

# Premières mesures quantitatives de PFAS en air ambiant en région Auvergne-Rhône-Alpes

---



Diffusion : Avril 2026

---

Siège social :  
3 allée des Sorbiers 69500 BRON  
Tel. 09 72 26 48 90  
[contact@atmo-aura.fr](mailto:contact@atmo-aura.fr)

# Conditions de diffusion

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes est une association de type « loi 1901 » agréée par le Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (décret 98-361 du 6 mai 1998) au même titre que l'ensemble des structures chargées de la surveillance de la qualité de l'air, formant le réseau national ATMO.

Ses missions s'exercent dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996. La structure agit dans l'esprit de la charte de l'environnement de 2004 adossée à la constitution de l'Etat français et de *l'article L.220-1 du Code de l'environnement*. Elle gère un observatoire environnemental relatif à l'air et à la pollution atmosphérique au sens de *l'article L.220-2 du Code de l'Environnement*.

Atmo Auvergne-Rhône-Alpes communique publiquement sur les informations issues de ses différents travaux et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux.

A ce titre, les rapports d'études sont librement disponibles sur le site [www.atmo-auvergnerhonealpes.fr](http://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr)

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes. Toute utilisation partielle ou totale de ce document (extrait de texte, graphiques, tableaux, ...) doit faire référence à l'observatoire dans les termes suivants : © Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (2025), Premières mesures quantitatives de PFAS en air ambiant en région Auvergne-Rhône-Alpes.

Les données ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.

Par ailleurs, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

- depuis le [formulaire de contact](#)
- par mail : [contact@atmo-aura.fr](mailto:contact@atmo-aura.fr)
- par téléphone : 09 72 26 48 90

# Financement

Cette étude d'amélioration de connaissances a été rendue possible grâce à l'aide financière particulière de la Région Auvergne-Rhône-Alpes et du Grand Lyon en 2024 et 2025, ainsi qu'avec des fonds propres mutualisés d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.



**La Région**  
Auvergne-Rhône-Alpes

**MÉTROPOLE**

**GRAND LYON**

Toutefois, elle n'aurait pas pu être exploitée sans le réseau de mesure général de l'observatoire, financé par l'ensemble des membres d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

# Résumé

Les PFAS (Substances Per- & PolyFluoroAlkylées) sont des composés synthétiques largement utilisés par l'industrie depuis les années 40 et présents dans de nombreux produits de consommation courante. Ils contiennent une liaison atomique Carbone-Fluor qui résiste à toute dégradation dans l'environnement et qui de fait leur confère des propriétés physico-chimiques à valeur forte ajoutée dans l'industrie pour produire des revêtements aux spécificités variées : antiadhésives, imperméables ou ignifuges... Ces composés dits « éternels » se dénombrent aujourd'hui à plus de 10 000 composés PFAS distincts.

Mais ces caractéristiques de résistance engendrent un revers du point de vue santé et environnement. En effet, depuis les années 2000, la toxicité des PFAS est avérée. L'une des plus connues de ces substances, le PFOA, a été reconnue cancérigène à l'automne 2023. En octobre 2025, l'ANSES a proposé dans le cadre d'une proposition de stratégie de surveillance une liste de 247 PFAS sélectionnés sur la base de leur toxicité (existence de valeurs toxicologiques, classification en tant que cancérigène, mutagène, reprotoxique, perturbateur endocrinien, et de données d'écotoxicité). Il a également été démontré que les PFAS sont présents dans le sang de la grande majorité de la population Française (Esteban, Santé Publique France). S'il existe, à ce jour, des Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) par ingestion pour plusieurs dizaines de PFAS, il n'existe pas de VTR par inhalation permettant de situer les résultats obtenus dans l'air ambiant.

Des mesures récentes dans les eaux et les sols sur le territoire de la Région Auvergne-Rhône-Alpes ont permis d'identifier plusieurs sites contaminés, notamment en région lyonnaise (Génération futures, Le Monde, Dauchy et al., 2023). Les mécanismes de transfert entre l'eau, l'air et les sols sont encore mal compris. L'air bien que directement impacté par les émissions de PFAS et vecteur majeur des polluants, est encore très peu étudié. Les protocoles pour investiguer les concentrations dans l'air ambiant ne sont pas encore normalisés. Depuis 2023, Atmo AuRA a initié des travaux pour déterminer et déployer une méthode visant à estimer les premiers niveaux quantitatifs de PFAS en région AuRA et en particulier dans le bassin lyonnais où l'on retrouve deux industries productrices de fluoropolymères. Les mesures sont réalisées à l'aide de préleveurs haut débit doté d'un filtre quartz pour le prélèvement de la phase particulaire et d'une mousse polyuréthane (PUF) pour la phase gazeuse ou semi-volatile. Les mesures ont été effectuées entre novembre 2023 et décembre 2025 sur Lyon centre (site urbain de fond noté LC) et Pierre-Bénite (site urbain sous influence industrielle noté PB). 38 PFAS ont été analysées en lien avec la liste des composés recherchés dans les mesures dans l'eau, ou à l'émission des installations industrielles.

Les premiers résultats permettent pour la première fois de fournir un ordre de grandeur des concentrations quantitatives de PFAS dans l'air ambiant avec des concentrations de l'ordre de la dizaine de picogrammes par mètre cube de prélèvement [ $\text{pg}/\text{m}^3$ ] en milieu urbain sur la commune de Lyon (en moyenne  $25 \text{ pg}/\text{m}^3$ ), et de l'ordre de la centaine de  $\text{pg}/\text{m}^3$  sur la commune de Pierre-Bénite (en moyenne  $244 \text{ pg}/\text{m}^3$ ) en milieu urbain sous l'influence de producteurs de fluoropolymères. Parmi les molécules recherchées, le PFHxA et le 6:2FTS ont été retrouvés à des niveaux plus importants que les autres composés (en moyenne 61% sur Lyon centre et 88% sur Pierre Bénite de la masse totale des échantillons). Ces résultats peuvent être reliés aux activités de production de polymères fluorés du secteur où les mesures à l'émission des industriels faites dans le cadre des arrêtés préfectoraux ont montré la prépondérance de ces 2 composés à des niveaux élevés ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Le PFOA et le PFOS, dont l'utilisation est interdite depuis respectivement 2009 et 2020, ont également été retrouvés dans les prélèvements dans des proportions beaucoup plus faibles (environ 2%). Ces composés ont des temps de vie relativement longs, ce qui favorise leur persistance même plusieurs années après leur utilisation et leur rejet dans l'environnement. Les profils (proportion de chaque substance) dans l'air ambiant sont en revanche différents de ceux retrouvés dans les sols et les dépôts, ce qui tend à indiquer que les composés détectés dans l'air ne sont probablement pas liés à une remise en suspension d'une pollution ancienne stockée dans les sols. Ces résultats constituent les premières données quantitatives de concentrations dans l'air ambiant de PFAS sur la région lyonnaise, voire en France, et ouvrent la voie pour créer une base de données précieuse venant notamment alimenter les travaux de l'ANSES sur les valeurs toxicologiques de référence (VTR). A ce stade cependant, Atmo AuRA attire l'attention sur le fait qu'il n'existe pas de méthode de référence, et que le nombre limité de résultats actuellement disponibles invitent à la vigilance sur la représentativité de ces résultats pour refléter l'exposition des habitants. Les travaux menés avec l'INERIS dans le cadre du plan interministériel, ainsi que la mise en place d'une norme AFNOR devrait permettre de poursuivre prochainement la consolidation des méthodologies et le déploiement de nouvelles mesures dans la région.

# Sommaire

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Contexte de l'étude.....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>1.1 Les PFAS dans l'air ambiant.....</b>   | <b>7</b>  |
| 1.1.1 Des composés chimiques omniprésents et persistants.....   | 7         |
| 1.1.2 Sources d'émission et diffusion environnementale.....   | 7         |
| 1.1.3 Le transport atmosphérique : un vecteur encore peu étudié.....                                    | 7         |
| 1.1.4 Bioaccumulation et effets sur la santé et les écosystèmes.....                                    | 8         |
| 1.1.5 Une connaissance lacunaire dans l'air ambiant.....  | 8         |
| <b>1.2 Les PFAS dans le sud lyonnais : un territoire pilote face à une problématique émergente.....</b> | <b>9</b>  |
| 1.2.1 Un contexte industriel historique propice à la diffusion de PFAS.....                             | 9         |
| 1.2.2 Un territoire pilote dans le plan d'action interministériel PFAS (2023–2027).....                 | 9         |
| 1.2.3 Une mobilisation conjointe des acteurs publics et scientifiques.....                              | 10        |
| 1.2.4 L'air ambiant : le dernier maillon à investiguer.....   | 10        |
| <b>1.3 Les travaux exploratoire d'Atmo AuRA sur l'air ambiant.....</b>                                  | <b>10</b> |
| <b>2. Matériel et méthodes.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>2.1 Dispositif de prélèvement.....</b>   | <b>12</b> |
| <b>2.2 Sites de mesures.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>2.3 Analyses chimiques des PFAS.....</b>   | <b>14</b> |
| <b>3. Résultats.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>3.1 Niveaux moyens de PFAS.....</b>  | <b>15</b> |
| <b>3.2 Evolutions temporelles des concentrations.....</b>   | <b>16</b> |
| <b>3.3 Profils chimiques.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>3.4 Répartition gaz /particule.....</b>  | <b>20</b> |
| <b>3.5 Comparaisons des profils chimiques avec les autres matrices.....</b>                             | <b>23</b> |
| <b>4. Perspectives et Conclusion.....</b>   | <b>25</b> |

# Illustrations

|   |    |
|---|----|
| Figure 1: DA-80 et supports de prélèvement.....   | 12 |
| Figure 2: Cartographie des sites de prélèvement .....   | 13 |
| Figure 3 : Arbre de classification (non exhaustif) des PFAS .....   | 14 |
| Figure 4 : Moyenne des 38 composés (phase particulaire + phase gazeuse) mesurés sur le site de Lyon centre et de Pierre Bénite depuis 2023 pour un nombre limité de mesure. Incertitude de mesure de l'ordre de 50%. .....        | 15 |
| Figure 5 : Comparaison des niveaux de PFAS dans la phase particulaire par rapport à la littérature adapté de Faust 2023 .....   | 16 |
| Figure 6 : Evolutions temporelles de la somme des 38 PFAS mesurées sur le site de Pierre-Bénite (bleu) et Lyon centre (jaune) .....   | 16 |
| Figure 7 : Concentrations en PFAS sur le site de Lyon centre (gauche) et Pierre-Bénite (droite) en fonction de l'orientation principale des vents. ....   | 17 |
| Figure 8 : Influence de la température (a) et des précipitations (b) sur les niveaux de PFAS observés sur les 2 sites (LC en jaune et PB en bleu) .....   | 18 |
| Figure 9 : Profil chimique des PFAS mesurées et identifiées à Lyon-centre (gauche) et Pierre-Bénite (droite) .....  | 18 |
| Figure 10 : Profils chimiques des PFAS mesurées et identifiées pour les deux sites sur les différents points de mesure depuis 2023 (PB en haut et LC en bas). ....  | 19 |
| Figure 11 : Evolution des répartitions entre la phase particulaire (filtre, bleu) et la phase gazeuse (mousse, jaune) pour les 2 sites de mesure en complément de la température (°C, rouge), site PB en haut et LC en bas. ....  | 20 |
| Figure 12 : Influence de la température sur les niveaux de PFAS observés à PB (bleu) et LC (jaune) pour les phases gazeuse (gauche) et la phase particulaire (droite) .....   | 21 |
| Figure 13 : Evolution des répartitions entre la phase particulaire (filtre, couleur foncée) et la phase gazeuse (mousse, couleur claire) pour les 2 sites de mesure (PB à gauche et LC à droite) pour le PFHxA et PFBA.....       | 21 |
| Figure 14 : Evolution des répartitions entre la phase particulaire (filtre, couleur foncée) et la phase gazeuse (mousse, couleur claire) pour les 2 sites de mesure (PB à gauche et LC à droite) pour le PFOS et le N-EtFOSE..... | 22 |
| Figure 15 : Evolution des répartitions entre la phase particulaire (filtre, couleur foncée) et la phase gazeuse (mousse, couleur claire) pour les 2 sites de mesure (PB à gauche et LC à droite) pour le PFOA et le PFNA.....     | 22 |
| Figure 16 : Evolution des répartitions entre la phase particulaire (filtre, couleur foncée) et la phase gazeuse (mousse, couleur claire) pour les 2 sites de mesure (PB à gauche et LC à droite) pour le 6 :2 FTS. ....           | 23 |
| Figure 17: profils des prélèvements actifs AIR (gauche) vs Dépôts Sols et Eaux (droite).....  | 23 |

# 1. Contexte de l'étude

## 1.1 Les PFAS dans l'air ambiant

### 1.1.1 Des composés chimiques omniprésents et persistants

Les substances per- et polyfluoroalkylées, communément appelées PFAS, constituent une vaste famille de composés chimiques synthétiques développés à partir des années 1950, bien que leur découverte initiale remonte à 1938 (Owens, 2021). Elles se distinguent par la substitution des liaisons carbone-hydrogène (C-H) classiques par des liaisons carbone-fluor (C-F), parmi les plus fortes connues en chimie organique. Cette particularité confère aux PFAS des propriétés exceptionnelles : résistance aux hautes températures, inertie chimique, hydro- et oléofuges, et durabilité extrême (Tang, 2025). Ces caractéristiques en ont fait des composants de choix pour de nombreuses applications industrielles et domestiques : textiles déperlants, ustensiles antiadhésifs, emballages alimentaires, mousses anti-incendie, peintures, revêtements protecteurs ou encore fluides techniques.

Cependant, cette stabilité moléculaire, qui en fait des matériaux quasi indestructibles, est aussi à l'origine de leur persistance dans l'environnement. Les PFAS ne se dégradent pratiquement pas, ni sous l'effet de la lumière, ni de la chaleur, ni des agents biologiques (ANSES, 2025b). Cette résistance leur vaut le surnom de « polluants éternels » (forever chemicals), soulignant leur tendance à s'accumuler durablement dans les milieux naturels et biologiques (Faust, 2023).

### 1.1.2 Sources d'émission et diffusion environnementale

Les PFAS proviennent à la fois de sources industrielles directes et de sources diffuses (INERIS 2025) :

- Sources industrielles : émissions liées à la production, à l'utilisation ou au traitement de composés fluorés dans des secteurs tels que la chimie, l'aéronautique, l'électronique, le textile ou la plasturgie ;
- Sources diffuses : Sources diffuses : produits de consommation courante (cosmétiques, vêtements, ustensiles, emballages, etc.) qui libèrent des résidus dans l'environnement par rejet direct dans les eaux usées (douche, baignade...), par lessivage des déchets (eau de pluie qui « lavent » les emballages), depuis les installations de stockage et d'incinération (D'Ambro et al., 2021) ;
- Sources secondaires : sites de traitement des déchets, épandages de boues d'épuration, rejets liquides industriels ou lessivage des sols contaminés.

Une fois libérées, les PFAS présentent une forte mobilité : ils peuvent migrer dans les eaux souterraines, s'accumuler dans les sols, mais également se disséminer via l'atmosphère. Cette capacité de transport explique la détection de ces composés dans des zones éloignées de toute activité industrielle, voire dans des régions polaires (Wong et al., 2018).

