



# Les PFAS et filtres UV dans les lacs suisses

Alexandra Kroll  
[alexandra.kroll@oekotoxzentrum.ch](mailto:alexandra.kroll@oekotoxzentrum.ch)

Marion Junghans



## PFAS et filtres UV:

- Réglementation, propriétés et sources
- Comportement environnemental et écotoxicologie
- Occurrence dans les lacs suisses
- Normes de qualité pour le milieu aquatique
- Appréciation de l'occurrence et des effets



**PFAS – nombreuses utilisations, accumulation («*forever chemicals*»)  
«*regrettable substitutes*»**

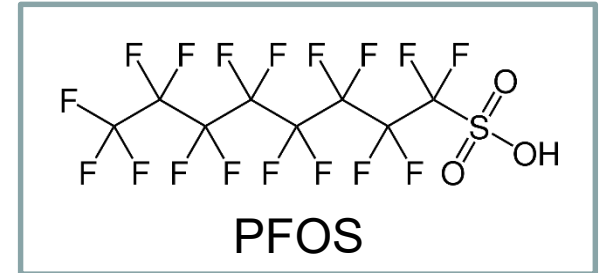


Photo: [panthermedia.net/romrodinka](https://panthermedia.net/romrodinka)

# Famille des PFAS



**PFAS = composés perfluoroalkylés et polyfluoroalkylés**  
également PFC (composés perfluorés)  
ou PFT (tensioactifs perfluorés)



> 4700 composés organiques différents (selon n° CAS)

- Chaînes carbonées de différentes longueurs
- Remplacement des atomes d'hydrogène par des atomes de fluor → propriétés particulières  
Remplacement total (perfluorés) ou  
partiel (polyfluorés)

## Polymères

Principaux groupes:

- Fluoropolymères (e.g. PTFE/ « Teflon»)
- Polymères à chaîne latérale fluorée

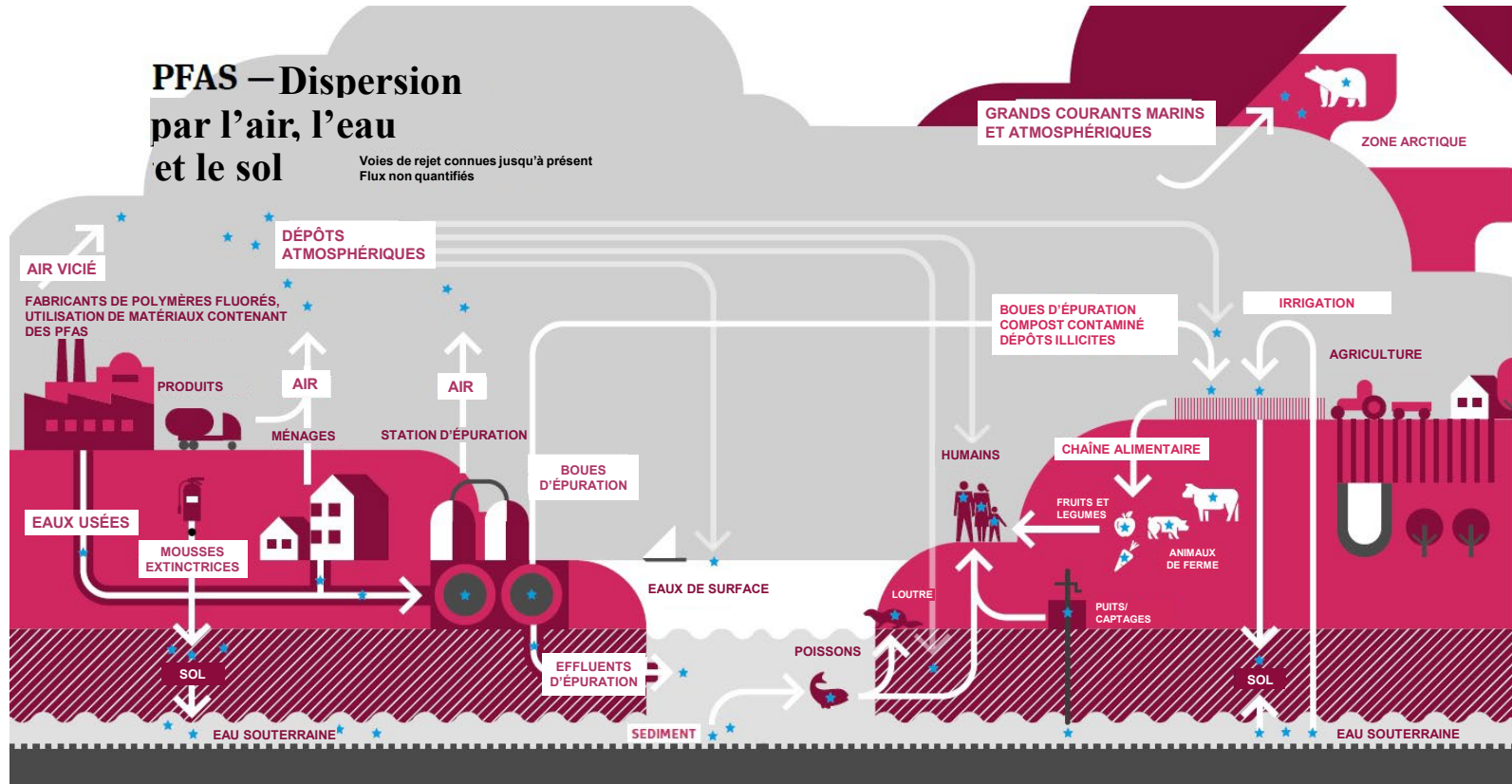
## Non-polymères

Principaux groupes:

