

Observatoire des Particules Ultra Fines (PUF) en Auvergne-Rhône-Alpes

Rapport de synthèse

Mesures et actualités 2015 - 2020

Auteur : Prisca Ray

Diffusion : Octobre 2020

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



Conditions de diffusion

Dans le cadre de la réforme des régions introduite par la Nouvelle Organisation Territoriale de la République (loi NOTRe du 16 juillet 2015), les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l’Air de l’Auvergne (ATMO Auvergne) et de Rhône-Alpes (Air Rhône-Alpes) ont fusionné le 1er juillet 2016 pour former Atmo Auvergne-Rhône-Alpes.

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 les sites www.air-rhonealpes.fr et <http://www.atmoauvergne.asso.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 **(2019) Observatoire des Particules Ultra Fines en Auvergne-Rhône-Alpes – Rapport de Synthèse – mesures et actualités 2015-2019**

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
- par téléphone : 09 72 26 48 90

Financement

Cette étude d'amélioration de connaissances a été réalisée grâce à l'aide financière particulière de :



Toutefois, elle n'aurait pas pu être exploitée sans les données générales de l'observatoire, financé par l'ensemble des membres d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes

Sommaire

Résumé	5
1. Introduction.....	7
Rappel sur les Particules Ultrafines.....	7
La surveillance des PUF chez Atmo AuRA	11
2. Synthèse des résultats	16
1.1. Distribution granulométrique	16
1.2. Niveaux moyens.....	19
1.2.1. Evolution des moyennes annuelles	19
1.2.2. Evolution des moyennes mensuelles	21
1.3. Profils moyens journaliers	27
3. Valorisation des résultats	32
4. Conclusions et Perspectives	33
Conclusion	33
Perspectives	34
Annexe : Validation des données	36
Table des illustrations.....	39
Bibliographie	41

Résumé

Les Particules Ultra Fines (PUF), particules de très petite taille (de quelques nanomètres à quelques centaines de nanomètres) en suspension dans l'air, sont de plus en plus montrées du doigt pour leur implication dans les impacts **sanitaires** et environnementaux de la pollution atmosphérique. Bien que ne faisant pas partie des polluants **réglementés** aux niveaux national et européen, les PUF font l'objet d'un intérêt croissant de la part de l'ensemble des acteurs de la surveillance de la qualité de l'air.

Ce rapport présente un bilan annuel des mesures de Particules Ultra Fines réalisées par Atmo-AuRA dans le cadre de l'Observatoire des PUF débuté en 2011. Aujourd'hui, cet Observatoire PUF est constitué de 3 appareils de mesure : 2 UFP 3031 situés sur les sites de fond urbain « Grenoble Les Frênes » et « Lyon Centre » et un appareil CPC également sur le site de « Lyon Centre ». Ce parc d'instruments permet à la fois d'assurer un suivi en continu des niveaux de PUF totaux mais également de connaître la répartition granulométrique de ces nanopolluants.

L'analyse de niveaux de PUF peut ainsi être réalisée à partir de l'évolution des moyennes annuelles, mensuelles et journalières mais également par l'étude des profils granulométriques qui permet de connaître la contribution des différentes classes de taille et ainsi mieux comprendre l'influence des différentes sources de PUF en fonction des sites et des saisons.

L'analyse des mesures réalisées sur les années 2019 et 2020 amènent aux résultats suivants :

- Sur Grenoble les Frênes et sur Lyon Centre, les niveaux relevés en 2019 et 2020 sont légèrement plus bas que ceux relevés les années précédentes. Les conditions météorologiques particulièrement douces lors de ces deux hivers contribuent à expliquer ces résultats. Si en 2019 les niveaux mesurés sur les deux sites sont assez similaires, les données du premier semestre de 2020 montrent que les niveaux moyens sur Lyon sont plus élevés (d'environ 15%) que ceux sur Grenoble, comme c'était le cas en 2017 et 2018.
- Sur les mesures 2020 plus particulièrement, la saisonnalité des niveaux est moins marquée que les années précédentes. Les niveaux montrent en effet peu de variations au cours de l'année alors que les mesures de PM10 et de NO₂ ne vont pas dans le même sens et sont caractérisées par une augmentation lors des mois d'hivers et des niveaux plus bas en été.
- L'impact de la crise sanitaire inédite sur les niveaux de PUF a pu être évalué seulement pour les premières semaines du confinement, les deux appareils UFP étant tombés en panne rapidement après. Ces mesures montrent un impact relativement faible sur les niveaux totaux de PUF mesurés sur les deux sites, avec une tendance à la baisse au cours de la deuxième quinzaine de mars puis une légère augmentation à Lyon avec des données semblables à celles relevées sur la même période en 2019.
- L'analyse des profils journaliers ainsi que celle de la distribution granulométrique sur les deux sites confirment les conclusions présentées dans les précédents rapports : la part des fractions les plus fines est plus élevée sur Lyon que sur Grenoble, confirmant l'influence plus prononcée du trafic routier sur ce site. La part plus importante des fractions plus grossières sur Grenoble illustre quant à elle, l'influence marquée de la combustion de biomasse sur ce site.
- La comparaison des profils journaliers des PUF avec ceux d'autres polluants montrent qu'en hiver, les niveaux de PUF sont plutôt bien corrélés avec les mesures de NO₂ et celles de particules fines PM10 et PM2,5. En été, seul le site de Lyon présente une corrélation avec les mesures d'ozone et suggère que la hausse de ces niveaux de PUF est liée à des phénomènes de formation de particules secondaires issues de processus photochimiques.

Ces mesures sont mises en perspective à l'échelle nationale à travers la participation d'Atmo-AuRA au groupe de travail national sur la surveillance des PUF, dans le cadre des travaux du LCSQA. Le précédent rapport (concernant les données 2018 et 2019) n'a pas été rendu public en raison d'un doute sur la validité des données

issues des appareils de mesure UFP 3031. Bien que ce travail de validation doive être poursuivi en lien avec le LCSQA et le constructeur, les données et informations récoltées depuis ne semblent pas confirmer un biais significatif de la mesure. Il a donc été choisi de réaliser ce rapport en intégrant à la fois les résultats du rapport précédent ainsi que des résultats plus spécifiques des mesures réalisées en 2019 et 2020.

1. Introduction

Rappel sur les Particules Ultrafines

PUF, de quoi parle-t-on exactement ?

Les particules en suspension représentent à ce jour une des classes de polluants atmosphériques les plus préoccupantes en matière de santé publique et d'impact environnemental. Constituée d'un mélange de polluants solides et/ou liquides en suspension dans l'air, les particules fines ont une très grande variabilité en termes de taille (de quelques nanomètres à une centaine de micromètres), de forme ou de composition chimique.

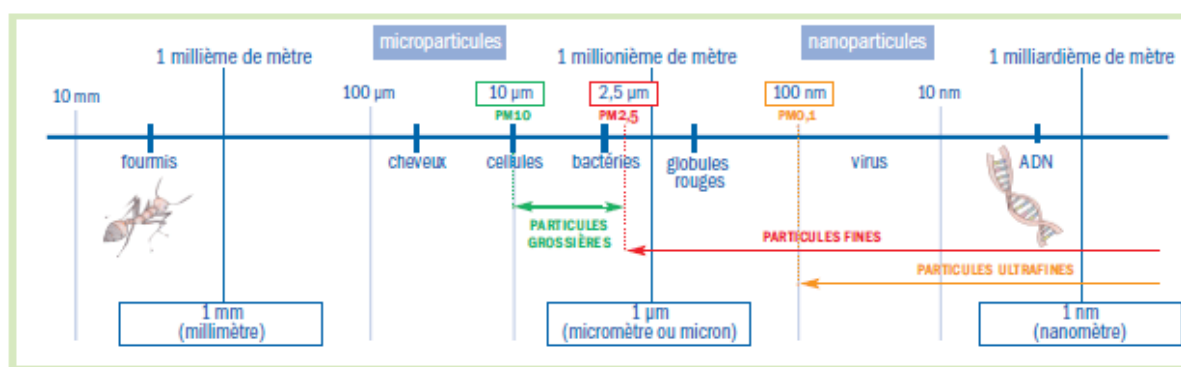


Figure 1: Illustration des polluants particulaires sur une échelle de taille

Dans la littérature scientifique, le terme « particules ultrafines » est utilisé pour désigner les particules en suspension dont la taille peut aller de quelques nanomètres jusqu'à environ 100 nm. Bien que la définition courante ne les intègre pas, il est d'usage de considérer les particules comprises entre 100 nm et 1 µm comme faisant également partie des PUF. Elles sont, de ce fait, mesurées par les appareils de mesure classiques.

Les Particules Ultra Fines peuvent être produites soit par des processus d'origine naturelle (volcans, feux de forêts, cosmos, etc.), soit par des sources d'origine anthropique. Parmi celles-ci, on distingue les PUF « non intentionnelles » produites à l'occasion d'activités d'origine humaine (émissions de moteurs, usures, fumées de soudure ou de cigarettes, etc.) des PUF « intentionnelles » issue de produits manufacturés (Nanotubes de Carbone, nanoparticules de dioxyde de Titane, etc.) depuis la production jusqu'au déchet en passant par l'utilisation. Ces dernières sont plus généralement désignées par le terme de « nanoparticules ».

Impacts sur la santé et l'environnement

Parmi les multiples implications de la pollution atmosphérique particulaire sur la santé humaine (mortalité prématurée, maladies respiratoires, cardiopathies), les troubles cardio-respiratoires (inflammations respiratoires, aggravation des allergies, cancers...) sont principalement mis en avant par l'Organisation Mondiale de la Santé, notamment à travers le projet REVIHAAP¹. La taille des particules étant connue comme un des facteurs aggravant (INCA 2018 - Particules fines, dont diesel et risque de cancer), le rôle des particules ultrafines dans ces implications sanitaires est de plus en plus privilégié, confirmant et renforçant l'intérêt de la mesure et de l'observation des PUF dans le cadre du dispositif national de surveillance de la qualité de l'air.