### 1.1.3 Le transport atmosphérique : un vecteur encore peu étudié

Si les PFAS sont aujourd'hui bien documentées dans les eaux de surface, les nappes phréatiques ou encore les sols, leur présence dans l'air ambiant demeure très peu caractérisée (Faust, 2023). L'atmosphère constitue pourtant une voie majeure de dispersion à l'échelle locale, régionale et globale.

Les émissions atmosphériques peuvent provenir de :

- Procédés industriels utilisant ou produisant des PFAS ;
- Traitements thermiques de déchets (incinération, co-incinération, pyrolyse) ;
- La volatilisation à partir des surfaces contaminées (eaux, sols, mousses anti-incendie, produits en cours d'utilisation).

Une fois émis, certaines PFAS sont présentes sous forme gazeuse, tandis que d'autres s'adsorbent sur les particules fines (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>). Ces particules constituent alors un support efficace de transport, capable d'acheminer les PFAS sur de longues distances, avant qu'elles ne retombent via les dépôts secs ou humides (Faust, 2023).

Ce mécanisme explique leur diffusion à grande échelle et la possibilité de contamination d'écosystèmes éloignés des sources d'émission.

Cependant, les connaissances actuelles restent limitées :

- Les données de mesure dans l'air ambiant sont encore très rares, en France comme à l'international ;
- Les méthodes de prélèvements et d'analyses ne sont pas encore standardisées ni harmonisées entre laboratoires ;
- Les seuils de détection et les valeurs de référence pour l'exposition par voie aérienne sont encore en cours d'établissement. (ANSES, 2025b)

Ainsi, malgré la reconnaissance de la voie atmosphérique comme un vecteur potentiel de contamination, les quantités effectivement présentes dans l'air, leurs formes chimiques (gaz/particules) et leurs dynamiques de dépôt restent encore très mal connues. En général, la majorité des PFAS se concentrent principalement dans les fractions de taille fine ou ultrafine des particules (PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>0.1</sub>), à l'exception notable du PFOS qui est généralement associé à la fraction grossière des aérosols (>PM<sub>2.5</sub> et <PM<sub>10</sub>) (Faust, 2022 ; Li et al., 2024)"

### 1.1.4 Bioaccumulation et effets sur la santé et les écosystèmes

Une fois libérés dans l'environnement, les PFAS s'accumulent dans les organismes vivants — un phénomène qualifié de bioaccumulation — et peuvent se concentrer le long de la chaîne alimentaire (bioamplification). Le corps humain ne dispose d'aucun mécanisme efficace d'élimination de ces composés, ce qui entraîne une accumulation progressive dans le sang et les tissus (Tang, 2025).

Les effets sanitaires identifiés concernent notamment :

- Le dérèglement du système hormonal (perturbation endocrinienne) ;
- L'augmentation de certains risques de cancers ;
- L'affaiblissement du système immunitaire ;
- Les troubles de la fertilité et du développement (ANSES, 2025a).

Sur le plan environnemental, les PFAS entraînent une contamination durable des milieux aquatiques et terrestres, affectant les organismes aquatiques, la faune terrestre et les cultures. Leur persistance extrême et leur mobilité transversale (air/eau/sol) posent la question de leur impact cumulatif sur les écosystèmes et sur le climat.

Certaines PFAS fluorées pourraient en effet contribuer à l'effet de serre, bien que leur pouvoir de réchauffement global soit a priori inférieur à celui des gaz fluorés classiques (PFC, HFC, SF<sub>6</sub>...) (Owens, 2021).

### 1.1.5 Une connaissance lacunaire dans l'air ambiant

À ce jour, la majorité des travaux de recherche et des programmes de surveillance se concentrent sur la contamination hydrique et sédimentaire, où les PFAS sont plus aisément quantifiables. L'air, en revanche, constitue une matrice complexe et peu explorée, pour plusieurs raisons :

- Les concentrations y sont très faibles (de l'ordre du ng/m<sup>3</sup>, voire du pg/m<sup>3</sup>, c. -à-d 10<sup>-12</sup> voire 10<sup>-15</sup> grammes par mètre cube d'air) ;
- Les PFAS existent sous plusieurs formes chimiques aux comportements différents ;
- Les protocoles analytiques sont encore en cours de validation ;
- Les coûts de prélèvements et d'analyses restent élevés (Faust, 2023).

Ainsi, très peu de données de fond existent à l'échelle nationale ou européenne pour caractériser la présence de PFAS dans l'air ambiant. Les rares études menées — principalement à proximité de sites industriels — montrent toutefois que l'atmosphère peut constituer un vecteur de transfert significatif, susceptible d'expliquer la présence de ces substances dans des zones éloignées des sources d'émission (Tang, 2025).

Cette situation rend nécessaire le déploiement de campagnes exploratoires de mesure, visant à :

- Documenter les niveaux de concentration dans l'air ambiant ;
- Identifier les PFAS majoritairement présents ;
- Comprendre leurs mécanismes de dispersion et de dépôt ;
- Préparer la mise en place future d'un réseau de surveillance harmonisé.

A noter que pour l'étude des PFAS dans l'air ambiant, la distinction entre la phase particulaire et la phase gazeuse est capitale d'un point de vue sanitaire. En effet, elle détermine non seulement comment ces polluants pénètrent dans notre corps, mais aussi quels organes ils vont cibler et combien de temps ils vont y rester (De Silva, A. O., et al. (2021)).

## 1.2 Les PFAS dans le sud lyonnais : un territoire pilote face à une problématique émergente

### 1.2.1 Un contexte industriel historique propice à la diffusion de PFAS

Le sud de l'agglomération lyonnaise constitue un bassin industriel majeur, historiquement tourné vers la chimie, la pétrochimie et les matériaux fluorés.

La vallée du Rhône, au sud de Lyon, concentre de nombreuses installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), dont certaines produisent ou utilisent des composés fluorés dans leurs procédés. Parmi elles, 2 sites industriels, situés dans le secteur de Pierre-Bénite, Saint-Fons et Feyzin, figurent parmi les acteurs identifiés comme potentiellement émetteurs de PFAS dans différents milieux car producteurs de fluoropolymères.

Cette spécificité industrielle, combinée à la proximité de zones urbaines denses et de cours d'eau majeurs (notamment le Rhône), confère au territoire une vulnérabilité environnementale particulière.

Les études menées depuis plusieurs années ont mis en évidence des contaminations significatives dans les milieux aquatiques et les sols, révélant l'ampleur de la dispersion des PFAS à l'échelle locale (OECD, 2015).

Entre 2020 et 2023, plusieurs campagnes ont ainsi détecté la présence de PFAS dans l'environnement (ARS et DREAL 2025, focus sur la situation dans le sud lyonnais), plus particulièrement dans :

- Les eaux superficielles et souterraines de la métropole de Lyon (Teymoorian and al., 2025) ;
- Les sols agricoles et urbains du sud lyonnais (Dunsin at al. 2025, Dauchy, 2023);
- Et ponctuellement dans des produits alimentaires locaux, entraînant la mise en place de mesures de précaution et de restriction (pêche, consommation d'œufs ou de légumes).

Ces constats ont conduit les autorités à renforcer la surveillance environnementale, à engager des études de santé publique et à développer des outils d'information auprès des populations concernées.

### 1.2.2 Un territoire pilote dans le plan d'action interministériel PFAS (2023–2027)

Face au caractère inédit et préoccupant de cette contamination, le sud lyonnais a été désigné par la DREAL Auvergne–Rhône-Alpes comme territoire pilote dans le cadre du Plan d'action interministériel 2023–2027 sur les PFAS (Feuille de Route DREAL 2025).

Ce plan national vise à structurer les efforts de connaissance, de surveillance et de réduction des risques liés à ces substances à l'échelle du territoire ([Plan d'action interministériel 2023-2027](#)).

Les priorités du plan se déclinent autour de cinq axes :

1. Améliorer les connaissances sur les émissions, la dissémination et les expositions ;
2. Renforcer la surveillance environnementale, notamment par la mobilisation des réseaux de mesure régionaux ;
3. Réduire les risques et limiter les usages des PFAS dans les produits de consommation ;
4. Encourager l'innovation et la recherche sur les procédés de substitution et les techniques d'analyse ;
5. Informer et mobiliser les acteurs publics, économiques et la société civile.

Ce plan est complété par la [Saisine de l'ANSES sur les PFAS en 2024](#) qui vise à établir un bilan de la contamination des milieux, hiérarchiser les substances à surveiller et proposer des valeurs toxicologiques de référence pour les expositions à long terme par voie orale (ANSES, 2025b).

Dans ce cadre, différents acteurs du niveau national et régional travaillent ensemble pour faire avancer les différents axes de ce plan.

### 1.2.3 Une mobilisation conjointe des acteurs publics et scientifiques

Le traitement du sujet PFAS dans le sud lyonnais s'appuie sur une coopération étroite entre plusieurs acteurs :

- La DREAL Auvergne–Rhône-Alpes, en charge du pilotage réglementaire et du suivi des sites industriels ;
- Les services déconcentrés de l'État (préfecture, ARS, OFB) pour la gestion du risque et la communication auprès du public ;
- Atmo Auvergne–Rhône-Alpes, en tant qu'association agréée de surveillance de la qualité de l'air (AASQA), mobilisée pour investiguer la présence des PFAS dans l'air ambiant ;
- Les laboratoires académiques et techniques (LCSQA, INERIS, ANSES, CNRS, universités) pour le développement et la validation des méthodes analytiques ;
- Les collectivités locales, qui participent à la mise en œuvre des actions territoriales et à l'information du public.

La synergie entre ces acteurs vise à objectiver la situation environnementale, à mieux comprendre les mécanismes de contamination et à proposer des réponses adaptées pour la protection des milieux et des populations (WHO, 2025).

### 1.2.4 L'air ambiant : le dernier maillon à investiguer

Jusqu'à présent, les efforts de surveillance se sont concentrés sur les eaux et les sols, milieux dans lesquels les PFAS sont détectés de manière récurrente.

Cependant, la voie atmosphérique représente encore un angle mort des connaissances : très peu, voire aucune, donnée de fond n'existe sur les niveaux de PFAS dans l'air ambiant du sud lyonnais, ni sur leur variabilité saisonnière ou spatiale (ANSES, 2025b).

Pourtant, l'atmosphère joue un rôle déterminant dans :

- La dispersion des PFAS émises localement ou importées par les masses d'air ;
- Leur dépôt secondaire sur les sols et les eaux de surface ;
- Et potentiellement, l'exposition par inhalation des populations riveraines des zones industrielles.

C'est dans ce contexte qu'Atmo Auvergne–Rhône-Alpes a pris l'initiative, dès 2023, de se saisir de la question de l'élaboration d'une méthode de prélèvement en air ambiant dans l'objectif de produire les premières données quantitatives dans l'air. Ce travail a été soutenu par la Région, la métropole de Lyon et la DREAL Rhône. Cette initiative s'inscrit en amont de la réglementation, afin de répondre aux attentes sociales fortes du territoire et d'apporter une première base de connaissances scientifiques sur cette matrice encore inexplorée (ECHA, 2023).

## 1.3 Les travaux exploratoire d'Atmo AuRA sur l'air ambiant

Dans ce contexte et pour répondre à un besoin grandissant de ses membres et des citoyens du territoire, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes a lancé en 2023 des travaux exploratoires sur la mesure quantitative des PFAS en air ambiant associant innovation, prudence méthodologique et coopération inter-institutionnelle.

Les principales orientations de ces travaux visent à :

- Développer et tester des protocoles de prélèvements actifs adaptés à la détection des PFAS à très faibles concentrations dans l'air ;
- Produire des données de qualité, destinées à alimenter les politiques publiques, la recherche et les actions locales de gestion du risque.
- Assurer une veille scientifique permanente, afin d'intégrer les dernières connaissances issues des études internationales ;

- Collaborer avec les laboratoires et acteurs nationaux de référence (LCSQA, INERIS, ANSES, BQA<sup>1</sup>) pour la validation analytique et l'intercomparaison des résultats ;
- Favoriser les échanges sur les travaux inter-AASQA, pour mutualiser les retours d'expériences et harmoniser les pratiques de mesures à l'échelle nationale ;

Compte tenu du contexte local, les premiers travaux se sont orientés vers le bassin lyonnais où les PFAS avaient déjà pu être identifiées dans d'autres matrices et dans l'air par des méthodes indicatives. Les travaux sur les tests méthodologiques, non présentés ici, ont permis des premières mesures exploratoires permettant ainsi d'objectiver la présence et les concentrations de PFAS dans l'air ambiant du bassin lyonnais, dans une optique d'amélioration des connaissances et de soutien à la décision publique. Elles pourront également alimenter la réflexion nationale sur les méthodes de mesure, les valeurs de référence et la future réglementation de ces composés dans l'air.

Les travaux en air ambiant complètent les mesures faites dans l'air à l'émission dans le cadre de l'arrêté préfectoral de mars 2025 pris par la DREAL Rhône, relatif à la surveillance des émissions atmosphériques autour des sites industriels du sud lyonnais ainsi que de l'[arrêté du 31 octobre 2024](#) relatif à l'analyse des substances per- et polyfluoroalkylées dans les émissions atmosphériques des installations d'incinération, de co-incinération et d'autres traitements thermiques de déchets.

Ces arrêtés marquent une première reconnaissance réglementaire de la nécessité de quantifier les PFAS dans l'air, en complément des suivis existants dans les milieux aquatiques.

Les campagnes de mesure d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes initiées depuis 2023, apportent ainsi un angle nouveau et complémentaire pour caractériser les niveaux de contamination atmosphérique.

---

<sup>1</sup> BQA : bureau de la qualité de l'air au sein du ministère de l'écologie

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1 Dispositif de prélèvement

Il n'existe à ce jour aucune méthode de prélèvement des PFAS dans l'air ambiant qui soit référencée et normalisée. À partir de la bibliographie (Atmo AuRA, Note PFAS 2024) et des tests réalisés depuis 2023 par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (reproductibilité, blancs, durée de prélèvement, matrice...), une première méthode de prélèvement a été développée et utilisée dans la présente étude. À noter que des travaux sur les méthodes de prélèvement se poursuivent en parallèle afin de venir alimenter le plan national interministériel sur les PFAS avec l'INERIS.

Ainsi, afin d'avoir des concentrations qualitatives et quantitatives, les prélèvements ont été effectués avec des préleveurs haut-débit traditionnellement utilisés dans les réseaux de surveillance de la qualité de l'air (DA-80, Digital) pour l'échantillonnage des particules, de la matière organique, des métaux, des pesticides, etc.

Des précautions sont mises en place sur le préleveur et tout au long de la chaîne de prélèvement et transport afin de se prémunir au maximum d'éventuelles contaminations, pertes ou dégradations des PFAS prélevées. Des précautions sont également mises en place pour la partie analyse par le laboratoire accrédité sélectionné.

Les préleveurs ont dû être adaptés en réduisant le débit à 250 L/min (soit 15m<sup>3</sup>/h) afin d'éviter le colmatage des matrices. Pour la phase particulaire, des filtres Quartz (PallFlex 150mm) classiquement utilisés dans la surveillance ont été retenus. Pour la phase gazeuse, plusieurs méthodologies sont en discussion mais pour de premières mesures une mousse polyuréthane (PUF) a été sélectionnée (TISCH).

