

## **The SFSE management guideline for PFAS : Contamination sources, Environmental Behavior, Investigations, Risk Assessments and Treatments**

### **Le Guide de Gestion SFSE pour les PFAS : Sources de contamination, comportement environnemental, diagnostics de pollution, évaluations des risques et traitements**

**Frank KARG**, Expert pour PFAS & Evaluations des Risques Sanitaires de la Section Méthodologie d'Evaluation des Risques de la SFSE (Société Francophone de Santé et Environnement) et CEO d'HPC International SAS and Scientific Director of HPC Group (France & Europe), Expert judiciaire

**Marie JAILLER**, secretary of the Health Risk assessment methodology Working group in SFSE (Société Francophone de Santé et Environnement) and Risk Expert in SPAQuE (Belgium)

---

## **1. Contexte**

La SFSE : Société Francophone de Santé et Environnement (Association Santé et Environnement de l'Hémisphère Francophone comme en Belgique, Canada, France, Luxembourg, Suisse, Pays Africains, etc.), créée en France en 2008, se veut le lieu où se rencontrent savoirs, savoir-faire et faire-savoir sur le thème de la Santé Environnementale. A la croisée de domaines comme la Toxicologie, l'Epidémiologie, l'Expologie, la Chimie de l'Environnement, la Médecine, les Sciences Humaines et Sociales, la Réglementation et la Gestion, la Santé Environnementale ne peut être assurée sans une Approche Globale.

Les Per et Poly Fluoro Alkyl Substances (PFAS) présentent des propriétés de résistance à haute température, de stabilité chimique et de pouvoir imperméabilisant qui sont des atouts pour les industries et s'expliquent par la liaison carbone-fluor forte et stable. Les PFAS sont utilisés dans les mousses anti-incendie mais se retrouvent également dans les produits du quotidien : papier plastifié, emballages alimentaires (films anti-graisse), vêtements et textiles divers imperméabilisés (contre la pluie ou la saleté), équipements sportifs, tensioactifs (permet l'émulsion de liquides organiques à l'eau), outils de photolithographie (revêtement anti-reflet), semi-conducteurs (protection de surface), vernis, peintures, adhésifs, matériel médical, produits de beauté et d'hygiène (shampooing, crème solaire). L'ensemble de la population utilise ces produits au quotidien et est exposé aux PFAS, ce qui devient un enjeu de santé publique. La production de PFAS a commencé dans les années 1940, principalement par 8 industries internationales (par ordre alphabétique) : Arkema, Asahi, BASF Corporation, Clariant, Daikin, DuPont, 3M/Dyneon et Solvay/Solexis (ITRC, 2022). Jusqu'en 2000, la société américaine 3M était le plus grand fabricant mondial.

Au début, DuPont a inventé les produits chimiques PFAS (Poly & Perfluoro Alkyl

---

Substances) sous forme de polymères de téflon, mais 3M est devenu son producteur le plus important. En 2001, un premier scandale de pollution aux PFAS éclate à Parkersburg /USA, après la découverte de monomères PFAS dans l'eau potable de dizaines de milliers de personnes à proximité d'une usine DuPont. Dès 2004, des PFAS ont été mesurés dans l'environnement en Scandinavie (Kärman A., 2019). Depuis, les pollutions environnementales liées aux PFAS et révélées au grand public en Europe (en Allemagne en 2014, en Belgique en 2021, en France et en Italie en 2022). Au début 2023 des milliers de sites contaminés par les PFAS ont été publiés en Europe, comme dans France, Allemagne, Belgique, etc. (cf. Fig.1 - 3).