¹ [Review of evidence on health aspects of air pollution](#)

Bien que moins bien compris, les effets délétères sur les écosystèmes sont également de plus en plus étudiés. Par dépôt sur les plantes, les particules peuvent altérer les échanges gazeux, diminuer la photosynthèse, favoriser le développement d'organismes pathogènes (Garrec, 2020). Les particules peuvent également contaminer les sols et les eaux souterraines par entraînement de polluants. D'un point de vue climatique, les aérosols participent également au bilan radiatif terrestre de manière directe (absorption, réflexion du rayonnement, perte de lumière au sol) ou indirecte (modification de la composition des nuages, perturbation des précipitations) (Myhre et al. 2013). Cependant aujourd'hui le bilan sur le climat reste difficile à estimer.

En 2018, dans le cadre de sa saisine par les ministères chargés de la santé et de l'écologie, l'ANSES¹ classe les Particules Ultra Fines parmi les 13 nouveaux polluants prioritaires pour la surveillance de la qualité de l'air et recommande pour cela, le renforcement et la pérennisation de l'acquisition des données. Bien que non réglementées, les PUF sont donc des polluants d'intérêt émergents, au même titre de le Carbone Suie, et doivent faire l'objet d'un suivi particulier sur le long terme compte tenu de leurs enjeux en termes d'impact sanitaire.

Métrologie

Depuis plus d'un siècle, beaucoup de recherches ont été conduites sur les aérosols et la pollution atmosphérique particulaire avec un effort significatif porté sur la métrologie depuis les années 70. En raison de leur nature extrêmement complexe et diversifiée, les méthodes de mesure de cette pollution particulaire sont multiples et variées. Dans le cadre de la mission de surveillance de la qualité de l'air, la mesure des particules fines repose donc sur 3 approches complémentaires qui permettent la description la plus complète de la pollution particulaire :

- La détermination de la concentration massique (homologuée au niveau de la législation européenne) ;
- La détermination du nombre de particules (permettant la détection de particules très fines) ;
- L'analyse de leur composition chimique (qui permet d'affiner l'évaluation de leur impact sur la santé).

Tout comme leurs propriétés physico-chimiques, leur taille ou leur forme, le comportement des particules dispersées dans l'air change également au cours du temps, notamment par le biais de phénomènes de condensation et coagulation ou par réactions photochimiques dans l'atmosphère avec des précurseurs gazeux (dioxyde de soufre, oxydes d'azote, composés organiques volatils), qui se déroulent plus ou moins rapidement et à éloignement variable de la source primaire. Au cours de son temps de résidence dans l'atmosphère, une particule passera par différents "modes", et sera sujette à divers phénomènes physico-chimiques qui la feront évoluer et se transformer continuellement. Naturellement, toute particule primaire tendra à s'agréger avec d'autres particules, entraînant une diminution du nombre de particules primaires les plus fines, une augmentation de volume et de masse des particules plus grossières et des changements de nature physico-chimique. Le graphique ci-dessous représente la distribution des particules fines présentes dans la basse atmosphère en volume et en nombre selon leur diamètre.

¹ Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

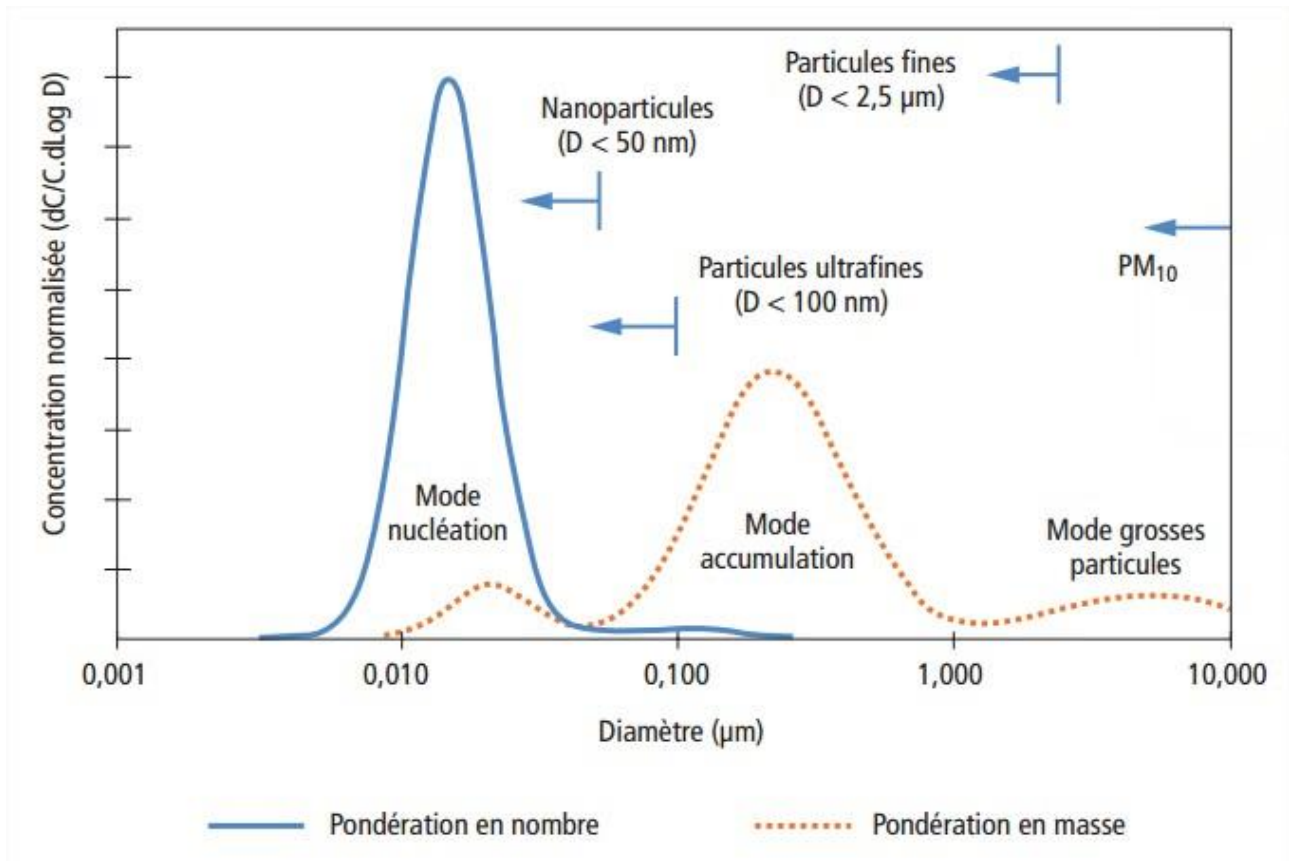


Figure 2: Distribution des particules en nombre et en masse en fonction de la taille (Collin, 2000)

Cette représentation permet à la fois d'avoir une idée de la distribution en nombre des particules fines et ultrafines à un instant donnée dans l'air ambiant (courbe bleue), mais elle propose également une vision dynamique de l'évolution de celles-ci au cours du temps, depuis leur nucléation jusqu'à leur agrégation en particules grossières et leur sédimentation (en regardant les différents modes de gauche à droite). Ce graphique montre bien que les particules ultrafines sont présentes en très grand nombre. En revanche, lorsque la concentration est mesurée en masse, elles représentent une part négligeable par rapport à la masse totale des particules fines présentes dans l'air (PM1, PM2.5, PM10). Si la mesure en masse permet une bonne caractérisation des particules grossières, fines et très fines (comprises entre 0,1 µm et 10µm), elle est moins pertinente pour évaluer les poussières ultrafines. Pour la mesure de ces dernières, la caractérisation du nombre de particules (mesure par comptage) ainsi que la distribution de leur nombre en fonction de la taille (distribution granulométrique) sont donc davantage utilisées.

Il existe à l'heure actuelle sur le marché trois technologies pour la mesure des PUF, toutes basées sur le principe de la mesure par comptage et adaptées à une activité de surveillance continue :

- La technologie CPC¹, datant des années 70, permet la mesure totale du nombre de particules (information unique) dans une gamme de taille comprise entre 7 nm et 1 µm de diamètre. L'impératif usage du butanol ainsi que l'absence de différenciation granulométrique sont compensées par la facilité de la gestion des données ainsi que sa très bonne limite de quantification (< 10 p/cm³).
- Le SMPS², technologie plus récente, mesure la distribution en nombre et en taille avec une grande résolution, mais avec l'inconvénient d'utiliser une source radioactive et d'être difficilement transportable. Par sa capacité à distinguer jusqu'à 64 canaux de taille entre 10 et 800 nm, il permet

¹ CPC : Condensation Particle Counter (Compteur à Noyau de Condensation ou CNC)

² Scanning Mobility Particle Sizer (Analyseur de mobilité électrique à balayage)

une description plus fine des phénomènes physico-chimiques tels de la photochimie. Son prix reste très élevé pour un déploiement à grande échelle.

- L'UFP 3031 présente un bon compromis entre les deux précédentes technologies. En effet, il permet la distinction granulométrique des PUF en 6 classes **[20-30 nm]** **[30-50 nm]** **[50-70 nm]** **[70-100 nm]** **[100-200 nm]** **[200-800 nm]**, n'utilise ni source radioactive, ni butanol tout en étant deux fois moins cher que le SMPS (son coût reste néanmoins plus élevé que le CPC). Aujourd'hui la majorité des données produites par les AASQA proviennent d'UFP 3031.

