

Pour l'Homme &
l'Environnement

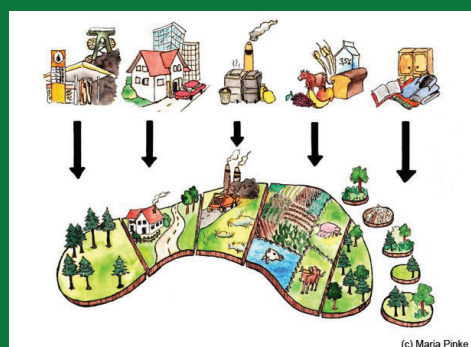
Umwelt
Bundesamt

11^{ème} journée technique ChloroNet - Construire et assainir

Les PFC – seulement un nouveau défi pour l'assainissement des sols et des eaux souterraines ?

Jörg Frauenstein

Domaine II 2.6 / Mesures pour la protection des sols



Plan

- **Délimitation, sources et dimension du problème**
- **Activités et recommandations d'action**
- **Gestion de l'assainissement des contaminations aux PFAS locales et étendues**
- **Perspectives**

PFC/ PFAS ?

- Ce groupe de substances englobe plus de 3'000 composés qui n'existent pas à l'état naturel !
- Les PFAS émettent pendant l'intégralité de leur cycle de vie.
- Les composés chimiques polyfluorés peuvent être dégradés en substances perfluorées persistantes (précurseurs).
- Certains PFAS ont un effet toxique et pourraient générer des perturbations du système endocrinien.
- Les PFAS à chaîne courte utilisés comme alternative aux PFAS à chaîne longue (PFOA, PFOS) sont également inquiétants en raison de leur persistance et de leur mobilité très élevée.

