

Évaluation préliminaire de l'importance des PFAS dans les sites pollués en Suisse

27 novembre 2018 / Journée technique ChloroNet



Importance des PFAS dans les sites pollués

- Les PFAS sont au centre de l'attention pour les chercheurs, les autorités et la politique
- Un sujet important lors des conférences internationales
- De nombreuses études en rapport avec les sites pollués et les sites contaminés ont été réalisées à l'étranger :
- P. ex. : DE : diverses investigations, évaluations et assainissements
 - Investigation de grandes surfaces où des boues de papier polluées par des PFAS ont été épanchées et investigation d'environ 150 pollutions ponctuelles :
 - des concentrations très élevées ont p. ex. été trouvées sur certains aérodromes ou terrains d'exercice pour les pompiers.
 - → UBA: rédaction d'une aide au travail pour le choix des méthodes d'assainissement → Exposé de Jörg Frauenstein

Importance des PFAS dans les sites pollués

- Diverses valeurs seuil, valeurs de référence et valeurs limites existent en Suède, au Danemark, en Allemagne, en Italie, aux Pays-Bas, en UE, aux USA et en Australie
- DuPont, USA, 2001 : plainte collective pour pollution de l'eau potable par des PFOA, DuPont paie 107 millions de dollars; 2005 : accord entre l'agence EPA et DuPont : 16.5 millions de dollars pour avoir dissimulé les risques

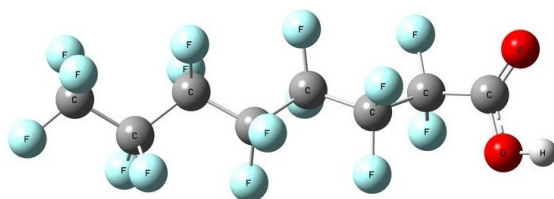


Journée technique ChloroNet 2018

3

Qu'est-ce que les PFAS ?

- PFAS est une abréviation pour les substances per- et polyfluoroalkylées,
- aussi connus sous le nom de PFC (composés chimiques per- et polyfluorés) ou PFT (tensioactifs perfluorés)
- Ce groupe de substances comprend plus de 4700 composés différents
- Du point de vue chimique, les composés organiques sont constitués de chaînes carbonées de différentes longueurs dans lesquelles les atomes d'hydrogène sont entièrement (perfluorés) ou en partie (polyfluorés) remplacés par des atomes de fluor.



Journée technique ChloroNet 2018

4

Qu'est-ce que les PFAS ?

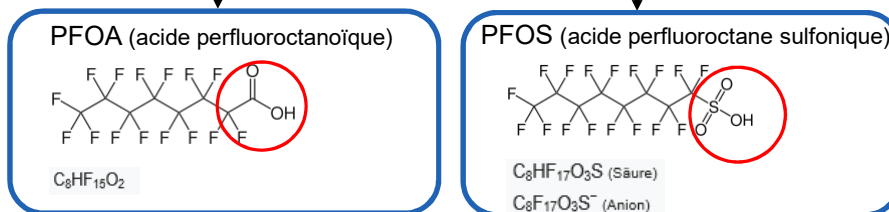
Les PFAS les plus largement utilisés → les plus importants pour les sites pollués / les ES sont :

Les acides carboxyliques d'alcane perfluorés et leurs composés précurseurs

Les acides sulfoniques d'alcane perfluorés et leurs composés précurseurs

p. ex.

p. ex.



Les deux types de PFAS les mieux étudiés

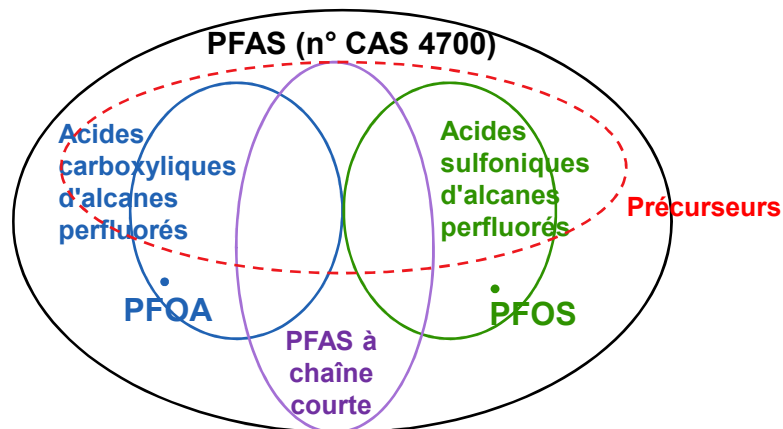
* Composés précurseurs = précurseurs : substances susceptibles d'être dégradées en acides carboxyliques et sulfoniques d'alcane perfluorés stables et non dégradables.