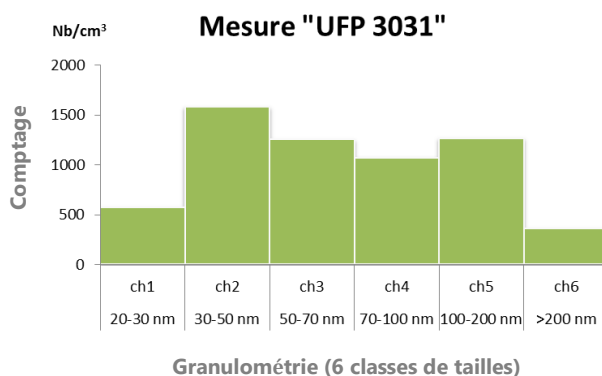


Figure 3: Illustration de la mesure de PUF par l'UFP 3031

Depuis 2011, plusieurs AASQA (Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, Atmo Nouvelle Aquitaine, Atmo Sud, AirParif, Atmo Hauts de France, Qualitair Corse et Atmo Grand Est) ainsi que des partenaires scientifiques (INERIS et IFT/TROPOS) travaillent ensemble pour améliorer les connaissances sur les Particules Ultra Fines dans le cadre d'un Groupe de Travail national (GT PUF), piloté par le LCSQA¹. Les travaux menés dans le cadre de ce GT PUF ont permis, entre autres, de valider le choix des appareils en réalisant des campagnes d'intercomparaison ainsi que d'accompagner et de coordonner les AASQA, tant sur les aspects techniques que scientifiques. Le SMPS étant alors jugé comme trop onéreux et trop contraignant pour une surveillance opérationnelle en continu, c'est l'UFP 3031, instrument certes émergent mais moins complexe d'utilisation et moins coûteux que le SMPS, qui a semblé être la voie la plus indiquée pour les activités de surveillance réalisées par les ASQAA.

Si l'ensemble de ces travaux ont permis de mieux connaître les performances de ces technologies et de pousser les constructeurs à faire des améliorations, des efforts restent nécessaires pour s'assurer du bon fonctionnement sur le terrain de ces appareils. La réflexion sur le choix instrumental reste donc ouverte et d'actualité dans un contexte de redimensionnement du dispositif et d'orientation vers une surveillance pérenne. Aussi, la remontée commune de l'ensemble de ces mesures sur la base de données du dispositif national GEOD'Air² est également prévue et doit être inscrite dans le plan de travail à venir.

A noter que la caractérisation et la quantification d'autres paramètres, comme la forme des particules (sphérique ou non, agrégat, dimension fractale, etc.), leurs différents diamètres équivalents (aérodynamique, thermodynamique, de mobilité électrique, etc.), ou encore leur composition chimique permettraient de mieux caractériser l'origine et l'impact sanitaire des PUF.

¹ Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

² GEOD'air est le système national de gestion des données de la qualité de l'air qui permet la bancarisation des données réglementaires et non réglementaires produites par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) et leur exploitation par les acteurs du dispositif.

La surveillance des PUF chez Atmo AuRA

Historique du dispositif et précédentes conclusions

Entre 2011 et 2014, Atmo Auvergne-Rhône-Alpes, dans le cadre de sa participation au GT PUF, a réalisé plusieurs actions pour améliorer les connaissances sur ces polluants en démarrant la mise en place d'un observatoire des PUF.

Ces travaux ont débuté par l'acquisition de deux appareils UFP 3031 (développés en 2007 par la société TOPAS, basée en Allemagne, et commercialisés depuis 2008 par la société TSI) pour la mesure de comptage en nombre et en taille ainsi que par la mise en place de campagnes de mesures sur plusieurs sites de l'agglomération grenobloise. Les premières mesures ont débuté courant avril 2012 sur des sites de fond urbain et de proximité trafic dans le but d'obtenir une première caractérisation de ces environnements en termes de distribution et de niveaux moyens au regard des autres sites semblables sur le territoire national. L'exploitation des données de 2012 à 2014 ont permis de dresser les conclusions suivantes :

En fond urbain :

- Les concentrations moyennes en nombre de PUF sur l'agglomération grenobloise se situent autour de 5 000 à 6 000 particules/cm³, mais avec des niveaux pouvant varier en fonction de l'influence du trafic autour du site (entre 4 000 et 8 000 p/cm³). Ces niveaux sont relativement comparables avec les niveaux relevés dans la littérature ou avec ceux mesurés sur d'autres sites de fond urbain en France, tout en se situant dans la fourchette basse.
- La saisonnalité est relativement bien marquée, avec des maximums relevés durant les mois plus froids, notamment pour la classe de taille [100-200 nm].
- Sur les profils horaires journaliers, les PUF les plus petites ([20-30 nm] et [30-50 nm]), suivent les profils classiques des polluants liés au trafic, avec des hausses de concentrations le matin et le soir. Une hausse apparaît également pour la fraction [100-200 nm] plus tardivement le soir et persistant le week-end, en lien avec les émissions du chauffage résidentiel.

En proximité trafic :

- Les niveaux moyens mesurés à Grenoble en proximité du trafic sont globalement deux fois plus élevés qu'en fond urbain (autour de 12 000 p/cm³). Cependant, ces niveaux ne semblent pas si élevés au regard de la littérature, qui relate des niveaux en proximité automobile pouvant être supérieurs à 30 000 p/cm³¹.
- La variabilité annuelle est nettement plus faible qu'en fond urbain, particulièrement pour les classes les plus fines.
- Les profils journaliers sont également différents du fond urbain, avec des niveaux plus élevés pour les particules de taille [20-30 nm] et [30-50 nm], ce qui confirme l'influence des sources automobiles sur les concentrations des particules les plus fines.

Par ailleurs, les résultats ont montré que les analyseurs UFP 3031 peuvent améliorer et consolider la compréhension de la physico-chimie des particules, selon les classes de taille :

- Les classes de taille [20-30 nm] et [30-50 nm] sont de bons traceurs de l'influence du trafic (particules primaires et « jeunes ») notamment en période hivernale. Elles peuvent être aussi des traceurs d'aérosols secondaires volatils en période estivale (conditions propices à la photochimie).
- Au-delà de 100 nm, l'influence du trafic devient nettement moins importante. En revanche, la fraction [100-200 nm] est un bon indicateur pour visualiser l'influence de la combustion de biomasse (feux de cheminées en période hivernale) ou bien pour voir l'apparition au début du printemps de particules secondaires issues de sources d'activités mixtes (trafic, agriculture et industries).

¹ L. Morawska et al, Atmospheric Environment 42, 8113-8138 (2008) « Review – ambient nano and ultrafine particles from motor vehicle emissions : characteristics, ambient processing and implications on human exposure »

Depuis 2015, l'objectif des actions était d'étendre cet observatoire sur la région, en plaçant un des appareils de comptage des PUF sur la station fixe multi-instrumentée de « Lyon-Centre », tout en gardant l'autre appareil installé sur le site de « Grenoble Les Frênes », afin de pouvoir comparer les mesures de fond urbain sur les 2 agglomérations et de préserver un historique de mesure à Grenoble (voir description des sites plus bas).

En parallèle et afin de compléter le dispositif métrologique, en 2014, ATMO Auvergne-Rhône-Alpes a également fait l'acquisition d'un compteur de particules (CPC), dans le cadre d'un programme d'investissement soutenu par la Région Auvergne-Rhône-Alpes : l'« Envi-CPC » de la société PALAS, permettant le comptage total des particules à partir d'une taille de 7 nm et jusqu'à 1 micromètre. Cet appareil permet donc le comptage de fraction encore plus fines, et a été, pour cette raison, principalement placé sur les sites de proximité trafic de « Lyon Périphérique » et de « Lyon Trafic – Jaurès ». Depuis août 2019, l'Envi CPC est placé sur le site de « Lyon-Centre », permettant notamment d'avoir une mesure comparative pour l'UFP 3031 qui, depuis l'opération de maintenance de l'été 2017, semble sujet à des dérives de mesures annuelles (voir Annexe : « Validité des données »).

Calendrier des mesures

Depuis le début de leur installation sur site, les deux appareils UFP 3031 ont subi régulièrement des problèmes de calibration ou des pannes techniques, ainsi que des opérations de maintenance annuelles chez le constructeur de sorte qu'il n'est pas possible de valider et d'exploiter les mesures sur certaines périodes. Le compteur de particules « Envi-CPC » a été mis en service sur le site Lyon-Périphérique (en proximité trafic) à partir de 2016, mais a fonctionné correctement seulement à partir de janvier 2017. Depuis, quelques problèmes techniques sont également survenus, nous conduisant à invalider certaines périodes de mesure. La [Figure 4](#) présente le calendrier de l'ensemble du dispositif de mesure des PUF chez Atmo-AuRA depuis 2015, illustrant les périodes de mesures exploitables et celles où les données sont invalides ou manquantes.

