

Colloque de l'Ordre des Agronomes,
19-20 octobre 2023, Victoriaville

Les enjeux des PFAS et autres contaminants émergents dans nos champs

Sébastien Sauvé, Ph. D
Professeur titulaire
Département de chimie
Université de Montréal

sebastien.sauve@umontreal.ca

Université 
de Montréal

 ACADÉMIE
d'AGRICULTURE
de FRANCE
AGRICULTURE ■ ALIMENTATION ■ ENVIRONNEMENT



Contaminants d'intérêt émergent

- « Contaminants émergents » vocable plus court pour contaminants d'intérêt émergent
- Nouvelles molécules qui sont vraiment émergentes
- Vieux contaminants – qui redeviennent pertinents et donc émergents
- « nouveaux » contaminants dont on vient de réaliser l'importance mais qui sont là depuis très longtemps (e.g. hormones ou métaux)
- Statut « Émergent » lié au manque d'information

Sols

Voies d'apports de contaminants émergents dans les sols:

- Éléments traces sont naturellement présents dans les sols
- Apports atmosphériques (pluie, neige, poussières)
- Engrais chimiques, chaux et autres conditionneurs de sols
- Produits phytosanitaires
- Fumiers
- Biosolides, digestats, composts etc
- Irrigation

Émergents dans l'environnement

- On peut certainement détecter les contaminants émergents dans l'environnement mais pas toujours facile de démontrer la présence ou l'absence de risques
- Ces contaminants inquiètent pour:
 - **Contribution à la résistance aux antibiotiques**
 - **Agissent comme perturbateurs endocriniens**
 - **Potentiel pro-inflammatoire et cancérigène**
 - **Vecteurs d'exposition (eau, air, nourriture)**
 - **Exposition chronique**
 - **Santé des sols**

Polluants de demain

- Nouveaux matériaux pour la capture et le stockage d'énergie (inclut PFAS)
- Liquides ioniques
- Cyanotoxines
- Nouveaux pesticides
- Plastiques et polymères
- La valorisation des biosolides représente un vecteur potentiel de redistribution des contaminants émergents

PFAS

- Les substances perfluoroalkyliques et polyfluoroalkyliques (SPFA)
- *Per- and polyfluoroalkyl substances* (PFAS)
- Selon les sources, il y a de 5000 à >10 000 molécules de PFAS distinctes reconnues

- PFOS - Sulfonate de perfluorooctane
- PFOA - Acide perfluorooctanoïque

Enjeu

Les PFAS (*per- and polyfluoroalkyl substances* – substances alkylées per – ou polyfluorées) sont un excellent exemple de contaminant d'intérêt émergent

- On commence à avoir pas mal d'inquiétudes mais on n'a pas toutes les informations requises pour bien réglementer tous les aspects qui nous inquiètent.
- Surnom « *Forever Chemicals* » est trompeur et contribue à entretenir la phobie autour du problème, les PFAS se dégradent lentement mais ne sont pas les polluants organiques persistants les plus lents à se dégrader et certainement pas éternels



À déconseiller aux écoanxieux



« Où est Charlie? »



unsplash.com



unsplash.com



unsplash.com

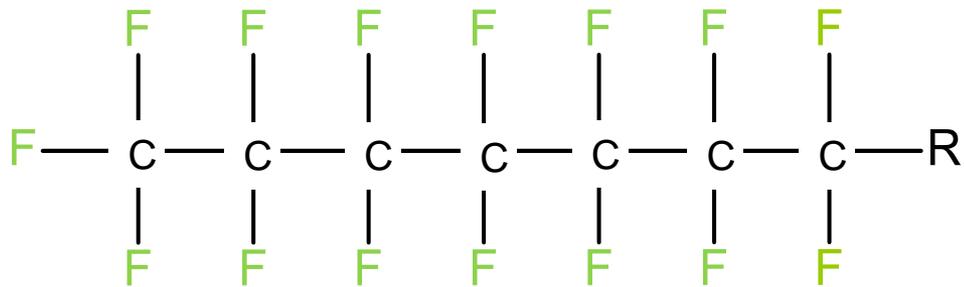


unsplash.com

La solution au problème des PFAS commence en questionnant tous ces usages qui en sont la source.



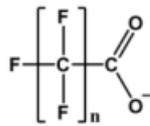
Structure d'un PFAS



- Très fluoré, le lien carbone – fluor est particulièrement stable
- Résistance thermique et chimique
- Repousse l'eau et les corps gras

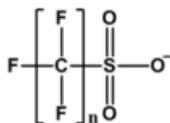
Liste des PFAS

PFCA



PFPrA	n = 2
PFBA	n = 3
PFPeA	n = 4
PFHxA	n = 5
PFHpA	n = 6
PFOA	n = 7
PFNA	n = 8
PFDA	n = 9
PFUnA	n = 10

PFSA

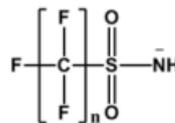


PFPrS	n = 3
PFBS	n = 4
PFPeS	n = 5
PFHxS	n = 6
PFHpS	n = 7
PFOS	n = 8
PFNS	n = 9
PFDS	n = 10

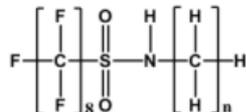
PFOA n = 7

PFOS n = 8

FASAs and N-alkylated FOSA

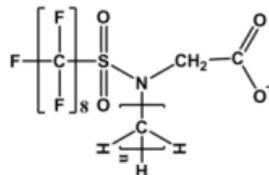


FHxSA	n = 6
FOSA	n = 8

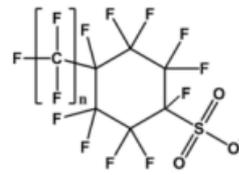


MeFOSA	(n = 1)
EtFOSA	(n = 2)

Sulfonamido acetic acids

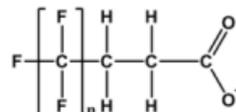


FOSAA	(n = 0)
MeFOSAA	(n = 1)
EtFOSAA	(n = 2)



