

intersol'2022

Congrès-Exposition International sur les Sols, les Sédiments et l'Eau
International Conference-Exhibition on Soils, Sediments and Water



Le sol dans tous ses états

- Génie écologique et biodiversité
- Enjeux et risques sanitaires, environnementaux et socio-économiques
- Quels traitements pour quels usages ? • Suivi et gestion numériques des sols
- Sols et enjeux climatiques

The soil in all its states

- Ecological engineering and biodiversity
- Health, environmental and socio-economic issues and risks
- What treatments for what uses ? • Digital soil monitoring and management
- Soils and climatic issues

www.intersol.fr

21, 22 & 23 juin 2022 – Lyon, France

En partenariat avec :
In partnership with:



En collaboration avec / In collaboration with:

Entreprises / Companies



Institutionnels / Institutional



ERP sensibles (Ecoles, Crèches) & Habitations et Diagnostics, Evaluation des Risques Toxicologiques et Traitements des PFAS, notamment les FTOH : Fluorotélomère-Alcools volatils

Public Site Use Scenarios (Schools, Kindergartens) & Residences and Site Investigation, Toxicological Health Risk Assessments (TERQ) and Treatments of PFAS, especially volatile FTOH: Fluorotelomere Alcohols

Dr. Frank Karg: Scientific Director of HPC-Group (INOGEN JV) &
President-CEO of HPC INTERNATIONAL / France & Germany
Email: frank.karg@hpc-international.com / Phone: +33 607 346 916

HPC INTERNATIONAL
Hôtel de Recherche / Centre Médical de Perharidy / 29 680 Roscoff - France

1. Introduction

PFAS : Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances toxiques sont devenus depuis les années 1960 doucement un grand problème Environnemental et pour la Santé Publique, car leur application était (et l'est toujours) multiple et vaste. **Seulement depuis 2010 à 2015 la conscience publique a commencé doucement à comprendre la menace environnementale et pour la Santé Publique par les PFAS.** Par conséquent, nous trouvons aujourd'hui les PFAS dans les sols, les eaux souterraines, les aliments et l'eau potable ainsi qu'une famille des **PFAS volatils, les FTOH : Fluorotélomère-Alcools** dans les **Gaz du sol et de l'Air ambiant. Plus de 9 000 polluants synthétiques de PFAS ont été produits. Ils sont, non-existant naturellement.**

Les **PFAS polymères** du type « Teflon » (ou PFTE) etc. ne disposent pas une bonne biodisponibilité et sont donc beaucoup moins toxiques que les **PFAS monomères**. Ces PFAS monomères sont l'objet des travaux présentés ci-joint. Les PFAS sont connus notamment pour leurs **effets toxicologiques** des **perturbations endocriniennes**, d'hépatotoxicité, d'immunotoxicité, le développement des fœtus et pour certains, la **cancérogénicité** (par ex. le PFOA) [26 – 67, 88, 123].

Une caractéristique importante des PFAS est leur comportement dans la **Chimie Environnementale**, car seulement les **PFAS polyfluorés** sont modifiés par **bio-transformation** microbiologique en **PFAS perfluorés, qui restent totalement stables et non-dégradables, voir même bioaccumulables.**

Les sources de Pollutions par PFAS sont multiples et notamment présentes **sur les sites industriels, qui ont utilisés ces produits, les sites des anciens incendies ou de l'entraînement anti-incendie, où des mousses anti-incendie (AFFF : Anti Fire Fighting Foams) ont été utilisés, ou sur les terrains agricoles** (où des boues de STP : Stations d'Épuration ont été apportés, car ils comportent des PFAS accumulés).

En Allemagne on compte env. 40 000 – 50 000 sites contaminés par des PFAS et en France env. 15 000 – 25 000 sites selon les estimations. Le fait, que les PFAS ont presque tous un caractère tensioactif, ils **sont très solubles et provoquent des pollutions dans les eaux souterraines, les eaux de surface** et même dans l'**eau potable**. Dans le cas d'usage (sensible) d'un tel site pollué par des PFAS, certains produits volatils (FTOH) pourront migrer par émanations **à partir des sols et les eaux souterraines pollués vers les gaz du sol et de l'air ambiant**.

Dans le cas des ERP sensibles (Etablissements recevant le public), comme les écoles et les crèches, les émanations **à partir des sols et eaux souterraines pollués vers les gaz du sol et l'air ambiant** pourront poser un problème de Santé publique significatif pour les enfants et encadrants, si par. ex. l'établissement se trouve sur ou à proximité d'un site (historiquement) pollué par les PFAS. Dans le cas de présence des sols pollués aux PFAS lourds un transfert vers les poussières transférées vers l'air ambiant intérieur et extérieur est aussi possible sur des sites contaminés.

Un tel ERP sensible, sur ou à proximité d'un site (potentiellement) pollué par des PFAS, devrait faire l'objet d'un diagnostic de pollution PFAS et notamment concernant les FTOH : Fluotélomère alcools volatils dans les eaux souterraines, les gaz du sol et l'air ambiant. Dans le cas d'un résultat positif en PFAS-FTOH, une Evaluation Quantitative des Risques (EQRS) devrait être réalisée, afin de décider sur la nécessité de mesures de gestion par un traitement de ces pollutions.

2. Sites pollués aux PFAS et études historiques

Afin d'identifier si un site à usage sensible (ERP : Ecoles, Crèches mais aussi les & Habitations) pourra se trouver sur ou à proximité d'un site (potentiellement) pollué par des PFAS, une **étude historique** est nécessaire. Le **risque des pollutions par des PFAS** pourra être augmenté par l'**accumulation** d'une (ancienne) activité industrielle aux PFAS sur un site, l'arrivée d'une **pollution par des PFAS via la migration dans les Eaux souterraines ou des Gaz du sol (comportant des FTOH)** et par des anciens **événements d'incendies**, qui ont été soumis aux applications des **mousses anti-incendie**

(AFFF). Une co-pollution par des COV (Composés Organiques Volatils, comme les hydrocarbures HC₅₋₁₆, BTEX, Solvants chlorés ou Solvants polaires, etc.) **pourra renforcer les migrations des FTOH dans les gaz du sol vers l'air ambiant.**

Une **méthodologie de score et de priorisation de sites** concernant les **besoins des diagnostics des pollutions par des PFAS & FTOH** a été élaborée par HPC, afin d'**identifier les ERP (Ecoles & Crèches, etc.)** et autres sites (sensibles) **prioritaires à risque sanitaire potentiel**. Cette méthodologie de score et de priorisation est entre autres basée sur les critères suivants :

Activité (historique) sur site (ou à proximité) depuis 1946 ou après 1961 [1 – 25] :

- Entraînements anti-incendie,
- Aéroport ou base aérienne site militaire,
- Site d'incendie et utilisation des AFFF,
- Galvanisation électrochimique,
- Production des papiers ou cartons « cirés »,
- Production des Textiles imperméables,
- Sprays, peintures, laques d'imperméabilisation,
- Production et application des Téflons (PTFE, etc.),
- Sites pétroliers et de l'industrie chimique et/ou production et application des peintures, des teintures, des encres, des pigments, les cires chimiques et les produits de polissage,
- Applications des solvants (garages, pressings, blanchisseries, etc.),
- Décharges et anciennes décharges municipales, etc. (ISDD, ISDND, ISDD, etc.),
- Teintureries & Tanneries,
- Moquettes, tapis, tissus et plastiques avec des retardateurs des flammes,
- Production des objets et meubles contenant des surfaces,
- Production des produits de nettoyage,
- Chimie photographique (laboratoires, et production des papiers et films, etc.),
- Production des Eléments électroniques,
- Production et applications des Pesticides et biocides,
- Production des produits cosmétiques,
- Sites ayant reçus des Boues de STEP.

3. Chimie Environnementale des PFAS

La Chimie environnementale des PFAS est particulièrement importante et compliquée. Il n'existe aucun groupe de polluants montrant une chimie environnementale plus complexe que les PFAS. Tout d'abord, il faut constater qu'il existe **plus que 9 000 substances PFAS**, divisées en **33 catégories de substances**. Les plus connues sont les Acides perfluoroalkane-sulfoniques (PFASs), les Acides perfluoroalkyliques-carboxyliques (PFCA), les Perfluoroalkyliques-phosphates & leurs esters, les

Fluorotélomère-alcooles (**FTOH**), etc. (dont plus **29 autres groupes...**). Certains d'entre eux, comme par ex. le **PFOA** : Acide perfluoro-octanoïque et le **PFOS** : Perfluoro-octane-sulfonate (cf. Fig. 1) sont bannis (et **interdit en CE et USA & Canada**) par la **Convention de Stockholm** dans la catégorie des **POP** : Persistent Organic Pollutants. Le PFOA est cancérigène. Les **produits commerciaux** contiennent principalement des **mélanges**.

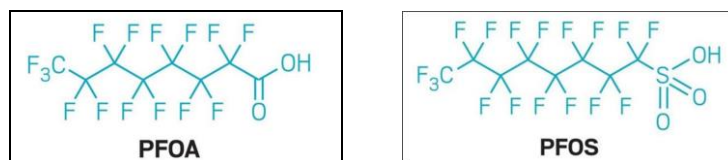


Fig. 1& b : Formules structurales des PFOA & PFOS

La raison de la forte solubilité dans l'eau et d'une lipophilie en même temps est basée sur le fait qu'il existe des **PFAS** :

- **Anioniques** (par ex. les sulfonates, les sulfates, les carboxylates et les phosphates),
- **Cationiques** (par ex. ammonium quaternaire),
- **Amphotères** (par ex. taines et sulfo-taines) : base + acide et
- **Non ioniques** (par ex. polyéthylène glycols, oligomères d'acrylamide).

Biotransformation des PFAS poly-fluorés (Précurseurs) vers des PFAS per-fluorés persistants :

Il est très important de souligner, que les PFAS poly-fluorés non entièrement fluorés (« Précurseurs ») peuvent être convertis par bio-transformation en produits chimiques persistants et entièrement fluorés = PFAS per-fluorés [7, 24, 25]. La dégradation complète microbiologique des PFAS n'a pas encore été démontrée.

Un Schéma de l'UBA (2020) montre bien cette **bio-transformation des PFAS poly-fluorés (précurseurs vers les PFAS per-fluorés persistants** en environnement (cf. Fig. 2.).

