



HAL
open science

La surveillance des particules ultrafines en France

S. Zhang, Alexandre Thomasson, B. Mesbah, Pierre-Yves Guernion, F. Pin,
T. Aleixo, F. Roze, Morgane Dalle, Olivier Le Bihan

► **To cite this version:**

S. Zhang, Alexandre Thomasson, B. Mesbah, Pierre-Yves Guernion, F. Pin, et al.. La surveillance des particules ultrafines en France. 31. Congrès Français sur les Aérosols (CFA 2018), Jan 2018, Paris, France. ineris-01863325

HAL Id: ineris-01863325

<https://ineris.hal.science/ineris-01863325>

Submitted on 28 Aug 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LA SURVEILLANCE DES PARTICULES ULTRAFINES EN FRANCE

S. Zhang^{1*}, A. Thomasson², B. Mesbah³, P.Y. Guernion⁴, F. Pin⁴, T. Aleixo³, F. Roze², M. Dalle⁵ et O. Le Bihan⁵

¹Atmo Hauts-de-France, 59044, Lille, France

²Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, 38400, Saint Martin d'Hères, France

³Air PACA, 13000, Marseille, France

⁴Atmo Nouvelle-Aquitaine, 33692, Mérignac, France

⁵INERIS, 60550, Verneuil-en-Halatte, France

*Courriel de l'orateur : s.zhang@atmo-hdf.fr

TITLE

The monitoring of ultrafine particles in France

ABSTRACT

Measurement of ultrafine particles (UFP) has been developing recently in the air quality monitoring networks in France. These particles are very small in size (<100 nm) and low in mass, but represent significant health effects. This article presents different results of short and long-term measurement campaigns which have been carried out in different environments (urban, traffic and industry) and the comparison of the number concentrations and size distribution at the national level. In addition, we show how UFPs measurements can be used to identify local sources and explain atmospheric phenomena.

RESUME

La mesure des particules ultrafines (PUF) se développe de plus en plus dans les réseaux de surveillance de la qualité de l'air en France. Ces particules sont très petites en taille (<100 nm) et faibles en masse, mais représentent des effets sanitaires importants. Cet article présente différents résultats issus de campagnes de mesure de courte et longue durée qui ont été réalisées dans différents environnements (urbain, trafic et industrie), et une comparaison des concentrations en nombre et de la distribution en taille au niveau national. De plus, nous montrons comment la mesure de PUF peut permettre d'identifier des sources locales et contribuer à expliquer certains phénomènes atmosphériques.

KEYWORDS: Ultrafine particles, UFP, UFP-3031, monitoring, France/ **MOTS-CLÉS:** Particules ultrafines, UFP, UFP-3031, surveillance, France

1. INTRODUCTION

Les particules ultrafines (PUF) sont définies comme l'ensemble des particules ayant un diamètre inférieur à 100 nm. Ces PUF représentent une petite fraction de la masse des particules en suspension (1-8%), mais dominent les concentrations en nombre et en surface. Elles représenteraient ainsi 80% de la concentration en nombre de particules dans un environnement urbain (Morawska et al., 1998).

Du fait de leur petite taille, les PUF ont des effets sanitaires importants, notamment vis-à-vis de leur potentiel de dépôt dans le poumon, de leur translocation dans d'autres parties du corps ainsi que de leur plus grande surface spécifique qui permet d'adsorber plus de composés toxiques (Monteiller et al., 2007). Plusieurs études épidémiologiques indiquent des associations entre l'exposition aux PUF ambiantes et les effets néfastes sur la santé (Belleudi et al., 2010). Les tissus respiratoires et cardiovasculaires sont très vulnérables à l'exposition aux PUF, ce qui pourrait augmenter le risque cardiopulmonaire. D'autre part, les conséquences neurologiques des PUF ont été montrées dans des modèles expérimentaux chez les animaux, mais elles sont peu connues chez l'homme (Terzano et al., 2010).

Comme les autres particules atmosphériques, en fonction de leur mécanisme de formation, les PUF peuvent être d'origine primaire ou secondaire :

- Les PUF primaires sont émises directement dans l'atmosphère et peuvent être à la fois d'origine naturelle ou anthropique. En milieu urbain, les véhicules à moteur sont généralement une des sources d'émission les plus importantes de PUF (Kumar et al., 2014). Mais les autres sources anthropiques comme le chauffage résidentiel, les émissions industrielles, les émissions par bateaux et avions ne sont pas négligeables non plus. Il existe également de nombreuses sources de PUF en air intérieur, comme les activités de cuisson, le système de chauffage et de refroidissement, le tabac, les imprimantes laser...(Ji et al., 2010; Tang et al., 2012; Wallace and Ott, 2011).

