

Quantification des PFAS dans l'épicerie au Québec

Agathe Le Moing^{1,2}, Gregory Hostetler^{1,3,4}, Maud Le Calvez^{1,2}, Justine Fontaine^{1,2}, Marc-André Verner^{1,3,4}, Sébastien Sauvé^{1,2}

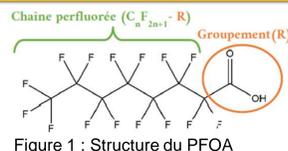
- 1 Centre de recherche en santé publique, Université de Montréal
- 2 Département de chimie, Université de Montréal
- 3 École de santé publique, Université de Montréal
- 4 Département de santé environnementale et santé au travail, Université de Montréal



I – Introduction

Substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS)

- Regroupement de **plus de 4000 composés**
- Stables et **persistants dans l'environnement** : la liaison C-F est la plus forte en chimie organique
- **Solubles dans l'eau et s'associent aux tissus biologiques** : amphiphile grâce à leur chaîne carbonée lipophile et leur groupement hydrophile. ¹
- **Origine anthropique**, largement utilisé dans l'industrie depuis 1950. ^{1,5}
- Les PFAS sont **utilisés dans une vaste gamme d'applications** par exemple des mousses extinctrices, les poêles non adhésifs, des tapis anti-taches et des vêtements résistant à l'eau. ^{2,3}
- **Exposition principale**: Ingestion d'eau ou nourriture. **Exposition secondaire** : cutanée et inhalation mais pas bien quantifiée. ⁴
- **Effets chroniques induits par une exposition à long terme** :
 - Enfants → diminution du poids de naissance, obésité, puberté précoce.
 - Femmes enceintes → Ralentissement de la croissance fœtale, pression sanguine haute pendant la grossesse, risques de prématuré.
 - Homme et Femme → cancer, maladie cardiovasculaire, affaiblissement du système immunitaire, problème de thyroïde, augmentation des taux de cholestérols. Ces listes sont non exhaustives. ⁴



Contamination de la nourriture

- Pollution de l'eau, du sol, des engrais, etc.
- Bioaccumulation et bioamplification dans la chaîne alimentaire
- Contamination par la transformation, l'emballage et la cuisson

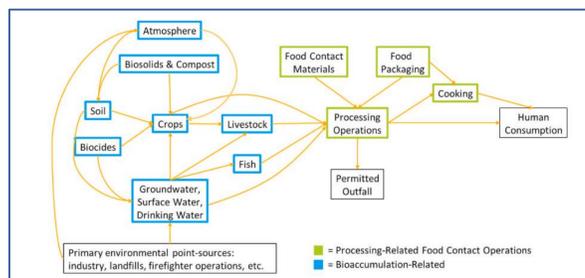


Figure 2 : Voies de contamination de la nourriture⁵

Réglementations et normes

- Internationale : L'utilisation de plusieurs PFAS (PFOS, PFOA et PFHxS) interdite par la Convention de Stockholm. OMS tend à ajouter des contrôles pour l'eau potable. ⁵
- Canada : PFOS : 600 ng/L, PFOA 200 ng/L d'eau potable. Objectif de 30 ng/L pour Σ30 PFAS ⁶
- Europe : En 2026 : Eau potable ne doit pas excéder 100 ng/L Σ30 PFAS. ⁷ Des taux maximum ont été établis pour les aliments d'origine animale (œuf, viande et poisson) pour les PFAS suivant en 2023 : PFOS, PFOA, PFNA and PFHxS, ainsi que la somme des quatre. ⁸

II – Matériels et Méthodes

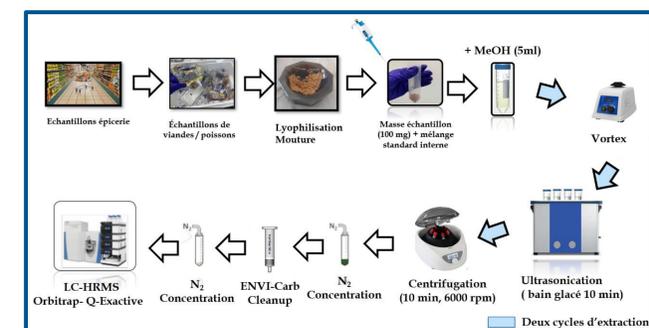


Figure 3 : Protocole d'extraction pour les produits d'origine animale

- 32 Poissons
- 8 Viandes
- 17 Crustacés
- 11 Produits laitiers

- 7 Féculents
- 16 Fruits et Légumes
- 8 Produits végétaux

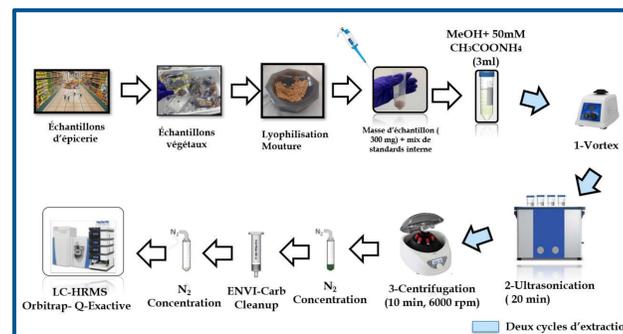


Figure 4 : Protocole d'extraction pour les produits d'origine végétale

Analyses réalisées par HPLC- HRMS

- Mode gradient en phase inverse :
 - A : Eau (H₂O) + 0,1% Acide Formique
 - B : Acétonitrile (ACN) + 0,1% Acide Formique
- Nébulisation par électrospray, avec une inversion de la polarité de la source
- Q – Orbitrap, mode balayage full scan (250-1000 m/z)