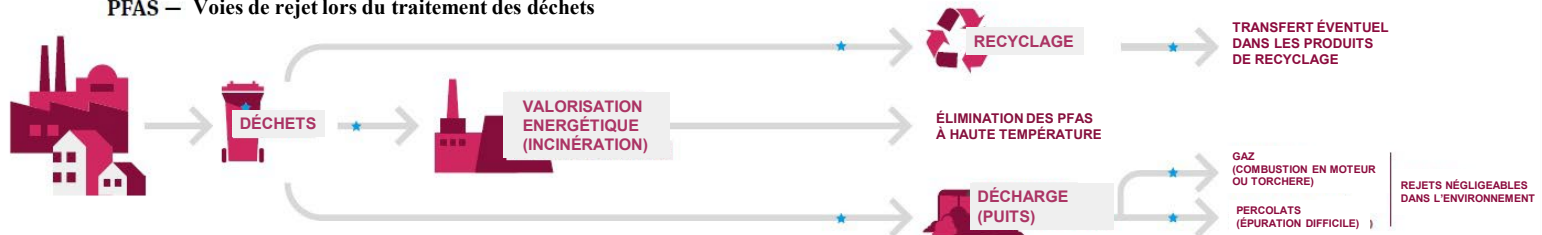
### Acides d'alcane perfluorés (PFAA)

- Acides carboxyliques d'alcane perfluorés (ex. [PFOA](#))
- Acides sulfoniques d'alcane perfluorés (ex. [PFOS](#))
- Acides phosphoriques d'alcane perfluorés

# Sources de PFAS dans l'environnement



## PFAS – Voies de rejet lors du traitement des déchets





# Sources de PFAS dans l'environnement

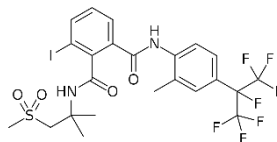
- **Industrie** (production, utilisation et émission)
- **Biens de consommation** (utilisation et élimination)
- **Dégradation** biotique ou abiotique **de substances** contenant des groupements perfluoroalkylés et transformées en PFAS dans l'environnement

**À > 95 %, rejet direct dans le milieu aquatique avec les eaux usées**  
Apports par voie atmosphérique plus ou moins importants selon les sites

L'« empreinte » PFAS dans le milieu aquatique peut fortement dépendre des sources ponctuelles<sup>1</sup>

Flubendiamide:

Insecticide à structure de PFAS autorisé en tant que produit phytosanitaires dans l'UE (uniquement NL)



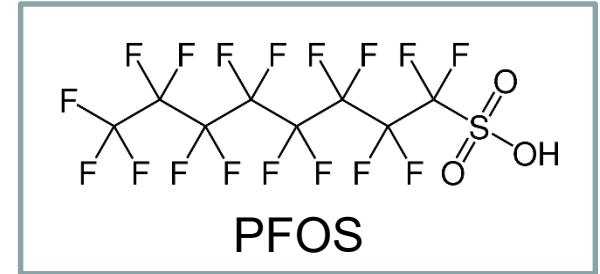
<sup>1</sup>Joerss et al 2022 Environ. Sci. Technol. 56, 5456–5465

# Un comportement environnemental conditionné par la structure moléculaire



## Structure moléculaire générale:

- 1) Une chaîne hydrophobe à forte proportion de fluor;
- 2) Des groupements hydrophiles;
- 3) Des groupements organiques « d'espacement ».



→ Déterminent les propriétés d'adsorption sur les sols et les sédiments

→ Pas d'hydrolyse, pas de photolyse, pas de dégradation microbienne dans l'eau ou le sédiment

## Mobilité:

- PFAS à chaîne courte bien solubles dans l'eau → eau = voie importante de diffusion;
- PFOS et PFOA (C-8) modérément hydrosolubles;
- PFAS à chaîne longue fortement adsorbés sur les particules de sol → Rétention.



