

Omniprésents et éternels - approches pour la gestion des PFAS

SCIENCE ET POLITIQUE

à table!



académies suisses
des sciences

Programme

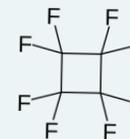
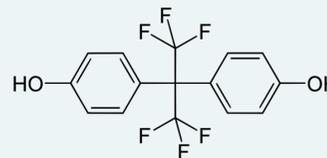
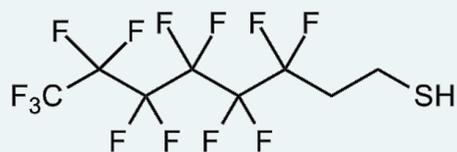
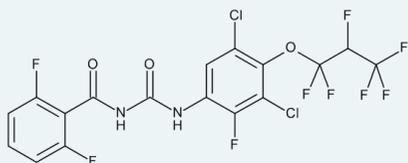
- **Présence, problématique et approches réglementaires**

Elvira Rudin, groupe pour la chimie environnementale, département des sciences des systèmes environnementaux , ETH Zurich ; groupe pour l'écologie du sol, ZHAW

- **Où en est le développement de solutions techniques ?**

Manfred Heuberger, membre de la direction, EMPA

- **Discussion**



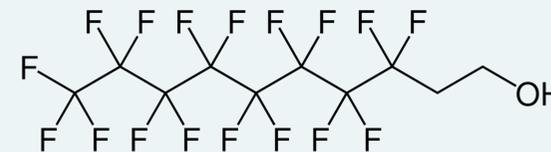
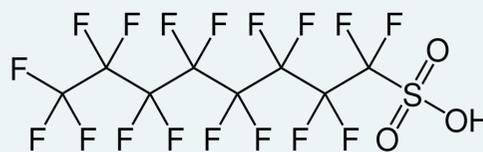
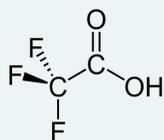
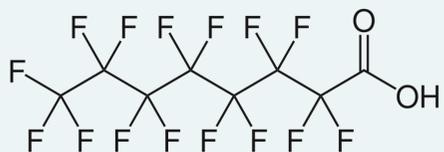
PFAS

Présence, problématique et approches réglementaires

Elvira Rudin

groupe pour la chimie environnementale, département des sciences des systèmes
environnementaux , ETH Zurich ; groupe pour l'écologie du sol, ZHAW

03/06/2025

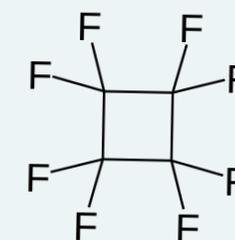
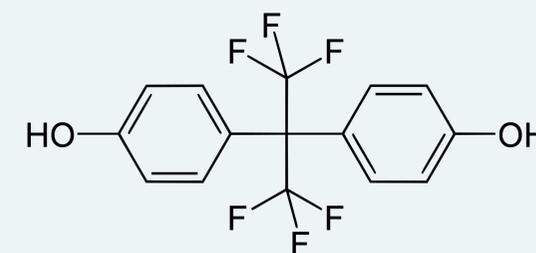
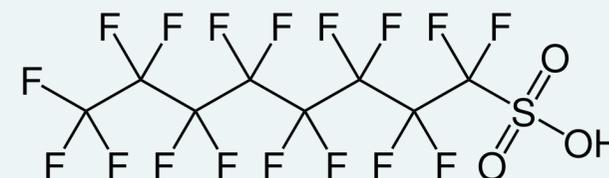


Que sont les PFAS ?

