

# PFAS

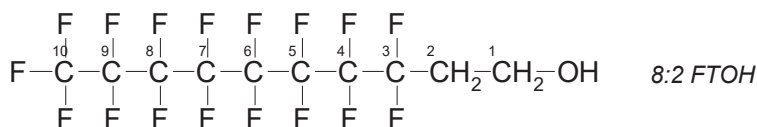
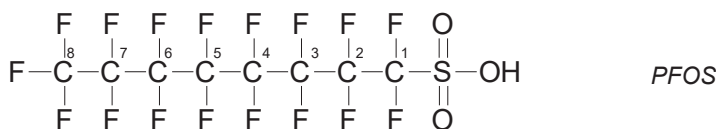
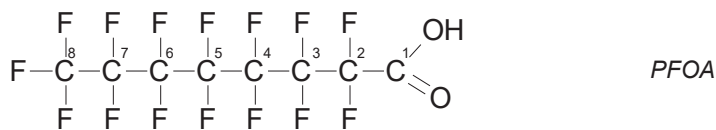
## Origine, propriétés, stratégies d'investigation, méthodes d'analyse et développement de valeurs limites

Symposium Sites pollués, 12 novembre 2019  
Landhaus de Soleure



Dr Fritz Krieg, Lukas Gasser

## Le groupe de substances



### Nomenclature :

Butane	4
Pentane	5
Hexane	6
Heptane	7
Octane	8
Nonane	9
Décane	10
Undécane	11
Dodécane	12

### Nom abrégé :

PFBA (acide perfluorobutanoïque)  
PFBS  
(acide perfluorobutane sulfonique)

# Développement historique

<http://www.c8sciencepanel.org/>

- 1938:** Roy Plunkett discovers polytetrafluoroethylene (PTFE)
- 1938:** Roy Plunkett discovers polytetrafluoroethylene (PTFE)
- 1949:** Products containing PTFE first used for coatings of pipes and leak proofing of pipe connections.
- 1954:** Production of first PTFE-coated, non-stick cookware.
- 1956:** Products containing perfluorooctane sulfonic acid (PFOS) become a popular treatment for clothes, carpets, and furniture.
- 1968:** U.S. Navy develops first PFAS-containing firefighting foams known as AFFF in response to catastrophic ship fire.
- 1978:** Manufacturers become aware of C8 PFAS in blood of their manufacturing workers
- 1997:** PFOS ubiquitously detected in blood bank samples from non-occupationally exposed people around the world
- 2002:** The primary global manufacturer of PFOS phases out PFOS production and related chemistries
- 2006:** Eight major manufacturers commit to phase out PFOA by 2015 as part of U.S. EPA PFOA Stewardship Program
- 2008:** The European Food Safety Authority establishes "tolerable daily intake" for PFAS.
- 2009:** The Stockholm Convention classes PFOS as a Persistent Organic Pollutant and add it to Annex B to restrict its use.
- 2013:** After 7 years of research, C8 Science Panel determines probable link between PFOA exposure with ulcerative colitis, high cholesterol, pregnancy-induced hypertension, thyroid disease, kidney and testicular cancer.

# Utilisation des PFAS dans la production

- Mousses anti-incendie**
- Galvano-plastie**
- Textiles**
- Électronique**
- Photographie**
- Couchage du papier**
- Peintures**
- Huiles hydrauliques**

**Les matières premières à base de PFC étaient chères, donc utilisées de manière ciblée**

# Utilisation des PFAS dans la production



L'estérification des PFAS permet d'obtenir des surfaces où les chaînes fluorées sont orientées vers l'extérieur ; la surface devient ainsi étanche à l'eau et aux graisses

**Utilisation dans les emballages alimentaires, papiers spéciaux, textiles, etc.**

Il est possible d'améliorer la mouillabilité des matières en réduisant la tension superficielle

**Utilisation en galvanoplastie, pour les peintures spéciales, etc.**

Utilisation comme tensioactifs dans les mousses pour augmenter la stabilité chimique et la résistance aux hautes températures