# Réglementation des PFAS

- PFOS/PFOA: restrictions ou interdictions dans le monde entier
- Actuellement classés PBT: persistants (P), bioaccumulables (B) et toxiques (T) (OCDE)
- Actuellement inscrits à l'annexe B de la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (POP) (PNUE 2009) (restrictions nécessaires)
- Restrictions/interdictions d'utilisation, de fabrication, d'importation et d'exportation du PFOS et substances apparentées (SPFO), Règlement (UE) n° 757/2010
- **Annexe 1.16 Ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques, ORRChim, état le 1.5.2022**

Sont considérées comme acide perfluorooctane sulfonique et ses dérivés (SPFO) les substances dont la formule élémentaire est  $C_8F_{17}SO_2X$ , où X correspond à: OH, sel métallique [O-M+], halogénure, amide ou autres dérivés, y compris les polymères.

<sup>1</sup> Il est interdit de fabriquer, de mettre sur le marché et d'employer des SPFO ou des substances et des préparations dont la teneur en SPFO est égale ou supérieure à **0,001 % masse**.

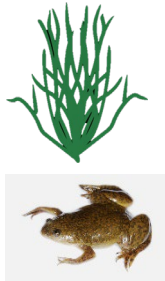
<sup>2</sup> Il est interdit de mettre sur le marché **de nouveaux objets ou leurs composants** :

- a. si leur teneur en SPFO dépasse **0,1% masse**, calculée à partir de la masse de parties structurellement ou micro-structurellement distinctes qui contiennent des SPFO, ou
- b. dans le cas des **textiles** ou des autres matériaux enduits: si la quantité de SPFO dépasse **1 µg par mètre carré** de matériau enduit.

# Toxicité chronique directe pour les organismes aquatiques



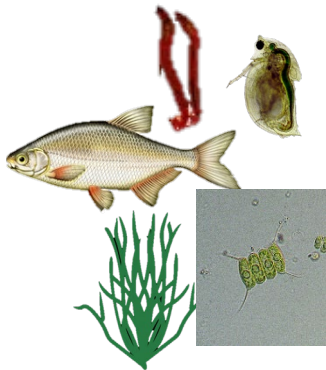
## Exemple du PFOS (EU Draft EQS Dossier PFAS 2021)