PFECHS n = 2

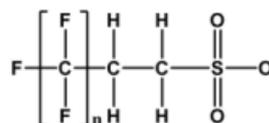
n:3 Acid



5:3 Acid n = 5

7:3 Acid n = 7

n:2 FtS



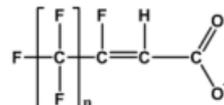
4:2 FtS n = 4

6:2 FtS n = 6

8:2 FtS n = 8

10:2 FtS n = 10

FTUCA

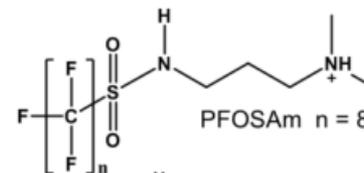


6:2 FTUCA n = 5

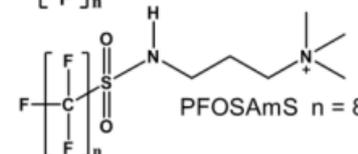
8:2 FTUCA n = 7

10:2 FTUCA n = 9

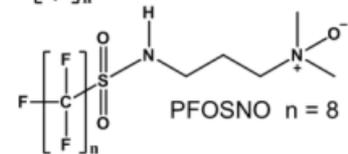
Cationic and zwitterionic



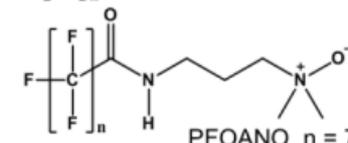
PFOSAm n = 8



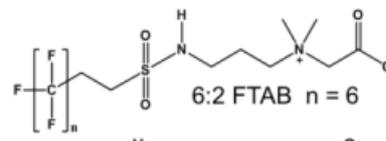
PFOSAmS n = 8



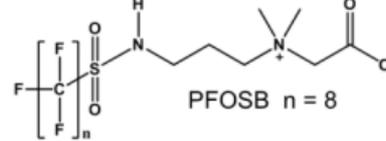
PFOSNO n = 8



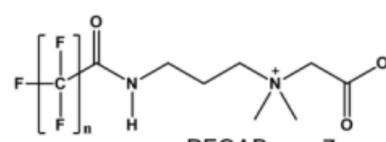
PFOANO n = 7



6:2 FTAB n = 6

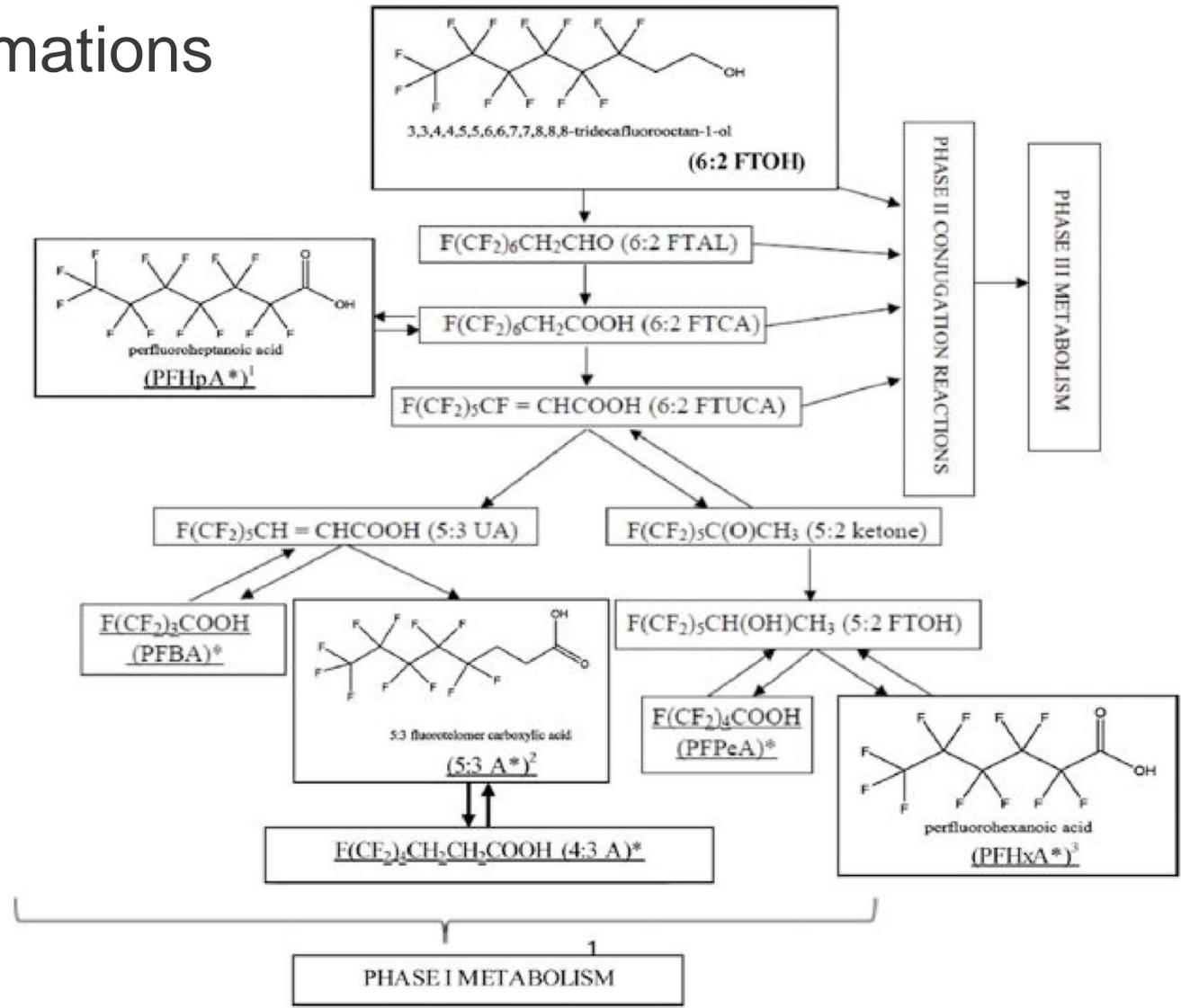


PFOSB n = 8



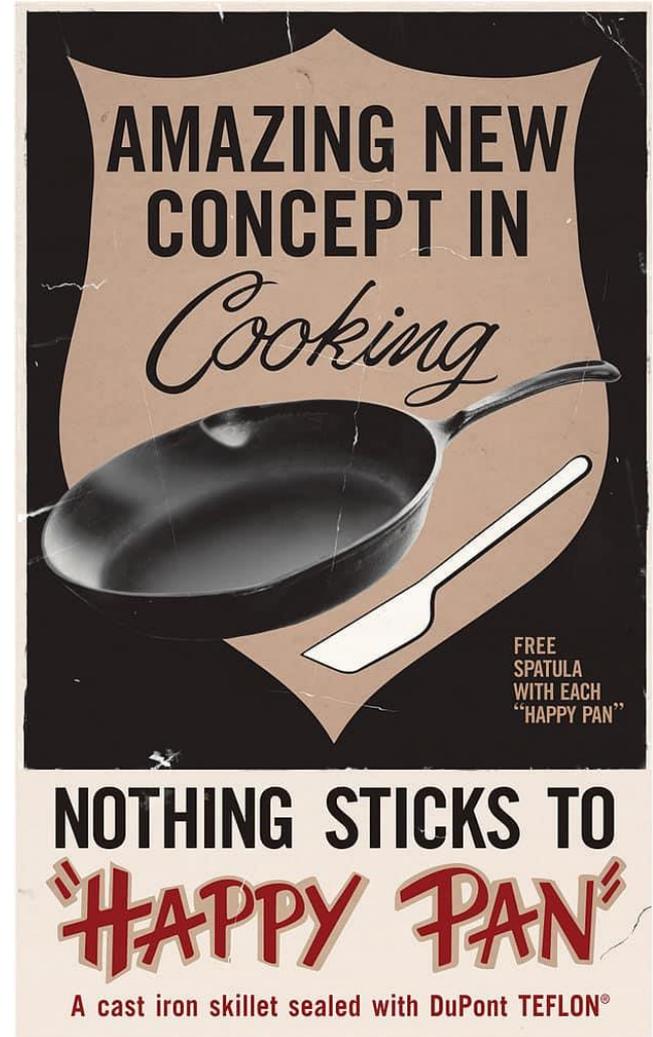
PFOAB n = 7

Transformations



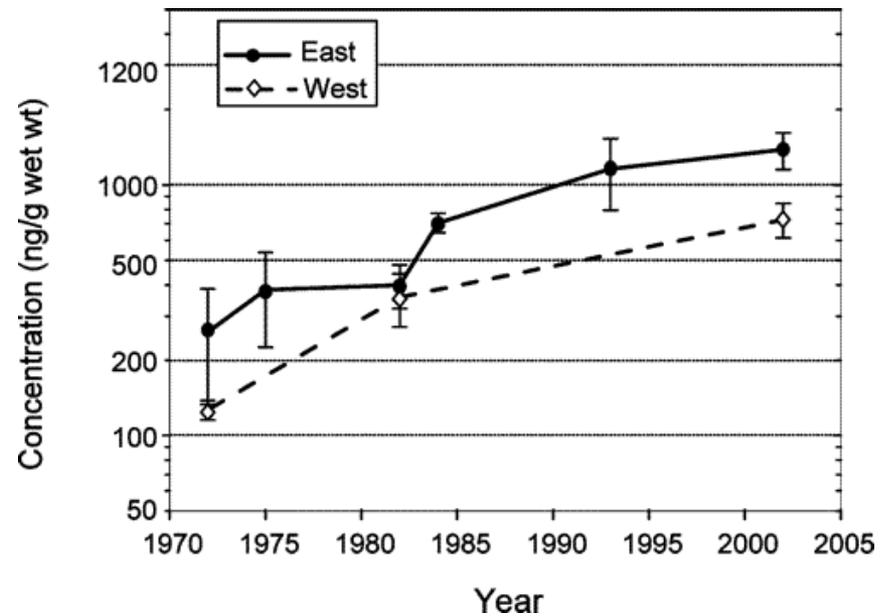
Historique

- 1938-1950 – Début de la synthèse et production de PTFE (Dupont) et PFOS (3M)
- Initialement reconnu comme peu toxique et sans danger



Données de bioaccumulation de PFOS dans des foies d'ours polaires

- Début des années 2000 – on démontre la présence des PFAS dans les animaux sauvages
- Données pour le confirmer dans le sang ou sérum humain ou même le lait maternel
- Σ PFAS de 10 à 50 ng/g dans les poissons affectés par Mégantic



Temporal Trends of Perfluoroalkyl Contaminants in Polar Bears (*Ursus maritimus*) from Two Locations in the North American Arctic, 1972–2002

Smithwick et al. Environmental Science & Technology 2006 40:1139-1143

Historique

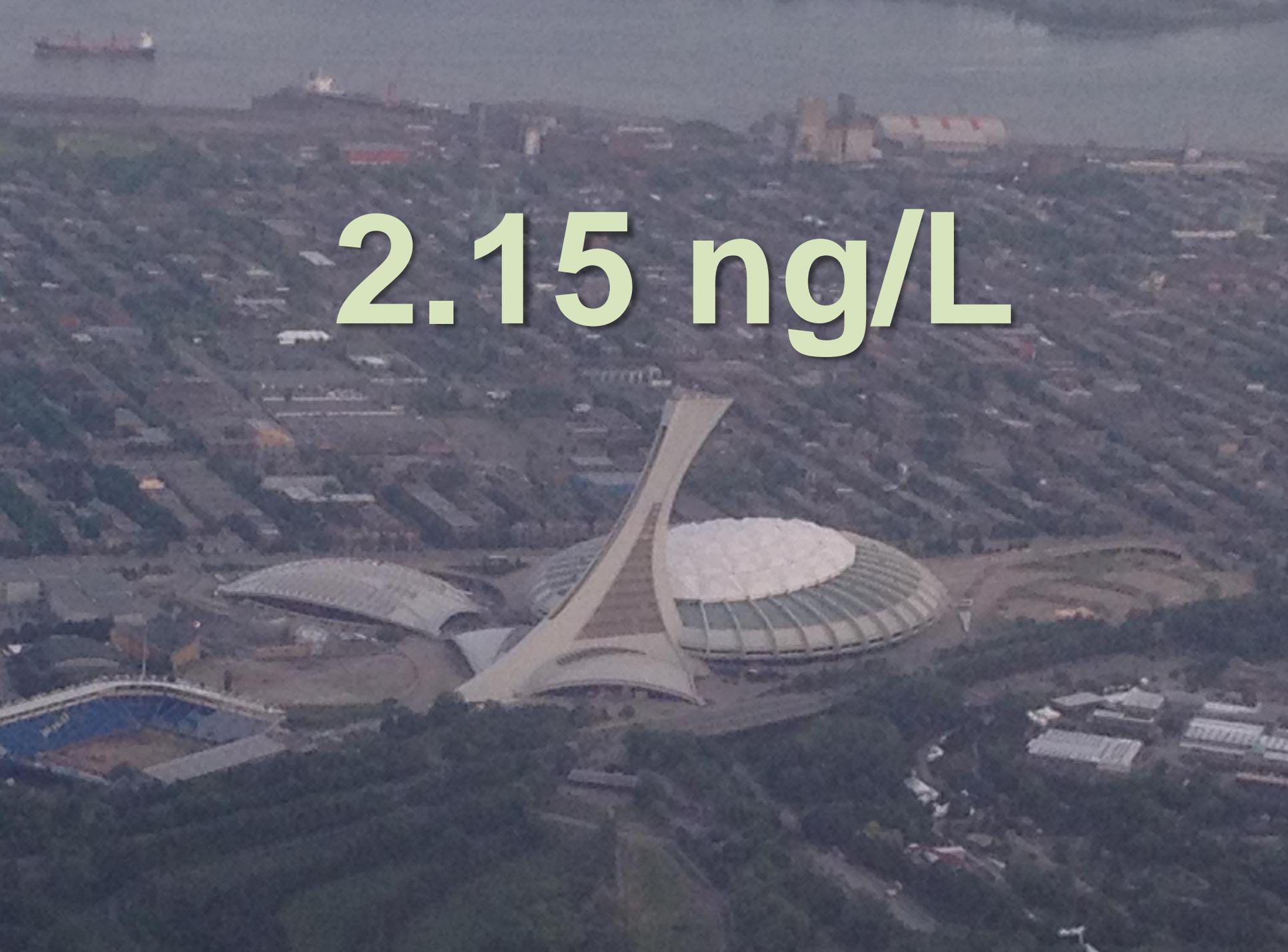
- En 2009, le PFOS a été banni comme polluant organique persistant (Stockholm Convention). PFOA et PFHxS ont suivi en 2019 and 2022.
- Mouvement récent pour élargir la restriction d'utilisation à l'ensemble des PFAS, en Europe, au Canada et aux USA
- Début de réglementation dans l'eau potable

Règlementation dans l'eau potable

- *West Virginia* a initialement réglementé à 150 000 ng PFOA/L
- USEPA a suivi avec un seuil de 400 ng PFOA/L en 2009, révisé à 70 ng PFOA/L ou PFOS/L en 2016
- Au Canada on est à 600 ng PFOS/L et 200 ng PFOA/L
- Union Européenne cible un seuil d'une somme de différents PFAS à ne pas dépasser de 100 ng/L – effectif en 2026.