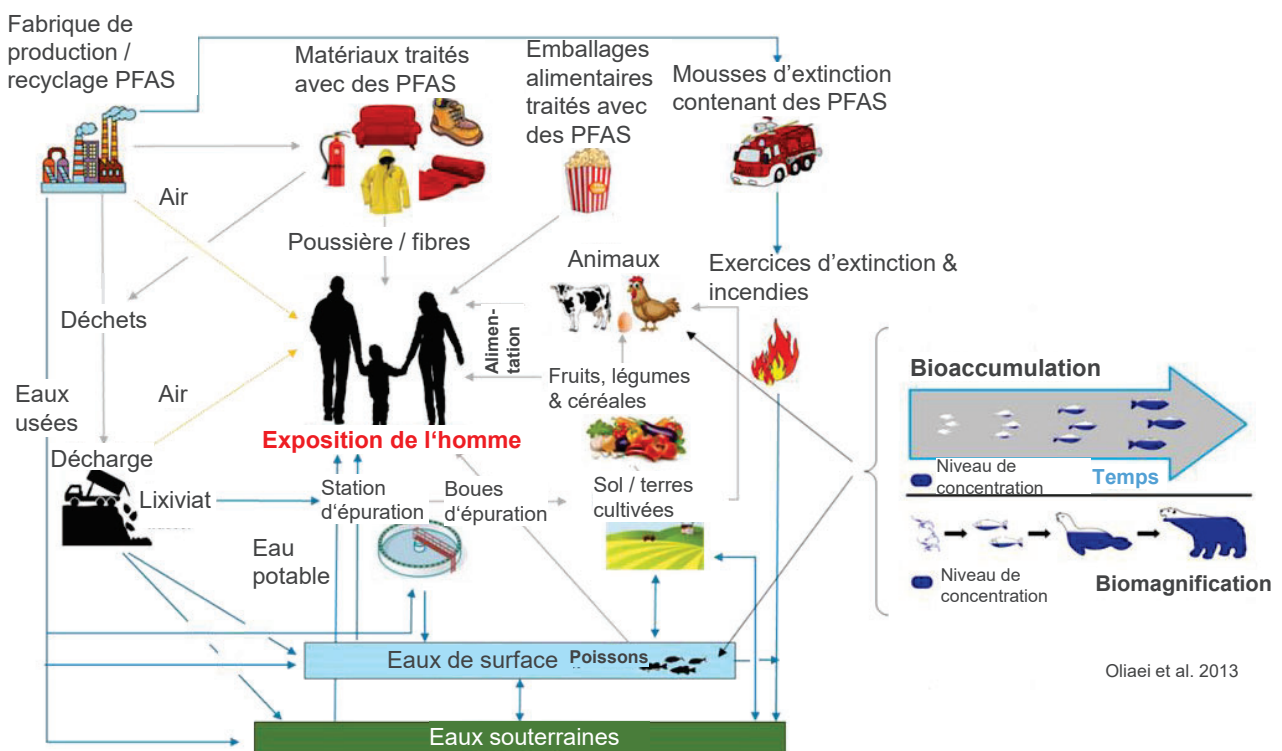
**Utilisation dans les mousses anti-incendie et les mousses de protection, p. ex. en galvanoplastie, pour minimiser les vapeurs d'acide chromique, etc.**

© Arcadis 2019

Symposium Sites pollués, 12 novembre 2019

5

# Voies d'exposition



© Arcadis 2019

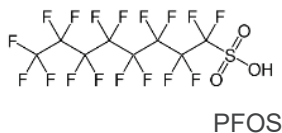
Symposium Sites pollués, 12 novembre 2019

6

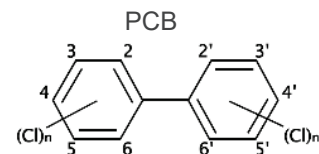
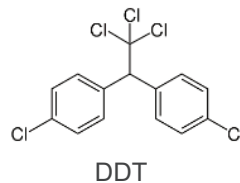


