Mesure de particules ultrafines en Île-de-France : quels niveaux et quelles origines loin des sources de pollution ?

Note aux décideurs - novembre 2026

CONTEXTE

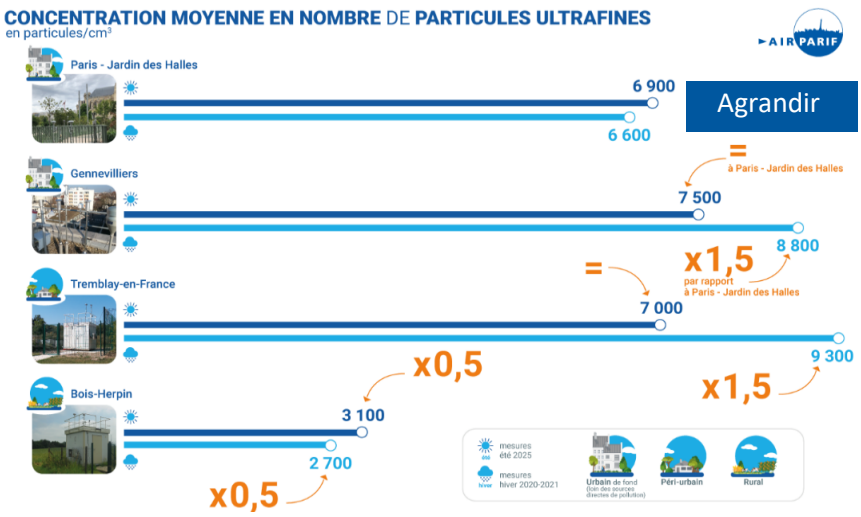
Désignées sous le terme de $PM_{0.1}$, les particules ultrafines (PUF) sont des particules en suspension dans l'air, dont le diamètre est inférieur ou égal à 100 nanomètres, soit 0.1 micromètre. En raison de leur très petite taille, elles présentent une surface de contact importante par rapport à leur volume et peuvent transporter à leur surface différents composés, dont certains potentiellement toxiques. Elles font ainsi l'objet d'une attention croissante en matière de santé publique et de qualité de l'air. Bien que leurs effets spécifiques sur la santé restent encore à approfondir, la compréhension de leur comportement dans l'atmosphère, de leurs sources et des phénomènes régissant leur formation et leur évolution constitue un enjeu important pour mieux appréhender leur contribution à la pollution atmosphérique.

C'est dans cette perspective que deux campagnes de mesure ont été menées en Île-de-France, en situation de fond, c'est-à-dire sur des sites visant à caractériser la pollution ambiante, sans influence directe d'une source locale d'émission. Réalisées à l'hiver 2020-2021 et à l'été 2025, elles s'inscrivent dans un programme pluriannuel destiné à mieux documenter les concentrations en nombre de PUF dans l'air, leur répartition selon leur taille, ainsi que les différentes sources et conditions atmosphériques susceptibles d'influencer les niveaux observés. La campagne estivale de 2025 vient ainsi compléter les travaux antérieurs, en apportant un éclairage supplémentaire sur les variations saisonnières et sur les mécanismes de formation et de transformation des particules dans l'atmosphère. Ces mesures ont été cofinancées par Airparif, l'Agence régionale de santé Île-de-France et la Métropole du Grand Paris.

PRINCIPALES CONCLUSIONS

Les résultats des deux campagnes de mesure montrent que les concentrations moyennes en nombre de PUF sont **environ deux à trois fois plus élevées en milieu urbain et périurbain qu'en milieu rural**. Cet écart s'explique notamment par l'influence du **trafic routier, qui constitue une source importante de PUF tout au long de l'année** (Airparif, 2024; Airparif, 2026). Le **chauffage résidentiel au bois** peut contribuer aux concentrations hivernales, comme le montrent les niveaux maxima horaires de plusieurs dizaines de milliers de particules/cm^3 régulièrement observés en soirée à Tremblay-en-France (Airparif, 2022). **Les concentrations de PUF varient selon les sites et les saisons, sous l'effet combiné des émissions, des conditions météorologiques et des phénomènes atmosphériques**. En hiver, les sources locales, notamment le trafic routier et le chauffage au bois, influencent davantage les niveaux mesurés. En été, les concentrations sont plus homogènes entre les sites, ce qui laisse supposer une influence plus importante des phénomènes atmosphériques à l'échelle régionale, ainsi qu'une contribution des sources naturelles comme la végétation. **Aucune tendance saisonnière générale ne se dégage toutefois des mesures, l'évolution des concentrations dépendant du contexte local et des conditions météorologiques.**