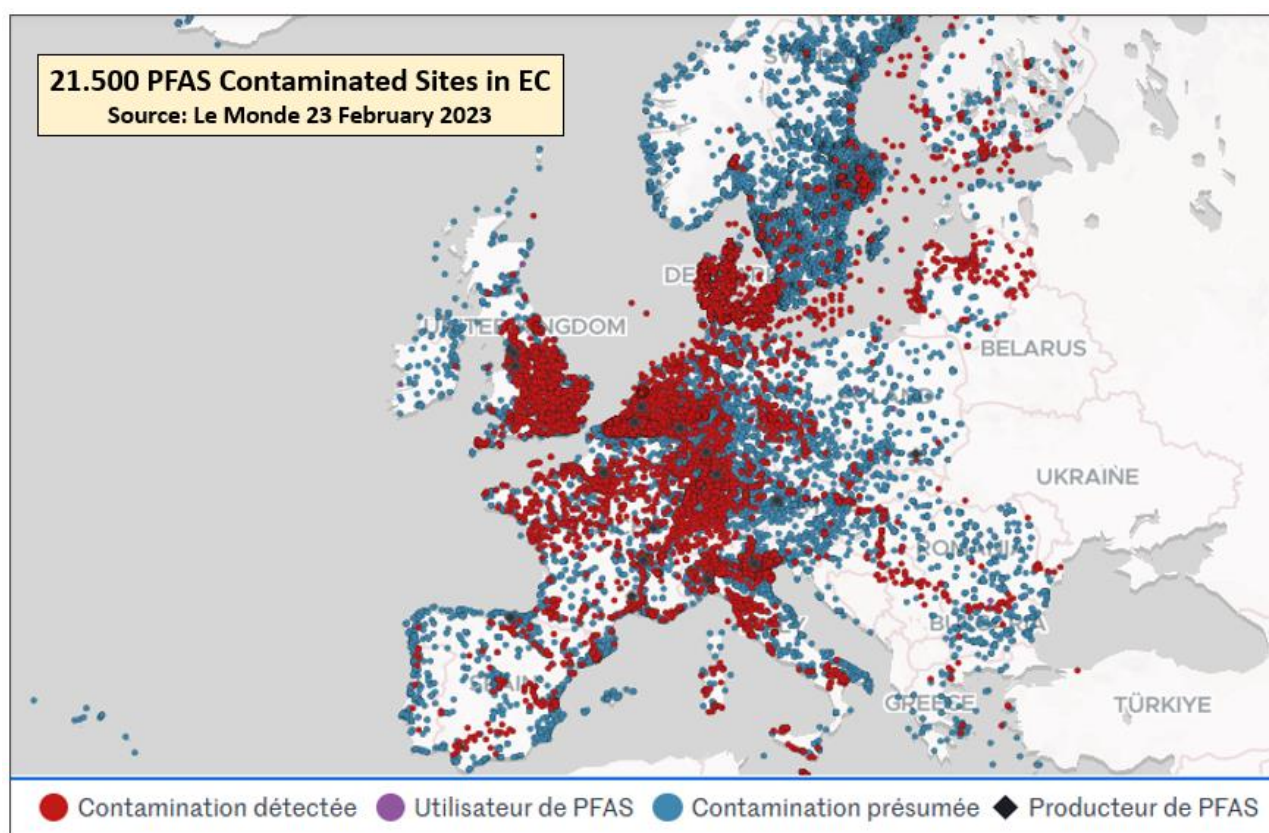


Fig. 1 : Au total, 21 500 sites contaminés par des PFAS (potentiels) dans la CE sont comptabilisés (Source : « Forever Pollution Projet », Le Monde 23 février 2023)

Tous ces événements ont conduit à une prise de conscience de l'impact de cette pollution sur l'Environnement et sur la Santé Publique. Des milliers d'ouvrages et de publications scientifiques sur la toxicologie, le comportement environnemental, l'épidémiologie, etc. des PFAS. De nombreuses publications scientifiques traitent des PFAS mais il subsiste des incertitudes majeures dues à des données éparses sur leur comportement ou leur toxicité, comme on le sait début 2023 sur un large nombre de 9 000 à 12 000 composés PFAS individuels existants. Dans ce contexte d'incertitudes et de besoins de recherche, la gestion d'une crise environnementale et de santé publique liée aux PFAS est complexe et ce, pour les prochaines années.

