

PLEINS FEUX SUR

Les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (SPFA)



1^{re} version révisée : mars 2026

Principales constatations

- Les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (SPFA) sont un grand groupe de produits chimiques d'origine humaine. L'acide perfluorooctanoïque (APFO) et le sulfonate de perfluorooctane (SPFO) sont les SPFA les plus étudiées.
- Les propriétés chimiques particulières des SPFA ont amené leur utilisation répandue dans divers produits industriels et de consommation depuis les années 1940, mais elles font aussi en sorte que les SPFA persistent dans l'environnement.
- Beaucoup de SPFA ont été éliminées progressivement des produits depuis le début des années 2000, mais certaines ont été exemptées. Toute la population canadienne est exposée à certaines SPFA par les aliments, l'eau et des produits de consommation comme des emballages, des textiles et des cosmétiques, mais les taux sériques moyens de SPFA diminuent avec le temps au pays. Certains Canadiens peuvent être exposés à des concentrations supérieures à la moyenne en raison d'une contamination locale, mais les effets résultants sur la santé sont mal connus.

- Notre compréhension de l'action des SPFA dans l'environnement et de leurs effets possibles sur la santé humaine évolue avec les nouvelles recherches. Les effets possibles sur la santé humaine qui sont associés aux expositions élevées aux SPFA comprennent des effets sur le foie, des résultats de grossesse défavorables, certains facteurs de risque cardiovasculaires, des réponses immunitaires et certains cancers. Les effets mentionnés dans les études épidémiologiques correspondent généralement aux constatations des études animales, mais les données probantes humaines, particulièrement en ce qui concerne les effets sur la santé autres que sur le foie, sont moins robustes et la signification clinique des constatations, dans les cas où des biomarqueurs révèlent des effets, n'est pas claire.
- Les règlements environnementaux relatifs aux SPFA continuent d'évoluer à mesure que progresse l'état des connaissances scientifiques à leur sujet. En 2024, Santé Canada et l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA) ont mis à jour leurs lignes directrices concernant les SPFA dans l'eau potable. L'objectif de Santé Canada pour l'eau potable est de 30 ng/L pour la somme des concentrations de 25 SPFA, tandis que les concentrations maximales de contaminants établies par l'EPA sont de 4 ng/L pour l'APFO et le SPFO et de 10 ng/L pour le sulfonate de perfluorohexane (SPFHx), l'acide perfluorononanoïque (APFN) et l'acide dimère de l'oxyde d'hexafluoropropylène (HPFO-DA). Les lignes directrices provinciales de l'Ontario sur l'eau potable pourraient également être révisées.
- Lorsqu'on sait que des personnes sont exposées à des concentrations de SPFA supérieures à la moyenne (comme quand on découvre une contamination aux SPFA dans une source d'eau potable locale), on peut prendre des mesures de réduction de l'exposition pendant que la recherche relative aux effets sur la santé se poursuit. Exemples de mesures de réduction de l'exposition : installer un système de traitement de l'eau potable si cela est justifié et faire des choix de consommation éclairés quant à l'achat de produits exempts de SPFA.

Introduction

Les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (SPFA) sont un groupe de produits chimiques d'origine humaine utilisés dans divers produits industriels et de consommation depuis les années 1940. Toutefois, l'intérêt et la compréhension scientifique concernant leur action dans l'environnement et leurs effets possibles sur la santé humaine se sont accrus plus récemment et constituent un secteur en évolution rapide. Le présent rapport « Pleins feux sur » fournit un aperçu général des SPFA dans le contexte ontarien et canadien afin d'aider les professionnels de la santé publique. Il résume ce qui suit :

- la description générale, les sources connues et les concentrations dans l'environnement;
- les expositions;
- les effets possibles sur la santé;
- les mesures à prendre pour réduire les expositions;
- la réglementation actuelle de l'Ontario et du Canada.

Méthodes

Nous avons effectué une recherche rapide dans la littérature grise en santé publique, en santé environnementale et en toxicologie pour trouver de l'information sur les SPFA, les sources environnementales, les types d'exposition humaine au SPFA et la réglementation de l'utilisation des SPFA au Canada et en Ontario, ainsi que des conseils pratiques de réduction des expositions. L'information a été généralement tirée d'examen relatifs aux SPFA effectués par des organismes de réglementation.

Nous avons aussi effectué une recherche dans la littérature publiée après évaluation par des pairs pour obtenir des résumés récents des données probantes concernant les effets sur la santé humaine associés aux SPFA. Plus précisément, le 1^{er} septembre 2022, les Services de bibliothèque de SPO ont effectué dans les bases de données Embase et MEDLINE une recherche de revues systématiques et de méta-analyses portant sur des articles relatifs aux SPFA et à la santé humaine. Cette recherche excluait les études animales et limitait les résultats aux articles en anglais publiés de 2012 à 2022. La stratégie de recherche complète est disponible sur demande. Cette recherche a été mise à jour en juillet 2024 afin de repérer des études supplémentaires concernant les effets sur la santé. La mise à jour a porté sur de nouvelles données probantes concernant les conseils relatifs aux analyses cliniques, les effets sur la santé humaine ainsi que la réglementation et le traitement de l'eau potable. Dans les cas où plus d'une revue systématique portait sur un effet précis sur la santé humaine, une analyse du texte intégral a été réalisée uniquement pour la revue systématique dont la période de recherche documentaire était la plus récente.

Que sont les SPFA?

Les SPFA sont un groupe de produits chimiques synthétiques présentant des propriétés chimiques particulières : elles résistent aux températures extrêmes, à la décomposition et à la dégradation, repoussent l'eau et l'huile et sont antiadhésives¹⁻⁴. Ces propriétés particulières ont amené l'utilisation répandue des SPFA dans divers produits industriels et de consommation depuis les années 1940. On trouve des milliers de SPFA dans des revêtements de papier et de carton, des produits du cuir, des tapis résistants aux taches, des tissus d'ameublement, des vêtements, des revêtements antiadhésifs de batterie de cuisine, des emballages alimentaires, des peintures, des vernis, des scellants, des produits de nettoyage, des produits de soins personnels, des cosmétiques et des agents formant film flottant (AFFF) extincteur, ainsi que dans la production de produits électroniques, de plastiques et de métaux^{1,2,4-11}.

On peut classer les SPFA en fonction de leur structure chimique. Le sulfonate de perfluorooctane (SPFO) et l'acide perfluorooctanoïque (APFO) sont les plus étudiés jusqu'à présent^{2,8,12}. Les autres SPFA d'intérêt comprennent le sulfonate de perfluorohexane (SPFHx), un sous-produit connu de la production du SPFO, et le sulfonate de perfluorobutane (SPFB), considéré comme un remplaçant possible du SPFO. D'autres SPFA, comme l'acide perfluorobutanoïque (APFB), l'acide perfluorohexanoïque (APFHx), l'acide perfluorononanoïque (APFN), l'acide perfluorodécanoïque (APFD) et l'acide perfluoroundécanoïque (APFUnD), sont aussi parfois mesurés dans la population humaine (c.-à-d. dans le cadre de programmes de biosurveillance)⁴.

En 2008, l'adoption de la *Loi sur la quasi-élimination du sulfonate de perfluorooctane* a ajouté le SPFO et ses sels à la liste de quasi-élimination prévue par la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*¹³. L'adoption du *Règlement sur certaines substances toxiques (2012)* a limité davantage l'utilisation du SPFO, de l'APFO et de certaines autres SPFA en interdisant la fabrication, l'utilisation, la vente et l'importation de ces substances et des produits qui en contiennent (sous réserve de certaines exceptions)¹⁴⁻¹⁷. Une proposition étudiée présentement vise à réviser ce règlement pour restreindre

davantage l'utilisation du SPFO et de l'APFO¹⁸. Bien que certaines compagnies aient volontairement cessé progressivement de produire et d'utiliser plusieurs SPFA au début des années 2000 et que des mesures soient appliquées en Amérique du Nord et en Europe pour limiter la production, on continue d'utiliser les stocks existants et leur fabrication se poursuit dans d'autres régions du monde^{9,10,19,20}. Aux États-Unis, la Food and Drug Administration (FDA) a révoqué en 2016 des règlements permettant l'utilisation du SPFO et de l'APFO dans les emballages alimentaires²¹. Récemment, il a été rapporté que certaines grandes chaînes de restauration rapide du Canada et des États-Unis se sont engagées volontairement à éliminer progressivement les emballages contenant des SPFA ajoutées²².

LES SPFA dans l'environnement

Étant donné leur utilisation répandue et leur stabilité chimique, les SPFA sont détectées couramment dans l'environnement. Les principales sources des SPFA trouvées dans l'environnement comprennent les ordures ménagères (p. ex., sites d'enfouissement), les sites industriels où des matières contenant des SPFA ont été produites ou appliquées, ainsi que les activités d'extinction d'incendie et les sites de formation à cet effet qui utilisent des AFFF²³⁻²⁵. Ces sources répandent des SPFA dans le sol, l'air et l'eau par lessivage dans les eaux souterraines, par déversement dans les eaux de surface et le sol et par émission dans l'air. Une fois libérées dans l'environnement, les SPFA peuvent persister longtemps dans la nappe phréatique et les sédiments, tandis qu'une partie des AFFF utilisés pendant les incendies se répand dans l'air sous forme d'aérosols et de produits chimiques diffus^{23,25}.

Les SPFA persistent relativement inchangées dans l'environnement et l'organisme en raison de leur structure chimique^{1,3-5,7}. Il est peu probable qu'elles se dégradent ou se transforment dans les conditions environnementales ambiantes, mais des expériences de laboratoire ont établi que certains processus physiques, chimiques et biologiques peuvent modifier leur structure chimique dans certaines conditions. Ces transformations peuvent changer la forme des SPFA dans un mélange (p. ex., d'alcool à aldéhyde) ou la taille des molécules, et possiblement changer la toxicité du mélange d'origine^{24,25}.