## Persistent Organic Pollutant (POP)

- Convention de Stockholm
- Substances chimiques organiques
- Persistants sur une très longue durée (plusieurs années)
- Dissémination à large échelle dans l'environnement
- Bioaccumulation, concentrations élevées dans la chaîne alimentaire
- Toxiques pour l'homme et les animaux
- PFOS et PFOA (PFHxS en cours d'intégration)



© Arcadis 2019

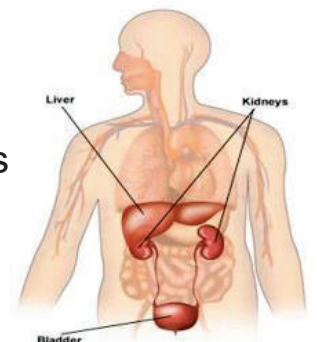


Symposium Sites pollués, 12 novembre 2019

7

## Toxicité

- Concentrations accrues en cholestérol dans le sang et atteintes au niveau du foie
- Influence sur le foie, le métabolisme des graisses, les réactions immunitaires, la reproduction et le développement (étude de toxicité chronique sur des souris, des rats et des singes)
- Il est difficile de transposer à l'homme les résultats obtenus sur des animaux, car l'homme et l'animal réagissent différemment aux PFAS
- Le « C8-Science-Panel » a établi un lien probable entre exposition élevée aux PFOA et cancer des reins et des testicules
- La toxicité des PFAS autres que PFOS et PFOA n'a pas été bien caractérisée
- De récentes études montrent que les PFAS à chaîne longue peuvent causer des troubles du métabolisme graisseux et hormonal


<http://www.c8sciencepanel.org/>

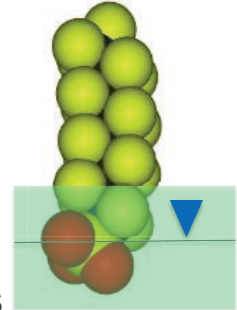
© Arcadis 2019

Symposium Sites pollués, 12 novembre 2019

8

# Propriétés et effets

- Très persistants : **demeurent donc très longtemps dans l'environnement et s'y accumulent**
- Les PFAS chargés et à chaîne courte sont plutôt mobiles
- Les polyfluorés peuvent se transformer en perfluorés
- Très solubles, forment de longs panaches dans les eaux souterraines
- Difficiles à assainir (chimiquement / thermiquement très stables)



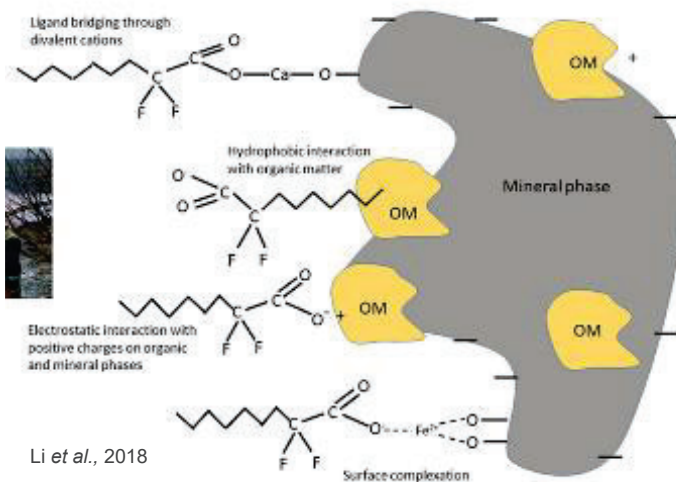
**Les propriétés des substances sont déterminantes pour le choix de la stratégie d'investigation**

© Arcadis 2019

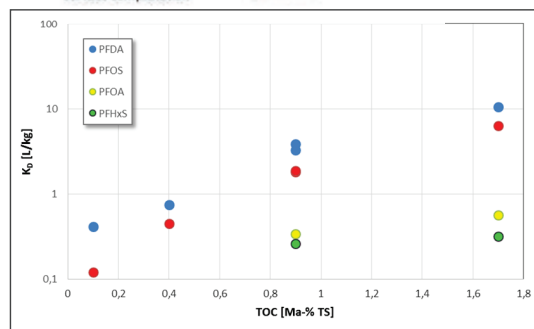
Symposium Sites pollués, 12 novembre 2019