Les mesures ont été faites dans un contexte de tests méthodologiques. Afin de s'assurer d'avoir des niveaux de concentration au-dessus des limites de détection, le choix a ainsi été fait de prélever pendant 96h. Cette durée pourrait être revue dans le cadre d'une normalisation d'une méthodologie aux vues des tests effectués, notamment pour une surveillance industrielle basée sur des échantillonnages de 24h.

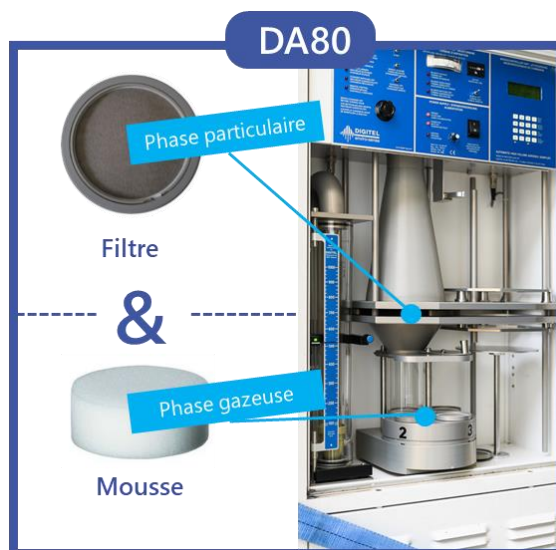


Figure 1: DA-80 et supports de prélèvement

### 2.2 Sites de mesures

Les mesures ont été initiées dans le bassin lyonnais, pour tester les méthodologies de prélèvement. Ainsi, le choix a été fait, d'installer les préleveurs à la station de mesure « Sud lyonnais – Pierre-Bénite » située à moins d'un kilomètre au sud du site industriel producteur de fluoropolymères, car cette zone a déjà fait l'objet d'études sur d'autres matrices (sols, eaux) avec des niveaux importants en PFAS (e.g. Dauchy, 2023, ARS et DREAL 2025). Les niveaux de PFAS en air ambiant, attendus élevés ici, vont ainsi permettre des tests méthodologiques. Sur ce territoire, les vents sont majoritairement orientés Nord et Sud-Ouest.

En parallèle, la station de mesure « Lyon-centre », située à environ six kilomètres au Nord du site industriel a été sélectionnée comme site de référence des niveaux de fond du bassin lyonnais (Figure 2).

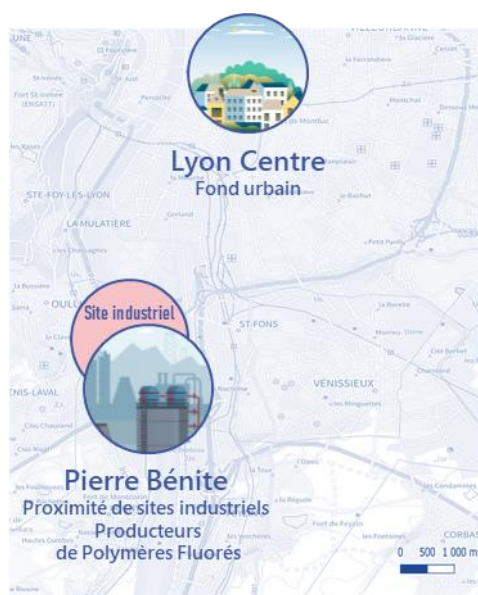


Figure 2: Cartographie des sites de prélèvement

Plusieurs campagnes de mesure ont eu lieu depuis octobre 2023 à différentes saisons. Le Tableau 1 résume les différentes périodes de prélèvement. À noter que les périodes d'échantillonnage ne visaient pas à obtenir des niveaux de concentration représentatifs d'un niveau moyen des zones de prélèvement car certains critères de fréquence et saison auraient dû être appliqués. Ces campagnes permettent cependant d'avoir un premier ordre de grandeur des niveaux de ces zones.

Tableau 1: Tableau des campagnes de mesure sur les 2 sites de mesure depuis 2023

|                           | Pierre-Bénite | Lyon centre |
|---------------------------|---------------|-------------|
| Jeudi 26 octobre 2023     | OK            | OK          |
| Lundi 6 novembre 2023     | OK            | OK          |
| Vendredi 31 mai 2024      | OK            | X           |
| Mercredi 5 juin 2024      | OK            | X           |
| Lundi 10 juin 2024        | OK            | X           |
| Vendredi 14 juin 2024     | OK            | OK          |
| Mardi 10 septembre 2024   | OK            | X           |
| Samedi 14 septembre 2024  | OK            | X           |
| Samedi 16 novembre 2024   | OK            | X           |
| Mercredi 20 novembre 2024 | OK            | X           |
| Mardi 26 novembre 2024    | OK            | X           |
| Samedi 30 novembre 2024   | OK            | X           |
| Samedi 8 mars 2025        | OK            | OK          |
| Mercredi 12 mars 2025     | OK            | OK          |
| Dimanche 16 mars 2025     | OK            | OK          |
| Jeudi 20 mars 2025        | OK            | OK          |
| Samedi 21 juin 2025       | OK            | OK          |
| Mercredi 25 juin 2025     | OK            | OK          |
| Dimanche 29 juin 2025     | OK            | OK          |
| Jeudi 3 juillet 2025      | OK            | OK          |
| Mardi 30 septembre 2025   | OK            | OK          |
| Samedi 4 octobre 2025     | OK            | OK          |
| Lundi 17 novembre 2025    | OK            | OK          |
| Lundi 24 novembre 2025    | OK            | OK          |
| Vendredi 28 novembre 2025 | OK            | OK          |
| Mardi 2 décembre 2025     | OK            | OK          |

Lors de chaque campagne et pour chacun des sites et matrices, un blanc de terrain a été réalisé. Leurs valeurs ont toutes été inférieures à limite de quantification.

## 2.3 Analyses chimiques des PFAS

Les prélèvements ont été envoyés à un laboratoire accrédité pour les mesures des composés visés dans la [directive européenne 2020/2184](#) relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (20 composés retenus) et à la [norme américaine OTM-45](#) (18 composés retenus).

Tableau 2 : Nomenclature des 38 PFAS analysées par LC-MS

| Classification                                    | Substances  | Abréviation | Classification                               | Substances  | Abréviation     |
|---|---|-------------|--|---|-----------------|
| 13 PFCA<br>Perfluoroalkyl carboxylic acids        | *Acide perfluorobutanoïque                          | PFBA        | 10 PFSA<br>Perfluoroalkane sulfonic acids    | *Acide perfluorobutanesulfonique                    | PFBS            |
|   | *Acide perfluoropentanoïque                         | PFPeA       |  | *Acide perfluoropentane-1-sulfonique                | PFPeS           |
|   | *Acide perfluorohexanoïque                          | PFHxA       |  | *Acide perfluorohexanesulfonate                     | PFHxS           |
|   | *Acide perfluoroheptanoïque                         | PFHpA       |  | *Acide perfluoroheptane sulfonique                  | PFHS            |
|   | *Acide perfluorononanoïque                          | PFNA        |  | *Acide perfluorooctane sulfonique                   | PFOS            |
|   | *Acide perfluorodécanoïque                          | PFDA        |  | *Acide perfluorododécane sulfonique                 | PFDoS ou PFDoDS |
|   | *Acide perfluoroundécanoïque                        | PFUnDA      |  | *Acide perfluorononane sulfonique                   | PFNS            |
|   | *Acide perfluorododécanoïque                        | PFDoDA      |  | *Acide perfluorotridécane sulfonique                | PFTDaS          |
|   | *Acide perfluorotridécanoïque                       | PFTrDA      |  | *Acide perfluoroundécane sulfonique                 | PFUDaS          |
|   | *Acide perfluorooctanoïque                          | PFOA        |  | *Acide perfluoro-1-décanesulfonique                 | PFDS            |
|   | Acide n-perfluorotétradécanoïque                    | PFTeDA      | 3 FOSA<br>Perfluoroalkane sulfonamides       | Perfluoroctanesulfonamide                           | PFOSA           |
|   | Acide n-perfluorohexadécanoïque                     | PFHxDA      | N-éthylperfluoro-1-octanesulfonamide         | N-EtFOSA  |                 |
|   | Acide n-perfluorooctadécanoïque                     | PFODaDA     | N-méthylperfluoro-1-octanesulfonamide        | N-MeFOSA  |                 |
| 4 FTS<br>Fluorotélomère sulfonic acids            | 4:2 acide fluorotélomère sulfonique                 | 4:2 FTS     | 2 FOSE<br>Perfluorinated sulfonamide ethanol | 2-(n-éthylperfluoro-1-octansulphonamido) - éthanol  | N-EtFOSE        |
|   | 6:2 acide fluorotélomère sulfonique                 | 6:2 FTS     | 2 Fluorinated Replacement Chemicals          | 2-(n-méthylperfluoro-1-octansulphonamido) - éthanol | N-MeFOSE        |
|   | 8:2 acide fluorotélomère sulfonique                 | 8:2 FTS     |  | Acide dodécafluoro-3H-4,8 dioxanonanoïque           | Adona           |
|   | 10:2 acide fluorotélomère sulfonique                | 10:2 FTS    | Acide undécafluoro-2-méthyl-3-oxahexanoïque  | HFPO (acide dimère)                                 |                 |
| 2 FOSAA<br>Perfluorinated sulfonamidoacetic acids | Acide N-éthylperfluoro-1-octanesulfonamidoacétique  | N-EtFOSAA   | 2 Additional targets                         | Acide 2H,2H,3H,3H-perfluorooctanoïque               | FTCA 5:3        |
|   | Acide N-méthylperfluoro-1-octanesulfonamidoacétique | N-MeFOSAA   |  | Acide 2H,2H-perfluorooctanoïque                     | FTCA 6:2        |

Parmi les 38 PFAS identifiables et quantifiables, les différentes substances sont classées et dénombrées dans différents groupes selon leur fonction chimique (Figure 3) : 13 acides carboxyliques perfluorés (PFCA), 4 acides fluorotélomèresulfoniques (FTS), 2 acides perfluorooctanesulfonamidoacétiques (FOSAA), 10 acides perfluorosulfoniques (PFSA), 3 perfluorooctanesulfonamides (FOSA), 2 perfluoroalkane sulfonamide éthanol (FOSE ou FASE), 2 substances commerciales de substitution (Adona, et HFPO-DA (GenX) deux substitués de PFOA pour la production de PTFE), 2 acides carboxyliques fluorotélomères ( le 5:3 FTCA et 6:2 FTCA).

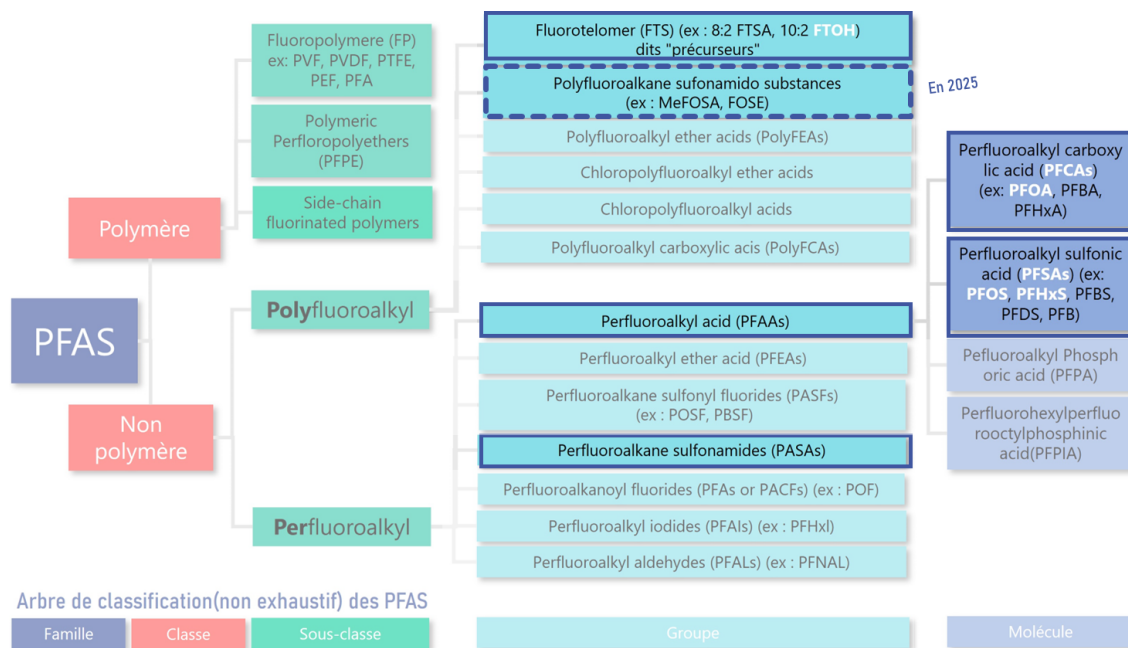


Figure 3 : Arbre de classification (non exhaustif) des PFAS

### Limite de détection et de quantification

Les analyses sont réalisées à l'aide d'une LC-MS (chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse). La limite de détection est égale au tiers de la limite de quantification. Avec une limite de quantification analytique de 0,25 ng/support et en considérant un volume d'air théorique prélevé de 1440 m<sup>3</sup>, la limite de quantification en air ambiant s'établit à 0,18 pg/m<sup>3</sup> pour l'ensemble des composés et à 0,03 pg/m<sup>3</sup> pour PFOS et PFOA (voir Tableau en Annexe).

## 3. Résultats

La concentration totale en PFAS est exprimée en picogramme par m<sup>3</sup> (pg/m<sup>3</sup>), et représente la somme des PFAS identifiées et quantifiées dans la phase particulaire (filtre Quartz) et dans la phase gazeuse (mousse PUF). Le picogramme/m<sup>3</sup> correspond à l'ordre de grandeur mesuré dans l'air pour les dioxines, et représente cependant un niveau de concentration 1 million de fois inférieur aux concentrations menées en air ambiant des polluants classiques. Il faut donc considérer que les incertitudes de mesure à ces niveaux de concentrations sont très fortes, de l'ordre de 50% (vs jusqu'à 30% pour les polluants classiques).

### 3.1 Niveaux moyens de PFAS

La Figure 4 présente les moyennes des 38 composés mesurés et identifiés pour les prélèvements des sites de Lyon centre et de Pierre Bénite depuis 2023. Ces moyennes sont faites pour un nombre limité de mesure (voir Tableau 1) et ne sont pas représentatives d'une moyenne annuelle car les échantillonnages n'ont pas été réalisés pour avoir une représentativité saisonnière même si différentes saisons ont été investiguées. Il manque par ailleurs des informations sur les périodes de fonctionnement des industries productrices de fluoropolymères. Ces moyennes sont ainsi à prendre avec précautions mais représentent tout de même une première avancée pour obtenir des niveaux de concentrations quantifiables dans l'air ambiant sur le bassin lyonnais.