Actuellement, les rares données canadiennes sur les concentrations de SPFA dans les milieux environnementaux indiquent des tendances variables. Selon Environnement et Changement climatique Canada, les concentrations de SPFO dans le poisson (touladi) ont augmenté globalement de 1979 à 2000, puis se sont stabilisées pendant quelques années avant de commencer à diminuer²⁶. Cela est compatible avec une étude de 2022 selon laquelle les concentrations de SPFA résiduelles (SPFO et APFO) dans les eaux douces du Canada ont chuté de 2013 à 2020, tandis que les concentrations d'autres SPFA comme l'acide perfluoropentanoïque (APFPe) et l'APFB ont augmenté pendant cette période (possiblement en raison de leur utilisation comme SPFA remplaçant le SPFO et l'APFO dans des produits de consommation)²⁷. Toutefois, les tendances peuvent varier selon les SPFA et les milieux environnementaux concernés, comme le démontrent Gewurtz et al. à l'égard de certains échantillons d'animaux sauvages, de sédiments et d'eau prélevés dans le lac Ontario et aux alentours dès la fin des années 1970 jusqu'à la fin des années 2000²⁸.

En général, il n'y a pas suffisamment d'information pour prévoir les tendances concernant les concentrations de SPFA dans l'eau, les sédiments et l'air, mais la combinaison des concentrations environnementales, de la stabilité et de la persistance des SPFA peut entraîner la bioaccumulation et la bioamplification dans l'écosystème. Le tableau A de l'annexe indique les niveaux de SPFO qui ont été mesurés dans des eaux, des poissons, des sédiments et de l'air du Canada de 2006 à 2017 et qui ont été publiés par Environnement et Changement climatique Canada.

EXPOSITIONS AUX SPFA

Toute la population canadienne est exposée à certaines SPFA en raison de leur persistance dans l'environnement. L'exposition aux SPFA peut se faire par l'intermédiaire des aliments, des produits de consommation, du sol, de la poussière intérieure et de l'eau potable^{4,9,10,20,29,30}. L'exposition aux SPFA par l'eau potable peut augmenter si l'on consomme de l'eau potable contaminée^{10,20,29}. La principale voie d'exposition peut aussi varier selon l'âge, et l'exposition orale (après le contact avec les mains) aux produits de consommation (p. ex., tissus et tapis traités) est la principale voie d'exposition chez les nourrissons, les tout-petits et les enfants^{4,10,30}.

Aliments et eau

L'alimentation est une des voies d'exposition de la population canadienne à l'APFO, au SPFO et à d'autres SPFA^{3,15,31,32}. Les aliments peuvent être contaminés par le milieu de culture ou d'élevage, le matériel de traitement, la nourriture donnée aux animaux, l'eau ou les matériaux d'emballage alimentaire³³. La contamination aux SPFA du milieu de culture ou d'élevage n'indique pas nécessairement que les aliments produits contiendront des niveaux détectables de SPFA, car ces niveaux varient selon les quantités de SPFA dans le milieu de culture ou d'élevage, les types de SPFA présentes et les types d'aliments ou d'espèces de plantes^{33,34}. La plupart des aliments ne provenant pas de zones dont on sait qu'elles sont contaminées aux SPFA ne présentent pas de niveaux détectables de SPFA³⁴.

Après avoir analysé des échantillons d'aliments prélevés de 1992 à 2004, Tittlemier et al. (2007) ont estimé une exposition alimentaire quotidienne moyenne de 250 ng/jour en se fondant sur une partie des échantillons prélevés dans le cadre de l'Étude canadienne sur l'alimentation totale³⁵. Nous n'avons pas trouvé de données plus récentes sur les niveaux de SPFA dans les aliments du Canada, mais une étude en cours dirigée par la FDA et portant sur l'exposition alimentaire indique que la majorité des échantillons d'aliments analysés depuis 2019 ne présentent pas de concentration mesurable de SPFA³⁶.

Des SPFA ont été incorporées dans des batteries de cuisine antiadhésives et des matériaux d'emballage alimentaire (p. ex., papiers d'emballage de prêt-à-manger, sacs de maïs soufflé pour micro-ondes et boîtes de carton pour mets à emporter, comme les boîtes de pizza)²¹. Toutefois, la FDA indique que le revêtement antiadhésif des batteries de cuisine contient une quantité négligeable de SPFA susceptibles de se retrouver dans les aliments, et la Division de la recherche sur les aliments de Santé Canada a conclu que les emballages alimentaires n'étaient pas une source importante d'APFO et de SPFO^{21,37}.

En se fondant sur un taux de consommation moyen estimatif de 1,4 L/jour pour les adultes, Tittlemier et al. (2007) ont utilisé les concentrations moyennes dans l'eau de robinet de Calgary et de Vancouver mentionnées dans une autre étude pour déterminer une exposition estimative de 0,3 ng/jour aux SPFA totales par l'eau potable pour la population générale du Canada^{31,35}. Une analyse plus récente de 226 échantillons d'eau potable traitée indique les concentrations de 25 réseaux d'eau potable ontariens qui tiraient leur eau de rivières, de lacs et d'eaux souterraines de 2012 à 2016³⁸. Les concentrations moyennes et maximales d'un groupe de 10 SPFA étaient de 6,1 ng/L et de 20,0 ng/L respectivement. La détection de certaines SPFA était variable : les pourcentages détectés allaient de 0 à 73 %. Les expositions par l'eau potable peuvent être plus élevées dans les zones où une eau présentant des concentrations supérieures de SPFA est utilisée comme source d'eau potable. On présume que les expositions par l'eau pendant les activités domestiques courantes comme le bain, la douche, le lavage de la vaisselle, le brossage des dents et la buanderie sont négligeables^{20,29,39}.

Selon les Centers for Disease Control and Prevention (CDC) et l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) des États-Unis, on trouve des SPFA dans le lait maternel, et le niveau d'exposition du nourrisson par allaitement au sein varie selon plusieurs facteurs (p. ex., niveau de SPFA de la mère,

quantité de SPFA transférée dans le lait, durée de l'allaitement)^{5,10,30,40,41}. Une étude de 2022 portant sur 664 échantillons de lait maternel du Canada a révélé des concentrations totales de SPFA (somme de sept SPFA) allant de 3,1 à 603 ng/L, la concentration médiane étant de 106 ng/L⁴². L'APFO était le composé le plus fréquemment détecté et contribuait généralement le plus aux concentrations de SPFA mesurées (environ 30 %)⁴². Bien qu'il faille des recherches plus poussées sur cette voie d'exposition possible, les CDC, l'ATSDR et l'American Academy of Pediatrics soutiennent que les avantages de l'allaitement au sein l'emportent sur tout risque d'exposition aux SPFA par le lait maternel⁴⁰.

Autres

Les autres voies d'exposition possibles peuvent comprendre l'ingestion de terre ou de poussière domestique contaminée et l'inhalation d'aérosols d'eau^{10,30,43-45}. Cependant, Santé Canada signale que les SPFA restent dans l'eau et ne se transmettent pas facilement à l'air (c.-à-d. qu'elles ne se volatilisent pas), et que l'ingestion est la principale voie d'exposition aux SPFA dans l'eau potable^{20,29,39}. Même si Santé Canada et l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA) admettent que l'exposition aux SPFA par inhalation d'aérosols d'eau contaminés est possible, la masse totale de ces aérosols est faible et, en raison de leur volatilité limitée, les SPFA ne se concentrent pas dans l'air, ce qui rend cette voie d'exposition négligeable^{20,29,43}. L'exposition aux SPFA peut également être associée à l'utilisation de produits de consommation comme les produits de soins personnels, les produits du cuir, les tapis, les tissus d'ameublement et les vêtements^{9,10,46,47}.

NIVEAUX DE SPFA DANS LE CORPS HUMAIN

On peut obtenir des données de biosurveillance de la population concernant les concentrations de certaines SPFA dans le plasma sanguin humain grâce à l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé (ECMS). L'ECMS a mesuré les SPFA dans des bénévoles en santé entre 2007 et 2019. Du SPFO et de l'APFO ont été détectés chez 100 % et 99,3 % des Canadiennes et Canadiens respectivement au cours du cycle 6 de l'ECMS (2018-2019) (tableau 1)^{46,48}. Les résultats de biosurveillance complets de l'ECMS selon le groupe d'âge, le sexe et le cycle de collecte sont disponibles en ligne.

Tableau 1 : Niveaux de SPFA dans le plasma sanguin de Canadiens de 3 à 79 ans (2018-2019)⁴⁶

SPFA	Fréquence de détection (%) (intervalle de confiance : 95 %)	Moyenne géométrique (µg/L) (intervalle de confiance : 95 %)
Sulfonate de perfluorooctane (SPFO)	99,3 (98,6–99,7)	2,5 (2,3–2,8)
Acide perfluorooctanoïque (APFO)	100	1,2 (1,1–1,3)
Sulfonate de perfluorohexane (SPFHx)	99,6 (99,1–99,9)	0,76 (0,69–0,85)
Acide perfluorononanoïque (APFN)	98,5 (97,3–99,1)	0,44 (0,41–0,47)
Acide perfluorodécanoïque (APFD)	67,6 (61,4–73,2)	0,12 (0,11–0,14)

Remarque : l'APFB, l'APFHx, l'APFUnD et le SPFB ont aussi été mesurés dans le cadre de l'ECMS, mais les moyennes géométriques des concentrations de ces produits chimiques dans le plasma sanguin n'ont pas été publiées parce que plus de 40 % des données étaient inférieures aux limites de détection.