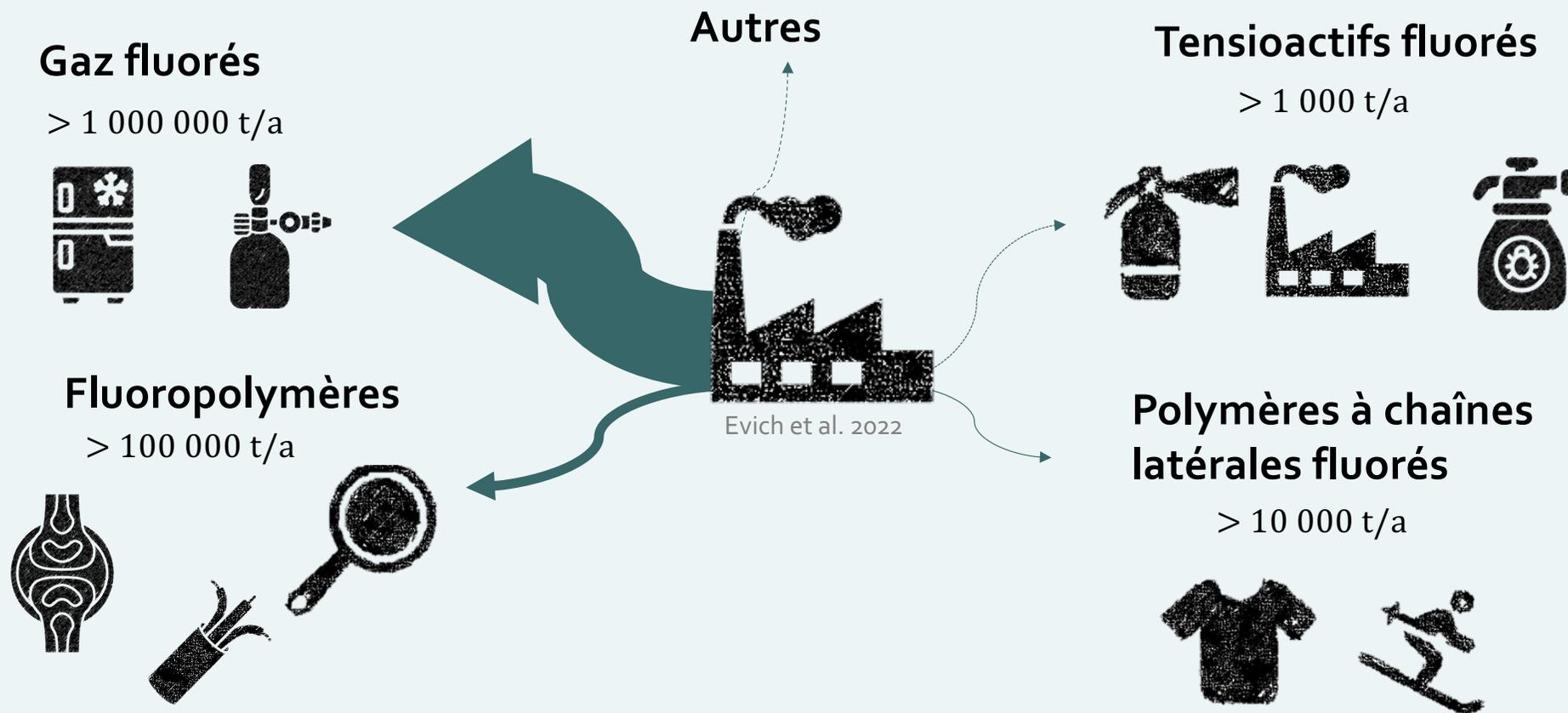
Composés alkyles polyfluorés et perfluorés

- produits chimiques
 - utilisés depuis plus de 80 ans
 - liaison carbone-fluor très stable
 - propriétés des substances
 - hydrophobes, lipophobes et antitaches
 - stabilité thermique et chimique
- persistance dans l'environnement

- Très attrayantes pour les applications industrielles
- Centaines de domaines d'application différents
- Centaines à milliers de substances sur le marché



Production et applications



Production et applications

Gaz fluorés

> 1 000 000 t/a



Lacune : utilisation dans des processus industriels spécifiques connus seulement au sein de la branche