3

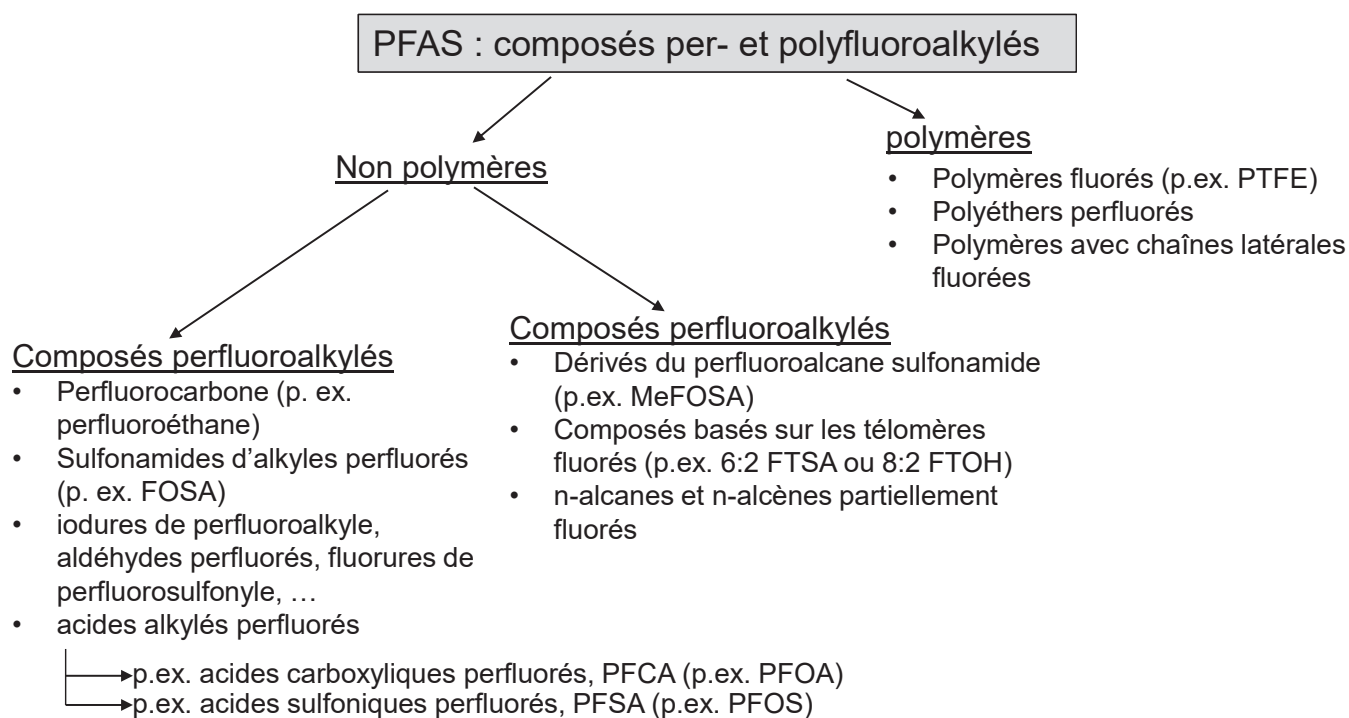


Figure 1-1 : Aperçu, description et classification des PFAS importants sur le plan environnemental, avec exemples

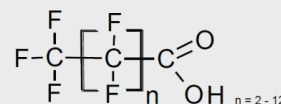
(PTFE : Polytétrafluoroéthylène; MeFOSA : N-méthyl perfluorooctane sulfonamide; 6:2 FTSA : 6:2 acide sulfonique fluorotélomère; 8:2 FTOH : 8:2 alcool fluorotélomérique; FOSA : perfluorooctane sulfonamide; PFCA : acide carboxylique perfluoré; PFSA : acide sulfonique perfluoré)
 (modifié d'après Buck et al. 2011)

4

Composés chimiques per- et polyfluorés (PFC / PFAS)

Différents groupes fonctionnels

PerFluoroalkyl Carboxylic Acids



PFCA à chaîne longue : PFCA C₈₋₁₄

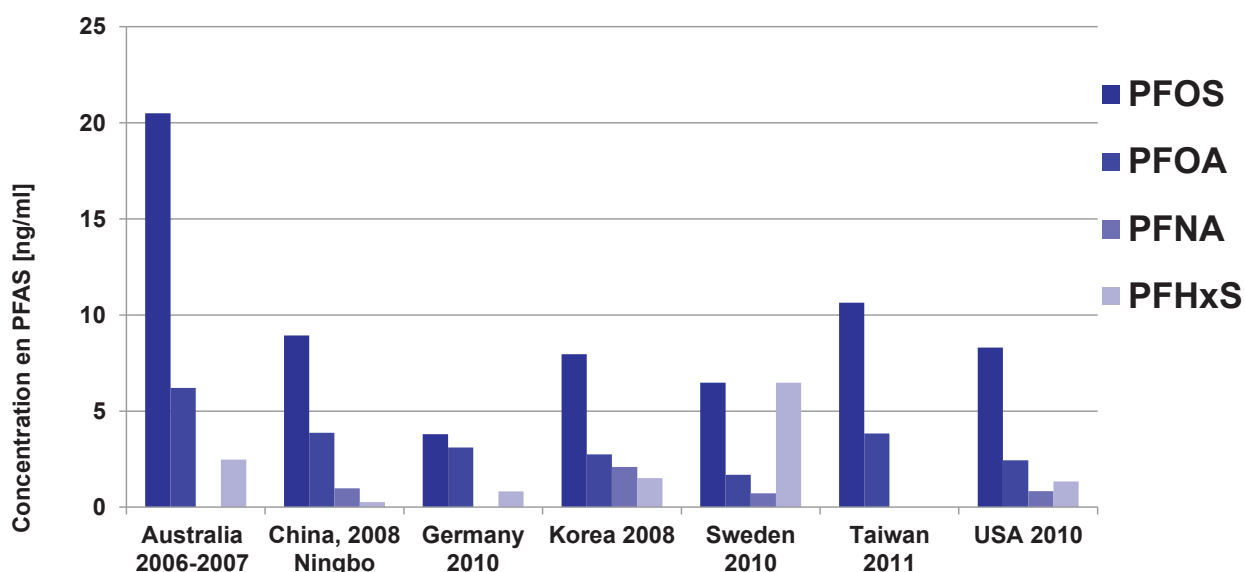
- Persistants dans l'environnement, présence dans les eaux de surface, accumulation dans les chaînes alimentaires et dans l'eau potable, propagation sur de longues distances, ont été observés dans le sang et le lait maternel, profil toxicologique (PFOS, PFOA, PFNA - toxique pour la reproduction)