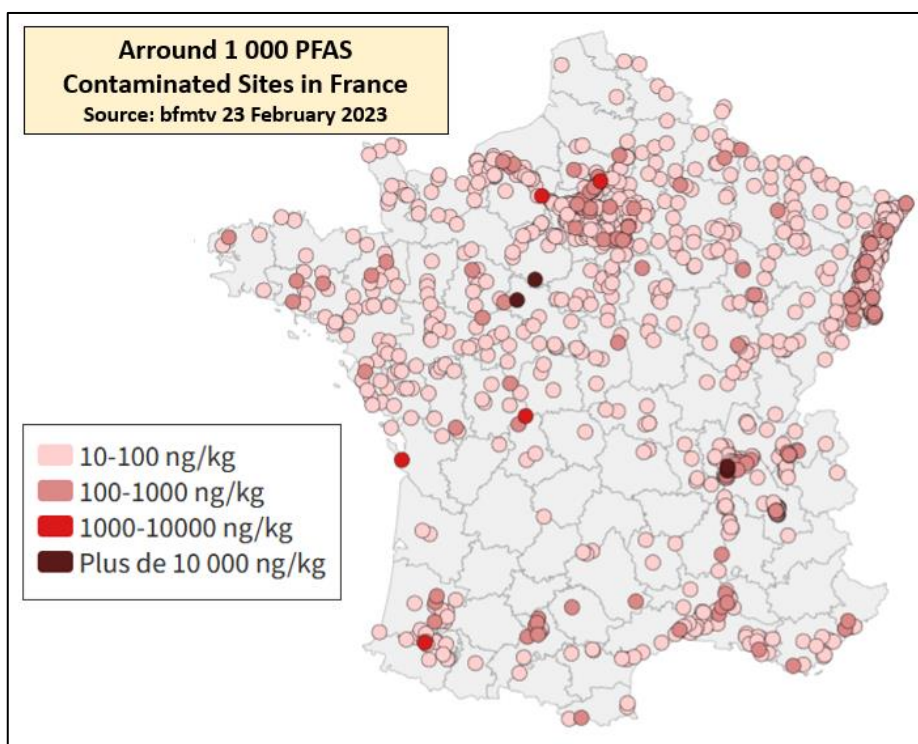


Fig. 2 : Environ 1 000 Sites contaminés par des PFAS en France sont comptabilisés (Source : bfmtv 23 février 2023)

En conséquence, les PFAS sont présents dans l'environnement, par ordre d'importance (ITRC, 2022, Merly C., 2020) :

- sur les zones d'entraînement à la lutte contre l'incendie (aéroports, bases militaires, sites d'entraînement à la lutte contre l'incendie, raffineries de pétrole) où sont utilisées des mousses anti-incendie (aussi appelées AFFF pour Aqueous Film-Forming Foam) contenant des PFAS ;
- dans les usines où ils sont produits ;
- dans les procédés industriels où ils sont utilisés : textile et cuir, papier/carton, métallisation et galvanisation (action anti-corrosion, utilisée pour limiter l'exposition des travailleurs aux aérosols de chrome VI), fabrication de câbles, fabrication de tensio-actifs, photolithographie, les semi-conducteurs, l'aéronautique (fluides hydrauliques) ainsi que les fabricants de mousses anti-incendie ;
- dans les stations d'épuration et les boues de stations d'épuration utilisées comme engrais sur les terres agricoles ;
- dans les installations de stockage de déchets ou les décharges et dans leurs lixiviats.

Le cas échéant, ajouter les PFAS à la liste des polluants à analyser dans les échantillons environnementaux comme le sol ou les eaux souterraines, l'eau potable ou les denrées alimentaires est un réflexe à adopter après la revue historique des activités, sans oublier les précurseurs (PFAS Polyfluorés).

En Europe, les sites de production de PFAS suivants ont indiqué une forte contamination pour la population locale : en France (Arkema à Lyon), Belgique (3M à Zwijndrecht), Italie (Solvay à Spinetta Marengo), Allemagne (Flughafen Düsseldorf, Site OTAN Bitburg, large site d'agriculture Rastadt) etc.