Autres

Tensioactifs fluorés

> 1 000 t/a



Fluoropoly

> 100 000 t/a



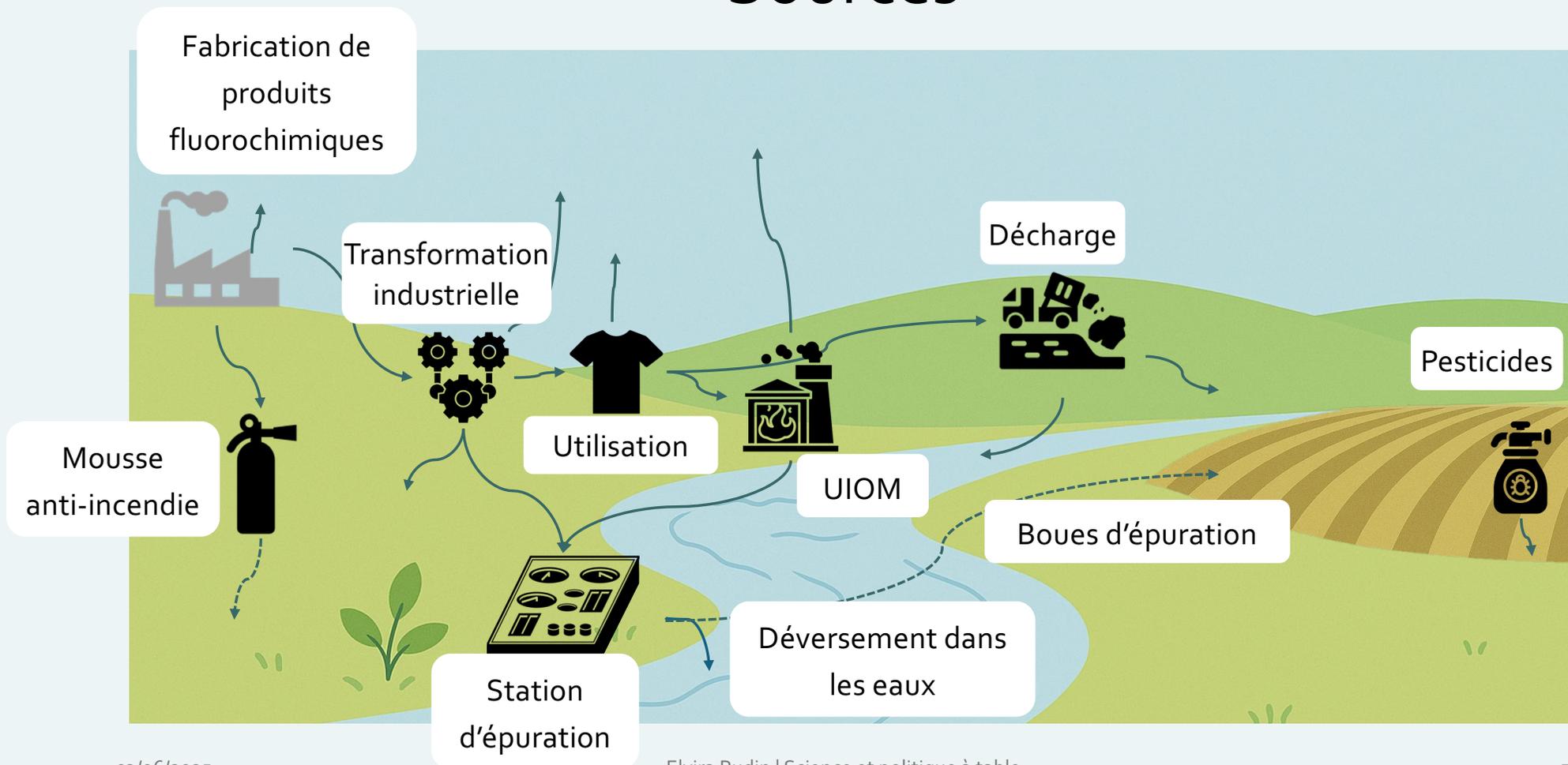
Obligation de déclarer souhaitable

Polymères à chaînes latérales fluorés

> 10 000 t/a



Sources



Sources

Anciennes sources de contamination connues
(mousse anti-incendie, boues d'épuration)

De nombreuses sources ne sont pas fermées
(décharges, eaux usées, pesticides...)

Identification systématique de sites
contaminés

Fermer les sources (**réduction des émissions,**
prétraitement des eaux usées industrielles...)

