



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement des Innern EDI

Bundesamt für Gesundheit BAG
Direktionsbereich Gesundheitsschutz

Avril 2025

Phase Pilote de l'Étude Suisse sur la Santé

Evaluation des concentrations sanguines en plomb des femmes en âge de procréer et des voies d'exposition potentielles



Für mich. Für alle.
Schweizer Gesundheitsstudie

1. Contexte

Intitulé « Étude suisse sur la santé (SHes) – phase pilote », un projet pilote pour une cohorte nationale avec biomonitoring humain (HBM) a été mené en 2020-2021 auprès de 789 adultes en bonne santé, âgés de 20 à 69 ans, des cantons de Berne et de Vaud (Morand Bourqui et al., 2023). Diverses substances, dont le plomb, ont été analysées dans des échantillons de sang et d'urine prélevés auprès des participants. Les résultats du HBM ont été synthétisés pour l'ensemble des 789 participants dans un rapport (BAG, 2023).

Le présent rapport présente les concentrations de plomb dans le sang des femmes en âge de procréer (19 à 49 ans) et examine les facteurs influençant leur niveau d'exposition. Ce sous-groupe de la population suisse requiert une attention particulière, le plomb pouvant affecter le développement du système nerveux de l'enfant à naître. Les données recueillies auprès de ce groupe contribuent également, de manière plus générale, à une meilleure compréhension de l'exposition au plomb dans l'ensemble de la population suisse.

2. Exposition au plomb : Origine, expositions et effets sur la santé

Le plomb est un métal lourd toxique utilisé depuis des siècles dans divers secteurs industriels (ATSDR, 2020). En raison de sa persistance dans l'environnement, il peut contaminer durablement les sols, l'eau et l'air, constituant ainsi un risque important pour la santé humaine et les écosystèmes. Le plomb peut s'accumuler à long terme dans les sols et continuer d'agir comme vecteur de contamination, à moins que des mesures de décontamination soient mises en œuvre.

Historiquement, une part importante de la pollution au plomb provenait de l'essence contenant du plomb, qui a libéré ce métal dans l'environnement par les gaz d'échappement des véhicules. En Suisse, l'essence au plomb a été progressivement supprimée, jusqu'à son interdiction totale en 2000. De manière plus générale, l'usage du plomb a été restreint au fil du temps. Par exemple, l'entrée en vigueur de la loi sur les produits chimiques en 2006 a notamment entraîné l'interdiction de la mise sur le marché de peintures contenant du plomb.

Les effets du plomb sur la santé sont bien établis et montrent que même de faibles concentrations peuvent entraîner des conséquences graves. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), il n'existe pas de seuil d'exposition considéré comme « sûr » (CDC, 2024). Les fœtus et les jeunes enfants sont particulièrement vulnérables, car le plomb peut altérer le développement neurologique, entraînant des déficits cognitifs, des troubles du comportement et une baisse du quotient intellectuel (QI). Chez l'adulte, le plomb est associé à des problèmes cardiovasculaires, à une néphrotoxicité et à une toxicité pour la reproduction. En raison de cette reprotoxicité, la Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents (SUVA) a fixé une valeur biologique de tolérance (VBT) de 100 ng/ml de plomb dans le sang pour les femmes de moins de 45 ans (SUVA, s.d.). Lors de son introduction en 2005, cette valeur correspondait au percentile 95 (P95) de la population non exposée professionnellement (Pletscher et Liechti, 2007).

Une analyse de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA) a mis en évidence qu'une concentration sanguine de plomb de 12 µg/L (Benchmark Dose Level 1%, BMDL₀₁) est associée à une

réduction mesurable du QI de l'ordre de 1% chez les enfants. Chez les femmes enceintes, le plomb traverse la barrière placentaire avec une efficacité élevée : le rapport mère-fœtus est estimé à 0,9, ce qui signifie que 90% du plomb circulant dans le sang maternel est transmis au fœtus. Ce transfert important justifie l'établissement d'un seuil critique spécifique pour la toxicité neurodéveloppementale (« Developmental Neurotoxicity », DNT BMDL₀₁), fixé à 13 µg/L (ou 13 ng/mL) dans le sang maternel (EFSA, 2010).