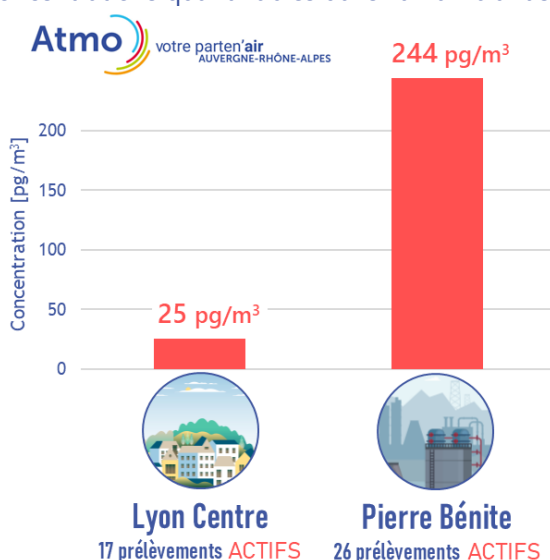


Figure 4 : Moyenne des 38 composés (phase particulaire + phase gazeuse) mesurés sur le site de Lyon centre et de Pierre Bénite depuis 2023 pour un nombre limité de mesure. Incertitude de mesure de l'ordre de 50%.

La Figure 4 montre que des PFAS sont détectées dans les deux environnements, sous influence industrielle mais également en zone urbaine, avec des concentrations de l'ordre de la dizaine de picogrammes (pg) en milieu urbain à Lyon centre (en moyenne 25 pg/m<sup>3</sup>) et de la centaine de pg à Pierre Bénite (en moyenne 244 pg/m<sup>3</sup>) en milieu urbain sous l'influence de producteurs de fluoropolymères. Les niveaux élevés sur le site de Pierre Bénite, ainsi que les profils chimiques présentés en partie 3.3 tendent à montrer une influence locale.

Il est important de garder en tête, comme indiqué précédemment, qu'il n'y a pas actuellement de méthode de référence dans le monde et que les différentes méthodologies engendrent des incertitudes fortes lorsque l'on cherche à comparer nos résultats avec ceux de la littérature. Sans méthode de référence, les PFAS analysées sont également variables en nombre et en composés. Si l'on se restreint déjà aux études pour lesquelles un prélèvement actif a été utilisé, tous composés mesurés, il est possible de comparer les niveaux moyens mesurés à Pierre Bénite et Lyon centre avec ceux de la littérature (ex : Faust, 2023).

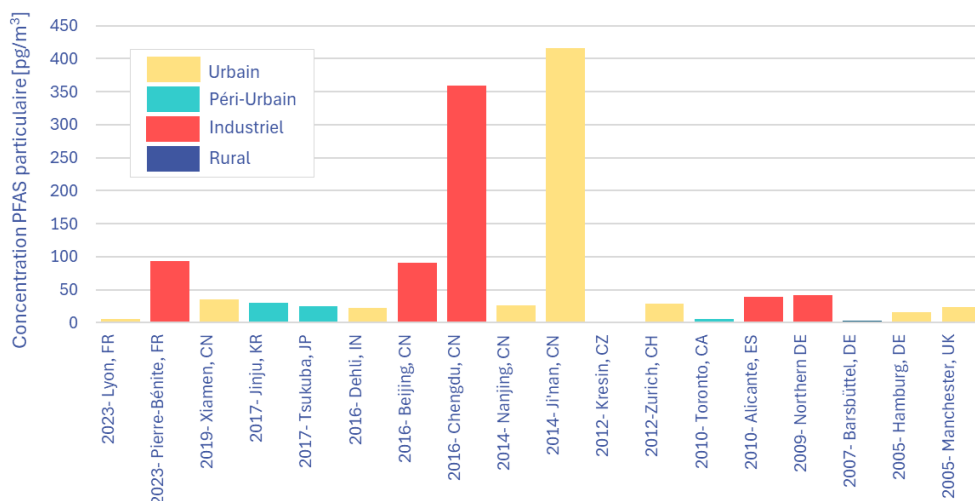


Figure 5 : Comparaison des niveaux de PFAS dans la phase particulaire par rapport à la littérature adapté de Faust 2023

La Figure 5 présente la concentration moyenne mesurée sur chacun des sites (industriel, urbain, péri-urbain, rural). Cette étude de comparaison montre uniquement, les données de la phase particulaire. On observe que les mesures retrouvées sur le site de fond urbain de Lyon centre sont dans la même gamme de concentration que les sites de fond urbain dans leur majorité (dizaine de pg/m<sup>3</sup>). Les concentrations retrouvées sur le site de Pierre-Bénite sont eux plus dans la tendance de sites urbains en Chine et de sites industriels (centaines de pg/m<sup>3</sup>). Il est cependant important de garder en tête qu'il n'y a pas d'information sur le type d'industries présentes sur les sites de type industriel présentés et que la comparaison reste à prendre avec précaution.

## 3.2 Evolutions temporelles des concentrations

Les évolutions temporelles des concentrations (phase particulaire + phase gazeuse) en fonction du temps sur nos deux sites de mesure peuvent être regardées plus en détail. La Figure 6 présente ainsi ces évolutions depuis 2023 lors des campagnes de prélèvement réalisées. On voit clairement la différence entre les 2 sites (LC en jaune et PB en bleu), mais également des variations assez fortes d'un prélèvement à un autre avec des concentrations plus basses en période automne/hiver (dizaine de pg/m<sup>3</sup>) qu'au printemps/été (centaine de pg/m<sup>3</sup>) pouvant laisser penser que les températures et la volatilisation des espèces jouent un rôle sur les niveaux de concentrations.

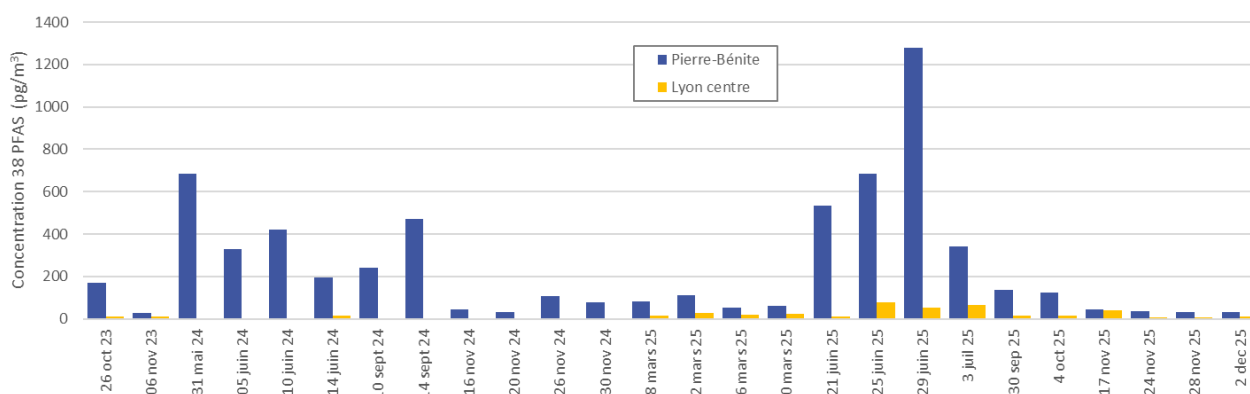


Figure 6 : Evolutions temporelles de la somme des 38 PFAS mesurées sur le site de Pierre-Bénite (bleu) et Lyon centre (jaune)

Les concentrations totales sur le site de Lyon centre sont comprises entre 11 pg/m<sup>3</sup> et 77 pg/m<sup>3</sup> alors qu'elles se situent entre 29 pg/m<sup>3</sup> et 1280 pg/m<sup>3</sup> sur le site de Pierre-Bénite. A titre de comparaison, les concentrations de PFAS mesurées à l'émission des industries productrices de fluoropolymères dans le cadre des arrêtés préfectoraux sont de l'ordre du µg/m<sup>3</sup>, soit 10<sup>6</sup> x plus. Les niveaux de PFAS semblent néanmoins avoir réduit d'un facteur 10 à 1000 avec les nouveaux protocoles mis en place fin 2024 atteignant des concentrations de l'ordre de la centaine de ng/m<sup>3</sup>. Les 1<sup>ères</sup> mesures aux émissaires des incinérateurs (arrêté du 31 octobre 2024 relatif à l'analyse de PFAS dans les émissions atmosphériques des installations d'incinération, de co-incinération

et d'autres traitements thermiques de déchets) commencent à être réalisées et les résultats en AuRA, notamment dans le sud lyonnais, présentent des ordres de grandeur autour de la dizaine de  $\text{ng}/\text{m}^3$  (DREAL, Novembre 2025).

### Les émissions et les concentrations de polluants

Attention, il ne faut cependant pas confondre :

- **Les émissions de polluants** correspondent aux quantités de polluants directement rejetées dans l'atmosphère par les activités humaines (cheminées d'usine ou de logements, pots d'échappement, agriculture...) ou par des sources naturelles (volcans, ou composés émis par la végétation et les sols).
- **Les concentrations de polluants** caractérisent la qualité de l'air que l'on respire.

**La qualité de l'air dépend des émissions même s'il n'y a pas de lien simple et direct entre les deux.** En effet, la qualité de l'air résulte d'un équilibre complexe entre la quantité de polluants rejetée dans l'air et toute une série de phénomènes auxquels ces polluants vont être soumis une fois dans l'atmosphère sous l'action de la météorologie : transport, dispersion sous l'action du vent et de la pluie, dépôt ou réactions chimiques des polluants entre eux ou sous l'action des rayons du soleil.

A noter que les valeurs de référence toxicologique sont établies en prenant en compte ce que l'humain respire et non ce qui est émis.

On peut également étudier l'influence de paramètres météorologiques sur les concentrations de PFAS. Les données météorologiques utilisées sont issues de la station météorologique de Solaize. La Figure 7 représente les niveaux de concentration obtenus par orientation principale des vents (c'est à dire de quelle direction vient le vent) sur chacun des 2 sites (Nord et Sud-Ouest).

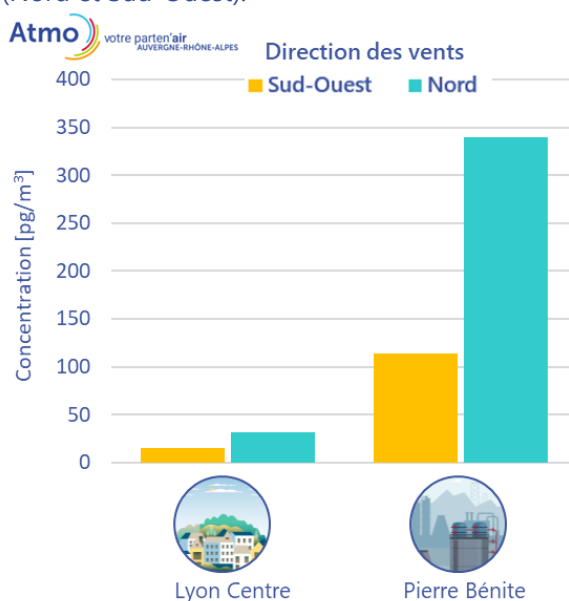


Figure 7 : Concentrations en PFAS sur le site de Lyon centre (gauche) et Pierre-Bénite (droite) en fonction de l'orientation principale des vents.

Le site de Lyon centre est situé au nord de la zone industrielle, le site de Pierre Bénite est quant à lui au sud des industriels producteurs de fluoropolymères (Figure 2). On observe des variations assez faibles pour le site de Lyon centre alors que les concentrations augmentent très fortement sous un vent de Nord sur le site de PB, indiquant un rabattage des émissions industrielles au Sud. Sur une année, les situations météorologiques se retrouvent à 45% du temps en vent de Nord.

D'autres paramètres météorologiques sont intéressants à étudier comme la température et la pluviométrie.

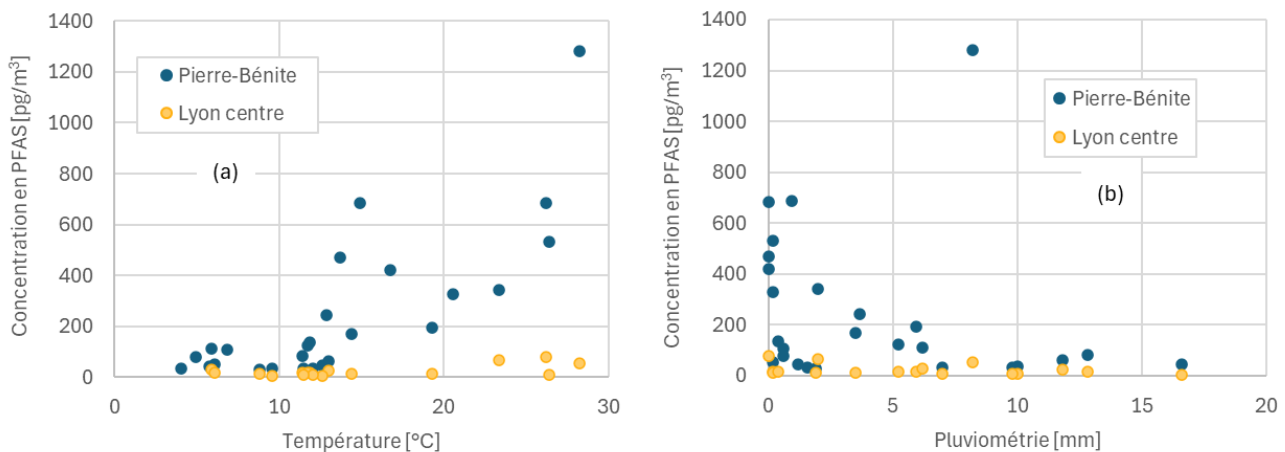


Figure 8 : Influence de la température (a) et des précipitations (b) sur les niveaux de PFAS observés sur les 2 sites (LC en jaune et PB en bleu)

Lorsque l'on regarde la Figure 8 (a), qui représente l'évolution de la concentration de PFAS en fonction de la température, on observe une augmentation de la concentration de PFAS en lien avec l'augmentation de la température ambiante sur les 2 sites, augmentation plus marquée sur le site de Pierre-Bénite, proche des sources industrielles où des niveaux très élevés aux fortes températures, jusqu'à 1.4 ng/m<sup>3</sup> ont été mesurés.

Si on s'intéresse aux précipitations (Figure 8 (b)), on observe que leur augmentation semble induire une réduction des niveaux mesurés (lessivage atmosphérique). À noter cependant que sur un prélèvement de 96h, l'alternance de périodes avec ou sans précipitation peut biaiser cette interprétation, les concentrations pouvant augmenter à cause d'autres paramètres.

Nous n'avons pas pu étudier l'influence de l'intensité des activités des industriels ne possédant pas d'informations relatives à leurs processus de fonctionnement sur les périodes de mesure. Ce paramètre pourrait s'avérer crucial si l'intensité de production implique des variations aux émissaires.

### 3.3 Profils chimiques

Pour aller plus loin, il est intéressant de regarder quels sont les composés qui sont identifiables et détectables parmi les 38 PFAS mesurées. Si l'on regarde la composition des PFAS (Figure 9), on observe que 13 composés couvrent 95 à 99% de la masse mesurée des 38 PFAS, respectivement pour Lyon centre et Pierre Bénite.

