

Les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (PFAS) dans l'environnement

Fiche info

Les substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (PFAS) forment un groupe de plus de 4700 composés utilisés dans de nombreux procédés industriels et produits de consommation tels que les revêtements anti adhésifs et les mousses ignifuges. Très stables dans l'environnement, les PFAS sont déjà détectables presque partout dans les êtres vivants et le milieu naturel, ce qui est très inquiétant car elles sont souvent toxiques et peuvent s'accumuler dans les animaux sauvages et les êtres humains. Les plus connues sont l'acide perfluorooctanoïque (PFOA) et l'acide perfluorooctanesulfonique (PFOS) (Fig. 1). L'utilisation du PFOS est fortement réglementée depuis 2006 (voir plus bas) et le PFOA est interdit pour presque tous les usages depuis juin 2020. Toutefois, ces deux composés ont souvent été remplacés par des polymères fluorés et des PFAS à chaîne plus courte, dont le comportement est moins bien connu.

Structure et usages

Les PFAS sont des composés constitués de chaînes carbonées de différentes longueurs et dans lesquels les atomes d'hydrogène sont entièrement (composés perfluorés) ou partiellement (composés polyfluorés) substitués par des atomes de fluor. Hydrophobes, lipophobes et résistantes à la saleté, les PFAS sont également tensio-actives et d'une grande inertie thermique et chimique. Ces propriétés les prédestinent à des utilisations dans les revêtements et enduits protecteurs dans l'ameublement, l'habillement (vêtements de sport), les emballages alimentaires et les poêles anti adhésives, de même que dans les sprays d'imperméabilisation, les farts à ski et les mousses extinctrices.

Voies de rejet et comportement

Les PFAS peuvent être émis dans l'environnement au moment de leur fabrication, de leur utilisation ou de leur élimination avec les objets et eaux usées qui les contiennent. Les lieux de production des polymères fluorés et d'utilisation des mousses anti-incendie en sont donc des sources importantes, de même que les biens de consommation tels que les textiles et les meubles traités, les produits de polissage et de nettoyage qui en contiennent et les emballages qu'elles protègent. Toutes les PFAS sont très persistantes et ne sont quasiment pas dégradées dans l'environnement. Alors que les PFAS à chaîne longue s'adsorbent sur les matières du sol et du sédiment et s'accumulent dans les tissus organiques, les PFAS à chaîne courte sont solubles dans l'eau et très mobiles. Elles peuvent donc très facilement contaminer les denrées alimentaires, les eaux de surface et souterraines, et les ressources d'eau potable. Certaines sont si volatiles qu'elles peuvent être transportées sur de grandes distances et se déposer dans des régions éloignées de toute civilisation comme l'Arctique.

Présence dans l'environnement

En Europe, des PFAS ont été détectées dans les eaux souterraines et superficielles, les organismes vivants, le sol et l'air [1, 2]. Les zones proches des lieux de production industrielle, des aéroports, des bases militaires et des centres d'entraînement des pompiers, où des mousses anti-incendie aux PFAS ont été utilisées, sont particulièrement contaminées [3, 4]. En 2007/2008, 11 PFAS ont été détectées lors d'une étude pilote du programme NAQUA d'observation de la qualité des eaux souterraines en Suisse [5].

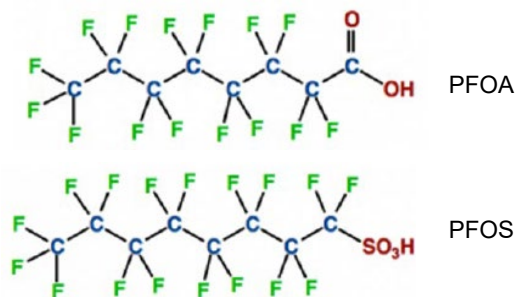


Fig. 1: Les composés alkyles fluorés sont souvent utilisés dans les mousses anti-incendie. Même si l'utilisation de l'acide perfluorooctane sulfonique (PFOS) et de l'acide perfluorooctanoïque (PFOA), les représentants les plus connus, est désormais largement interdite, ces substances sont encore régulièrement détectées dans l'environnement.

Au moins une des substances a été quantifiée, à des concentrations généralement faibles, sur 21 des 49 stations de mesure de l'étude : la concentration cumulée était inférieure à 100 ng/l dans presque toutes les stations et inférieure à 10 ng/l dans la moitié d'entre elles. Une nouvelle campagne de mesure est prévue pour 2020. Les autorités fédérales évaluent actuellement l'occurrence des PFAS en Suisse et émettront des recommandations pour l'assainissement des sites contaminés. Les premiers résultats de campagnes de mesure menées dans 5 cantons sur de tels sites montrent que les concentrations excèdent la limite de 300 ng/l fixée pour le PFOS par l'ordonnance sur l'eau potable (OPBD) dans 16 % des échantillons d'eau souterraine et 4 % des échantillons d'eau de surface (Symposium Sites Pollués 2019). Des PFAS sont régulièrement détectés dans les organismes aquatiques de par le monde [6]. Le PFOS et d'autres PFAS à chaîne longue, notamment, sont bioaccumulatifs et se concentrent à chaque niveau de la chaîne alimentaire.