PFCA à chaîne courte : PFCA C₄₋₇

- Persistance et accumulation dans l'environnement, propagation sur de longues distances jusque dans des régions éloignées, peu retenus par le sol et les sédiments, a été détecté dans les eaux de surface, les eaux souterraines, l'eau potable et l'eau du robinet, accumulation dans les plantes, exposition humaine

5

Les PFC dans le monde - concentrations en PFC à chaîne longue dans le sang



Toms et al., 2009
Liu et al., 2009
Guo et al., 2011
Pan et al., 2010

Schroeter-Kermani 2013
Ji et al., 2012
Glynn et al., 2012
Hsu et al., 2013
Olsen et al., 2012

6

Données actuelles pour l'Allemagne (sols)

Land	Nombre de sites échantillonnés où une pollution a été détectée	Nombre d'échantillons Observation du sol à long terme	Concentration dans les échantillons solides du sol Σ PFAS, valeurs min/max en $\mu\text{g}/\text{kg MS}$	Concentration dans le lixiviat du sol Σ PFAS, valeurs min/max en $\mu\text{g}/\text{l}$
Bade-Wurtemberg	19	28	n.d. – 980	0,97-791,5
Bavière	19	1	153 – 845,3	0,3 -303
Hesse	36	4	< 4,6 - 600	-
Rhénanie du Nord-Westphalie	69 (seuls 9 sites sont annoncés)		69 - 35.000	$\leq 0,1 - 950$
Rhénanie-Palatinat	4		< 10 – 3.250	$\leq 0,05- 660$
Schleswig-Holstein		9	<1	< 0,046

Les données disponibles pour l'instant ne permettent ni de dresser un aperçu réel de la pollution des sols par les PFAS, ni de dégager des tendances fiables.

7

Sources importantes

Secteurs/sites, en particulier :

- Aérodomes
- Centres de renfort des sapeurs-pompiers et terrains d'exercice
- Lieux d'incendie où des mousses d'extinction ont été utilisées
- Entreprises de galvanoplastie (aussi en tant que parties intégrantes d'installations)
- Industrie du papier et de la photo
- Eaux usées / boues d'épuration / eau d'irrigation

Utilisation :

- Vêtements outdoor, tapis, emballages alimentaires étanches aux graisses, mousses anti-incendie filmogènes, agents mouillants utilisés en galvanoplastie (PFOS et 6:2 FTS), produits de nettoyage, médicaments, agents auxiliaires (résines photosensibles pour les processus photolithographiques) dans la fabrication des semi-conducteurs, préparation des pesticides, biocides et cosmétiques, et bien d'autres encore.

8

Rapport à la Conférence des ministres de l'environnement de l'Allemagne (CME)

Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Bonn, den 12. April 2017

Schriftlicher Bericht

für die 59. Amtschefkonferenz und die 88. Umweltministerkonferenz
vom 3.-5. Mai 2017 in Bad Saarow

TOP 25 Zwischenbericht zu perfluorierten Verbindungen; Reduzierung/Vermeidung, Regulierung und Grenzwerte, einheitliche Analyse- und Messverfahren für fluororganische Verbindungen

Berichterstatter: Bund

Allgemeines

Die Stoffgruppe der per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) umfasst mehr als 3000 Stoffe. Aufgrund unterschiedlicher chemischer Eigenschaften werden PFC in langkettige und kurzkettige Stoffe unterteilt. Polyfluorierte Chemikalien können zu persistenten perfluorierten Chemikalien abgebaut werden und werden daher als Vorläufer (Precursor) bezeichnet. PFC werden während des gesamten Lebenszyklus in die Umwelt emittiert, d. h. von der Herstellung der Chemikalien über den Einsatz bei der Fluorpolymherstellung oder

https://www.umweltministerkonferenz.de/documents/88-UMK-TOP25_-_Bericht-BMUB.pdf

9

Tâches ressortant de la Conférence des ministres de l'environnement (CME)