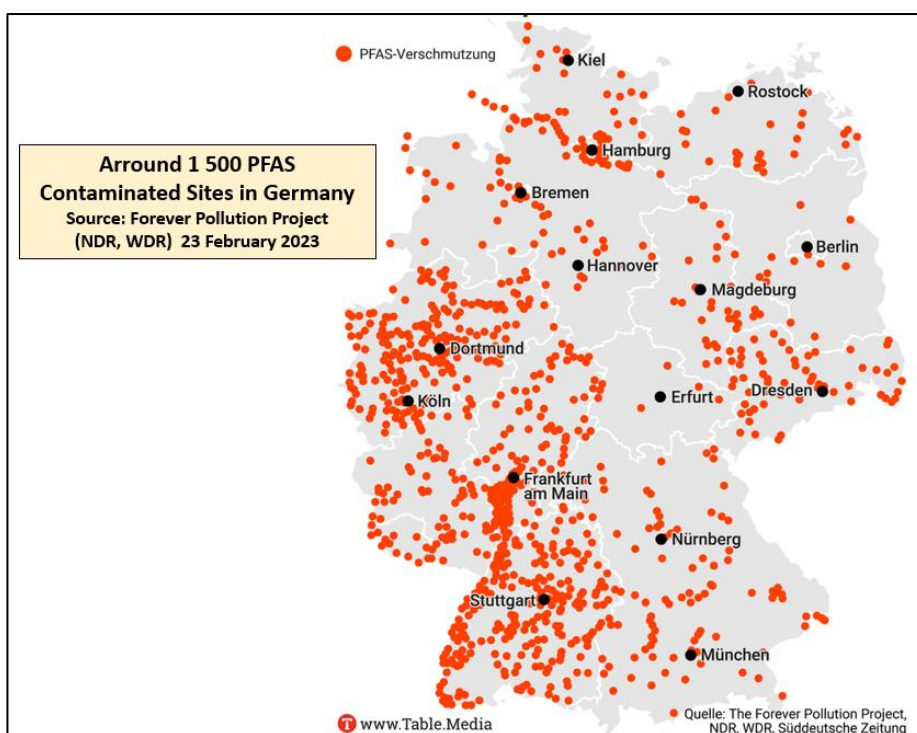


Fig. 3: Around 1 500 PFAS contaminated Sites in Germany are accounted (Source: Forever Pollution Project (NDR, WDR) 23 February 2023)

## 2. Chimie Environnementale: PFOS & PFOA, l'arbre qui cache la forêt :

Les PFAS sont des composés contenant une chaîne d'atomes hydrophobes de carbone et de fluor  $[C_nF_{2n+1}-R]$  avec une fonction hydrophile à son extrémité, comme un sulfonate ( $SO_3^-$ ) ou un carboxylate ( $CO_2^-$ ). Ils peuvent être présents sous des formes ionisées et non ionisées. L'APFO (acide perfluoro-octanonique) et le SPFO (acide perfluoro-octanonique) cancérigènes sont classés comme POP (polluants organiques persistants) interdits par la convention de Stockholm. En raison de leur forte solubilité dans l'eau et de leur faible volatilité, la plupart des PFAS sont mesurés principalement dans les eaux souterraines (chaînes plutôt longues) et les eaux de surface (chaînes plutôt courtes). Dans l'environnement (pH compris entre 5 et 9), les PFAS sont normalement présents sous forme anionique, expliquant ainsi leur faible sorption sur les sols et les sédiments (qui sont chargés négativement) et leur forte solubilité dans l'eau. Certains PFAS, comme par ex. Les sulfo-bétaïnes telles que 6:2-FT(S)AB (= Capstone B) ou 6:2-FTS (= H4-PFOS), sont beaucoup plus

solubles même dans des conditions légèrement alcalines (F. Karg 2022). Un point très important est que les PFAS polyfluorés (appelés précurseurs) sont biotransformés en PFAS perfluorés stables. Une biodégradation totale des PFAS n'a pas été prouvée aujourd'hui.

