec des spots urinaires.⁴² L'étude menée dans le cadre du partenariat européen HBM4EU⁴³ est issue d'un collectif sélectionné de manière représentative pour le nord et l'ouest de l'Europe. Elle combine des études menées en Allemagne, en France, en Suisse et en Islande, portant sur des échantillons d'urine de 24 heures, d'urine du matin et de spots urinaires.

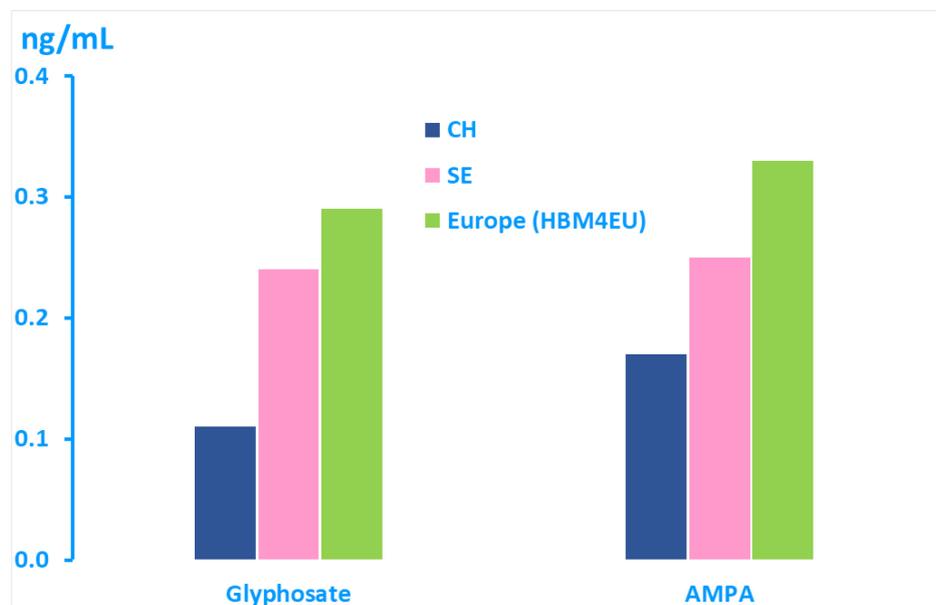


Figure 3 : Concentrations P95 en glyphosate et AMPA dans les urines (spots urinaires) de l'étude pilote (CH) en comparaison avec les valeurs correspondantes P95 pour la Suède (SE), et pour un collectif représentatif de l'Europe du nord et de l'ouest (Europa)

Il n'existe pas de valeurs seuils HBM pour le glyphosate. Afin de catégoriser les valeurs de glyphosate dans l'urine d'un point de vue toxicologique, la dose journalière absorbée a été calculée sur la base des valeurs P95 de la présente étude. Ainsi, des doses journalières absorbées respectivement de 0,00041 mg de glyphosate par kg de poids corporel pour les femmes et de 0,00045 mg de glyphosate par kg de poids corporel pour les hommes sont calculées pour les participants les plus exposés dans les cantons pilotes suisses⁴⁴. Ces quantités sont toutes deux bien inférieures à la dose journalière acceptable de 0,5 mg de glyphosate par kg de poids corporel (EFSA, 2015)⁴⁵, de sorte qu'aucun risque ne résulte de l'exposition.

⁴¹ Buekers *et al.*, 2022, <https://doi.org/10.3390/toxics10100552>

⁴² Faniband *et al.*, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113657>

⁴³ <https://www.hbm4eu.eu/>

⁴⁴ Quantité ingérée calculée à partir des concentrations de glyphosate normalisées par la créatinine urinaire en utilisant des valeurs moyennes de créatinine excrétée quotidiennement spécifiques au sexe (15,4 mmol/jour pour les hommes, 11,1 mmol/jour pour les femmes, Johner *et al.*, 2015, <https://www.nature.com/articles/ejcn2015121>), en supposant une excrétion de 1% du glyphosate ingéré (Zoller *et al.*, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113526>)

⁴⁵ EFSA, 2015, https://www.efsa.europa.eu/sites/default/files/4302_glyphosate_complementary.pdf

3. Conclusion

Pour les substances étudiées dans le cadre de la phase pilote de l'Etude suisse sur la santé, le HBM fournit pour la première fois des données représentatives de l'exposition de la population suisse dans les cantons pilotes. Ces données sont actuellement utilisées pour établir des valeurs de référence pour les cantons pilotes. Ces valeurs de référence représentent l'exposition habituelle de la population générale adulte et peuvent ainsi servir à la comparaison avec des expositions inhabituelles (par exemple, en cas d'exposition sur le lieu de travail ou d'augmentation de la pollution environnementale). De plus, les sources d'exposition les plus probables sont actuellement étudiées pour les participants les plus exposés, afin que les autorités suisses puissent s'appuyer sur des données pertinentes pour la gestion des risques.

Les données de HBM collectées sont représentatives de la population âgée de 20 à 69 ans des cantons concernés, mais pas nécessairement de l'ensemble de la Suisse. Dans le cadre d'une étude nationale à long terme avec des participants en bonne santé, des valeurs de référence de HBM pourraient être établies pour d'autres cantons, d'autres tranches d'âge et pour l'ensemble de la Suisse, afin d'organiser efficacement la protection de la santé dans toute la Suisse. En outre, une telle étude à long terme pourrait permettre d'établir des liens entre l'exposition aux produits chimiques et la prévalence des maladies pour autant que le nombre de participants soit suffisamment élevé.