La 88^{ème} CME demande à l'État et aux Länder allemands d'élaborer des directives régissant l'évaluation et l'assainissement des sols et des eaux pollués par des composés perfluorés (PFC), ainsi que l'élimination des matériaux contenant des PFC. A la demande des communautés de travail Eau et Sol des Länder allemands (LABO et LAWA), sous l'égide de l'État.

- Amélioration de la base de données nationale
- État/Länder : le groupe spécialisé PFC est actuellement en train d'élaborer un guide intitulé « Maßstäbe von PFC-Belastungen in Gewässern, Böden und Abfällen » (normes pour la pollution des eaux, des sols et des déchets par les PFC), contenant également des seuils d'investigation, des valeurs limites et des valeurs cibles. Ce guide se base sur les directives « Leitlinien zur vorläufigen Bewertung von PFC-Verunreinigungen in Wasser und Boden » (directives pour l'évaluation préalable des pollutions des eaux et des sols par les PFC) de l'Office bavarois de l'environnement.

10

Recommandations de l'Office fédéral allemand de l'environnement (UBA)

- Attribuer une priorité élevée aux PFAS dans les règlements CLP et REACH, ainsi que dans le règlement sur les POP.
- Des initiatives pour minimiser ces polluants sont nécessaires au niveau de l'UE et de l'OCDE.
- Garantir une amélioration continue de la base de données.
- Définir (ou poursuivre le travail pour définir) des valeurs limites juridiquement contraignantes et des concentrations maximales scientifiquement fondées pour les denrées alimentaires.
- Des prédictions fiables sur le comportement à long terme des « polluants émergents » sont impérativement nécessaires.
- **Renforcer la prévention**
- Initier un domaine de recherche particulier sur les PFAS
→ Faire en sorte que l'approche stratégique soit applicable aux polluants émergents !?

11

Gestion stratégique des polluants émergents

DÉLIMITATION DU PROBLÈME

- Identification et regroupement des PFAS (type, quantité, procédés-types dans lesquels intervient leur utilisation, conditions d'utilisation, filières d'élimination et voies de dissémination).

SURVEILLANCE

- Extension du monitoring aux PFAS utilisés comme alternative de remplacement et constituant une source de préoccupation, p. ex. au moyen de méthodes d'analyse non ciblées ;
- Développement de méthodes d'analyse pour les composés perfluorés et les composés précurseurs polyfluorés ;
- Vérification et pertinence des paramètres cumulés (AOF, EOF) ou tests « TOP assays ».

POTENTIELS DE RÉDUCTION ET PRÉVENTION

- Développement d'alternatives non fluorées et de techniques de substitution des PFAS.