10  $\mu\text{g/L}$

> 1 mg/L

## Exemple du Flubendiamide (PPDB; Pesticide Properties DataBase)



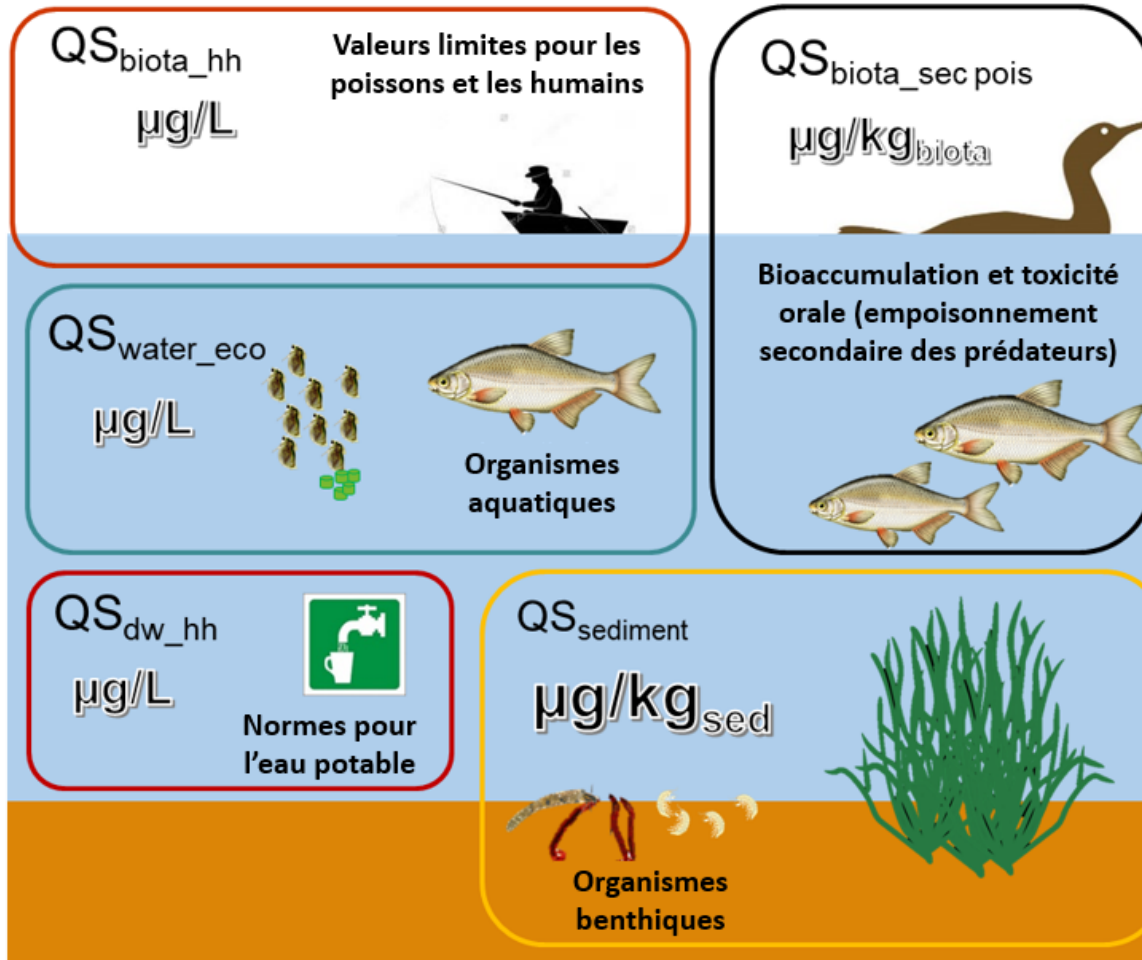
10  $\mu\text{g/L}$

> 1 mg/L

# Normes de qualité pour les PFAS dans le milieu aquatique



Normes de qualité pour la directive-cadre sur l'eau (UE)<sup>1</sup>



**CH OEaux:**

**QS<sub>water\_eco</sub>**

**QS<sub>biota\_sec pois</sub>**

PFAS (EU 2021<sup>2</sup>):

**QS<sub>biota\_sec pois</sub>**  
inférieure à

**QS<sub>water\_eco</sub>**

en raison de la forte bioaccumulation

EQS du CE pour le PFOS  
0,002 µg/L (2011)  
également basé sur  
l'empoisonnement  
secondaire

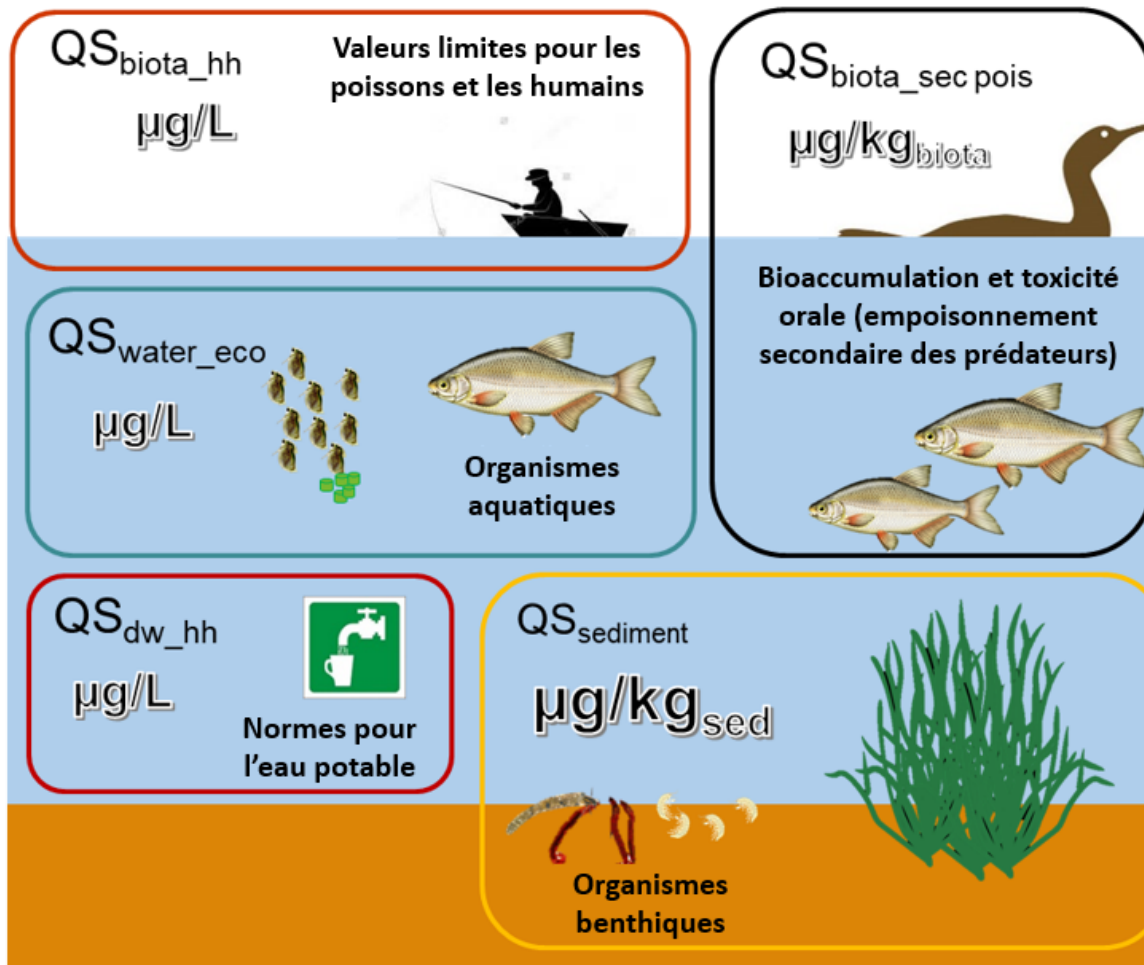
<sup>1</sup>A calculer selon l'EU Guidance Document No. 27

