

The sheer number of per- and polyfluoroalkyl substances

There is no denying that per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) are an issue of concern, particularly because of their persistence and mobility, their potential for bioaccumulation (Greene et al. 2024) and their harmful effects on health. To get an idea of the seriousness of the adverse effects, it is advisable to read George & Birnbaum's comparison between dioxins and PFAS. PFAS exert toxicity through both receptor-based and non-receptor-based mechanisms, complicating the assessment of mixtures and hampering efforts to develop expensive tests that accurately reflect toxicity. Moreover, PFAS are useful and valuable synthetic chemicals, which led to resistance to all kinds of attempts to limit their production (George & Birnbaum 2024).

Attention should be paid to the presence of PFAS in food contact materials

Food safety authorities as well as the food industry focus on uses of PFAS in various food contact and packaging applications. Certain PFAS are well known to occur in paper-based packaging materials because they were added to improve moisture and oil resistance. They are non-intentionally added substances (NIAS) too, attributed to residues of recycled fibre and cardboard that is often used in the production of food packaging (Curtzwiler et al. 2021).

Meanwhile, there is ample evidence that the production and disposal of paper products containing PFAS significantly pollute the local environment. The entire Lake Tyrifjorden in Norway was found to be polluted by a nearby food contact material plant: the study estimates that tens of tonnes of PFAS were emitted at the site between the 1960 and 2013 (Langberg et al. 2021).

Nowadays, much paper is recycled because recycling is considered more sustainable than landfill or incineration. This often led to high PFAS concentrations in the recycled paper and board and, in addition, it was difficult to determine their exact origin. Differentiating between intentionally and non-intentionally added PFAS is a complex task due since the residues are contained in the material (Curtzwiler et al. 2021). Moreover, we must deal with the unknown uses of PFAS in the recycling machinery.

What about the global regulatory efforts to ban PFAS from all food-contact materials

PFAS already present in paper products can still enter the recycling stream as NIAS. This means that consumers may be exposed through recycled paper products and, in addition, it cannot be excluded that the PFAS may enter the environment during the recycling process. Therefore, Langberg et al. (2024) investigated PFAS concentrations in paper returned to a paper recycling plant in Norway and assessed environmental emissions from the recycling industry.

Recycling facilities mostly process returned corrugated paper (i.e. cardboard). A subsequent aim was to perform total mass estimates of PFAS in this fraction of the recycling stream for the whole country.

Targeted analyses were conducted on 37 PFAS. The research results were discussed in the context of potential solutions to minimise the presence of PFAS in recycled wastepaper.

Due to their extensive use, PFAS contamination was expected in different fractions at the recycling facility. This was incidentally confirmed by the analysis results. The current and future phase-out of PFAS as part of the proposed PFAS restriction in Europe (ECHA 2023) will likely lead to reductions in recycling streams over time. However, monitoring of target and non-target PFAS as well as a total organofluorine will always be needed to confirm any reduction of PFAS in recycled paper.

Therefore, it remains crucial to standardise on the monitoring of PFAS in paper products, both in the feedstock and during the recycling process itself. This essential activity is necessary to ensure the success of the transition to a safe and sustainable circular economy. In doing so, one should not forget that there may be a shift towards new and complex PFAS mixtures, which pose a challenge for analytical monitoring. The number of molecules already identified is particularly high (Richard et al. 2023).

Chemical pollution occurs as complex mixtures of many different molecules

That message is anything but new; we heard and read about it ten years ago.

Blum et al. (2015) pointed out that although many fluorinated alternatives are marketed, little information is publicly available on their chemical structures, properties, applications and toxicological profiles. This publication, called the Madrid Declaration, from just under a decade ago has been widely quoted.

The Madrid Declaration was followed by the Zurich Declaration (Ritscher et al. 2018). The authors unanimously recognised that further research and appropriate management require a coordinated approach. They believe that any action must target the group of PFAS rather than individual molecules. Calls to consider them as a group of substances are growing louder, and this is also true for most of the chemical pollutants.

And, finally, it seems essential to consider the view of experts in health sciences. George & Birnbaum (2024) wrote *because of the serious threat of PFAS to human health, and because of myriad barriers to successfully regulate PFAS individually or as subgroups, we favour regulatory approaches that restrict production of PFAS broadly. Although some have argued that this approach overestimates the hazard of PFAS, we maintain that the severity of the problem warrants a unilateral approach to protect human health and the environment.*

There is no point in taking public health lightly! Fortunately, it is reassuring to see treatments being proposed that succeed in reducing serum levels of PFAS (Møller et al. 2024).