Journée technique ChloroNet 2018

5

Qu'est-ce que les PFAS ?

Longueur des chaînes : on fait la distinction entre les PFAS à chaîne longue (à partir de l'acide perfluorooctanoïque (C-8) ou de l'acide perfluorohexane sulfonique (C-6)) et les PFAS à chaîne courte (< C-6) en raison de leurs propriétés chimiques différentes.



Journée technique ChloroNet 2018

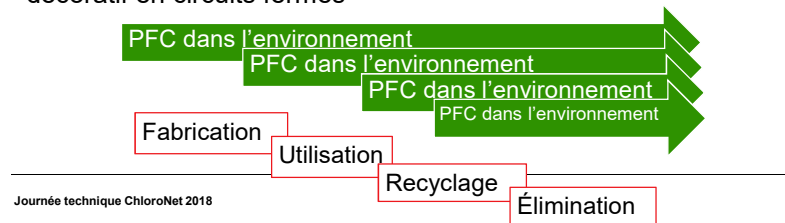
6



Les PFAS sont utilisés dans...

Au vu de leurs propriétés particulières - ils sont hydrofuges, résistants aux graisses et aux salissures, et sont chimiquement et thermiquement stables, les PFC trouvent leur utilisation dans de nombreux produits de consommation comme :

- Les textiles : revêtements / agents d'imprégnation résistants à l'eau et aux salissures (équipement outdoor, vêtements de travail, tapis anti-salissants, ...)
- Les papiers et cartons : enduits résistants à l'eau et aux salissures
- La galvanoplastie : revêtements ; PFOS : aujourd'hui encore : traitements anti-buée pour le chromage dur (chrome VI) non décoratif en circuits fermés



Journée technique ChloroNet 2018

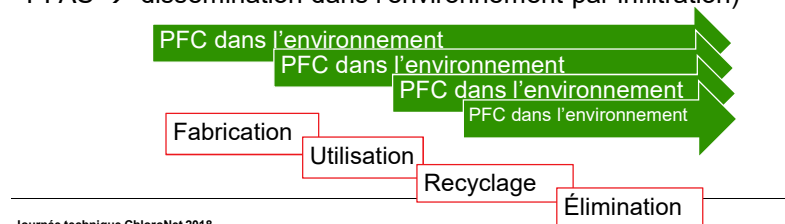
7



Les PFAS sont utilisés dans...

(suite)

- Autres revêtements : matériaux d'emballage, ustensiles de cuisine (téflon), cires/lubrifiants (p. ex. farts pour les skis), matériaux de construction (p. ex. peintures et laques résistantes aux intempéries, pour protéger les façades contre les salissures)
- Les mousses anti-incendie (fabrication, stockage, utilisation, élimination)
- Les pesticides
- Les décharges (autrefois utilisées comme terrains d'exercice pour les pompiers ou pour le stockage de déchets contenant des PFAS → dissémination dans l'environnement par infiltration)