En raison de leur caractère hydrophile et hydrophobe, les PFAS ont tendance à s'accumuler à l'interface eau/air pour les eaux de surface. Leur tendance à s'accumuler au sommet d'une nappe phréatique est un sujet de recherche actuel. Avec un potentiel de dispersion en équivalent eau souterraine voire supérieur à celui du benzène et du trichloroéthène, les PFAS sont mesurés sur de longues distances, même au pôle Nord. Ainsi, la stratégie d'échantillonnage devrait inclure des points d'échantillonnage loin en aval de la source. Des données sur la pression de vapeur saturante (très différentes selon la forme ionisée ou non ionisée), la constante de Henry (H) et le coefficient de partage carbone organique/eau (Koc) disponibles dans la littérature. Certains PFAS, comme les alcools fluorotélomères (FTOH) sont volatils. Les données physico-chimiques, par ex. principalement pour le PFOS et le PFOA, sont très variables et n'existent souvent que pour la forme acide (et non pour les sels).

Afin de mieux estimer le comportement des PFAS, des données relatives à la forme appropriée doivent être sélectionnées et une mesure sur site du coefficient d'adsorption basée sur la teneur en carbone organique du sol (Koc) est recommandée. Des précautions particulières doivent être prises lors de la collecte des PFAS, en évitant l'utilisation de matériaux contenant du "fluor" comme le téflon, etc. pour éviter les résultats d'analyse faussement positifs. Les laboratoires d'analyse rencontrent des difficultés pour analyser les PFAS : seuls une quarantaine de composés peuvent être quantifiés normalement. Les meilleurs laboratoires ont pu analyser environ 500 composés PFAS, avec des limites de quantification parfois supérieures aux valeurs réglementaires et des suspicions d'interférences, augmentant les difficultés d'interprétation. Pour compenser ces incertitudes, il est recommandé d'augmenter le nombre d'analyses à blanc et répétées.

### **3. Toxicologie et Evaluation des Risques Sanitaires :**

Comme certains PFAS se décomposent en acides perfluorés qui sont plus toxiques et ne se dégradent pas, les précurseurs doivent également être analysés. L'évaluation des risques des PFAS pour la santé humaine et l'environnement est complexe : environ 40 composés (uniquement) bien connus pour leurs effets sur la santé humaine et pour lesquels les connaissances évoluent. L'évaluation des risques ne peut pas considérer l'effet de mélange de ces 9 000 – 12 000 composés car il n'existe pas 9 000 Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR). Des données de toxicité humaine sont principalement disponibles pour : PFOS, PFOA mais aussi pour PFHxA, PFDA et PFNA.

Les principaux effets toxicologiques sont résumés dans le tableau suivant (US-EPA : 2021) :

|                                                      | # of Carbons | Liver | Developmental | Reproductive | Immune | Hematologic | Thyroid | Neuro-behavioral | Tumors       |
|------------------------------------------------------|--------------|-------|---------------|--------------|--------|-------------|---------|------------------|--------------|
| <b>Perfluoroalkyl Carboxylates</b>                   |              |       |               |              |        |             |         |                  |              |
| PFBA                                                 | 4            | ■     | ■             | ■            | □      | ■           | ■       | □                | □            |
| PFPeA                                                | 5            | □     | □             | □            | □      | □           | □       | □                | □            |
| PFHxA                                                | 6            | ■     | ■             | ■            | □      | ■           | ■       | □                | □ (Negative) |
| PFHpA                                                | 7            | ■     | □             | □            | □      | □           | □       | □                | □            |
| PFOA                                                 | 8            | ■     | ■             | ■            | ■      | ■           | ■       | ■                | ■            |
| PFNA                                                 | 9            | ■     | ■             | ■            | ■      | ■           | ■       | □                | □            |
| PFDA                                                 | 10           | ■     | ■             | ■            | ■      | ■           | ■       | ■                | □            |
| PFUnA                                                | 11           | ■     | ■             | □            | ■      | □           | □       | □                | □            |
| PFDoA                                                | 12           | ■     | ■             | ■            | ■      | ■           | □       | ■                | □            |
| <b>Perfluoroalkyl Sulfonates</b>                     |              |       |               |              |        |             |         |                  |              |
| PFBS                                                 | 4            | ■     | ■             | ■            | ■      | ■           | ■       | □                | □            |
| PFHxS                                                | 6            | ■     | ■             | □            | □      | ■           | ■       | ■                | □            |
| PFOS                                                 | 8            | ■     | ■             | ■            | ■      | ■           | ■       | ■                | ■            |
| <b>Per- &amp; Polyfluoroalkyl Ether Replacements</b> |              |       |               |              |        |             |         |                  |              |
| ADONA                                                | 6            | ■     | ■             | □            | □      | ■           | □       | □                | □            |
| HFPO-DA GenX                                         | 6            | ■     | ■             | ■            | ■      | ■           | ■       | □                | ■            |