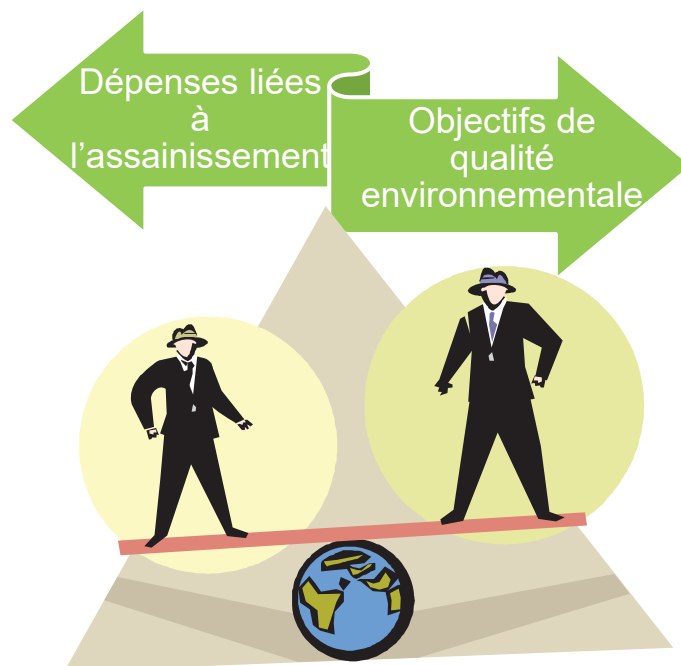
MÉCANISMES DE DÉGRADATION ET OPTIONS D'ASSAINISSEMENT

- Études sur la dégradation des polymères fluorés ;
- Assainissement/traitement des PFAS dans l'eau potable et les boues d'épuration ;
- Développement de procédés d'assainissement pour les sols et les eaux souterraines ;
- Étude du transfert sol-plante des PFAS pour clarifier leur absorption par les plantes.

12

L'assainissement, une mesure coûteuse ?

- Buts d'assainissement, aspects juridiques et techniques
- Assainissement, planification, proportionnalité, efficacité, efficience, optimisation
- Fin de l'assainissement
- Succès de l'assainissement, durabilité



13

Approches d'assainissement et de gestion

- Traitement de l'eau potable - floculation, filtration en profondeur, microfiltration, ultrafiltration, aération, oxydation et désinfection **ne suffisent pas à eux seuls**;
- Ce sont les procédés à membranes qui présentent les meilleures performances d'élimination, suivis par les procédés d'échange d'ions et l'adsorption sur charbon actif.
- Procédés d'assainissement des eaux souterraines - **concepts de traitement à deux étapes**. (L'eau polluée est d'abord introduite dans des réacteurs-agitateurs et mélangée avec une faible quantité d'agent précipitant spécifique, biologiquement dégradable. L'eau ainsi prétraitée passe ensuite par une seconde étape de traitement au charbon actif).
- **L'assainissement des sols** génère des coûts importants et constitue un **défi technologique d'envergure**. (Destruction des PFAS ou mise en décharge du sol contaminé par des PFAS).
- Principalement des mesures de protection et de restriction, à défaut de procédés d'assainissement adéquats et proportionnés pour le traitement des contaminations aux PFAS étendues.

14

Évaluation des variantes d'assainissement des pollutions aux PFAS?

Technology	Status	Media		In-Situ	Ex-Situ	Treatment Type	Includes all PFAS	Cost	Efficiency	Comments
		Soil	Groundwater							
P&T, with GAC	●		●	?	●	A	●	●	●	Secondary treatment/disposal required for adsorptive media, not as efficient for PFOA and other PFAS
P&T, with synthetic resin (ion exchange)	●		●	?	●	A	●	?	●	Media can be regenerated on-site, still in research stage
Advanced Chemical Oxidation	●	?	●	●		D	●	●	● ●	Conditions to destroy PFAS are difficult to apply at full scale for in-situ remediation. Competition from other substances. Transformation to other PFAS?
Sonochemical Decomposition	●		●		●	D	●	?	●	Competition. May be effective towards some PFAS. Still in research stage
Air Separation	●		●	?	●	S	●	●	● ●	Secondary treatment/disposal required for separated concentrate
Filtration, Reverse Osmosis	●		●		●	S	●	?	●	Pretreatment required to increase filtration efficiency, still experimental
Nanofiltration	●		●		●	S	●	?	●	Pretreatment required to increase filtration efficiency, limited in total processing capacity
Sorption	?	●	●	●	●	A	?	?	?	Emerging. Efficiency in the long run?
Excavation and Incineration	●	●			●	D	●	●	●	High temperature incinerators required to completely destroy PFOS and PFOA
Stabilization	●	●	●	?	●	A	●	●	?	
A=Adsorption										
D=Destructive										
S=Separation										

Source: Diapositive de l'exposé de Rambol (DK) à AquaConSoil 2017

Gestion de l'assainissement des contaminations aux PFAS locales et étendues - principales données

- Mandataire : ARCADIS GmbH (directeur de projet Dr Held, avec la participation d'une équipe d'experts)
- Durée du contrat : 27 mois, début au 01.09.2017
- Organe de pilotage du projet
- 2 débats techniques thématiques (sources ponctuelles, pollutions diffuses)
- Présentation finale

Objectif :

Outil de travail convenable, offrant un soutien lors du choix de solutions d'assainissement et de concepts de gestion adéquats et proportionnés, et présentant les conditions-cadres juridiques ainsi que les éventuelles mesures d'accompagnement.