9

# Sorption



Li et al., 2018



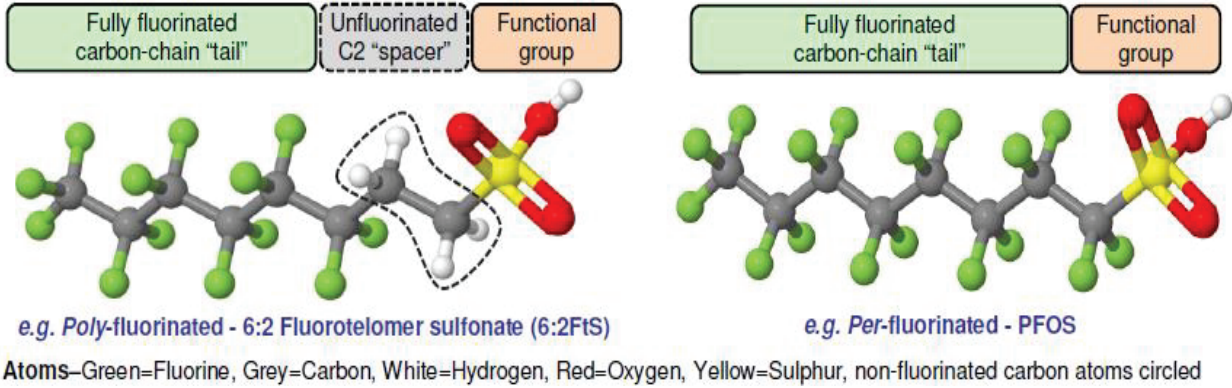
© Arcadis 2019

Profondeur	TOC [%]	Type de couche	Echantillons
B7T 0,8	0.19	Limon	
B7T 1,8	0.57	Argile	
B7T 2,5-4,2	0.009	Gravier	1
B7T 5,5-6,5	0.013		
B7T 8-8,5	0.026		
B7T 9,5-10	0.012		
B7T 10,5-11,5	0.013		
B7T 12,5-13,5	0.014		1
B7T 14,2-14,6	8.7	Argile	
B7T 15,5-16,5	0.016	Sable	
B7T 17,5-18,5	0.033	Sable	
B7T 20-21	0.022	Gravier	
B7T 23-24	0.019		
B7T 27,5-28,5	0.029		
B7T 29,5-30,5	0.042	Sable	2
B7T 31,5-32,5	0.051	Gravier	
B7T 34,2-34,4	0.24	Argile	
B7T 35-36	0.056	Gravier	
B7T 37,6-37,9	0.31	Argile	
B7T 38,5-39,5	0.048	Sable	
B7T 41,5-42,5	0.022		
B7T 42,5-42,65	1.225	Boue lacustre	
B7T 44,5-45,5	0.043	Gravier	
B7T 46-46,5	0.038		
B7T 48-48,3	0.063		
B7T 48,5-49,5	0.058		
B7T 49,5-50	0.318	Limon	4
B7T 50-51,5	0.131	Sable	3
B7T 52-53	0.119		
B7T 53-53,5	0.397		
B7T 53,5-54,5	0.159		

Symposium Sites pollués, 12 novembre 2019

10

# Composés per- et polyfluorés



**Précurseur**

**Non-précurseur**

© Arcadis 2019

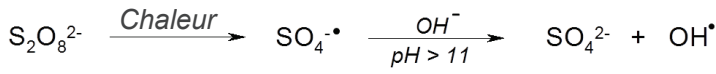
Symposium Sites pollués, 12 novembre 2019 11