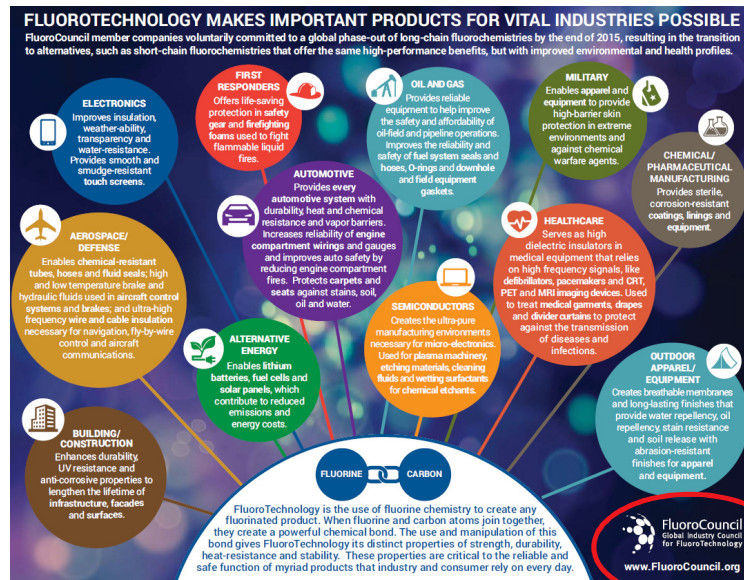


Journée technique ChloroNet 2018

8



Les PFAS sont utilisés dans...



Journée technique ChloroNet 2018

9



Comportement des PFAS dans l'environnement

- Tous les PFAS sont hautement persistants
- Selon la longueur de leurs chaînes, ils sont bioaccumulables (chaînes plutôt longues) ou mobiles (chaînes plutôt courtes)
- Certains PFAS sont toxiques
 - on distingue donc les PBT (persistants, bioaccumulables et toxiques)
 - et les PMT (persistants, mobiles et toxiques)
 - **Tous les PFAS demeurent donc très longtemps dans l'environnement et s'accumulent.**
- Mobilité / solubilité dans l'eau différentes : les PFAS à chaîne courte sont très mobiles et bien solubles dans l'eau → l'eau est une voie de dissémination importante pour les PFAS (à chaîne courte) ; les PFOS et les PFOA (C-8) sont peu solubles dans l'eau ; les PFAS à chaîne longue sont fortement adsorbés par le sol → rétention.
- De nombreux précurseurs sont mieux adsorbés par la matrice du sol que les acides perfluoroalcanoïques → effet de retard dans la libération des acides perfluoroalcanoïques

Journée technique ChloroNet 2018

10



Toxicologie des PFAS

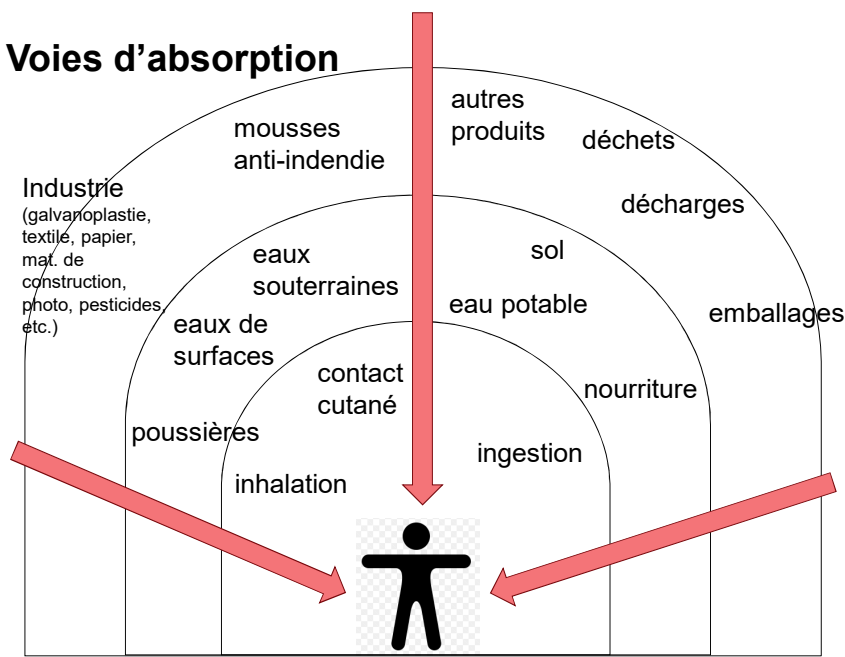
- Après ingestion, ils parviennent d'abord dans le sang où ils se lient aux protéines, puis sont distribués dans le corps. Ce sont surtout le foie et les reins qui sont touchés
- La bioaccumulation et l'élimination rénale dépendent de la longueur des chaînes, du sexe et de l'espèce
- S'accumulent dans le foie et les reins. Effets sur la glande thyroïde, le système immunitaire et la reproduction déjà à partir de doses très faibles (études sur des animaux et études épidémiologiques)
- Les PFAS ont été détectés dans le sang humain, le lait maternel et dans d'autres biotas partout dans le monde
- L'état actuel des connaissances scientifiques ne permet pas une évaluation groupée des PFAS
- Jusqu'à présent, seuls les PFOA et les PFOS ont été suffisamment évalués du point de vue toxicologique
- Étude épidémiologique de grande envergure (USA, DuPont) réalisée sur 70'000 personnes : résultats bientôt disponibles