■ Effect reported in one or more laboratory animal study  
□ Effect was evaluated but not found, or effect has not been evaluated

Les principales voies d'exposition sont l'ingestion d'eau potable contaminée (eau du robinet) ou d'aliments contaminés. En 2020, l'EFSA a évalué l'exposition de la population européenne aux PFAS via les aliments (EFSA, 2020). Sur la base de 67 839 échantillons analysés dans 16 pays (dont 33 000 analysés chez les poissons), la principale exposition aux PFAS provient de la consommation de poisson (notamment carpe, anguille, gardon, perche et sardine) suivie des fruits et des œufs.

Les VTR évoluent chaque année avec une diminution drastique de la dose maximale admissible pour le PFOS et l'APFO, divisée par un facteur 10 en 10 ans. Concernant l'effet de mélange, le RIVM (RIVM, 2018) propose d'utiliser des Relative Potency Factors (RPF), selon W. Bil (2021) pour 12 composés, basés sur les effets de toxicité hépatique. L'EFSA (EFSA, 2020) propose une autre approche « indicateur d'exposition ». Malgré la volonté d'améliorer la situation sanitaire en produisant des PFAS à chaîne plus courte, les résultats des études toxicologiques ne permettent pas encore de se rassurer sur la réduction des effets toxiques de ces alternatives.

#### 4. Le Guide et Fiches de la SFSE de Management des PFAS:

Afin d'aider les collectivités, industries, bureaux d'études, etc. concernés par cette problématique de gestion de la pollution des PFAS, la SFSE a décidé de synthétiser les informations disponibles et d'élaborer un Guide pratique avec des Fiches Thématiques pour les mettre à disposition du plus grand nombre possible, de manière pragmatique, comme par exemple :

1. Fiche 1 : Note chapeau : Connaissances générales; identité et chimie des PFAS,
2. Fiche 2 : Cadre réglementaire & juridique des PFAS,
3. Fiche 3 : Sources de contamination des PFAS,
4. Fiche 4 : Devenir dans l'environnement et biotransformation des PFAS,
5. Fiche 5 : Méthodes de prélèvements (sols, eaux souterraines, eaux de surface, gaz du sol, air ambiant, Human Bio-Monitoring),
6. Fiche 6 : Méthodes d'analyses (sols/eaux souterraines/eaux de surface et autres),
7. Fiche 7 : Bruit de fond et recommandations pour la détermination du bruit de fond (base de données),
8. Fiche 8 : Comportement dans l'environnement – Paramètres physico-chimiques (base des données),
- 9a. Fiche 9a : Toxicité - Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR),
- 9b. Fiche 9b : Evaluation des Risques Sanitaires (ERS),
10. Fiche 10 : Considération de l'effet toxique de mélange des PFAS,
11. Fiche 11 : Expositions et Données de bio-monitoring humain (HBM),
12. Fiche 12 : Méthodes d'assainissement - dépollution des sols,
13. Fiche 13 : Méthodes d'assainissement - dépollution des eaux souterraines,
14. Fiche 14 : Méthodes d'assainissement des gaz du sol et de l'air ambiant.