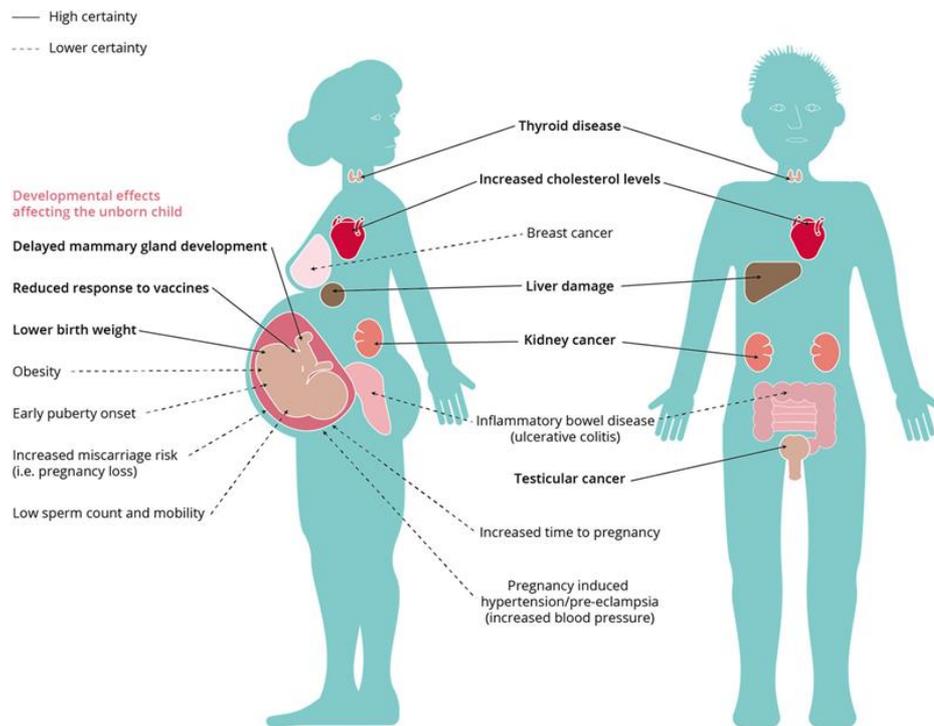


2.15 ng/L



Effets sur la santé

- Métabolisme des lipides
- Cancers
- Problèmes de thyroïde
- Poids réduit à la naissance
- Dommages au foie
- Système immunitaire



Enviro Toxic and Chemistry, Volume: 40, Issue: 3, Pages: 606-630, First published: 05 October 2020, DOI: (10.1002/etc.4890)

Dans la majorité des cas, les risques restent inférieurs aux ceux auxquels s'exposent les fumeurs

Réponse vaccinale

- Doubler la concentration de PFAS dans le sang/sérum conduit à une réduction de ~25% de la réponse vaccinale
- Études répétées de multiples fois pour plusieurs vaccins différents, avec des enfants ou des adultes
- Peu de données de ce type pour la faune sauvage ou les animaux de ferme! On sait qu'il y a bioaccumulation mais ne connaît pas grand-chose sur les impacts sur le système immunitaire des animaux.
- La réponse vaccinale est une mesure du dérangement du système immunitaire – fort probablement pas le seul!

Summary of Four PFAS Health Advisories

Jun 2022

- **Interim Health Advisories:**
 - Perfluorooctanoic acid (PFOA)
 - Perfluorooctane sulfonate (PFOS)
- **Final Health Advisories:**
 - GenX chemicals (PFOA replacement)
 - Perfluorobutane sulfonic acid (PFBS) (PFOS replacement)
- For PFOA and PFOS, some negative health effects may occur at concentrations that are near zero and below our ability to detect at this time.
- The lower the level of these chemicals in drinking water, the lower the risk to public health.

Chemical	Health Advisory Value (ppt)	Minimum Reporting Level (ppt)
PFOA	0.004 (Interim)	4
PFOS	0.02 (Interim)	4
GenX Chemicals	10 (Final)	5
PFBS	2,000 (Final)	3



Office of Water

<https://www.epa.gov/sdwa/drinking-water-health-advisories-pfoa-and-pfos>

Avis Seuils Santé USEPA: PFOA = 0,004 ng/L et PFOS = 0,02 ng/L

Février 2023



Health
Canada

Santé
Canada

Your health and
safety... our priority.

Votre santé et votre
sécurité... notre priorité.

Objectif pour la qualité de l'eau potable
au Canada

Substances perfluoroalkylées
et polyfluoroalkylées

« Il est recommandé que les stations de traitement s'efforcent de maintenir les concentrations de SPFA dans l'eau potable au niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (*as low as reasonably achievable, ALARA*). »

<https://www.canada.ca/fr/sante-canada/programmes/consultation-objectif-propose-qualite-eau-potable-canada-substances-perfluoroalkylees-polyfluoroalkylees/apercu.html>

Recommandation: Σ PFAS < 30 ng/L dans l'eau potable

 An official website of the United States government



MENU

Search EPA.gov

Mars 2023

Related Topics: [Safe Drinking Water Act](#)

[CONTACT US <https://epa.gov/sdwa/forms/contact-us-about-safe-drinking-water-act>](#)

[<https://epa.gov/sdwa>](https://epa.gov/sdwa)

Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS)

Proposed PFAS National Primary Drinking Water Regulation

On March 14, 2023, EPA announced the proposed National Primary Drinking Water Regulation (NPDWR) for six PFAS including perfluorooctanoic acid (PFOA), perfluorooctane sulfonic acid (PFOS), perfluorononanoic acid (PFNA), hexafluoropropylene oxide dimer acid (HFPO-DA, commonly known as GenX Chemicals), perfluorohexane sulfonic acid (PFHxS), and perfluorobutane sulfonic acid (PFBS). The proposed PFAS NPDWR does not require any actions until it is finalized. EPA anticipates finalizing the regulation by the end of 2023. EPA expects that if fully implemented, the rule will prevent thousands of deaths and reduce tens of thousands of serious PFAS-attributable illnesses.

<https://www.epa.gov/sdwa/and-polyfluoroalkyl-substances-pfas>

<https://www.epa.gov/sdwa/and-polyfluoroalkyl-substances-pfas>

Summary

EPA is proposing a National Primary Drinking Water Regulation to establish legally enforceable levels, called Maximum Contaminant Levels (MCLs), for six PFAS in drinking water. EPA is also proposing health-based, non-enforceable Maximum Contaminant Level Goals (MCLGs) for these six PFAS.

The proposed rule would also require public water systems to:

- Monitor for these PFAS
- Notify the public of the levels of these PFAS
- Reduce the levels of these PFAS in drinking water if they exceed the proposed standards.

**Clair et sans
ambiguïté!**

Compound	Proposed MCLG	Proposed MCL (enforceable levels)
PFOA	Zero	4.0 parts per trillion (also expressed as ng/L)
PFOS	Zero	4.0 ppt
PFNA	1.0 (unitless) Hazard Index	1.0 (unitless) Hazard Index
PFHxS		
PFBS		
HFPO-DA (commonly referred to as GenX Chemicals)		

- **Recommandation : PFOA et PFOS doivent être chacun plus petits que 4 ng/L**
- **PFNA, PFHxS, PFBS et GenX sont dans un index relatif combiné (seuils de 9 (PFHxS), 10 (PFNA et GenX) et 2000 ng/L PFBS)**

Union Européenne

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020L2184&from=FR>

- La somme des PFAS dans l'eau potable ne doit pas dépasser 100 ng/L
- Doit être mis en place par les pays membres pour le début 2026.
- Autres valeurs guides en place:
 - \sum PFOA + PFOS + PFNS + PFHxS :
 - < 2 ng/L au Danemark
 - <4 ng/L au Pays-Bas

Somme de 20 PFAS (Union Européenne)

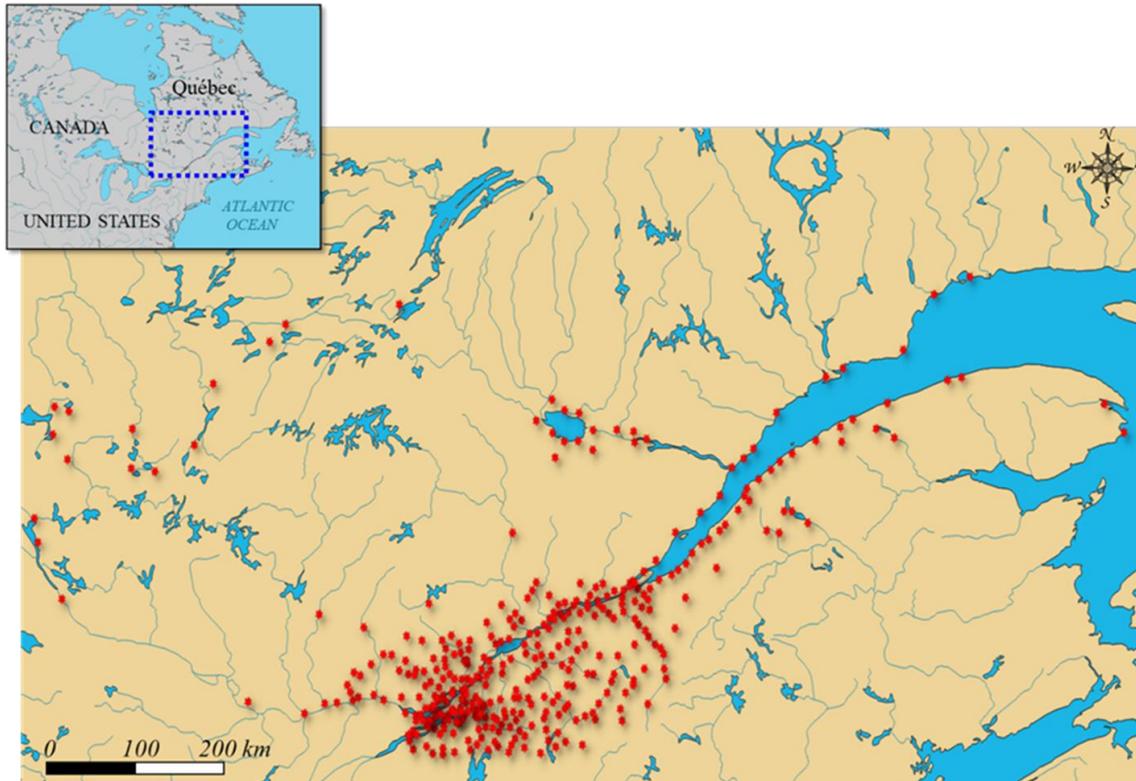
Annexe 3. Somme des PFAS Les substances qui suivent sont analysées sur la base des lignes directrices techniques élaborées en conformité avec l'article 13, paragraphe 7:

- Acide perfluorobutanoïque (PFBA)
- Acide perfluoropentanoïque (PFPeA)
- Acide perfluorohexanoïque (PFHxA)
- Acide perfluoroheptanoïque (PFHpA)
- Acide perfluorooctanoïque (PFOA)
- Acide perfluorononanoïque (PFNA)
- Acide perfluorodécanoïque (PFDA)
- Acide perfluoroundécanoïque (PFUnDA)
- Acide perfluorododécanoïque (PFDoDA)
- Acide perfluorotridécanoïque (PFTrDA)
- Acide perfluorobutanesulfonique (PFBS)
- Acide perfluoropentanesulfonique (PFPeS)
- Acide perfluorohexane sulfonique (PFHxS)
- Acide perfluoroheptane sulfonique (PFHpS)
- Acide perfluorooctane sulfonique (PFOS)
- Acide perfluorononane sulfonique (PFNS)
- Acide perfluorodécane sulfonique (PFDS)
- Acide perfluoroundécane sulfonique
- Acide perfluorododécane sulfonique
- Acide perfluorotridécane sulfonique