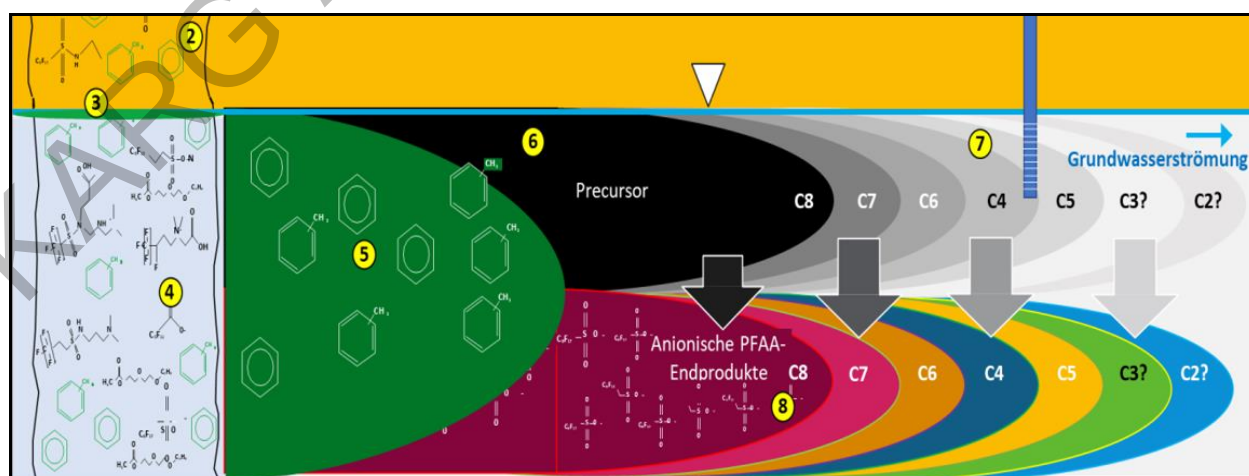


Fig. 2 : Schéma de Biotransformation des PFAS poly-fluorés (Precursors) vers des PFAS per-fluorés (UBA 2020 [85])

Concernant les PFAS poly-fluorés, il existe un processus de transformation fondamental dans lequel les atomes de carbone terminaux non-fluorés sont séparés. Cette dégradation partielle est relativement rapide. Par ex. les alkylphosphates polyfluorés (PAP) et les esters d'acide carboxylique etc. peuvent être décomposés en alcools fluorotélomères volatils (FTOH), par ex. tels que le 6:2-mono-PAP & 6:2-di-PAP envers le 6:2-FTOH.

Le schéma en Fig. 3 montre un **exemple de biotransformation des Alkylphosphates polyfluorés (PAP) dans les sols et eaux souterraines vers les Fluorotélomère alcools (FTOH) volatils** qui migrent par la suite **dans les gaz du sol et vers l'air ambiant**. Par la suite, **les FTOH sont transformés microbiologiquement en PFAS per-fluorés stables**. Par exemple ; le 6:2-FTOH est bio-transformé en PFHpA, PFHxA et PFPeA et le 8:2-FTOH en PFHpA, PFOA et 2H-PFOA (cf. Fig. 4 & 5).

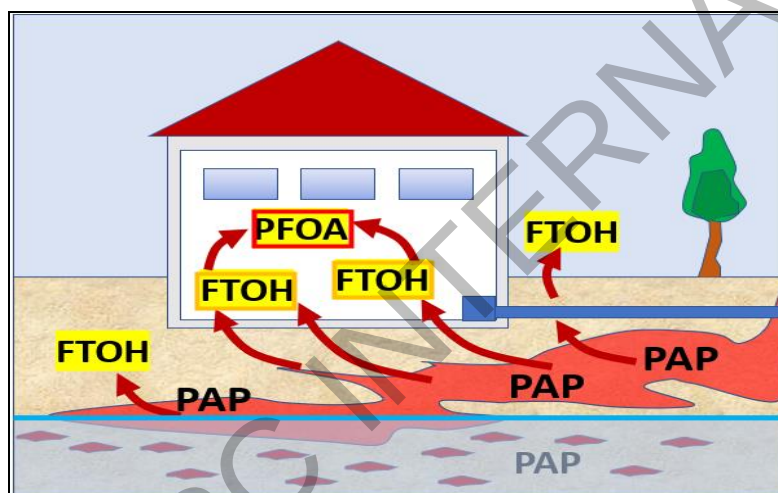


Fig. 3 : Exemple de **biotransformation des Alkylphosphates polyfluorés (PAP)** dans les sols et eaux souterraines vers les **Fluorotélomère alcools (FTOH)** volatils et en **PFAS per-fluorés stables**, comme par ex. le **PFOA** cancérigène (F. KARG, 2021 [25]).

Le Schéma en Fig. 4 montre un **exemple de la biotransformation du 8:2-FTOH** ($\text{F}(\text{CF}_2)_8\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) via des produits intermédiaires vers des **PFAS per-fluorés stables**, comme par exemple le **PFPA** (Acide perfluoro-pentanonic), le **PFHxA** (Acide perfluoro-hexanonic), le **PFHpA** (Acide perfluoro-heptanonic), le **2H-PFOA**, l'Acide **7:3** et le **PFOA** (Acide perfluoro-octanonic) **cancérigène**.

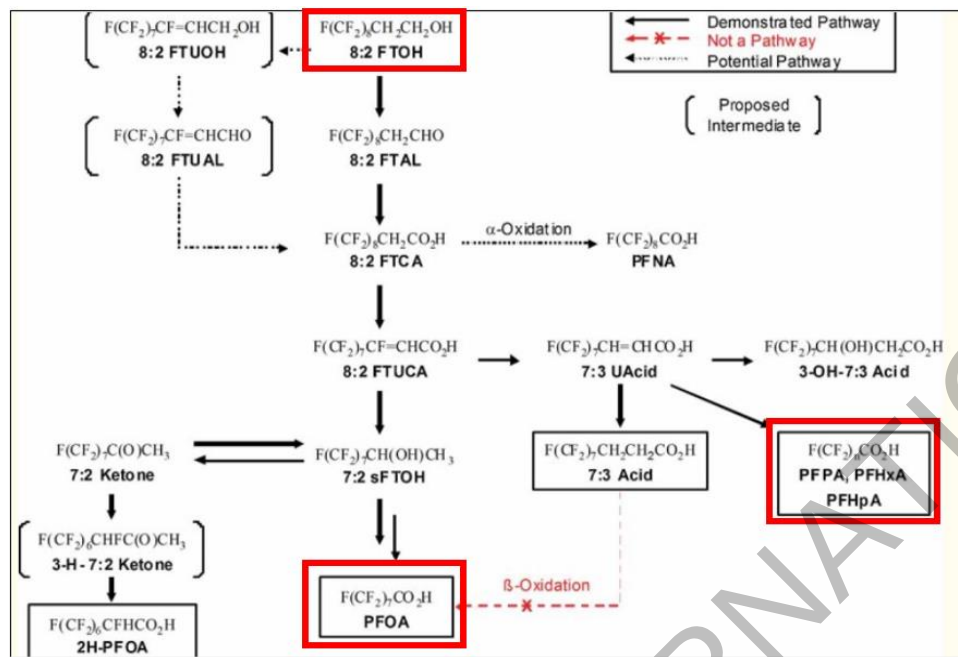


Fig. 4 : Biotransformation des Fluorotélomère alcools : Exemple du **8:2-FTOH** ($\text{F}(\text{CF}_2)_8\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) via des produits intermédiaires vers des PFAS per-fluorés stables, comme par exemple le **PFPA** (Acide perfluoropentanonic), le **PFHxA** (Acide perfluoro-hexanonic), le **PFHpA** (Acide perfluoro-heptanonic), le **2H-PFOA**, l'Acide 7:3 et le **PFOA** (Acide perfluoro-octanonic) **cancérigène** (selon WANG et al. 2009 et [98]).

4. Diagnostic des pollutions PFAS (et FTOH) et évaluation des Risques Toxicologiques

Investigations des pollutions PFAS :

Si les « Précurseurs » (PFAS poly-fluorés) ne sont pas pris en compte par des investigations, une évaluation des risques peut conclure qu'aucun PFAS perfluoré n'est (encore) présent. La biotransformation des Précurseurs peut conduire à la formation de nouveaux carbones perfluorés et acides sulfoniques. Ces nouvelles formations issues de la biotransformation des PFAS poly-fluorés doivent être prises en compte dans une analyse des risques, car les **PFAS per-fluorés** deviennent de plus en plus présents au fil du temps.

Une entrée de ces polluants solubles dans les eaux souterraines peut provoquer de très longs panaches de polluants qui, lors de la surveillance des eaux souterraines, montrent une présence de plus en plus forte en composés PFAS perfluorés stables.

Concernant les investigations des **prélèvements & analyses** des sols, sédiments, des eaux souterraines, des eaux superficielles, des gaz du sol et de l'air ambiant, il faut éviter que certains outils d'échantillonnage et équipements de laboratoire puissent ajouter des PFAS à des échantillons, notamment

via le poly-tétrafluoro-éthylène (PTFE) et Téflons (PFAS polymères) en contact avec des solvants. L'emploi de ces matériaux est donc à éviter.

Il faut tenir compte de la biotransformation potentielle des PFAS dans l'environnement qui créera davantage des PFAS persistants comme le PFOA en particulier. Les analyses doivent être réalisées par Chromatographie Liquide – Spectrométrie de Masse (LC-SM), par ex. selon la norme : DIN 38407-42.

Des **analyses des Clusters PFAS** pourront identifier les origines industrielles ou des produits commerciaux ayant provoqués les pollutions environnementales par les PFAS, cf. Fig. 5).

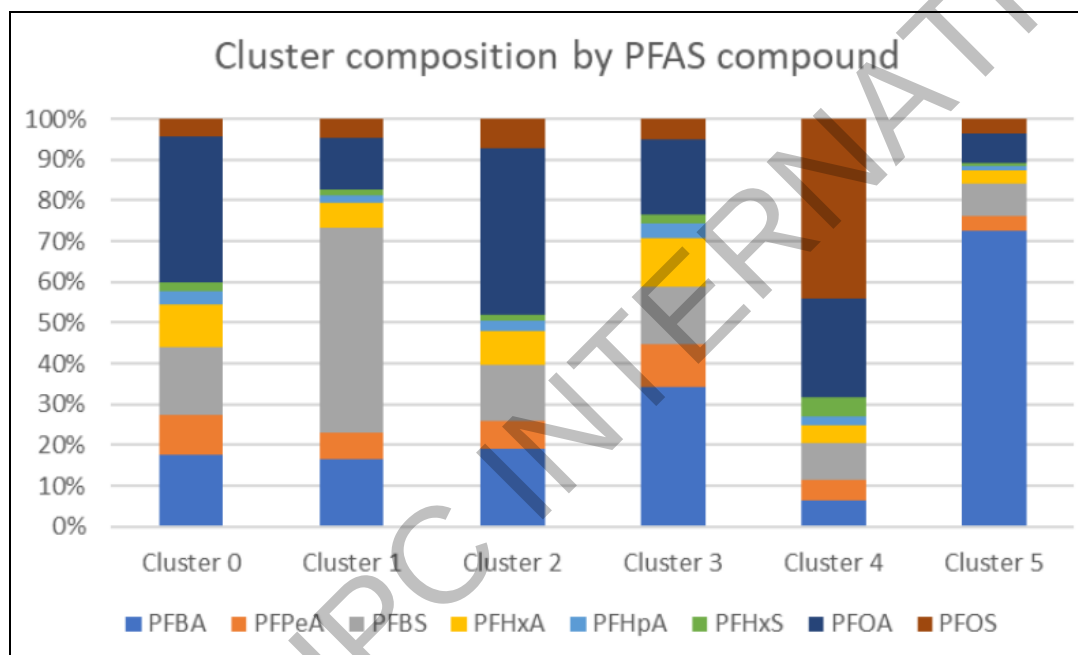


Fig. 5 : Clusters PFAS typiques des produits commerciaux et des industries différents PFAS (MONTI et al. 2021) [96]

Il est important d'investiguer dans les sols, eaux souterraines et notamment dans les gaz du sol et l'air ambiant potentiellement impacté par des PFAS volatils, les FTOH : Fluorotélomère alcools, par ex. les 6:2- et 8:2-FTOH. Cette méthodologie est particulièrement à appliquer concernant les ERP (Ecoles & Crèches, etc.) et d'autres sites (sensibles) prioritaires à risque sanitaire potentiel.

