

fnam

Fédération
Nationale de l'Aviation
et de ses Métiers



LA

FNAM

| DECRYPTE |

CONTENU #PUBLIQUE

DECRYPTAGE PARTICULES ULTRAFINES (PUF)

MAI 2024

Ce document offre une vue d'ensemble sur l'état de la recherche actuelle concernant les particules ultrafines (PUF). Il vise à dresser un inventaire des connaissances faisant l'objet d'un consensus scientifique ainsi qu'un panorama des recherches actuelles visant à mieux cerner les enjeux et impacts sanitaires. Un focus est fait sur les études menées en France et destinées à mesurer l'influence du trafic aérien sur ces émissions, dont les méthodologies et conclusions divergent parfois.



Table des matières

Introduction	3
Plus petites, plus légères, plus nombreuses	5
Plus dangereuses ?	5
Une recherche scientifique récente	6
Les études françaises autour des aéroports	7
Bilan des campagnes de mesures intégrant le trafic aérien	8
Les limites des études actuelles sur l'impact du trafic aérien	11
Airparif CDG, une étude controversée	12
Conclusion	13
Sources	14



Introduction

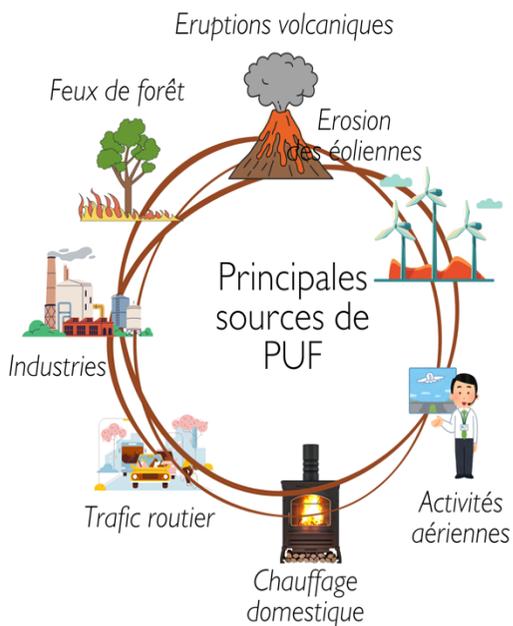
La qualité de l'air représente un défi croissant pour les politiques de santé publique, tant au niveau national qu'international. Parmi les sujets émergents dans ce domaine figurent **les particules ultrafines (PUF)**. Celles-ci ont été relativement peu étudiées et font l'objet de recherches complémentaires de la part de la communauté scientifique, ce qui explique l'absence de réglementation spécifique à leur égard à ce jour. Face à cet enjeu sanitaire, différentes organisations ([OMS, 2021](#)) et agences ([Acnusa, 2017](#) ; [Anses, 2018](#)) ont ces dernières années recommandé un suivi renforcé, et questionné notamment l'impact du transport aérien sur ces émissions. Plusieurs études ont alors été réalisées en France, comme à Nantes ou en région parisienne. La dernière en date concerne une [campagne d'Airparif](#) de surveillance des particules ultrafines autour de l'aéroport Paris-Charles de Gaulle, dont une synthèse a été rendue publique en février 2024, et largement relayée par les médias.

Regroupant 95% des activités du secteur aérien en France, la Fédération Nationale de l'Aviation Marchande (FNAM) rappelle son engagement en faveur d'un développement durable du secteur. Alignée sur les objectifs de santé publique et le renforcement des connaissances fondamentales, la FNAM insiste également sur l'importance de maintenir une approche scientifique rigoureuse et cohérente dans les études, rapports et déclarations relatifs à ce sujet.