Une fois absorbé, le plomb se lie à l'hémoglobine dans le sang et est distribué dans tout l'organisme. Sa demi-vie dans le sang est d'environ un mois (EFSA, 2010), ce qui signifie que les concentrations mesurées dans le sang reflètent principalement une exposition récente ou à court terme (EFSA, 2010).

L'absorption du plomb dans l'organisme varie selon l'âge. Chez l'adulte, environ 10 à 20% du plomb ingéré est absorbé et distribué dans l'organisme via la circulation sanguine, tandis que ce taux peut atteindre 40 à 50% chez les enfants (ATSDR, 2020). Une part importante du plomb absorbé est stockée dans le tissu osseux, où il peut persister pendant des décennies. Si la demi-vie du plomb dans le sang est d'environ un mois, elle peut atteindre jusqu'à 30 ans dans les os (ATSDR, 2020). Ce stockage osseux constitue une source d'exposition chronique, le plomb pouvant être remobilisé dans certaines conditions physiologiques, telles que la grossesse, l'allaitement ou des processus de déminéralisation osseuse comme l'ostéoporose (WHO, 2019). Par ailleurs, certaines carences en oligo-éléments essentiels tels que le calcium, le phosphate, le sélénium ou le zinc peuvent accroître l'absorption du plomb (EFSA, 2010). Enfin, la consommation d'alcool peut également favoriser l'absorption du plomb (Flora et al., 2012). Elle agit d'une part en augmentant la perméabilité de la muqueuse intestinale, facilitant ainsi le passage du plomb dans l'organisme (ATSDR, 2020), et d'autre part, elle peut entraîner des carences en minéraux, favorisant ensuite l'absorption du plomb (Butts et al., 2023).

Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), les principales sources d'exposition au plomb sont la consommation d'aliments et d'eau contaminés, ainsi que l'inhalation de particules en suspension issues des émissions industrielles, des poussières domestiques ou des sols contaminés (WHO, 2019).

3. Méthodes

Les analyses présentées dans ce rapport s'appuient sur les données de 269 femmes âgées de 19 à 49 ans, sélectionnées entre 2020 et 2021 dans le cadre de la phase pilote SHeS, sur la base d'un échantillon représentatif de la population des cantons de Vaud et Berne. Deux publications fournissent des informations détaillées sur la conception de l'étude, les caractéristiques de la population, les critères d'inclusion, les questionnaires utilisés ainsi que le protocole d'échantillonnage et d'analyse (Morand Bourqui et al., 2023; Bühler et al., 2024).

La concentration du plomb dans le sang a été déterminée à partir d'échantillons de sang total, à l'aide de la spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif (ICP-MS).

Afin d'examiner la relation entre les concentrations de plomb et divers facteurs, des analyses de corrélation univariées ont été menées pour les variables continues. Pour les variables catégorielles, des analyses de variance à un facteur (ANOVA), accompagnées de comparaisons multiples post-hoc (test de Tukey), ont été utilisées. L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé dans R (version 4.4.1), via RStudio, à l'aide du package EnvStats (version 3.0.0).

4. Résultats

4.1 Concentrations de plomb mesurées dans le sang et facteurs associés

Parmi les 269 femmes âgées de 19 à 49 ans (âge moyen : 34 ans) ayant participé à la phase pilote SHeS, la médiane des concentrations de plomb dans le sang s'élève à 10,3 ng/mL, avec une valeur au 95e percentile (P95) de 24,1 ng/mL. Figure 1 illustre la distribution de densité des concentrations mesurées. À l'exception de quelques valeurs extrêmes indiquant des niveaux plus élevés, la distribution suit une courbe log-normale.