Fabrication de
produits
fluorochimiques



Tra
in

Mousse
anti-incendie

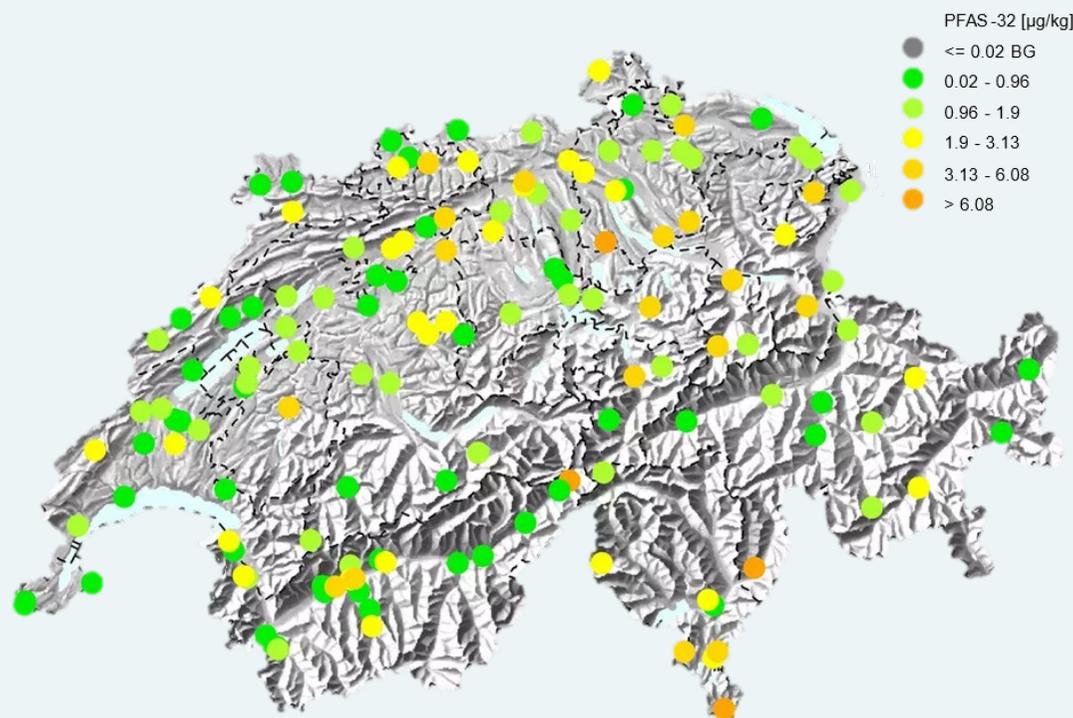


Pesticides



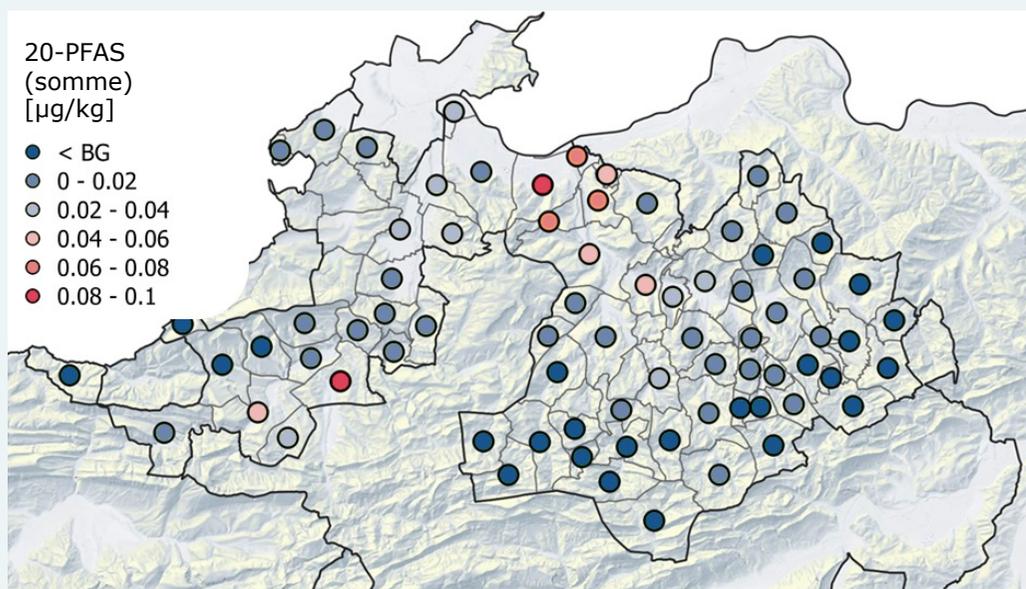
d'épuration

Présence dans l'environnement – Sol

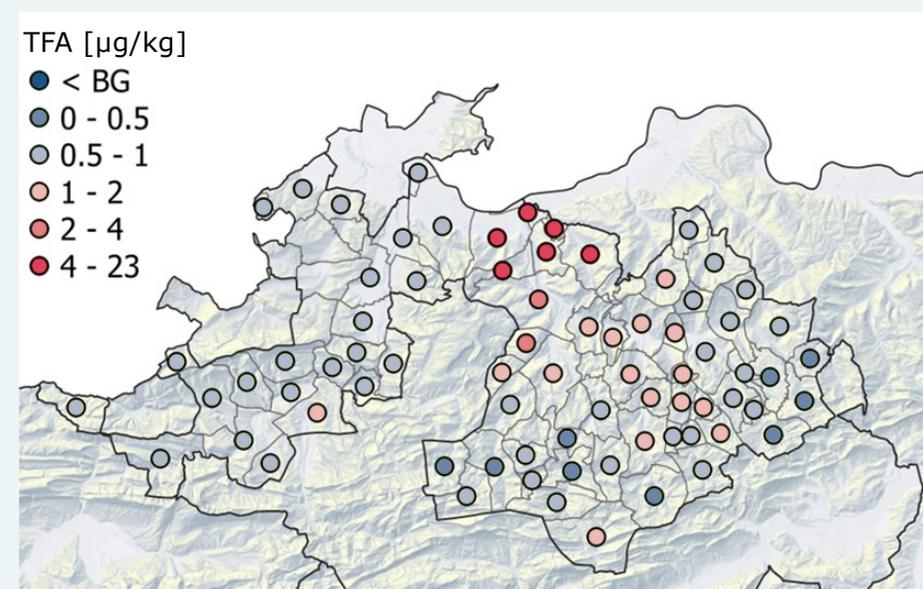


Thalmann B. (04.01.2023). Schweizer Böden erstmals auf umweltschädliche PFAS untersucht. <https://www.zhaw.ch/de/lisfm/ueberuns/aktuell-medien/news/detailansicht/event-news/schweizer-boeden-erstmal-auf-umweltschaedliche-pfas-untersucht/>

Présence dans l'environnement – Eau potable



Kanton Basellandschaft (2022). *Trinkwasser: Per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS).*



Kanton Basellandschaft (2022). *Trinkwasser: Ultra-kurzkettinge PFAS.*

Présence dans l'environnement – Eau potable

20-PFAS
(somme)
[µg/kg]

- < BG
- 0 - 0.02
- 0.02 - 0.04
- 0.04 - 0.06
- 0.06 - 0.08
- 0.08 - 0.1

Les PFAS se trouvent partout dans l'environnement

Fermer les sources (**réduction des émissions**,
prétraitement des eaux usées industrielles...)