<sup>2</sup><https://circabc.europa.eu/ui/group/9ab5926d-bed4-4322-9aa7-9964bbe8312d/library/e6137ae7-3056-4d01-ae44-de003185ab1c/details>,

# Normes de qualité pour les PFAS dans le milieu aquatique



Normes de qualité pour la directive-cadre sur l'eau (UE)<sup>1</sup>



Evolution des valeurs toxicologiques de référence de l'EFSA

**2008**  
DJT  
150 ng/kg (PFOS)  
1500 ng/kg (PFOA)

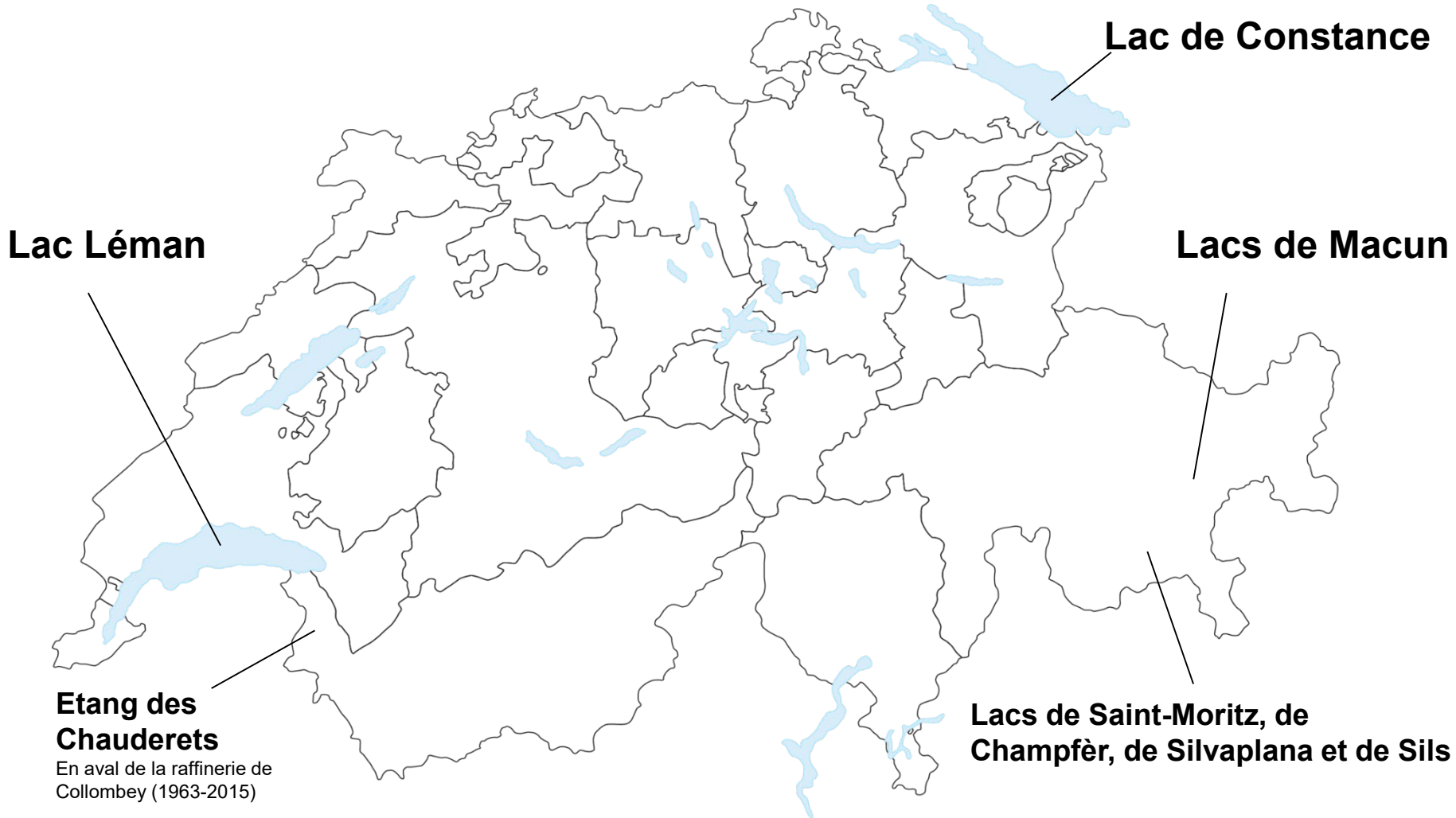
**2018**  
DHT  
13 ng/kg (PFOS)  
6 ng/kg (PFOA)

**2020**  
DHT de groupe  
4 ng/kg  
(ΣPFOS, PFOA, PFNA, PFHxS)

DJT = Dose journalière tolérable  
DHT = Dose hebdomadaire tolérable

<sup>1</sup>A calculer selon l'EU Guidance Document No. 27

# Occurrence des PFAS dans les lacs suisses



→ Données sur l'eau des lacs et les poissons, pas sur les sédiments lacustres

# Concentrations dans l'eau des lacs: exemple du PFOS



Lac de Constance 2019 <sup>1</sup>	0,001 µg/l – 0,005 µg/l
Lacs de Macun 2015 <sup>2</sup>	0,0001 µg/l
Lacs de Haute-Engadine 2021 <sup>3</sup>	0,0001-0,0002 µg/l