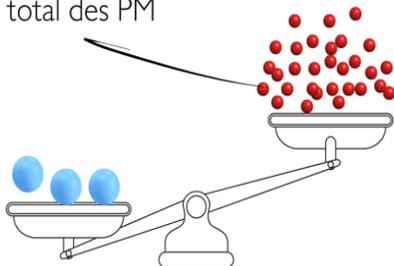
[*Retour à la table des matières*](#)

CE QUE L'ON SAIT

PUF : Particules ultrafines
 PM : *Particulate Matter* = "particules en suspension" ou "particules fines"
 µm : micron. 1 µm = 10⁻⁶m (1 millionième de mètre)



Les PUF représentent 2% à 3% de la masse totale des particules fines (PM), mais 90% du nombre total des PM



Les conditions Météo influent fortement sur la concentration de PUF



La direction et la vitesse du vent ont un fort impact sur les concentrations et leur durée



La granulométrie (diamètre des PUF) diffère selon la source

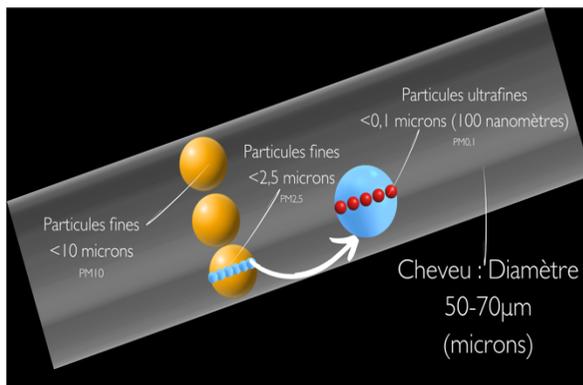


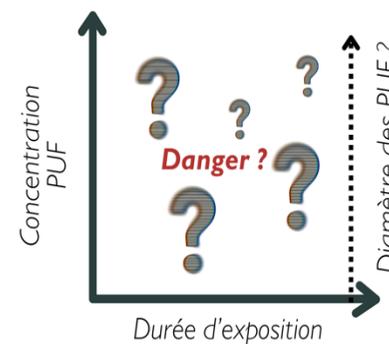
Figure 1. Dimensions des PUF (inspiré de Tuft University)

INFOGRAPHIE PUF

LES HYPOTHESES DE RECHERCHE



- 1 Les activités industrielles sont en moyenne les plus gros émetteurs de PUF, suivis du trafic routier, de l'environnement urbain, et enfin la proximité d'un aéroport.
- 2 L'influence de l'aéroport s'exerce dans une zone très restreinte (axe de la piste)
- 3 On observe des élévations brusques de concentrations des PUF proches de l'aéroport, corrélées aux mouvements d'avions. Ces élévations durent très peu de temps (5 à 10 minutes)
- 4 Quels sont les seuils de danger pour la santé ?





Plus petites, plus légères, plus nombreuses

On parle de particules ultrafines (PUF) lorsque le diamètre d'une particule ne dépasse pas 100 nm (0,1µm). Leur diamètre est inférieur à 0,1 micron contre 10 et 2,5 microns respectivement pour les particules PM10 et PM2,5 ; les PM0.1 sont donc cent fois plus petites que les PM10. Elles ne représentent que 2% à 3% de la masse totale des PM alors qu'elles contribuent jusqu'à 90% de leur nombre.

Plus dangereuses ?

S'il est difficile d'estimer l'impact sur la santé d'un type de particule plutôt qu'un autre, et qu'il est encore plus complexe d'en mesurer l'effet sur la mortalité toutes causes confondues, la communauté scientifique s'accorde sur le principe suivant : *« plus les particules sont petites, plus elles vont pouvoir pénétrer et rester dans l'organisme. Là où les plus grosses particules vont être arrêtées par le système nasal, les plus petites vont pouvoir atteindre les alvéoles pulmonaires, par lesquelles s'effectuent les échanges gazeux entre l'air et le sang (Anses, 2019) et persister longtemps dans l'organisme, car elles résistent en partie aux processus d'élimination. »*

[Le rapport d'étude ATMO \(2019\) sur la surveillance des particules ultrafines dans la région Hauts-de-France](#) synthétise la situation actuelle en ces termes *« Les études épidémiologiques à court terme ont observé des associations positives mais non statistiquement significatives entre les expositions aux PUF et la mortalité respiratoire. Cependant, on ne sait pas encore si ces résultats sont uniquement associés aux PUF, ou à une combinaison d'autres fractions de particules ou encore d'autres polluants associés avec des PUF. »*

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2021) a également fait des recommandations en 2021 pouvant servir de références : *« une moyenne journalière inférieure à 1000 particules/cm³ peut être considérée comme une concentration basse tandis qu'une moyenne journalière supérieure à 10 000 particules/cm³ ou une moyenne horaire supérieure à 20 000 particules/cm³ peuvent être considérées comme des concentrations hautes. »*

En revanche, les études sur les effets à long terme n'existent pas ou peu et doivent se poursuivre, les spécialistes tablant à ce stade sur une corrélation de « faible » à « modérée ».