Priorisation des mesures : mieux comprendre les
flux des substances PFAS

Assainir là où c'est judicieux et possible

Kanton Basellandschaft (2022). *Ultra-kurzkettinge PFAS. Alkylsubstanzen (PFAS).*

Exposition de l'être humain

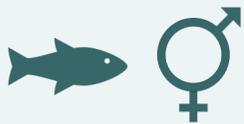


Ingestion notamment par la nourriture :

- Notamment : poisson (d'eau douce), viande, œufs
- Aussi : aliments végétaux, lait, eau potable



La présence de PFAS dans le sang de 100% de la population a été prouvée



Les valeurs sanguines en Suisse sont influencées par :

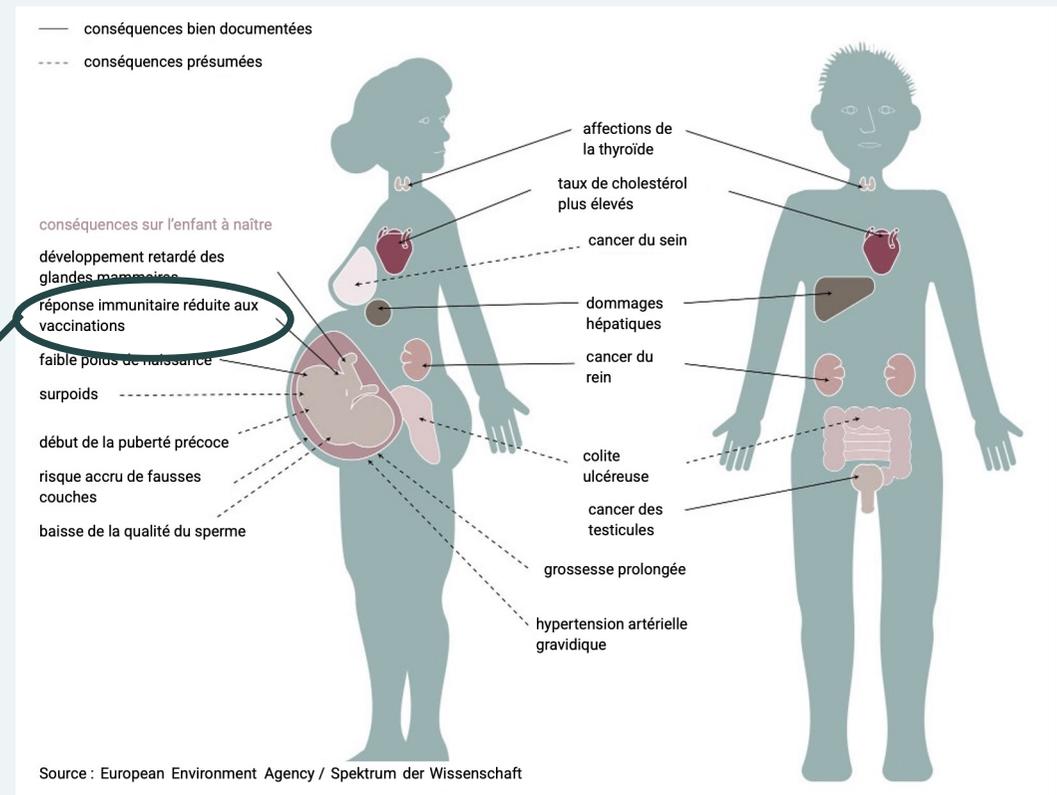
- l'âge (augmentation avec l'âge)
- le sexe (valeurs inférieures chez les femmes par rapport aux hommes)
- la consommation de poisson (augmentation avec la consommation de poisson)
- le domicile

Jaus et al. (2025)

Effets sur la santé – Toxicité chronique

Toxicité chronique marquée

41% des femmes en âge de procréer : valeurs sanguines au-dessus du seuil de risque immunitaire pour les nourrissons