En général, les concentrations de SPFA dans le plasma sanguin des Canadiennes et Canadiens de 12 à 79 ans (ou de 20 à 79 ans) ont diminué au fil du temps³. De 2007–2009 à 2018–2019, les concentrations d'APFO ont chuté de 52 %, celles de SPFHx, de 64 % et celles de SPFO, de 67 % chez les Canadiennes et Canadiens de 20 à 79 ans. De 2009–2011 à 2018–2019, les concentrations d'APFN ont baissé de 47 % et celles d'APFD, de 36 % chez les Canadiennes et Canadiens de 12 à 79 ans³. Des comparaisons de groupes d'âge ont révélé des concentrations plus élevées dans le plasma sanguin des adultes par rapport aux enfants, et les plus hauts niveaux publiés touchaient le groupe des 60 à 79 ans. Les niveaux détectés dans le sérum sanguin aux États-Unis de 2007 à 2016 sont semblables à ceux du plasma sanguin au Canada^{3,49,50}.

En juillet 2022, les National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (NASEM) ont publié le rapport de consensus *Guidance on Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances [PFAS] Exposure, Testing, and Clinical Follow-up Consensus Report* (lignes directrices sur l'exposition aux substances perfluoroalkyliques et polyfluoroalkyliques (SPFA), les analyses et le suivi clinique), qui passe en revue les effets des SPFA sur la santé et formule des recommandations pour la prise en charge clinique de l'exposition aux SPFA⁵¹. Bien que ce rapport recommande aux laboratoires cliniques d'utiliser des méthodes semblables à celles employées par les CDC pour vérifier la présence de SPFA, peu de laboratoires les utilisent actuellement et disposent des processus d'assurance de la qualité nécessaires⁵¹. Le rapport de la NASEM recommande de soumettre à des tests les personnes ayant « des antécédents d'exposition élevée », sans toutefois préciser à qui cela s'applique; en outre, certains auteurs indiquent que ces tests pourraient donner lieu à des examens supplémentaires inutiles^{51,52}.

D'après les renseignements que l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) met à la disposition des cliniciens, la priorité devrait être accordée à la détection et à la réduction des sources

possibles d'exposition et à des mesures de soins préventifs standard⁵³. Parmi les autres limites associées aux tests figurent l'incapacité d'attribuer une maladie aux SPFA ou d'en prédire l'apparition, de déterminer la source de l'exposition mesurée (les SPFA étant omniprésentes), de distinguer si les concentrations mesurées sont liées à des expositions récentes ou passées (en raison de la longue demi-vie de nombreuses SPFA dans l'organisme, qui peut atteindre plusieurs décennies), ainsi que l'absence d'orientations quant à la prise en charge à la suite des tests de détection des SPFA (la plupart des tests ne donnent lieu à aucune intervention clinique) et aux coûts très élevés (les tests de détection des SPFA ne sont pas financés par les fonds publics)^{52,53}.

EFFETS SUR LA SANTÉ HUMAINE

Selon Santé Canada, certaines SPFA sont bien absorbées dans l'organisme, peu excrétées et incomplètement métabolisées^{3,4}. Les risques de l'exposition aux SPFA pour la santé varient selon le niveau et la durée d'exposition (c.-à-d. la quantité et le temps écoulé)³⁹. Des études toxicologiques portant sur des animaux de laboratoire ont révélé que des niveaux élevés de SPFA sont associés à des effets sur le développement, le foie, les reins et les systèmes reproducteur, endocrinien et immunitaire^{3,10,50}. Toutefois, les effets constatés chez les animaux ne s'appliquent pas nécessairement à l'humain.

La plupart des revues systématiques et des méta-analyses concernaient des études épidémiologiques (humaines) analysant les effets sur la santé humaine associés à l'exposition au SPFO et à l'APFO, alors que celles publiées au cours des deux dernières années portent sur les effets sur la santé d'autres types de SPFA.

Dans l'ensemble, les données épidémiologiques des études transversales établissent assez clairement que des expositions élevées à certaines SPFA, notamment le SPFO et l'APFO, sont associées à une augmentation d'enzymes hépatiques pouvant indiquer la présence d'une maladie ou de dommages au foie⁵⁵.

Selon des données probantes limitées, des expositions élevées à certaines SPFA sont associées à l'hypertension⁵⁶, à des taux de lipides plus élevés⁵⁷, à un risque accru de certains résultats de grossesse défavorables, y compris le poids insuffisant à la naissance et la naissance prématurée⁵⁸⁻⁶¹; des allergies chez les enfants, dont des liens entre l'exposition au SPFO et la dermatite atopique, et entre l'exposition à l'APFO et la rhinite allergique⁶². Des données probantes limitées indiquent que les SPFA sont associées à une diminution de la réponse immunitaire aux vaccins contre la diphtérie, la rubéole, le tétanos, la rougeole, les oreillons et la grippe, selon une revue systématique et à des méta-analyses récentes^{63,64}, et à un faible indice de masse corporelle chez les enfants^{65,66}. Les études n'établissent pas de façon cohérente de liens entre les SPFA et le diabète de type 2⁶⁷, d'autres résultats de grossesse comme le petit poids pour l'âge gestationnel^{58,61,63}, la fausse couche⁵⁹⁻⁶¹ et l'hypertension gravidique^{61,68}, ni d'effets sur les hormones de la reproduction (p. ex., testostérone, estradiol)⁶⁹, une faible motilité des spermatozoïdes⁷⁰ et le cancer de la prostate⁷¹.

Les études systématiques et méta-analyses portant sur d'autres effets sur la santé n'ont pas montré d'association avec l'exposition aux SPFA. Mentionnons notamment le neurodéveloppement des enfants, l'obésité infantile⁶⁶, les accidents vasculaires cérébraux, la santé osseuse, l'âge de la ménarche et l'hyperuricémie⁷²⁻⁷⁸.

En se fondant sur les données probantes concernant les effets des SPFA sur la santé, des organismes comme l'ATSDR et Santé Canada ont établi que les travailleurs de l'industrie ayant subi une exposition professionnelle aux SPFA, les personnes atteintes de troubles préexistants touchant les mêmes

systèmes (p. ex., fonction hépatique compromise ou vulnérabilité immunitaire), les femmes enceintes et les jeunes enfants peuvent être à risque plus élevé d'effets sur la santé^{10,31,32}.

Notre recherche documentaire n'a pas relevé de revue systématique ni de méta-analyse portant sur la relation entre des effets possibles sur la santé humaine et des mélanges de SPFA. La rareté des recherches scientifiques sur le comportement des SPFA dans les mélanges rend difficile l'évaluation des effets possibles sur la santé associés aux mélanges auxquels les gens sont réellement exposés.

En 2023, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé l'APFO comme cancérigène chez l'humain (groupe 1) sur la base d'indications « suffisantes » de sa cancérigénicité chez les animaux de laboratoire et d'indications mécanistiques « fortes » (pour les altérations épigénétiques et l'immunosuppression) chez les personnes exposées. Les indications étaient « limitées » pour le cancer du rein et des testicules chez l'humain. Le SPFO a été évalué comme peut-être cancérigène chez l'humain (groupe 2B) sur la base d'indications mécanistiques « fortes » (pour les altérations épigénétiques et l'immunosuppression). Il y avait aussi des indications « limitées » de sa cancérigénicité chez les animaux de laboratoire et des indications « insuffisantes » chez l'humain⁷⁹.

En général, il y a lieu de mener d'autres recherches pour comprendre les effets néfastes sur la santé qui sont associés à l'exposition aux SPFA.

Mesures de réduction de l'exposition, recommandations et règlements relatifs aux SPFA

Bien que les recommandations et les règlements mentionnés ci-dessous ne s'appliquent pas directement à tous les milieux de l'Ontario, ils offrent un contexte pour l'interprétation des mesures environnementales et peuvent contribuer à déterminer les cas où il serait utile d'investiguer davantage sur une possible contamination aux SPFA. De nombreuses autorités ont produit des recommandations sur les SPFA dans l'eau potable et certaines recommandations ciblant le sol et les eaux souterraines sont également disponibles. Les SPFA dans les aliments et les produits de consommation ne sont pas spécifiquement réglementés, mais le *Règlement sur certaines substances toxiques (2012)* a interdit la fabrication, l'utilisation, la vente et l'importation des SPFA et des produits qui en contiennent (sous réserve de certaines exceptions)¹⁴.

En général, on élabore des recommandations environnementales pour protéger les populations en se fondant sur la présomption d'une exposition qui dure toute la vie (c.-à-d., protéger contre l'exposition chronique). Pendant le processus d'élaboration des recommandations, on tient couramment compte d'une marge de sécurité ou de facteurs d'incertitude afin qu'elles protègent les populations et les phases de la vie les plus sensibles aux expositions chimiques (p. ex., les personnes atteintes de troubles chroniques préexistants ou les jeunes enfants)^{12,31,32}. Les recommandations peuvent aussi tenir compte d'autres sources d'exposition possibles aux SPFA (p. ex., expositions totales par les aliments, l'eau, l'air, les produits de consommation)¹². Par conséquent, on estime généralement que les expositions de courte durée aux SPFA à des concentrations supérieures aux niveaux prévus par les recommandations n'ont pas d'effet sur la santé. Les risques pour la santé découlant d'expositions prolongées à de hauts niveaux de SPFA varient selon l'intensité et la durée d'exposition.