- Les PUF secondaires se forment quant à elles dans l'atmosphère à partir des phénomènes de nucléation et de condensation mettant en jeu des réactions complexes gaz-particules.

Depuis 2011-2012, plusieurs « Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air » (AASQA) participent à la surveillance des PUF et ont créé un groupe de travail en France (le « GT PUF ») piloté par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA) (INERIS), dont les principaux résultats sont présentés ici.

2. MATERIEL ET METHODES

Le granulomètre de type « UFP-3031 » a été développé par la société TOPAS et commercialisé par la société TSI. Il a été choisi par l'ensemble des membres du Groupe de Travail sur les PUF pour des raisons de politique d'investissement de surveillance harmonisée. L'UFP-3031 a été spécifiquement conçu pour les réseaux de surveillance en continu à long terme sans source radioactive ni fluide de circulation (de type butanol ou eau). Il représente donc un bon compromis entre les deux techniques de mesure souvent utilisées dans les laboratoires de recherche (CPC et SMPS). L'UFP-3031 mesure le nombre de particules sur 6 canaux de tailles (20-30nm, 30-50nm, 70-100nm, 100-200nm, 200-800nm).

Entre 2014 et 2016, 3 exercices d'intercomparaison ont été effectués, organisés par le LCSQA qui ont permis d'évaluer les performances techniques et logicielles de l'UFP-3031. Il a ainsi été montré que les 5 premiers canaux donnaient de bons résultats quantitatifs mais que le canal 200-800 nm se limite à une mesure « indicative ».

Les différentes campagnes de mesure, de courte et longue durée, sont mentionnées dans le Tableau 1. Elles sont classées par type d'influence : trafic, fond urbain et industrie.

Tableau 1. Localisation et typologie des sites PUF en France

Typologie	Stations	Partenaire
Trafic	Lille (59)	Atmo Hauts-de-France
	Grenoble (38)	Atmo Auvergne-Rhône-Alpes
Fond urbain	Marseille (13)	Air PACA
	Grenoble (38)	Atmo Auvergne-Rhône-Alpes
	Lyon (69)	Atmo Auvergne-Rhône-Alpes
	Talence (33)	Atmo Nouvelle-Aquitaine
Industrie	Mourenx (64)	Atmo Nouvelle-Aquitaine
	Port de Bouc (13)	Air PACA

3. RESULTATS

3.1. Distribution granulométrique des PUF - comparaison des niveaux entre sites

La Figure 1 montre la distribution granulométrique moyenne des PUF pour différents sites en France. Le site Grenoble-Rondeau et Lille Leeds sont les sites de proximité trafic (Figure à gauche). Le site Mourenx (en gris à droite) est un site en proximité industrielle. Tous les autres sites sont de type urbain de fond. L'ensemble des distributions présente deux modes, l'un entre 20 et 50 nm, l'autre entre 100 et 200 nm.

Le site trafic à Grenoble présente la concentration en nombre la plus élevée et le pic 20-50 nm le plus important (> 3000/cm³). Les sites de type urbain de fond présentent une double influence : la gamme 20-50 nm est nettement influencée par les émissions du trafic automobile tandis que la gamme 100-200 nm montre un lien avec la source de combustion de biomasse ; dans ce dernier cas, l'influence a été identifiée grâce à un traceur BC (Black Carbon) de type « wood burning », spécifique de la combustion du bois. Plus généralement, en zone urbaine, la concentration totale en nombre de PUF dépend étroitement de la typologie du site, et plus précisément de l'influence du trafic automobile ; ce constat est particulièrement évident pour les particules inférieures à 50 nm.

3.2. Identification de sources industrielles spécifiques

Certaines campagnes ont permis de montrer que la mesure des PUF peut aussi nous aider à identifier des sources spécifiques. Voici une étude de cas réalisée par Air PACA à proximité d'un complexe industriel de la métallurgie et d'un port minéralier. Les roses de pollution pour la concentration massique de PM_{2.5} et la concentration en nombre pour les PUF (20-30nm) sont présentés dans la Figure 2. La rose de PM_{2.5} est homogène dans toutes les directions et ne pointe pas de source particulière. Par contre, la rose des PUF (20-30 nm) permet de pointer clairement une source en direction d'une aciérie.