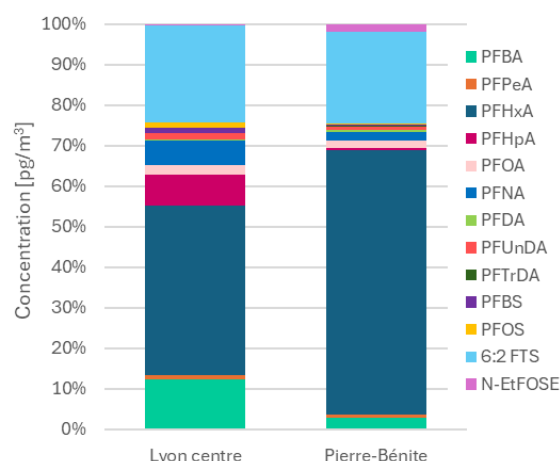


Figure 9 : Profil chimique des PFAS mesurées et identifiées à Lyon-centre (gauche) et Pierre-Bénite (droite)

Parmi les molécules recherchées, le PFHxA et le 6:2FTS ont été retrouvées sur les 2 sites à des niveaux plus importants que les autres composés (en moyenne 61% à Lyon centre et 88% à Pierre Bénite de la masse totale des échantillons). Ces résultats peuvent être reliés aux activités de production de polymères fluorés du secteur (DREAL – Page web focus sur la situation au Sud de Lyon) car ces deux composés sont également les composés majoritaires retrouvés lors des mesures à l'émission des 2 industriels producteurs de fluoropolymères. Sur ces

mesures à l'émission, l'un des industriels émettait principalement du PFHxA (96-100%), alors que le second rejetait principalement du 6:2 FTS (jusqu'à 91% sur certains émissaires et jusqu'au  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et du PFHxA. Par arrêté préfectoral, l'entreprise émettant du 6:2 FTS a été contrainte de stopper fin 2024 son utilisation du 6:2 FTS entraînant l'observation d'une chute significative sur ses émissaires malgré quelques résidus. A noter que l'arrêté préfectoral interdit l'usage du 6:2FTS mais pas ses rejets atmosphériques. L'autre industriel a cessé d'utiliser du PFHxA fin 2025. Des mesures complémentaires pourraient venir confirmer ses évolutions. D'autres sources potentielles seraient susceptibles d'impacter les mesures en air ambiant, tels les incinérateurs, les stations d'épuration ou autres sources situés dans un secteur proche. Les premières mesures réalisées dans le cadre de l'arrêté du 31 octobre 2024 montrent des niveaux de concentration aux émissaires des incinérateurs jusqu'à 100 fois plus faibles au global que les niveaux aux émissaires des industriels producteurs de fluoropolymères. Lorsque l'on regarde les composés émis on retrouve principalement du PFHxA et du 6 :2 FTS mais avec un facteur 100 fois plus faibles que pour les 2 industriels du secteur.

Le PFOA et le PFOS, dont l'utilisation est interdite depuis respectivement 2009 et 2020 (car classés comme cancérigènes), ont également été retrouvés dans les prélèvements dans des proportions beaucoup plus faibles (environ 2 %). Ces composés ont des temps de vie relativement longs, ce qui favorise leur persistance même plusieurs années après leur utilisation et leur rejet dans l'environnement.

Outre ces composés, on retrouve également des composés de la même classe PFCA que le PFHxA, à savoir du PFNA, PFBA, PFUnDA, PFHpA, PFPeA et dans certains échantillons du PFDA et PFTTrDA et PFDoDA. On a également détecté des composés de classe FOSE, comme le N-EtFOSE, et sur certains échantillons des traces de N-MeFOSE.

L'évolution des profils peut également être regardée en fonction des différents points de mesure à différentes saisons (Figure 10).

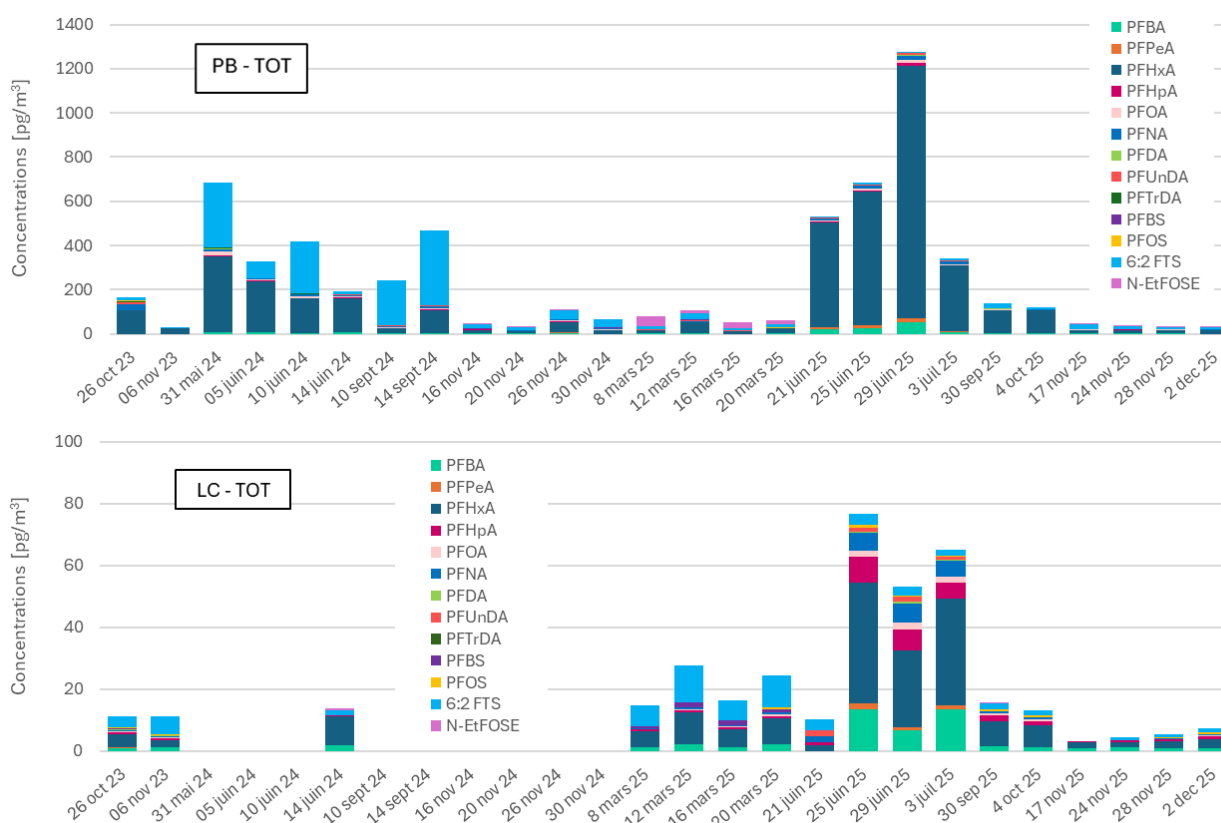


Figure 10 : Profils chimiques des PFAS mesurés et identifiés pour les deux sites sur les différents points de mesure depuis 2023 (PB en haut et LC en bas).

Comme indiqué précédemment, on observe Figure 10 une prédominance sur tous les échantillons et pour les 2 sites du PFHxA (bleu foncé). Pour le 6 :2 FTS (bleu clair), composé également majoritaire, on peut voir une chute des concentrations sur le site de Pierre Bénite à partir de début 2025 en lien avec les modifications de production réalisées par l'un des industriels. Cette baisse semble intervenir plutôt après Mars pour le site de Lyon centre.

Pour le site de Pierre Bénite, on a des profils similaires pour l'ensemble des échantillons jusqu'à fin 2024. Nous observons ensuite des changements avec l'apparition de concentration assez significatives en N-EtFOSE (rose) au mois de mars 2025. Ce perfluoroalkane sulfonamide éthanol est un précurseur du PFOS, entre autres PFAS. On identifie également une augmentation forte des concentrations totales en juin 2025 (jusqu'à 1 280 pg/m<sup>3</sup>) associée à des profils avec plus de PFBA, PFPeA, PFHpA, PFOA et PFNA.

A noter que lors des mesures de novembre/décembre 2025, un des industriels était à l'arrêt pour procéder à la modification de ses lignes afin d'arrêter l'exploitation du PFHxA dans ses process de production.

Pour Lyon centre, on peut également observer un changement au mois de juin 2025 avec des niveaux plus élevés et la prédominance de composés de classe PFCA.

### 3.4 Répartition gaz /particule

Un autre paramètre intéressant à prendre en considération dans l'impact que peuvent avoir les PFAS, est leur répartition entre la phase particulaire et la phase gazeuse. Même si cette différenciation reste encore soumise à des incertitudes méthodologiques fortes, les premiers résultats obtenus nous permettent d'observer des tendances (Figure 11). Cette différenciation est intéressante car les composés ne pénètrent ainsi pas de la même manière le corps humain et pourraient engendrer des impacts sanitaires différents suivant les molécules retrouvées.

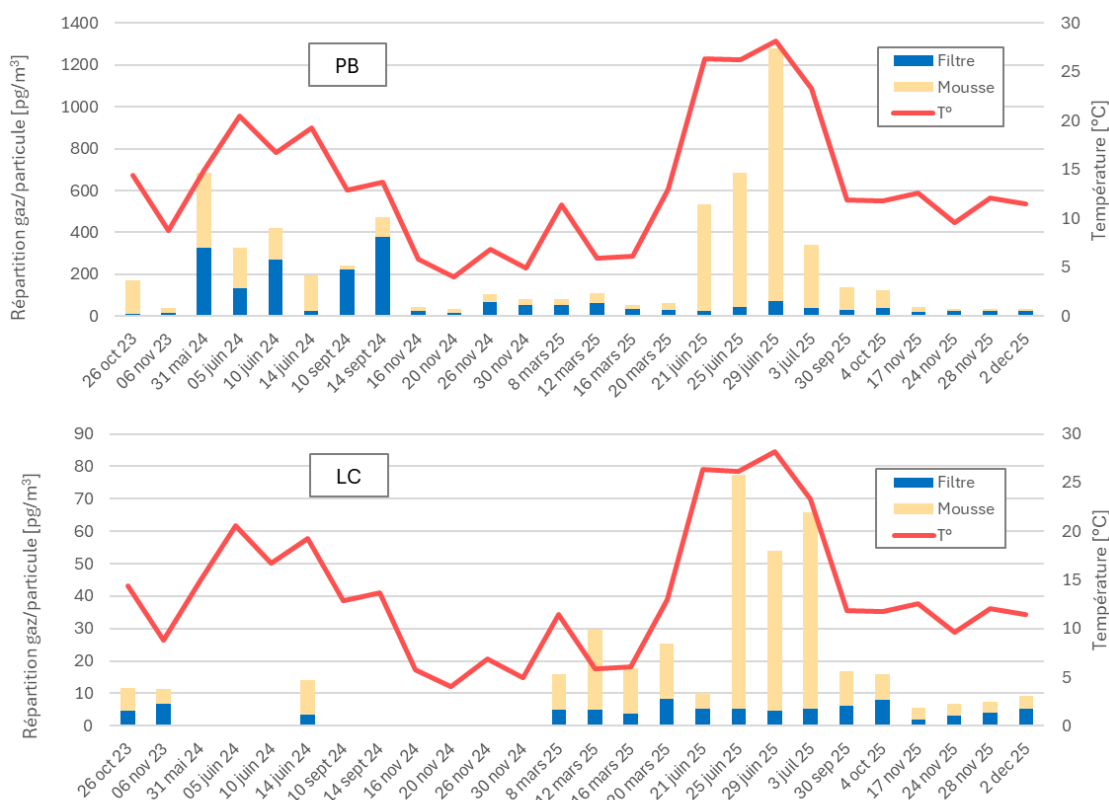


Figure 11 : Evolution des répartitions entre la phase particulaire (filtre, bleu) et la phase gazeuse (mousse, jaune) pour les 2 sites de mesure en complément de la température (°C, rouge), site PB en haut et LC en bas.

La Figure 11 présente les répartitions entre la phase gazeuse (jaune) et la phase particulaire (bleue) pour les 2 sites au cours des différentes périodes et saisons de mesure. On peut observer clairement une augmentation de la phase gazeuse sur les périodes estivales corrélée avec des températures plus élevées (courbe rouge) représentant jusqu'à plus de 94% des concentrations totales (phase gazeuse + phase particulaire). On peut noter également que la phase particulaire semble relativement stable en concentration sur le site de Lyon centre (LC), 5-10 pg/m<sup>3</sup> et qu'elle est plus variable à Pierre-Bénite (PB), 10-376 pg/m<sup>3</sup>, probablement en lien avec les émissions industrielles.

La fraction gazeuse représente de 8% à 96 % du total prélevé à Pierre Bénite avec une moyenne de 46% en hiver et 76% en été. À Lyon centre, la fraction gazeuse varie de 42% à 93% avec des moyennes de 67% en hiver et 81% en été.

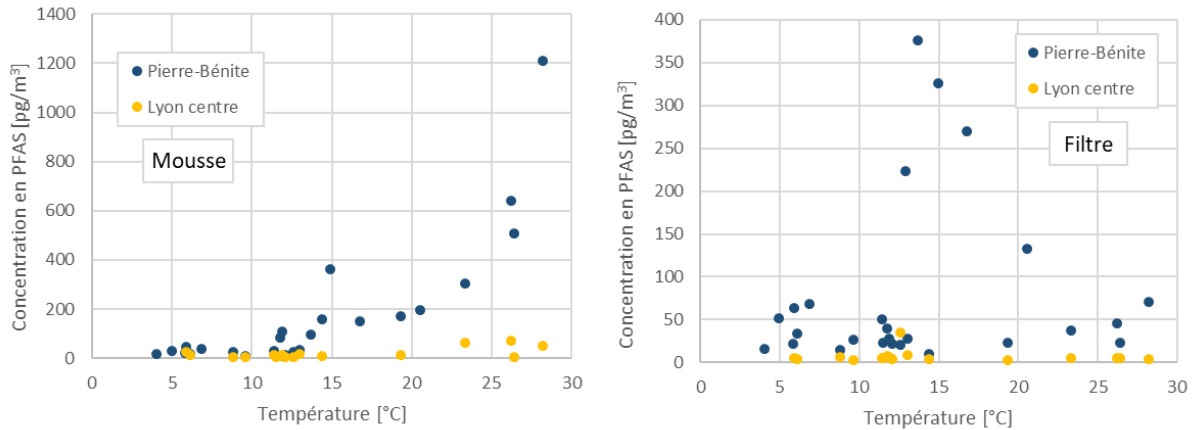


Figure 12 : Influence de la température sur les niveaux de PFAS observés à PB (bleu) et LC (jaune) pour les phases gazeuse (gauche) et la phase particulaire (droite)

La Figure 12 présente l'influence de la température sur les niveaux de PFAS observés dans chaque phase. On identifie clairement une augmentation des concentrations en PFAS de la phase gazeuse (mesurée sur la mousse) lorsque la température ambiante augmente, phénomène particulièrement accentué sur le site de PB. La corrélation, bien que présente, reste néanmoins plus faiblement marquée sur la phase particulaire (mesurée sur les filtres).

Il est également possible de regarder l'évolution de ces phases en fonction des composés mesurés.