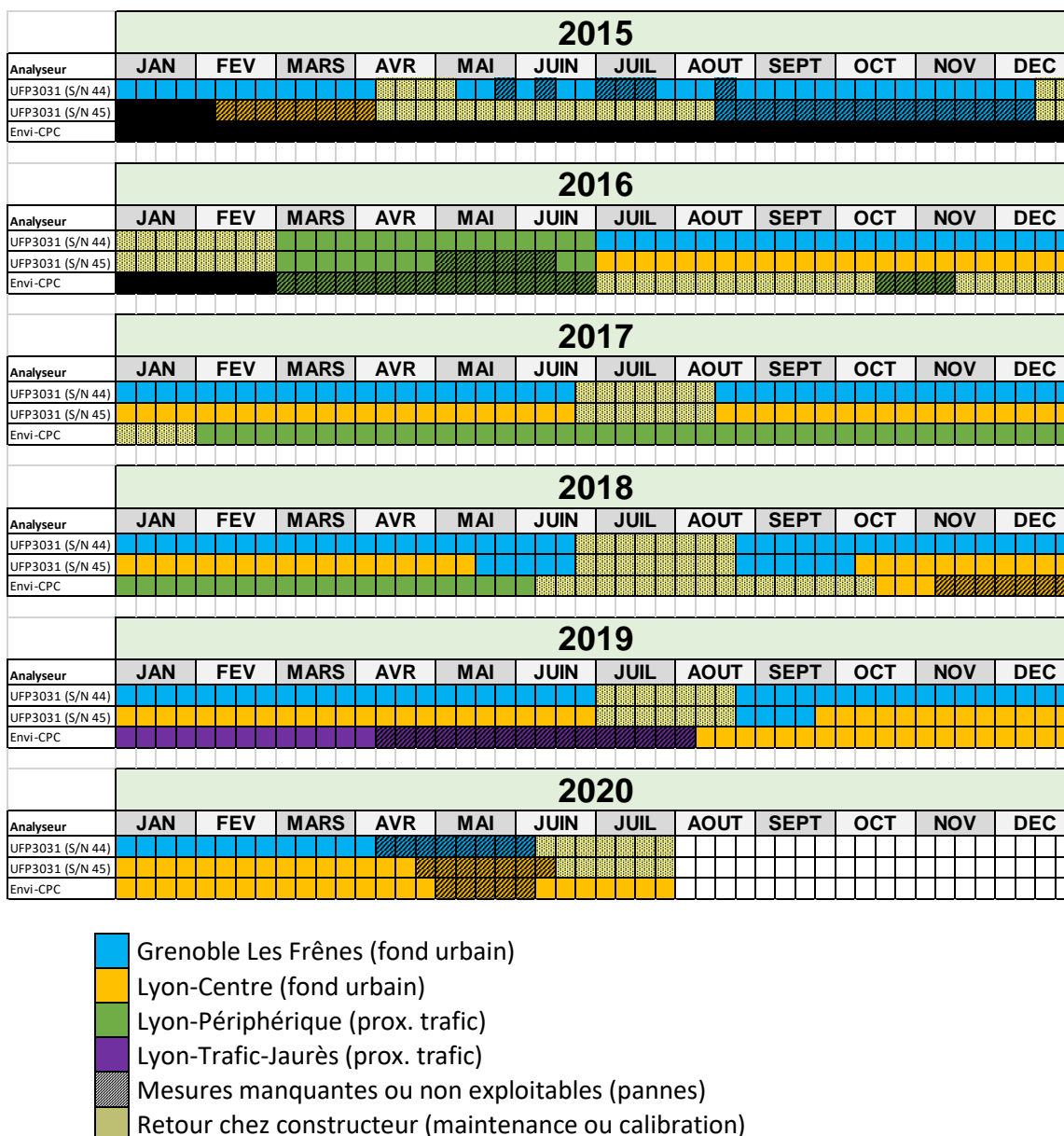


Figure 4: Calendrier des mesures des PUF chez Atmo AuRA depuis 2015

Sites de mesures

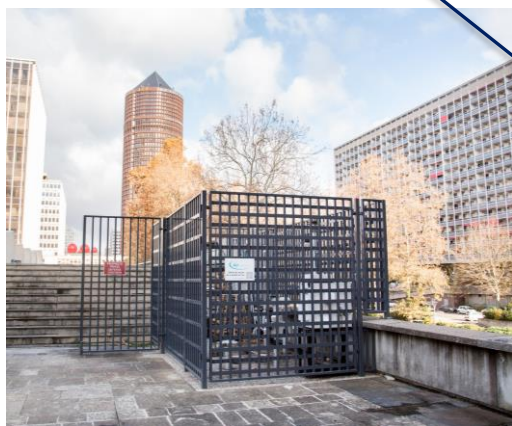
Après avoir réalisé des campagnes de mesures entre 2012 et 2014 sur plusieurs sites de l'agglomération grenobloise, l'objectif à partir de 2015 était d'étendre l'observatoire afin de pouvoir étudier les niveaux de particules ultrafines à l'échelle de la région.

Pour cela, les instruments ont été placés à partir de 2015 sur des sites de typologie urbaine de fond et urbaine avec influence trafic sur **Lyon et Grenoble** :

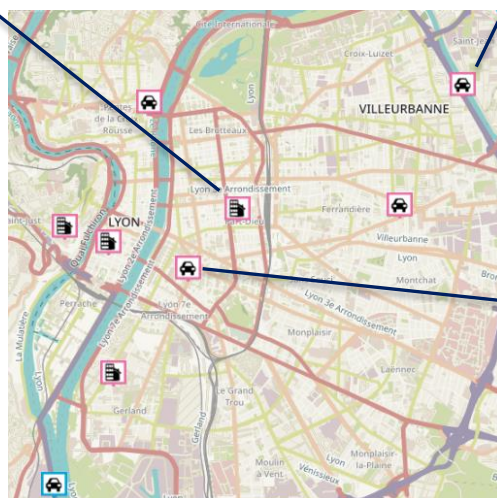
- Un UFP 3031 sur le site « **Lyon-Centre** », au cœur de l'agglomération lyonnaise. La station de Lyon Centre est la station la plus équipée de la région Auvergne-Rhône-Alpes, ce qui en fait une station de référence incontournable dans le dispositif de surveillance. Implantée en plein centre urbain, elle permet de suivre l'exposition moyenne des populations aux phénomènes de pollution atmosphérique dits « de fond urbain ». Sans influence d'émetteurs industriels, cette station est implantée pour subir un moindre impact de la rue Garibaldi très fréquentée qui présente un trafic moyen pouvant atteindre les 40 000 véhicules par jour.

- L'ENVI-CPC a été installé successivement sur les sites de **Lyon Périphérique**, de **Lyon Trafic Jaures**, tous deux de typologie Urbaine-Trafic. Située en bordure directe d'axes de circulation majeurs (périphérique Lyonnais et avenue Jean-Jaurès), ces deux stations font référence dans le suivi des oxydes d'azote et des particules fines issus de trafic routier. Depuis l'été 2019, l'ENVI CPC se trouve dans la station de Lyon-Centre.

Lyon Centre



Lyon Périph.



Lyon Jaures trafic

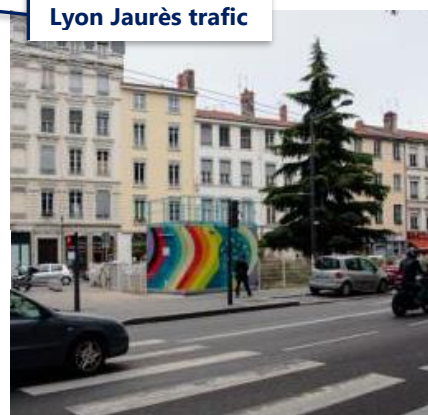


Figure 5: Sites de mesures des PUF sur l'agglomération lyonnaise

- Le second UFP 3031 est situé sur le site « **Grenoble les Frênes** », dans le centre-urbain de l'agglomération grenobloise. En deuxième place (après Lyon-Centre) en termes d'équipement et de mesures, cette station est située dans un quartier résidentiel avec une très forte densité de population, éloignée de sources industrielles et routières. L'UFP 3031 étant présent sur ce site depuis le tout début des mesures de PUF, il permet de garder une continuité et une référence avec les mesures réalisées de 2012 à 2014.

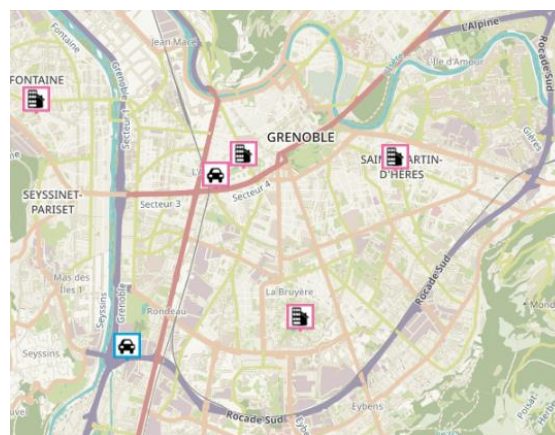


Figure 6: Site de mesure des PUF à Grenoble (station Grenoble Les Frênes)

Les stations de Lyon-Centre et de Grenoble Les Frères étant multi-instrumentées avec de nombreux analyseurs mesurant une grande diversité de polluants (réglementés ou non), elles permettent également de renseigner en continu sur la caractérisation chimique des particules et donc indirectement sur leurs origines.

Dispositif national

Actuellement, la majorité des sites de mesures des PUF en France, mis en place dans le cadre du GT PUF, sont de typologie « Fond urbain » ou « Proximité Trafic » et équipés d'appareils UPF3031. Ils sont complétés par quelques sites de proximité industrielle, comme le montre la carte ci-dessous.