Bloc de travail 1 - Étude bibliographique

Description de l'état de la science et de la technique concernant :

- Les propriétés des substances, leur modèle de comportement et de dégradation, leurs produits de dégradation et leur métabolisme, persistance et mobilité
- La liste des **documents** déjà existants **fixant des bases d'appréciation**
- **Les procédés d'assainissement disponibles sur le marché**
- **L'évaluation de mesures d'assainissement pertinentes (case studies)**

17

Bloc de travail 2 - Possibilités d'assainissement pour les contaminations aux PFAS ponctuelles

Faisabilité économique, technique et administrative / acceptation des concepts de mesures et des procédés d'assainissement

On utilise la mise en décharge des sols contaminés par des PFAS comme norme de comparaison pour évaluer un procédé

- « Valeurs cibles d'assainissement raisonnables »
- Proportionnalité des procédés d'assainissement et des concepts de mesures
- Admissibilité réglementaire
- Optimisation de la fraction (résiduelle) polluée par des PFC ; les PFC ne peuvent pratiquement être détruits que par des procédés thermiques à des températures >1200°C
- Filières et capacités d'élimination « garanties »
- Difficultés lors de travaux dans des zones contaminées par des PFAS

18

Bloc de travail 3 - Possibilités d'assainissement pour les contaminations aux PFAS étendues

On se concentre sur les surfaces d'exploitation agricole :

- Évaluer les conditions-cadres spatiales et spécifiques à chaque cas particulier (surface, répartition et concentration des polluants)
- Identifier les causes de la contamination et définir un procédé efficace pour en éliminer la source
- Vérifier l'existence de variantes d'assainissement proportionnées (décontamination, sécurisation)
- Envisager des mesures de protection et de restriction appropriées, et
- Tenir compte des autres options administratives.

Dans le cas des pollutions étendues, il faut tenir compte en particulier des transferts de polluants suivants :

- Sol - plantes cultivées (pour les terres arables et les jardins potagers)
- Sol - plantes cultivées - animaux - homme

19

Bloc de travail 3 - Défis actuels

- Scénarios préférentiels d'exposition et d'intervention
- Exigences matérielles (conditions-cadres, détermination de valeurs limites de concentration pour les PFAS importants)
- Aspects temporels de la mise en œuvre (concrétisation des mesures, durée d'assainissement et durée d'efficacité des mesures, cycles de vérification des interdictions prononcées par les autorités et des restrictions d'utilisation)
- Compilation des options de gestion globales et des conditions-cadres à définir.

20

Bloc de travail 4 - Support de travail

Groupe cible : Autorités, experts et personnes tenues d'assainir

(Annexe : Mémento de l'état actuel des sciences et de la technique)

- Représenter les critères techniques, administratifs et juridiques de manière claire, compacte et succincte, et présenter des voies de solution.
- Concept de présentation du contenu approprié avec garantie de qualité, mise à jour de l'outil de travail.

21

The logo of the Umwelt Bundesamt (German Federal Environment Agency) is displayed in a green box. It features the text "Umwelt Bundesamt" in white, with a small green circular icon containing a white stylized leaf or plant symbol to the right of the word "Umwelt".

Umwelt
Bundesamt

Un grand merci pour votre attention

Jörg Frauenstein

Domaine: Mesures pour la protection des sols

Umweltbundesamt Dessau

Wörlitzer Platz 1, 06813 Dessau-Roßlau

Tél. 0340 2103 3064

joerg.frauenstein@uba.de