Il est aussi important de co-investiguer la présence d'autres polluants volatils, come les COV (HC₅₋₁₆, BTEX, Solvants chlorés, Solvants polaires, etc.), car les émanations des FTOH pourront être renforcées par ces polluants.

**Il est recommandé d'intégrer dans les diagnostics des contaminations par les PFAS
au minimum les polluants suivants :**

N°	Polluant PFAS de base	Synonyme	VTR existantes
1	Acide perfluoro-butanoïque	PFBA	Oui
2	Acide perfluoro-pentanoïque	PFPeA	Oui
3	Acide perfluoro-hexanoïque	PFHxA	Oui
4	Acide perfluoro-heptanoïque	PFHpA	Oui
5	Acide perfluoro-octanoïque	PFOA	Oui
6	Acide perfluoro-nonanoïque	PFNA	Oui
7	Acide perfluoro-decanoïque	PFDA	Oui
8	Acide perfluoro-butane-sulfonique	PFBS	Oui
9	Acide perfluoro-hexane-sulfonique	PFHxS	Oui
10	Acide perfluoro-heptane-sulfonique	PFHpS	Oui
11	Perfluoro-octane-sulfonate	PFOS	Oui
12	Acide H4-polyfluoro-octane-sulfonique	H4-PFOSA	associé au PFOS
13	Perfluoro-octane-sulfonamide	PFOSA	Oui
14	6:2 Fluorotélomère alcool	6:2-FTOH	Oui
15	8:2 Fluorotélomère alcool	8:2-FTOH	Oui
Si possible:			
16	Perfluorobutane sulfonate	PFBS	Oui
17	Perfluoropentane sulfonate	PFPeS	Oui
18	Perfluorohexane sulfonate	PFHxS	Oui
19	Perfluoroheptane sulfonate	PFHpS	Oui
20	Perfluorodecane sulfonate	PFDS	Oui
21	Acide perfluoro-undecanoïque	PFUnDA	Oui
22	Acide perfluoro-dodecanoïque	PFDoDA	Oui
23	Acide perfluoro-tridecanoïque	PFTTrDA	Oui
24	Acide perfluoro-tetradecanoïque	PFTeDA	Oui
25	Acide perfluoro-hexadecanoïque	PFHxDA	Oui
26	Acide perfluoro-octadecanoïque	PFODA	Oui
27	Acide Hexafluoro-propylèneoxydimer	HFPO-DA	Oui
28	Acide 3H-perfluoro-3-[(3-methoxy-propoxy) propanoïque	ADONA	Oui

Evaluation des Risques Toxicologiques :

Pour l'évaluation des risques sanitaires, des données toxicologiques (VTR : Valeurs Toxicologiques de Référence) sont à chercher et à actualiser en niveau international quasiment de façon hebdomadaire. Les VTR les plus récents sont disponibles surtout aux USA (EPA...), ATSDR et l'EFSA [25, 78 – 95, 123]. L'AFSET avait publié aussi en 2017 des VTR des PFAS, mais vu l'avancement forcé des études toxicologiques ces VTR sont dans une grande partie dépassée.

Dans le **cas des FTOH** présents dans les Sols, eaux souterraines et gaz du sol, il faudra impérativement réaliser aussi les investigations des FTOH dans **l'Air ambiant des bâtiments aux usages sensibles (ERP : Ecoles, Crèches, etc.) ou résidentiels**, sur une base des **seuils de quantification** (ou au moins pour les seuils de détection), pas plus élevée que 4 – 8 ng/m³, afin de posséder une bonne base exploitable pour les **EQRS : Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires**.

Une première approche d'évaluation des risques simplifiée est possible via des valeurs limites existantes, comme par ex. en Allemagne ou publiées par la Communauté Européenne. En Allemagne il existe des valeurs limites pour l'eau potable, pour les sols et pour les eaux souterraines (cf. Fig. 6).

La US-EPA considère, que la plus grande partie des expositions provienne aujourd'hui de l'eau potable en dehors des sites pollués, du fait de l'absence de surveillance et du traitement contre les PFAS.

Selon la Directive (UE) 2013/39/UE « Cadre sur l'eau » européenne (DCE), concernant le PFOS & dérivés (et pour d'autres substances prioritaires) une **Norme de Qualité Environnementale (NQE-MA) de 0,65 ng/l pour les Eaux superficielles et de 0,13 ng/l pour les Eaux du milieu marin (et des NQE-CMA: Concentrations Maximales Admissibles) sont fixées.**

N°	Polluant PFAS (PFC / PFT)	Synonyme	Eau potable [µg/l]	Eaux souterraines [µg/l]
1	Acide perfluoro-butanoïque	PFBA	10	-
2	Acide perfluoro-pentanoïque	PFPeA	-	3
3	Acide perfluoro-hexanoïque	PFHxA	6	-
4	Acide perfluoro-heptanoïque	PFHpA	-	0,3
5	Acide perfluoro-octanoïque	PFOA	0,1	-
6	Acide perfluoro-nonanoïque	PFNA	0,06	-
7	Acide perfluoro-decanoïque	PFDA	-	0,1
8	Acide perfluoro-butane-sulfonique	PFBS	6	-
9	Acide perfluoro-hexane-sulfonique	PFHxS	0,1	-
10	Acide perfluoro-heptane-sulfonique	PFHpS	-	0,3
11	Perfluoro-octane-sulfonate	PFOS	0,1	-
12	Acide H4-polyfluoro-octane-sulfonique	H4-PFOA	-	0,1
13	Perfluoro-octane-sulfonamide	PFOSA	-	0,1

Fig. 6 : Valeurs limites pour l'eau potable et les eaux souterraines en Allemagne (UBA 2016)

Il faut annoter, qu'en Allemagne existe aussi des Valeurs limites pour les sols, qui sont exprimées en fractions lixiviables des PFAS [18].

Il est important d'annoter, qu'une simple application des Valeurs limites, génériques et individuelles dans le cadre d'une évaluation simplifiée des risques ne prend pas en compte les scénarios d'expositions spécifiques et non plus les expositions aux mélanges (« Cocktails ») des polluants avec au minimum une prise en compte de l'additivité des risques des polluants du mélange concernant les mêmes cibles et effets toxicologiques. Par conséquent, il faut mieux appliquer les EQRS (ou ARR, HRA, TERQ), ce qui correspond bien à la Méthodologie Française de Gestion des Sites Pollués, selon le Ministère en charge de l'Environnement, du 19/04/2017.

Un autre aspect important est le fait que seulement via une EQRS (ou ARR, TERQ, HRA) il est possible de définir des Valeurs de Contrôle de conformité sanitaire, sous forme des CMA (Concentration Maximale Acceptables) pour des Excès des Risques Individuels (de cancer) maximale acceptable : $ERI \leq 10E-5$ (10^{-5}) ou d'un Indice de Risque systémique de $IR \leq 1$ (= DJE / DJT : Dose Journalier d'Exposition par rapport à la Dose Journalière Tolérable).

Concernant les EQRS : Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires, la base est soit la mesure des concentrations dans les milieux d'exposition ou la modélisation du transfert des polluants d'un compartiment à l'autre (par ex. des polluants dans les eaux souterraines ou du sol vers les gaz du sol et de l'air ambiant [100 – 122]).

Une étape importante de l'EQRS est le **choix des VTR (Valeurs Toxicologiques de Référence)**, car leur évolution est rapide. Par ex., un bon guide PFAS de l'ANSES de 2017 comporte certaines VTR pour les PFAS, mais vu les nombreuses publications des VTR jusqu'à aujourd'hui, ces valeurs sont partiellement dépassées, car aujourd'hui elles sont devenues beaucoup plus sévères. Une **Dose Hebdomadaire Tolérable (DHT)** de 4,4 ng/kg/Semaine (ou la Dose Journalière Tolérable (DJT) de 0,63 ng/kg/j pour des PFAS : PFOA, PFOS, PFNA & PFHxS) a été publiée par l'EFSA, le 17/09/2020. En 2020 des **facteurs d'équivalence de toxicité** par rapport au PFOA ont été aussi publiés par Wienecke et al. 2020 sous forme des **RPF : Relative Potency Factors** (cf. Fig. 7).

Per- and polyfluorinated congeners	RPF
Sulfonic acids	
PFBS	0.001
PFPeS*	$0.001 \leq \text{RPF} \leq 0.6$
PFHxS	0.6
PFHpS*	$0.6 \leq \text{RPF} \leq 2$
PFOS	2
PFDS*	2
Carboxylic acids	
PFBA	0.05
PFPeA*	$0.01 \leq \text{RPF} \leq 0.05$
PFHxA	0.01
PFHpA*	$0.01 \leq \text{RPF} \leq 1$
PFOA	1
PFNA	10
PFDA*	$4 \leq \text{RPF} \leq 10$
PFUnDA	4
PFDoDA	3
PFTriDA*	$0.3 \leq \text{RPF} \leq 3$
PFTeDA	0.3
PFHxDA	0.02
PFODA	0.02
Ether carboxylic acids	
HFPO-DA	0.06
ADONA	0.03
Telomer alcohols	
6:2 FTOH	0.02
8:2 FTOH	0.04

* RPF values using relative liver weight increase as input. RPFs are presented for 14 perfluoroalkyl acids (PFAAs) and two PFAA precursors (the telomer alcohols).

*RPF based on read-across.

Fig. 7 : Facteurs d'équivalence de toxicité sous forme des RPF : Relative Potency Factors (Wienecke et al. 2020).

Afin d'assurer le bon choix des VTR des PFAS, il est à recommander d'appliquer des critères de choix scientifiques et non pas des critères nationaux. Le Fig. 8 montre des critères de choix des VTR applicables, afin de prendre en compte les meilleures connaissances toxicologiques concernant les relations de dose à effet des PFAS.