# Précurseurs – dégradation

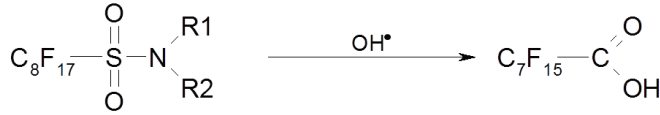


Symposium Sites pollués, 12 novembre 2019 12

# Total Oxidizable Precursor (TOP)

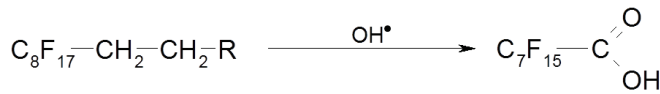


Précurseur du sulfonate perfluoré

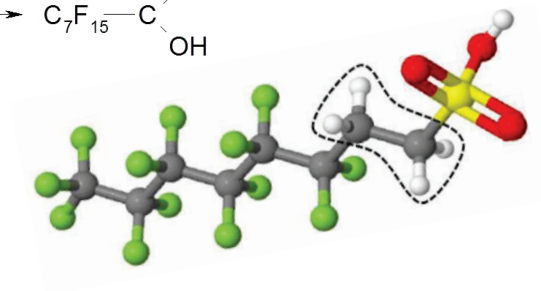


et produits à chaîne plus courte

Précurseur à base de télomères



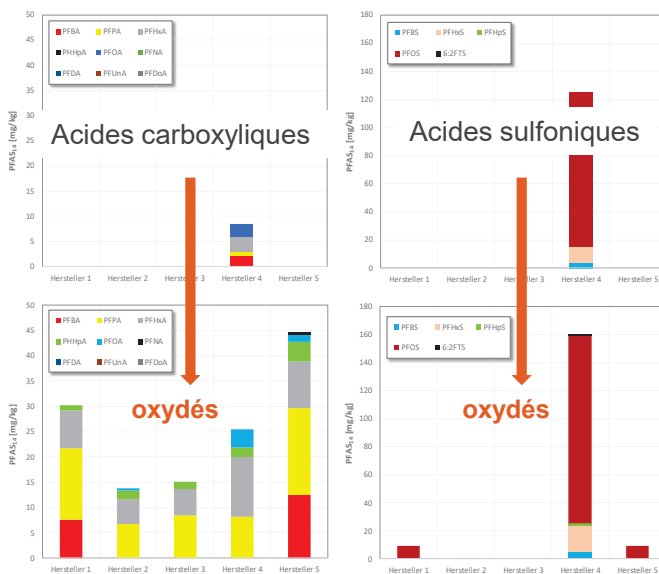
Analyse selon norme DIN avec et sans prétraitement  
Complément : standard interne <sup>13</sup>C-6:2 FTS



© Arcadis 2019

Symposium Sites pollués, 12 novembre 2019 13

# Détection des précurseurs



Sols dopés en AFFF

Réf.: Houtz, E. F., Higgins, C. P., Field, J. A., Sedlak, D. L. (2013): Persistence of perfluoroalkyl acid precursors in AFFF-impacted groundwater and soil. Environ. Sci. Technol. 47, 8187-8195.