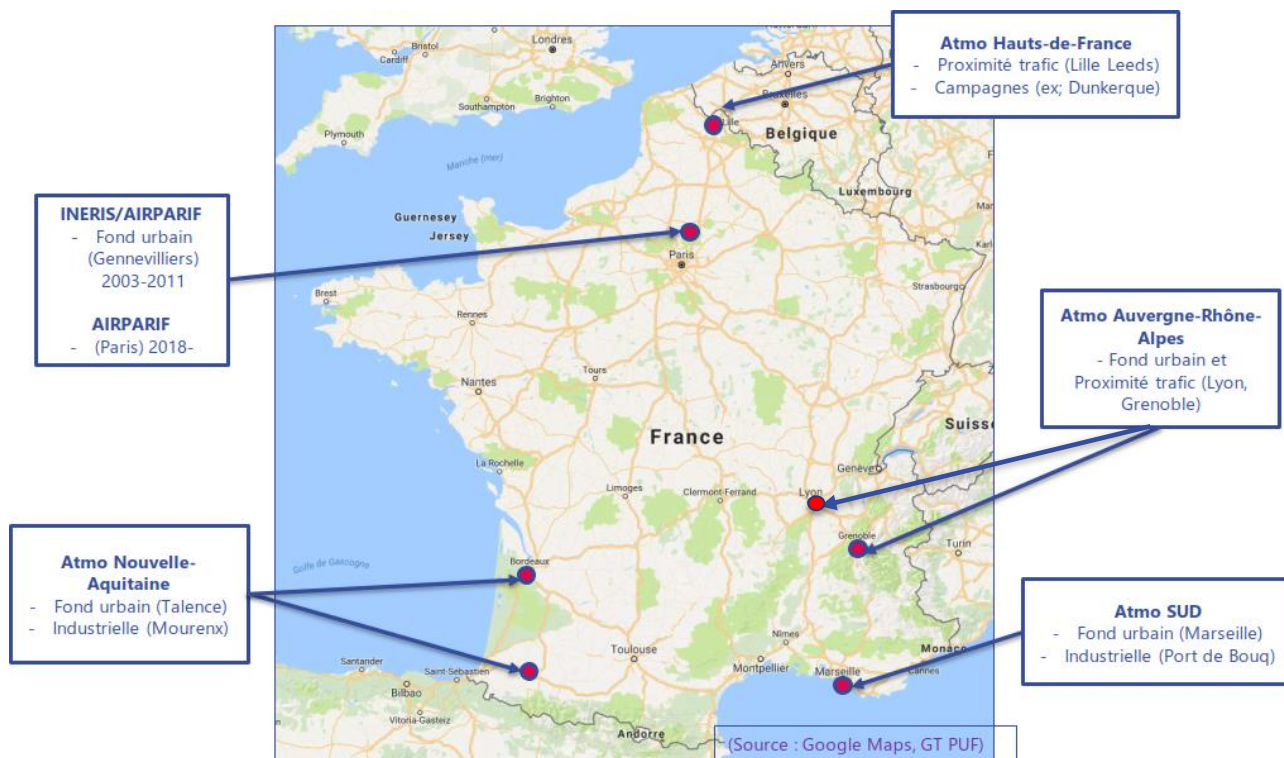


Figure 7 : Carte de France des sites de surveillance de PUF

L'ensemble de ce réseau de mesure permet d'établir des comparaisons entre des sites de même typologie mais également de connaître les niveaux moyens de ces polluants subatomiques sur une large partie du territoire national.

2. Synthèse des résultats

L'ensemble du dispositif de mesure des PUF déployé sur le territoire de la région Auvergne-Rhône-Alpes permet de connaître différentes caractéristiques de ces polluants. Leur analyse porte tout d'abord sur leur distribution granulométrique, c'est-à-dire la part que chaque classe de taille occupe en termes de nombre dans un échantillon d'air. Il s'agit ensuite d'étudier l'évolution des niveaux mesurés au cours du temps, à partir de moyennes horaires, journalières ou mensuelles ce qui permet également d'appréhender davantage leurs principales sources (grâce à des signaux temporels spécifiques mais aussi par l'analyse des profils granulométriques). Enfin, l'observation des différences et similitudes entre les deux sites investigués (Grenoble Les Frênes et Lyon Centre) rend possible la comparaison des niveaux sur des territoires différents mais de même typologie (fond urbain).

1.1. Distribution granulométrique

L'analyse des données des UFP 3031 permet, en plus d'obtenir le nombre total des particules comprises entre 20 nm et 800 nm, de connaître la répartition granulométrique de celles-ci en différentes classes de taille. Il est alors possible d'étudier les profils granulométriques sur des sites de mesures de typologie variées et ainsi de caractériser l'influence de différentes sources (trafic, résidentiel, industrie, etc...) sur le nombre et la taille des PUF présentés dans l'air ambiant.

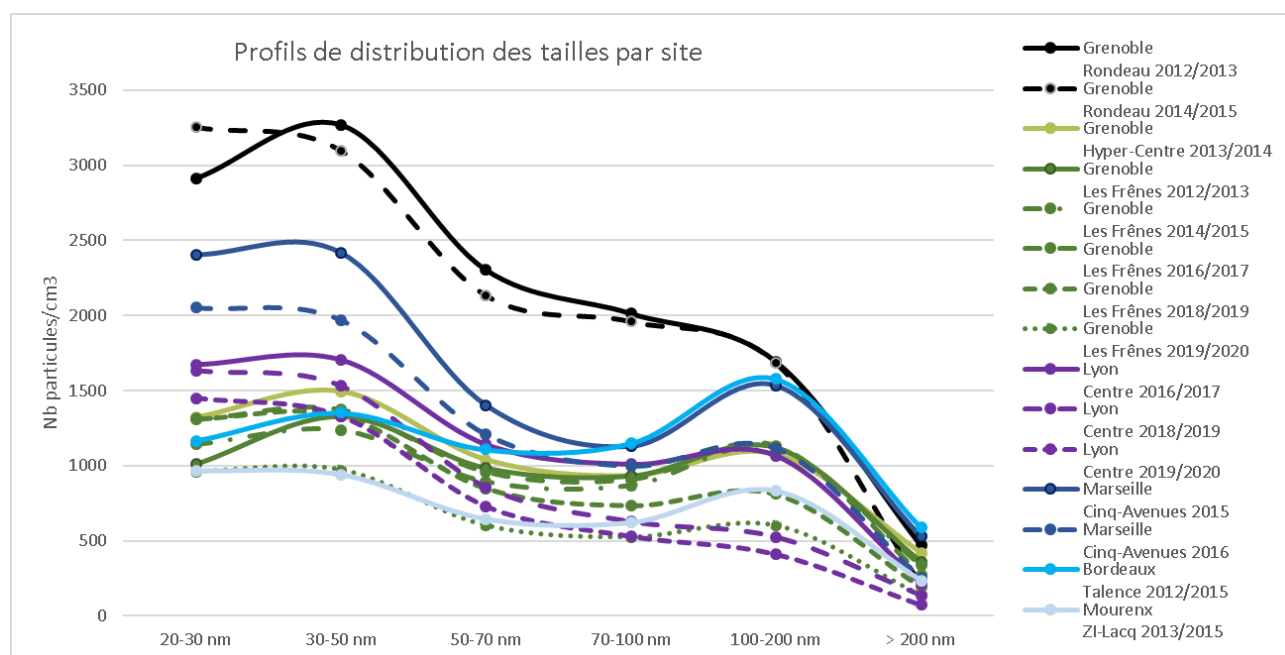


Figure 8: Répartition granulométrique sur différents sites de mesures (UFP 3031) en France

En étudiant cette répartition par classe de taille sur plusieurs sites de mesures en France (Figure 8), on remarque d'une part, que la contribution des plus petites particules (2 premières classes comprises entre 20-30 nm et 30-50 nm) est plus importante sur les sites principalement influencés par le trafic routier (Grenoble Rondeau, Marseille Cinq-Avenues). Celle-ci semble également plus forte sur le site de Lyon-Centre que sur Grenoble Les Frênes.

D'après les conclusions des précédents rapports, ces 2 classes de tailles sont de bons indicateurs des sources de trafic (particules primaires, jeunes, encore très petites). Ceci pourrait donc s'expliquer par le fait que la densité du trafic et d'axes de circulation autour du site de fond urbain à Lyon-Centre est plus importante que sur le site de fond urbain à Grenoble. On observe également la part importante des particules des classes

comprises entre 70 et 200 nm sur les sites de fond urbain, davantage influencés par la combustion de biomasse en hiver.

Le graphique suivant (Figure 9) illustre les contributions des différentes tailles en moyenne sur plusieurs périodes de mesure sur « Grenoble Les Fresnes » et « Lyon Centre ». La part des particules les plus fines est plus importante sur Lyon que sur Grenoble et semble augmentée légèrement sur les trois périodes de mesures représentées. Sur Grenoble, cette augmentation est également présente entre les périodes 2016/2017 et 2017/2018 mais semble moins marquée. Sur ce site, la part des PUF les plus grossières (> à 100 nm) est presque deux fois supérieure à celle sur Lyon. Ces observations rejoignent celles de la figure précédente et confirment les différences en termes d'influence de source au niveau des deux sites : une influence du trafic plus prononcée sur Lyon et une plus importante de la combustion de biomasse sur Grenoble.

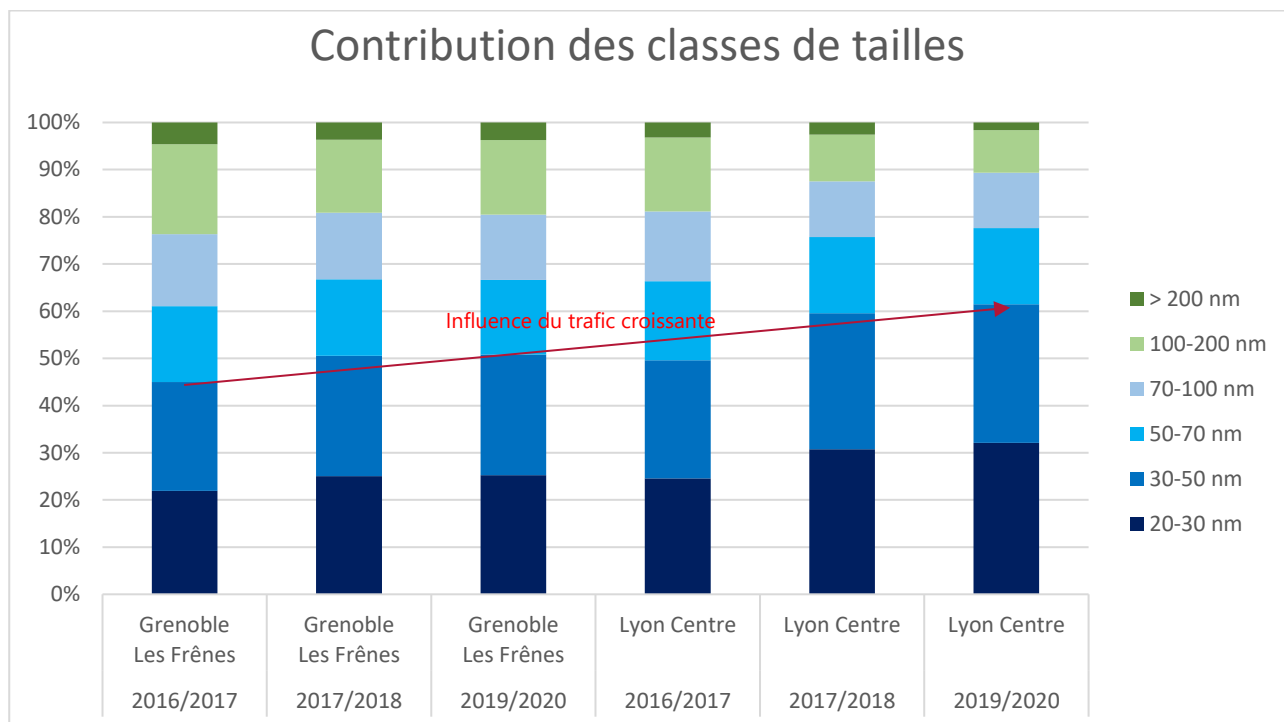


Figure 9 : Contribution des classes de taille de PUF en fonction des sites de mesures

Les deux graphiques de la Figure 10 représentent les distributions granulométriques à Lyon et Grenoble lors d'épisode de pollution hivernaux particuliers sur l'année 2019 en comparaison avec une période également hivernales (février 2019) mais sans épisode de pollution.