No	TRD: Toxicological Reference Dose Choice Criteria	Appreciation			
		Favorable	Correct	Not favorable	Exclusion
1	Variability of indicated TRD	(+/- 0 %)	≤ (+/- 30 %)	> (+/- 30 %)	
2	Class (potential) Carcinogenic: EC: Class 3/ US-EPA: Class B2, C / IARC: Group 1	3 Organisms : CE, US-EPA, IARC, etc.	2 Organisms	1 Organisms	
3	Several Organisms shows similar TRD (+/- 50 %)	> 3 Organisms	2 Organisms	1 Organism	
4	Age of base Study	≤ 15 a	15 – 25 a	< 25 a	
5	Mechanistic toxicological basement Study (for ex. Genotoxicity):	Epidemiology	Mamifer	In-Vitro / In-silico	
6	Basement Study: Klimisch Quality Criteria	Class 1	Class 2	Class 3	Class 3
7	Verified Purity of Compound	Yes	< 95 %	No	
8	Excipient potentially toxic	Non		Yes	
9	Presence of population without exposure (test witness)	Yes		No	
10	General Quality Criteria (Klimisch) of toxicological effect studies	Standardized Study (OCDE, UE, US EPA, FDA, etc.)	Standardized Study without Details, but correctly documented	Document insufficient for evaluation, systematic deficiencies	
11	POD : Point of Departure	Quantified Epidemiological Data, BMLD, etc. (PBPK)	NOAEL sensitive NOAEL	LOAEL sensitive, LOAEL, Other	
12	Uncertainty (or Assessment) Factors	1 – 100	> 100 – 1000	> 1 000 – 10 000	> 10 000
13a	Transpositions: Between Exposure Pathways	Non		Yes	
13b	Transposition: Animal to Human	Non	Yes		
13c	Transpositions : From in-Vitro	Non		Yes	
13d	Transpositions : From in-Silico	Non		Yes	
14	Study time-representatively	≥ chronic (> 180 d)	sub-chronic (90 d) to chronic (180 d)	< sub-chronic (< 90 d)	
15	Integration of bio-disponibility / Bio-resorption capacity (ex.: DIN 19 738)	Yes	Not known (100 %)	Known, but not considered	

Fig. 8 : Critères de choix des VTR (F. KARG 2021)

Basé sur des critères de choix, il est possible de choisir par ex. les **VTR** indiquées en Fig. 9 en début 2022. Il est important de prendre en compte, que les Administrations de certains états US-américaines sont très avancées dans la recherche toxicologique et la publication des VTR concernant des PFAS, du fait de la forte présence d'industrie chimique et pétrolière (avec les fortes utilisations historiques des AFFF) ou de la forte présence des grandes décharges industrielles (et les pollutions environnementales associées). Il s'agit notamment des états du Texas, du Michigan et de New Jersey. Ces VTR sont souvent les bases pour les publications des VTR des PFAS de la US-EPA fédérale.

Substance	Cancerogen / not cancerogen	Chronic toxicological value			Species	Sigle	Security Factor	Organization
		Exposure path	Target organ	Value				
PFBA	NC	oral	Hepatic	2,9 µg/kg/d	Rate	RfD	NOAEL / 2400	TCEQ 2016
		inhalation	Hepatic	10 µg/m ³	Rate	RfC	from oral value	TCEQ 2016
PFPeA	NC	oral	Hepatic	3,8 µg/kg/d	Rate	RfD	same than PFHxS LOAEL/(263*300)	TCEQ 2016
PFHxA	NC	oral	Hepatic	3,8 µg/kg/d	Rate	RfD	same than PFHxS LOAEL/(263*300)	TCEQ 2016
PFHpA	NC	oral	Hepatic	25 ng/kg/d	Rate	DJT	Extrapolation of DJT of Health Canada	ANSES 2017
PFOA	NC	oral	Hematologic	0,86 ng/kg/d	Rate	TDI	BMDL5	UBA 2020 BfR & EFSA 2018
			Hepatic, Mammar, Hematologic	12 ng/kg/d	Mice	RfD	LOAEL (81*100)	TECQ 2016
		inhalation	Hepatic	4,1 ng/m ³	Rate	RfC	NOAEL / (81*3000)	TCEQ 2016
	C	oral	Testicular tumors	2,52 (mg/kg/d) ⁻¹	Epidemio	SF	-	New Jersey 2017
PFNA	NC	oral	Hematologic	2,5 ng/kg/d	Mouse	RfD	NOAEL / 300	EPA IRIS 2019 New Hampshire DES 2019
		inhalation	Lung, respiratory system	28 ng/m ³	Rate	RfC	NOAEL / (81*30 000)	EPA IRIS 2019 TCEQ 2018
PFDA	NC	oral	Hepatic	15 ng/kg/d	Rate	RfD	NOAEL / (81*1000)	TCEQ 2016
		inhalation		53 ng/m ³	Rate	RfC	from oral value	TCEQ 2016
PFBS	NC	oral	Hematologic and renal	1,4 µg/kg/d	Rate	RfD	NOAEL / (142*300)	TCEQ 2016
		inhalation		4,9 µg/m ³	Rate	RfC	from oral value	TCEQ 2016
PFHxS	NC	oral	Hematologic and thyroidal	3,8 µg/kg/d	Rate	RfD	LOAEL / (263*300)	TCEQ 2016
		inhalation		13 ng/m ³	Rate	RfC	from oral value	TCEQ 2016
PFHpS	NC	oral	Hepatic	0,43 ng/kg/d	Rate	TDI	Potency Factor : 0,6-2	UBA 2020, EFSA 2018, BfR 2018
PFOS	NC	oral	Hepatic	1,86 ng/kg/d	Monkey	TDI	NOAEL	UBA 2020 BfR & EFSA 2018
		inhalation	Thyroidal, neurological and foetal development	81 ng/m ³	Rate	RfC	from oral value (23 ng/kg/j)	TCEQ 2016
PFOSA	NC	oral	Mammary glands	12 ng/kg/d	Mice	RfD	Same than PFOA NOAEL/(81*300)	TCEQ 2016
		inhalation		4,1 ng/m ³	Rate	RfC	same than PFOA NOAEL/(81*3000)	TCEQ 2016

Fig. 9 : Choix de certains VTR selon les critères en Fig. 7 (F. KARG 2021) :

ANSES: Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (2017)
 ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry
 EFSA: European Food and Safety Authority
 IRIS : Integrated Risk Information of Substances (U.S. - EPA)
 UBA : Umweltbundesamt (Germany)
 BfR: Bundesinstitut für Risikobewertung (Germany)
 OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment
 WHO: World Health Organization
 RIVM : Netherlands Environmental & Health Institute
 MDHHS: Michigan Department of Health and Human Services, Division of Environmental Health
 TCEQ: Texas Commission on Environmental Quality
 NJ-DWQIHES: New Jersey Drinking Water Quality Institute Health Effects Subcommittee
 Wieneke et al. 2020 : Toxicological Equivalence factors on PFOA RfD

Il est important de prendre en compte dans l'évaluation des risques sanitaires (EQRS, ARR, TERQ, HRA & HHRA), que les PFAS *poly*-fluorés présents dans les milieux d'exposition pourront être biotransformés en PFAS *per*-fluorés. Par ex., si l'EQRS est basée sur le 8:2-FTOH, une évaluation des risques doit intégrer aussi dans les incertitudes la biotransformation complète du 8:2-FTOH et l'exposition aux PFOA, PFHpA, PFHxA et PFPA dans la même réciprocity moléculaire comme celle du le 8:2-FTOH, présente au moment du diagnostic des pollutions. La même méthodologie s'applique pour le 6:2-FTOH et d'autres PFAS *poly*-fluorés précurseurs, selon les chaînes de bio-transformation correspondantes.

Une étape complémentaire de l'EQRS (ou ARR, TERQ, HRA)* est la **définition des Valeurs de contrôle de conformité sanitaire, sous forme des CMA (Concentration Maximalement Acceptables)** en intégrant une additivité des risques des polluants concernant les mêmes cibles et effets toxicologiques pour des Excès des Risques Individuels (de cancer) maximalement acceptables : $ERI < 10E-5$ ou d'un Indice de Risque systémique de $IR < 1$ (= DJE / DJT : Dose Journalière d'Exposition par rapport à la Dose Journalière Tolérable). Les CMA sont couramment utilisées sous forme des Valeurs de contrôle sanitaire, afin de vérifier ou de co-élaborer les **objectifs des mesures correctives**, voire des **objectifs de dépollution**.

(*) : EQRS : Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires - ARR : Analyse des Risques Résiduels - TERQ : Toxicological Exposure Risk Quantification - HHRA ou HRA : Human Health Risk Assessment.

5. Traitements des pollutions par des PFAS et notamment par les FTOH

La réhabilitation microbiologique n'est pas possible actuellement. La **réhabilitation des sols** comprend l'excavation et l'élimination ou l'incinération hors site, le lavage des sols, la stabilisation et les confinements (y compris la mise en décharge contrôlée ISDND & ISDD). Dans le cas des pollutions par des PFAS les traitements sont souvent assez coûteux, notamment dans le cas des aménagements des sites, car l'élimination des terres excavées n'est pas facile du point de vue de faisabilité économique.

Concernant la **dépollution des eaux souterraines** des solutions in-situ existent, afin d'éviter les dépollutions trop onéreuses par P&T (Pompage et Traitement). Ces traitements in-situ sont par ex. l'application des charbons actifs colloïdaux. Les applications in situ pour les eaux souterraines sont possibles mais ont besoin d'une **étude de faisabilité technico-économique** (cf. Fig. 10).

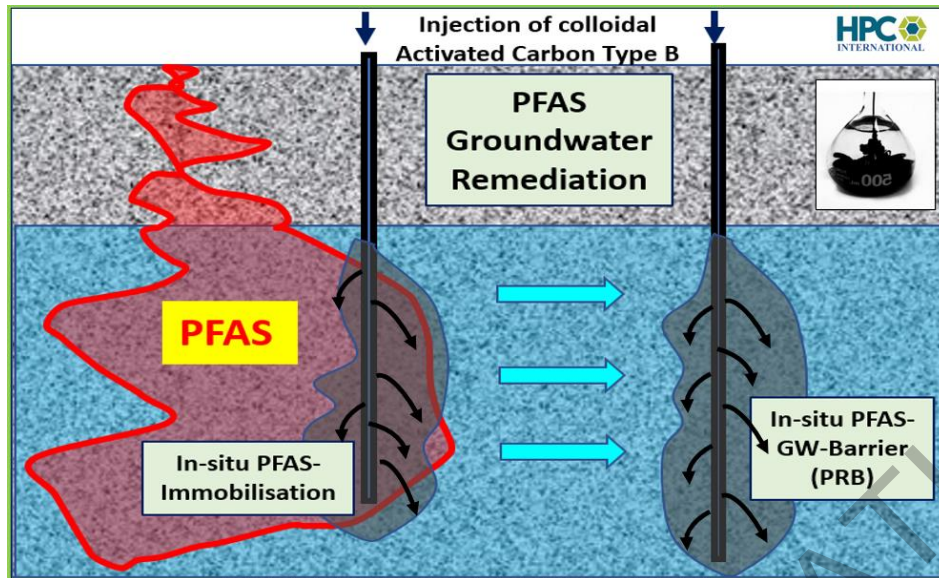


Fig. 10 : Application des traitements in-situ par Charbon actif colloïdal de Type B (F. KARG 2021) [25]

Dans les eaux superficielles, les PFAS pourront aussi être piégés par l'adsorption via des microalgues [25, 97]. Les traitements des pollutions par des PFAS volatils sous forme des FTOH, surtout dans l'emprise des ERP sensibles (Etablissements recevant le public), comme les écoles et les crèches et même dans les zones résidentielles, pourront être réalisés par des aspirations des gaz du sol (SVE : Soil Vapor Extraction ou « Venting », mais avec des traitements adaptés des gaz d'évacuation) ou par des dispositifs constructifs de gestion.

Les dispositifs constructifs de gestion dans le cas de pollution par des FTOH (PFAS volatils) pourront être moins onéreux, comme par ex. :

- Etanchéification à l'intérieur des bâtiments (par ex. des ERP ; écoles et crèches, etc.) + une ventilation des vides sanitaires (et/ou des éventuels drainages des gaz) et la surveillance de l'air ambiant. Les Fig. 11 & 12 montrent des dispositifs constructifs de gestion possibles [122].
- Dans certains cas la **dépollution des gaz du sol** est nécessaire du fait de la présence significative des PFAS volatils ou leurs précurseurs (FTOH ou PAP), par ex. par Venting-SVE, intégré dans les bâtiments (cf. Fig. 12a & b) [122].