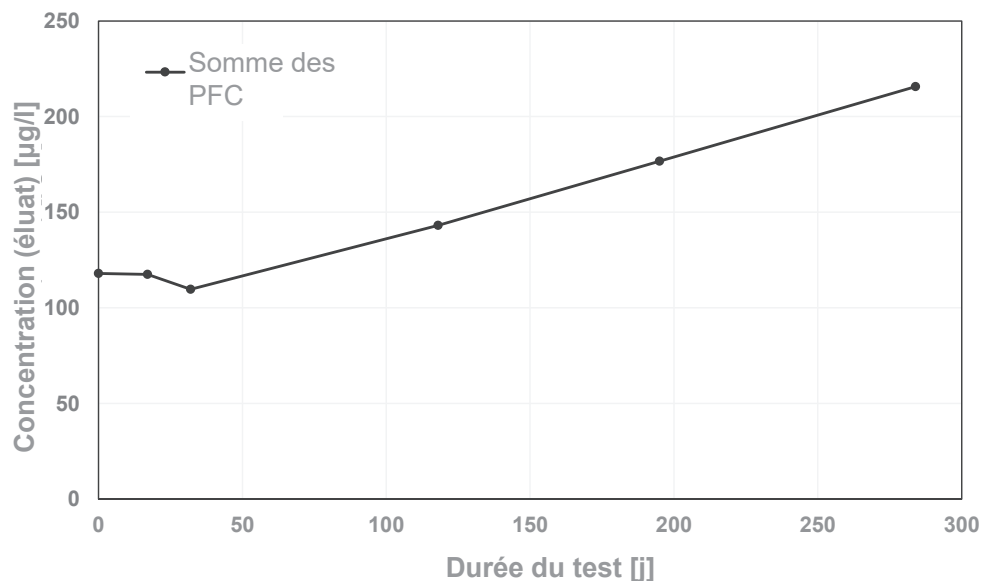
© Arcadis 2019

Symposium Sites pollués, 12 novembre 2019 14

**Les analyses conventionnelles ne reflètent pas l'intégralité du potentiel en PFAS**



## Résultats du test de dégradation du sol



Baden-Württemberg  
REGIERUNGSPRÄSIDIUM KARLSRUHE

**L'utilisation des substances précurseurs est identifiable**

© Arcadis 2019

Symposium Sites pollués, 12 novembre 2019 15

## Réflexions sur la stratégie d'investigation

- Les propriétés des substances sont déterminantes pour le choix de la stratégie d'investigation
- Dissémination lors de l'échantillonnage
- Sources secondaires
- Identification des foyers de pollution
- Panaches de pollution
- Substances précurseurs
- Voies de contamination

Symposium Sites pollués, 12 novembre 2019 16

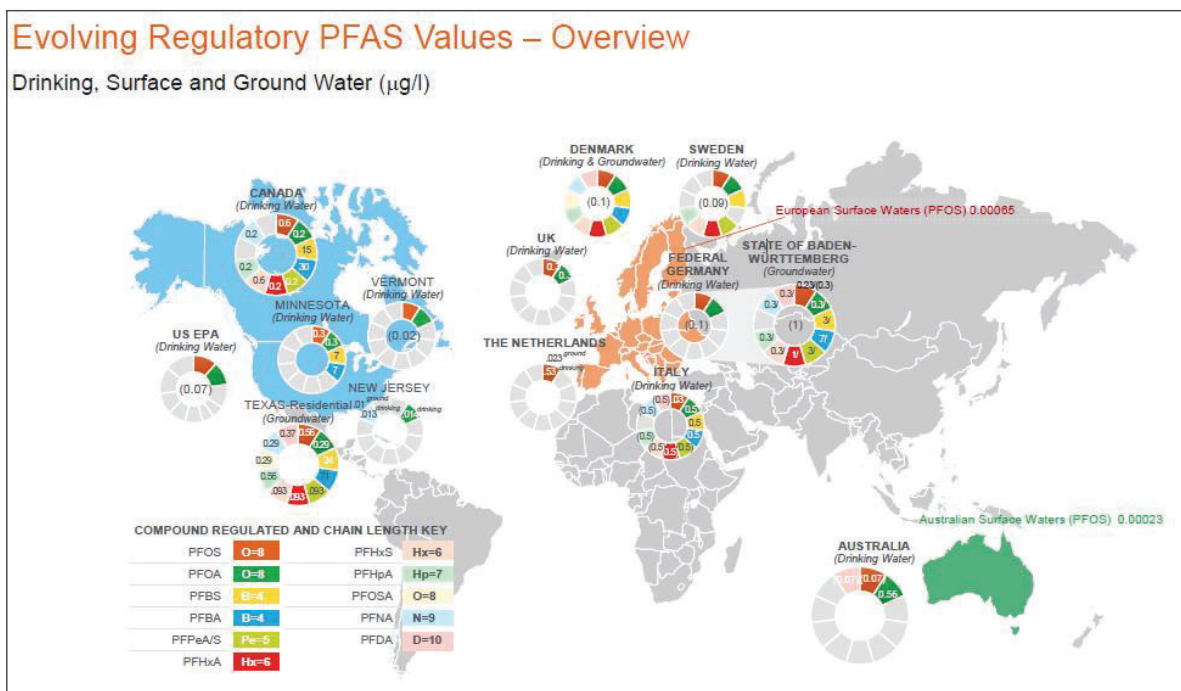


# Détermination des valeurs limites

Les valeurs limites actuelles selon OLED sont très basses en raison de la toxicité des PFAS