EU, Santé Canada et USEPA

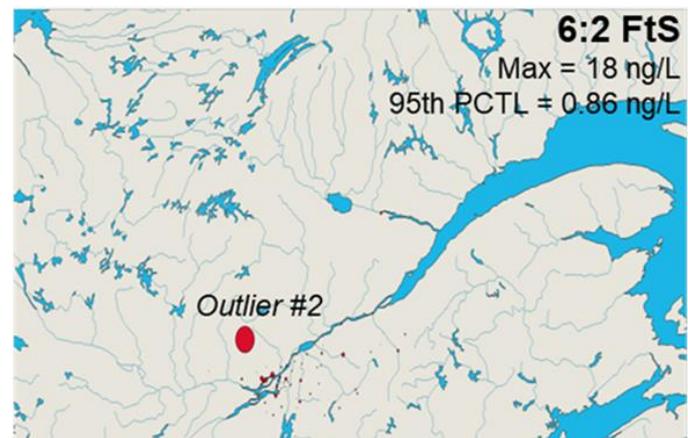
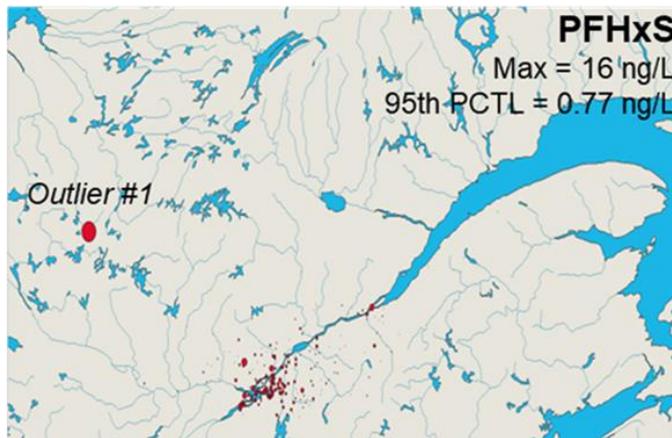
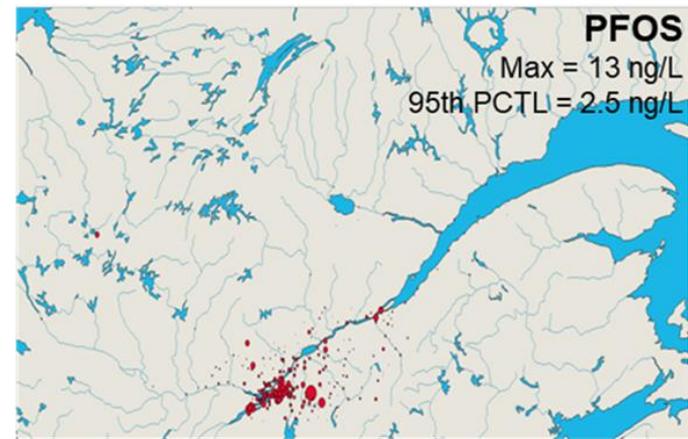
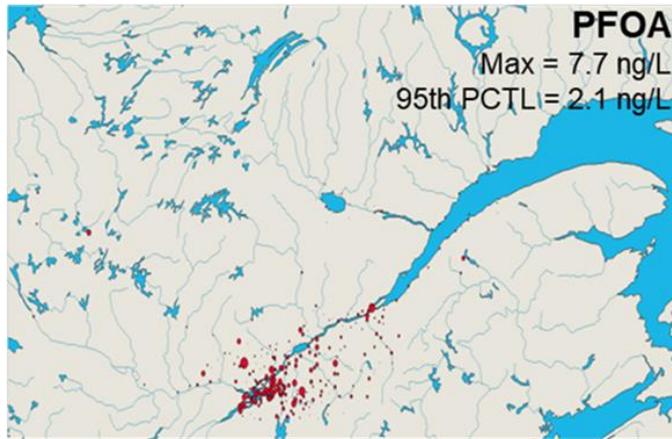
- UE propose une cible pour l'eau potable à 100 ng/L pour la somme d'une vingtaine de PFAS
- Santé Canada propose une cible pour l'eau potable à 30 ng/L pour la somme d'une trentaine de PFAS.
- USEPA propose des cibles pour l'eau potable à 4 ng PFOA/L ou 4 ng PFOS/L et 4 autres PFAS
- Au Québec, l'INSPQ propose sa propre approche avec un logigramme d'exposition aux PFAS qui nuance les risques en se basant sur des valeurs toxicologiques de références dérivées principalement d'études sur des animaux et qui évite de devoir agir rapidement en cas de dépassement.

Carte des 376 sites échantillonnés (2018-20)



Munoz et al. 2023. *Water Research*, 233: 119750.

PFAS dans l'eau potable au Québec



Dans la base de données du Québec

**Sur un total de 463
échantillons provenant
de 376 sites:**

**1 seul échantillon
dépasse 100 ng/L (EU
(+ La Baie)**

**5 sites > 30 ng/L
(Canada)**

**7 sites > 4 ng
PFOA/PFOS/L (USEPA)**

	Summed PFAS * Concentration unit ng/L
TW2018_Val-d'Or	107,7
TW2019_Saint-Donat-de-Montcalm	81,8
TW2020_Saint-Donat-de-Montcalm_Location#1	70,2
TW2020_Saint-Donat-de-Montcalm_Location#2	67,8
TW2019_Val-d'Or	54,8
TW2019_L'Épiphanie	44,2
TW2019_Sainte-Cécile-de-Milton	35,8
TW2019_Sainte-Adèle	34,3
TW2018_Sainte-Adèle	31,8
TW2020_Val-d'Or	30,0
TW2019_Sainte-Pétronille	21,0
TW2018_Farnham	20,5
TW2019_Waterloo	19,1
TW2018_Saint-Hyacinthe	16,3
TW2019_Saint-Hyacinthe	16,0
TW2018_Longueuil	15,9
TW2020_Montréal-Est	15,8
TW2020_Montréal	15,5
TW2019_Lévis	15,0

Munoz et al. 2023. Water Research, 233: 119750.

Origine des PFAS

- Sites d'enfouissement
- Aéroports
- Bases militaires
- Exercice d'entraînement de pompiers
- Incendies

Sur un total de 376+ sites au Québec

5+2 villes au Québec avec la \sum PFAS > 30 ng/L (le seuil proposé par Santé Canada)

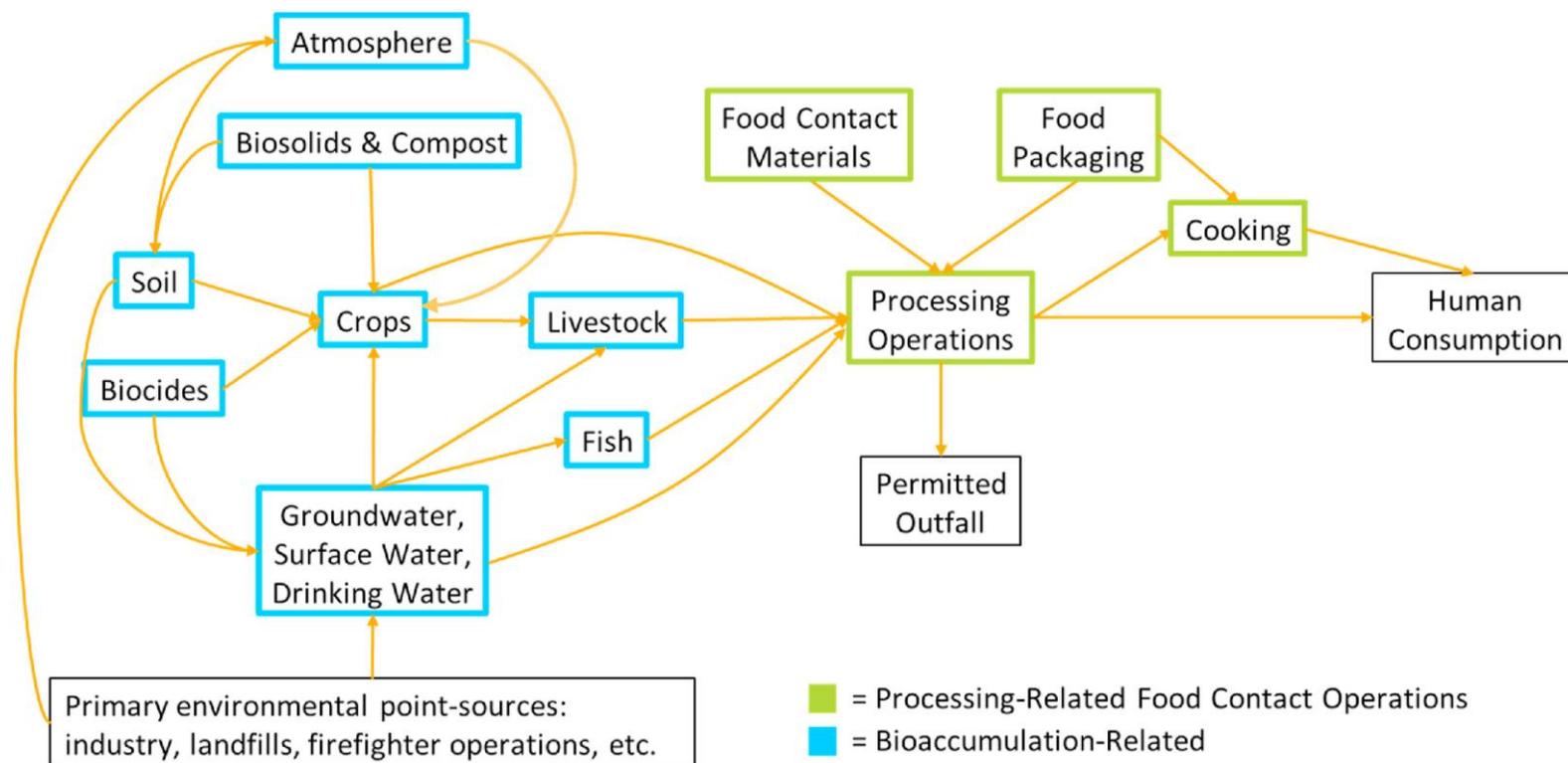
7 sites au-dessus des seuils proposés par USEPA (et deux sites qui ne seraient pas identifiés avec la norme étatsunienne).

Quand on applique les deux normes à nos données, la proposition de Santé Canada devrait être ajustée à \sum PFAS <15 ng/L pour avoir un résultat comparable à la proposition de l'USEPA.

Aucune norme ou suivi ne sont requis pour les PFAS dans l'eau potable au Québec. Nous n'avons même pas de données pour toutes les municipalités du Québec.

INSPQ reconnaît que « L'eau de La Baie représente un potentiel de surexposition aux PFAS » mais juge que « Les concentrations retrouvées représentent un risque négligeable d'effets néfastes à la santé ».

Exposition par la nourriture



Vorst et al. 2021. Risk assessment of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in food: Symposium proceedings, Trends in Food Science & Technology, 116: Pages 1203-1211, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.038>.