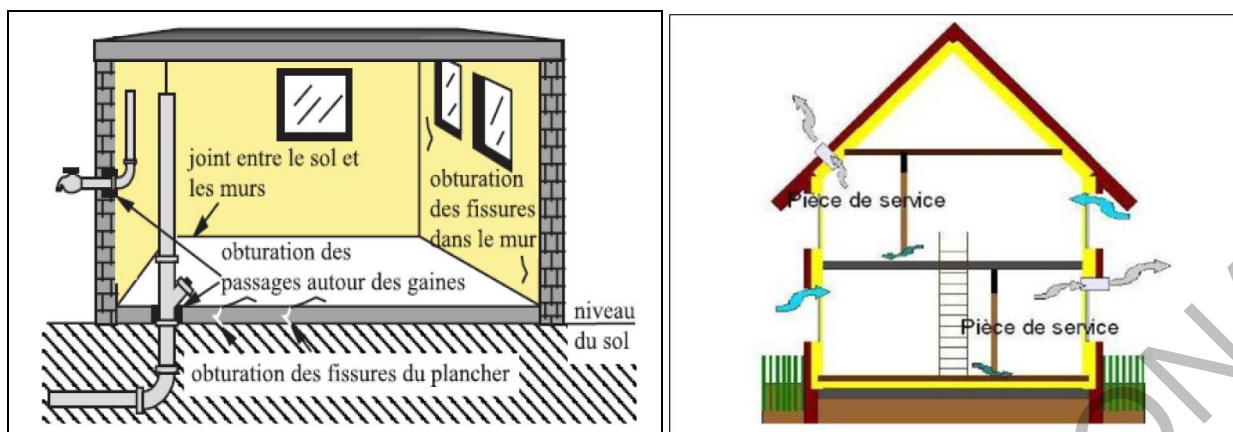


Fig. 11a & b: Exemple des dispositifs constructifs de gestion possibles (ROBE & BRGM 2014) : Etanchéifications [121, 124] et Ventilation naturelle par balayage [121, 124].

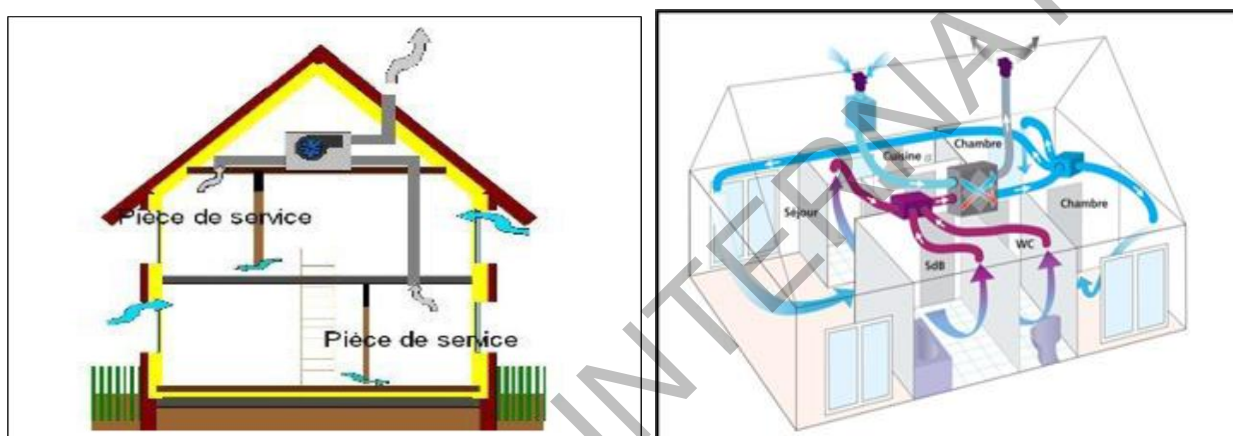


Fig. 11c & d : Ventilation à VMC simple flux à balayage et Ventilation à VMC double flux [124]

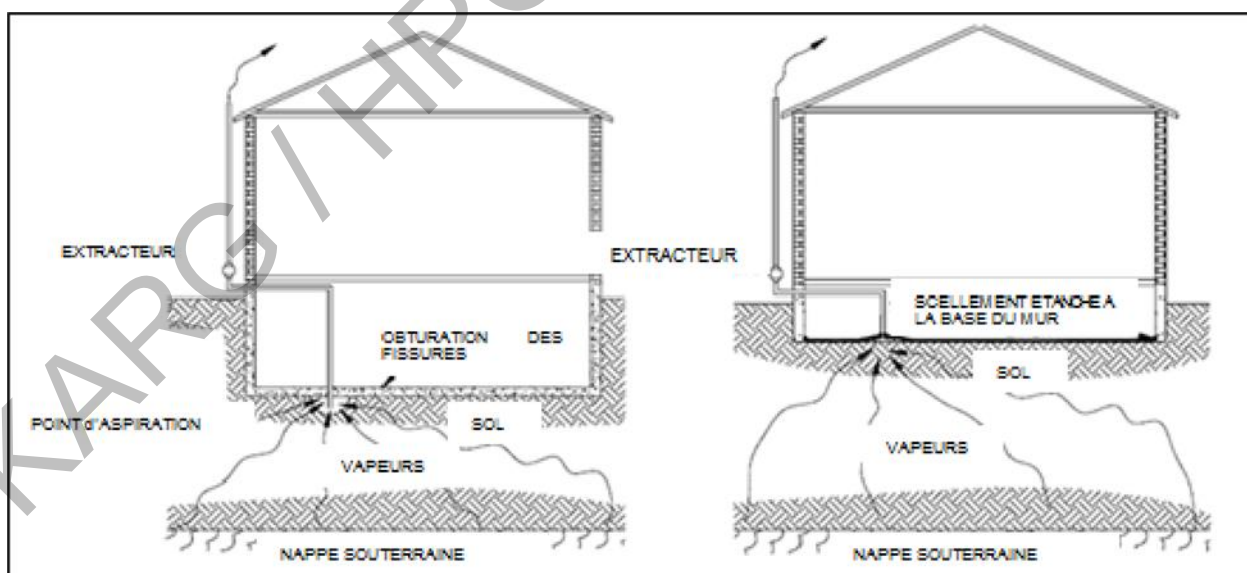


Fig. ; 12a & b : Dépollution et/ou prévention par Venting sous forme de Dépressurisation du sous-sol (SDS) et dépressurisation Sous Dalle (SDSD) [124]

6. Conclusion

Il existe plus que 9 000 composés per- et poly-fluoroalkyles PFAS, Ils sont très solubles mais aussi bio-accumulables et dans la plupart des cas non-volatils, à l'exception des FTOH volatils, les Alcools fluorotélomères. Les PFAS poly-fluorés sont bio-transformés en PFAS per-fluorés stables et souvent plus toxiques (PFOA, PFPA, PFHxA, PFHpA, etc.).

Il existe des milliers de sites pollués par les PFAS. Il s'agit de sites de lutte contre l'incendie (comme sur les aéroports...), de multiples (anciennes) sites industriels, de terres agricoles ayant reçues des boues de STEP, etc. Des investigations des sites et des évaluations quantitatives des risques sanitaires (EQRS, ARR, TERQ, HRA, etc.) sont nécessaires en cas de présences des contaminations PFAS et notamment dans les sols, eaux souterraines, gaz du sol et l'Air ambiant. Les dépollutions sont difficiles mais possibles, suite à des études de faisabilité technico-économiques. **Une liste minimum des PFAS à investiguer lors des diagnostics de pollution et des évaluations des risques sanitaires est recommandée.**

7. Références

1. ITRC (2020): History and use of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS): New Jersey Department of Environmental Protection. https://pfas-1.itrcweb.org/fact_sheets_page/PFAS_Fact_Sheet_History_and_Use_April2020.pdf
2. Buck, R.C.; Franklin, J.; Berger, U.; Conder, J.M.; Cousins, I.T.; de Voogt, P.; Jensen, A.A.; Kannan, K.; Mabury, S.A.; van Leeuw, S.P.J. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification, and origins. *Integr. Environ. Assess. Manag.* **2011**, *7*, 513–541.
3. Barbarossa, A.; Masetti, R.; Gazzotti, T.; Zama, D.; Astolfi, A.; Veyrand, B.; Pession, A.; Pagliuca, G. Perfluoroalkyl substances in human milk: A first survey in Italy. *Environ. Int.* **2013**, *51*, 27–30. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. 3M Voluntary Use and Exposure Information Profile for Perfluorooctanoic Acid and Salts. USEPA Administrative Record AR226-0595. 2000. Available online: <https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQ-OPPT-2002-0051-0009>
5. Directive (UE) 2013/39/UE « Cadre sur l'eau » européenne (DCE), concernant le PFOS & dérivés (et pour d'autres substances prioritaires) <https://www.efsa.europa.eu/fr/news/pfas-food-efsa-assesses-risks-and-sets-tolerable-intake>
6. US EPA. EPA and 3M Announce Phase out of PFOS. Available online: https://archive.epa.gov/epapages/newsroom_archive/newsreleases/33aa946e6cb11f35852568e1005246b4.html
7. Chen, H.; Peng, H.; Yang, M.; Hu, J.; Zhang, Y. Detection, occurrence, and fate of fluorotelomer alcohols in municipal wastewater treatment plants. *Environ. Sci. Technol.* **2017**, *51*, 8953–8961. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
8. Martin, J.W.; Mabury, S.A.; O'Brien, P.J. Metabolic products and pathways of fluorotelomer alcohols in isolated rat hepatocytes. *Chem. Biol. Interact.* **2005**, *155*, 165–180. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Backe, W.J.; Day, T.C.; Field, J.A. Zwitterionic, cationic, and anionic fluorinated chemicals in aqueous film forming foam formulations and groundwater from U.S. military bases by nonaqueous large volume injection HPLC-MS/MS. *Environ. Sci. Technol.* **2013**, *47*, 5226–5234. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