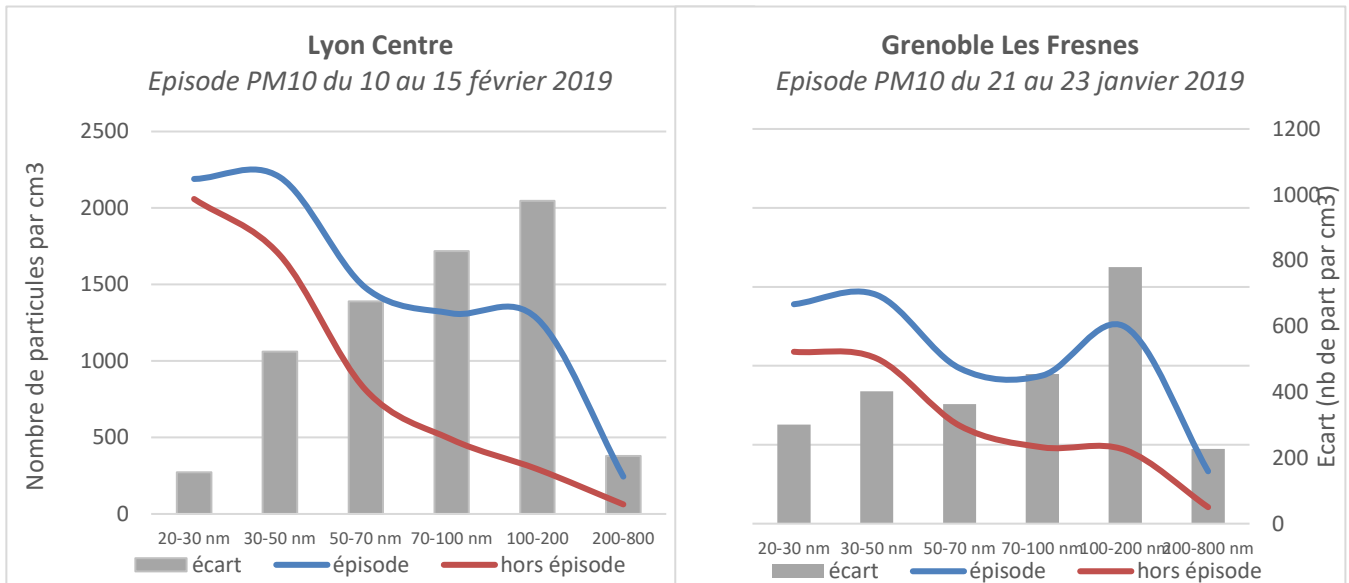


Figure 10: Comparaison des profils granulométriques en épisode et hors épisode de pollution de type PM

Dans un premier temps, on remarque que les niveaux pour chacune des fractions de taille sont plus élevés lors des épisodes de pollution, ce qui s'explique facilement du fait que ces périodes sont, de façon générale, plus propice à l'accumulation des polluants. Néanmoins, ce phénomène est davantage marqué sur les fractions plus grossières qui sont celles plus influencées par le secteur résidentiel et la combustion de biomasse, premiers responsables des épisodes de pollution particulaire en hiver. Cet écart semble également plus prononcé sur Lyon que sur Grenoble sur lequel seul la fraction 100-200 nm semble significativement impactée. Le site lyonnais étant situé en plein centre-ville, avec la présence de voiries importantes assez proches, les niveaux mesurés sur ce site sont influencés à la fois par la combustion de biomasse liée au secteur résidentiel mais également par le trafic routier. Cela est visible sur la Figure 10 qui montrent que l'écart (axe de droite) entre une période d'épisode et une hors épisode est bien marquée pour toutes les fractions comprises entre 30 et 200 nm.

En bref

L'analyse de la distribution granulométrique sur les deux sites de mesure confirment les résultats des années précédentes. Les PUF les plus fines sont davantage liées au trafic routier et sont, de ce fait, plus nombreuses sur les sites proches d'axes routiers importants comme le site de Lyon Centre. De plus, la comparaison de profils granulométriques de période hivernales « normales » avec ceux lors d'épisode de pollution particulaire montrent que ceux-ci sont davantage influencés par la combustion de biomasse, ce qui s'illustre par l'augmentation marquée des fractions de PUF les plus grossières. L'augmentation des fraction plus fines sur le site de Lyon lors d'épisode de pollution montrent là encore que ce site a un profil plus « mixte », influencé également par le trafic routier.

1.2. Niveaux moyens

1.2.1. Evolution des moyennes annuelles

Le graphe ci-dessous (Figure 11) présente les concentrations moyennes mesurées avec les analyseurs UFP 3031 (nombre de particules/cm³, avec un cumul par classes de taille) sur différentes périodes entre avril 2012 et mars 2020.

Les niveaux de Grenoble les Frênes et Lyon-Centre sont moyennés sur des périodes de 2 années pour combler le manque de données pour certains mois. Ces niveaux sont comparés à d'autres sites de mesures sur des périodes statistiquement comparables, à Grenoble (en proximité trafic et en hyper centre-ville) ou ailleurs en France (un site à Marseille et deux sites en Nouvelle Aquitaine). Sur la dernière période représentée (2019/2020), les données de Grenoble et de Lyon-Centre correspondent à une période d'un an, comprise entre mars 2019 et mars/avril 2020. L'intégralité de l'année 2020 sera présentée dans le prochain rapport.

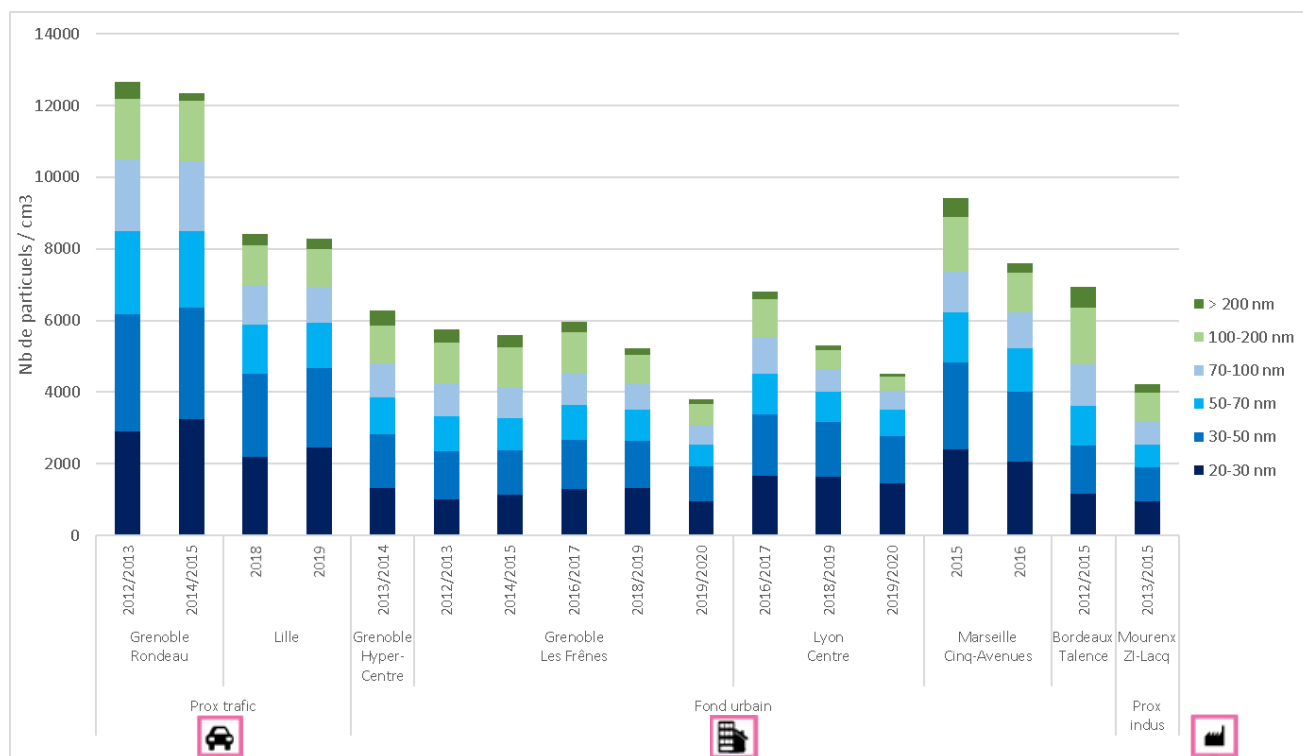


Figure 11: Moyennes mensuelles et répartition granulométrique sur différents sites de mesure en France

De manière globale, les concentrations de PUF mesurées entre avril 2012 et mars 2020 sur les sites de fond urbain « Grenoble Les Frênes » et « Lyon Centre » sont 2 fois moins élevés que ceux mesurés en proximité trafic sur le site du « Rondeau » à Grenoble entre 2012 et 2015. D'autre part, les niveaux sur ces deux sites de fond urbain se situent dans une moyenne relativement « basse » comparativement à ceux mesurés sur d'autres sites de fond urbain comme à « Talence » (site de fond en périphérie de Bordeaux) ou à « Cinq-Avenues » (site de fond à Marseille).