**Ces fiches d'information PFAS de la SFSE seront régulièrement mises à jour et pourront être consultées sur <https://www.sfse.org/accueil>**

## **5. Bibliography :**

- La Flandre secouée par un scandale environnemental qui nous concerne tous - rtbf.be
- Pollution aux perfluorés : "De l'eau contaminée dans 200 000 foyers au sud de Lyon" (lyonmag.com) Les voisins d'une usine de Solvay sont 5 fois plus exposés aux PFAS, des scientifiques belges jugent la contamination préoccupante - rtbf.be
- Kärman A, Wang T. and Kallenborn R. PFASs in the Nordic environment Screening of Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs) and Extractable Organic Fluorine (EOF) in the Nordic Environment, 2019 - <http://dx.doi.org/10.6027/TN2019-515>
- Merly C. (2020). Les composés alkyls poly/perfluorés. Etat de l'art et enjeux dans un contexte SSP. Rapport final. BRGM/RP-69594-FR, 171 p.
- ITRC (2022). Per and Polyfluoroalkyl substances (PFAS). Technical and regulatory guidance. June 2022.

**International PFAS Congress – Paris 13 & 14 June 2023**

- EFSA (2020). CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain), Schrenk D, Bignami M, Bodin L, Chipman JK, del Mazo J, Grasl-Kraupp B, Hogstrand C, Hoogenboom LR, Leblanc J-C, Nebbia CS, Nielsen E, Ntzani E, Petersen A, Sand S, Vleminckx C, Wallace H, Barregard L, Ceccatelli S, Cravedi J-P, Halldorsson TI, Haug LS, Johansson N, Knutsen HK, Rose M, Roudot A-C, Van Loveren H, Vollmer G, Mackay K, Riolo F and Schwerdtle T, 2020. Scientific Opinion on the risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food.
- EFSA Journal 2020;18(9):6223, 391 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.622>.
- European Environment Agency (2022). Emerging chemical risks in Europe : PFAS.
- RIVM (2018). Mixture exposure to PFAS : a relative potency factor approach. RIVM Report 2018-0070.
- 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](https://pfas-1.itrcweb.org/fact_sheets_page/PFAS_Fact_Sheet_History_and_Use_April2020.pdf)
- NIOSH (2022): Per- and polyfluoroalkyl Substances (PFAS). The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 15. September 2022. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/pfas/default.html>
- NIEHS (2022): Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS). National Institute of Environmental Health Science. 29. July 2022. <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/pfc/index.cfm>
- 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](https://pfas-1.itrcweb.org/fact_sheets_page/PFAS_Fact_Sheet_History_and_Use_April2020.pdf)
- 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>
- US EPA. EPA and 3M Announce Phase out of PFOS. Available online: [https://archive.epa.gov/epa/page/s/newsroom\\_archive/newsreleases/33aa946e6cb11f35852568e1005246b4.html](https://archive.epa.gov/epa/page/s/newsroom_archive/newsreleases/33aa946e6cb11f35852568e1005246b4.html)
- European Parliament. Directive 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>
- ITRC (2022): PFAS — Per- and Polyfluoroalkyl Substances. Interstate Technology Regulatory Council. Juni 2022. <https://pfas-1.itrcweb.org/9-site-risk-assessment/>
- Stockholm Convention: Perfluorooctanoic acid (PFOA), its salts and PFOA-related compounds. <http://chm.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativestoPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/PFOA/tabid/8292/Default.aspx>
- Karg, F. (2022): Management of FTOH: Fluorotelomere Alcohols (volatile PFAS) in ambient air of public site use scenarios (schools, kindergartens) & residences: site investigation, toxicological Health Risk Assessments (TERQ) / Gestion des FTOH : Fluorotéломère-Alcools (PFAS volatils) dans l'air ambiant des ERP sensibles (écoles, crèches) & habitations : diagnostics et évaluation des risques toxicologiques. AtmosFair, Lyon: 20 & 21/09/2022. Congress Minutes. [https://www.saturne.net/mud/index.php?d=atmosfair2022\\_program\\_abstracts](https://www.saturne.net/mud/index.php?d=atmosfair2022_program_abstracts)