Annexe 1 : Résultats quantitatifs d'analyse des éléments avec taux de détection supérieur à 50%

Élément	Abréviation	Limite de quantification [ng/mL]	Taux de détection [%]	Moyenne arith. [ng/mL]	Médiane [ng/mL]	P95 [ng/mL]
Arsenic	As	0,1	76	1,2	0,5	4,8
Cadmium	Cd	0,1	97	0,4	0,3	1,3
Cobalt	Co	0,04	99	0,1	0,1	0,4
Chrome	Cr	0,1	88	0,3	0,3	0,8
Cuivre	Cu	10	100	824	800	1076
Mercure	Hg	0,2	85	1,3	0,9	3,6
Manganèse	Mn	0,6	100	8,5	8,1	12,6
Molybdène	Mo	0,1	100	0,8	0,7	1,4
Plomb	Pb	0,5	99	16	13	37
Sélénium	Se	3	100	131	126	175
Zinc	Zn	3	100	6003	6007	7459

Annexe 2 : Liste des PFAS analysés avec taux de détection

En bleu : substances avec taux de détection supérieur à 50%

*Limite de quantification de toutes les substances ci-dessous: 0,1 ng/mL

Substance	Acronyme	CAS-Nr	Taux de détection* [%]
Acide perfluorobutanoïque	PFBA	375-22-4	1,2
Acide perfluoropentanoïque	PFPeA	2706-90-3	0,0
Acide perfluorohexanoïque	PFHxA	307-24-4	0,0
Acide perfluoroheptanoïque	PFHpA	375-85-9	1,4
Acide perfluorooctanoïque	PFOA	335-67-1	100
Acide perfluorononanoïque	PFNA	375-95-1	99,6
Acide perfluorodécanoïque	PFDA	335-76-2	90,9
Acide perfluoroundécanoïque	PFUnDA	2058-94-8	51,2
Acide perfluorododécanoïque	PFDoDA	307-55-1	2,1
Acide perfluorotridécanoïque	PFTrDA	72629-94-8	0,4
Acide perfluorotétradécanoïque	PFTeDA	376-06-7	0,0
Acide perfluorobutane sulfonique	PFBS	375-73-5	4,4
Acide perfluorohexane sulfonique	PFHxS	355-46-4	100
Acide perfluoroheptane sulfonique	PFHpS	375-92-8	87,9
Acide perfluorobutane sulfonique (somme linéaire + ramifié)	total PFOS	n.a.	100
Acide perfluoroundécane sulfonique	PFDS	335-77-3	0,0
Acide 2,3,3,3-tétrafluoro-2-(heptafluoropropoxy) propionique ; Acide dimère de l'oxyde d'hexafluoropropylène	HFPO-DA/ GenX	62037-80-3	0,0
Acide 4,8-dioxa-3H-perfluorononanoïque; acide 3H-perfluoro-3- [(3-methoxy-propoxy)propanoïque	ADONA	958445-44-8	0,0
Acide 1H,1H,2H,2H-perfluorooctanesulfonique ; acide 3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-tridécafluorooctanesulfonique	6:2 FTS	27619-97-2	0,3
Acide 1H,1H,2H,2H-perfluorodécanesulfonique	8:2 FTS	39108-34-4	0,0
Acide 9-chlorohexadécafluoro-3-oxanonane-1-sulfonique ; Acide 2-[(6-chlor-1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6-dodécafluorhexyl)-oxy]-1,1,2,2- tétrafluoroethanesulfonique	9Cl-PF3ONS/ 6:2 Cl-PFESA	n.a.	0,0
Perfluorooctane sulfonamide; 1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6,6 7,7,8,8,8-heptadécafluoro-1-octanesulfonamide	FOSA	754-91-6	0,0
N-méthylperfluorooctanesulfonamide; 1,1,2,2,3,3,4,4,5,5,6, 6,7,7,8,8,8-heptadécafluoro-N-méthyl-1-octanesulfonamide	MeFOSA	31506-32-8	0,0
N-éthylperfluoro-1-octanesulfonamide	EtFOSA	4151-50-2	0,0
Acide 2H-perfluoro-2-décenoïque; acide 3,4,4,5,5,6,6,7,7, 8,8,9,9,10,10,10-hexadécafluorodéc-2-énoïque	8:2 FTUCA/ FOUEA	70887-84-2	0,0
Acide N-méthylperfluorooctanesulfonamidoacétique	MeFOSAA	2355-31-9	4,8

Substance	Acronyme	CAS-Nr	Taux de détection* [%]
Acide N-éthylperfluorooctanesulfonamidoacétique	EtFOSAA	2991-50-6	0,4
Bis(1H, 1H, 2H, 2H-perfluorodécyl)phosphate ; bis(3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,9,9,10,10,10-heptafluorodecyl) hydrogen phosphate Bis (8 :2 fluorotéromère) phosphate	8:2 diPAP	678-41-1	0,0
N-(carboxyméthyl)-N,N-diméthyl-3-(1H,1H,2H,2H-perfluoro-1- octanesulfonamido)propan-1-yl	6:2 FTAB	34455-29-3	0,1
N-(3-(Diméthylamino)propyl)-3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8- tridecafluorooctanesulphonamide N-oxide	Capstone A	80475-32-7	0,0

Remerciements

Nous remercions les participants à l'Etude suisse sur la santé - phase pilote pour leur précieuse contribution, ainsi que les institutions partenaires (Swiss Biobanking Platform (SBP), Unisanté, Institute of Social and Preventive Medicine (ISPM) de l'université de Berne, SwissTPH) pour leur coopération. Nous remercions également l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et l'Office fédéral de la sécurité alimentaire et des affaires vétérinaires (OSAV) pour le financement des analyses, et finalement les institutions METAS et CURML pour la réalisation des analyses.