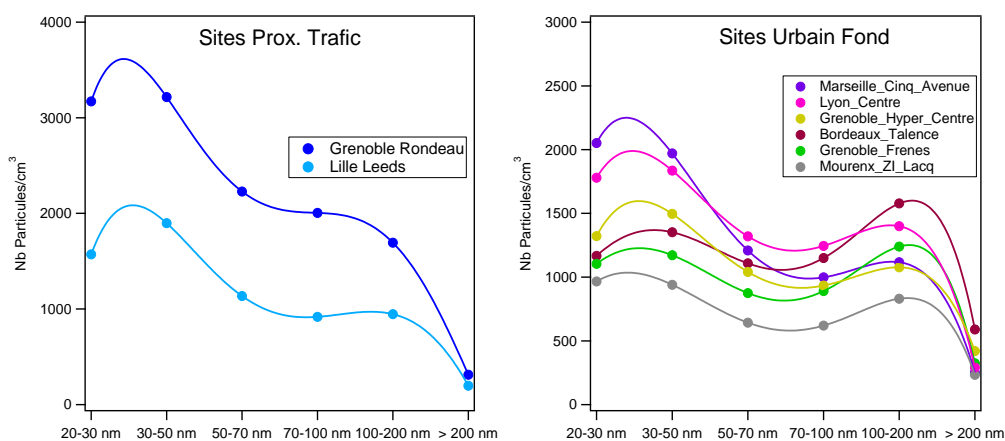


Figure 1. La distribution granulométrique moyenne des PUF par site (Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, 2017)

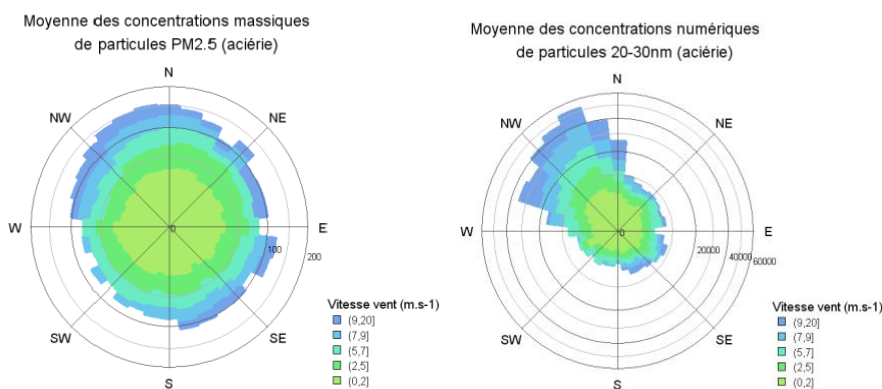


Figure 2. Roses de pollution PM_{2.5} et PUF (20-30nm) (Air PACA, 2015)

3.3. Identification de sources de combustion ou de photochimie

La Figure 3 montre les profils moyens journaliers des PUF pour 2 saisons contrastées (déc. 2016 et août 2016) à Lyon centre. Pour le mois de décembre, la concentration < 100 nm correspond aux heures de pointe du trafic (matin et soir). Le niveau > 100 nm est beaucoup plus élevé par rapport à l'été, notamment pendant la nuit, qui est attribué au chauffage résidentiel. En été, les pics liés au trafic sont moins élevés. Par contre, la classe 20-30 nm augmente en début après-midi, avec un maximum en milieu d'après-midi. La courbe d'ozone montre une tendance similaire. Ce phénomène peut être lié à la formation de particules secondaires du fait de la photochimie, ce qui est aussi responsable de la formation d'ozone pendant le fort ensoleillement estival.

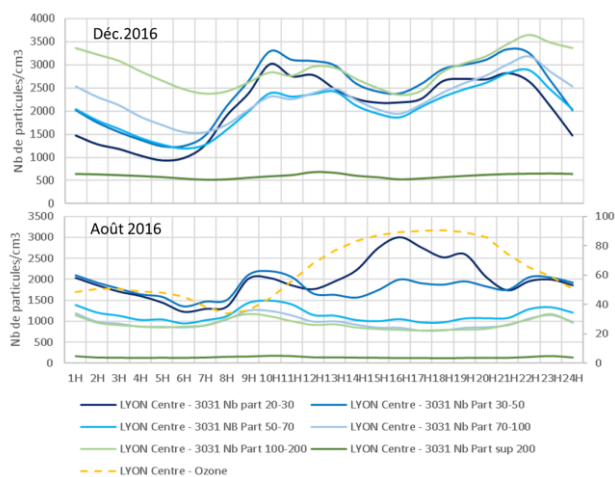


Figure 3. Profils moyens journaliers à Lyon centre (Hiver/été) (Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, 2017)