Différentes autorités peuvent aussi adopter différentes approches pour élaborer des recommandations sur les produits chimiques dans l'environnement. Ces approches peuvent prendre en compte, à des niveaux variables, différents facteurs comme les études de référence, le poids des données probantes, la

faisabilité technique, les concentrations de fond et, en ce qui concerne certains produits chimiques similaires, la question de savoir s'il faut les traiter individuellement ou comme un groupe^{18,80}.

EAU POTABLE

Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs (MEPP) de l'Ontario – recommandation provisoire sur l'eau potable

En 2017, après le signalement d'un important rejet de SPFA provenant de mousse extinctrice qui avait contaminé des eaux souterraines, le MEPP a introduit une valeur recommandée pour l'eau potable de 70 ng/L, laquelle a été appliquée en Ontario là où des SPFA ont été détectées dans l'eau^{81,82}. La recommandation de l'Ontario sur l'eau potable devrait être modifiée en réponse à la publication récente de l'objectif fédéral pour la qualité de l'eau potable au Canada et du règlement national sur l'eau potable aux États-Unis (voir plus loin).

Objectif pour la qualité de l'eau potable de Santé Canada

Objectif pour la qualité de l'eau potable (2024)

En 2024, Santé Canada a publié un objectif pour la qualité de l'eau potable quant à la concentration totale de SPFA. Cet objectif remplace les deux recommandations précédentes pour la qualité de l'eau potable et les neuf valeurs préliminaires établies pour certaines SPFA (voir plus loin). L'objectif pour la qualité de l'eau potable a été établi en réponse à des préoccupations concernant la présence de certaines substances chimiques dans l'eau potable et en vue de réduire l'exposition à ces substances en attendant la modification ou l'élaboration d'une recommandation officielle (laquelle s'appuie sur un processus scientifique rigoureux et s'échelonne sur de nombreuses années)^{83,84}. L'objectif ne s'appuie pas uniquement sur les effets possibles sur la santé en raison des contraintes suivantes⁸⁴ :

- l'évolution rapide de la science sur les SPFA, qui est complexe;
- l'absence de consensus concernant les effets sur la santé dénotant la plus grande sensibilité;
- les méthodes d'évaluation des dangers et des risques qui varient d'une organisation à l'autre.

L'objectif est plutôt fondé sur⁸⁴ :

- la faisabilité technique du traitement de l'eau potable au moyen des technologies actuelles;
- les limites de quantification selon des méthodes d'analyses approuvées;
- les concentrations de SPFA dans l'environnement selon des données de surveillance canadiennes.

Santé Canada a souligné la nécessité d'adopter une approche prudente à l'égard d'un ensemble de SPFA compte tenu « de la possibilité d'une exposition simultanée à plusieurs PFAS, du risque d'effets négatifs sur la santé et des données limitées sur de nombreuses PFAS ». En général, Santé Canada a souligné que « [p]lus les concentrations de PFAS sont faibles, plus le risque pour la santé publique est faible » et a recommandé de maintenir les concentrations de SPFA dans l'eau potable au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (ALARA)^{83,84}.

L'objectif est de 30 ng/L pour la somme de 25 SPFA décelés dans l'eau potable (noms complets à l'annexe B) :

PFBA	PFPeA	PFHxA	PFHpA	PFOA
PFNA	PFDA	PFUnA	PFDoA	PFBS
PFPeS	PFHxS	PFHpS	PFOS	4:2 FTS
6:2 FTS	8:2 FTS	HFPO-DA	ADONA	PFMPA
PFMBA	NFDHA	9C1-PF3ONS	11C1- PF3OUdS	PFEESA

La méthode de laboratoire utilisée pour les échantillons d'eau potable devrait donner des résultats pour les 25 SPFA précédents et respecter les pratiques exemplaires actuelles pour assurer l'exactitude des mesures de SPFA; Santé Canada recommande la méthode 533 de l'EPA⁸⁴.

Concentrations maximales acceptables (CMA) et valeurs préliminaires pour l'eau potable en vigueur antérieurement

Avant d'établir l'objectif pour la qualité de l'eau potable – SPFA en 2024, Santé Canada avait élaboré des recommandations de concentrations maximales acceptables (CMA) pour deux SPFA, soit l'APFO (200 ng/L) et le SPFO (600 ng/L), en se fondant sur les effets sur le foie constatés au cours d'études de laboratoire concernant des rats^{31,32}. Après avoir publié les CMA, Santé Canada a également établi des valeurs préliminaires pour l'eau potable selon lesquelles, pour tenir compte de la similitude des mécanismes des effets toxicologiques du SPFO et de l'APFO, la somme des ratios de la concentration de ces substances par rapport à leur CMA ne devait pas dépasser 1. Santé Canada a également établi des valeurs préliminaires pour d'autres SPFA dans l'eau potable³⁹.

Les CMA et les valeurs préliminaires visent à protéger la santé du public (y compris les enfants) contre les expositions qui durent toute la vie (c.-à-d. les expositions chroniques) à la substance trouvée dans l'eau potable³⁹. Étant donné la rareté des renseignements concernant la plupart des SPFA, l'élaboration de recommandations relatives aux concentrations se fonde souvent sur une approche de regroupement traitant les SPFA comme une catégorie de produits chimiques au lieu de prévoir une évaluation distincte pour chaque substance.

Règlement national sur l'eau potable de l'Environmental Protection Agency des États-Unis

L'EPA a annoncé en avril 2024 la version définitive de son règlement national sur l'eau potable (National Primary Drinking Water Regulations (NPDWR)). Ce règlement comprend des niveaux maximaux de contaminants (Maximum Contaminant Level, MCL) exécutoires pour cinq SPFA (4 ng/L pour l'APFO et le SPFO et 10 ng/L pour le SPFHx, l'APFN et le HFPO-DA) et pour des mélanges de SPFA contenant au moins deux des contaminants suivants : SPFHx, APFN, HFPO-DA et SPFB, selon un indice de risque permettant de tenir compte de SPFA combinés et cooccurrents⁸⁵. L'indice de risque correspond à la somme des quotients de risque individuels des SPFA, chaque quotient comparant la concentration d'un SPFA mesurée dans l'eau au niveau maximal en deçà duquel aucun effet nocif sur la santé n'est attendu; le MCL pour les mélanges de SPFA présente un indice de risque de 1 (sans unité)^{85,86}. Les NPDWR comprennent également des objectifs non exécutoires de niveau maximal de contaminant (Maximum Contaminant Level Goals ou MCLG) fondés sur la santé pour ces SPFA (zéro pour l'APFO et le SPFO et 10 ng/L pour le SPFHx, l'APFN, le HFPO-DA et un indice de risque de 1 pour les mélanges de SPFA)⁸⁵.

Les MCLG sont des objectifs non exécutoires de santé publique qui représentent un niveau de contaminant dans l'eau potable ne produisant aucun effet nuisible connu ou prévu sur la santé et qui permettent une marge de sécurité. Par contre, le MCL est une norme exécutoire et représente le niveau le plus élevé d'un

contaminant qui est permis dans l'eau potable. Les MCL sont fixés le plus près possible des MCLG tout en tenant compte de la meilleure technologie de traitement disponible et du coût⁸⁷. Aux États-Unis, certains États ont également adopté leur propre règlement sur les SPFA dans l'eau potable. À l'heure actuelle, 20 États ont formulé des recommandations sur la concentration de SPFO et d'APFO dans l'eau potable, et certains ont aussi des recommandations visant d'autres SPFA⁸⁸.

Mesures de réduction de l'exposition ciblant l'eau potable

Les SPFA ne sont pas surveillées régulièrement dans l'eau potable au Canada, mais on s'attend en général à ce que les concentrations soient faibles^{31,32}. Lorsqu'ils savent qu'une source d'eau potable est contaminée aux SPFA, les propriétaires des réseaux d'eau potable peuvent réduire l'exposition globale en traitant l'eau ou en utilisant une autre source d'eau pour la consommation, la cuisine et les préparations pour nourrissons. Ils peuvent envisager des options avec des professionnels experts du traitement de l'eau, mais on sait que les procédés de traitement qui éliminent efficacement les SPFA comprennent l'adsorption par charbon actif en grain, la résine échangeuse d'ions et la membrane à haute pression (c.-à-d. nanofiltre et osmose inverse)^{20,29,89}. On peut les adapter aux systèmes de traitement de toutes les tailles. NSF International énumère les produits de traitement de l'eau qui, selon des vérifications indépendantes, réduisent la concentration de SPFA dans l'eau potable; ces produits seront désignés comme étant certifiés NSF 53 ou NSF 58 pour réduire spécifiquement sept SPFA précis (PFHpA, APFO, APFN, APFD, SPFB, SPFHx et SPFO) à une concentration totale égale ou inférieure à 20 ng/L⁸⁴. Comme pour tout système de traitement de l'eau, il faut suivre les recommandations du fabricant concernant l'utilisation et l'entretien du système (p. ex., remplacement du filtre).

Sol

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) a présenté une recommandation sur la qualité du sol en ce qui concerne le SPFO. Cette recommandation visant à protéger la santé humaine prône une concentration de 0,01 mg/kg pour toutes les utilisations du territoire (agriculture, habitation, parcs, commerce et industrie)⁹⁰. Le CCME n'a pas élaboré de recommandation sur l'APFO dans le sol, mais il mentionne que les effets sur la santé associés au SPFO et à l'APFO se ressemblent et qu'il faut tenir compte des effets additifs. Comme dans l'approche adoptée par Santé Canada, pour tenir compte des effets toxicologiques additifs, il faut veiller à ce que la somme des ratios des concentrations de SPFO et d'APFO par rapport à la recommandation sur la qualité du sol en ce qui concerne le SPFO ne dépasse pas 1⁹⁰. Puisque les recommandations du CCME concernant le sol découlent de l'évaluation des effets sur la santé effectuée par Santé Canada, elles pourraient être modifiées par suite du réexamen de 2024 des recommandations sur les SPFA dans l'eau potable effectué par Santé Canada.