III – Résultats et discussions

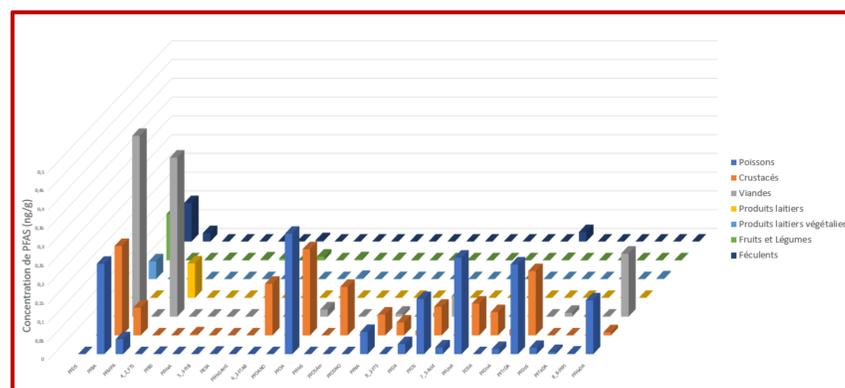


Figure 5: Concentration moyenne des 28 PFAS détectés dans les différentes catégories alimentaires.

- 28 PFAS détectés sur la liste des 76 analysés. Majoritairement des composés à chaînes longues de par leur nature plus persistante et leur plus grand temps de demi-vie.
- PFOA → commun à 5 matrices, PFBA et PFHxDA → 4 matrices, et PFETs, 4:2 FTS, PFNA, PFOS, PFDA et FOSA → 3 sur les 7 matrices.
- Matrices d'origine animale :
 - Sont les plus contaminées car ce sont celles qui sont le plus exposées aux phénomènes de bioaccumulation et bioamplification.
 - Les poissons et les crustacés présentent la plus grande variété de PFAS (~15) en comparaison à la viande (10).
 - Les foies présentent une plus forte concentration comparée aux tissus. En effet cet organe est très vascularisé et est riche en protéines. Or les PFAS ont une forte affinité pour les protéines plasmatiques et leur métabolisation est limitée. ⁹
- Matrices d'origine végétale :
 - Dans les fruits et légumes, contamination aux PFETs, un composé à chaîne courte qui se bioaccumule plus facilement dans les plantes car plus hydrophile et donc plus mobiles dans les plantes et les sols ¹⁰