Journée technique ChloroNet 2018

11



Voies d'absorption



Journée technique ChloroNet 2018

12



Sur le plan juridique



- **PFOS** (acide perfluorooctane sulfonique) et leurs sels: sont inscrits dans l'annexe B (→ Restrictions) de la Convention de Stockholm (mesures d'interdiction et de restriction contraignantes sur le plan international pour certains polluants organiques persistants (en anglais *persistent organic pollutants*, POP))
 - Il est désormais interdit de fabriquer, de commercialiser ou d'utiliser des agents AFFF* à base de PFOS en Suisse.
 - Les stocks restants peuvent uniquement être utilisés en cas d'urgence : trains-incendies jusqu'en 2014 et installations stationnaires jusqu'en 2018.
- **PFOA** (acide perfluorooctanoïque) : le comité d'étude de la Convention de Stockholm de l'ONU sur les polluants organiques persistants recommande d'intégrer les PFOA, leurs sels et les substances apparentées aux PFOA dans la Convention de Stockholm (sept. 2018, décision mai 2019)

* Aqueous Film Forming Foam (mousses formant un film aqueux)

Journée technique ChloroNet 2018

13

➤ Aperçu des valeurs (limites) toxicologiques Eau Souter.

Substance	Valeur K OSites [µg/l]	UE (valeur acceptable EP) [µg/l]	UE (valeur préventive) [µg/l]	DE (seuil d'insignifiance) [µg/l]
Acide perfluorobutanoïque (PFBA)	700			10
Acide perfluoropentanoïque (PFPA)	100		* Σ PFOA et PFOS = 0.1 µg/l	
Acide perfluorohexanoïque (PFHxA)	40			6
Acide perfluoroheptanoïque (PFHpA)	9			--
Acide perfluorooctanoïque (PFOA)	4	4.5	0.1*	0.1
Acide perfluorononanoïque (PFNA)				0.06
Acide perfluorobutane sulfonique (PFBS)	700			6
Acide perfluorohexane sulfonique (PFHxS)	0.7			0.1
Acide perfluorooctane sulfonique (PFOS)	0.7	0.45	0.1*	0.1
Sulfonate de télomère fluoré 6:2 FTS (H4PFOS)	7			--

Journée technique ChloroNet 2018

14

Aperçu des valeurs (limites) toxicologiques pour les eaux de surface

Substance	Valeurs internationales pour les eaux de surface [$\mu\text{g/l}$]							
	DE, Bavière	Pays-Bas		Directive européenne 2013/39/UE: NQE				
		Risque négligeable	Risque max. tolérable	MA, Eaux int. surf.	MA, autres eaux	CMA, Eaux int. surf.	CMA, autres eaux	NQE biota (poissons)
PFOA	570	30						
PFOS	0.05	0.00023	0.023	0.00065	0.00013	36	7.2	9.1

NQE = norme de qualité environnementale

MA = moyenne annuelle

CMA = concentration maximale admissible

Eaux int. surf. = eaux intérieures de surface

Journée technique ChloroNet 2018

15

Analyses

- Analyse des substances individuelles: les laboratoires commerciaux proposent actuellement l'analyse d'env. 20 composés PFAS (LD : 1ng/l)
- La plupart des précurseurs ne peuvent pas être détectés par une analyse des substances individuelles → procédé TOP (Total Oxidizable Precursors) : l'échantillon est soumis à une analyse des différents composés PFAS avant et après oxydation → la différence permet de calculer la proportion des précurseurs → ~ potentiel de pollution max.
- Paramètre cumulé : AOF (fluor organique adsorbable) (actuellement en cours de standardisation)
- Analyses : il n'existe ni méthodes analytiques de détermination, ni évaluations toxicologiques pour la majorité des PFAS produits et pouvant se retrouver dans l'environnement.