10. European Parliament. Directive 2006/122/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006. Off. J. Eur. Union 372, 32–34.
11. UNEP (United Nations Environmental Programme). Report of the Conference of the Parties of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants on the Work of Its Fourth Meeting. Available online: <http://chm.pops.int/TheConvention/ConferenceoftheParties/Meetings/COP4/COP4Documents/tabid/531/Default.aspx>.
12. Maga, D.; Aryan, V.; Bruzzano, S. Environmental assessment of various end-of-life pathways for treating per- and polyfluoroalkyl substances in spent fireextinguishing waters. *Environ. Toxicol. Chem.* **2020**. [CrossRef]
13. Stoiber, T.; Evans, S.; Naidenko, O.V. : Disposal of products and materials containing per and polyfluoroalkyl substances (PFAS): A cyclical problem. *Chemosphere* **2020**, 260, 127659. [CrossRef]
14. Solo-Gabriele, H.M.; Jones, A.S.; Lindstrom, A.B.; Lang, J.R. : Waste type, incineration, and aeration are associated with per- and polyfluoroalkyl levels in landfill leachates. *Waste Manag.* **2020**, 107, 191-200. [CrossRef]
15. US EPA. Per-and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS): Incineration to Manage PFAS Waste Streams Background. https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-09/documents/technical_brief_pfes_incineration_ioaa_approved_final_july_2019.pdf
16. Avendaño, S.; Liu, J. Production of PFOS from aerobic soil biotransformation of two perfluoroalkyl sulfonamide derivatives. *Chemosphere* **2015**, 119, 1084–1090. [CrossRef]
17. Eggen, T.; Moeder, M.; Arukwe, A. Municipal landfill leachates: A significant source for new and emerging pollutants. *Sci. Total Environ.* **2010**, 408, 5147–5157. [CrossRef]
18. Lang, J.R.; Allred, B.M.; Field, J.A.; Levis, J.W.; Barlaz, M.A. National estimate of per- and polyfluoroalkyl substance (PFAS) release to U.S. municipal landfill leachate. *Environ. Sci. Technol.* **2017**, 51, 2197–2205. [CrossRef]
19. LfU (Bavarian Environment Agency). Per- und Polyfluorierte Chemikalien in Bayern: Untersuchungen 2006–2018. Available [https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL\(a_rdtl.htm,APGxNODENR:200594,AARTxNR:lfu_all_00153,AARTxNODENR:353133,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x\)=X](https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL(a_rdtl.htm,APGxNODENR:200594,AARTxNR:lfu_all_00153,AARTxNODENR:353133,USERxBODYURL:artdtl.htm,KATALOG:StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x)=X)
20. McMurdo, C.J.; Ellis, D.A.; Webster, E.; Butler, J.; Christensen, R.D.; Reid, L.K. Aerosol enrichment of the surfactant PFO and mediation of the water-air transport of gaseous PFOA. *Environ. Sci. Technol.* **2008**, 42, 3969–3974. [CrossRef]
21. Sinclair, E.; Mayack, D.T.; Roblee, K.; Yamashita, N.; Kannan, K. Occurrence of perfluoroalkyl surfactants in water, fish, and birds from New York State. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **2006**, 50, 398–410. [CrossRef]
22. Ghisi, R.; Vamerali, T.; Manzetti, S. Accumulation of perfluorinated alkyl substances (PFAS) in agricultural plants: A review. *Environ. Res.* **2019**, 169, 326–341. [CrossRef]
23. Kannan, K.; Tao, L.; Sinclair, E.; Pastva, S.D.; Jude, D.J.; Giesy, J.P. Perfluorinated compounds in aquatic organisms at various trophic levels in a Great Lakes food chain. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **2005**, 48, 559–566. [CrossRef]
24. Karg, F. (2021): Per et Polyfluoro Alkyl Substances: Pollution environnementale et Risque pour la Sante. Webinaire 22/10/2021. ARET : Association pour la Recherche en Toxicologie. <https://aret.asso.fr/prochain-webinaire-de-laret-le-22-octobre-2021-inscription-gratuite-ouverte/>
25. Kopf, L. ; (2017) : Biotransformationsprozesse von Fluortelomeralkoholen/ PFC-Chemismus und FTOH-Analytik in der Bodenluft. Duale Hochschule Baden-Württemberg, Karlsruhe TSHE14.
26. Sunderland, E.M.; Hu, X.C.; Dassuncao, C.; Tokranov, A.K.; Wagner, C.C.; Allen, J.G. A review of the pathways of human exposure to poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) and present understanding of health effects. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* **2019**, 29, 131–147. [CrossRef]

27. Khalil, N.; Ducatman, A.M.; Sinari, S.; Billheimer, D.; Hu, C.; Littau, S.; Burgess, J.L.: Per- and polyfluoro alkyl substance and cardiometabolic markers in fire fighters. *J. Occup. Environ. Med.* **2020**, *62*, 1076–1081. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Leary, D.B.; Takazawa, M.; Kannan, K.; Khalil, N. Perfluoroalkyl substances and metabolic syndrome in firefighters. *J. Occup. Environ. Med.* **2020**, *62*, 52–57. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. Russell, M.H.; Himmelstein, M.W.; Buck, R.C. Inhalation and oral toxicokinetics of 6:2 FTOH and its metabolites in mammals. *Chemosphere* **2015**, *120*, 328–335. [[CrossRef](#)]
30. Domingo, J.L.; Nadal, M. Human exposure to per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) through drinking water: A review of the recent scientific literature. *Environ. Res.* **2019**, *177*, 108648. [[CrossRef](#)]
31. Winkens, K.; Vestergren, R.; Berger, U.; Cousins, I.T. Early life exposure to per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs): A critical review. *Emerg. Contam.* **2017**, *3*, 55–68. [[CrossRef](#)]
32. Faure, S.; Noisel, N.; Werry, K.; Karthikeyan, S.; Aylward, L.L.; St-Amand, A. Evaluation of human biomonitoring data in a health risk based context: An updated analysis of population level data from the Canadian Health Measures Survey. *Int. J. Hyg. Environ. Health* **2020**, *223*, 267–280. [[CrossRef](#)]
33. Lau, C.; Anitole, K.; Hodes, C.; Lai, D.; Pfahles-Hutchens, A.; Seed, J.: Perfluoroalkyl acids: A review of monitoring and toxicological findings. *Toxicol. Sci.* **2007**, *99*, 366–394. [[CrossRef](#)]
34. Li, Y.; Fletcher, T.; Mucs, D.; Scott, K.; Lindh, C.H.; Tallving, P.; Jakobsson, K. Half-lives of PFOS, PFHxS and PFOA after end of exposure to contaminated drinking water. *Occup. Environ. Med.* **2018**, *75*, 46–51. [[CrossRef](#)]
35. Butt, C.M.; Muir, D.C.G.; Mabury, S.A. Biotransformation pathways of fluorotelomer-based polyfluoroalkyl substances: A review. *Environ. Toxicol. Chem.* **2014**, *33*, 243–267. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. Nilsson, H.; Kärman, A.; Rotander, A.; van Bavel, B.; Lindström, G.; Westberg, H. Biotransformation of fluorotelomer compound to perfluorocarboxylates in humans. *Environ. Int.* **2013**, *51*, 8–12. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR): Toxicological Profile for Perfluoroalkyls (Draft for Public Comment). <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=1117&tid=237>
38. DeWitt, J.C.; Shnyra, A.; Badr, M.Z.; Loveless, S.E.; Hoban, D.; Frame, S.R.; Cunard, R.; Anderson, S.E.; Meade, B.J.; Peden-Adams, M.M.; et al. Immunotoxicity of perfluorooctanoic acid and perfluorooctane sulfonate and the role of peroxisome proliferator-activated receptor alpha. *Crit. Rev. Toxicol.* **2009**, *39*, 76–94. [[CrossRef](#)]
39. Dewitt, J.C.; Peden-Adams, M.M.; Keller, J.M.; Germolec, D.R. Immunotoxicity of perfluorinated compounds: Recent developments. *Toxicol. Pathol.* **2012**, *40*, 300–311. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
40. Foguth, R.; Sepúlveda, M.S.; Cannon, J. Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) neurotoxicity in sentinel and non-traditional laboratory model systems: Potential utility in predicting adverse outcomes in human health. *Toxics* **2020**, *8*, 42. [[CrossRef](#)]
41. Thompson, C.M.; Fitch, S.E.; Ring, C.; Rish, W.; Cullen, J.M.; Haws, L.C. Development of an oral reference dose for the perfluorinated compound GenX. *J. Appl. Toxicol.* **2019**, *39*, 1267–1282. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
42. Knutsen, H.K.; Alexander, J.; Barregård, L.; Bignami, M.; Brüschweiler, B.; Ceccatelli, S.; Cottrill, B.; Dinovi, M.; Edler, L.; Grasl-Kraupp, B.; et al. Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. *EFSA J.* **2018**, *16*, e05194. [[CrossRef](#)]
43. US EPA. Health Effects Support Document for Perfluorooctanoic Acid (PFOA). https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-05/documents/pfoa_hesd_final-plain.pdf **2020**
44. Fenton, S.E.; Ducatman, A.; Boobis, A.; DeWitt, J.C.; Lau, C.; Ng, C.; Smith, J.S.; Roberts, S.M. Per- and polyfluoroalkyl substance toxicity and human health review: Current State of knowledge and strategies for informing future research. *Environ. Toxicol. Chem.* **2020**. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. NTP (National Toxicology Program). Monograph on Immunotoxicity Associated with Exposure to Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctane Sulfonate (PFOS). Available online: https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/pfoa_pfos/pfoa_pfosmonograph_508.pdf (2020).