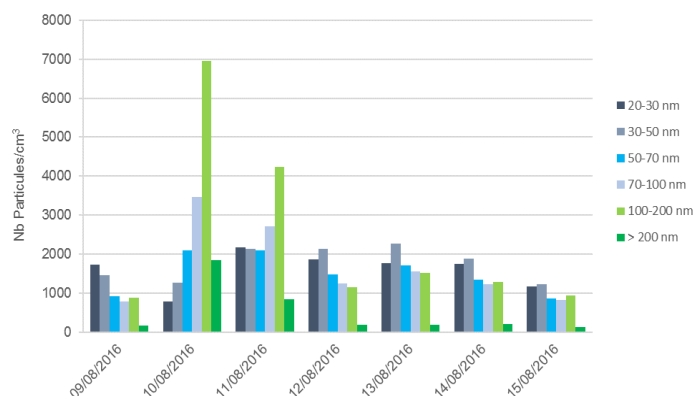


Figure 4. Moyennes 24h des différentes classes de particules pour la période 09-15/08/2016 (Air PACA, 2016)

3.4. Combustion de biomasse lors d'un feu de forêt

Les importants incendies ont ravagé près de 3 300 hectares de forêt dans les Bouches-du-Rhône le 10 août 2016 ainsi que dans la nuit du 10 au 11 août 2016. La station de Marseille Cinq Avenues s'est retrouvée sous les vents en provenance des zones incendiées. L'UFP 3031 installé dans cette station confirme les mesures en lien avec cet épisode. La Figure 4 montre une forte augmentation pour la classe 100-200 nm qui est identifiée comme étant représentative de la combustion de biomasse.

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La mesure des particules ultrafines est en développement dans les réseaux français de surveillance de qualité de l'air. La concentration en nombre et la granulométrie des particules sont étudiées sur différents types de sites. Les concentrations moyennes mesurées en fond urbain en France sont comparables aux observations dans d'autres pays relevés dans la littérature. Les niveaux peuvent varier considérablement en fonction de l'influence du trafic autour du site. A proximité du trafic, les niveaux sont à *minima* deux fois plus élevés qu'en fond urbain. Outre la détermination des niveaux auxquels est exposée la population, la mesure des PUF permet également d'améliorer l'identification des sources industrielles et de contribuer à l'étude des phénomènes physico-chimiques comme la photochimie. Ceci montre que la mesure des PUF en nombre et en taille peut apporter des connaissances complémentaires à la mesure en masse des PM₁₀ ou PM_{2.5}, notamment pour essayer d'évaluer l'efficacité des actions mises en place dans le cadre des programmes et plans d'actions pour la réduction des polluants (PPA, PDU, ...), ou pour essayer de mieux comprendre l'origine des épisodes de pollution. A l'avenir, il est envisagé que les données produites par le réseau PUF français puissent notamment être utilisées d'une part pour permettre des études épidémiologiques, et d'autre part pour alimenter et améliorer la modélisation.

Remerciements

Ce travail a notamment été soutenu par la région Hauts-de-France et le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (LCSQA). Les auteurs souhaitent remercier les personnes suivantes : O. Favez, F. Marlière, A. Wiedensohler, L. Meunier, P. Bourguin, A. Hulin, R. Bunales, N. Dufour, B. Rocq, et L. Gauvin.

Références

- Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (2017) Observatoire Des Particules Ultra Fines (PUF) En Auvergne-Rhône-Alpes 2015-2016, rapport de synthèse.
- Atmo Nouvelle-Aquitaine (2015) Mesures exploratoires de PUF (Particules Ultrafines) en Aquitaine, rapport d'étude.
- Air PACA (2016) Particules Ultra-Fines (PUF) – Granulométrie, Note technique.
- Air PACA (2015) PM sources : pollution par les particules en suspension - recherche des sources à l'aide de signatures chimiques et granulométriques.
- Belleudi. V., Faustini. A., Stafoggia. M., Cattani. G., Marconi. A., Perucci. C.A., et al. (2010) *Epidemiology*, 21, 414–423.
- Ji, X., Le Bihan, O., Ramalho, O., Mandin, C., D'Anna, B., Martinon, L., Nicolas, M., Bard, D. and Pairon, J.-C. (2010) *Indoor Air*, 20, 147–158.
- Kumar, P, Morawska, L, Birmili, W, Paasonen, P, Hu, M, Kulmala, M, Harrison, RM, Norford, L and Britter, R (2014). *Environment International*, 66,1-10.
- Terzano, C., Di Stefano, F., Conti, V., Graziani, E. and Petrojanni, A. (2010). *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 14, 809-821.
- Monteiller C, Tran L, MacNee W, et al. (2007) *Occupational and Environmental Medicine*, 64, 609-615.
- Morawska, L., Thomas, S., Bonfinger, N., Wainwright, D., and Neale, D. (1998) *Atmos. Environ.*, 32, 2467–2478.
- Tang, T., Hurraß, J., Gminski, R., and Mersch-Sundermann. V. (2012) *Environ Sci Pollut Res Int.*, 19, 3840-9.
- Wallace. L. and Ott. W. (2011) *J Expo Sci Environ Epidemiol.*, 21, 20-30.