Eaux souterraines

Le CCME a également élaboré des recommandations sur la qualité des eaux souterraines en ce qui concerne le SPFO. Elles visent à indiquer les concentrations de contaminants dans les eaux souterraines sous lesquelles on ne prévoit aucun risque appréciable pour la santé humaine découlant de l'exposition à long terme (chronique)⁹¹. La recommandation sur le SPFO dans les eaux souterraines pour la protection de la santé humaine prône une concentration de 0,0006 mg/l (soit 0,6 µg/L) et, pour tenir compte des effets toxicologiques additifs de l'APFO et du SPFO, il faut veiller à ce que la somme des ratios des concentrations de SPFO et d'APFO par rapport à la recommandation sur la qualité des eaux souterraines en ce qui concerne le SPFO ne dépasse pas 1⁹⁰. Puisque les recommandations du CCME concernant les eaux souterraines découlent de l'évaluation des effets sur la santé effectuée par Santé Canada, elles pourraient être modifiées par suite du réexamen de 2024 des recommandations sur les SPFA dans l'eau potable effectué par Santé Canada.

Analyse et conclusions

Les propriétés physiques particulières des SPFA ont amené leur utilisation répandue dans beaucoup de produits de consommation et procédés industriels, notamment des revêtements de papier et de carton, des tapis résistants aux taches, des revêtements antiadhésifs de batteries de cuisine et des agents formant film flottant (AFFF) extincteur. Cependant, ces mêmes propriétés physiques ont aussi permis aux SPFA de persister dans l'environnement, ce qui a attiré l'attention du public et des scientifiques ces dernières années.

Des études ont révélé que des sites d'enfouissement, des sites industriels et des zones d'activités d'extinction d'incendie étaient des sources de SPFA dans l'environnement. Une fois dans l'environnement, les SPFA peuvent contaminer les eaux souterraines et de surface. Elles peuvent éventuellement entrer dans la chaîne alimentaire et créer ainsi de multiples sources d'exposition pour le public. Les sources d'exposition peuvent comprendre l'alimentation, le sol, la poussière intérieure et l'eau potable, en plus des biens de consommation et des textiles.

Les recommandations sur les SPFA concernent surtout l'eau potable, mais certaines ciblent le sol et les eaux souterraines. Elles visent généralement à protéger les populations des expositions chroniques aux SPFA et prévoient des marges de sécurité. De nouvelles données probantes relatives aux effets possibles sur la santé ont mené récemment à la relaxation de certains règlements concernant l'eau potable.

Des études animales portant sur l'exposition aux SPFA indiquent un lien avec des effets accrus sur le foie, les reins et les systèmes reproducteur, endocrinien et immunitaire. Ce lien est appuyé par une association avec une hausse des enzymes hépatiques, notamment en ce qui concerne le SPFO et l'APFO, selon des études épidémiologiques transversales, mais les données humaines sont par ailleurs limitées et il faudrait des études plus poussées sur leur signification clinique.

Présentement, toute la population canadienne est exposée à certaines SPFA, mais on ne peut pas attribuer clairement les effets sur la santé. Lorsque des personnes sont exposées longtemps à des niveaux élevés de SPFA dans l'environnement, on peut prendre des mesures pour réduire les expositions. Par exemple, des concentrations élevées supérieures aux recommandations applicables peuvent être présentes dans une zone de contamination connue aux SPFA ou dans un lieu de travail (p. ex., personnes travaillant avec des AFFF), ce qui peut donner lieu à des expositions. Dans ces situations, divers organismes recommandent généralement de prendre des mesures pour réduire les expositions aux SPFA. Des mesures comme les systèmes de traitement de l'eau potable pour les propriétaires de puits d'eau potable touchés, les choix de consommation éclairés (p. ex., achat de produits exempts de SPFA selon les indications) et l'observation des conseils de consommation de poisson de l'Ontario peuvent réduire les expositions globales jusqu'à ce que davantage de données probantes concernant les effets des SPFA sur la santé soient disponibles⁹²⁻⁹⁶.

Références

1. Centre de collaboration nationale en santé environnementale (CCNSE). Nouvelles lignes directrices canadiennes sur les SPFA pour la salubrité de l'eau potable [Internet]. CCNSE; 2019 [cité le 13 juillet 2022]. Disponible à : <https://ccnse.ca/content/blog/nouvelles-lignes-directrices-canadiennes-sur-les-spfa-pour-la-salubrite-de-leau>.
2. Santé Canada. Rapport sur la biosurveillance humaine des substances chimiques de l'environnement au Canada : Résultats de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé Cycle 1 (2007 à 2009) [Internet]. 2010. Disponible à : https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/contaminants/chms-ecms/report-rapport-fra.pdf.
3. Santé Canada. Les substances perfluoroalkyliques et polyfluoroalkyliques (PFAS) dans la population canadienne [Internet]. Santé Canada; 2021 [cité le 7 juin 2024]. Disponible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/rapports-publications/contaminants-environnementaux/ressources-biosurveillance-humaine/per-polyfluoroalkyl-population-canadienne.html>.
4. Santé Canada. Deuxième rapport sur la biosurveillance humaine des substances chimiques de l'environnement au Canada : Résultats de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé Cycle 2 (2009 à 2011) [Internet]. Santé Canada; 2013 [cité le 7 juin 2024]. Disponible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/rapports-publications/contaminants-environnementaux/deuxieme-rapport-biosurveillance-humaine-substances-chimiques-environnement-canada-sante-canada-2013.html#a13>.
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) and your health [Internet]. ATSDR; 2022 [cité le 13 juillet 2022]. Disponible à : <https://www.atsdr.cdc.gov/pfas/index.html>.
6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). The family tree of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) for environmental health professionals: names and abbreviations. [Internet]. 2017. Disponible à : https://www.atsdr.cdc.gov/pfas/docs/PFAS_FamilyTree_EnvHealthPro-508.pdf.
7. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Technical fact sheet: drinking water health advisories for four PFAS (PFOA, PFOS, GenX chemicals, and PFBS) [Internet]. 2022 [cité le 8 septembre 2022]. Disponible à : <https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-06/technical-factsheet-four-PFAS.pdf>.
8. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Risk management for per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) under TSCA [Internet]. 2022 [cité le 13 juillet 2022]. Disponible à : <https://www.epa.gov/assessing-and-managing-chemicals-under-tsca/risk-management-and-polyfluoroalkyl-substances-pfas>.
9. Lau C, Anitole K, Hodes C, Lai D, Pfahles-Hutchens A, Seed J. Perfluoroalkyl acids: a review of monitoring and toxicological findings. *Toxicol Sci.* 2007; 99(2) : 366-94.

10. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for perfluoroalkyls [Internet]. ATSDR; 2021 [cité le 7 juin 2024]. Disponible à : <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200.pdf>.
11. United States Centers for Disease Control and Prevention (US CDC). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) [Internet]. 2021 [cité le 8 septembre 2022]. Disponible à : <https://www.cdc.gov/niosh/topics/pfas/default.html>.
12. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Drinking water health advisories for PFAS fact sheet for communities [Internet]. USEPA; 2022 [cité le 7 juin 2024]. Disponible à : <https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-06/drinking-water-ha-pfas-factsheet-communities.pdf>.
13. Loi sur la quasi-élimination du sulfonate de perfluorooctane, L.C. 2008, ch. 13 [Internet]. Disponible à : <https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/p-8.3/page-1.html>.
14. Règlement sur certaines substances toxiques interdites (2012). DORS/2012-285 [Internet]. Disponible à : <https://laws-lois.justice.gc.ca/fra/reglements/DORS-2012-285/TexteComplet.html>.
15. Centre de Walkerton pour l'assainissement de l'eau (CWAE). PFAS in water systems: a Canadian perspective [Internet]. 2021 [cité le 16 septembre 2022]. Disponible à : <https://wcwc.ca/wp-content/uploads/2020/12/PFAS-Fact-Sheet-2021-02-23-FINAL-ENG.pdf>.
16. Environnement et Changement climatique Canada. Les mousses à formation de pellicule aqueuse et le Règlement sur certaines substances toxiques interdites [Internet]. 2017 [cité le 16 septembre 2022]. Disponible à : https://www.canada.ca/content/dam/eccc/documents/pdf/cepa/5081%20AFF%20Fact%20Sheet%20_FINAL_FR.pdf.
17. Gouvernement du Canada. Gazette du Canada, Partie I, volume 155, numéro 17 : Avis du gouvernement [Internet]. 2021. Disponible à : <https://gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2021/2021-04-24/html/notice-avis-fra.html#nl5>.
18. Gouvernement du Canada. Gazette du Canada, Partie I, volume 156, numéro 20 : Règlement sur certaines substances toxiques interdites, 2022 [Internet]. 2022. Disponible à : <https://gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2022/2022-05-14/html/reg2-fra.html>.
19. Awad E, Zhang X, Bhavsar SP, Petro S, Crozier PW, Reiner EJ, et al. Long-term environmental fate of perfluorinated compounds after accidental release at Toronto airport. Environ Sci Technol. 20 juill. 2011; 45(19) : 8081-9.
20. Santé Canada. Le sulfonate de perfluorooctane (SPFO) dans l'eau potable [Internet]. Santé Canada; 2016 [cité le 7 juin 2024]. Disponible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/programmes/consultation-sulfonate-perfluorooctane-spfo-eau-potable/document.html>.
21. United States Food and Drug Administration (US FDA). Authorized uses of PFAS in food contact applications [Internet]. 2022 [cité le 16 septembre 2022]. Disponible à : <https://www.fda.gov/food/chemical-contaminants-food/authorized-uses-pfas-food-contact-applications>.