46. Oulhote, Y.; Steuerwald, U.; Debes, F.; Weihe, P.; Grandjean, P. Behavioral difficulties in 7-year old children in relation to developmental exposure to perfluorinated alkyl substances. *Environ. Int.* **2016**, *97*, 237–245. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
47. Luo, J.; Xiao, J.; Gao, Y.; Ramlau-Hansen, C.H.; Toft, G.; Li, J.; Obel, C.; Andersen, S.L.; Deziel, N.C.; Tseng, W.L.; et al. Prenatal exposure to perfluoroalkyl substances and behavioral difficulties in childhood at 7 and 11 years. *Environ. Res.* **2020**, *191*, 110111. [[CrossRef](#)]
48. Blake, B.E.; Fenton, S.E. Early life exposure to per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) and latent health outcomes A review including the placenta as a target tissue and possible driver of peri- and postnatal effects. *Toxicology* **2020**, *443*, 152565. [[CrossRef](#)]
49. Ballesteros, V.; Costa, O.; Iñiguez, C.; Fletcher, T.; Ballester, F.; Lopez-Espinosa, M.J. Exposure to perfluoroalkyl substances and thyroid function in pregnant women and children: A systematic review of epidemiologic studies. *Environ. Int.* **2017**, *99*, 15–28. [[CrossRef](#)]
50. Kim, M.J.; Moon, S.; Oh, B.-C.; Jung, D.; Ji, K.; Choi, K.; Park, Y.J. Association between perfluoroalkyl substances exposure and thyroid function in adults: A meta-analysis. *PLoS ONE* **2018**, *13*, e0197244. [[CrossRef](#)]
51. Blake, B.E.; Pinney, S.M.; Hines, E.P.; Fenton, S.E.; Ferguson, K.K. Associations between longitudinal serum perfluoroalkyl substance (PFAS) levels and measures of thyroid hormone, kidney function, and body mass index in the Fernald Community Cohort. *Environ. Pollut.* **2018**, *242*, 894–904. [[CrossRef](#)]
52. Reardon, A.J.F.; Khodayari Moez, E.; Dinu, I.; Goruk, S.; Field, C.J.; Kinniburgh, D.W.; MacDonald, A.M.; Martin, J.W. Longitudinal analysis reveals early-pregnancy associations between perfluoroalkyl sulfonates and thyroid hormone status in a Canadian prospective birth cohort. *Environ. Int.* **2019**, *129*, 389–399. [[CrossRef](#)]
53. Stanifer, J.W.; Stapleton, H.M.; Souma, T.; Wittmer, A.; Zhao, X.; Boulware, L.E. Perfluorinated chemicals as emerging environmental threats to kidney health: A scoping review. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* **2018**, *13*, 1479–1492. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
54. Di Nisio, A.; Sabovic, I.; Valente, U.; Tescari, S.; Rocca, M.S.; Guidolin, D.; Dall'Acqua, S.; Acquasaliente, L.; Pozzi, N.; Plebani, M.; et al. Endocrine disruption of androgenic activity by perfluoroalkyl substances: Clinical and experimental evidence. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2019**, *104*, 1259–1271. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
55. Ding, N.; Harlow, S.D.; Randolph, J.F.; Loch-Caruso, R.; Park, S.K. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) and their effects on the ovary. *Hum. Reprod. Update* **2020**, *26*, 724–752. [[CrossRef](#)]
56. Liew, Z.; Luo, J.; Nohr, E.A.; Bech, B.H.; Bossi, R.; Arah, O.A.; Olsen, J. Maternal plasma perfluoroalkyl substances and miscarriage: A nested case-control study in the Danish National Birth Cohort. *Environ. Health Perspect.* **2020**, *128*, 047007. [[CrossRef](#)]
57. Di Nisio, A.; Rocca, M.S.; De Toni, L.; Sabovic, I.; Guidolin, D.; Dall'Acqua, S.; Acquasaliente, L.; De Filippis, V.; Plebani, M.; Foresta, C. Endocrine disruption of vitamin D activity by perfluoro-octanoic acid (PFOA). *Sci. Rep.* **2020**, *10*, 16789. [[CrossRef](#)]
58. Consonni, D.; Straif, K.; Symons, J.M.; Tomenson, J.A.; Van Amelsvoort, L.G.P.M.; Sleguwerhoek, A.; Cherrie, J.W.; Bonetti, P.; Colombo, I.; Farrar, D.G. **Cancer risk** among tetrafluoroethylene synthesis and polymerization workers. *Am. J. Epidemiol.* **2013**, *178*, 350–358. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
59. Barry, V.; Winquist, A.; Steenland, K. Perfluorooctanoic acid (PFOA) exposures and incident cancers among adults living near a chemical plant. *Environ. Health Perspect.* **2013**, *121*, 1313–1318. [[CrossRef](#)]
60. Vieira, V.M.; Hoffman, K.; Shin, H.-M.; Weinberg, J.M.; Webster, T.F.; Fletcher, T. Perfluorooctanoic Acid exposure and cancer outcomes in a contaminated community: A geographic analysis. *Environ. Health Perspect.* **2013**, *121*, 318–323. [[CrossRef](#)]
61. Chang, E.T.; Adami, H.-O.; Boffetta, P.; Cole, P.; Starr, T.B.; Mandel, J.S. A critical review of perfluoro-octanoate and perfluorooctanesulfonate exposure and cancer risk in humans. *Crit. Rev. Toxicol.* **2014**, *44*, 1–81. [[CrossRef](#)]
62. Hanahan, D.; Weinberg, R.A. The hallmarks of cancer. *Cell* **2000**, *100*, 57–70. [[CrossRef](#)]
63. Hanahan, D.; Weinberg, R.A. Hallmarks of cancer: The next generation. *Cell* **2011**, *144*, 646–674. [[CrossRef](#)]

64. Temkin, A.M.; Hocevar, B.A.; Andrews, D.Q.; Naidenko, O.V.; Kamendulis, L.M. Application of the Key characteristics of carcinogens to per and polyfluoroalkyl substances. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 1668. [[CrossRef](#)]
65. Smith, M.T.; Guyton, K.Z.; Gibbons, C.F.; Fritz, J.M.; Portier, C.J.; Rusyn, I.; DeMarini, D.M.; Caldwell, J.C.; Kavlock, R.J.; Lambert, P.F.; et al. Key characteristics of carcinogens as a basis for organizing data on mechanisms of carcinogenesis. *Environ. Health Perspect.* **2016**, *124*, 713–721. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
66. Guyton, K.Z.; Rusyn, I.; Chiu, W.A.; Corpet, D.E.; van den Berg, M.; Ross, M.K.; Christiani, D.C.; Beland, F.A.; Smith, M.T. Application of the key characteristics of carcinogens in cancer hazard identification. *Carcinogenesis* **2018**, *39*, 614–622. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
67. Emerce, E.; Çetin, Ö. Genotoxicity assessment of perfluoroalkyl substances on human sperm. *Toxicol. Ind. Health* **2018**, *34*, 884–890. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
68. Butenhoff, J.L.; Kennedy, G.L.; Chang, S.C.; Olsen, G.W. Chronic dietary toxicity and carcinogenicity study with ammonium perfluorooctanoate in Sprague-Dawley rats. *Toxicology* **2012**, *298*, 1–13. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
69. Peters, J.M.; Shah, Y.M.; Gonzalez, F.J. The role of peroxisome proliferator-activated receptors in carcinogenesis and chemoprevention. *Nat. Rev. Cancer* **2012**, *12*, 181–195. [[CrossRef](#)]
70. Behr, A.C.; Lichtenstein, D.; Braeuning, A.; Lampen, A.; Buhre, T. Perfluoroalkylated substances (PFAS) affect neither estrogen and androgen receptor activity nor steroidogenesis in human cells in vitro. *Toxicol. Lett.* **2018**, *291*, 51–60. [[CrossRef](#)]
71. Wielsøe, M.; Kern, P.; Bonefeld-Jørgensen, E.C. Serum levels of environmental pollutants is a risk factor for breast cancer in Inuit: A case control study. *Environ. Health A Glob. Access Sci. Source* **2017**, *16*, 56. [[CrossRef](#)]
72. International Agency for Research on Cancer (IARC). Some Chemicals Used as Solvents and in Polymer Manufacture. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans; International Agency for Research on Cancer: Lyon, France, **2016**; Volume 110, ISBN 978-92-832-0148-9.
73. US EPA. Health Effects Support Document for Perfluorooctane Sulfonate (PFOS). Available online: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-05/documents/pfos_hesd_final_508.pdf (2020).
74. Brasse, R.A. ; Mullin, E.J. & Spink, D.C. (2021): Legacy and Emerging Per- and Polyfluoroalkyl Substances. *International Journal of Molecular Science MDPI*, 22? 995. <https://doi.org/10.3390/ijms22030995>
75. ANSES (2015) : Connaissances relatives à la réglementation, à l'identification, aux propriétés chimiques à la production et aux usages des composés de la famille des Perfluorés (Tome 1). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SUBCHIM2009sa0331Ra-101.pdf>
76. ANSES (2015) : Connaissances relatives aux données de contamination et aux expositions par des composés de la famille des Perfluorés (Tome 2). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SUBCHIM2009sa0331Ra-102.pdf>
77. ANSES (2015) : Connaissances relatives aux données de toxicité sur les composés de la famille des Perfluorés (Tome 3). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SUBCHIM2009sa0331Ra-103.pdf>
78. Wieneke, B. ; Zeilmaker, M. ; Fragki, S.; Lijzen, J.; Verbruggen, E.; Bokkers, B. (2020): Risk Assessment of Per- and Polyfluoroalkyl Substance Mixtures: A Relative Potency Factor Approach. *Environmental Toxicology and Chemistry* Volume 40, Issue 3 p. 859-870 <https://doi.org/10.1002/etc.4835> <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/etc.4835>
79. ANSES (2017): AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'évaluation des risques sanitaires d'alkyls per- et polyfluorés dans les eaux destinées à la consommation humaine. Saisine n° 2015-SA-0105 Saisine liée n° 2012-SA-0001 <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2015SA0105.pdf>
80. US-EPA (2016) : Health Effects Support Document for Perfluorooctanoic Acid (PFOA). EPA 822-R-16-003. https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-05/documents/pfoa_hesd_final_508.pdf
81. ATSDR (2021): Toxicological Profile for Perfluoroalkyls. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200-p.pdf>

82. MDHHS (2019): Michigan Department of Health and Human Services, Division of Environmental Health Michigan PFAS Action Response Team Human Health Workgroup. Public health drinking water screening levels for PFAS.
https://www.michigan.gov/documents/pfasresponse/MDHHS_Public_Health_Drinking_Water_Screening_Levels_for_PFAS_651683_7.pdf
83. TCEQ (2016) : Perfluoro Compounds (PFCs): RfD Values. Texas Commission on Environmental Quality
<https://www.tceq.texas.gov/assets/public/implementation/tox/evaluations/pfcs.pdf>
84. UBA (2010): Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen. Texte 137/2020. Umweltbundesamt, Berlin.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-07-13_texte_137-2020_handbuch_pfas.pdf
85. UBA (2010): Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen Anhang A. Texte 137/2020. Umweltbundesamt, Berlin.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-07-13_texte_137-2020_handbuch_pfas-anhang-a.pdf
86. UBA (2010): Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen Anhang B. Texte 137/2020. Umweltbundesamt, Berlin.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-07-13_texte_137-2020_handbuch_pfas-anhang-b.pdf
87. BfR (2018): Perfluorierte Verbindungen PFOS und PFOA sind in Lebensmitteln unerwünscht. Bundesinstitut für Risikobewertung. <https://www.bfr.bund.de/cm/343/perfluorierte-verbindungen-pfos-und-pfoa-sind-in-lebensmitteln-unerwuenscht.pdf>
88. EFSA (2018): Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. European Food Safety Authority.
<https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/5194>
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2018.5194>
89. NJ-DW-QI (2017): HEALTH-BASED MAXIMUM CONTAMINANT LEVEL SUPPORT DOCUMENT: PERFLUOROOCTANOIC ACID (PFOA). New Jersey Drinking Water Quality Institute Health Effects Subcommittee February 15, 2017. <https://www.state.nj.us/dep/watersupply/pdf/pfoa-appendixa.pdf>
90. State of New Hampshire Environmental Services (2019): Direct Contact Risk-Based Soil Concentrations for Perfluorooctanoic acid (PFOA), Perfluorooctane sulfonate (PFOS), Perfluorohexane sulfonic acid (PFHxS) and Perfluorononanoic acid (PFNA): State of New Hampshire, December 11, 2019.
<https://www4.des.state.nh.us/nh-pfas-investigation/wp-content/uploads/PFAS-DCRB-value-121119.pdf>
91. US Department of Defense (Assessed 27/02/2022): Appendix I - PFAS Toxicity Profiles.
<https://defence.gov.au/Environment/PFAS/docs/Tindal/Reports/201806HHRAAppIToxicityProfiles.pdf>
92. UBA (2016): HBM I values for Perfluorooctanoic acid (PFOA) and Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS) in blood plasma Statement of the German Human Biomonitoring Commission (HBM Commission). Announcement of the German Environment Agency (UBA). Bundesgesundheitsbl 2016 · 59:1364 DOI 10.1007/s00103-016-2437-1. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00103-016-2437-1.pdf>
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00103-016-2437-1>
93. Wie-Chun Chou, Zhoumeng Lin (2020): Probabilistic human health risk assessment of perfluorooctane sulfonate (PFOS) by integrating in vitro, in vivo toxicity, and human epidemiological studies using a Bayesian-based dose-response assessment coupled with physiologically based pharmacokinetic (PBPK) modeling approach. nvironment International, Volume 137, April 2020, 105581.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016041201933805X>
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S016041201933805X?token=134AF5A3441CFB49FFE7BBA90CE64A74DDF7936B3178BEF86DE71342FFBADF1A81613100CDB6638F9DEE07BFEF182C65&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220227001829>
94. US-EPA (2021): Health & Environmental Research Online (HERO). United States Environmental Protection Agency. https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/5026091
95. US-EPA (2019): Systematic Review Protocol for the Perfluorodecanoic Acid (PFDA) IRIS Assessments (Preliminary Assessment Materials). United States Environmental Protection Agency.
https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=NCEA&count=10000&dirEntryId=345088&search=&showcriteria=2&simplesearch=0&timstype=