Comparaison avec un milieu fortement contaminé:

Etang des Chauderets 2021 <sup>4</sup>	~0,5 µg/l PFAS
----------------------------------------	----------------

<sup>1</sup>IGKB, <https://www.igkb.org/aktuelles/bodensee-wasser-informationssystem-bowis/spurenstoffe/>

<sup>2</sup>Cobbing M., Jacobson T., Santen M.: Chemie in unberührter Natur, Greenpeace untersucht die globale Verbreitung gefährlicher per- und polyfluorierter Chemikalien; Greenpeace, Hamburg, 2015)

<sup>3</sup>Schmid et al 2022, Kanton Graubünden, Dokument ANU-406-51; St. Moritzersee, Champfèrersee, Silvaplannersee und Silsersee

<sup>4</sup>Canton du Valais 2022, Pollution par les PFAS - Contamination des poissons de l'étang des Chauderets à Collombey



# Concentrations de PFOS dans les poissons

Lac	PFOS Médiane ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	PFOS Maximum ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
Lac de Sils	1,0	2,1
Lago Bianco	0,9	2,0
Lago Crocetta	1,1	1,5
Lac de Côme	4,1	6,0
Lac de Garde	1,4	4,8
Lago Iseo	0,9	2,5
Lago Varese	7,0	12,5
Lago Mergozzo	5,4	38,4
Lago Sassolo	0,3	0,8
Lac Majeur	8,6	19,9
Lac de Lugano	15,7	50,5
Lac Léman	9,1	19,3
Lac de Constance	10,3	10,8

# PFAS dans la chair des poissons: Lac de Constance et lac Léman (exemples)



## Lac de Constance<sup>1</sup>

### 2009

40 filets sur 43 contiennent du PFOS

9,9 µg/kg (moyenne)

Dans trois échantillons: acide perfluorodécanoïque (PFDA), quelques µg/kg

### 2020

29 PFAS dans 5 espèces de poissons sur 6 sites:

0,01 – 29,81 µg/kg

10,31 µg/kg PFOS (médiane)

Σ PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS:

(tanche lac inférieur – perche lac supérieur)

1,8 – 30 µg/kg

## Lac Léman<sup>2</sup>

### 2018

2 espèces de poissons, 14 échantillons

2,4-19,3 µg/kg PFOS

9,1 µg/kg PFOS (médiane, *R. rutilus*)

9,8 ± 4,2 µg/kg (moyenne, écart-type *L. lota*)

2,7-22,6 µg/kg Σ 14 PFAS

Autres observations:

Concentrations environ 2 x plus fortes dans le poisson total que dans le filet

<sup>1</sup>Riemenschneider et al. 2021, Bericht UA-BW, D

<sup>2</sup>Valsecchi et al. 2021, Environmental Toxicology and Chemistry—Volume 40, Number 3—pp. 658–676

# PFAS dans la chair des poissons: Haute-Engadine et ancien site d'excavation (exemples)



## Haute-Engadine<sup>3</sup>

70 poissons de 4 lacs  
Groupes PFHxS, PFOA, PFOS, PFNA  
Détectés dans 50 % des filets et 90 % des extraits  
de foie

0,9 – 1,3 µg/kg filet (médiane des lacs)

2,1- 18 µg/kg foie (médiane des lacs)

0,9 µg/kg PFOS dans les filets (médiane)

## Etang des Chauderets<sup>4</sup>

37 - 6723 µg/kg "PFAS" dans les filets

- Dans les quatre exemples, le rapport des concentrations entre l'eau et le poisson est sensiblement le même;
- En général, accumulation plus forte dans le foie des poissons.

<sup>3</sup>Schmid et al 2022, Kanton Graubünden, Dokument ANU-406-51; St. Moritzersee, Champfèrersee, Silvaplannersee und Silsersee

<sup>4</sup>Canton du Valais 2022, Pollution par les PFAS - Contamination des poissons de l'étang des Chauderets à Collombey

# Appréciation des concentrations et effets environnementaux des PFAS: Eau potable



## Valeurs maximales pour l'eau potable

CH: OPBD<sup>1</sup> Annexe 2

Perfluorooctanesulfonate (PFOS) 0,3 µg/l

Perfluorohexanesulfonate (PFHxS) 0,3 µg/l

Perfluorooctanoate (PFOA) 0,5 µg/l

European Drinking Water Directive  
0.5 µg/L for "PFAS total"

## Lac de Constance –service eau potable (D)

PFOS

0,003 µg/L

17 autres PFAS non détectables<sup>2</sup>

## Haute-Engadine

PFOS, 5 échantillons

<0,0001 µg/l trois échantillons

0,0002 µg/l deux échantillons

→ Teneurs dans les eaux de surface et l'eau de boisson inférieures aux valeurs maximales actuellement en vigueur