Journée technique ChloroNet 2018

16

Assainissement / élimination des déchets

Assainissement des eaux souterraines

- Les PFAS sont stables → les procédés in situ ne permettent pas de les éliminer, que ce soit par des méthodes thermiques, biologiques ou chimiques.

- Procédé pump&treat avec
 - adsorption sur charbon actif
 - échange d'ions
 - floculation
 - procédés à membranes

Journée technique ChloroNet 2018

17

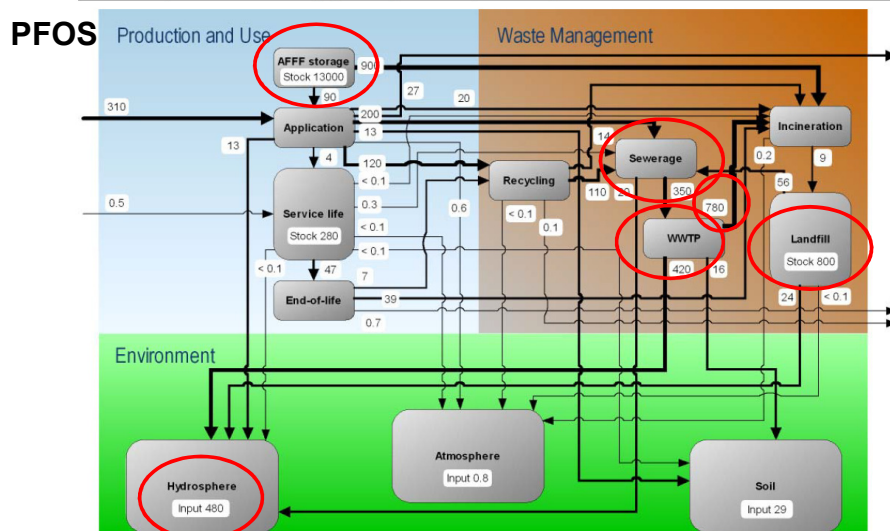
Analyse des flux de substances en Suisse

Fig. 15 > Substance flows and stocks of PFOS in 2007

Substance flows and stocks of PFOS in the anthroposphere.

Numbers in kg and rounded to two significant digits² or one if below 10 kg.

Source : Buser Andreas, Morf Leo
2009 : Substance Flow Analysis of
PFOS and PFOA in Switzerland,
FOEN

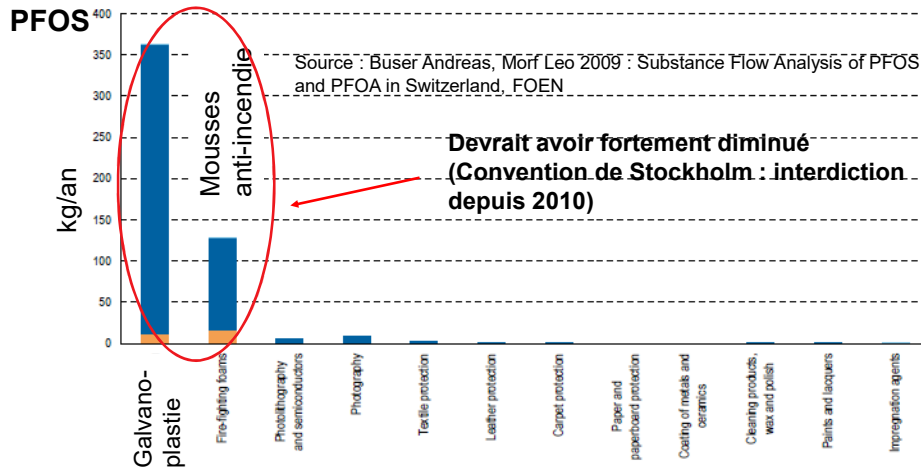


18

Analyse des flux de substances en Suisse

Fig. 17 Simulation des émissions en PFOS pour 2007

Émissions dans l'hydrosphère, l'atmosphère et le sol (estimation, degré d'incertitude élevé, les données ne tiennent pas compte des précurseurs)