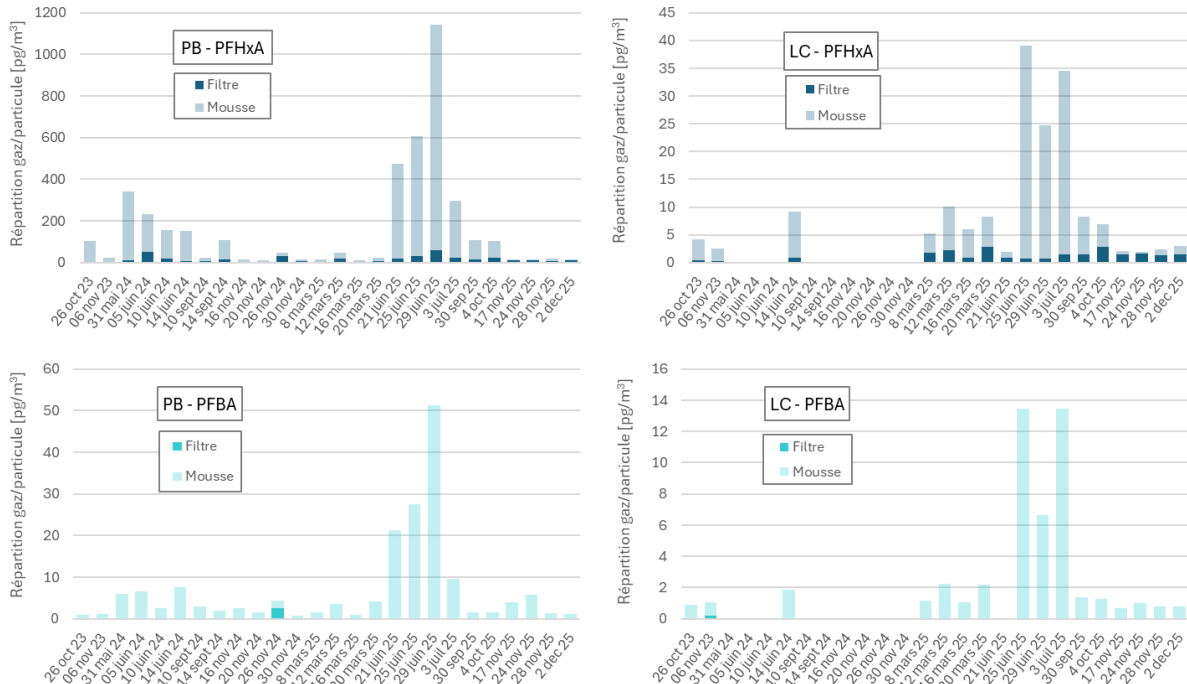


Figure 13 : Evolution des répartitions entre la phase particulaire (filtre, couleur foncée) et la phase gazeuse (mousse, couleur claire) pour les 2 sites de mesure (PB à gauche et LC à droite) pour le PFHxA et PFBA.

Ainsi sur la Figure 13 (et sur la Figure en Annexe 2), on observe que le PFHxA, le PFHpA, le PFBA, le PFPeA et le PFBS, semblent se retrouver en majorité dans la phase gazeuse.

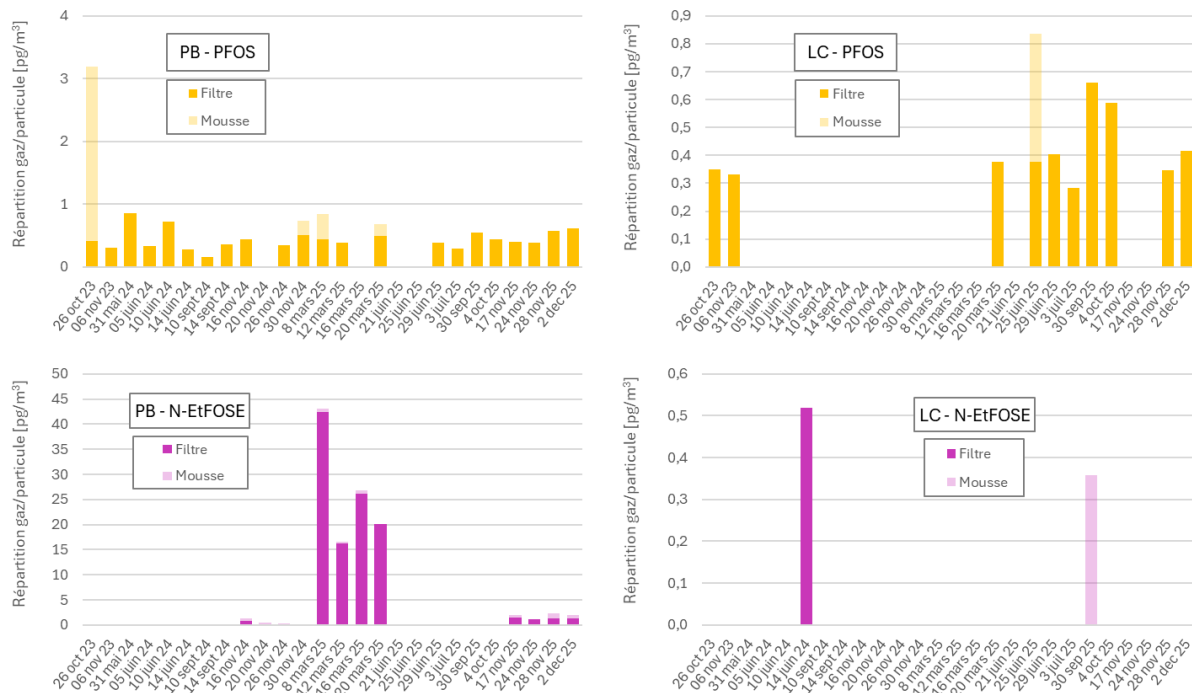


Figure 14 : Evolution des répartitions entre la phase particulaire (filtre, couleur foncée) et la phase gazeuse (mousse, couleur claire) pour les 2 sites de mesure (PB à gauche et LC à droite) pour le PFOS et le N-EtFOSE.

Pour les composés comme le PFOS, le N-EtFOSE, ou encore le PFTDA on observe Figure 14 (et Figure en Annexe 2) que ces composés se retrouvent eux majoritairement dans la phase particulaire.

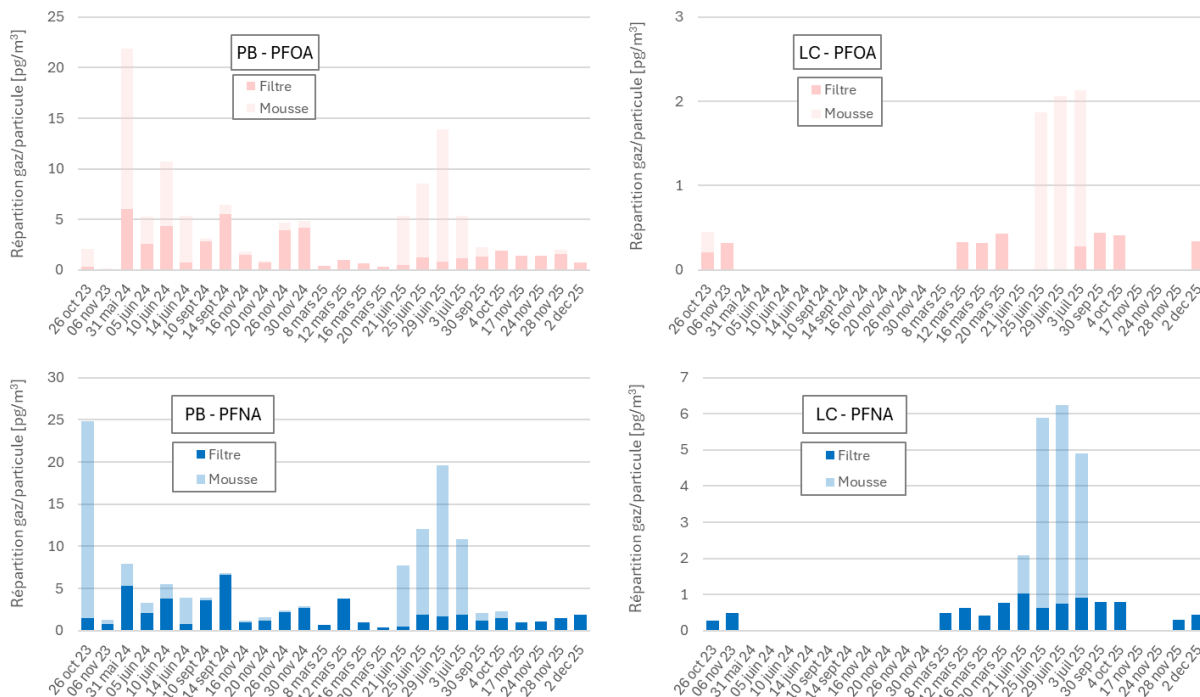


Figure 15 : Evolution des répartitions entre la phase particulaire (filtre, couleur foncée) et la phase gazeuse (mousse, couleur claire) pour les 2 sites de mesure (PB à gauche et LC à droite) pour le PFOA et le PFNA.

Enfin d'autres composés présentent une prédominance dans la phase particulaire avec cependant des pics essentiellement dus à une augmentation forte de la phase gazeuse en été, notamment pour le PFOA, le PFNA, le PFDA, le PFUnDA (Figure 15 et Annexe 2).

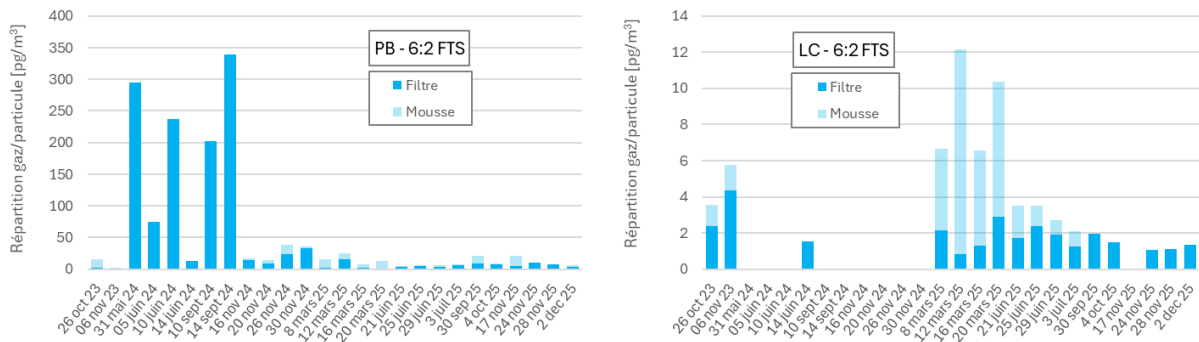


Figure 16 : Evolution des répartitions entre la phase particulaire (filtre, couleur foncée) et la phase gazeuse (mousse, couleur claire) pour les 2 sites de mesure (PB à gauche et LC à droite) pour le 6 :2 FTS.

Pour le 6 :2 FTS on observe Figure 16 que sur le site plus proche de sources importantes en PFAS (PB, à gauche), le 6 :2 FTS semble se retrouver majoritairement en phase particulaire, alors que sur le site de fond urbain (LC, à droite), les pics semblent être majoritairement dus à une augmentation de la phase gazeuse en été.

En résumé, et comme confirmé par Yamazaki et al., 2021, dans l'air ambiant, les PFAS montrent une partition phase gaz/phase particulaire qui dépend fortement de leur volatilité, elle-même liée à la longueur de chaîne et au type de fonction moléculaire, avec des composés plus courts et neutres présents préférentiellement en phase gazeuse alors que les espèces plus longues et ionisées se retrouvent plutôt associées aux particules. De même, des études atmosphériques comme celle de Yang et al., 2025, indiquent que les perfluoroalkyl carboxyliques (PFCA) à chaîne plus longue et les perfluoroalkyl sulfonic acids (PFSAs), notamment PFOS, tendent à exister majoritairement en phase particulaire, alors que certaines PFAS à chaîne courte et les fluorotelomères sont davantage détectés en phase gazeuse.

### 3.5 Comparaisons des profils chimiques avec les autres matrices

Il est intéressant de comparer les profils obtenus en air ambiant présentés précédemment avec ceux d'autres matrices comme les sols et les dépôts obtenus à proximité, afin d'observer de possibles sources secondaires, comme la remise en suspension de composés piégés dans les sols notamment. Ces comparaisons sont à prendre avec précautions car les études n'ont pas été réalisées aux mêmes périodes, il s'agit uniquement de premières confrontations.

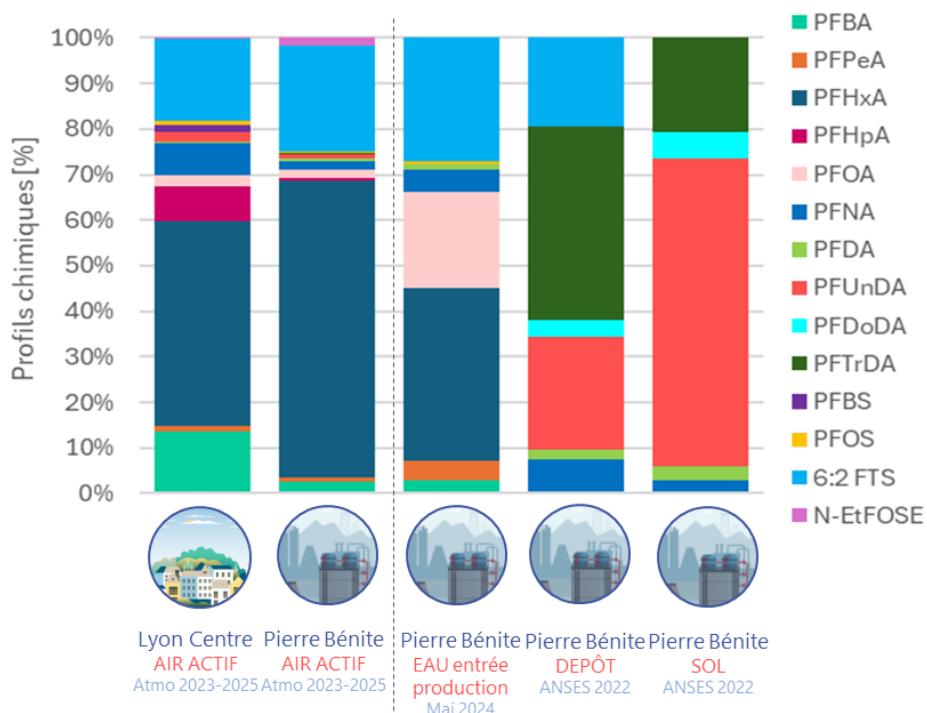


Figure 17: profils des prélèvements actifs AIR (gauche) vs Dépôts Sols et Eaux (droite).

Ainsi sur la Figure 17, on observe que les profils chimiques des dépôts et des sols diffèrent largement de ceux mesurés dans l'air ambiant, indiquant que les composés présents dans l'air semblent ne pas provenir d'une remise en suspension des substances initialement présentes dans les sols ou les dépôts. En ayant en tête comme expliqué précédemment que la volatilité et les fonctionnalités jouent un rôle dans la diffusion des PFAS, on peut observer, que les PFAS retrouvées dans les sols de surface font partis des composés à chaînes plus longues (>C8) qui ont tendance à être moins mobile et moins volatile. En effet, les chaînes longues vont être davantage adsorbées sur les particules du sol que les chaînes courtes en raison d'un caractère hydrophobe plus prononcé, ce qui va limiter leur lessivage en profondeur, mais également leur capacité à être absorbé par une plante. A contrario, les chaînes courtes moins adsorbées (et par ailleurs plus solubles dans l'eau) que les chaînes longues ont tendance à migrer plus facilement dans les plantes et dans les nappes souterraines. C'est ce qu'on observe, Figure 17, pour les eaux alimentant l'entrée de production d'un des industriels producteurs de fluoropolymères, qui présentent un profil avec plus de chaînes courtes. À noter qu'au sein d'une plante on trouvera plus de chaînes longues dans les racines et des chaînes plus courtes dans les feuilles et fruits.

