PFAS et santé : quels effets sont établis, lesquels restent incertains, et pourquoi est-ce si long à établir ?

La question

Les PFAS (substances per- et polyfluoroalkylées) sont une famille de plusieurs milliers de substances chimiques de synthèse, utilisées depuis les années 1950 pour rendre les produits antiadhésifs, imperméables ou résistants à la chaleur : poêles, textiles, emballages alimentaires, mousses anti-incendie, cosmétiques. Très stables chimiquement, elles persistent dans l'environnement et s'accumulent dans l'organisme : deux PFAS interdits, le PFOA et le PFOS, ont été retrouvés dans le sang de tous les participants dans une enquête nationale menée entre 2014 et 2016 auprès d'un échantillon représentatif de la population française. Aujourd'hui, ces substances font régulièrement la une des médias, en raison de leurs effets potentiels ou avérés sur la santé. Pourtant, la science est encore loin d'avoir tout évalué : seule une dizaine de PFAS ont été étudiés de façon approfondie. Que sait-on vraiment de leurs effets sur la santé, comment interpréter ces connaissances et pourquoi est-il si long de les établir ? La question des sources d'exposition (où et comment on rencontre les PFAS au quotidien) est traitée dans un autre brief.

À retenir

Les PFAS sont regroupés en raison de leur persistance dans l'environnement, et non parce qu'ils partageraient une toxicité commune. Cette famille, qui compte plusieurs milliers de substances aux effets variables, ne permet donc pas de parler d'un effet sanitaire unique « des PFAS ». Pour une petite partie d'entre elles, des liens avec plusieurs problèmes de santé sont bien établis. Pour le PFOA et le PFOS, notamment, les études mettent régulièrement en évidence des associations (c'est-à-dire que ces problèmes de santé sont observés plus souvent chez les personnes les plus exposées, sans que le lien de cause à effet soit démontré avec certitude) avec une hausse du cholestérol, des atteintes du foie, des maladies de la thyroïde, certains cancers (du rein et des testicules), une réponse immunitaire réduite aux vaccins et un poids de naissance plus faible. Pour la plupart des autres PFAS, les connaissances restent très limitées. Moins d'une dizaine ont fait l'objet d'évaluations approfondies, et plusieurs effets suspectés demeurent incertains. L'absence de preuve ne signifie pas absence de risque, mais elle ne démontre pas non plus l'existence d'un danger : elle traduit avant tout un manque de données.

Si les connaissances sur les PFAS sont longues à établir, c'est que leur étude se heurte à plusieurs difficultés. Presque tout le monde y est exposé, ce qui rend difficile la comparaison avec des personnes non exposées. Nous sommes également exposés à de nombreuses autres substances, certains effets ne se manifestent que des années après l'exposition, et beaucoup de PFAS restent

difficiles à mesurer, même à l'aide d'instruments de pointe. Pour l'Académie des sciences, un manque de données ne doit pas conduire à reporter les mesures de réduction des risques (principes de prévention et de précaution). Le PFOA et le PFOS, aujourd'hui interdits, en sont l'exemple : produits dès les années 1950, ils n'ont été documentés dans l'environnement qu'à partir des années 2000, et les premières études épidémiologiques sur leurs effets sanitaires n'ont débuté qu'à partir de 2009.

La position la plus conforme à l'état des connaissances est la suivante :

1. Presque tout le monde est exposé à des PFAS. En France, les molécules PFOA et PFOS ont été détectées chez 100 % des participants d'une enquête nationale entre 2014 et 2016. La présence de PFAS dans le sang montre l'exposition, mais elle ne suffit pas à montrer une conséquence sur la santé.
2. Chez l'adulte, plusieurs problèmes de santé sont associés à l'exposition à certains PFAS avec un niveau de certitude élevé : maladies de la thyroïde, hausse du cholestérol, lésions du foie, cancers du rein et des testicules. Ces observations portent surtout sur le PFOA, classé cancérogène pour l'humain par le Centre international de recherche sur le cancer, et le PFOS, classé cancérogène possible.
3. Pour l'enfant à naître, trois problèmes de santé sont associés à l'exposition à certains PFAS avec un niveau de certitude élevé : un poids de naissance plus faible, une réponse réduite aux vaccins (moins d'anticorps produits) et un retard de développement des glandes mammaires.
4. Ces associations sont établies sur un très petit nombre de PFAS : moins d'une dizaine, dont le PFOA et le PFOS, aujourd'hui interdits. Elles ne valent pas automatiquement pour les milliers d'autres, et la liste des effets potentiels n'est pas définitive. Des efforts conséquents de recherche sont nécessaires pour mieux comprendre les effets de toutes ces molécules.
5. Les études montrent un lien constaté de façon répétée entre l'exposition à ces PFAS et ces effets : plus l'exposition est élevée, plus ils sont fréquents. En revanche, il est difficile de prouver, pour chaque effet, que le PFAS en est bien la cause directe. Pour les lésions du foie, la diminution de la croissance du fœtus et la réponse immunitaire réduite aux vaccins, les observations chez l'humain concordent avec les études sur l'animal, ce qui renforce la confiance. Mais l'exposition simultanée à d'autres substances rend difficile d'attribuer précisément une maladie à un PFAS.