References

- Blum et al. (2015). The Madrid statement on poly-and perfluoroalkyl substances (PFASs). *Environmental health perspectives*, 123(5), A107-A111.
- Curtzwiler et al. (2021). Significance of perfluoroalkyl substances (PFAS) in food packaging. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 17(1), 7-12.
- ECHA (2023). Annex XV restriction report – Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs).
- Greene et al. (2024). A revised and improved toxicokinetic model to simulate serum concentrations of bioaccumulative PFAS. *Journal of Environmental Exposure Assessment*, 3(2), N-A.
- George & Birnbaum (2024). Dioxins vs. PFAS: Science and Policy Challenges. *Environmental Health Perspectives*, 132(8), 085003.
- Langberg et al. (2021). Paper product production identified as the main source of per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in a Norwegian lake: Source and historic emission tracking. *Environmental Pollution*, 273, 116259.
- Langberg et al. (2024). Recycling of paper, cardboard and its PFAS in Norway. *Journal of Hazardous Materials Letters*, 5, 100096.
- Møller et al. (2024). Substantial decrease of PFAS with anion exchange resin treatment–A clinical cross-over trial. *Environment International*, 185, 108497.
- Richard et al. (2023). A new CSRML structure-based fingerprint method for profiling and categorizing per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Chemical Research in Toxicology*, 36(3), 508-534.
- Ritscher et al. (2018). Zürich statement on future actions on per-and polyfluoroalkyl substances (PFASs). *Environmental Health Perspectives*, 126(8), 084502.

Een bijzonder groot aantal per- en polyfluoralkylverbindingen

Het valt niet meer te ontkennen dat per- en polyfluoralkylstoffen (PFAS) erg zorgwekkend zijn, vooral vanwege hun bestendigheid en mobiliteit, hun potentieel voor bioaccumulatie (Greene et al. 2024) en hun schadelijke effecten voor de gezondheid. Om een idee te krijgen van de ernst van de schadelijke effecten, is het raadzaam om de vergelijking tussen dioxinen en PFAS van George & Birnbaum te lezen. PFAS oefenen toxiciteit uit via receptorgebaseerde en via niet-receptorgebaseerde mechanismen, wat de beoordeling van mengsels en de pogingen om dure tests te ontwikkelen, die de toxiciteit nauwkeurig weergeven, zeer bemoeilijkt. Maar PFAS zijn ook nuttige en waardevolle synthetische chemicaliën en dat heeft geleid tot weerstand tegen allerlei pogingen om de productie ervan te beperken (George & Birnbaum 2024).

We moeten opletten voor de aanwezigheid van PFAS in materialen die met levensmiddelen in aanraking komen

Zowel de agentschappen voor de voedselveiligheid als de voedingsindustrie besteden aandacht aan het gebruik van PFAS in de verschillende toepassingen voor voedingscontact en verpakking. Het is bekend dat bepaalde PFAS voorkomen in verpakkingsmaterialen op basis van papier omdat ze werden toegevoegd om de vocht- en oliebestendigheid te verbeteren. Het zijn ook niet-opzettelijk toegevoegde stoffen (*non-intentionally added substances* of NIAS), die worden toegeschreven aan residuen van gerecyclede vezels en karton die men vaak gebruikt voor de productie van verpakkingen voor voeding (Curtzwiler et al. 2021).

Ondertussen werd duidelijk aangetoond dat de productie en verwijdering van papierproducten die PFAS bevatten het lokale milieu aanzienlijk vervuilen. Het hele Tyrifjordenmeer in Noorwegen bleek verontreinigd door een nabijgelegen fabriek voor materialen, die met levensmiddelen in aanraking komen: het onderzoek wees uit dat er op die plek tussen 1960 en 2013 tientallen tonnen PFAS werden uitgestoten (Langberg et al. 2021).

Tegenwoordig wordt er veel papier gerecycled, omdat men vindt dat recycling duurzamer is dan storten of verbranden. Dit leidde vaak tot hoge PFAS-concentraties in het gerecyclede papier en karton en bovendien was het moeilijk om de exacte herkomst ervan vast te stellen. Een onderscheid maken tussen opzettelijk en niet opzettelijk toegevoegde PFAS is een complexe taak vanwege de residuen in het materiaal enerzijds (Curtzwiler et al. 2021). Bovendien moeten we ook rekening houden met onbekende toepassingen van PFAS in de recyclingmachines.