## 4. Perspectives et Conclusion

L'ensemble des résultats présentés dans ce rapport constitue les premières mesures quantitatives de PFAS en air ambiant effectuées en Auvergne-Rhône-Alpes, voire en France, par prélèvement actif, sur un site de référence de fond urbain (Lyon-centre, LC) ainsi que sur un site pilote (Pierre-Bénite, PB) sous influence industrielle de producteurs de fluoropolymères. Les niveaux de concentration obtenus sont de l'ordre de la dizaine de  $\text{pg}/\text{m}^3$  à Lyon-centre ( $25 \text{ pg}/\text{m}^3$ ), et de l'ordre de la centaine de  $\text{pg}/\text{m}^3$  sur la commune de Pierre-Bénite ( $244 \text{ pg}/\text{m}^3$ ) avec des pics observés jusqu'à  $1\,280 \text{ pg}/\text{m}^3$ .

Parmi les molécules recherchées, le PFHxA et le 6:2FTS ont été retrouvées à des niveaux plus importants que les autres composés, représentant en moyenne 61% de la masse totale des échantillons sur Lyon centre et 88% sur Pierre Bénite. Ces résultats peuvent être reliés aux activités de production de polymères fluorés du secteur où les mesures à l'émission des industriels, faites dans le cadre des arrêtés préfectoraux, ont montré la prépondérance de ces 2 composés à des niveaux jusqu'au  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Le PFOA et le PFOS, dont l'utilisation est interdite depuis respectivement 2009 et 2020 (car classés comme cancérogènes), ont également été retrouvés dans les prélèvements dans des proportions beaucoup plus faibles (environ 2% de la masse totale). La persistance dans l'environnement de ces composés, même plusieurs années après leur utilisation et leur rejet, est favorisée par leurs temps de vie relativement longs. Les profils (proportion de chaque substance) dans l'air ambiant étant différents de ceux retrouvés dans les sols et les dépôts, tendent à indiquer que les composés détectés dans l'air ne sont probablement pas liés à une remise en suspension d'une pollution ancienne stockée dans les sols.

En plus des émissions, les paramètres météorologiques jouent un rôle important dans les niveaux mesurés. Les vents rabattant les émissions des industries productrices de PFAS sur les sites de mesure, engendrent des niveaux de concentration plus élevés. De même, on a pu observer que plus la température était élevée, plus les niveaux en PFAS augmentaient, en particulier dans la phase gazeuse. Enfin, la pluviométrie semble abattre les niveaux particuliers de PFAS (lessivage atmosphérique) mais les temps de mesure de 96h donnent lieu à des interprétations plus complexes à réaliser.

Ces résultats constituent ainsi les premières données quantitatives de concentrations dans l'air ambiant de PFAS sur la région lyonnaise, voire en France, et ouvrent la voie pour créer une base de données précieuse venant notamment alimenter les travaux de l'ANSES sur les VTR par inhalation (Saisine ANSES). Ces données contribuent également à des études sur les transferts entre milieux (air, eau, sols, biote) en alimentant par exemple le projet ASTEROPA<sup>2</sup> qui vise à étudier les liens entre expositions aux PFAS et le risque de cancer du testicule (épidémiologie, dispersion des PFAS dans l'environnement, intégration de citoyens au projet).

A ce stade cependant, Atmo AuRA attire l'attention sur le fait qu'il n'existe pas de méthode de prélèvement de référence (phase gazeuse et phase particulaire), et que le nombre limité de résultats actuellement disponibles invitent à la vigilance sur la représentativité de ces résultats pour refléter l'exposition des habitants. Les travaux menés avec l'INERIS dans le cadre du plan interministériel pour établir une méthode de prélèvement harmonisée pour alimenter les travaux afin d'aboutir à une norme AFNOR devraient permettre d'homogénéiser le protocole de prélèvement permettant, par la suite de déployer de nouvelles mesures dans la région. D'un point de vue composés, les molécules mesurées actuellement sont les mêmes que celles suivies dans l'eau. La matrice Air est quant à elle encore peu étudiée et comprendre quels sont les composés majoritaires dans cette matrice avec des analyses ciblées plus larges, des analyses non-ciblées ou encore du Top-Assay pour avoir la quantité totale de fluor, est d'intérêt majeur pour mieux appréhender cette matrice. Enfin, étudier les profils de différentes sources de PFAS ou encore différentes zones de la région sont des objectifs à poursuivre.

---

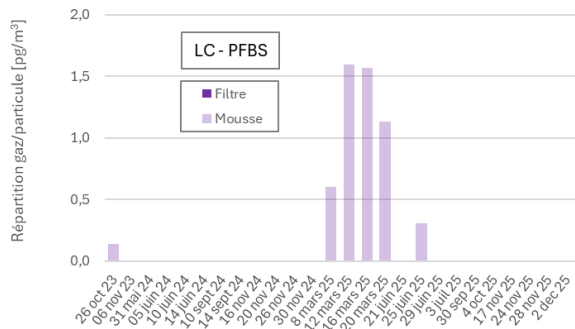
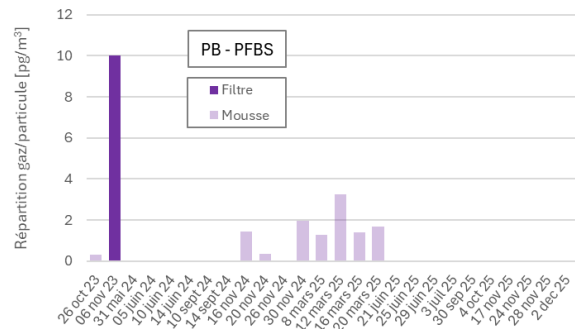
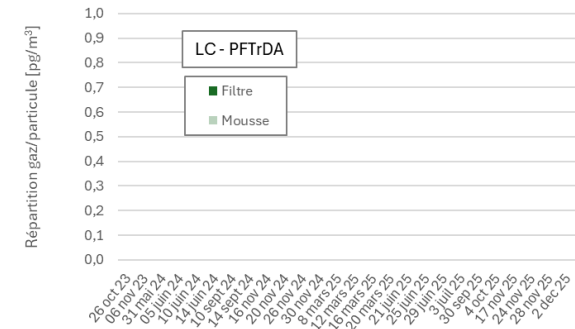
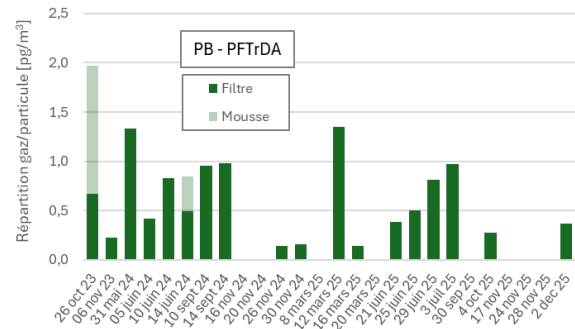
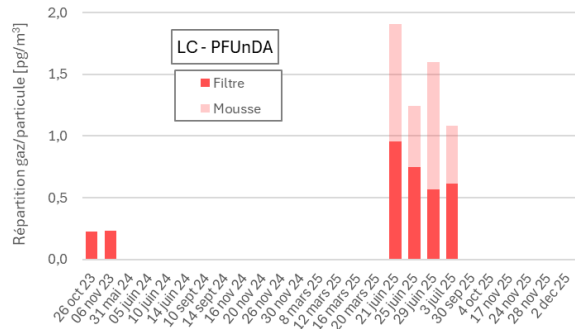
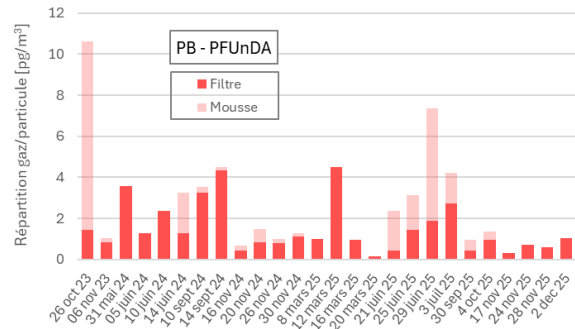
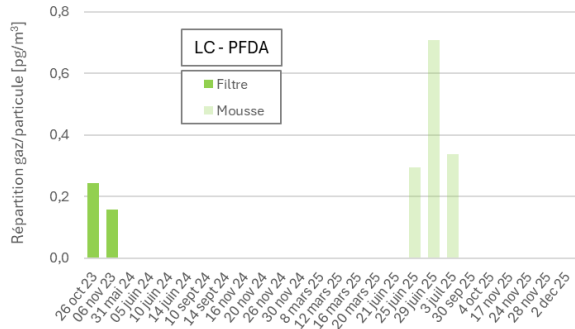
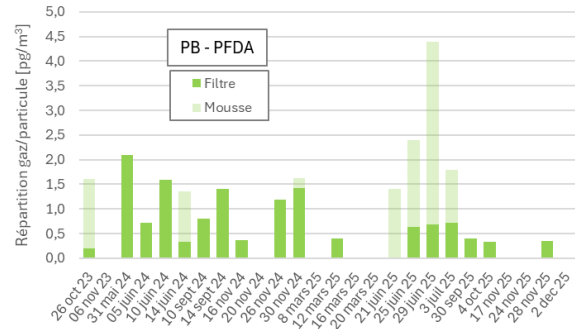
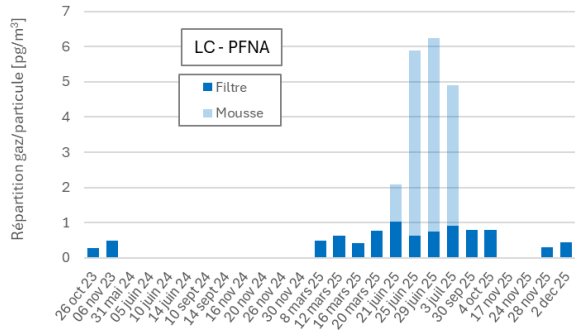
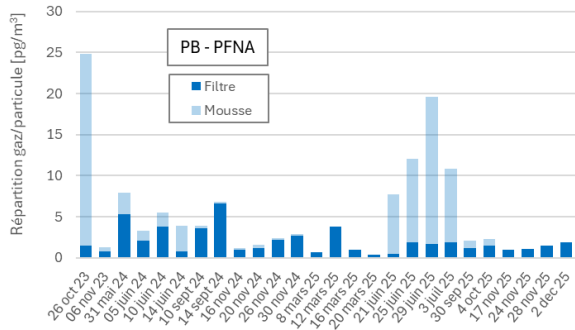
<sup>2</sup> ASTEROPA : <https://prevention.centreleonberard.fr/projet/asteropa/>

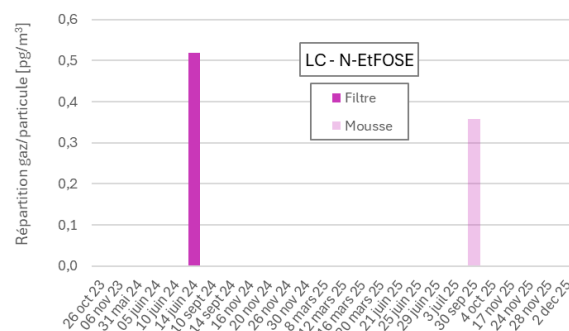
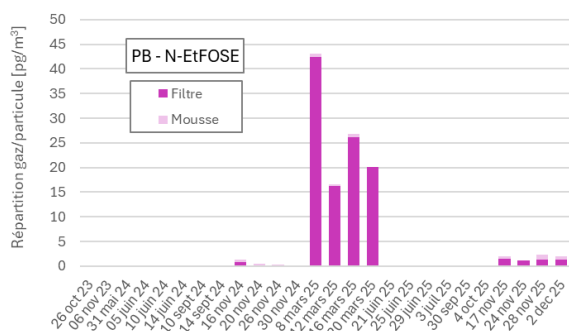
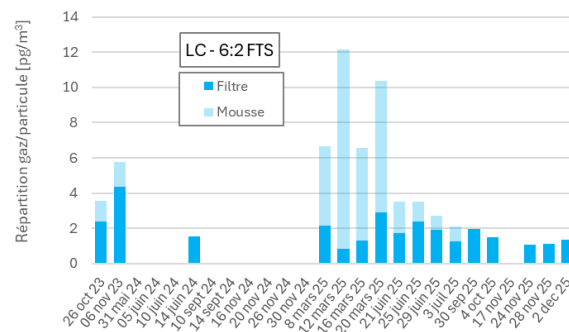
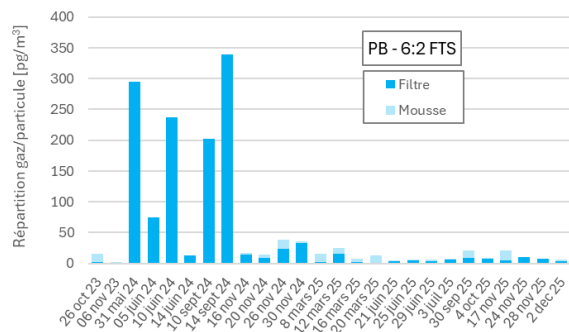
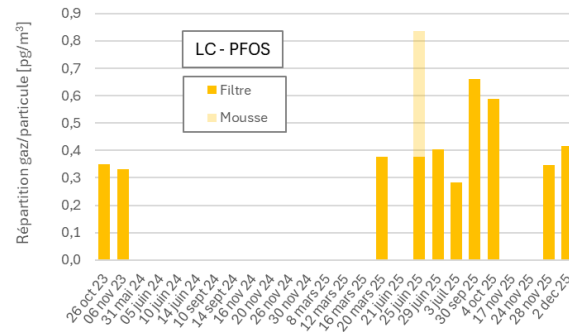
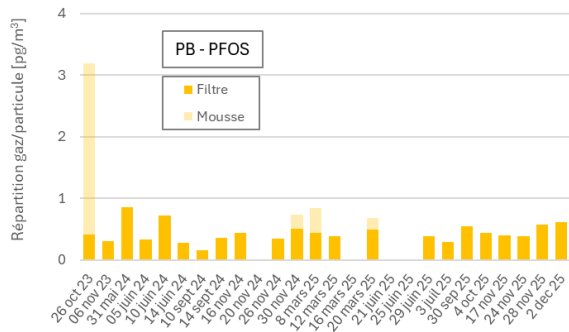
## Annexe 1 : Caractéristiques chimiques des 38 PFAS analysées et limites de quantification par molécule