La répartition des particules selon leur taille diffère également selon les environnements. Sur l'ensemble des mesures, les diamètres les plus représentés se situent entre **15 et 25 nm en milieu urbain** contre **35 à 70 nm en milieu rural**. Ces différences reflètent la diversité des sources et les transformations des particules dans l'atmosphère. À l'échelle régionale, les plus petites particules peuvent notamment être associées au **trafic routier (autour de 20 nm)** ou à la **formation de nouvelles particules** à partir de gaz présents dans l'air. En milieu rural, la taille des particules dépend des émissions locales, de l'influence de l'agglomération parisienne selon les conditions de vent, du transport des particules et de leurs transformations dans l'atmosphère. Des spécificités saisonnières apparaissent toutefois dans ces distributions. En hiver, une proportion plus importante de particules autour de **100 nm** est observée, ce qui est compatible avec une **contribution du chauffage résidentiel au bois.** En été, sur le site rural, le diamètre moyen des particules est d'environ **50 nm**, quelle que soit la direction du vent, ce qui traduit une influence plus importante des processus atmosphériques par rapport aux contributions des sources locales.



La période estivale est propice à la **formation de nouvelles particules,** favorisée notamment par l'ensoleillement, les températures élevées et la présence de certains gaz dans l'atmosphère. Ce phénomène est particulièrement visible sur le site rural de Bois Herpin, où les mesures montrent **l'apparition de particules de moins de 20 nm, qui grossissent progressivement au cours de la journée en accumulant de la matière** (voir encadré « Zoom »). En milieu urbain, les émissions liées aux activités humaines, notamment au trafic routier, peuvent masquer cette évolution et rendre le phénomène plus difficile à observer. **Cette signature plus nette en milieu rural ne signifie cependant pas que les épisodes de formation y sont plus fréquents.**

COMMENT ONT ÉTÉ OBTENUS CES RÉSULTATS ?

Les campagnes de mesure en continu ont été réalisées afin de caractériser les PUF en conditions hivernales et estivales : la première **du 1er décembre 2020 au 28 février 2021**, et la seconde du **9 juin au 23 septembre 2025**.

Les concentrations en nombre de particules et leur répartition par taille ont été mesurées à l'aide d'analyseurs de type **SMPS (*Scanning Mobility Particle Sizer*).** Ces instruments permettent de compter et de classer les particules présentes dans l'air selon leur diamètre, de **5 à 400 nm** réparties en 121 classes de taille, à une résolution temporelle de cinq minutes. Ces mesures ont été complétées par le suivi du **carbone suie (BC),** de **l'ozone (O_3)** et des **composés organiques volatils (COV).** Ces indicateurs apportent des informations complémentaires sur les sources de combustion, les concentrations des gaz présents dans l'air et les processus d'oxydation atmosphérique pouvant contribuer à la formation de nouvelles particules.

Les mesures ont été déployées sur quatre sites du réseau d'Airparif, représentatifs de divers environnements :
• **Paris 1er Les Halles :** site urbain de fond situé dans le jardin Nelson Mandela (Paris, 1er arrondissement), et utilisé comme station de référence permanente ;
• **Gennevilliers (Hauts-de-Seine) :** site de fond urbain représentatif d'un environnement densément urbanisé ;
• **Tremblay-en-France (Seine-Saint-Denis) :** site de fond périurbain situé en zone résidentielle, où le niveau ambiant peut être plus influencé en hiver par les émissions du chauffage domestique, notamment au bois ;
• **Zone Rurale RUR-SUD Bois Herpin (Essonne) :** station de fond rural permettant de caractériser le niveau de fond régional et d'évaluer la différence de concentration entre le cœur de l'agglomération et la zone rurale.