Ce qui est solidement établi, ce qui reste incertain et pourquoi

- Ces substances sont regroupées non pas en raison d'un même niveau de toxicité mais en raison de leur forte persistance dans l'environnement.
- Certains PFAS, une fois libérés, s'accumulent dans les êtres vivants (bioaccumulation) et se concentrent le long de la chaîne alimentaire (bioamplification).

- Chez l'humain, les PFAS ne se comportent pas tous de la même manière : leur capacité à s'accumuler dans l'organisme et leur vitesse d'élimination varient selon leur structure chimique.
    - D'un côté, les PFAS à chaîne longue, comme le PFOA et le PFOS, sont éliminés très lentement. Selon les études et les individus, il faut généralement compter plusieurs années pour que la moitié de la quantité présente dans le sang disparaisse (de l'ordre de 2 à 5 ans en moyenne). C'est encore plus long pour certains autres, comme le PFHxS. Quand l'exposition se répète, ils s'accumulent donc dans l'organisme.
    - De l'autre, la plupart des PFAS à chaîne courte sont éliminés beaucoup plus vite, en quelques jours à quelques semaines environ selon les composés. C'est aussi le cas du TFA, à chaîne ultra-courte, même si les données sont plus limitées. Ils s'accumulent donc moins. Mais comme ils sont très répandus dans l'environnement, l'exposition est continue et on peut en retrouver régulièrement dans le sang.
    - Dans les deux cas, les niveaux baissent quand l'exposition diminue.
- Un nombre croissant de preuves s'accumule pointant les liens entre exposition aux PFAS et problèmes de santé.
    - Les études épidémiologiques ont établi des associations avec des effets sur la santé pour cinq PFAS : PFOA, PFOS, PFHxS, PFNA et PFDA. Les effets observés varient selon la molécule, et les données les plus nombreuses concernent le PFOA et le PFOS.
    - Chez l'adulte, les études établissent avec un niveau de certitude élevé une association entre l'exposition à certains PFAS et les maladies de la thyroïde, l'augmentation du taux de cholestérol, les lésions du foie, le cancer du rein et le cancer des testicules. Pour l'enfant à naître, le niveau de certitude est également élevé pour le retard du développement des glandes mammaires, la réponse réduite aux vaccins (plus les enfants sont exposés, moins ils produisent d'anticorps après une vaccination) et le faible poids à la naissance.
    - D'autres effets sont suspectés, mais moins bien étayés (niveau de certitude faible). Chez l'adulte, il s'agit du cancer du sein, de la maladie inflammatoire de l'intestin (colite ulcéreuse), de l'allongement de la durée de la grossesse et de la pré-éclampsie, une complication de la grossesse marquée par une hypertension. Le développement de l'enfant à naître est aussi concerné, avec quatre autres effets suspectés : obésité, puberté précoce, risque accru de fausse couche, et baisse du nombre et de la mobilité des spermatozoïdes.
- Pour la plupart des PFAS, on ne sait pas à partir de quelle quantité ils deviennent dangereux pour la santé. Pour quelques-uns, comme le PFOA et le PFOS, des agences sanitaires ont fixé des limites, mais elles reposent sur des connaissances encore partielles, et elles ne sont pas toutes d'accord entre elles.
- Une prise de sang permet de mesurer la quantité de PFAS présente dans le corps, mais elle ne dit pas si la personne va tomber malade, ni d'où viennent ces PFAS.