[Retour à la table des matières](#)



Une recherche scientifique récente

L'émergence de l'intérêt d'étude sur les particules ultrafines (PUF) est assez récente. En France, l'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail (ANSES) a été saisie en septembre 2015 par la DGS, la DGEC et la DGPR pour une mission d'expertise consistant à identifier **les polluants de l'air non réglementés et potentiellement préoccupants pour la santé et l'environnement**. [Dans son rapport de juillet 2018](#), elle en identifie 557, qu'elle répartit en quatre catégories, par ordre de priorisation pour leur surveillance. Les PUF sont classées avec 12 autres polluants dans la Catégorie 1 « Polluants prioritaires pour une hiérarchisation en vue d'une surveillance ».

En Aout 2019, l'Anses publie cette fois [une revue bibliographique des études existantes depuis 2013 sur les effets sanitaires des particules de l'air ambiant extérieur](#), et confirme « avec des niveaux de preuve forts, les effets sur la santé de certains composants des particules de l'air ambiant, dont les particules ultrafines, le carbone suie et le carbone organique ». Elle postule que « plus les particules sont de petites tailles, plus elles sont susceptibles d'entrer profondément dans le corps et d'avoir un impact plus important sur la santé que les particules de diamètre plus élevé (comme les $PM^{2,5}$ et PM^{10}). »

Remarque : il est important de noter que les études compilées dans ce rapport de l'Anses concernent :

- ◆ De nombreux polluants de l'air ambiant extérieur,
- ◆ Les sources d'émission suivantes : le trafic routier, la combustion de charbon et de produits pétroliers, et non celles du trafic aérien.

La rareté des données sur les possibles émetteurs tels que l'agriculture, le transport maritime, l'activité aéroportuaire, conduit l'Anses à recommander des efforts de recherche supplémentaires.

En 2017, [le Pôle Qualité de l'Air de l'Acnusa aborde l'impact du trafic aérien comme émetteur de PUF](#). Il fournit une synthèse des études menées autour des aéroports dans différents pays (Etats-Unis, Suisse, Danemark, Suède, Angleterre). Il en ressort plusieurs constats et hypothèses, ainsi que des recommandations de l'agence :

- ◆ Le nombre et la taille des particules dépendent de la poussée moteur, avec une émission surtout en phase de montée, et une taille moyenne autour de 10-15 nm
- ◆ Les concentrations varient beaucoup d'un aéroport à l'autre, parfois d'un poste de parking à un autre
- ◆ Le vent – intensité et direction – influe fortement sur les distances et les concentrations moyennes. Ces dernières varient entre 30 et 60 000 particules/cm³, avec des pics mesurés jusqu'à 500 000 particules/cm³
- ◆ La comparaison des différentes études montre une corrélation entre les heures de pointe des mouvements d'avion et les concentrations élevées de PUF.



Le rapport souligne que les études dont il fait la synthèse sont difficilement comparables en termes de méthodologie (durée des mesures, types d'appareils utilisés), et conclut que « *les PUF de taille inférieure à 20 nm pourraient être des traceurs spécifiques des émissions aéronaves* ». L'agence recommande enfin de poursuivre les recherches, notamment en France.

[Le résumé d'orientation de l'Organisation Mondiale de la Santé \(OMS\) en 2021](#) rappelle ainsi l'état de la recherche « *pour l'heure, il n'existe pas suffisamment de données {sur les particules ultrafines} pour fournir des recommandations sur les niveaux de qualité de l'air* ». Il recommande ensuite de renforcer la surveillance des PUF en fonction de leur source, leur taille, et leur composition chimique.