Eau vs nourriture

	Σ PFAS		200	2L/jour @ max 100 ng/L	2L/jour @ max 30 ng/L
	ng/g poids frais	Cible	Dose pour 200 g	Règles UE pour les PFAS dans l'eau	Règles Santé Canada pour les PFAS dans l'eau
Poisson	1 to 12	3,0	600	300%	1000%
Viande	0,3 to 0,5	0,5	100	50%	167%
Foie	2 to 12	4,0	800	400%	1333%
Fruits de mer	2 to 15	8,0	1600	800%	2667%
Plantes	0,04 to 0,4	0,1	20	10%	33%
Lait	1 to 3	1,5	300	150%	500%

Données de PFAS dans la nourriture sont plutôt maigres et très peu de normes et lignes directives pour les PFAS dans la nourriture

Biosolides

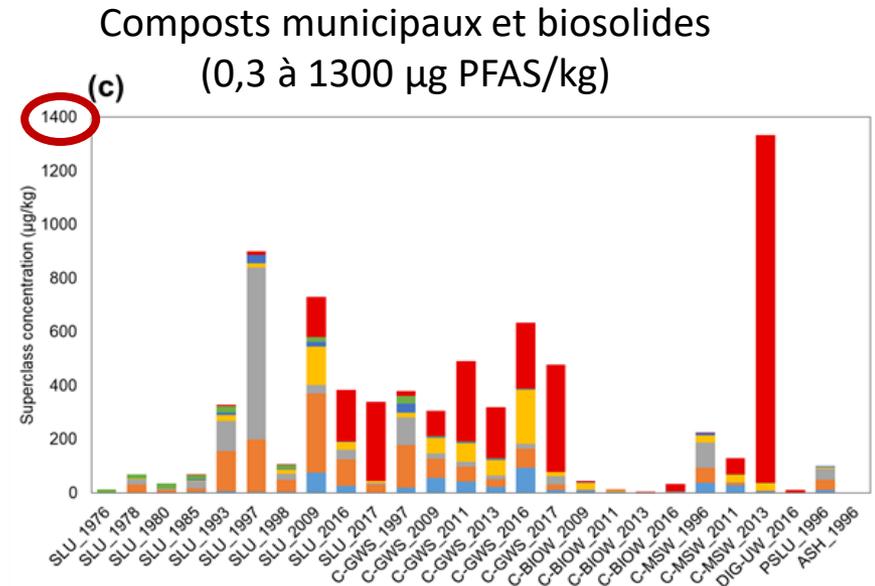
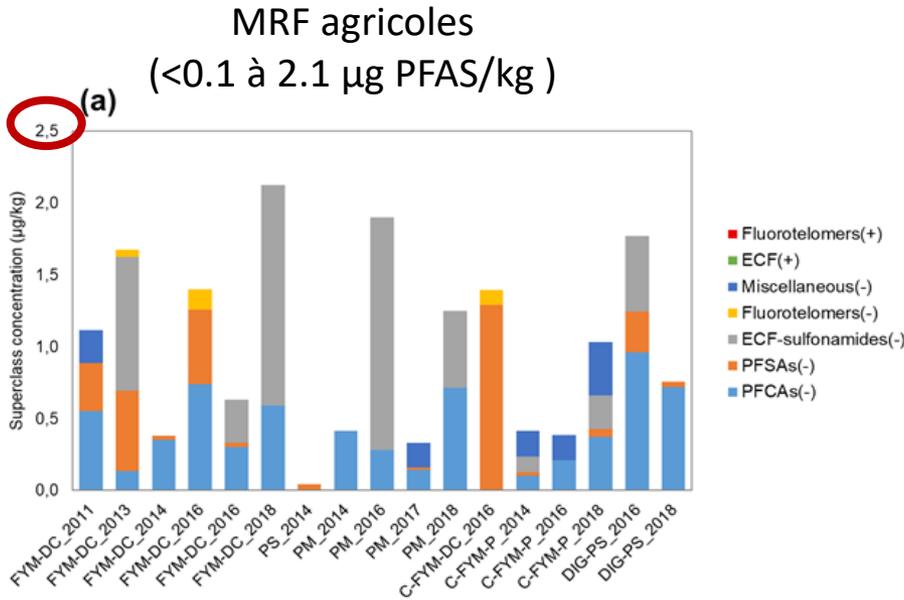
- La valorisation agricole des biosolides (boues d'épurations et digestats) est l'option environnementale à privilégier. Les biosolides permettent de recycler l'azote, le phosphore et la matière organique et aident les sols à agir comme puits de carbone. Ça réduit aussi l'usage d'engrais chimiques avec leur impact environnemental et plusieurs enjeux commerciaux et géopolitiques. Dans la mesure du possible, l'incinération et l'enfouissement sont à proscrire.



Biosolides

- Vu la dégradation très lente des PFAS, on doit être vigilant de ne pas augmenter les concentrations dans les sols qui pourraient éventuellement mener à un transfert excessif vers les plantes ou une lixiviation vers la nappe phréatique.
- Comme notre nourriture est déjà trop contaminée aux PFAS, on n'a très peu de marge de manœuvre pour augmenter les niveaux dans les sols qui pourraient augmenter les concentrations de PFAS dans les produits de la ferme.

Distribution des PFAS dans les matières résiduelles fertilisantes en France ($\mu\text{g}/\text{kg}$ poids sec)



Certaines des MRF d'origine urbaine sont contaminées mais certains produits sont très propres aussi.

Munoz et al. *Environmental Science and Technology* (2022) 56:6056-6068

À l'origine de l'initiative avec le MELCCFP pour caractériser les biosolides au Québec

Ça veut dire quoi 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$?





1 sac de terre de 8kg

Combien de grains de riz dans un sac de terre?

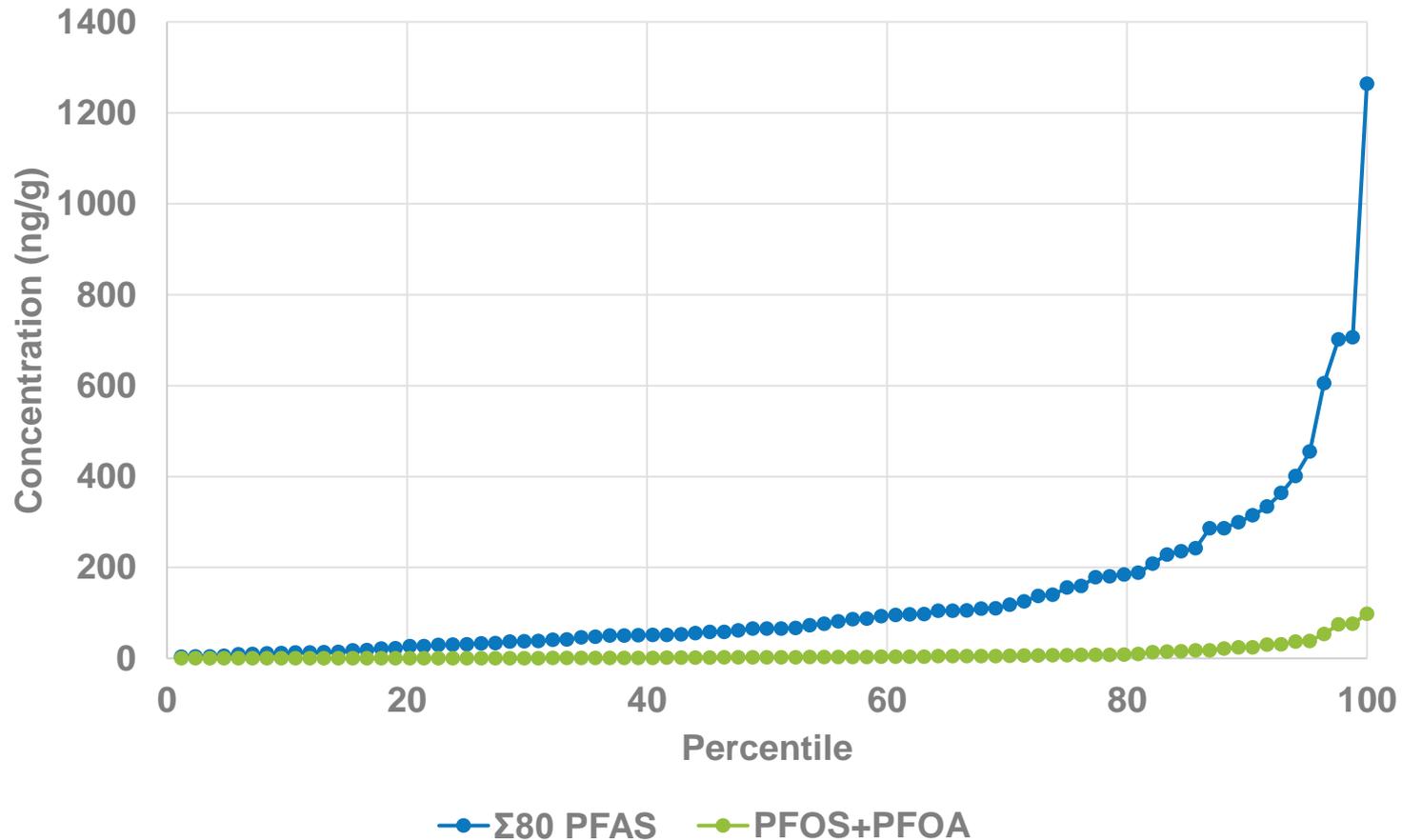


100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ est équivalent à 1 grain de riz dispersé dans 38 sacs de terre de 8 kg

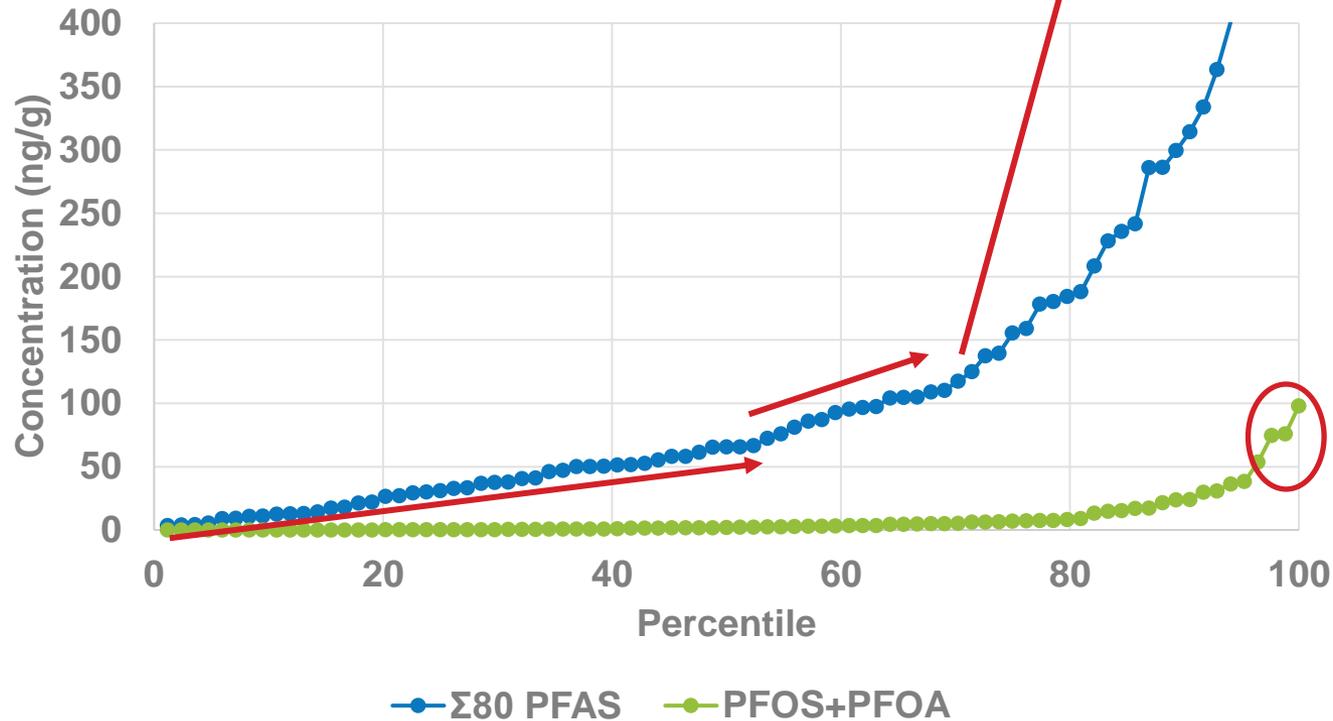


Concentrations de PFAS dans des biosolides, boues primaires, digestats, composts, ROTs, papetières

PFAS dans les biosolides et autres MRF apparentées au Québec (n=84)