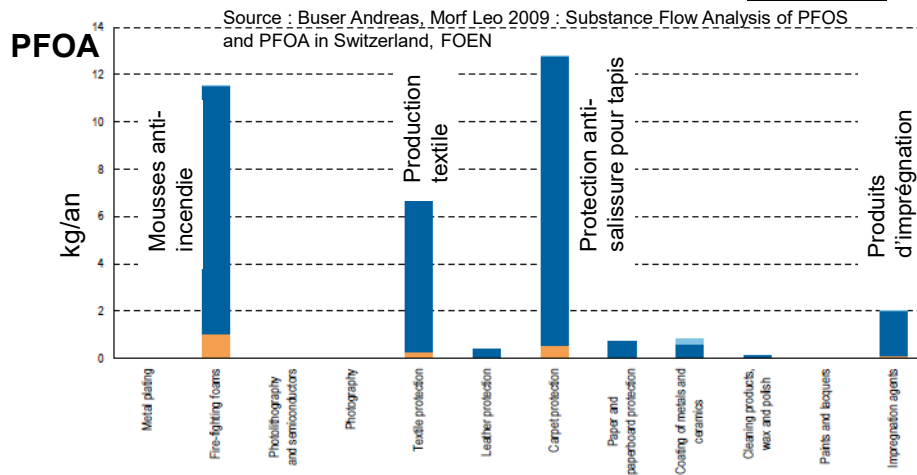
Journée technique ChloroNet 2018

19

Analyse des flux de substances en Suisse

Fig. 18 Simulation des émissions en PFOA pour 2007

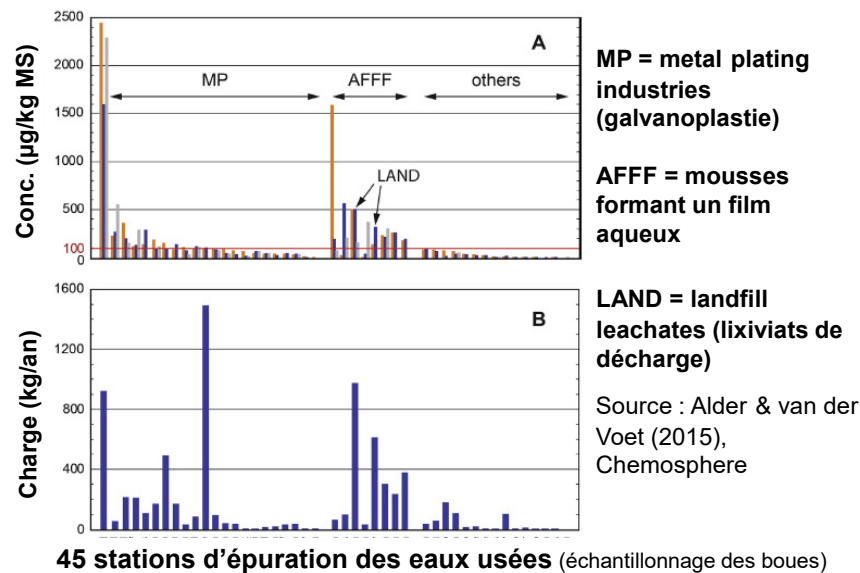
Émissions dans l'hydrosphère, l'atmosphère et le sol (estimation, degré d'incertitude élevé, les données ne tiennent pas compte des précurseurs)



Journée technique ChloroNet 2018

20

PFOS dans les boues d'épuration en Suisse



Journée technique ChloroNet 2018

21

NAQUA

Dans le cadre d'une étude pilote de l'observatoire national des eaux souterraines (NAQUA), on a détecté des PFC dans l'eau souterraine de 21 des 49 points de mesure TREND échantillonnés en 2007 et 2008.

Les concentrations étaient généralement faibles.

Les concentrations étaient inférieures à 100 ng/l (à l'exception d'un point de mesure), et même inférieures à 10 ng/l pour une bonne moitié des points de mesure.