96. Monti, C.; Rose, N.; Negley, T. (2021): PFAS Fingerprinting: A multivariate forensic analysis to detect the origin and extent of PFAS contamination in Northern Italy. SETAC 2021 ; 3- 6 May, 2021.
97. UPDS (2021): Les Polluants emergent. La Magasine des Professions de dépollution des sites. No 9, Juin 2021. https://www.fnade.org/ressources/_pdf/2/3425-UPSD_Mag_9.pdf
98. Held, T. (2020) : Precursor. Altlastenspektrum . 06/2020.p. 225. https://www.altlastenspektrum-itva.de/neuheft6_20.html
99. Georgi, J., Bschi, J., Bruns, J., Mackenzie, K., Saeidi, N., Kopinke, F.D. (2020): Precursor. Altlastenspektrum . 06/2020, p. 232. https://www.altlastenspektrum-itva.de/neuheft6_20.html
100. AFSSET, Karg, F. et al (2010) : Valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour les substances cancérogènes (Toxicological Reference Values for cancerogenic Compounds) - Méthode de construction de VTR fondées sur des effets cancérogènes - Saisine n°2004/AS16. Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail, 05/2010 (aujourd'hui ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire). http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/141844903203317036420911165719/VTR_cancer_methodologie_afsset_mars10.pdf
101. Karg, F. (2010) : Recensement des menaces environnementales pour la santé publique et l'importance de la pollution de l'air ambiant. Rapport de l'INVS / Inventory of environmental threats on public health and links with ambient air pollution. INVS report – Minutes AtmosFair, Lyon 28/09/2010.
102. Solal, C. Jabbour, V., El Ghissassi, F., Karg, F., Enriquez, B., Rousselle, C., Bodin, L. (2010) : Carcinogenic Toxicological Reference Values for Chloronitrobenzene Isomers. Poster : IUTOX Barcelona : 07/2010.
103. Karg, F. (2011): Methodology of risk management in case of exposure uncertainties on working places with special regard on contaminated sites and buildings. Minutes INTERSOL, Lyon le 29/03/2011.
104. Karg, F. & Vircondelet, S. (2011): Méthodologies EQRS & ARRp de Gestion et Technologies de Réhabilitation des Zones contaminées par le Chlordécone: La Gestion Globale (Methodology of Quantified and preventive Health Risk Assessments for site specific Remediation Goals and Remediation Technologies for Zones contaminated with the Chlordecone Pesticide). Remédiation à la Pollution par la Chlordécone aux Antilles. PRM : Cahier du Pôle de Recherche Agro-environnementale de la Martinique. N° 9-10, 04-2011, p. 76 – 84. <https://www.caec-carib.org/content/download/4541/33344/version/2/file/Rem%C3%A9diation+%C3%A0+la+pollution+par+la+chlord%C3%A9cone+aux+Antilles.pdf>
105. Glorennec, P., Karg, F. et al. (2011) : Améliorations de la démarche d'évaluation des risques sanitaires : contribution de la section « Méthodologie d'évaluation des risques sanitaires » de la SFSE. (Optimization of Health Risk Assessments). ERS : Environnement, Risques & Santé. Vol. 10. No 2, March – April 2011.
106. Karg, F. (2012): Internationaler State-of-the-Art der standortspezifischen Risikobewertung / International State-of-the-Art concerning Contaminated Site HRA: Health Risk Assessments. Script of Symposium. ITVA-Symposium. Hamburg 22-23/03/2012.
107. Karg, F. & Kopytynski, W. (2012) : EQRS : Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires et réhabilitation dans le cas des pollutions par des additifs, impuretés et métabolites / Exemples : Picloram, Bromacile, Chlordécone, 2,4-D et Glyphosate/AMPA en Europe, Asie (Chine et Vietnam) et Amérique du Sud / TERQ: Toxicological Exposure Risk Quantification and remediation in case of environmental contamination by pesticide additives, impurities and metabolites: Examples of Picloram, Bromacile, Chlordecone, 2,4-D and Glyphosate/AMPA in Europe, Asia (China & Vietnam) and South America). Minutes of INTERSOL 2012, Paris-Ivry 27-30/03/2012.
108. Glorennec, P., Imbert, M., Ronga-Pezeret, S., Karg, F., Bonvallot, N., Boulanger, G., Maurau, S., Guilloso, G. & Rouhan, A. (2012) : Objectifs et résultats attendus d'une évaluation des risques sanitaires. (Goals of Health Risk Assessments) Section "Méthodologie d'évaluation des risques sanitaires" de la SFSE. Objectifs et résultats attendus d'une évaluation des risques sanitaires. Environnement Risque Santé 2012 ; 11 : 240-2. doi : 10.1684/ers.2012.0541
109. Karg, F. (2012): Combined professional and Residential Toxicological Exposure Risks by VOC. AtmosFair Congress Book, Lyon / France 26-27/09/2012.

- 110.Karg, F. (2013) : Les risques combines professionnels et résidentiels d'exposition toxicologiques via l'air ambiant par les COV / Ambient Air Combined professional and Residential Toxicological Exposure Risks by VOC. Minutes of Congress, Intersol Lyon / France : 26 – 28th of March 2013.
- 111.Karg, F. (2013): Consideration of emerging pollutants in the indoor air / La prise en compte des polluants émergents dans l'air intérieur. Minutes of Congress. AtmosFair, Paris, 25-26 September 2013.
- 112.Karg, F. (2013): Using the Toxicological Exposure Risk Quantification (TERQ) to assess potential combination effects; Fresenius Akademie Mainz / Mayence / Germany: Public Seminar Documents: "Human Health" 13./14. November 2013.
- 113.Karg, F., Robin-Vigner, L., Vircondelet, S. (2013): Cancer Risk Occurrence on Contaminated Sites: Experience Feed-back on HRA: Health Risk Assessments on 160 sites in France and Germany. Poster on Congress: Congrès National de la SFSE (Société Française de la Santé – Environnement) : Cancer et l'Environnement – CNRS, Lyon 28 – 29 November 2013.
- 114.Karg, F. (2013): Health risk based Dioxin & POP Management in EC: European Community: PCDD/F-& PCB-Contaminations & Methodology for site investigations, health risk assessment and remediation. Sharing Lessons-Learned - Dioxin/POPs Pollution Assessment and Remediation in Vietnam. Minutes of Congress - Da Nang, Vietnam, December 1-4, 2013.
- 115.Karg, F. (2016): MOA-Methodology of Risk Assessment and Exposure on Pollutant Cocktails (Agent Orange & Agent Blue, Dioxins, Pesticides, Chloro-phenols, Arsenic). Méthodologie MOA des évaluations des expositions aux cocktails de polluants : Agent Orange et Agent Bleu, etc. (Dioxines, Pesticides, Chlorophenols, Arsenic). Intersol Congress Minutes, Lille 16th of March 2016
- 116.PORTELIUS, E., DURIEU, E., BODIN, M., CAM, M., PANNEE, J., LEUXE, C., MABONDZO, A., OUMATA, N., GALONS, H., LEE, Y., CHANG, Y-T., STÜBER, K., KOCH, P., FONTAINE, G., POTIER, M-C., MANOUSOPOULOU, A., GARBIS, S., COVACI, A., VAN DAM, D., DE DEYN, P., KARG, F., FLAJOLET, M., OMORI, C., HATA, S., SUZUKI, T., BLENNOW, K., ZETTERBERG, K. and MEIJER, L. (2016): Specific triazine herbicides induce amyloid β 42 Production. Journal of Alzheimer's Disease, 54 (2016) p.1593–1605. DOI 10.3233/JAD-160310, IOS Press.
- 117.Karg, F. (2017) : CWA Chemical Warfare Agents: Case Studies on Environmental Chemistry, Site Investigations, Risk Assessment and Site Decontamination & Remediation. Intersol, Lyon / France, 16th of March 2017. Minutes of Congress.
- 118.Karg, F. (2017): Identification, Monitoring, Risk Assessment and Management of Cities' & Quarter specific Air Pollution in addition to « standard » Pollutants Parameters. Minutes of Congress: AtmosFair, Lyon France, 10-11th of October 2017.
- 119.Karg, F. (2018): Internationale Ansätze in der Gefährdungsabschätzung im Vergleich zum deutschen Bodenschutzrecht. (International Approaches of Health Risk Assessments in Comparison with German Regulations) Seminar: Wirkungspfad Boden – Mensch: Regierungspräsidium Stuttgart (Seminar: Exposures from Soil to Humans. Stuttgart / Germany 20/02/2018. Minutes of Seminar.
- 120.Karg, F. (2019): Needs for Technical & Regulatory Management for contaminations by PFT (PFAS): Poly- & Perfluorinated Tensides: Study cases for Environmental Chemistry, site Investigations, Risk Assessment and Site Decontamination & Remediation (Besoins de Gestion technico-réglementaire des Contaminations par des TPF : Tensioactifs Poly- & Perfluorés : Etudes de cas concernant la chimie environnementale, les évaluations des risques et la décontamination & réhabilitation des sites pollués. Minutes of Congress INTERSOL Lille / France: 26th to 28th of March 2019.
- 121.Karg, F. (2021): Case Studies of Polluted Site Management in Case of non-acceptable toxic Risks by Indoor Air Contamination via volatile Pollutants (Polar & Chlorinated Solvents: TCE, PCE, DCE, VC and also BTEX, HC5-16, etc.) / Etudes de Cas de Gestion des Sites Pollués à Impact à Risque Sanitaire non-acceptable des polluants volatils des Sites pollués sur l'air ambiant intérieur des entreprises et des locaux résidentiels (Solvants polaires & chlorés : TCE, PCE, DCE, VC et aussi BTEX, HC5-16, etc.). Minutes of Congress INTERSOL , Paris, 07 – 09/09/2021.
- 122.Karg, F. (2022): TERQ*-Modell zur Rückrechnung von Raumluftkonzentrationen (PCB aus Fugen, Anstrichen, Deckenplatten, etc.) sowie bei anderen Schadstoffen zur Ermittlung der Notwendigkeit von Sanierungsmaßnahmen (TERQ*-Model for Definition of Needs for Building Remediation & Decontamination in Case of PCB-Presence in In-Door Ambient Air)/ Gesundheitsgefahren durch PCB in Gebäuden (Health Risks by PCB in Buildings). DECONex Fachkongress Schadstoffmanagement / Congress Pollution Management in Buildings. Essen / Germany 19-20/01/2022. Congress Minutes.

- 123.ATSDR (2021) : Toxicological Profile for Perfluoroalkyls. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200-p.pdf>
- 124.BRGM (2014): Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP ; BRGM/RP-63675-FR <https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-63675-FR.pdf>