Enfin, il existe à ce jour un consensus concernant les principales sources d'émission de PUF :

- ◆ D'origines naturelles (incendies de forêt, volcanisme, érosion éolienne...),
- ◆ Liées à l'activité humaine (procédés industriels, trafic routier, chauffage résidentiel, trafic aérien...).

Concernant la répartition des PUF liées à l'activité humaine, l'étude de Paasonen et al. (2013), dans l'UE28, en 2010, avance la répartition suivante : le trafic routier (60%) devant les autres transports (19%) et la combustion domestique (13%).

[Retour à la table des matières](#)

Les études françaises autour des aéroports

Les campagnes de mesure débutent véritablement à partir de 2018/19 en France, mais sont dans un premier temps destinées à observer la concentration de PUF en fond urbain vs fond rural. Ainsi, une première station fixe de mesure est installée à Lille en 2018, puis une station de mesure permanente sur le site de Paris 1^{er} les Halles en 2019.

Petit à petit, les campagnes vont chercher à mesurer l'impact des activités industrielles, du trafic routier, du chauffage urbain, et enfin du trafic aérien.

En juillet 2019, l'Etat via la DGAC confie à Air Pays de la Loire un suivi des particules ultrafines sur plusieurs années, intégrant la possible influence du trafic aérien autour de l'aéroport de Nantes Métropole dès novembre 2020 avec une première campagne de mesures, suivie de 3 autres campagnes jusqu'en juillet 2023. L'aéroport de Nantes est jusqu'ici le seul à reproduire dans le temps des campagnes de mesure dans les mêmes conditions, permettant d'observer notamment les effets météorologiques.

[L'aéroport de Nice a également fait l'objet d'une campagne dédiée à l'influence du trafic aérien, de Janvier à Octobre 2020.](#) Son rapport conclut à une influence sur le nombre de



particules ultrafines mais « *le nombre d'avions ne suffit pas pour confirmer l'existence d'un lien, d'autres paramètres intervenant* ». Elle résume ainsi la situation : « *malgré ce lien apparent, il n'y a pas de caractère systématique, certaines hausses apparaissant alors qu'il n'y a pas beaucoup d'avions et inversement {...}. Ainsi, il apparait clairement une influence de l'activité de l'aéroport sur le nombre de particules ultra fines mais les mouvements d'avions (décollage/atterrissage) seuls ne suffisent pas à expliquer l'évolution du nombre de particules ultra fines et à en être à l'origine. D'autres paramètres entrent en jeu, qu'ils soient liés aux aéronefs (motorisation) ou aux autres activités associées au fonctionnement de l'aéroport.* »

En Ile de France, Airparif débute ses premières campagnes de mesure de la qualité de l'air (intégrant les PUF) dès 2003, mais développe un véritable suivi dans le temps depuis 2019. Elle a depuis réalisé 3 campagnes de mesure dédiées aux PUF entre l'été 2021 et l'automne 2022. La dernière campagne de mesure réalisée entre novembre et décembre 2022 est la seule à mesurer la possible influence du trafic aérien. A ce jour, le rapport n'a toujours pas été publié, seule une synthèse de deux pages est disponible sur le site d'Airparif depuis février 2024, reprise par de nombreux médias (voir encadré dédié « Airparif CDG, une étude controversée »).

Atmo Hauts-de-France publie en 2020 un rapport détaillé sur les particules ultrafines en étudiant l'impact des activités portuaires, industrielles, trafic routier, et chauffage au bois. L'influence du trafic aérien n'est pas étudiée.