- La pollution aux PFAS pourrait coûter environ 440 milliards d'euros aux 30 États de l'Espace économique européen entre 2024 et 2050 (valeur actualisée), si la réglementation reste celle de mi-2024.
    - Ce montant est issu de scénarios, avec une très grande incertitude, et additionne les coûts de santé (environ 360 milliards, limités à 4 PFAS) et ceux de la dépollution de l'eau et des sols (environ 78 milliards). Les atteintes aux écosystèmes, potentiellement importantes, ne sont pas chiffrées.
    - Les coûts de santé liés à ces 4 PFAS sont estimés à environ 40 milliards d'euros pour l'année 2024. Cette valeur centrale est issue d'une modélisation et dépend fortement des hypothèses retenues, notamment du nombre de maladies prises en compte : selon elles, le coût annuel irait de quelques millions à plusieurs centaines de milliards d'euros. Les auteurs jugent ces extrêmes peu probables. Ils considèrent surtout que le total réel est vraisemblablement plus élevé : l'étude ne couvre que 4 PFAS sur des milliers, une partie seulement des effets connus, et ne chiffre pas l'effet des mélanges.
- L'interprétation des connaissances sur les risques associés aux PFAS nécessite plusieurs précautions.
    - Les études ne portent que sur quelques composés parmi des milliers.
    - Les données actuelles ne permettent pas de chiffrer la part des maladies qui serait due à l'exposition aux PFAS dans la population (la prévalence).
    - Elles ne permettent pas non plus de connaître les effets de l'exposition cumulée à plusieurs PFAS ou à plusieurs substances chimiques préoccupantes.
    - Il est difficile d'attribuer une maladie spécifiquement à un PFAS : nous sommes exposés à de nombreuses substances à la fois (PFAS, métaux lourds, pesticides, etc.), et certains des effets observés en relation avec une exposition aux PFAS, comme les troubles de la thyroïde, pourraient aussi être expliqués par d'autres polluants ou par des facteurs liés au mode de vie.
        - Ces facteurs de mode de vie sont des sources de confusion importantes, car ils sont répandus et bien établis comme causes de maladies. Pour les cancers par exemple, le tabac, l'alcool et les habitudes alimentaires comptent parmi les facteurs de risque les mieux documentés : leur contribution a pu être estimée à 19,8 %, 8 % et 5,4 % des cas de cancers respectivement. Les études doivent donc en tenir compte pour ne pas attribuer aux PFAS un effet qui revient à ces facteurs.
        - Les études établissent donc souvent des associations entre PFAS et effets sanitaires. Lorsque plusieurs types de preuves convergent, cela renforce la conclusion que les PFAS sont effectivement la cause des effets sanitaires observés.
- Pour établir avec fiabilité les effets des PFAS sur la santé, la science doit relever plusieurs défis.
    - Il n'existe quasiment plus de personnes non exposées : en France, le PFOA et le PFOS ont été détectés dans le sang de 100 % des participants de l'enquête Esteban

menée en 2014-2016. Il est donc impossible de comparer des personnes exposées à un groupe « témoin » sans PFAS. Les chercheurs comparent plutôt des personnes exposées à des niveaux différents.
    - Certains effets, comme les cancers, peuvent apparaître longtemps après l'exposition : il faut donc suivre de très larges groupes de personnes pendant de nombreuses années.
- Mesurer les PFAS est aussi un défi en soi. Les techniques actuelles permettent d'identifier et de mesurer moins d'une centaine de PFAS, sur plusieurs milliers existants. Le nombre de PFAS mesurables augmente avec les progrès des méthodes d'analyse, mais il reste très inférieur au nombre total de PFAS existants. Trois obstacles expliquent cette limite :
    - leur très grand nombre et le coût des analyses ;
    - l'absence de référence pour les molécules encore inconnues, car il faut d'abord les identifier pour pouvoir les doser avec précision ;
    - et leurs concentrations souvent infimes, proches de la limite de détection. Les mesures fiables exigent donc de combiner plusieurs méthodes et des protocoles stricts.
- L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) rappelle que face à cette pollution, il est prioritaire d'agir à la source en limitant les émissions de l'ensemble de cette grande famille de substances.
- Une molécule de remplacement n'est pas forcément plus sûre, d'où l'intérêt de l'évaluer avant de l'utiliser à grande échelle.
    - Par exemple, le PFOA, un PFAS utilisé notamment pour fabriquer des revêtements antiadhésifs, a été jugé persistant, bioaccumulable et toxique. Il a été inscrit en 2019 à la convention de Stockholm en vue de son élimination mondiale. D'autres PFAS, dont les « GenX », ont été créés et utilisés à sa place. Or ces substances de remplacement sont elles aussi persistantes et mobiles dans l'environnement, et l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA) les a identifiées comme « substances extrêmement préoccupantes ».
    - Si une interdiction d'émission d'une molécule est appliquée, la persistance de ces molécules implique aussi une surveillance permanente et leur suivi dans tous les milieux contaminés.
- Les PFAS ne sont qu'une partie des substances chimiques auxquelles nous sommes exposés. D'autres polluants persistants, comme les dioxines, les PCB, les HAP ou les métaux lourds, nécessitent aussi une surveillance sanitaire. Les chercheurs appellent à étudier cet « exposome chimique » (l'ensemble des expositions chimiques d'une vie) et en particulier les effets combinés de ces substances, encore mal connus. L'Anses appelle aussi à élaborer une approche globale de la surveillance des contaminants chimiques.

Références :

https://www.academie-sciences.fr/sites/default/files/2025-03/rapport%20PFAS-250325.pdf

https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/2bcea765-fbf8-11f0-8da5-01aa75ed71a1/