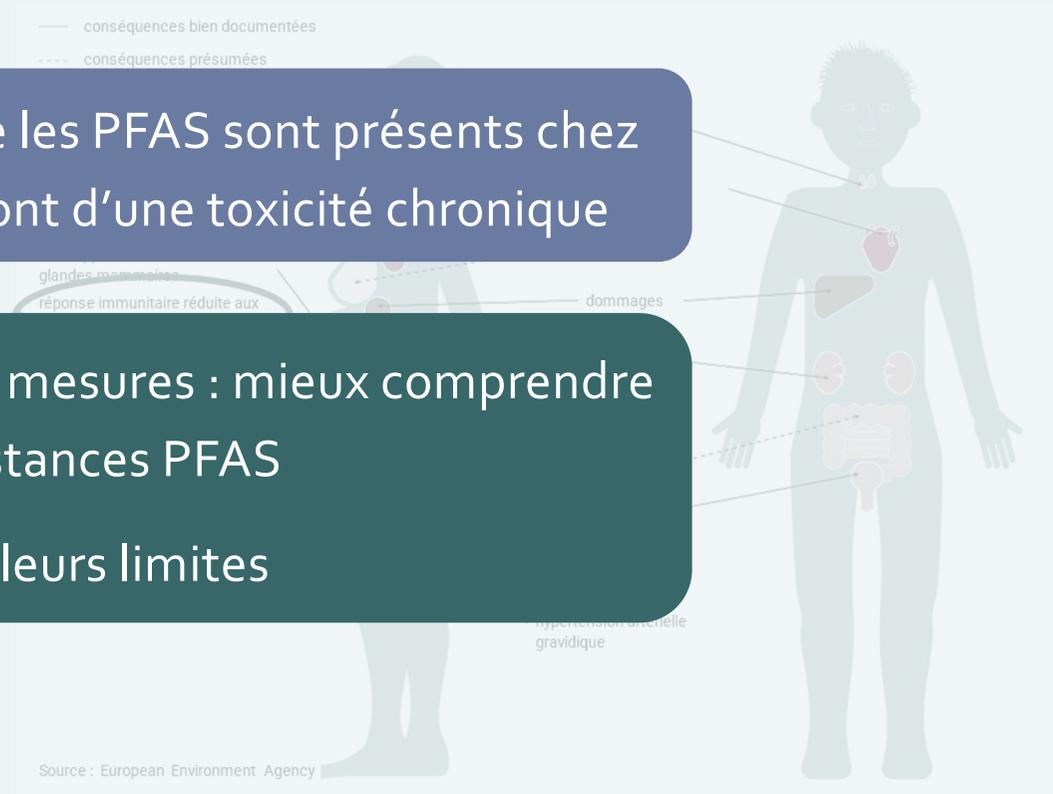
Effets sur la santé – Toxicité chronique

Toxicité chronique

41% des femmes en âge de procréer : valeurs au-dessus du seuil immunitaire pour les nourrissons

Il est prouvé que les PFAS sont présents chez l'humain et ils sont d'une toxicité chronique

Priorisation des mesures : mieux comprendre les flux des substances PFAS
Instaurer des valeurs limites



Valeurs réglementaires Suisse

Valeurs limites

- Eau potable
- Denrées d'origine animale
- Nouvelles valeurs dans la motion Maret
(sol, sites contaminés, déchets, déversement dans les eaux)

Interdictions

- Substances individuelles (PFOS, PFOA, PFHxS)
- Acides perfluorocarboxyliques à longue chaîne
- Fluoroalkylsilanols

Restrictions prévues

- Paquet d'ordonnances environnementales de l'automne 2025 :
utilisation dans les mousses anti-incendie, emballages de denrées alimentaires
- Proposition de restriction globale de l'UE

UE - proposition de restriction

Soumission proposition (2023)

5 pays européens
A l'exception des principes actifs dans les produits phytosanitaires et les médicaments

Evaluation des risques et analyse socio-économique

Selon application
Définir les exceptions (limitées dans le temps)

Approbation UE (2027 ?)

Commission de l'UE
Etats membres

Reprise CH ?

Examen de la reprise planifié

UE - proposition de restriction

Soumission pr

5 pays europe

A l'exception

principes acti

les produits

phytosanitari

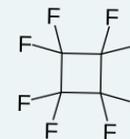
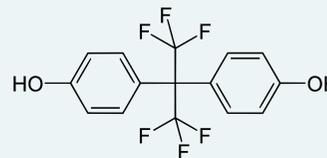
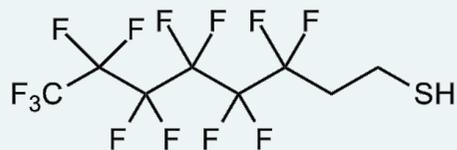
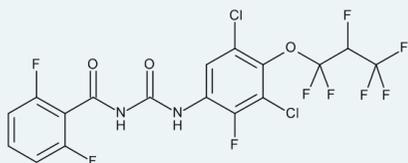
médicaments

La restriction des PFAS dans l'UE sera probablement établie avec des exceptions et examinée par la Suisse

Reprise de la restriction
Examiner la précédente restriction de certains domaines d'application

Reprise CH ?