Hoe zit het met de wereldwijde inspanningen om PFAS te verbannen uit alle materialen die in contact komen met voedsel

PFAS die al in papierproducten aanwezig zijn, kunnen nog altijd als NIAS in de recyclingstroom terechtkomen. Dit betekent dat consumenten kunnen worden blootgesteld via gerecyclede papierproducten en bovendien kan niet worden uitgesloten dat de PFAS tijdens het recyclingproces in het milieu terechtkomen. Daarom onderzochten Langberg et al. (2024) PFAS-concentraties in papier dat werd geretourneerd naar een papierrecyclingbedrijf in Noorwegen en beoordeelden ze de uitstoot in het milieu door de recyclingindustrie.

Het recyclingbedrijf verwerkt voornamelijk teruggebracht golfkarton. Dit verklaart de bijkomende doelstelling, namelijk het inschatten van de totale massa aan PFAS in deze fractie van de recyclingstroom voor het hele land. Er werden gerichte analyses uitgevoerd op 37 PFAS. De onderzoeksresultaten werden besproken in de context van mogelijke oplossingen om de aanwezigheid van PFAS in gerecycled papier te minimaliseren.

Door hun uitgebreid gebruik werd er verontreiniging door PFAS verwacht in de verschillende fracties in het recyclingbedrijf. Dit werd overigens bevestigd door de analyseresultaten. De huidige en toekomstige uitfasering van PFAS als onderdeel van de voorgestelde PFAS-beperking in Europa (ECHA 2023) zal na verloop van tijd waarschijnlijk leiden tot een vermindering ervan in de recyclingstromen. De monitoring van PFAS, die wel en niet tot de doelsoorten behoren, en van totaal organisch fluor zal echter altijd nodig blijven om de afname van PFAS in gerecycled papier te bevestigen.

Om die reden blijft het van cruciaal belang om de monitoring van PFAS in papierproducten te standaardiseren, zowel voor de monitoring van het aangevoerd materiaal als van het recyclingproces zelf. Deze essentiële activiteit is nodig om het succes van de overgang naar een veilige en duurzame circulaire economie te garanderen. Daarbij mag niet worden vergeten dat er een verschuiving kan optreden naar nieuwe en complexe PFAS-mengsels, die trouwens een uitdaging vormen voor de analytische monitoring. Het aantal geïdentificeerde moleculen is reeds enorm (Richard et al. 2023).

De chemische vervuiling doet zich voor als complexe mengsels van verschillende moleculen

Die boodschap is allesbehalve nieuw; we hoorden en lazen het reeds tien jaar geleden.

Blum et al. (2015) wezen erop dat er weliswaar veel gefluoreerde alternatieven op de markt zijn, maar dat er weinig informatie openbaar beschikbaar is over hun chemische structuren, eigenschappen, toepassingen en toxicologische profielen. Naar deze publicatie, de Verklaring van Madrid genaamd, van een kleine tien jaar geleden werd reeds vaak verwezen.

De Verklaring van Madrid werd gevolgd door de Verklaring van Zürich (Ritscher et al. 2018). De auteurs erkennen unaniem dat verder onderzoek en een passend beheer een gecoördineerde aanpak vereisen. Ze zijn van mening dat elke actie gericht moet zijn op de groep van PFAS in plaats van op individuele moleculen. De roep om ze als een groep stoffen te beschouwen klinkt steeds luider, en dat geldt eveneens voor de meeste chemische polluenten.

En, tot slot, lijkt het essentieel om het standpunt van deskundigen op het gebied van gezondheidswetenschappen in overweging te nemen. George & Birnbaum (2024) schreven *vanwege de ernstige bedreiging van PFAS voor de menselijke gezondheid, en vanwege talloze obstakels om PFAS*

individueel of als subgroepen met succes te reguleren, zijn wij voorstander van beleidsmaatregelen die de productie van PFAS breed beperken. Hoewel sommigen hebben betoogd dat deze aanpak het gevaar van PFAS overschat, blijven wij erbij dat de ernst van het probleem een eenzijdige aanpak rechtvaardigt om de menselijke gezondheid en het milieu te beschermen.

Met de volksgezondheid valt er niet te spotten! Gelukkig is het geruststellend om te zien dat er behandelingen worden voorgesteld die erin slagen de serumniveaus van PFAS te verlagen (Møller et al. 2024).