| Classe | Substances  | Acronyme            | Formule                       | CAS         | LOQ         | Unités     |
|--------|---|---------------------|-------------------------------|-------------|-------------|------------|
| PFCA   | acide n-perfluorobutanoïque                         | PFBA                | <a href="#">C4HF7O2</a>       | 375-22-4    | 0.25        | ng/support |
|        | acide n-perfluoropentanoïque                        | PFPeA               | <a href="#">C5HF9O2</a>       | 2706-90-3   | 0.25        | ng/support |
|        | acide n-perfluorohexanoïque                         | PFHxA               | <a href="#">C6HF11O2</a>      | 307-24-4    | 0.25        | ng/support |
|        | acide perfluoroheptanoïque                          | PFHpA               | <a href="#">C7HF13O2</a>      | 375-85-9    | 0.25        | ng/support |
|        | acide n-perfluorooctanoïque                         | PFOA                | <a href="#">C8HF15O2</a>      | 335-67-1    | <b>0.05</b> | ng/support |
|        | acide n-perfluorononanoïque                         | PFNA                | <a href="#">C9HF17O2</a>      | 375-95-1    | 0.25        | ng/support |
|        | acide n-perfluorodécanoïque                         | PFDA                | <a href="#">C10HF19O2</a>     | 335-76-2    | 0.25        | ng/support |
|        | acide n-perfluoroundécanoïque                       | PFUnDA              | <a href="#">C11HF21O2</a>     | 2058-94-8   | 0.25        | ng/support |
|        | acide n-perfluorododécanoïque                       | PFDoDA              | <a href="#">C12HF23O2</a>     | 307-55-1    | 0.25        | ng/support |
|        | acide n-perfluorotridécanoïque                      | PFTTrDA             | <a href="#">C13HF25O2</a>     | 72629-94-8  | 0.25        | ng/support |
|        | acide n-perfluorotétradécanoïque                    | PFTeDA              |                               | 376-06-7    | 0.25        | ng/support |
|        | acide n-perfluorohexadécanoïque                     | PFHxDA              |                               | 67905-19-5  | 0.25        | ng/support |
|        | acide n-perfluorooctadécanoïque                     | PFODA               |                               | 16517-11-6  | 0.25        | ng/support |
| PFTS   | Acide 1H,1H,2H,2H-Perfluorohexanesulphonique        | 4:2 FTS             |                               | 757124-72-4 | 0.25        | ng/support |
|        | acide 1H,1H,2H,2H-perfluorooctanosulphonique        | 6:2 FTS             | <a href="#">C8H5F13O3S</a>    | 27619-97-2  | 0.25        | ng/support |
|        | 8:2 acide sulfonique fluorotélomère                 | 8:2 FTS             |                               | 39108-34-4  | 0.25        | ng/support |
|        | Acide 1H,1H,2H,2Hperfluorododecanesulphonique       | 10:2 FTS            |                               | 120226-60-0 | 0.25        | ng/support |
| FOSAA  | Acide N-éthylperfluoro-1-octanesulfonamidoacétique  | N-EtFOSAA           |                               | 2991-50-6   | 0.25        | ng/support |
|        | Acide N-méthylperfluoro-1-octanesulfonamidoacétique | N-MeFOSAA           |                               | 2355-31-9   | 0.25        | ng/support |
| PFSA   | acide perfluorobutane sulfonique                    | PFBS                | <a href="#">C4HF9O3S</a>      | 375-73-5    | 0.25        | ng/support |
|        | acide perfluoropentane sulfonique                   | PFPeS               | <a href="#">C5HF11O3S</a>     | 2706-91-4   | 0.25        | ng/support |
|        | acide perfluorohexanesulfonique                     | PFHxS               | <a href="#">C6HF13O3S</a>     | 355-46-4    | 0.25        | ng/support |
|        | acide perfluoroheptanesulfonique                    | PFHS                | <a href="#">C7HF15O3S</a>     | 375-92-8    | 0.25        | ng/support |
|        | acide L-perfluorooctane sulfonique                  | PFOS                | <a href="#">C8HF17O3S</a>     | 1763-23-1   | <b>0.05</b> | ng/support |
|        | acide perfluorononane sulfonique                    | PFNS                | <a href="#">C9HF19O3S</a>     | 68259-12-1  | 0.25        | ng/support |
|        | acide perfluorodécanesulfonique                     | PFDS                | <a href="#">C10HF21O3S</a>    | 335-77-3    | 0.25        | ng/support |
|        | acide perfluoroundécane sulfonique                  | PFUDaS              | <a href="#">C11HF23O3S</a>    | 749786-16-1 | 0.25        | ng/support |
|        | acide perfluorododécanesulfonique                   | PFDoaS ou<br>PFDoDS | <a href="#">C12HF25O3S</a>    | 79780-39-5  | 0.25        | ng/support |
|        | acide perfluorotridécane sulfonique                 | PFTDaS              | <a href="#">C13HF27O3S</a>    | 791563-89-8 | 0.25        | ng/support |
| FOSA   | Perfluorooctanesulfonamide                          | PFOSA               | <a href="#">C8H2F17NO2S</a>   | 754-91-6    | 0.25        | ng/support |
|        | N-éthylperfluoro-1-octansulfonamide                 | N-EtFOSA            | <a href="#">C12H8F17NO4S</a>  | 4151-50-2   | 0.25        | ng/support |
|        | N-méthylperfluoro-1-octansulfonamide                | N-MeFOSA            | <a href="#">C12H8F17NO4S</a>  | 31506-32-8  | 0.25        | ng/support |
| FOSE   | 2- (n-éthylperfluoro-1-octansulphonamido) -éthanol  | N-EtFOSE            | <a href="#">C12H10F17NO3S</a> | 1691-99-2   | 0.25        | ng/support |
|        | 2- (n-méthylperfluoro-1-octansulphonamido) -éthanol | N-MeFOSE            | <a href="#">C11H8F17NO3S</a>  | 24448-09-7  | 0.25        | ng/support |
|        | acide undécafluoro-2-méthyl-3-oxahexanoïque         | HFPO                | <a href="#">C6HF11O3</a>      | 13252-13-6  | 0.25        | ng/support |
|        | acide dodécafluoro-3H-4,8 dioxanononoïque           | Adona               | <a href="#">C7H2F12O4</a>     | 919005-14-4 | 0.25        | ng/support |
|        | acide 2H,2H,3H,3H-perfluorooctanoïque               | FTCA 5:3            | <a href="#">C8H5F11O2</a>     | 914637-49-3 | 0.25        | ng/support |
|        | acide 2H,2H-perfluorooctanoïque                     | FTCA 6:2            | <a href="#">C8H3F13O2</a>     | 53826-12-3  | 0.25        | ng/support |

## Annexe 2 : Evolution des répartitions entre la phase particulaire (prélèvement sur filtre) et la phase gazeuse (prélèvement sur mousse PUF) pour les 2 sites de mesure et les 13 composés majoritaires détectés







# Bibliographie

ANSES (Octobre 2025b) : Composés per- et poly- fluoroalkylés (PFAS) dans différents compartiments : Bilan de la contamination et catégorisation en vue de leur surveillance Connaître, évaluer, protéger. *Avis de l'Anses Rapport d'expertise collective*. <https://www.anses.fr/system/files/ERCA2022-SA-0198-RA.pdf>

ANSES (Juin 2025a) : Valeurs toxicologiques de référence : Elaboration de VTR long terme pour plusieurs perfluorés, *Avis de l'Anses Rapport d'expertise collective*. <https://www.anses.fr/sites/default/files/VSR2022-SA-0198-RA.pdf>

Arrêté du 31 octobre 2024 relatif à l'analyse des substances per- et polyfluoroalkylées dans les émissions atmosphériques des installations d'incinération, de co-incinération et d'autres traitements thermiques de déchets, <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000050479313>

Atmo AuRA (Avril 2024): Note bibliographique : Les Substances Per- et PolyFluoroalkylées (PFAS) en air ambiant, *Note bibliographique Atmo*, [https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/sites/aura/files/medias/documents/2024-06/Note\\_Biblio\\_PFAS-AtmoAura\\_042024.pdf](https://www.atmo-auvergnerhonealpes.fr/sites/aura/files/medias/documents/2024-06/Note_Biblio_PFAS-AtmoAura_042024.pdf)

ARS (2025), PFAS : focus sur la situation au sud de Lyon. <https://www.auvergne-rhone-alpes.ars.sante.fr/pfas-focus-sur-la-situation-au-sud-de-lyon>

D'Ambro, E. L., Pye, H. O. T., Bash, J.O., Bowyer, J., Allen, C., Efstathiou, C., Gilliam, R.C., Reynolds, L., Talgo, K., and Murphy, B. N. (2021). Characterizing the Air Emissions, Transport, and Deposition of PFAS. *Environmental Science & Technology*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7887699/pdf/nihms-1665456.pdf>

De Silva, A. O., Armitage, J. M., Bruton, T. A., Dassuncao, C., Heiger-Bernays, W., Hu, X. C., Kärman, A., Kelly, B., Ng, C., Robuck, A., Sun, M., Webster, T. F., and Sunderland, E. M. (2021). "PFAS Exposure Pathways for Wildlife and Humans: Recent Advances in Identifying and Quantifying Sources and Impact." *Environmental Toxicology and Chemistry*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7906948/>

Dauchy, X., (2023) : Evidence of large-scale deposition of airborne emissions of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) near a fluoropolymer production plant in an urban area, *Chemosphere*, Volume 337, October 2023, 139407, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653523016740>

DREAL Auvergne-Rhône-Alpes (2025), Focus sur la situation au Sud de Lyon. <https://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/focus-sur-la-situation-au-sud-de-lyon-a23562.html>

DREAL (Avril 2025) : Feuille de Route : Pollution aux substances perfluorées (PFAS) : Comment l'état agit en Région Auvergne-Rhône-Alpes, [https://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/20250416\\_feuille\\_route\\_pfas2025.pdf](https://www.auvergne-rhone-alpes.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/20250416_feuille_route_pfas2025.pdf)

Dunsin, S., Pepin, D., Delon, L., Fontaine, J. and Sauvé, S. (2025) : Occurrence of PFAS in Lyon soils: contribution and impact of industrial activities, *Environmental sciences : advanced*, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2025/va/d5va00135h>

ECHA (2023) : Substances per et polyfluoroalkylées (PFAS) – Réglementation dans l'UE. European Chemicals Agency. <https://echa.europa.eu/fr/hot-topics/perfluoroalkyl-chemicals-pfas>

EPA (2021) : Other Test Method 45 (OTM-45) Measurement of Selected Per- and Polyfluorinated Alkyl Substances from Stationary Sources, [https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-01/documents/otm\\_45\\_semivolatile\\_pfas\\_1-13-21.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-01/documents/otm_45_semivolatile_pfas_1-13-21.pdf)

Etude Esteban (2006), Une étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition par santé publique France, <https://www.santepubliquefrance.fr/etudes-et-enquetes/esteban#block-65267>

EU (2020) : Directive (UE) 2020/2184 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (refonte) (Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE),

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000045770552>

Faust, J. A. (2023): PFAS on atmospheric aerosol particles: a review, *Environmental Science: Processes & Impacts*. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2023/em/d2em00002d>

Gouvernement français (Avril 2024): Plan d'actions interministériel sur les PFAS (2023-2027), [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/2024.04.05\\_Plan\\_PFAS.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/2024.04.05_Plan_PFAS.pdf)

INERIS (2025): Etat des lieux des usages des PFAS et alternatives documentées, [https://substitution-perfluores.ineris.fr/sites/substitution-perfluores/files/documents/etat\\_des\\_lieux\\_des\\_usages\\_des\\_pfas\\_et\\_alternatives\\_documentees\\_v1\\_ineris\\_2025.pdf](https://substitution-perfluores.ineris.fr/sites/substitution-perfluores/files/documents/etat_des_lieux_des_usages_des_pfas_et_alternatives_documentees_v1_ineris_2025.pdf)

Kizhakkethil, J. P., Shi, Z., Bogush, A., and Kourtchev, I. (2025) Measurement report: Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in particulate matter (PM<sub>10</sub>) from activated sludge aeration, *Atmos. Chem. Phys.*, 25, 5947–5958, <https://doi.org/10.5194/acp-25-5947-2025>.

Li, X., Wang, Y., Cui, J., Shi, Y., Cai, Y. (2024), Occurrence and Fate of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Atmosphere: Size-Dependent Gas-Particle Partitioning, Precipitation Scavenging, and Amplification. *Environ. Sci. Technol.* 58, 9283–9291. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c00569>.

OECD (2015) : Working Towards A Global Emission Inventory of PFASs: Focus on PFCAs – Status Quo and the Way Forward. OECD Series on Risk Management of Chemicals.

Owens, C. V. Jr (2021): Review of Source and Transportation Pathways of PFAS, *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37034823/>

Tang, K. H. D. (2025): Hidden Contaminants: The Presence of PFAS in the Air, Water, Soil, Sediments and Ice. *Environments*. <https://www.mdpi.com/2076-3298/12/3/88> .

Teymoorian, T., Delon, L., Munoz, G. and Sauvé, S. (2025) : Target and Suspect Screening Reveal PFAS Exceeding European Union Guideline in Various Water Sources South of Lyon, France. February 2025 *Environmental Science & Technology Letters* 12(3). <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.estlett.4c01126>

WHO (2025) : Assessing the occurrence and human health risk of per and polyfluoroalkyl substances (PFAS). World Health Organization. <https://www.who.int/activities/assessing-the-occurrence-and-human-health-risk-of-per--and-polyfluoroalkyl-substances>

Wong, F., Shoeib, M., Katsoyiannis, A., Eckhardt, S., Stohl A., Bohlin-Nizzetto, P., Li, H., Fellin, P., Su, Y., and Hunga, H. (2018) : Assessing temporal trends and source regions of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in air under the Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), *Atmospheric Environment*, 172 (2018) 65-73. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231017306891?via%3Dihub>

Yamazaki, E., Taniyasu, S., Wang, Y. and Yamashita, N. (2021) : Per- and polyfluoroalkyl substances in surface water, gas and particle in open ocean and coastal environment, *Chemosphere*, Volume 272, June 2021, 129869, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653521003386?via%3Dihub>

Yang, H., Liang, Y., Tian, S., Li, X., and Liu, Y. (2025) : Perfluorinated and Polyfluoroalkyl Compounds in the Atmosphere: A Review, *Atmosphere* 2025, 16(9), 1070; <https://doi.org/10.3390/atmos16091070>

Zahm S, Bonde JP, Chiu WA, Hoppin J, Kanno J, Abdallah M, Blystone CR, Calkins MM, Dong GH, Dorman DC, Fry R, Guo H, Haug LS, Hofmann JN, Iwasaki M, Machala M, Mancini FR, Maria-Engler SS, Møller P, Ng JC, Pallardy M, Post GB, Salihovic S, Schlezinger J, Soshilov A, Steenland K, Steffensen IL, Tryndyak V, White A, Woskie S, Fletcher T, Ahmadi A, Ahmadi N, Benbrahim-Tallaa L, Bijoux W, Chittiboyina S, de Conti A, Facchin C, Madia F, Mattock H, Merdas M, Pasqual E, Suonio E, Viegas S, Zupunski L, Wedekind R, Schubauer-Berigan MK. Carcinogenicity of perfluorooctanoic acid and perfluorooctanesulfonic acid. *Lancet Oncol.* 2024 Jan;25(1):16-17. doi: 10.1016/S1470-2045(23)00622-8. Epub 2023 Nov 30. PMID: 38043561; PMCID: PMC12183505.