n de la
planifié

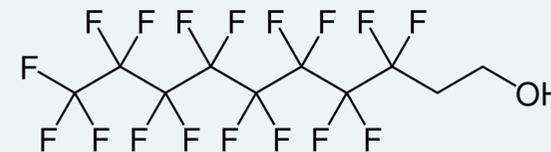
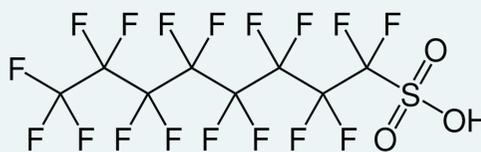
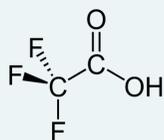
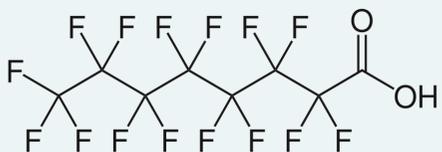


Merci de votre attention

Elvira Rudin

groupe pour la chimie environnementale, département des sciences des systèmes
environnementaux , ETH Zurich ; groupe pour l'écologie du sol, ZHAW

03/06/2025



CaF₂

forme minéralisée de fluor



Où en est le développement de solutions techniques ?



3 juin 2025

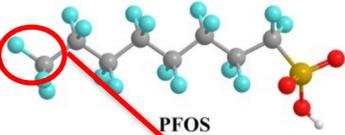
Prof. Dr. Manfred Heuberger

PFAS – des substances a double tranchant

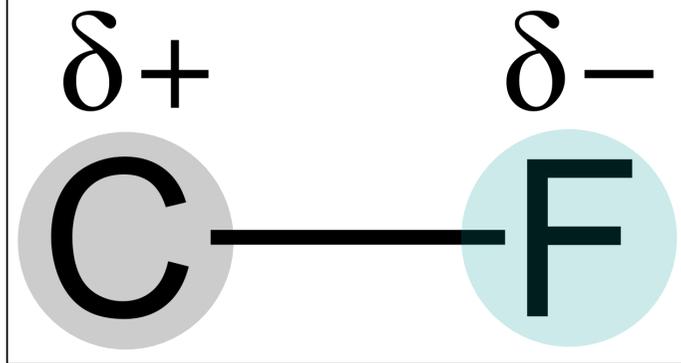


Le proverbe allemand mentionne les deux côtés d'une médaille

Pourquoi « produits chimiques éternels » ?



Liaison énergétiquement stable

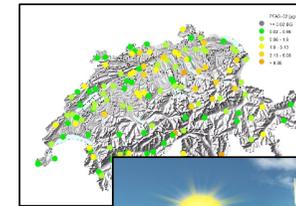


Nettoyage technique

- Les PFAS sont présents à long terme et à grande échelle
- La séparation C-F consomme beaucoup d'énergie
- La forme sûre à long terme du fluor est minéralisée

Points clés :

- Planification à grande échelle et à long terme (30-50 années)
- Le process est énergivore (PFAS durable)



Installation expérimentale pour l'élimination thermique des déchets spéciaux (THERESA) au KIT



Substitution technique

- Classe de substances très variée avec de nombreuses caractéristiques positives
 - Oléofugation
 - Anti-adhérence
 - Capacité de glissement
 - Stabilité chimique et de la température



Points clés :

- Matériaux de remplacement nécessitent de la recherche (5-10 ans)
- Le principe d'« utilisation essentielle » a du sens si aucun PFAS n'est émis.



« Essential use »

The concept of "essential use" for PFAS is outlined by [the European Commission](#) and others...



... la notion n'est pas encore définie de manière contraignante

Facteurs primaires:

- Santé ou sécurité
- Fonction et sécurité de la société

Facteurs secondaires:

- Disponibilité et risque des alternatives

Exemple :

Appareil médical de maintien en vie

- chimiquement inerte
- anti-adhérent, glissant, isolant
- flexible, biocompatible



Priorités pour les solutions techniques



Remplacer les produits chimiques contenant du C-F
par des alternatives

Fonction de la société et de la technologie
Conserver le bien-être + création de valeur

« *essential use* » sans dissémination -> O. K.

Collecter le fluor et minéraliser de façon durable -> O. K.

Mise en œuvre grâce à la capacité d'innovation de la Suisse



- Bases TRL 0-2 (axe temporel 20-30 ans, catalyse, minéralisation, oléofugation, stabilité de l'environnement)
- TRL 2-5 (axe temporel 5-15 ans, axée sur l'application, avec l'industrie, interdisciplinaire)
- TRL 6-9 (LCA, REACH, >30 ans, transdisciplinaire)

Points clés :

- Compétences & Financements appropriés existants
- Application du principe : « sustainable by design »
- Point faible: coordination transdisciplinaire



Options dans la gestion des PFAS ?