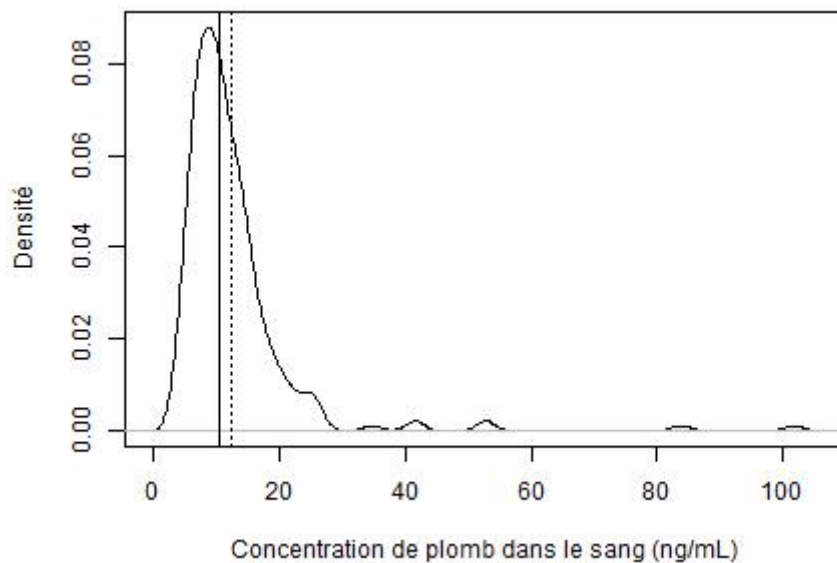


Figure 1: Distribution de la concentration de plomb dans le sang (ng/mL) chez les femmes en âge de procréer, tirée de la phase pilote de l'étude suisse sur la santé (n = 269). La moyenne arithmétique (12,4 ng/mL) est indiquée par une ligne pointillée, la médiane (10,3 ng/mL) par une ligne continue.

Comparée à l'ensemble des données sur les concentrations de plomb dans le sang des 789 participants à la phase pilote de l'étude SHeS (médiane : 13 ng/mL ; P95 : 37 ng/mL), la médiane observée chez les femmes en âge de procréer est légèrement inférieure (10,3 ng/mL). Cette différence s'explique très probablement par l'âge des personnes examinées. L'analyse globale des données a en effet mis en évidence une corrélation significative entre les concentrations sanguines de plomb et l'âge, mais uniquement à partir de 50 ans. Avant cet âge, aucune relation claire n'a été observée. Cette observation est cohérente avec les connaissances actuelles : avec l'avancée en âge, le plomb stocké dans les os peut être progressivement mobilisé et réintroduit dans la circulation sanguine.

Dans notre échantillon, une seule personne présente un taux supérieur à la valeur VBT de 100 ng/mL fixée par la SUVA. En revanche, chez 32% des femmes en âge de procréer, la concentration de plomb dans le sang était supérieure au seuil critique de 13 ng/mL, correspondant à la DNT BMDL₀₁ défini par l'EFSA.

L'analyse statistique révèle que la consommation d'alcool (p = 0,002) et de tabac (p = 0,005) sont les facteurs ayant le plus d'impact sur la concentration de plomb dans le sang au sein de l'échantillon étudié. De plus, les habitudes alimentaires ont été analysées, notamment la consommation de céréales (identifiées par l'EFSA comme le principal facteur d'exposition au plomb), ainsi que celle de produits d'origine animale tels que le lait, le fromage, le poisson et la viande, et de boissons contenant de la

caféine. Par ailleurs, plusieurs autres facteurs potentiellement liés à l'exposition au plomb ont été examinés, incluant l'âge, la distance par rapport aux routes principales, le revenu, les pratiques de jardinage, l'année de construction et l'emplacement des logements, les habitudes culinaires, les concentrations de phosphate et de fer dans le sang, l'activité physique, ainsi que l'exposition professionnelle potentielle. Aucun de ces facteurs n'a montré de corrélation statistiquement significative avec la concentration de plomb dans le sang. Aucune différence significative n'a été observée entre les cantons de Berne et de Vaud.