22. Restaurants Brands International. Packaging & recycling [Internet] [cité le 16 septembre 2022]. Disponible à : <https://www.rbi.com/English/sustainability/packaging-and-recycling/default.aspx>.
23. Chen Y, Zhang H, Liu Y, Bowden JA, Tolaymat TM, Townsend TG, et al. Concentrations of perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances before and after full-scale landfill leachate treatment. *Waste Manag.* 2022; 153 : 110-20.
24. Panieri E, Baralic K, Djukic-Cosic D, Buha Djordjevic A, Saso L. PFAS molecules: a major concern for the human health and the environment. *Toxics.* 18 janv. 2022; 10(2) : 44.
25. Interstate Technology Regulatory Council (ITRC). Environmental fate and transport for per- and polyfluoroalkyl substances [Internet]. 2020. Disponible à : https://pfas-1.itrcweb.org/fact_sheets_page/PFASFact_Sheet_Fate_and_Transport_April2020.pdf.
26. Environnement et Changement climatique Canada. Indicateurs canadiens de durabilité de l'environnement : Sulfonate de perfluorooctane dans les poissons et l'eau [Internet]. 2019 [cité le 14 septembre 2022]. Disponible à : <https://www.canada.ca/content/dam/eccc/documents/pdf/cesindicators/pfos-fish-water/2019/PFOS-in-fish-and-water-fr.pdf>.
27. Lalonde B, Garron C. Perfluoroalkyl substances (PFASs) in the Canadian freshwater environment. *Arch Environ Contam Toxicol.* Mai 2022; 82(4) : 581-91.
28. Gewurtz SB, Backus SM, De Silva AO, Ahrens L, Armellin A, Evans M, et al. Perfluoroalkyl acids in the Canadian environment: multi-media assessment of current status and trends. *Environ Int.* Sept. 2013; 59 : 183-200.
29. Santé Canada. L'acide perfluorooctanoïque (APFO) dans l'eau potable [Internet]. 2016 [cité le 13 juillet 2022]. Disponible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/programmes/consultation-acide-perfluorooctanoique-apfo-eau-potable/document.html>.
30. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). An overview of the science and guidance for clinicians on per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) [Internet]. ATSDR; 2019 [cité le 25 juillet 2022]. Disponible à : <https://www.atsdr.cdc.gov/pfas/docs/clinical-guidance-12-20-2019.pdf>.
31. Santé Canada. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique : L'acide perfluorooctanoïque (APFO). [Internet]. 2018 [cité le 7 juin 2024]. Disponible à : https://publications.gc.ca/collections/collection_2018/sc-hc/H144-13-8-2018-fra.pdf.
32. Santé Canada. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique : Le sulfonate de perfluorooctane (SPFO). [Internet]. 2018 [cité le 7 juin 2024]. Disponible à : https://publications.gc.ca/collections/collection_2018/sc-hc/H144-13-9-2018-fra.pdf.
33. Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA). PFAS dans les aliments : l'EFSA évalue les risques et définit un apport tolérable [Internet]. 2022 [cité le 16 septembre 2022]. Disponible à : <https://www.efsa.europa.eu/fr/news/pfas-food-efsa-assesses-risks-and-sets-tolerable-intake>.
34. United States Food & Drug Administration (US FDA). Questions and answers on PFAS in food [Internet]. 2022 [cité le 12 septembre 2022]. Disponible à : <https://www.fda.gov/food/chemical-contaminants-food/questions-and-answers-pfas-food>.

35. Tittlemier SA, Pepper K, Seymour C, Moisey J, Bronson R, Cao XL, et al. Dietary exposure of Canadians to perfluorinated carboxylates and perfluorooctane sulfonate via consumption of meat, fish, fast foods, and food items prepared in their packaging. *J Agric Food Chem*. 1^{er} avr. 2007; 55(8) : 3203-10.
36. United States Food & Drug Administration (US FDA). Analytical results of testing food for PFAS from environmental contamination [Internet]. 2022. Disponible à : <https://www.fda.gov/food/process-contaminants-food/analytical-results-testing-food-pfas-environmental-contamination>.
37. Santé Canada. Questions et réponses sur la présence des PFC dans les aliments [Internet]. 2014 [cité le 16 septembre 2022]. Disponible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/aliments-nutrition/salubrite-aliments/contaminants-chimiques/contaminants-environnementaux/composes-perfluores-aliments/questions-reponses-presence-aliments.html>.
38. Kleywegt S, Raby M, McGill S, Helm P. The impact of risk management measures on the concentrations of per- and polyfluoroalkyl substances in source and treated drinking waters in Ontario, Canada. *Sci Total Environ*. Déc. 2020; 748 : 141195.
39. Santé Canada. Parlons d'eau : Substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (PFAS) dans l'eau potable [Internet]. 2019 [cité le 7 juin 2024]. Disponible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/rapports-publications/qualite-eau/parlons-eau-substances-perfluoroalkyliques-polyfluoroalkyliques-eau-potable.html>.
40. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) and your health: PFAS and breastfeeding [Internet]. ATSDR; 2021 [cité le 14 juillet 2022]. Disponible à : <https://www.atsdr.cdc.gov/pfas/health-effects/pfas-breastfeeding.html>.
41. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) and your health: how can I be exposed [Internet]. ATSDR; 2022 [cité le 13 juillet 2022]. Disponible à : <https://www.atsdr.cdc.gov/pfas/health-effects/exposure.html>.
42. Rawn DFK, Dufresne G, Clément G, Fraser WD, Arbuckle TE. Perfluorinated alkyl substances in Canadian human milk as part of the Maternal-Infant Research on Environmental Chemicals (MIREC) study. *Sci Total Environ*. Juill. 2022; 831 : 154888.
43. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Our current understanding of the human health and environmental risks of PFAS [Internet]. 2022 [cité le 13 juillet 2022]. Disponible à : <https://www.epa.gov/pfas/our-current-understanding-human-health-and-environmental-risks-pfas>.
44. Oklahoma State University. Contaminant of emerging concern: per- and polyfluoroalkyl substance (PFAS) [Internet] [cité le 16 septembre 2022]. Disponible à : <https://extension.okstate.edu/programs/solid-waste-management/contaminant-of-emerging-concern-per-and-polyfluoroalkyl-substance-pfas.html>.
45. Michigan Department of Environment, Great Lakes and Energy. Frequently asked questions on air quality related issues Air Quality Workgroup – Michigan PFAS Action Response Team (MPART) [Internet]. 2019 [cité le 30 septembre 2022]. Disponible à : <https://www.michigan.gov/-/media/Project/Websites/pfasresponse/documents/MPART/Workgroup/Air-Quality/FAQ-Air-Quality-Related-Issues.pdf?rev=2e8807a55c32424696cad59e4b47ede2>.

46. Santé Canada. Sixième rapport sur la biosurveillance humaine des substances chimiques de l'environnement au Canada : Résultats de l'Enquête canadienne sur les mesures de la santé Cycle 6 (2018 à 2019) [Internet]. 2021. Disponible à : <https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/services/environmental-workplace-health/reports-publications/environmental-contaminants/sixth-report-human-biomonitoring/pub1-fra.pdf>.
47. Xia C, Diamond ML, Peaslee GF, Peng H, Blum A, Wang Z, et al. Per- and polyfluoroalkyl substances in North American school uniforms. *Environ Sci Technol*. 2022; 56(19) : 13845-57.
48. Environnement et Changement climatique Canada, Santé Canada. Ébauche du rapport sur l'état des substances perfluoroalkyliques et polyfluoroalkyliques (SPFA) [Internet]. 2023. Disponible à : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/evaluation-substances-existantes/ebauche-rapport-etat-substances-perfluoroalkyliques-polyfluoroalkyliques.html#toc42>.
49. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). PFAS in the US population [Internet]. 2022 [cité le 8 février 2023]. Disponible à : <https://www.atsdr.cdc.gov/pfas/health-effects/us-population.html>.
50. United States Centers for Disease Control and Prevention (US CDC). Biomonitoring data tables for environmental chemicals [Internet]. 2022 [cité le 8 février 2023]. Disponible à : https://www.cdc.gov/exposurereport/data_tables.html.
51. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Guidance on PFAS exposure, testing, and clinical follow-up [Internet]. Washington, DC : The National Academies Press; 2022 [cité le 7 juin 2024]. Disponible à : <https://nap.nationalacademies.org/catalog/26156/guidance-on-pfas-exposure-testing-and-clinical-follow-up>.
52. Downs JW, Nacca NE, Perron S, Holland MG. Routine blood testing for 'Forever Chemicals': implications of the 2022 NASEM PFAS report recommendations. *Toxicol Commun*. 2024; 8(1) : 1–5.
53. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. PFAS Information for Clinicians – 2024 [Internet]. 2024 [cité le 11 juin 2024]. Disponible à : <https://www.atsdr.cdc.gov/media/pdfs/2024/07/ATSDR-PFAS-Information-for-Clinicians.pdf>.
54. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) and your health: what are the health effects of PFAS? [Internet]. ATSDR; 2022 [cité le 13 juillet 2022]. Disponible à : <https://www.atsdr.cdc.gov/pfas/health-effects/index.html>.
55. Costello E, Rock S, Stratakis N, Eckel SP, Walker DI, Valvi D, et al. Exposure to per- and polyfluoroalkyl substances and markers of liver injury: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect*. 2022; 130(4) : 046001.
56. Yang J, Zhang K, Shen C, Tang P, Tu S, Li J, et al. The Association of Hypertension with Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances. *Int Heart J*. 2023; 64(6) : 1079–87.
57. Song X, Ye T, Jing D, Wei K, Ge Y, Bei X, et al. Association between exposure to per- and polyfluoroalkyl substances and levels of lipid profile based on human studies. *Rev Environ Health*. 2024.