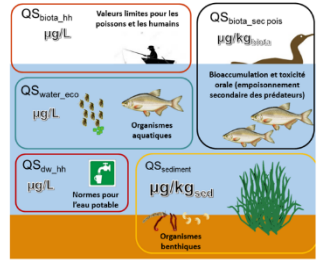
<sup>1</sup>Ordonnance du DFI sur l'eau potable et les installations de baignade et de douche accessibles au public, RS 817.022.11

<sup>2</sup>Riemenschneider et al. 2021, Bericht UA-BW, D

# Appréciation des concentrations et effets environnementaux des PFAS: Chair des poissons



Normes de qualité pour la directive-cadre sur l'eau (UE)<sup>1</sup>



Evolution des valeurs toxicologiques de référence de l'EFSA

2008	DJT	150 ng/kg (PFOS)	1500 ng/kg (PFOA)
2018	DHT	13 ng/kg (PFOS)	6 ng/kg (PFOA)
2020	DHT de groupe	4 ng/kg (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS)	

DJT = Dose journalière tolérable  
DHT = Dose hebdomadaire tolérable

<sup>1</sup>A calculer selon l'EU Guidance Document No. 27

## UE/CH: Calcul provisoire de normes de qualité pour le milieu aquatique visant à protéger la santé humaine<sup>1</sup>

Sur la base de la nouvelle DHT de groupe de l'EFSA de 4 ng/kg de masse corporelle Σ PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS  
280 ng / 70 kg de masse corporelle / semaine

0,077 µg.kg<sup>-1</sup><sub>biota ww</sub>, (en se basant sur le PFOA comme substance de référence)

→ Correspond à 0,22 ng/L PFOA dans le milieu aquatique (valable uniquement pour le PFOA)

→ Les teneurs mesurées dans les filets de poissons sont nettement inférieures à cette valeur

L'EFSA a annoncé une prise de position et des recommandations pour la consommation de poisson.

<sup>1</sup><https://circabc.europa.eu/ui/group/9ab5926d-bed4-4322-9aa7-9964bbe8312d/library/e6137ae7-3056-4d01-ae44-de003185ab1c/details>  
Actuellement expertise par le SCHEER ([https://ec.europa.eu/health/scientific-committees/scientific-committee-health-environmental-and-emerging-risks-scheer\\_en](https://ec.europa.eu/health/scientific-committees/scientific-committee-health-environmental-and-emerging-risks-scheer_en))



## Filtres UV – Manque de données et rejets directs dans l'environnement



Photo: [www.bund-bawue.de](http://www.bund-bawue.de)



# Réglementation des filtres UV

- UE/CH: **REACH et règlement sur les cosmétiques** (Règlement (CE) n° 1223/2009, annexe IV (List of UV filters allowed in cosmetic products) avec concentrations maximales (jusqu'à 10 %); actuellement **32\* composés dans l'annexe IV** (août 2021):
  - 28 **composés organiques**, dont des polymères et des nanomatériaux
  - 4 **substances minérales** (TiO<sub>2</sub>, ZnO et leurs nano et microparticules)
  - 3 substances sont en cours d'évaluation pour leurs effets endocriniens éventuels
  - 4 substances en cours d'évaluation en tant que PBT
  - 18 substances étiquetées « aquatiques » selon la CLH\*\* (aigu ou chronique)
- **Dossiers d'enregistrement REACH disponibles pour 26 composés** (résultats de tests standardisés sur les propriétés physicochimiques, le comportement dans l'environnement, la toxicité humaine et l'écotoxicité)

\* Dont 6 constituent 3 paires de la même formule chimique; \*\* Classification et étiquetage harmonisés