La figure 2 présente des boxplots illustrant les concentrations de plomb dans le sang en fonction de la consommation de tabac. Les femmes n'ayant jamais fumé (groupe b) présentent les concentrations de plomb dans le sang les plus faibles (médiane : 9,3 ng/mL), et constituent le groupe le plus important (n = 162). Ce groupe se distingue de manière statistiquement significative ($p = 0,005$) des participantes fumeuses (groupe a), qui présentent les concentrations de plomb dans le sang les plus élevées (médiane : 13 ng/mL, n = 50). La médiane des participantes ex-fumeuses (groupe ab) se situe entre les deux autres groupes (médiane : 12 ng/mL, n = 57), mais ne présente pas de différence statistiquement significative ni avec les fumeuses, ni avec les non-fumeuses.

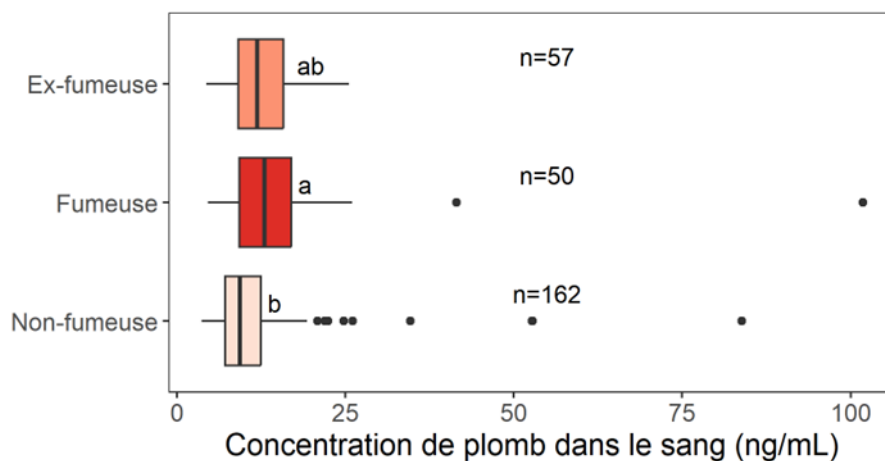


Figure 2: Boxplots des concentrations de plomb dans le sang en fonction de la consommation de tabac. Le groupe a se distingue statistiquement significativement du groupe b ; le groupe ab ne se distingue ni de a ni de b.

La figure 3 présente les concentrations de plomb dans le sang des participants, regroupées en fonction de la consommation d'alcool. Les groupes correspondent à une consommation inférieure à un verre d'alcool par semaine et à une consommation supérieure ou égale à un verre d'alcool par semaine. Aucune subdivision supplémentaire n'a été effectuée en raison de la taille trop réduite de l'échantillon. Les groupes ont été définis selon la question 44/9 de l'enquête sur la santé (« Quelle quantité de boissons alcoolisées consommez-vous habituellement en une journée ? 1 verre correspondant à 0,2 L ») (Jaus et al., 2025). La taille des groupes est comparable (n = 119 pour moins d'un verre par semaine, n = 150 pour un verre ou plus par semaine). La comparaison entre ces deux catégories montre une corrélation significative entre la consommation d'alcool et la concentration de plomb dans le sang. La médiane des concentrations de plomb dans le sang des femmes qui déclarent boire en moyenne moins d'un verre d'alcool par semaine est de 8,6 ng/mL, tandis que celle des femmes qui déclarent boire un verre d'alcool ou plus par semaine est de 12 ng/mL.