58. Gui SY, Chen YN, Wu KJ, Liu W, Wang WJ, Liang HR, et al. Association between exposure to per- and polyfluoroalkyl substances and birth outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Front Public Health* [Internet]. 2022; 10. Disponible à : <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpubh.2022.855348>.
59. Yang Z, Liu HY, Yang QY, Chen X, Li W, Leng J, et al. Associations between exposure to perfluoroalkyl substances and birth outcomes: a meta-analysis. *Chemosphere*. Mars 2022; 291 (partie 2) : 132909.
60. Deji Z, Liu P, Wang X, Zhang X, Luo Y, Huang Z. Association between maternal exposure to perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances and risks of adverse pregnancy outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Sci Total Environ*. 20 août 2021; 783 : 146984.
61. Gao X, Ni W, Zhu S, Wu Y, Cui Y, Ma J, et al. Per- and polyfluoroalkyl substances exposure during pregnancy and adverse pregnancy and birth outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Environ Res*. Oct. 2021; 201 : 111632.
62. Luo Y, Deji Z, Huang Z. Exposure to perfluoroalkyl substances and allergic outcomes in children: a systematic review and meta-analysis. *Env Res*. 2020; 191 : 110145.
63. Zhang X, Xue L, Deji Z, Wang X, Liu P, Lu J, et al. Effects of exposure to per- and polyfluoroalkyl substances on vaccine antibodies: a systematic review and meta-analysis based on epidemiological studies. *Environ Pollut Barking Essex*. 1^{er} août 2022; 306 : 119442.
64. Crawford L, Halperin SA, Dzierlenga MW, Skidmore B, Linakis MW, Nakagawa S, et al. Systematic review and meta-analysis of epidemiologic data on vaccine response in relation to exposure to five principal perfluoroalkyl substances. *Environ Int*. 2023; 172 : 107734.
65. Ru H, Lee AL, Rappazzo KM, Dzierlenga M, Radke E, Bateson TF, et al. Systematic review and meta-analysis of birth weight and perfluorohexane sulfonate exposures: examination of sample timing and study confidence. *Occup Environ Med*. 2024; 81(5) : 266–76.
66. Frigerio G, Ferrari CM, Fustinoni S. Prenatal and childhood exposure to per-/polyfluoroalkyl substances (PFASs) and its associations with childhood overweight and/or obesity: a systematic review with meta-analyses. *Environ Health Glob Access Sci Source*. 2023;22(1):56.
67. Gui SY, Qiao JC, Xu KX, Li ZL, Chen YN, Wu KJ, et al. Association between per- and polyfluoroalkyl substances exposure and risk of diabetes: a systematic review and meta-analysis. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 15 août 2022.
68. Hu CY, Qiao JC, Gui SY, Xu KX, Dzhambov AM, Zhang XJ. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances and hypertensive disorders of pregnancy: A systematic review and meta-analysis. *Environ Res*. 2023; 231 (partie 2) : 116064.
69. Petersen KU, Larsen JR, Deen L, Flachs EM, Hærvig KK, Hull SD, et al. Per- and polyfluoroalkyl substances and male reproductive health: a systematic review of the epidemiological evidence. *J Toxicol Env Health B Crit Rev*. 2020; 23(6) : 276-91.
70. Wang H, Wei K, Wu Z, Liu F, Wang D, Peng X, et al. Association between per- and polyfluoroalkyl substances and semen quality. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2022; (9441769, dvn).

71. Steenland K, Winquist A. PFAS and cancer, a scoping review of the epidemiologic evidence. *Environ Res.* 2021; 194 : 110690.
72. Stubner C, Nielsen C, Jakobsson K, Gillberg C, Miniscalco C. Early-Life Exposure to Perfluoroalkyl Substances (PFAS) and Child Language and Communication Development: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2023; 20(24).
73. Liu D, Yan S, Liu Y, Chen Q, Ren S. Association of prenatal exposure to perfluorinated and polyfluoroalkyl substances with childhood neurodevelopment: A systematic review and meta-analysis. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2024; 271 : 115939.
74. Yao H, Fu Y, Weng X, Zeng Z, Tan Y, Wu X, et al. The Association between Prenatal Per- and Polyfluoroalkyl Substances Exposure and Neurobehavioral Problems in Offspring: A Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health.* 2023; 20(3) : 1668.
75. Khosrojerdi MA, Lotfi H, Babaei Z, Mirhamidi M, Keyvanloo Shahrestanaki M. Exposure to per- and polyfluoroalkyl substances and bone health: a systematic review and meta-analysis. *Int J Environ Health Res.* 2024; 1–22.
76. Chang MC, Chung SM, Kwak SG. Exposure to perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances and risk of stroke in adults: a meta-analysis. *Rev Environ Health.* 2023.
77. Yu Y, Quan X, Wang H, Zhang B, Hou Y, Su C. Assessing the health risk of hyperuricemia in participants with persistent organic pollutants exposure - a systematic review and meta-analysis. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2023; 251(edk, 7805381) : 114525.
78. Schell LM, West CN. Age at menarche and chemical exposure: per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS), dichloro-diphenyl-trichloroethane (DDT), dichloro-diphenyl-dichloroethylene (DDE), and polychlorinated biphenyls (PCBs). *Ann Hum Biol.* 2023; 50(1) : 282–92.
79. Zahm S, Bonde JP, Chiu WA, Hoppin J, Kanno J, Abdallah M, et al. Carcinogenicity of perfluorooctanoic acid and perfluorooctanesulfonic acid. *Lancet Oncol.* 2023; (100957246).
80. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) [Internet]. 2022. Disponible à : <https://www.epa.gov/sdwa/and-polyfluoroalkyl-substances-pfas>.
81. Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario. Rapport annuel 2024 de la ministre sur l'eau potable (2024) [Internet]. 2024. Disponible à : <https://www.ontario.ca/fr/page/rapport-annuel-2024-de-la-ministre-sur-leau-potable>.
82. Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario. Rapport annuel 2022 du ministre sur l'eau potable [Internet]. 2022 [cité le 15 février 2023]. Disponible à : <https://www.ontario.ca/fr/page/rapport-annuel-2022-du-ministre-sur-leau-potable>.
83. Santé Canada. Objectif proposé pour la qualité de l'eau potable au Canada pour les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées : Aperçu [Internet]. 2023 [cité le 7 juin 2024]. Disponible à : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/programmes/consultation-objectif-propose-qualite-eau-potable-canada-substances-perfluoroalkylees-polyfluoroalkylees/apercu.html>.
84. Santé Canada. Objectif pour la qualité de l'eau potable au Canada - substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées. 2024.

85. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) Final PFAS National Primary Drinking Water Regulation [Internet]. 2024. Disponible à : <https://www.epa.gov/sdwa/and-polyfluoroalkyl-substances-pfas>.
86. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Fact Sheet: Understanding the Final PFAS National Primary Drinking Water Regulation Hazard Index Maximum Contaminant Level [Internet]. 2024. Disponible à : https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-04/pfas-npdwr_fact-sheet_hazard-index_4.8.24.pdf.
87. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Fact Sheet: PFAS National Primary Drinking Water Regulation [Internet]. 2024. Disponible à : https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-04/pfas-npdwr_fact-sheet_general_4.9.24v1.pdf.
88. Interstate Technology Regulatory Council. Fact sheets: PFAS water and soil regulatory and guidance values table excel file [Internet]. 2024. Disponible à : https://pfas-1.itrcweb.org/wp-content/uploads/2024/01/ITRCPFASWaterandSoilValuesTables_APR2024-FINAL-Updated.xlsx.
89. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Reducing PFAS in drinking water with treatment technologies [Internet]. 2018. Disponible à : <https://www.epa.gov/sciencematters/reducing-pfas-drinking-water-treatment-technologies>.
90. Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME). Document scientifique pour le développement de recommandations canadiennes pour la qualité du sol et des eaux souterraines visant la protection de l'environnement et la santé humaine [Internet]. 2021. Disponible à : <https://ccme.ca/fr/res/pfossoilandgroundwaterqualityguidelinescdfr.pdf>.
91. Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME). Recommandations : Les Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement (RCQE) établissent des objectifs, qui reposent sur des bases scientifiques, pour la qualité des écosystèmes aquatiques et terrestres [Internet]. Disponible à : <https://ccme.ca/fr/priorites-actuelles/recommandations-canadiennes-pour-la-qualit-de-lenvironnement>.
92. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Meaningful and achievable steps you can take to reduce your risk [Internet]. 2022 [cité le 7 juin 2024]. Disponible à : <https://www.epa.gov/pfas/meaningful-and-achievable-steps-you-can-take-reduce-your-risk>.
93. Ministère de l'Environnement, de la Protection de la nature et des Parcs de l'Ontario. Carte : Guide de consommation du poisson de l'Ontario [Internet]. 2022. Disponible à : <https://www.ontario.ca/fr/page/guide-de-consommation-du-poisson-de-lontario>.
94. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). PFAS exposure assessment community update – online information session [Internet]. 2021 [cité le 7 juin 2024]. Disponible à : <https://www.atsdr.cdc.gov/pfas/activities/assessments/online-session.html>.
95. Agence européenne pour l'environnement. Emerging chemical risks in Europe — 'PFAS' [Internet]. 2019 [cité le 7 juin 2024]. Disponible à : <https://www.eea.europa.eu/publications/emerging-chemical-risks-in-europe>.
96. Whitehead HD, Venier M, Wu Y, Eastman E, Urbanik S, Diamond ML, et al. Fluorinated compounds in north american cosmetics. Environ Sci Technol Lett. 13 juill. 2021; 8(7) : 538–44.