Objectif	Options	Avantage	Défi	Base juridique	Durée jusqu'à impact
----------	---------	----------	------	----------------	----------------------

Réduire la dissémination	Restriction étendue selon le projet de l'UE	Conforme à l'UE, impact relativement rapide	Besoin de recherche pour les applications avec périodes transitoires	Proposition de restriction de l'UE	2-5 ans
Réduire la dissémination	Restriction étendue indépendante et plus rapide que l'UE	Effet relativement rapide, opportunité pour la recherche et l'innovation en Suisse, en tant que pionnière	Ressources humaines, évtl. pas conforme à UE, évtl. désavantages pour l'économie suisse	Postulat Moser (plan d'action)	2-5 ans
Réduire la dissémination	Taxe sur les émissions, taxe d'élimination des déchets anticipée	Principe du pollueur-payeur	Emissions pas encore quantifiées, frais d'élimination élevés en raison de la persistance, détermination des coûts d'élimination complexe, coûts en hausse aussi pour « essential uses »	Postulat Moser (plan d'action)	5-10 ans
Réduire la dissémination	Obligation de déclarer	Meilleure information du consommateur, réduction possible de la consommation de PFAS	Coûts supplémentaires pour l'industrie, délimitation (PFAS partout, p.ex. dans l'eau, les denrées alimentaires), reporter la responsabilité sur le consommateur	Postulat Moser (plan d'action)	5-10 ans
Réduire la dissémination	Élimination à faible émission	Mise en œuvre rapide (UIOM)	Protection du climat (CO ₂), émission de produits de dégradation (TFA) par l'UIOM	Ordonnance gaz fluorés (ORRChim)	2-5 ans

Éliminer et dégrader les PFAS

Éliminer les PFAS (sites contaminés, sols, eau, déchets) dégrader techniquement	Nettoyage technique (hotspot du sol, eau)	Durable, intégrable dans l'agriculture, innovation_Suisse	Projet intergénérationnel (très longue durée), minéralisation de fluor nécessaire, dissémination sur une grande surface, grand besoin en énergie	Osites, Osol, OLED par le biais de la motion Maret	>20 ans
Éliminer les PFAS (sites contaminés, sols, eau, déchets) dégrader naturellement	Approches biologiques (enzymes, microbiome, flore)	Durable, intégrable dans l'agriculture, innovation_Suisse	Systèmes complexes, très grand besoin de recherche, efficacité limitée	Osites, Osol, OLED par le biais de la motion Maret	>30 ans

Éliminer les PFAS (y compris TFA) dans l'eau potable

Charbon actif (superfin), osmose inverse, nanofiltration

Mise en œuvre rapide, technologiquement mûre

Destruction C-F reste ouverte, coûts considérables, eau potable CH : changement de système ou de paradigme

Motion Maret postulat Moser (plan d'action)

1-5 ans

Mesures supplémentaires

Réduire l'ingestion humaine de PFAS par les denrées alimentaires	Installation de valeurs limites, logistique (p.ex. combiner)	Direct, rapide, souligne le rapport entre la contamination de l'environnement et la santé des êtres humains du point de vue de l'écolotoxicité	Les dépassements des valeurs limites peuvent limiter les options d'action : complexité chimique des denrées alimentaires (besoin de recherche)	Ocont, OLALA, Osol, OLED, Osites, motion Maret	En cours
Identifier le flux des substances et concentrations	Mesures dans les produits, les denrées alimentaires, l'environnement, les eaux usées, l'être humain	Identifier les hotspots, priorisation de mesures, protection des écosystèmes	Complexe, coûts, priorisation et coordination des mesures nécessaires	OPBD, Ocont, Osol, OLED, Osites, VME, Oeaux ...	En cours
Identifier les coûts pour la société	Analyse socioéconomique Suisse	Priorisation possible, coûts pour la société connus	Stockage des données		1-2 ans
Lutter contre les accumulations permanentes à long terme de TFA dans l'eau (potable)	Mieux comprendre les voies de dégradation des PFAS, besoin de recherche	Garantie à long terme de l'approvisionnement en eau potable	Voies de dégradation et sources variées, règles d'exception / lobbying de l'industrie, eau potable CH : changement de système ou de paradigme	Motion Maret postulat Moser (plan d'action)	>30 ans

Les options ci-dessus doivent être mises en œuvre de façon combinée (coordination transdisciplinaire)





manfred.heuberger@empa.ch

Autres spécialistes (en plus des orateurs)



Lothar Aicher, Centre Suisse de Toxicologie Humaine Appliquée (SCAHT), Université de Bâle



Nolwenn Bühler, Unisanté, Université de Lausanne



Alexandra Kroll, Centre Ecotox



Lorenz Lehmann, Ecosens AG



Christian Stamm, Eawag

Omniprésents et éternels - approches pour la gestion des PFAS

SCIENCE ET POLITIQUE

à table!



académies suisses
des sciences