Enfin, Atmo Grand-Est publie en 2023 un rapport portant sur une campagne d'une durée d'un mois (à l'été 2022), et dédiée à mesurer l'influence du trafic aérien. Certaines données obtenues divergent sensiblement de celles d'autres campagnes de mesure, possiblement en raison d'utilisation d'appareils de mesure différents et en l'espèce non capables d'étudier la distribution granulométrique des particules (ne permettant ainsi pas d'isoler efficacement les sources émettrices). Ainsi, le rapport stipule : « *En raison du principe de mesure de l'appareil utilisé, l'étude n'a pas permis de mettre clairement en évidence de prédominance de la gamme de diamètres de particules (10-20 nm), caractéristiques des moteurs d'avions.* »

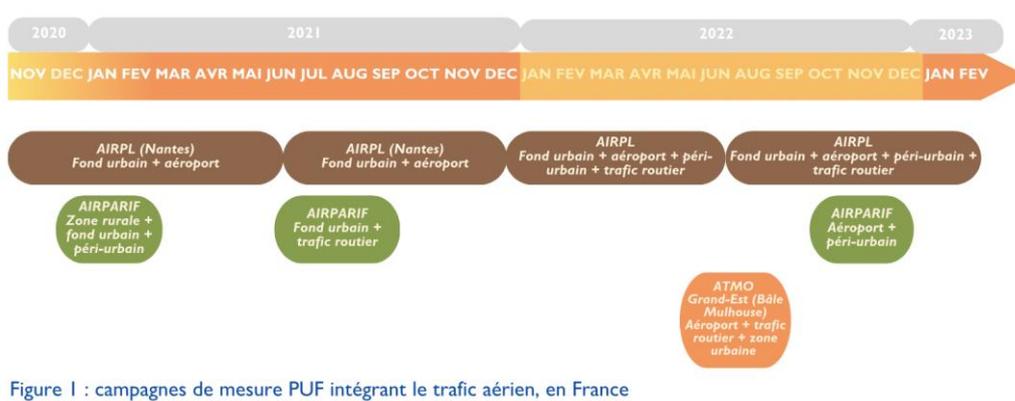


Figure 1 : campagnes de mesure PUF intégrant le trafic aérien, en France



Bilan des campagnes de mesures intégrant le trafic aérien

1. **L'effet METEO.** Les conditions météorologiques jouent un rôle majeur, et concernent :

- ◆ Le niveau de concentration des PUF : en présence de conditions météorologiques plus rigoureuses et donc d'émissions liées au chauffage plus élevées, on observe d'un hiver à l'autre une augmentation de la concentration en PUF de 30% en moyenne, 21% en médiane, et 57% en niveaux de pointe.

Les concentrations en été sont en moyenne 30% moins élevées qu'en hiver (35% en médiane, 32% en niveaux de pointe), mettant en évidence le facteur chauffage.

- ◆ La durée de dispersion. La direction et la force du vent influent directement sur le niveau de concentration et la durée d'exposition : plus les conditions sont dispersives (vent fort), plus les niveaux de pollution observés sont faibles, et moins ils durent. A l'inverse, des vents de faible intensité vont transporter la pollution sur un périmètre plus large.
- ◆ L'accumulation des polluants atmosphériques émis
- ◆ L'ensoleillement et les précipitations, qui influencent également les niveaux de pollution observées.

2. **Diamètre des PUF.** La granulométrie (les diamètres des particules relevées) diffère en fonction de la source émettrice :

- Trafic aérien : diamètre autour de 10 à 14nm.
- Trafic routier : diamètre compris entre 14nm et 30nm,
- Fond urbain (essentiellement le facteur chauffage) : diamètre environ de 70nm

3. **Hiérarchisation des sources émettrices.** Les concentrations moyennes de PUF sont plus élevées en proximité routière, puis en milieu urbain, et enfin en zone péri-urbaine où se situe l'aéroport. En détails, on observe des concentrations moyennes :

- **2 à 6 fois plus élevées en milieu urbain qu'en zone rurale**
- 2 fois plus élevées en proximité routière qu'en milieu urbain (et jusqu'à x3 en médiane)
- **2.5 fois plus élevées en environnement urbain proximité routière qu'en zone péri-urbaine à proximité de l'aéroport** (axe de piste, mais également axe de piste décalé).



4. **Les pics de concentration.** Lorsque les mesures sont prises & comparées simultanément sur des sites différents, les niveaux de pointe (percentile 98%) sont plus élevés dans l'axe de la piste, mais durent très peu de temps. Pour toutes les autres mesures (moyenne, médiane), la station à proximité de l'aéroport mesure des concentrations moins élevées que le facteur trafic ou le facteur fond urbain.