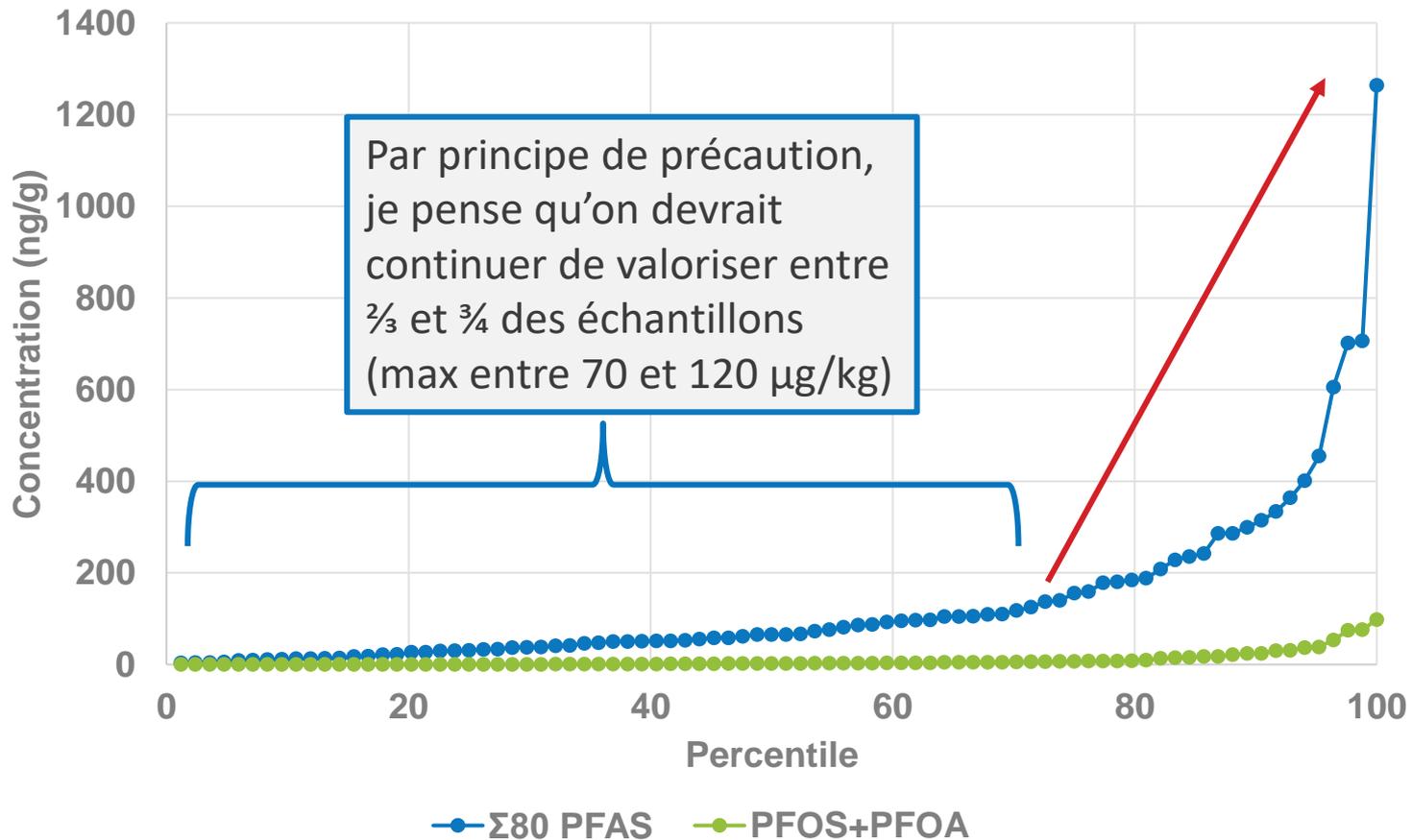
PFAS dans les biosolides et autres MRF apparentées au Québec (n=84)



- Augmentation progressive jusqu'à ~70 µg PFAS / kg de sol (Médiane à 65) on présume provenant des sources domestiques (emballages, cosmétiques, textiles)
- Accélération jusqu'à ~120 µg PFAS / kg de sol (~2/3 des échantillons) – apport externe
- Augmentation exponentielle à partir de 120 µg PFAS / kg de sol, max de 1300 – source spécifique de contamination industrielle ou commerciale
- Pratiquement pas de PFOA et PFOS dans 80% des échantillons et seuls 4 échantillons seraient exclus si on utilise PFOA+PFOS < 50 µg PFAS / kg de sol – à peu près le *Free for All*

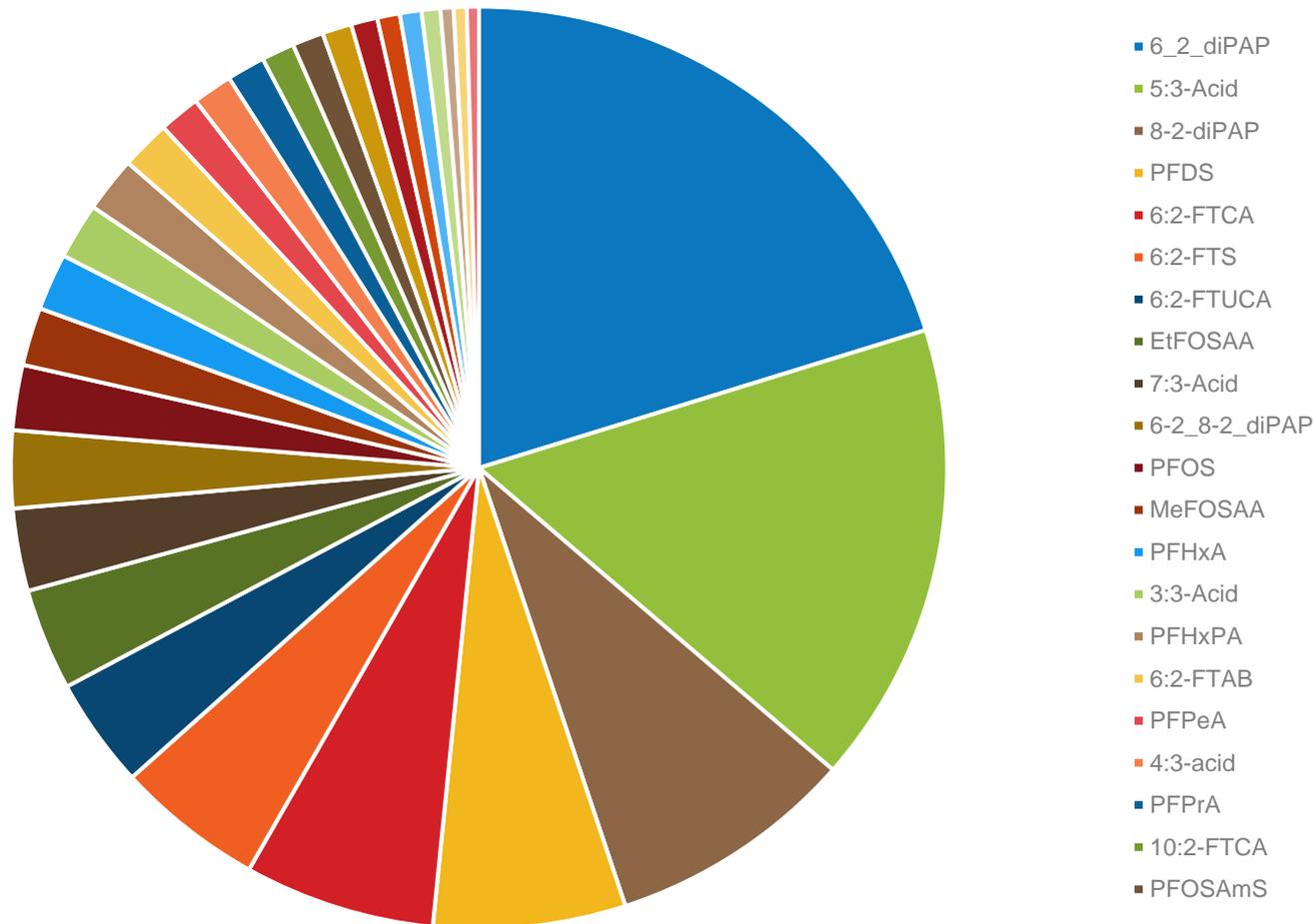
Concentrations de PFAS dans des biosolides, boues primaires, digestats, composts, ROTs, papetières

PFAS dans les biosolides et autres MRF apparentées au Québec (n=84)



Distribution des PFAS dans les biosolides au Québec (80 PFAS ciblés)

Distribution préliminaire moyenne des PFAS (n= 84)



Pas exactement les mêmes PFAS dans les biosolides que dans l'eau – important d'ajuster pour les méthodes certifiées et les propositions de normes

Nouvelle Diapo

- Le MELCCFP a annoncé aujourd'hui une nouvelle proposition pour consultation qui vise à encadrer les risques associés à la présence de PFAS dans les biosolides utilisés en valorisation agricole.

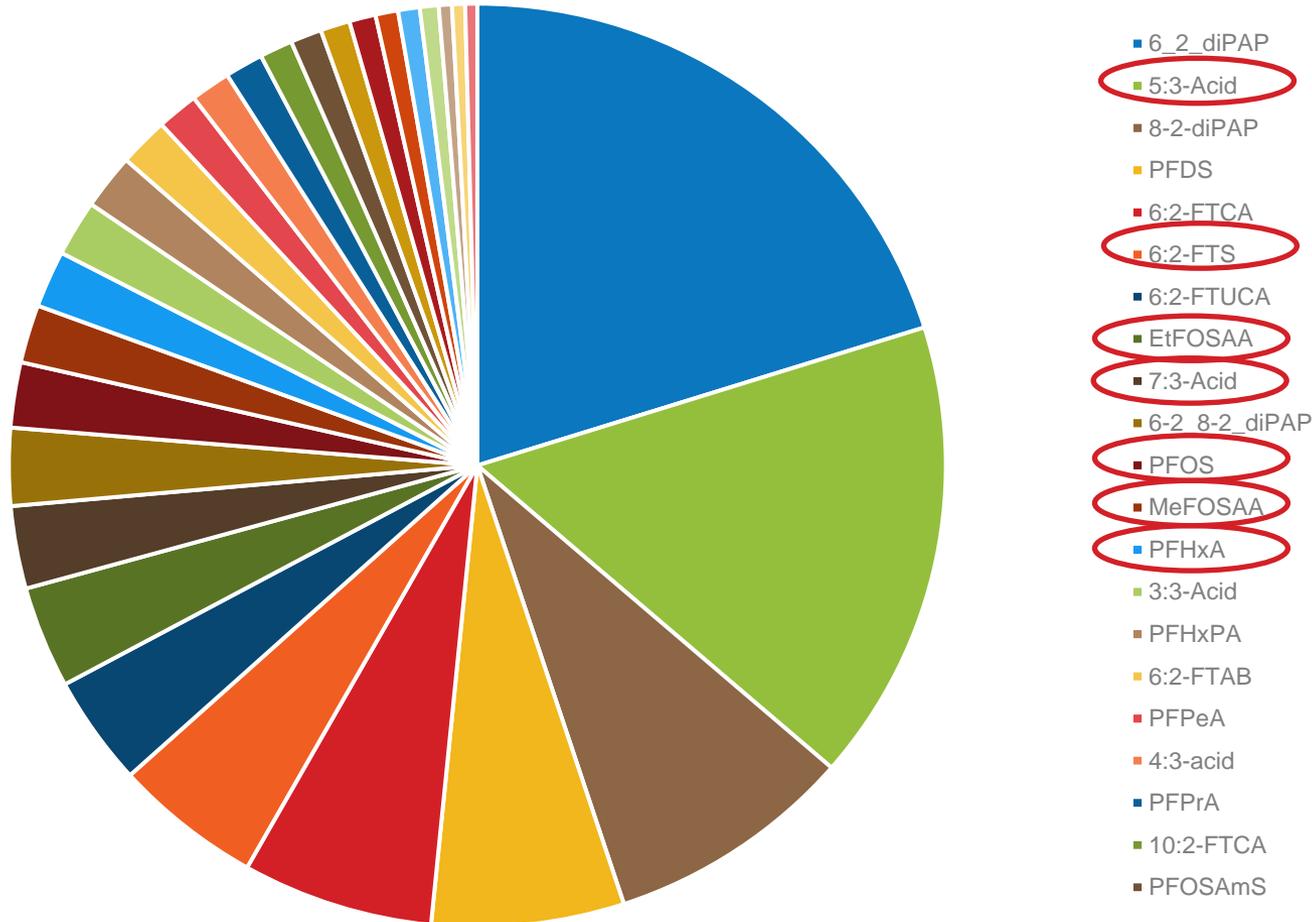
<https://www.newswire.ca/fr/news-releases/des-actions-preventives-pour-encadrer-la-presence-de-contaminants-dans-les-biosolides-884634162.html>