---

**International PFAS Congress – Paris 13 & 14 June 2023**

---

- Karg, F. (2022): PFAS: Management of Pollution and Health Risks: Site Investigations, Environmental Chemistry, Risk Assessment (sensitive ERP and others), Regulatory Thresholds and Treatments (including volatile PFAS FTOH in soils, groundwater, soil gas & ambient air). International PFAS-Congress ARET-SFSE-HPC INTERNATIONAL, Paris 20 October 2022. Minutes of Congress. [https://www.saturne.net/mud/index.php?d=pfas\\_congress22\\_abstracts\\_pg](https://www.saturne.net/mud/index.php?d=pfas_congress22_abstracts_pg)
- Karg, F, Hintzen, U., ROBIN-VIGNERON, L., MOSTERSTEG, S. (2022): Einzelfallprüfung bei PFAS. Altlastenspektrum 06.2022, 31. Jahrgang, Dezember 2022, Seiten 157 – 204. <https://altlastendigital.de/ce/einzelfallpruefung-bei-pfas/detail.html>
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2022): Leitfaden zur PFAS-Bewertung. Stand: 21.02.2022. [https://www.bmu.de/fileadmin/Daten\\_BMU/Download\\_PDF/Bodenschutz/pfas\\_leitfaden\\_bf.pdf](https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Bodenschutz/pfas_leitfaden_bf.pdf)
- LANUV (2022): Bewertungsmaßstäbe für PFAS-Konzentrationen für NRW. Leitfaden des Bundes zur PFAS-Bewertung, in NRW per Erlass vom 04.03.2022 eingeführt. <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/gefährstoffe/pfc/bewertungsmaassstaebe#c6521>
- ATSDR (2021): Toxicological Profile for Perfluoroalkyls. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200-p.pdf>
- 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](https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/5026091)
- Bil, W., Zeilmaker, M., Fragki, S., Lijzen, J., Verbruggen, E., Bokkers, B. (2020): Risk Assessment of Per- and Polyfluoroalkyl Substance Mixtures: A Relative Potency Factor Approach. Environ Toxicol Chem 2021;40:859–870. <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/etc.4835>
- Karg, F. (2022): ERP sensibles (Ecoles, Crèches) & Habitations et Diagnostics, Evaluation des Risques Toxicologiques et Traitements des PFAS, notamment les FTOH : Fluorotéломère-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. INTERSOL 2022, Lyon / France: 21-23/06/2022, Congress Minutes. [https://www.saturne.net/mud/index.php?d=intersol2022\\_abstracts\\_pg](https://www.saturne.net/mud/index.php?d=intersol2022_abstracts_pg)
- B-LFU (2022): Vorläufige Leitlinien zur Bewertung von PFAS-Verunreinigungen in Wasser und Boden. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Stand Juli 2022. [https://www.lfu.bayern.de/analytik\\_stoffe/doc/leitlinien\\_vorlaufbewertung\\_pfc\\_verunreinigungen.pdf](https://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/doc/leitlinien_vorlaufbewertung_pfc_verunreinigungen.pdf)
- Karg, F. & HINTZEN, U. (2023): PFAS sicher und preiswert sanieren. VDI – Umweltmagazin (Verein Deutscher Ingenieure), 1 – 2 / 2023 Seiten 46 – 48. <https://elibrary.vdi-verlag.de/10.37544/0173-363X-2023-1-2/umweltmagazin-jahrgang-53-2023-heft-1-2?page=1>
- Karg, F., Hintzen, U., Robin-Vigneron, L. & Mostersteg, (2022): Einzelfallprüfung bei PFAS: Anwendung der neuen Mantelverordnung für verhältnismässige und kostenoptimierte Sanierungen bei Vielstoffbelastung. (Site specific Risk Assessment and Cost effective Site Remediation of PFAS). Altlastenspektrum 06/2022, p. 180 – 192, ITVA December 2022. <https://altlastendigital.de/ce/einzelfallpruefung-bei-pfas/detail.html>
- Karg, F. (2023) : Traitements in-situ des Polluants émergents dans les Sols et les Eaux souterraines - Exemples des aménagements des sites pollués par des HET-NSO & PFAS. Minutes of Congress INTERSOL Lille / France : 29th to 31<sup>st</sup> of March 2023.
- Executive Office of the President of the United States of America (2023): Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) Report. Joint Subcommittee on Environment, Innovation and Public Health – Per- and Polyfluoroalkyl Substances Strategy Team of the National Science and Technology Council, Washington DC, March 2023. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2023/03/OSTP-March-2023-PFAS-Report.pdf>