5. **La durée d'exposition.** L'influence de l'aéroport se traduit par des élévations brusques des concentrations des particules ultrafines inférieures à 20 nm lorsque le site de mesure est sous les vents de la piste. Chaque élévation dure entre 5 et 10 minutes en lien avec les décollages et atterrissages. Le délai moyen entre la survenue de pics de concentration et le décollage ou l'atterrissage est de 3min30.

6. **La zone d'influence.** La dissémination des PUF liée aux mouvements avion reste dans une zone restreinte : entre 500 mètres et 3.5 kms dans l'axe de la piste. Lorsque l'on mesure les concentrations en dehors de cet axe, il y a une absence de corrélation nette entre trafic aérien et concentrations mesurées. On ne peut alors exclure une influence, mais la corrélation n'est pas établie.

En résumé : L'influence de l'aéroport sur les concentrations de PUF est démontrée lorsque deux conditions sont réunies :

- ◆ Une orientation en provenance de la piste
- ◆ Des mouvements avion

Ces conditions sont réunies environ en moyenne 3% du temps

[*Retour à la table des matières*](#)



Les limites des études actuelles sur l'impact du trafic aérien

1. **Le faible nombre d'études** : il n'existe aujourd'hui qu'un aéroport français ayant fait l'objet de différentes campagnes de mesures dans le temps, celui de Nantes-Métropole. En conséquence, **il est extrêmement risqué de tirer des conclusions définitives**, et notamment lorsqu'une campagne de mesure est conduite sur un aéroport durant quelques semaines.
2. **La superposition des sources d'émission** et la difficulté à isoler leur contribution respective. Les études s'appuient sur la granulométrie pour tenter d'identifier les différentes contributions, mais les tailles de PUF issues du trafic aérien sont parfois proches de celles du trafic routier.
3. **La zone d'influence**, qui permet de comptabiliser le nombre d'habitants exposés en fonction de la source émettrice, et qui pourrait faire l'objet de priorisation d'études ou de plan d'actions, n'est pas étudiée.
4. **Les corrélations entre niveaux de concentration, taille des PUF, durée d'exposition, et effets sur la santé**. Les études actuelles montrent que la concentration des populations prioritairement concernées par des expositions aux PUF sont avant tout situées en zone urbaine résidentielles et/ou soumises à un environnement de trafic routier, par rapport aux zones rurales en premier lieu, et aux zones péri-urbaines dans lesquelles sont implémentées les aéroports, en second lieu.
5. **Les campagnes de mesure actuelles en France n'étudient pas ou peu certaines zones** dont la littérature montre qu'elles présentent potentiellement les plus hauts niveaux de concentration en PUF, notamment les réseaux souterrains et tunnels (et notamment réseaux de métro, gares), et les différentes activités industrielles (usines, ports, etc.).

[*Retour à la table des matières*](#)

Airparif CDG, une étude controversée

Parmi les différentes campagnes sur l'influence du trafic aérien sur la pollution aux PUF, une étude a fait l'objet d'un écho médiatique particulier. Celle d'Airparif, qui a publié en FEV24 une synthèse de deux pages sur la première campagne de mesure des PUF autour d'un aéroport francilien, en l'occurrence Paris-Charles de Gaulle. Contrairement aux autres études disponibles, le rapport de cette étude n'a pas été publié. Les informations concernant la méthodologie de la campagne, les données fines relevées, et les limites de l'étude, ne sont pas connues. En l'état, plusieurs aspects de cette synthèse soulèvent des questions.