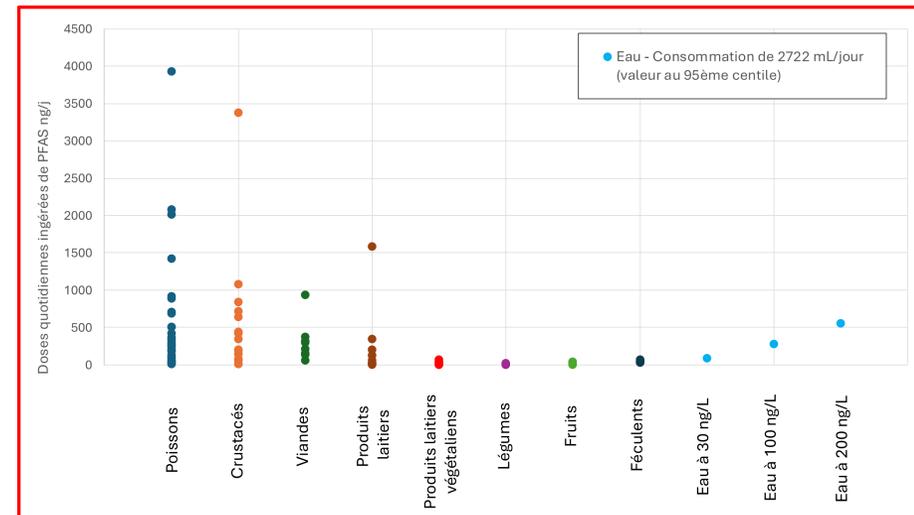


Figure 6: Comparaison de l'exposition par la nourriture et l'eau. ^{6,11}

- Les produits d'origine végétale sont ceux présentant la plus faible exposition aux PFAS.
- Même si les concentrations de PFAS sur les produits laitiers peuvent paraître basses, l'exposition par ingestion qu'ils induisent est du même ordre de grandeur que celle provenant de l'Eau potable à la recommandation maximal de Santé Canada. (30 ng/L).
- Les doses ingérées de PFAS via la consommation quotidienne de poisson, crustacée ou viande dépassent largement celles engendrées par la consommation d'eau à 30 ng/L ou encore à 200 ng/L
- Les concentrations trouvées en PFAS dans les protéines animales sont très variables : dans une même espèce on observe une disparité dans l'exposition qu'elle représente.
- Les concentrations ingérées ont été calculées à partir des portions journalières de chaque aliment. Cependant, dans une alimentation équilibrée, plusieurs catégories d'aliments sont associées ce qui entraîne une accumulation de ces doses.
- Les doses d'ingestions sont calculées pour une somme de 76 PFAS, alors que les réglementations sur l'Eau potable le sont pour une trentaine de PFAS.
- L'exposition aux PFAS n'est donc pas négligeable par la nourriture. Il serait intéressant d'étendre l'étude à une gamme de produits plus large pour aider le consommateur dans ses choix.

Conclusion

- La majorité des échantillons testés montre la présence de PFAS. Plus particulièrement dans les protéines animales ce qui s'explique par la bioaccumulation et la bioamplification
- La législation actuelle concerne essentiellement l'eau potable mais cette étude montre que l'alimentation est elle aussi une source majeure d'exposition.
- Les résultats montrent que en fonction du type de nourriture, l'exposition que les aliments représentent peut être du même ordre de grandeur voir supérieur à celle par l'eau potable. De plus, même si les PFAS sont moins présents dans les produits laitiers, les fruits et légumes ou les féculents, leur consommation journalière peut entraîner à terme une exposition non négligeable.
- Plus de documentation sur la concentration de PFAS dans la nourriture est donc nécessaire. Grâce à plus de recherches en faisant varier des paramètres tels que les modes de conditionnement, l'origine, les types de cultures ou autres, une meilleure compréhension des sources de PFAS serait possible et de prévenir voir réduire l'exposition des consommateurs aux PFAS par leurs choix alimentaires.

Références

[1] Meeqoda, Jay N., et al. A Review of the Applications, Environmental Release, and Remediation Technologies of Per- and Polyfluoroalkyl Substances. International Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 17, no 21, Janvier 2020, p. 8117. DOI:10.3390/ijerph17218117

[2] www.inspq.qc.ca/pfas/normes-eau-potable

[3] Cantizo-JC et al. PFAS in fish from AFFF-impacted environments: Analytical method development and field application at a Canadian international civilian airport. Sci Total Environ. 2023 Jun 25; 879:163103. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163103

[4] Aditi Podder et al. Per and poly-fluoroalkyl substances (PFAS) as a contaminant of emerging concern in surface water: A transboundary review of their occurrences and toxicity effects. Journal of Hazardous Materials. Volume 419, 2021, 126361. ISSN 0304-3894 DOI : 10.1016/j.jhazmat.2023.100002

[5] Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, France, Décembre 2024 https://www.ecologie.gouv.fr/plan-d-action-ministeriel-sur-pfas#:~:text=L'annexe%20de%20la,des%20PFAS%20substances%20pr%C3%A9occupantes.

[6] Yann Aminot et al. Per- and polyfluoroalkyl substances. Contaminants of Emerging Concern in the Marine Environment. Current Challenges in Marine Pollution A volume in NET Developers Series. 2023. Victor M León, Juan Bellas (Eds). ISBN 978-0-323-90297-7. DOI 10.1016/C2020-0-03358-X. Chap.6, pp.169-228, 2023.

[7] Journal officiel de l'Union Européenne, 23.12.2020 L 435/1 L-Actes législatifs

[8] REGLEMENT (UE) 2022/2388 DE LA COMMISSION du 7 décembre 2022 modifiant le règlement (CE) no 1881/2006 en ce qui concerne les teneurs maximales en substances perfluoroalkylées dans certaines denrées alimentaires. Journal officiel de l'Union Européenne L316/39

[9] Alessio, Jessica L., et al. Critical New Insights into the Binding of Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFAS) to Albumin Protein. Chemosphere, vol. 287, janvier 2022, p. 131979. ScienceDirect DOI : 10.1016/j.chemosphere.2021.131979

[10] V. Gellrich et al. Behavior of perfluorinated compounds in soils during leaching experiments. Chemosphere, Volume 87, Issue 9, 2012, Pages 1052-1056. ISSN 0045-6535. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2012.02.011

[11] Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique d'origine environnementale au Québec, Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Février 2012. Équipe scientifique sur les risques toxicologiques, Institut national de santé publique du Québec DÉPÔT LÉGAL – 2e TRIMESTRE 2012 BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES NATIONALES DU QUÉBEC BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA ISBN : 978-2-550-64595-5 (PDF)

le CReSP est issu d'un partenariat entre

Université de Montréal

Centre intégré universitaire de santé et de services sociaux du Centre-Sud-de-l'Île-de-Montréal Québec