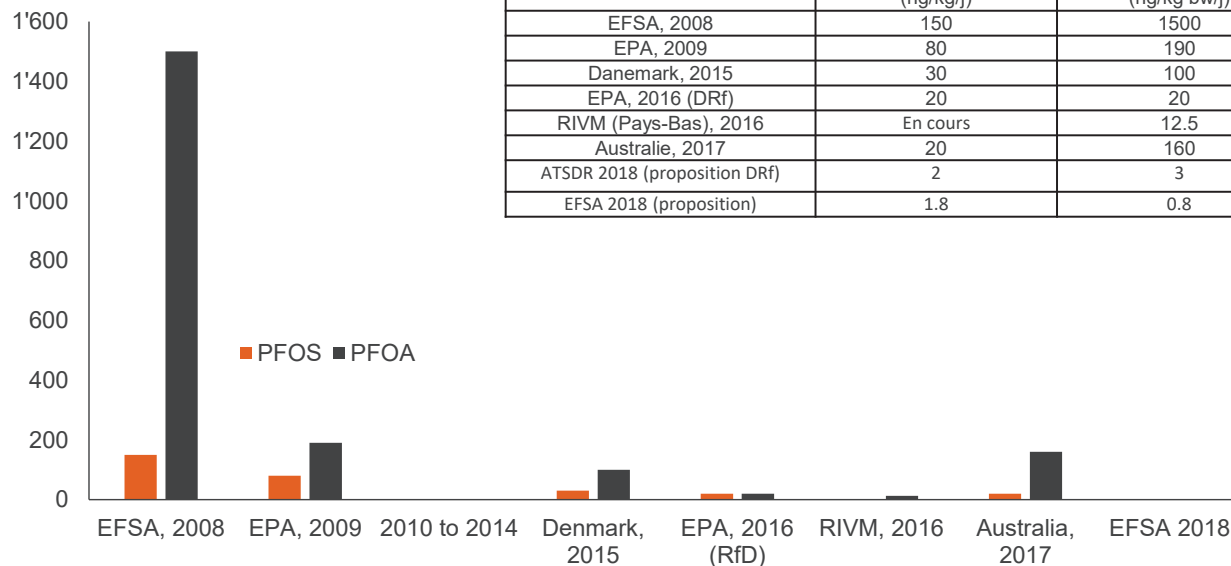
Nom de la substance	N° CAS	Valeur K [µg/l]	Valeur U [µg/kg]	Valeur sv [µg/kg]	Valeur B [µg/kg]	Valeur E [µg/kg]
Acide perfluorooctane sulfonique (PFOS)	1763-23-1	0.7	2	3.5	7	70
Acide perfluorohexanoïque (PFHxA)	307-24-4	40	2	15	30	300
Acide perfluorooctanoïque (PFOA)	335-67-1	0.5	2	---	2	10
Acide perfluorohexane sulfonique (PFHxS)	355-46-4	0.7	2	---	2	13

# Valeurs limites des PFAS – base de données



# Évolution

ng/kg de poids corporel/jour



Source	PFOS (ng/kg/j)	PFOA (ng/kg bw/j)
EFSA, 2008	150	1500
EPA, 2009	80	190
Danemark, 2015	30	100
EPA, 2016 (DRf)	20	20
RIVM (Pays-Bas), 2016	En cours	12.5
Australie, 2017	20	160
ATSDR 2018 (proposition DRf)	2	3
EFSA 2018 (proposition)	1.8	0.8



Arcadis.  
Improving quality of life.