Les composés à chaîne longue déjà surveillés et réglementés (principalement les acides perfluorés, voir plus bas) ne causent qu'une partie de la contamination humaine, animale et environnementale par les PFAS. Ces substances ont souvent été remplacées par des PFAS à chaîne courte et des polymères fluorés qui rejoignent également le milieu naturel et sont détectables dans les eaux superficielles et souterraines et l'eau de boisson [7,8]. Elles s'accumulent également dans les végétaux (comestibles) et peuvent donc être absorbées avec la nourriture [9]. De plus en plus de PFAS émergentes sont détectées dans les eaux de surface européennes [10].

Toxicité

Beaucoup de PFAS sont jugées toxiques. Celles à chaîne longue s'accumulent dans le corps humain, les animaux, les sols et les sédiments et celles à chaîne courte dans l'eau et l'air. La toxicité des PFAS a principalement été étudiée pour les acides perfluorooctanesulfonique (PFOS) et perfluorooctanoïque (PFOA). Leurs effets sont multiples : elles dérèglent le système hormonal, perturbent le développement, agissent sur le système immunitaire et augmentent le risque de contracter certains cancers. La toxicité dans les écosystèmes aquatiques a été décrite dans plusieurs articles de synthèse [11-13]. Les substances portent atteinte à l'intégrité des membranes cellulaires et provoquent un stress oxydatif. Les effets de plusieurs substances peuvent se conjuguer et s'influencer et certains stress naturels ou chimiques peuvent accroître leur nocivité.

En 2018, l'Agence européenne pour la sécurité des aliments (EFSA) a réévalué la toxicité du PFOS et du PFOA, PFAS particulièrement dangereuses, ce qui a conduit à la définition de seuils d'innocuité beaucoup plus bas pour l'homme : la dose hebdomadaire tolérable (DHT/TWI) est aujourd'hui de 6 ng par kg de masse corporelle et par semaine pour le PFOA et de 13 ng/kg pour le PFOS [14]. Les experts ont conclu qu'il était fort probable que ces DHT soient dépassées

dans une part considérable de la population européenne en raison de l'absorption des PFAS contenues dans les aliments et l'eau potable.

Réglementation

Pour le moment, les mesures réglementaires portent principalement sur le PFOS, le PFOA et leurs précurseurs. Le PFOS figure à l'annexe B et le PFOA à l'annexe A de la convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants. La fabrication, la mise en circulation et l'utilisation du PFOS sont soumises à de fortes restrictions depuis 2006. Elles sont maintenant également limitées pour le PFOA par une décision entrée en vigueur le 1^{er} juin 2020. Plusieurs autres PFAS figurent également sur la liste des substances extrêmement préoccupantes du règlement REACH, notamment le GenX, un produit de substitution du PFOA à chaîne plus courte. Plusieurs PFAS doivent être évalués dans l'UE ces prochaines années.

Selon la directive cadre sur l'eau européenne (DCE), le PFOS et ses dérivés sont considérés comme des substances prioritaires et sont assortis d'une norme de qualité environnementale (NQE-MA) de 0,65 ng/l pour les expositions chroniques dans les lacs et rivières et de 0,13 ng/l pour les expositions chroniques en milieu marin. Ces composés doivent donc faire l'objet d'une surveillance régulière dans le milieu aquatique. En 2013, des échantillons ont été prélevés dans le Nord de l'Europe et les NQE étaient dépassées dans 27 % des bassins fluviaux et 94 % des sites marins étudiés [15]. Certains pays ont fixé des limites nationales pour les concentrations dans l'eau et le sol (Danemark, Allemagne, Pays-Bas et Suède), dans les textiles (Norvège) et dans les matériaux en contact avec les aliments (Danemark). Dans plusieurs États membres de l'UE, des valeurs limites ont été définies pour l'eau potable pour des PFAS spécifiques ou pour des groupes de PFAS. La DCE fixe par ailleurs une limite de 9,1 µg/kg de poids frais pour le PFOS dans la chair des poissons afin de protéger les consommateurs et les animaux prédateurs d'une toxicité indirecte éventuelle.

Le Danemark a annoncé en juin 2019 son intention d'interdire les PFAS dans les matériaux en contact avec les aliments à compter de 2020. La Fédération internationale de ski a, de son côté, décidé d'interdire les PFAS dans les farts pour toutes les compétitions à partir de la saison 2020/2021.