1. L'étude ayant conjointement utilisé des appareils de mesure ADP avec ceux d'Airparif, il serait intéressant de connaître les type d'appareils utilisés et leur calibrage, pour s'assurer de l'homogénéité des données obtenues.
2. Les conclusions présentées de l'influence du trafic aérien (une concentration moyenne de 23000 particules/cm³) sont comparées à celles obtenues sur le boulevard périphérique d'une précédente campagne à l'été 2021 (23200 particules/cm³), dans des conditions météorologiques sensiblement différentes. L'extrapolation qui en est faite « le trafic aérien émet autant de PUF que le trafic routier de haute intensité » est en conséquence à minima hasardeuse, d'autant qu'elle diverge significativement des autres études, y compris de précédentes campagnes d'Airparif, qui présente dans son même rapport de l'été 2021 une concentration moyenne de 53300 particules/cm³ près de la RN20 (trafic routier péri-urbain), soit 2.3X plus élevé que la concentration moyenne observée à CDG.
3. **Superposition des sources d'émissions de PUF.** Les modes majeurs mesurés par Airparif pour le trafic routier (boulevard périphérique & RN20, campagne été 2021) sont de 11 à 14 nm. Or, dans son rapport sur l'activité aéroportuaire à CDG, elle écrit : *“La campagne de mesure montre que les activités aéroportuaires émettent majoritairement des particules ultrafines de très petite taille, de diamètre inférieur à 20 nm”*. En l'absence de profil granulométrique publié pour cette étude, on conclut que les modes majeurs des activités aéroportuaires sont similaires à ceux du trafic routier, et qu'il est donc impossible en l'état de distinguer l'influence de l'un par rapport à l'autre.
4. Le rapport estime (sans démontrer ce qui l'amène à produire cette relation) que *“Si à 5 km de l'aéroport les émissions du trafic aérien et des autres activités induites par*

l'aéroport sont encore responsables d'une surconcentration des niveaux de particules ultrafines, etc.”. Si les autres études montrent en effet que les émissions de PUF ont une dispersion sous l'effet du vent, la 'distance d'influence' ne fait pas l'objet d'un consensus. D'autre part, les stations 'Centre aéroport', 'bout de piste', 'à 1km' étant toutes trois placées à une distance inférieure à 5 kms de l'autoroute A1, comment ne pas considérer que ces émissions liées au trafic routier impactent ces trois stations de mesure ?

5. Absence de boxplot pour étudier finement les données. Seule la moyenne est reprise dans l'étude, et ne constitue pas à elle seule un outil d'interprétation suffisant, d'autant plus lorsque l'on tient compte de la dispersion rapide des PUF liées aux passages d'avion.
6. L'étude AirParif ne fait pas la distinction des concentrations entre décollages et atterrissages. Par ailleurs, elle ne semble pas en mesure de distinguer les activités d'assistance en escale des émissions liés aux mouvements avion.
7. Les autres campagnes de mesures similaires révèlent une forte variabilité des concentrations intra-journalière, notamment pour le trafic routier. L'absence de répartition horaires permettant de mesurer d'éventuel pics de concentration et leur durée est un paramètre essentiel pour évaluer l'impact sanitaire sur la population.
8. La zone d'influence, qui permet de comptabiliser notamment le nombre d'habitants concernés, n'est pas abordée.

[Retour à la table des matières](#)



Conclusion

La FNAM rappelle son attachement à la recherche scientifique comme base fondamentale des politiques sanitaires comme des innovations technologiques. Cette démarche, lorsque menée rigoureusement et de manière impartiale, rejoint pleinement les objectifs de transition écologique développés par le secteur aérien en France.

L'étude des PUF constitue un domaine de recherche à la fois récent et indispensable, avec des données complexes à manipuler. Dès lors, il est indispensable de transmettre au grand public des informations fiables, recoupées, honnêtes et transparentes. En ce sens, nous appelons à éviter la diffusion médiatique hâtive de conclusions partielles ou peu documentées, en particulier lorsqu'elles apparaissent en contradiction avec les autres études disponibles sur le sujet, comme cela a pu être le cas récemment avec la synthèse d'Airparif sur l'influence du trafic aérien sur la pollution aux PUF autour de l'aéroport de Paris-Charles de Gaulle (CDG).