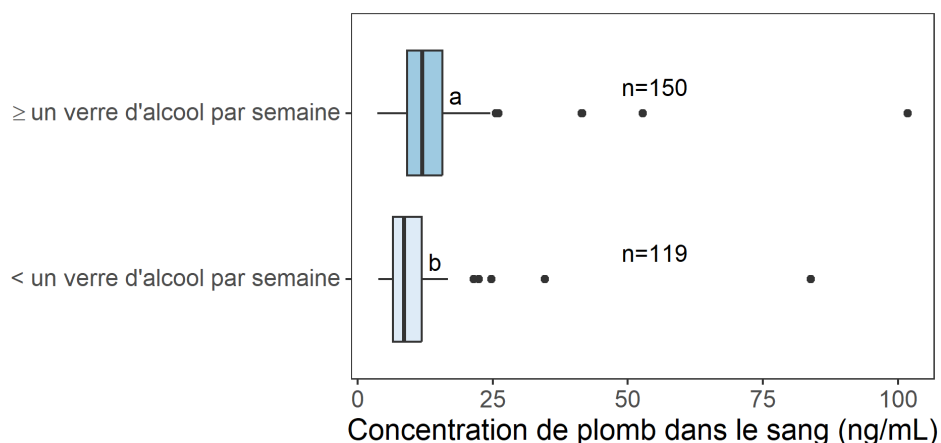


Figure 3: Boxplots des concentrations de plomb dans le sang, regroupés selon différentes données sur le comportement de consommation d'alcool. Le groupe a se distingue statistiquement de manière significative du groupe b.

4.2 Comparaison internationale

La valeur médiane des concentrations sanguines de plomb observée dans le groupe étudié est similaire à celles mesurées chez les femmes en âge de procréer dans d'autres pays (Tableau 1). Étant donné que l'ajout de plomb à l'essence, principale source de plomb dans l'environnement, a été progressivement interdit à peu près au même moment dans toute l'Europe, on pourrait s'attendre à des concentrations de plomb dans le sang relativement homogènes à travers le continent. La raison pour laquelle la population de certains pays européens (par exemple, l'Allemagne, la Belgique/Wallonie, la Norvège) présente des concentrations de plomb dans le sang plus faibles qu'en Suisse reste peu claire. Des facteurs tels que les différences dans la réglementation des produits contenant du plomb, leur mise en application, ainsi que l'accès à l'information et la sensibilisation à ces enjeux dans les différents pays pourraient expliquer cette variabilité.

Tableau 1 : Valeurs mesurées en plomb dans le sang de femmes en âge de procréer issues de la phase pilote SHeS (CH) en comparaison avec des projets de biosurveillance humaine chez des femmes en âge de procréer en Allemagne (DE; VITO, n.d.), en Belgique/Wallonie (BE WAL; Jacques et al, 2021), aux États-Unis d'Amérique (USA; CDC, n.d.), en France (F; Oleko et al, 2022), en République tchèque (CZE; VITO, n.d.), en Espagne (ES; Cañas et al, 2014), en Slovénie (SVN; VITO, n.d.) et en Norvège (NOR; VITO, n.d.).

Pays	Age	N	Année de l'étude	Médiane P50 [ng/mL]
CH	19-49 J.	269	2020-21	10,3
DE	20-39 J.	260	2019	9,0
BE WAL	20-39 J.	287	2019-20	8,8
USA	+ 20 J.	3847	2017-15	6,4
F	18-49 J.	270	2014-16	11,6
CZE	20-39 J.	65	2015	11,6
ES	18-45 J.	700	2009-10	17,6
SVN	19-39 J.	536	2008-14	16,3
NOR	20-39 J.	141	2007	7,1

5. Conclusions

L'analyse présentée dans ce rapport montre que la concentration médiane de plomb dans le sang des femmes en âge de procréer dans les cantons de Berne et de Vaud, qui est de 10,3 ng/mL, est comparable à celles observées dans d'autres pays. Cependant, les concentrations de plomb dans le sang varient, allant de 3,7 ng/mL à 101,8 ng/mL. Le 95e percentile (24,1 ng/mL) indique que seules quelques personnes présentent des concentrations particulièrement élevées. Concernant ces femmes présentant des concentrations sanguines très élevées en plomb, aucune source d'exposition évidente n'a pu être identifiée à partir des données et des questionnaires, ce qui suggère des variations individuelles en termes de métabolisme et d'absorption du plomb. Ces personnes devraient être suivies de manière individuelle, en collaboration avec des professionnels de la santé, afin d'identifier les causes de cette exposition inhabituelle au plomb, et de discuter des potentielles mesures à prendre.