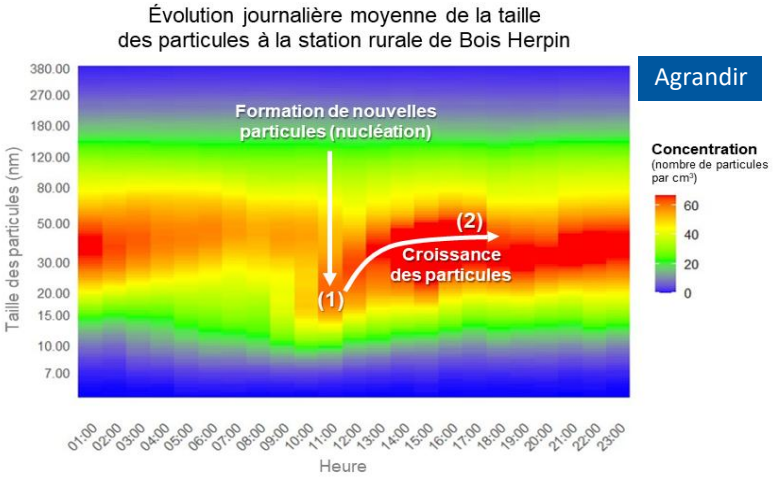
ZOOM : COMMENT SE FORMENT LES NOUVELLES PARTICULES ULTRAFINES ?

La formation de nouvelles particules ultrafines résulte de réactions chimiques entre des gaz présents dans l'atmosphère. **Le rayonnement solaire et la température favorisent l'oxydation et la transformation de certains gaz**, notamment les COV, émis aussi bien par les activités humaines que par la végétation. Ces réactions produisent de nouvelles substances qui s'évaporent difficilement et peuvent participer à l'apparition ou au grossissement de particules existantes.

Deux mécanismes sont à distinguer :

1) **La nucléation** : formation de nouvelles particules à partir de molécules en phase gazeuse.
2) **La croissance** : augmentation de la taille des particules déjà présentes dans l'air, soit par **condensation** (fixation de substances gazeuses à leur surface, contribuant à leur grossissement), soit par **coagulation** (agglomération de plusieurs particules entre elles pour en former de plus grosses).

Les produits de ces réactions peuvent aussi enrichir en matière organique les particules déjà présentes dans l'air. Elles contribuent alors à la formation d'aérosols organiques secondaires, sans nécessairement entraîner l'apparition de nouvelles particules.



PERSPECTIVES : VERS UNE SURVEILLANCE RENFORCÉE DES PUF

En 2019, Airparif a mis en place son premier dispositif de mesure en continu des PUF dans le centre de Paris avec le soutien du Conseil Régional d'Île-de-France, avant de développer progressivement son programme d'études sur cette thématique. Ces travaux prennent aujourd'hui une importance particulière dans le contexte de la nouvelle directive européenne sur la qualité de l'air (EU 2024/2881), qui prévoit de renforcer la surveillance des PUF, en assurant à la fois le suivi de leur nombre et de leur répartition par taille.

Airparif dispose désormais de deux sites de mesure permanents : l'un en milieu urbain de fond, sur son super-site de Paris 1er Les Halles, et l'autre à proximité du trafic routier, le long du Boulevard Périphérique. Les données recueillies permettent de mieux caractériser les niveaux de PUF dans ces deux environnements et constituent un premier socle de connaissances pour accompagner la mise en œuvre des nouvelles exigences réglementaires. Airparif étudie désormais la possibilité de déployer d'autres sites de mesure permanente en Île-de-France, afin d'élargir son dispositif de surveillance. De nouvelles campagnes de mesure sont également envisagées à proximité d'autres sources potentielles (sites industriels, enceintes ferroviaires souterraines, …).

Les prochains travaux viseront également à comprendre plus précisément les mécanismes de formation et de croissance des particules, à préciser le rôle des différents gaz précurseurs, ainsi qu'à évaluer l'influence des conditions météorologiques (température, ensoleillement) sur ces phénomènes. Ils chercheront également à distinguer plus finement la contribution des activités humaines de celle des sources naturelles, en particulier de la végétation.