Perspectives

Étant donné la profusion de PFAS connues à ce jour, il est très difficile d'évaluer le risque individuel des substances et d'organiser un monitoring environnemental approprié. Des alternatives sont donc à l'étude, comme la réglementation des PFAS dans leur ensemble ou en groupes définis sur la base de critères de toxicité ou d'analogie chimique. Dans sa révision de la directive sur l'eau potable de 2018, la Commission européenne a proposé une valeur limite de 0,1 µg/l pour 16 PFAS individuelles. L'introduction d'une valeur limite de 0,5 µg/l pour la somme des PFAS est à l'étude. En juin 2019, le Conseil des ministres de l'Union européenne a demandé un plan d'action pour l'élimination de toutes les utilisations non pertinentes des PFAS.

Références bibliographiques

- [1] Houde, M., Martin, J.W., Letcher, R.J., Solomon, K.R., Muir, D.C. (2006) Biological Monitoring of Polyfluoroalkyl Substances: A Review, *Environmental Science & Technology* 40, 3463-3473.
- [2] Valsecchi, S., Rusconi, M., Polesello, S. (2013) Determination of perfluorinated compounds in aquatic organisms: a review, *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 405, 143-157
- [3] Hu, X.C., Andrews, D.Q., Lindstrom, A.B., Bruton, T.A., Schaider, L.A., Grandjean, P., Lohmann, R., Carignan, C.C., Blum, A., Balan, S.A., Higgins, C.P., Sunderland, E.M. (2016) Detection of Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs) in U.S. Drinking Water Linked to Industrial Sites, Military Fire Training Areas, and Wastewater Treatment Plants, *Environmental Science & Technology Letters* 3, 344-350
- [4] IPEN, 2018, Fluorine-free firefighting foams (3F) viable alternatives to fluorinated aqueous film-forming foams (AFFF), Independent Expert Panel Convened by IPEN Stockholm Convention POPRC-14 Rome.
- [5] Reinhard, M., Tremp, J., Zoller, O., Rupp, H., Hoehn, E. (2010) Perfluorierte Chemikalien im Grundwasser. Grundlagen und Pilotstudie Schweiz. *Gwa*, 11, 967-978
- [6] Houde, M., De Silva, A.O., Muir, D.C.G., Letcher, R.J., 2011. Monitoring of perfluorinated compounds in aquatic biota: an updated review. *Environ. Sci. Technol.* 45 (19),7962–7973.
- [7] Gebbink, W.A., van Asseldonk, L., van Leeuwen, S.P.J. (2017) Presence of Emerging Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs) in River and Drinking Water near a Fluorochemical Production Plant in the Netherlands, *Environmental Science & Technology* 51, 11057-11065
- [8] Sun, M., Arevalo, E., Strynar, M., Lindstrom, A., Richardson, M., Kearns, B., Pickett, A., Smith, C., Knappe, D.R.U. (2016) Legacy and Emerging Perfluoroalkyl Substances Are Important Drinking Water Contaminants in the Cape Fear River Watershed of North Carolina, *Environmental Science & Technology Letters* 3, 415-419
- [9] Ghisi, R., Vameralia, T., Manzetti, S. (2019) Accumulation of perfluorinated alkyl substances (PFAS) in agricultural plants: A review, *Environmental Research* 169, 326-341
- [10] Xiao, F. (2017) Emerging poly- and perfluoroalkyl substances in the aquatic environment: A review of current literature, *Water Research* 124, 482-495
- [11] Giesy, J.P., Naile, J.E., Khim, J.S., Jones, K.C., Newsted, J.L (2010) Aquatic toxicology of perfluorinated chemicals. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology* 202, 1–52
- [12] Ding G, Peijnenburg WJGM. 2013. Physicochemical properties and aquatic toxicity of poly- and perfluorinated compounds. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 43, 598–678
- [13] Ahrens, L. and Bundschuh, M. (2014) Fate and effects of poly- and perfluoroalkyl substances in the aquatic environment: A review. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 33, 1921–1929
- [14] EFSA, 2018, Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food, <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/5194>
- [15] Nguyen, M. A., Wiberg, K., Ribeli, E., Josefsson, S. Fütter, M., Gustavsson, J., Ahrens, L. (2017) Spatial distribution and source tracing of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in surface water in Northern Europe, *Environmental Pollution* 220, 1438-1446

Personnes à contacter

Dr. Marion Junghans, marion.junghans@oekotoxzentrum.ch, +41 58 765 5401
Dr. Alexandra Kroll, alexandra.kroll@oekotoxzentrum.ch, +41 58 765 5487
Dr. Anke Schäfer, anke.schaefer@oekotoxzentrum.ch, +41 58 765 5436

Juillet 2020