Dans le cadre de cette analyse, plusieurs hypothèses concernant l'exposition au plomb ont été explorées en corrélant les concentrations sanguines de plomb avec divers facteurs issus de la phase pilote de l'étude SHeS. Deux facteurs ont été identifiés comme ayant une influence significative sur les concentrations de plomb dans le sang au sein de l'échantillon étudié : la consommation d'alcool et celle de tabac. La plante de tabac est connue pour accumuler du plomb dans ses feuilles. Le lien entre la consommation d'alcool et les concentrations de plomb dans le sang est moins direct, mais pourrait être expliqué par son effet sur le métabolisme. L'alcool peut notamment augmenter l'absorption du plomb (Flora et al., 2012) et induire des carences en minéraux essentiels (Butts et al., 2023), ce qui pourrait à son tour favoriser l'absorption du plomb (Bouhouch et al., 2016). En revanche, l'analyse n'a révélé aucun lien significatif entre les concentrations de plomb dans le sang et l'année de construction du logement, ce qui aurait suggéré une exposition liée à des peintures au plomb endommagées, anciennes ou usées. De même, les habitudes alimentaires examinées dans ce rapport n'ont pas non plus montré de lien statistiquement significatif avec les concentrations de plomb. Cependant, ces résultats ne signifient pas nécessairement que ces expositions sont inexistantes. Il est plus probable que la taille de l'échantillon ($n = 269$) soit trop réduite et que la grande variabilité des concentrations de plomb dans le sang masque des relations potentielles. Par ailleurs, il est possible que d'autres sources d'exposition au plomb, non incluses par les méthodes d'évaluation utilisées, puissent également jouer un rôle.

Ces résultats ne justifient pas une action immédiate. Néanmoins, compte tenu l'absence de seuil d'exposition au plomb considéré comme sûr, ils soulignent la nécessité de poursuivre les recherches sur les voies d'exposition et les risques pour la santé de la population. Il est raisonnable de supposer qu'en l'absence de mesures supplémentaires, la pollution par le plomb diminuera progressivement à l'avenir, étant donné que ce métal est continuellement éliminé des environnements et des sites pollués en Suisse.

Bibliographie

- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2020. Toxicological profile for Lead. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- BAG (Bundesamt für Gesundheit). 2023. Pilotphase der Schweizer Gesundheitsstudie – Ergebnisse des Humanbiomonitoring (HBM). (www.bag.admin.ch/dam/bag/de/dokumente/chem/chemikalien-alltag/pilotphase-der-schweizer-gesundheitsstudie.pdf.download.pdf/BAG-Kurzbericht-Analytik-SHeS-pilot-DE-V4.0.pdf). [08.04.2025]
- Bouhouch, Raschida R.; El-Fadeli, Sana; Andersson, Maria; Aboussad, Abdelmounaim; Chabaa, Laila; Zeder, Christophe et al.. 2016. Effects of wheat-flour biscuits fortified with iron and EDTA, alone and in combination, on blood lead concentration, iron status, and cognition in children: a double-blind randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition* 104(5). DOI: 10.3945/ajcn.115.129346.
- Bühler, N., Frahsa, A., Jaramillo, N.G. et al.. 2024. Willingness to participate in a personalized health cohort – insights from the Swiss health study pilot phase. *BMC Public Health* 24(2140). DOI: 10.1186/s12889-024-19650-z.
- Butts, M., Sundaram, V. L., Murughiyan, U., Borthakur, A., & Singh, S. 2023. The Influence of Alcohol Consumption on Intestinal Nutrient Absorption: A Comprehensive Review. *Nutrients* 15(7). DOI: 10.3390/nu15071571.
- Cañas, Ana I.; Cervantes-Amat, Marta; Esteban, Marta; Ruiz-Moraga, Montserrat; Pérez-Gómez, Beatriz; Mayor, Juan; Castaño, Argelia. 2014. Blood lead levels in a representative sample of the Spanish adult population: the BIOAMBIENT.ES project. *International journal of hygiene and environmental health* 217. DOI: 10.1016/j.ijheh.2013.09.001.
- CDC (US Centers for Disease Control and Prevention). 2024. CDC updates blood lead reference value. (<https://www.cdc.gov/lead-prevention/php/news-features/updates-blood-lead-reference-value.html>). [08.04.2025]
- CDC (US Centers for Disease Control and Prevention). (n.d.). Biomonitoring Data Tables for Environmental Chemicals (CDC, https://www.cdc.gov/exposurereport/data_tables.html). [11.04.2025]
- EFSA (European Food Safety Authority) Panel on Contaminants in the Food Chain. 2010. Scientific opinion on lead in food. *EFSA J.* 8.
- Flora, Swaran J. S.; Gautam, Pratibha; Kushwaha, Pramod. 2012. Lead and ethanol co-exposure lead to blood oxidative stress and subsequent neuronal apoptosis in rats. *Alcohol and alcoholism* 47(2). DOI: 10.1093/alcalc/agr152.
- Jaus, A., Fragnière Rime C., Riou J., Brüscheiler B. J., Bochud M., von Goetz N.. 2025. Serum biomonitoring of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in the adult population of Switzerland: Results from the pilot phase of the Swiss health study. *Environment International* 198(109382). DOI : 10.1016/j.envint.2025.109382
- Jacques et al, 2021. Biomonitoring humain wallon (BMH-WAL) – phase 1, rapport valeurs de référence: Cd, Pb et Hg dans le sang. (<https://www.issep.be/wp-content/uploads/Rapport-valeur-de-reference-Siensano-ISSeP.pdf>) [11.04.2025]