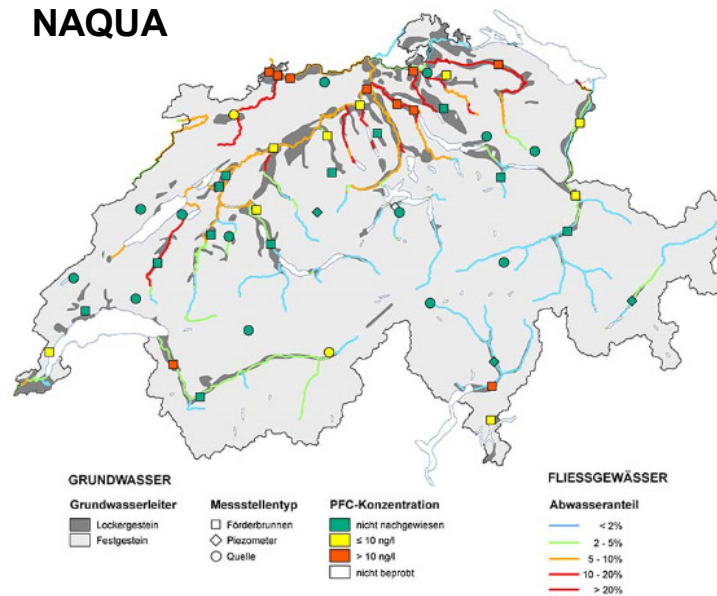
→ nouvelle grande campagne de mesure prévue en 2019

Journée technique ChloroNet 2018

22



NAQUA



Konzentration Perfluorierter Chemikalien (PFC) im Grundwasser und Abwasseranteil in verschiedenen Fließgewässern
(Abflussmenge Q347 > 2000/l). Maximalwert pro NAQUA-Messstelle.

23



Étude pilote à Genève

Eaux souterraines :

- Des PFAS ont été détectés dans 5 des 23 points de mesure étudiés
- 4 échantillons présentaient des concentrations supérieures à la valeur de référence
- Conc. max. mesurée : 0.15 µg/l PFHxS et 0.13 µg/l PFOS

Eaux superficielles :

- Eaux naturelles : des PFAS ont été détectés dans 7 des 11 points de mesure étudiés: valeur de référence dépassée d'un facteur 130 à 1350
- Eaux sous influence anthropique : PFAS détectés dans tous les 3 points de mesure : valeur de référence dépassée d'un facteur 265 à 25'000

Importance des PFAS dans les sites pollués

→2018/2019 : Étude : **Évaluation préliminaire de l'importance des PFAS dans les sites pollués en Suisse**

Un grand merci à tous les cantons qui ont annoncé des sites !

33 sites ont été proposés :

- 6 décharges, 5 entreprises de galvanoplastie, 7 terrains d'exercice pour les pompiers, 1 site d'industrie textile, 5 sites d'industrie du papier, 9 autres
- La plupart des sites ont déjà été investigués et 5 d'entre eux nécessitent un assainissement
- Ce sont la plupart du temps les eaux souterraines qui sont concernées ; mais on trouve également quelques sites où la pollution concerne le sol, les eaux de surface ou des captages d'eau potable

→ Mix bien représentatif, il sera donc possible de se prononcer sur l'importance du phénomène

Journée technique ChloroNet 2018

25

Importance des PFAS dans les sites pollués

La suite des opérations dépend des résultats de cette étude exploratoire

- Divers thèmes/questions seront traités (en partie dans des groupes de travail):
 - Propriétés des substances / comportement dans l'environnement / toxicologie
 - Regroupement des valeurs limite, seuil et de référence (au niveau international)
 - Possibilités d'investigation / analyse
 - Possibilités d'assainissement / élimination des déchets
 - etc.
- Important !! Échange international : plusieurs autres pays ont déjà réalisé des études, beaucoup d'expériences
- Ne pas réinventer la roue, mais échanger
- Groupes de travail intégrant les cantons, des bureaux, des associations ; inclure des groupes régionaux
- Nous nous réjouissons de collaborer avec vous !



Journée technique ChloroNet 2018

26



Un grand merci pour votre attention !

Des questions ?