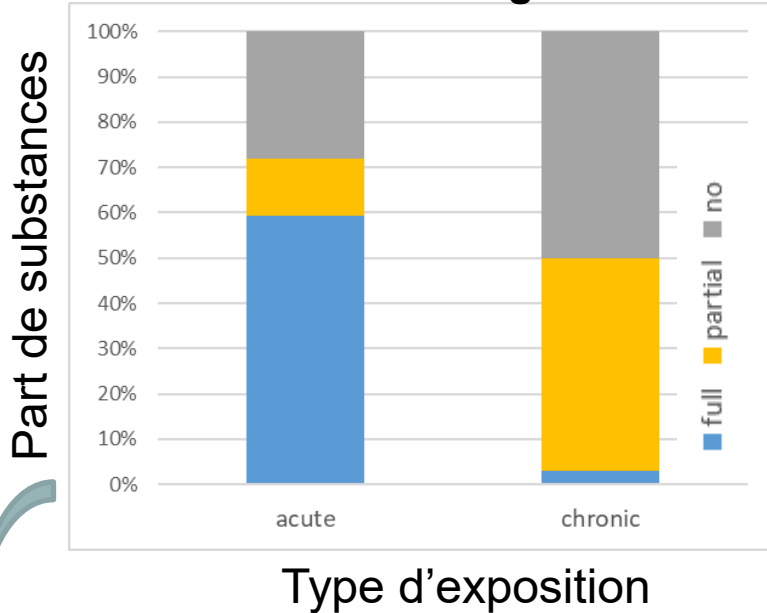
# Propriétés et sources des filtres UV

- Échelle très vaste de valeurs pour les propriétés physicochimiques
  - Solubilité: de  $< 0,005 \mu\text{g/L}$  à  $\geq 600 \text{ g/L}$
  - pKa: de -3,1 à 13,3 (3 valeurs intéressantes pour l'eau)
  - logKow: de -1,84 à 12,7
  - Photostabilité
  - Biodégradabilité
- Toutes les données ne sont pas rendues publiques pour tous les composés
- Pas de tests en milieu aquatique actuellement en raison de la faible solubilité des composés
- Dans un cas, test en milieu aquatique avec une autre substance («read-across»)

# Ecotoxicologie des filtres UV



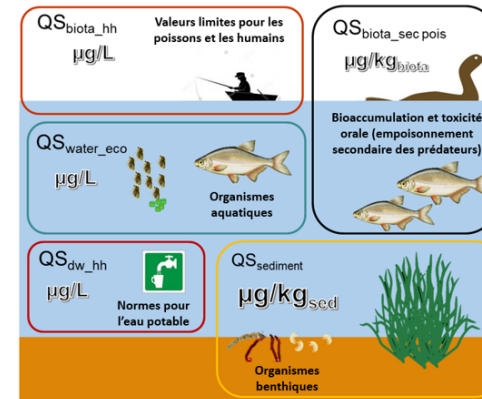
## Disponibilité des données d'écotoxicologie



«Full dataset»  
Selon l'EU Technical Guidance Document No. 27; les données d'au moins 3 niveaux trophiques constituent un jeu de données de base.

- Les données disponibles montrent une **grande dispersion** des effets:  
de « pas d'effets dans le domaine de solubilité » jusqu'à « effets avec quelques  $\mu\text{g/L}$  »
- **EQS/NQE provisoires** proposés pour la **toxicité directe** pour 8 composés; entre  $53,2 \text{ ng/L}$  et  $10,7 \mu\text{g/L}$
- **Évaluation du risque d'empoisonnement secondaire** nécessaire pour au moins 12 composés, EQS pour les composés évalués mais + élevés que pour la toxicité directe

Normes de qualité pour la directive-cadre sur l'eau (UE)<sup>1</sup>



<sup>1</sup>A calculer selon l'EU Guidance Document No. 27

# Occurrence des filtres UV dans les lacs suisses



## Concentrations environnementales

(MEC) de 5 filtres UV mesurées dans les lacs suisses\*

**Lac de Zurich <2 ng/L - 29 ng/L**

**Hüttnersee <2 ng/L - 125 ng/L**

Poiger et al (2004) Chemosphere Volume 55, Issue 7, May 2004, Pages 951-963

\* Non prise en compte des jours de forte fréquentation; composés les plus fréquents dans les crèmes solaires; tous à fort logKow



Hüttnersee, ct Zurich, CH  
(Roland Fischer, CC BY-SA 3.0)

## Concentration prévisible dans

**l'environnement** (PEC) (sur la base des concentrations maximales autorisées, sans dégradation)

**Hüttnersee 69 ng/L - 173 ng/L**



# Normes de qualité environnementale provisoires: 3 exemples

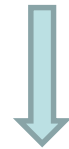
CAS	Nom (abrégé)	Classification ECHA	EQS* (ng/L)	Facteur de sécurité	Base	Facteur de bioconcentration	Log Kow	Solubilité
131-57-7	Benzophénone-3	PE ?	160	100	Poisson	158 (poisson)	3.45	6 mg/L
6197-30-4	Octocrylène	PBT ?	53,2	100	Gammare	859 (poisson)	6.1	9 - 153 µg/L
36861-47-9 38102-62-4	4-Méthylbenzylidène camphre	PE ?	200	100	Gammare	801 (moules)	5.1	1 mg/L

\*provisoire

# Appréciation des concentrations et effets environnementaux



CAS	Nom (abrégé)	PEC HS [ng/L]	MEC HS [ng/L]	EQS* (ng/L)	RQ PEC	RQ MEC
131-57-7	Benzophénone-3	173	5-125	160	1,1	0,03-0,8
6197-30-4	Octocrylène	173	3-27	53,2	3,3	0,06-0,8
36861-47-9 38102-62-4	4-Méthylbenzylidène camphre	69	9-82	200	0,3	0,45-0,41



Les concentrations mesurées dans l'environnement sont du même ordre de grandeur que les EQS/NQE provisoires

On ignore s'il y a des dépassements les jours de forte fréquentation.

Journées à forte fréquentation non prises en compte



---

**Merci de votre attention!**