Referenties

- Blum et al. (2015). The Madrid statement on poly-and perfluoroalkyl substances (PFASs). *Environmental health perspectives*, 123(5), A107-A111.
- Curtzwiler et al. (2021). Significance of perfluoroalkyl substances (PFAS) in food packaging. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 17(1), 7-12.
- ECHA (2023). Annex XV restriction report – Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs).
- Greene et al. (2024). A revised and improved toxicokinetic model to simulate serum concentrations of bioaccumulative PFAS. *Journal of Environmental Exposure Assessment*, 3(2), N-A.
- George & Birnbaum (2024). Dioxins vs. PFAS: Science and Policy Challenges. *Environmental Health Perspectives*, 132(8), 085003.
- Langberg et al. (2021). Paper product production identified as the main source of per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in a Norwegian lake: Source and historic emission tracking. *Environmental Pollution*, 273, 116259.
- Langberg et al. (2024). Recycling of paper, cardboard and its PFAS in Norway. *Journal of Hazardous Materials Letters*, 5, 100096.
- Møller et al. (2024). Substantial decrease of PFAS with anion exchange resin treatment—A clinical cross-over trial. *Environment International*, 185, 108497.
- Richard et al. (2023). A new CSRML structure-based fingerprint method for profiling and categorizing per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Chemical Research in Toxicology*, 36(3), 508-534.
- Ritscher et al. (2018). Zürich statement on future actions on per-and polyfluoroalkyl substances (PFASs). *Environmental Health Perspectives*, 126(8), 084502.

Le nombre considérable de substances per- et polyfluoroalkylées

—

Il est indéniable que les substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) sont préoccupantes, notamment en raison de leur persistance et de leur mobilité, de leur potentiel de bioaccumulation (Greene et al. 2024) et de leurs effets nocifs sur la santé. Pour se faire une idée de la gravité des effets néfastes, il est conseillé de lire la comparaison de George & Birnbaum entre les dioxines et les PFAS. Les PFAS exercent leur toxicité par le biais de mécanismes basés ou non sur des récepteurs, ce qui complique l'évaluation des mélanges et entrave les efforts visant à mettre au point des tests coûteux qui reflètent fidèlement la toxicité. En outre, les PFAS sont des produits chimiques synthétiques utiles et précieux, ce qui a conduit à une résistance à toutes sortes de tentatives visant à limiter leur production (George & Birnbaum 2024).

Il convient de prêter attention à la présence de PFAS dans les matériaux en contact avec les denrées alimentaires

Les autorités chargées de la sécurité alimentaire ainsi que l'industrie alimentaire suivent de près les utilisations des PFAS dans diverses applications de contact alimentaire et d'emballage. Certaines PFAS sont bien connues pour être présentes dans les matériaux d'emballage à base de papier, car elles ont été ajoutées pour améliorer la résistance à l'humidité et à l'huile. Mais il s'agit également de substances ajoutées de manière non intentionnelle (NIAS), attribuées aux résidus de fibres et de cartons recyclés, souvent utilisés dans la production d'emballages alimentaires (Curtzwiler et al. 2021).

Entre-temps, il a été clairement démontré que la production et l'élimination de produits en papier contenant des PFAS polluent considérablement l'environnement local. Le lac Tyrifjorden, en Norvège, a été entièrement pollué par une usine de matériaux pour contact alimentaire, située à proximité : l'étude estime que des dizaines de tonnes de PFAS ont été émises sur le site entre les années 1960 et 2013 (Langberg et al. 2021).

De nos jours, une grande partie du papier est recyclée car le recyclage est considéré comme plus durable que la mise en décharge ou l'incinération. Il en résulte souvent des concentrations élevées de PFAS dans le papier et le carton recyclés et, en outre, il est difficile d'en déterminer l'origine exacte. Faire la différence entre les PFAS ajoutés intentionnellement et non intentionnellement est une tâche complexe en raison des résidus contenus dans le matériau (Curtzwiler et al. 2021) et des utilisations inconnues des PFAS dans les machines de recyclage.

Qu'en est-il des efforts réglementaires mondiaux visant à bannir les PFAS de tous les matériaux en contact alimentaire

Les PFAS déjà présents dans les produits en papier peuvent encore entrer dans le flux de recyclage sous forme de NIAS. Cela signifie que les consommateurs peuvent être exposés par le biais des produits

en papier recyclé et, en outre, on ne peut pas exclure que les PFAS puissent pénétrer dans l'environnement au cours du processus de recyclage. C'est pourquoi Langberg et al. (2024) ont étudié les concentrations de PFAS dans le papier retourné à une usine de recyclage en Norvège et ont évalué les émissions environnementales provenant de l'industrie du recyclage.

L'installation de recyclage traite principalement le papier ondulé retourné (c'est-à-dire le carton). Un objectif supplémentaire était d'effectuer des estimations de toute la masse des PFAS dans cette fraction du flux de recyclage pour l'ensemble du pays. Des analyses ciblées ont été effectuées sur 37 PFAS. Les résultats de la recherche sont discutés dans le contexte de solutions potentielles pour minimiser la présence de PFAS dans les vieux papiers recyclés.