Sur le site de Grenoble Les Frênes (Figure 11), les niveaux moyens mesurés entre 2012 et 2017 sont quasiment constants pour chaque période de 2 ans. En 2016/2017, avec des niveaux qui se rapprochent de ceux qui ont été mesurés entre 2012 et 2014 place Felix Poulat, située dans l'hyper-centre-ville de Grenoble. Sur la période 2019/2020, les niveaux mesurés sur ce même site diminuent significativement et deviennent les plus bas entre tous les sites et périodes présentés sur ce graphique.

Sur le site de Lyon-Centre (Figure 11), comparativement à Grenoble Les Frênes, les niveaux mesurés sur la période 2016/2017 sont plus élevés, mais ils diminuent légèrement sur la période 2018/2019 pour atteindre des niveaux similaires à ceux du site grenoblois. Cette baisse des niveaux observées sur les deux sites de la

région peut être liée, du moins en partie, aux températures particulièrement douces relevées partout en France sur ces deux hivers. Cependant cette baisse n'est pas observée sur le site de Lille¹. Il serait intéressant de regarder également les données 2019/2020 d'autres sites en France.

Concernant les mesures par CPC, représentées en moyennes annuelles sur la Figure 12, les niveaux de PUF sont très différents d'un site à l'autre. Pour l'année 2020, les données correspondent uniquement au premier trimestre, elles ne peuvent être comparées directement à des années complètes.

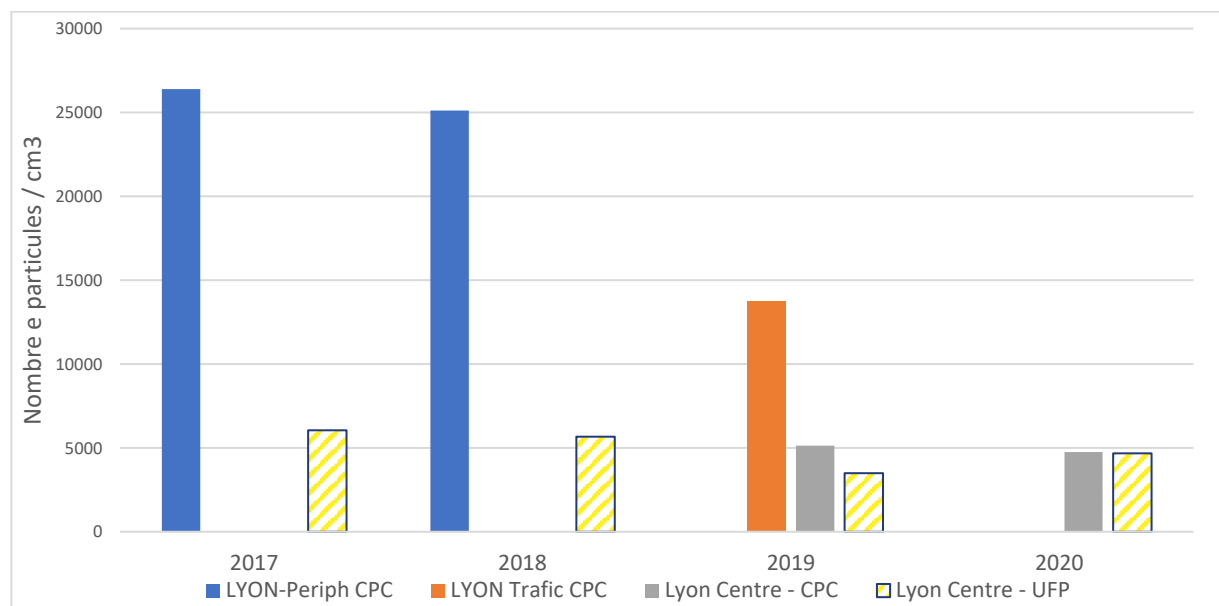


Figure 12 : Moyennes annuelles mesurées sur les sites lyonnais par le CPC et l'UFP 3031

Les mensuelles annuelles relevées sur le site de « Lyon Périphérique » en 2017 et 2018 sont deux fois plus élevées que ceux relevés en 2019 sur le site « Lyon Trafic » et jusqu'à quatre fois plus élevés que celles mesurées à « Lyon Centre » en 2019 et 2020. On retrouve dans ces résultats l'influence du trafic routier, déjà observé sur les données des UFP 3031, qui contribue à l'émission de particules les plus fines, quantitativement les plus élevées en nombre.

Si le nombre de PUF mesurés par le CPC sur le site de « Lyon Trafic » se rapproche de celui mesuré par l'UFP 3031 entre 2013 et 2015 sur le périphérique grenoblois (Figure 11 et Figure 12), les niveaux relevés sur le site de « Lyon Périphérique » dépassent largement tous les relevés effectués par les UFP 3031 sur l'ensemble des sites, y compris le site de typologie « proximité trafic » situé au niveau du Rondeau à Grenoble qui sont presque deux fois plus bas. Ces résultats illustrent encore une fois la part importante des PUF issues du trafic routier ainsi que la granulométrie plus fine présente sur les sites proches des voiries. En effet, l'instrument de mesure CPC permet de quantifier une gamme de taille de PUF plus large que les UFP, allant de 7 nm à 1000 nm, soit 1 µm (alors que l'UFP mesure les PUF dont la taille est comprise entre 20 nm et 800 nm). Or, l'analyse des profils granulométrique sur les données des UFP 3031 montre bien, d'une part, que ce sont les particules les plus petites qui sont les plus nombreuses dans l'air ambiant et, d'autre part, que leur nombre et leur part augmentent avec l'influence du trafic routier. Il semble donc logique que le nombre de PUF mesuré par CPC sur un site très influencé par le trafic routier (tel que le site de « Lyon Périphérique »), soit plus important que sur d'autres sites. Les données de comptage du trafic sur les périphériques lyonnais et grenoblois, s'élevant respectivement à 140 000 véhicules par jour et 110 000 véhicules par jour (Données TMJA 2016), expliquent également la différence observée entre le site de « Lyon Périphérique » et celui de « Grenoble Rondeau ».

Sur le site de « Lyon Centre », les niveaux relevés par CPC sont similaires à ceux retrouvés sur d'autres sites de typologie de « fond urbain » à l'aide des UFP (Figure 11 et Figure 12). Ce type de site étant davantage influencé par la combustion de biomasse qui produit des particules plus grossières, la différence instrumentale est de

¹ Données fournies par Atmo Hauts de France

fait moins marquée. La comparaison des mesures par UFP et par CPC sur le site de Lyon-Centre en 2019 et 2020 montrent que ceux-ci sont semblables avec les deux instruments. Cependant, en 2019, un écart plus prononcé entre les deux instruments semble appuyer l'hypothèse d'un biais analytique déjà mentionné. Il est toutefois normal d'observer une différence entre les deux instruments puisque les gammes de tailles mesurées ne sont pas les mêmes. Il serait intéressant de comparer ces résultats avec d'autres mesures CPC sur d'autres sites (de typologie « proximité trafic » mais également d'autre typologie).

En bref

Au regard des années précédentes, les niveaux moyens annuels mesurés sur 2019 et 2020 sont en diminution. Toutefois, les deux hivers ayant été particulièrement doux, avec des conditions météorologiques plutôt favorables à la dispersion des polluants, un suivi sur les prochaines années est nécessaire pour pouvoir confirmer cette tendance à la baisse.

1.2.2. Evolution des moyennes mensuelles

Les graphiques ci-dessous présentent l'évolution des moyennes mensuelles mesurées à Grenoble Les Frênes et à Lyon-Centre, entre janvier 2016 et juin 2020, avec le nombre de Particules Ultra Fines d'une part (échelle de gauche), et les concentrations en NO₂ et en PM₁₀ mesurées sur ces mêmes sites d'autre part (échelle de droite).