- La liste de 10 PFAS inclus aujourd'hui par le MELCCFP pour faire le suivi dans les biosolides représente $\frac{1}{3}$ (33,9%) du total des PFAS mesurées en analyses ciblées dans mon ensemble de données (sur un total de 80 PFAS recherchées).
- Aucun des biosolides de la liste de 84 échantillons présentés ne serait au-dessus du seuil empêchant leur épandage, i.e., avec cette nouvelle proposition pour une somme de 10 PFAS $< 600 \mu\text{g} \Sigma 10 \text{ PFAS} / \text{kg}$, il n'y aucun échantillon de biosolides ou autre dans la liste qui ne pourrait pas être valorisée dans un champ agricole à cause de leur teneur en PFAS.
- Une douzaine de produits seraient dans la zone qu'on peut valoriser mais qu'il faut « investiguer » (à partir de $120 \mu\text{g} \Sigma 10 \text{ PFAS} / \text{kg}$).

Nouvelle Diapo

Distribution des PFAS dans les biosolides au Québec (80 PFAS ciblés)

Distribution préliminaire moyenne des PFAS (n= 84)



Seules les PFAS encerclées en rouge sont incluses dans la liste proposée par le MELCCFP pour encadrer la valorisation des biosolides et autres produits apparentés.

On fait quoi?

- Urgent d'exiger une analyse de PFAS avant de valoriser des MRF – avec une certaine périodicité mais pas nécessairement chaque camion!
- Il faut que l'analyse intègre au moins 20-30 PFAS, bien choisis et surtout inclure des diPAP – la classe qui semble dominer les profils des PFAS dans les biosolides
- Déterminer un seuil préliminaire qu'on considère avec un risque acceptable en attendant d'avoir les données requises pour une norme basée sur les risques mesurés de transfert vers la plante et de contamination de la nappe phréatique
- Ce seuil est probablement entre 70 et 120 $\mu\text{g } \Sigma\text{PFAS} / \text{kg}$ de sol, mais reste basé sur la distribution statistique des données recueillies et à ajuster selon notre tolérance au risque
- La proposition de ACIA (PFOA+PFOS < 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$) me semble risible et complètement ignorer ce qu'on connaît des PFAS

On fait quoi?

- Urgent de réglementer les usages non essentiels de PFAS qui se retrouvent dans nos eaux usées et nos biosolides (emballages alimentaires, cosmétiques, textiles, matériaux, etc).
- Explorer les pistes de traitement pour réduire les concentrations ou traiter les eaux usées et boues primaires qui sont actuellement au-dessus de ce seuil
- Absolument besoin d'étudier:
 - Le transfert sol-plante
 - La transformation des PFAS dans les sols
 - La lixiviation vers l'eau souterraine

PFAS dans des sols témoins en France

- **Couhins** : Accumulation de PFAS avec les années

1978

[PFOS] = 0,04 µg/kg dw
[PFOA] = 0,073 µg/kg dw

1998

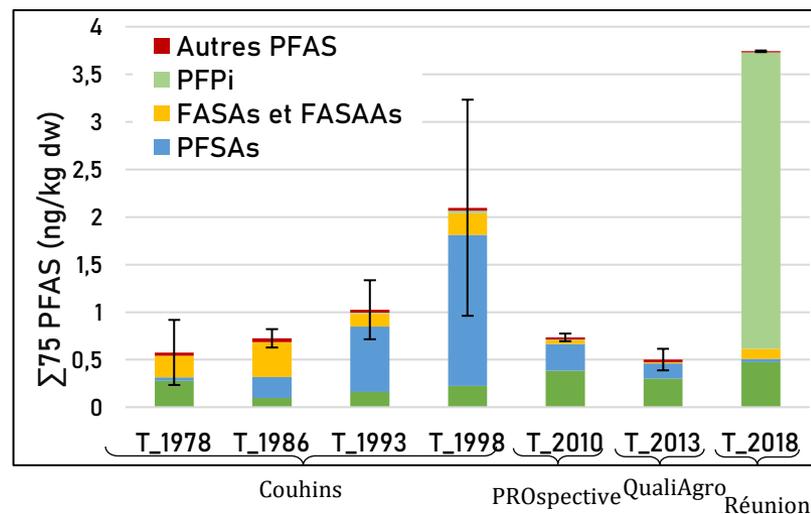
[PFOS] = 1,6 µg/kg dw
[PFOA] = 0,1 µg/kg dw

- **La Réunion** : [PFPi] high => feu ? sans PFPi – concentrations seraient « normales »
- Sur tous les sites, le bruit de fond est dominé par PFOS et PFOA

Les PFAS se retrouvent même dans les sols sans aucun amendement et les concentrations augmentent au fil des années (1978 – 2018)

PFAS viennent possiblement de la déposition atmosphérique, de pesticides, de fumiers/engrais, irrigation?

Sols témoins



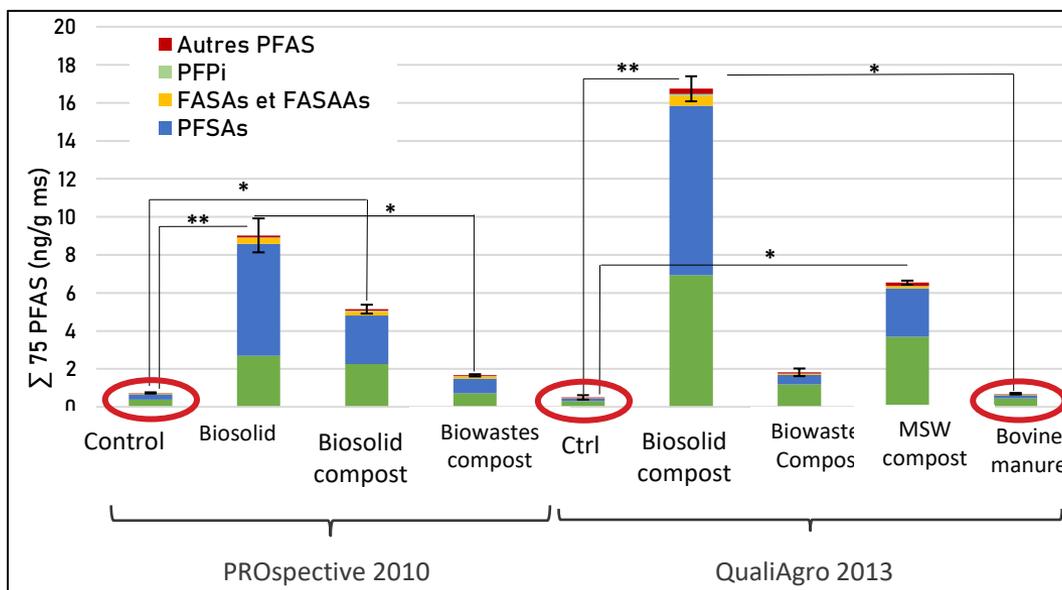
Concentrations de classes de PFAS dans des sols témoins

PFAS dans les sols ayant reçu divers amendements organiques

Quantification des PFAS dans les sols amendés

- [PFAS] dans les amendés > [PFAS] dans les sols témoins
- Sols avec biosolides et compost de biosolides or résidus municipaux > sols avec amendements de produits organiques > sol avec fumier bovin ≈ témoins
- Principalement des PFAS à chaînes longues

Sols avec divers amendements



Concentrations of PFAS dans les sols témoins et amendés; * p < 0,05, ** p < 0,01

Questions en suspens

- À partir de quelles concentrations de PFAS dans les sols y a-t-il un transfert excessif vers les plantes?
- À partir de quelles concentrations de PFAS dans les sols y a-t-il une lixiviation problématique vers l'eau souterraine?
- Ultiment, c'est la réponse à ces deux questions qui déterminera les seuils de PFAS acceptables dans les biosolides – on doit trouver une approche intermédiaire pour continuer de valoriser la majorité des produits qui demeurent relativement propres en attendant de répondre à ces questions.

PFAS - Défis de Communications

Problème complexe

Risques difficiles à bien décrire et cerner

Il faut relativiser les autres sources de PFAS (nourriture, poêles en Teflon, emballages, cosmétiques, Scotchguard, matériaux etc.)

Il faut réglementer les usages de PFAS qui en dispersent partout dans l'environnement et qui contaminent les biosolides

Il faut voir à préserver certains usages essentiels (batteries, médicaments, etc.)