En raison de leur utilisation intensive, on s'attendait à une contamination par les PFAS dans différentes fractions de l'installation de recyclage. Les résultats de l'analyse l'ont d'ailleurs confirmé. L'abandon progressif actuel et futur des PFAS dans le cadre de la proposition de restriction des PFAS en Europe (ECHA 2023) entraînera probablement des réductions dans les flux de recyclage au fil du temps. Toutefois, la surveillance des PFAS cibles et non cibles ainsi que du total en fluor organique sera toujours nécessaire pour confirmer la réduction des PFAS dans le papier recyclé.

Il reste donc essentiel de standardiser la surveillance des PFAS dans les produits papetiers, tant dans les matières premières que pendant le processus de recyclage lui-même. Cette activité essentielle est nécessaire pour garantir le succès de la transition vers une économie circulaire sûre et durable. Ce faisant, il ne faut pas oublier qu'il pourrait y avoir une évolution vers des mélanges de PFAS nouveaux et complexes, qui posent un défi pour la surveillance analytique. Le nombre de molécules déjà identifiées est énorme (Richard et al. 2023).

La pollution chimique se présente sous la forme de mélanges complexes de différentes molécules

Ce message est loin d'être nouveau ; nous l'avons entendu et lu il y a dix ans.

Blum et al. (2015) ont souligné que bien que de nombreuses alternatives fluorées soient commercialisées, peu d'informations sont disponibles publiquement sur leurs structures chimiques, leurs propriétés, leurs applications et leurs profils toxicologiques. Cette publication, appelée la Déclaration de Madrid, datant d'un peu moins d'une décennie, a été largement citée.

La déclaration de Madrid a été suivie par la déclaration de Zurich (Ritscher et al. 2018). Les auteurs ont unanimement reconnu que la poursuite de la recherche et la gestion appropriée nécessitent une approche coordonnée. Ils estiment que toute action doit cibler le groupe des PFAS plutôt que les molécules individuelles. Les appels à les considérer comme un groupe de substances se font de plus en plus pressants et cela est également vrai pour la plupart des polluants chimiques.

Et, enfin, il semble essentiel de prendre en compte le point de vue des experts en sciences de la santé. George & Birnbaum (2024) ont écrit *qu'en raison de la menace sérieuse que représentent les PFAS pour la santé humaine et de la myriade d'obstacles qui empêchent de réglementer avec succès les PFAS*

individuellement ou en tant que sous-groupes, nous sommes favorables à des approches réglementaires qui restreignent la production de PFAS de manière générale. Bien que certains aient fait valoir que cette approche surestime le danger des PFAS, nous maintenons que la gravité du problème justifie une approche unilatérale pour protéger la santé humaine et l'environnement.

Il n'y a pas lieu de prendre la santé publique à la légère ! Heureusement, il est rassurant de constater que des traitements sont proposés à réduire les niveaux sériques de PFAS (Møller et al. 2024).

Références

Blum et al. (2015). The Madrid statement on poly-and perfluoroalkyl substances (PFASs). *Environmental health perspectives*, 123(5), A107-A111.

Curtzwiler et al. (2021). Significance of perfluoroalkyl substances (PFAS) in food packaging. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 17(1), 7-12.

ECHA (2023). Annex XV restriction report – Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs).

Greene et al. (2024). A revised and improved toxicokinetic model to simulate serum concentrations of bioaccumulative PFAS. *Journal of Environmental Exposure Assessment*, 3(2), N-A.

George & Birnbaum (2024). Dioxins vs. PFAS: Science and Policy Challenges. *Environmental Health Perspectives*, 132(8), 085003.

Langberg et al. (2021). Paper product production identified as the main source of per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in a Norwegian lake: Source and historic emission tracking. *Environmental Pollution*, 273, 116259.

Langberg et al. (2024). Recycling of paper, cardboard and its PFAS in Norway. *Journal of Hazardous Materials Letters*, 5, 100096.

Møller et al. (2024). Substantial decrease of PFAS with anion exchange resin treatment—A clinical cross-over trial. *Environment International*, 185, 108497.

Richard et al. (2023). A new CSRML structure-based fingerprint method for profiling and categorizing per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS). *Chemical Research in Toxicology*, 36(3), 508-534.

Ritscher et al. (2018). Zürich statement on future actions on per-and polyfluoroalkyl substances (PFASs). *Environmental Health Perspectives*, 126(8), 084502.