- Morand Bourqui R, Nusslé SG, von Goetz N, Veys-Takeuchi C, Zuppinger C, Boulez Y, et al.. 2023. Towards a Swiss health study with human biomonitoring: Learnings from the pilot phase about participation and design. PLoS ONE 18(7): e0289181. DOI: 10.1371/journal.pone.0289181
- Oleko, Amivi; Pecheux, Marie; Saoudi, Abdesattar; Zeghnoun, Abdelkrim; Hulin, Marion; Le Barbier, Mélina et al. 2022. Estimation of blood lead levels in the French population using two complementary approaches: Esteban (2014-2016) as part of the human biomonitoring program and the national surveillance system for childhood lead poisoning (2015-2018). Environmental research 213. DOI: 10.1016/j.envres.2022.113630.
- Pletscher Claudia; Liechti Bernard. 2007. Gesundheitliche Gefährdung durch Blei am Arbeitsplatz. SUVA, Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Abteilung Arbeitsmedizin. 35 S.. Literaturverz. – Bestellnr.: Suva 2869/06.d
- Snoj Tratnik, Janja; Falnoga, Ingrid; Mazej, Darja; Kocman, David; Fajon, Vesna; Jagodic, Marta et al.. 2019. Results of the first national human biomonitoring in Slovenia: Trace elements in men and lactating women, predictors of exposure and reference values. International journal of hygiene and environmental health 222(3). DOI: 10.1016/j.ijheh.2019.02.008.
- SUVA (Schweizerische Unfallversicherungsanstalt). n.d.. Grenzwerte Am Arbeitsplatz – Aktuelle MAK- und BAT-Werte. Arbeitsstoff: Blei und seine Verbindungen (ausser Alkylverbindungen) (<https://www.suva.ch/de-ch/services/grenzwerte#gnw-location=%2F%3Foid%3D592da9ee-b9f3-45b6-b743-1bc9f05c7807%26name%3Dblei-und-seine-verbindungen-ausser-alkylverbindungen->) [14.04.2025]
- VITO. (n.d.) European Human Biomonitoring Dashboard for visualisation of aggregated HBM data. Flemish institute for Technological Research (VITO), Mol, Belgium. (<https://hbm.vito.be/eu-hbm-dashboard>). [11.04.2025]
- WHO (World Health Organization). 2019. (<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>) [08.04.2025]

Remerciements

Nous remercions les participants à l'étude pilote suisse sur la santé pour leur précieuse contribution. Nous remercions les institutions partenaires Swiss Biobanking Platform (SBP), Unisanté, l'Institute of Social and Preventive Medicine (ISPM) de l'Université de Berne et SwissTPH pour leur coopération. Nous remercions l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) pour le financement de l'analyse des métaux, ainsi que le CURML pour la réalisation de l'analyse.