Nous rappelons également qu'il n'existe à ce jour à notre connaissance aucun consensus scientifique concernant les corrélations entre :

- ◆ Le seuil de dangerosité sanitaire en termes de concentration de PUF
- ◆ La durée d'exposition nécessaire pour observer un impact sur la santé

Plus généralement, nous appelons à poursuivre les recherches sur les PUF, comme sur l'ensemble des polluants de l'air extérieur, dans le cadre d'une démarche rigoureuse, qui ne saurait être orientée à charge pour dénoncer le secteur aérien alors que les données actuellement disponibles semblent montrer qu'il arrive en dernière position des sources d'émission de PUF liées aux activités humaines.

[*Retour à la table des matières*](#)



Sources

OMS, 2021 : Résumé d'orientation

<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/346555/9789240035423-fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Anses, 2018 : Identification, catégorisation et hiérarchisation de polluants actuellement non réglementés pour la surveillance de la qualité de l'air

<https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2015SA0216Ra.pdf>

Anses, 2019 : Effets sanitaires des particules de l'air ambiant extérieur selon les composés, les sources et la granulométrie

<https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2014SA0156Ra.pdf>

Acnusa, 2017 : Étude bibliographique https://www.adra-bale-mulhouse.fr/wp-content/uploads/2017/08/ACNUSA_1123_particules-ultrafines_biblio_2017.pdf

Atmo Hauts-de-France, 2020 : rapport d'étude (2019) sur la surveillance des particules ultrafines dans la région Hauts-de-France

<https://www.atmo->

[hdf.fr/sites/hdf/files/content/migrated/Rapport_et_synthese_etudes/2020/Rapport_PUF_2019.pdf](https://www.atmo-hdf.fr/sites/hdf/files/content/migrated/Rapport_et_synthese_etudes/2020/Rapport_PUF_2019.pdf)

Airparif, 2021 : Synthèse des connaissances sur les particules fines en IDF :

https://www.airparif.fr/sites/default/files/document_publication/Note_particules_042021.pdf

Airparif, 2024 : Mesure de particules ultrafines autour de l'aéroport Paris-Charles de Gaulle

https://www.airparif.fr/sites/default/files/document_publication/Etude%20-%20Mesure%20de%20particules%20ultrafines%20autour%20de%20l'aéroport%20de%20Paris-CDG%20-%202024%20v1.2.pdf

Airparif, Février 2022 : Campagne de mesure francilienne sur les particules ultrafines (PUF), situation de fond hiver 2020-2021

https://www.airparif.fr/sites/default/files/document_publication/Rapport%20PUF.PDF

Airparif, Octobre 2022 : Campagne de mesure francilienne sur les particules ultrafines (PUF), situation proximité au trafic été 2021

https://www.airparif.fr/sites/default/files/document_publication/Rapport_PUF_Trafic_et_e_2021.pdf



Atmo Grand-Est, 2023: Campagne de mesure exploratoire des particules ultrafines sur la plateforme aéroportuaire Bâle-Mulhouse

<https://www.atmo-grandest.eu/sites/grandest/files/medias/documents/2023-03/Campagne%20de%20mesure%20des%20%20particules%20ultrafines%20sur%20l%27EuroAirport.pdf>

Atmo Sud – Aéroport de Nice, 2020 : Analyse des Particules Ultrafines à l'aéroport de Nice

<https://www.atmosud.org/sites/sud/files/medias/documents/2022-03/Rapport%20Particules%20ultrafines%20-%20Aéroport%20de%20Nice.pdf>

Air Pays de la Loire, Juillet 2021 : Campagne novembre 2020 – juin 2021

https://www.airpl.org/sites/default/files/reports/Rapport%20intermédiaire_version_finale-f.pdf

Air Pays de la Loire, Mars 2022 : Campagne Juin 2021 – Décembre 2021

https://www.airpl.org/sites/default/files/reports/Rapport%20intermédiaire_2%20-%20f.pdf

Air Pays de la Loire, Novembre 2022 : Campagne janvier 2022 – juin 2022

https://www.airpl.org/sites/default/files/reports/Rapport%20intermédiaire_3_f.pdf

Air Pays de la Loire, Février 2024 : Campagne de mesure juillet 2022 – juillet 2023

https://www.airpl.org/sites/default/files/reports/Rapport%20PUF%20final_4-f_1.pdf