97. Environnement et Changement climatique Canada. Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) : Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement Sulfonate de perfluorooctane [Internet]. 2018. Disponible à : <https://www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique/services/evaluation-substances-existantes/recommandations-federales-qualite-environnement-sulfonate-perfluorooctane.html>.
98. Gewurtz SB, Bradley LE, Backus S, Dove A, McGoldrick D, Hung H, et al. Perfluoroalkyl acids in Great Lakes precipitation and surface water (2006–2018) indicate response to phase-outs, regulatory action, and variability in fate and transport processes. *Environ Sci Technol*. 6 août 2019; 53(15) : 8543-52.

Annexe A : Niveaux de SPFA dans l'environnement

Tableau A : Niveaux de SPFO mesurés dans de l'eau, des poissons, des sédiments et de l'air du Canada, tels que mentionnés dans diverses études^{26,27,38,85,86}.

Type d'échantillon	Description de l'échantillon	Concentrations de SPFO mesurées
Eaux de surface	Échantillons prélevés dans 29 sites d'échantillonnage dispersés au Canada de 2013 à 2020	Concentration médiane de 2,3 ng/L Concentration maximale de 27,6 ng/L
	Échantillons prélevés dans les stations de référence riveraines des Grands Lacs de 2005 à 2019	Concentrations médianes de 2,30 ng/L (2005-2007) et de 2,15 ng/L (2018-2019) Concentrations moyennes (IC : 95 %) de 3,74 ng/L (2005-2007) et de 2,03 ng/L (2018-2019) Concentrations maximales de 15 ng/L (2005-2007) et de 10 ng/L (2018-2019)
	Échantillons prélevés dans le bassin des Grands Lacs de 2006 à 2018 (comprend des précipitations et des eaux de surface)	Concentrations médianes de 0,93 et de 2,1 ng/L dans les précipitations et les eaux de surface respectivement Concentrations maximales de 7,4 et de 14 ng/L dans les précipitations et les eaux de surface respectivement
	Échantillons prélevés dans huit sites de drainage dispersés au Canada de 2016 à 2017	Fourchette de concentrations de 2 à 26,1 ng/L
	Échantillons prélevés dans 11 zones de drainage dispersées au Canada de 2007 à 2010	Concentration maximale de 10 ng/L
Poissons	Tissus de touladis prélevés dans le lac Ontario de 2013 à 2014	Fourchette de concentrations de 40 à 60 µg/kg
	Touladis et dorés prélevés dans le lac Ontario en 2006 et en 2010	Moyenne géométrique de 62 µg/kg
	Touladis et dorés prélevés dans le lac Érié en 2006 et en 2010	Moyenne géométrique de 90 µg/kg
Sédiments	Échantillons prélevés dans 18 sites dispersés au Canada en 2008	Concentration maximale de 0,010 µg/g (poids sec) dans le lac Ontario
Air	Échantillons d'air de grand volume prélevés à trois endroits en 2009	Moyenne géométrique : Toronto (Ontario) : 1,5 pg/m ³ Lac Supérieur : 0,43 pg/m ³

Type d'échantillon	Description de l'échantillon	Concentrations de SPFO mesurées
		Alert (Nunavut) : 0,2 pg/m ³
	Échantillons d'air passifs prélevés à huit endroits en 2009	Résultats d'échantillons uniques : Nord de l'Ontario : 18 pg/m ³ Toronto (Ontario) : 8 pg/m ³ Saskatchewan : 5 pg/m ³ Whistler (C.-B.) : 4 pg/m ³ Alert (Nunavut) : 2 pg/m ³ (Non détectés aux autres sites)
Eaux souterraines	Échantillons prélevés dans des sites présentant une contamination aux SPFA connue (zones de formation de pompiers dans des aéroports)	Fourchettes de concentrations : London (Ontario) : 5 000 à 130 000 ng/L Hamilton (Ontario) : <20 à 560 000 ng/L

Note : Les données liées aux eaux souterraines exprimées en µg/L ont été converties en ng/L aux fins de comparaison.

Annexe B : Objectif pour la qualité de l'eau potable au Canada - SPFA

Tableau B – Objectif pour la qualité de l'eau potable au Canada – SPFA, en nanogrammes par litre (ng/L)

SPFA	Nom abrégé	Objectif pour la qualité de l'eau potable au Canada ⁸⁴
Acide 11-chloroicosafuoro-3-oxaundécane-1-sulfonique	11Cl-PF3OUdS	-
Acide 9-chlorohexadécafluoro-3-oxanonane-1-sulfonique	9Cl-PF3ONS	-
acide 4,8-dioxa-3H-perfluorononanoïque	ADONA	-
Acide dimère d'oxyde d'hexafluoropropylène	HPFO-DA	-
Acide perfluorobutanesulfonique	PFBS	-
Acide perfluorodécanoïque	PFDA	-
Acide perfluorododécanoïque	PFDoA	-
Acide perfluoroheptanoïque	PFHpA	-
Acide perfluorohexanesulfonique	PFHxS	-
Acide perfluorohexanoïque	PFHxA	-
Acide perfluorononanoïque	PFNA	-
Acide perfluorooctanesulfonique	PFOS	-
Acide perfluorooctanoïque	PFOA	-
Acide perfluoroundécanoïque	PFUnA	-

SPFA	Nom abrégé	Objectif pour la qualité de l'eau potable au Canada ⁸⁴
Acide nonafluoro-3,6-dioxaheptanoïque	NFDHA	-
Acide perfluorobutanoïque	PFBA	-
Acide 1 <i>H</i> ,1 <i>H</i> ,2 <i>H</i> ,2 <i>H</i> -perfluorodécanesulfonique	8:2 FTS	-
Acide perfluoro(2-éthoxyéthane)sulfonique	PFEESA	-
Acide perfluoroheptanesulfonique	PFHpS	-
Acide 1 <i>H</i> ,1 <i>H</i> ,2 <i>H</i> ,2 <i>H</i> -perfluorohexanesulfonique	4:2 FTS	-
Acide perfluoro-3-méthoxypropanoïque	PFMPA	-
Acide perfluoro-4-méthoxybutanoïque	PFMBA	-
Acide 1 <i>H</i> ,1 <i>H</i> ,2 <i>H</i> ,2 <i>H</i> -perfluorooctanesulfonique	6:2 FTS	-
Acide perfluoropentanoïque	PFPeA	-
Acide perfluoropentanesulfonique	PFPeS	-
Somme des 25 SPFA	-	30

Résumé des changements

Les changements apportés dans la présente révision sont résumés dans le tableau suivant.

Date	Description des principaux changements	Page
Sept. 2025	Mise à jour des principales constatations pour décrire les nouvelles recommandations sur la qualité de l'eau potable de Santé Canada et de l'EPA	2
Sept. 2025	Modification de la description des méthodes afin d'inclure la recherche documentaire mise à jour	2-3
Sept. 2025	Ajout d'indications sur les analyses cliniques visant à déceler les SPFA	7
Sept. 2025	Mise à jour des données probantes scientifiques concernant les effets possibles des SPFA sur la santé humaine et la classification du SPFO et de l'APFO comme cancérogènes	7-8
Sept. 2025	Mise à jour des recommandations sur les concentrations de SPFA dans l'eau potable	8-11
Sept. 2025	Efficacité des systèmes de traitement de l'eau certifiés par NSF pour réduire les concentrations de SPFA dans l'eau potable	11
Sept. 2025	Suppression d'un tableau contenant les recommandations antérieures de Santé Canada sur les concentrations de SPFA dans l'eau potable (CMA et valeurs préliminaires) et les recommandations de l'Ontario sur les concentrations de SPFA dans l'eau potable	25
Sept. 2025	Ajout d'un tableau décrivant l'objectif pour la qualité de l'eau potable établi par Santé Canada en 2024 concernant les concentrations de SPFA, y compris le nom complet des 25 SPFA	25

Modèle proposé pour citer le document

Agence ontarienne de protection et de promotion de la santé (Santé publique Ontario). Les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (SPFA). 1^{re} révision. Toronto (ON) : Imprimeur du Roi pour l'Ontario; 2026.

Avis de non-responsabilité

Santé publique Ontario (SPO) a conçu le présent document. SPO offre des conseils scientifiques et techniques au gouvernement, aux agences de santé publique et aux fournisseurs de soins de santé de l'Ontario. Les travaux de SPO s'appuient sur les meilleures données probantes disponibles au moment de leur publication. L'application et l'utilisation du présent document relèvent de la responsabilité des utilisateurs. SPO n'assume aucune responsabilité relativement aux conséquences de l'application ou de l'utilisation du document par quiconque. Le présent document peut être reproduit sans permission à des fins non commerciales seulement, sous réserve d'une mention appropriée de Santé publique Ontario. Aucun changement ni aucune modification ne peuvent être apportés à ce document sans la permission écrite explicite de Santé publique Ontario.

Santé publique Ontario

Santé publique Ontario est un organisme du gouvernement de l'Ontario voué à la protection et à la promotion de la santé de l'ensemble de la population ontarienne, ainsi qu'à la réduction des iniquités en matière de santé. Santé publique Ontario met les connaissances et les renseignements scientifiques les plus pointus du monde entier à la portée des professionnels de la santé publique, des travailleurs de la santé de première ligne et des chercheurs.

Pour obtenir plus de renseignements au sujet de SPO, veuillez consulter santepubliqueontario.ca.

© Imprimeur du Roi pour l'Ontario, 2026

Ontario 