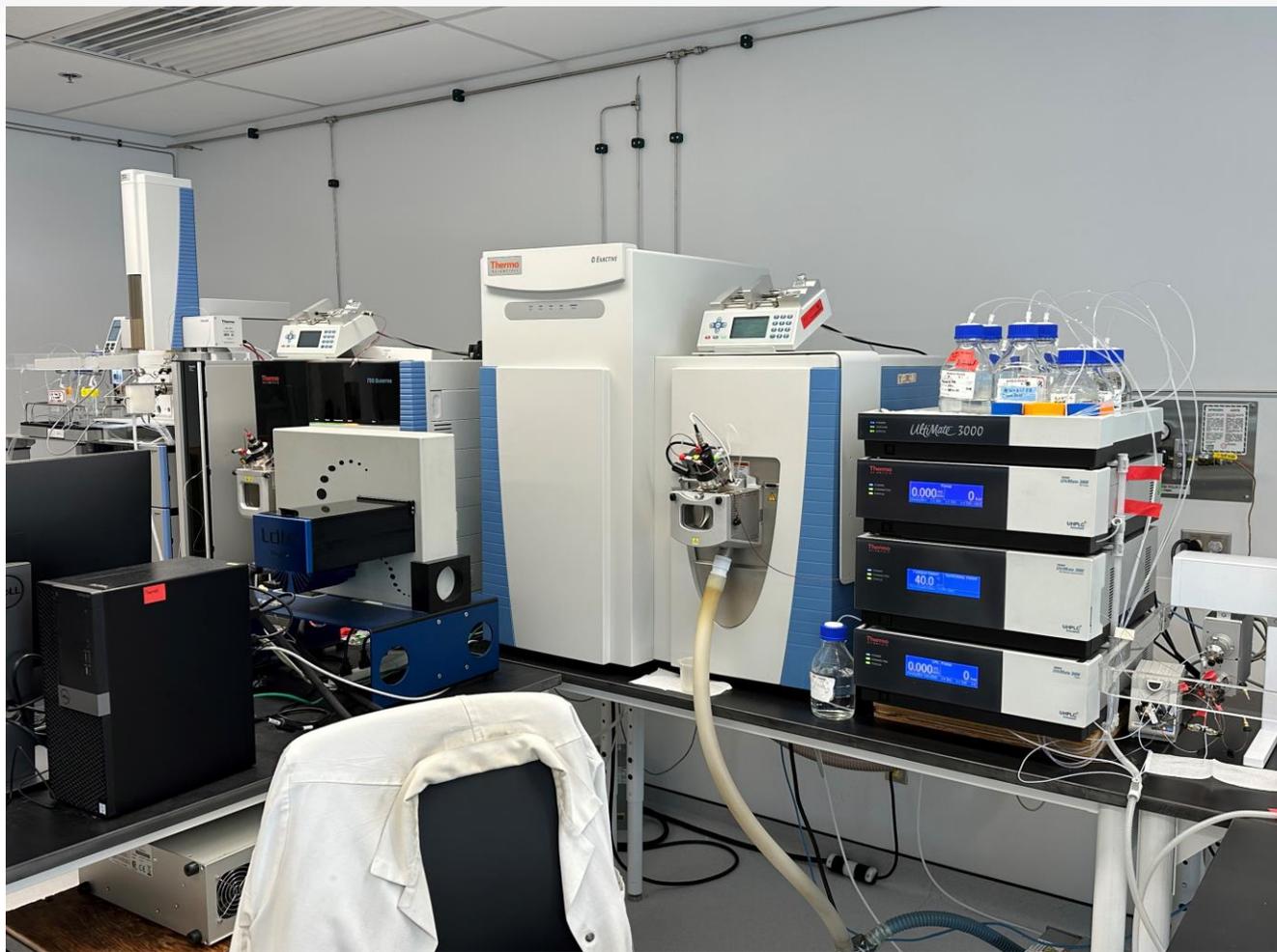
Si vous voulez contribuer en aidant pour l'échantillonnage – c'est essentiel pour avancer!

Merci!



Questions ou aide :
sebastien.sauve@umontreal.ca

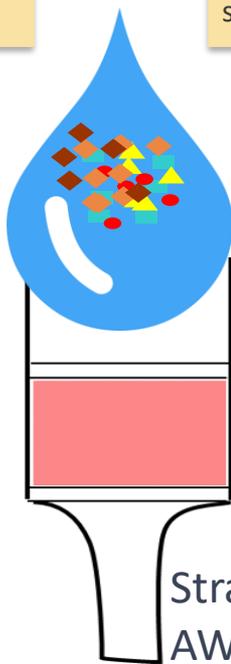
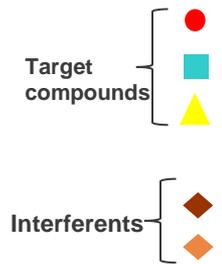
Chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse de haute résolution



Solid-Phase extraction (SPE)

Generates high concentration factors by loading large volumes of drinking water into the SPE cartridge

Reduces the presence of interfering analytes that may cause ion suppression/enhancement



Strata-X-AW

500 ml → 0.25 ml

```

    graph TD
      A[500ml tap water] --> B[Offline automated SPE]
      C[Spike surrogate IS  
Adjusting pH] --> B
      B --> D[Load the sample]
      E[Conditioned with 2 x 4 mL of 0.2% NH4OH  
in methanol and 2 x 4 mL of HPLC-grade  
water] --> D
      D --> F[Drying with N2]
      F --> G[Elution]
      G --> H[Evaporation]
      H --> I[Inject to LC-HRMS]
  
```



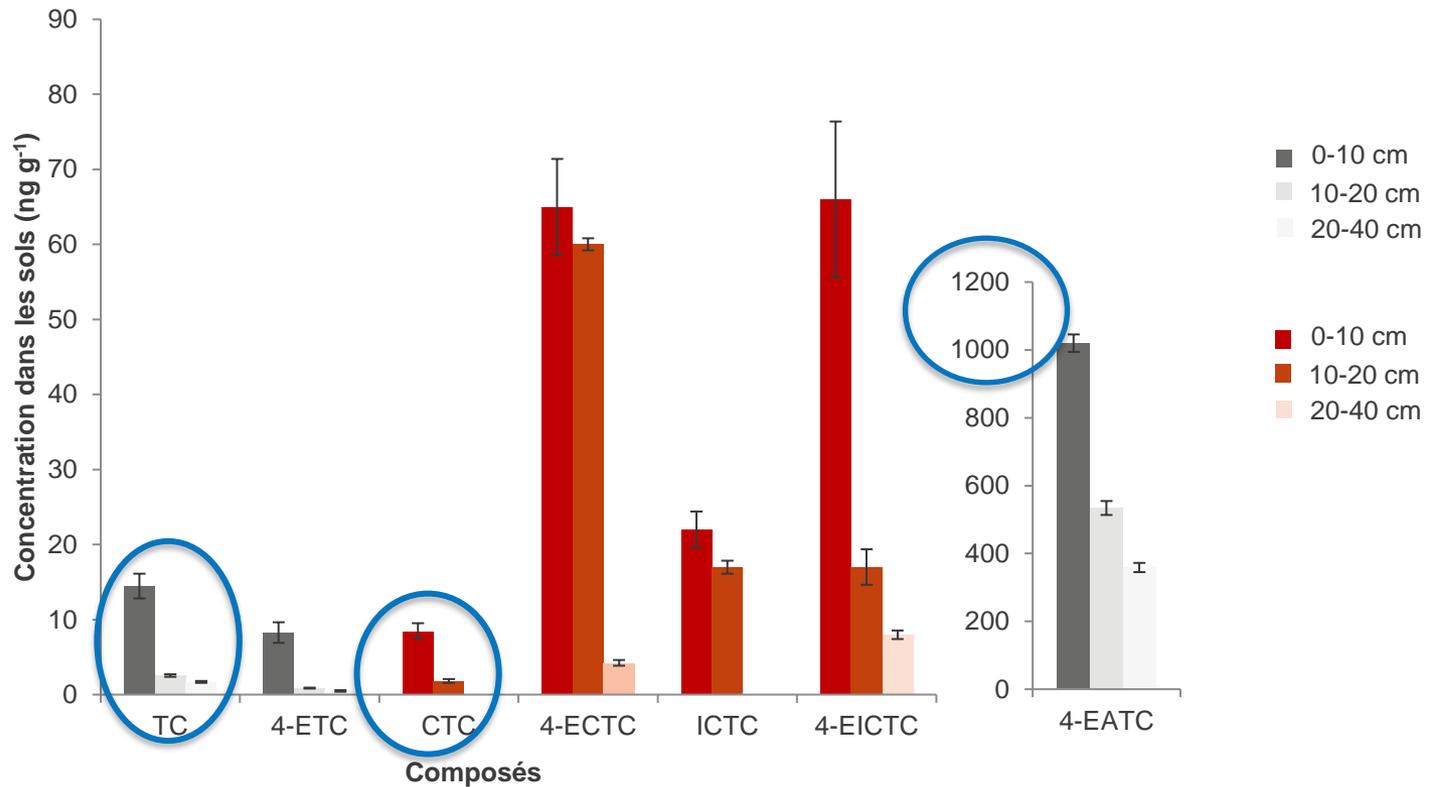


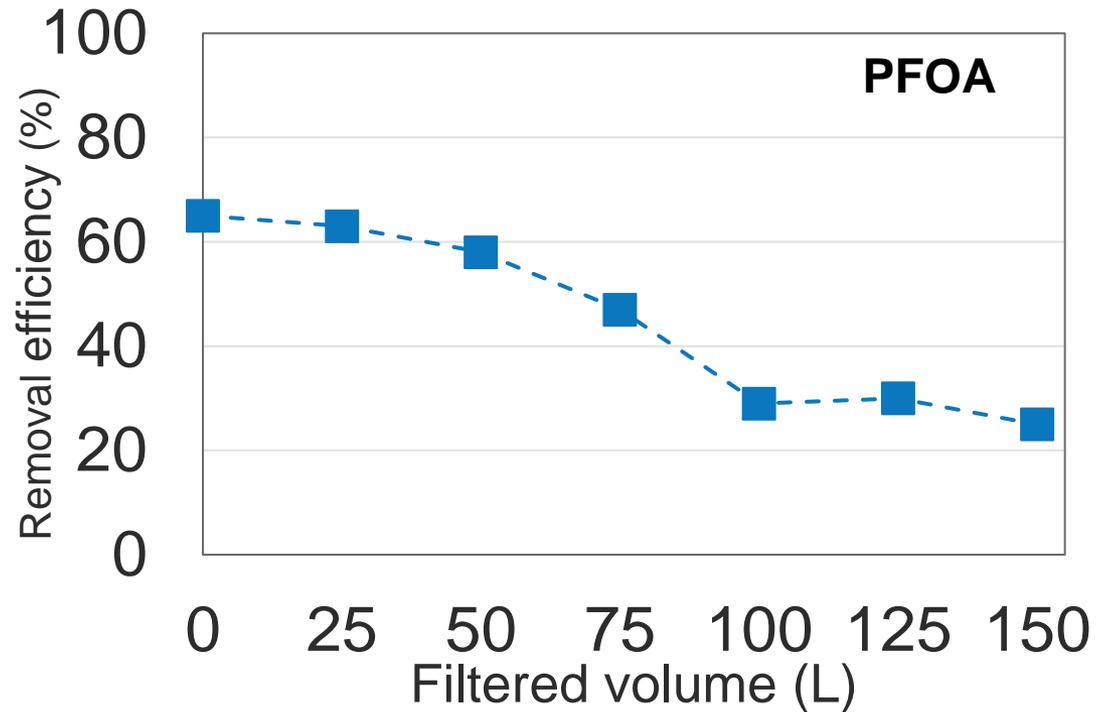
Figure 6-10. Distribution des antibiotiques vétérinaires (ng g⁻¹) en fonction de la profondeur du sol ($n = 3$).

- Sollic M, Roy-Lachapelle A, Gasser MO, Coté C, Généreux M, Sauvé S*. 2016. Fractionation and analysis of veterinary antibiotics and their related degradation products in agricultural soils and drainage waters following swine manure amendment. *Science of the Total Environment* 543:524-535.

Est-ce qu'on peut éliminer les PFAS avec un pichet filtrant?

Oui, un petit peu...

L'efficacité diminue avec l'utilisation du filtre.



Comment on définit l'eau potable?

- “L'eau potable est sécuritaire à boire et ne représente pas de risques chimiques ou microbiologiques”
- Le risque zéro n'existe pas – il faut donc intégrer la notion de « *risques acceptables* ». Les notions de risques sont très bien intégrées aux processus de détermination de critères de qualité, la définition pourrait ainsi être ajustée:
- « **L'eau potable est une eau qui ne contient pas de contaminants microbiologiques ou chimiques au-delà des règles applicables.** »
- Complicé pour les contaminants émergents qui n'ont pas encore de règles applicables!