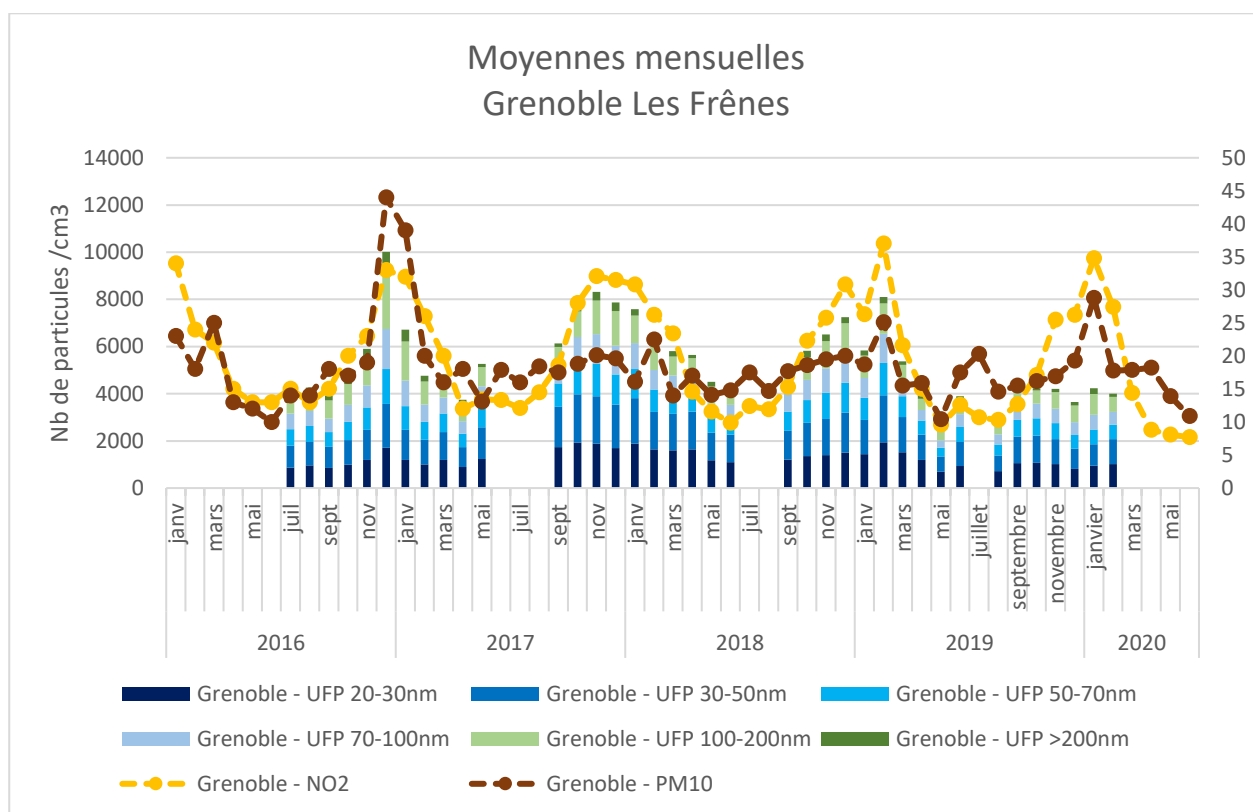


Figure 13: Evolution des moyennes mensuelles sur le site de Grenoble Les Frênes entre janvier 2016 et mai 2020

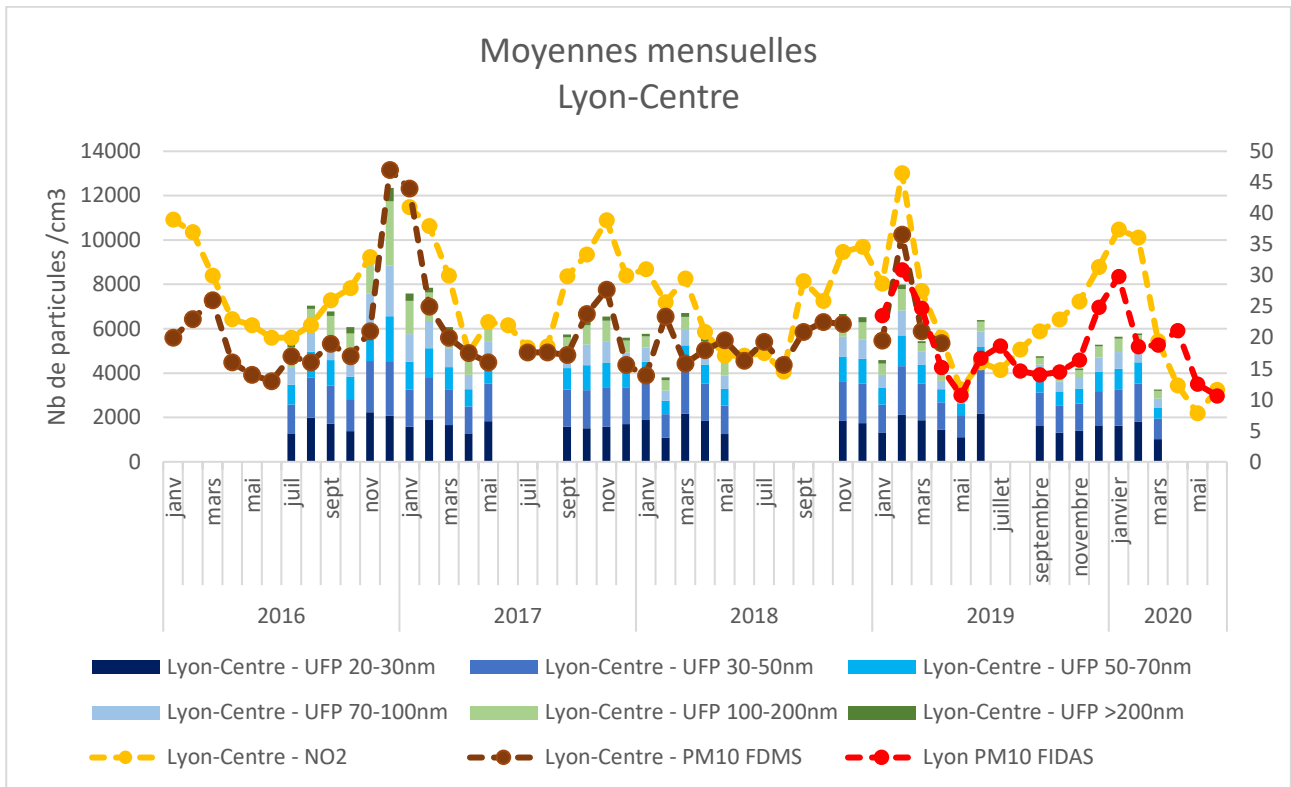


Figure 14 : Evolution des moyennes mensuelles sur Lyon-Centre entre janvier 2016 et mai 2020

Sur les deux sites de mesure, la saisonnalité des niveaux de PUF est relativement bien marquée, avec des valeurs maximales durant les mois les plus froids (en lien avec la période de chauffage et les conditions météorologiques plus favorables à l'accumulation des polluants) et des minima en périodes printanières ou estivales. Notons que les deux appareils UFP 3031 sont envoyés chaque été chez le constructeur pour une opération de maintenance annuelle, qui induit un manque de données sur cette période estivale, à priori la moins sensible à la pollution particulaire.

Sur la période de juillet 2016 à mai 2017, l'évolution du nombre total de PUF est assez bien corrélée avec celle des concentrations en PM10, notamment au mois de décembre 2016, où une forte hausse de concentration est observée sur les deux sites, en lien avec un épisode de pollution qui a touché l'ensemble de la région. En revanche, entre septembre 2017 et juin 2018, la corrélation entre les PUF et les PM10 est moins évidente.

Comme déjà vu dans les rapports précédents, l'évolution du nombre total de PUF sur le site de Grenoble semble mieux corrélée avec celle des concentrations en NO₂. Cette observation n'est toutefois pas valable pour le site de Lyon Centre pour lequel les niveaux de PUF semblent évoluer davantage comme les PM10.

Au cours de l'hiver 2019/2020, ces corrélations sont bien moins marquées sur les deux sites, tout comme la saisonnalité par rapport aux périodes de mesures précédentes. Si le mois de janvier 2020 est marqué par des niveaux de PM10 et de NO₂ les plus élevés de l'année (expliqué par plusieurs jours d'épisode de pollution au cours du mois), les niveaux de PUF restent globalement assez constants tout au long de l'hiver.

Le graphique ci-dessous (Figure 15) présente les moyennes mensuelles mesurées sur Lyon-Centre à l'aide de l'instrument UFP mais également celles mesurés par le CPC sur les différents sites investigués sur l'agglomération lyonnaise.

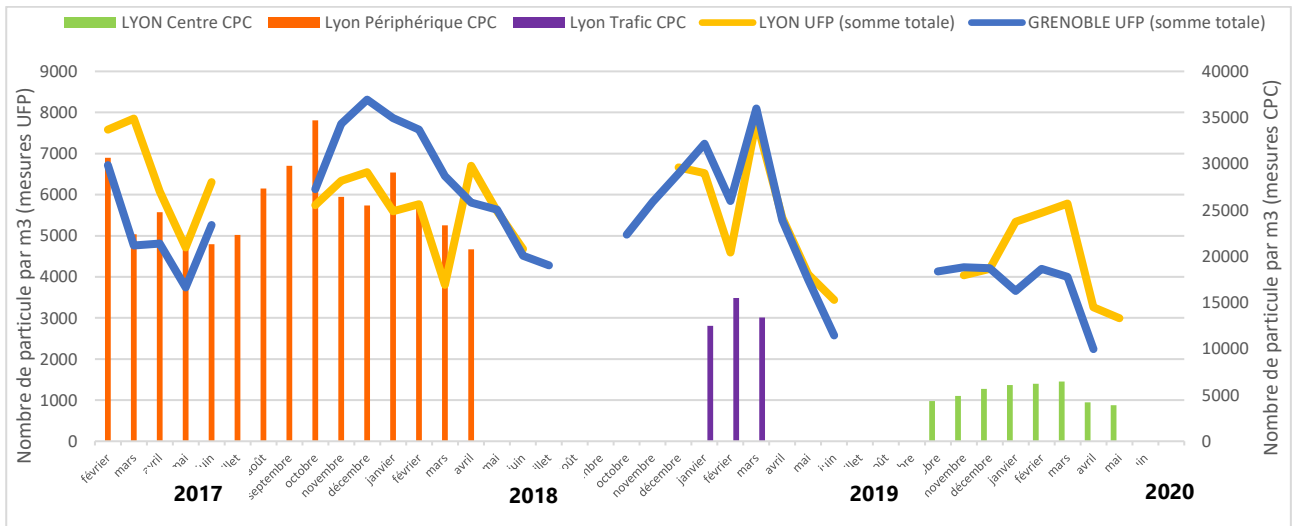


Figure 15: Moyennes mensuelles mesurées sur Lyon et Grenoble par les appareils UFP et CPC depuis janvier 2017

Jusqu'au mois de mars 2018, les moyennes mensuelles sur Lyon sont toujours supérieures à celles mesurées sur Grenoble. Par la suite, les analyseurs ne suivent plus la même tendance que précédemment, les niveaux de PUF sur Grenoble les Frênes étant identiques voire supérieurs à ceux relevés sur le site de Lyon-Centre. Or, comme vu sur la Figure 13 et la Figure 14, les niveaux de NO₂ et de PM₁₀ sont bien supérieurs sur le site de Lyon et ce, chaque année. Si cette tendance s'inverse de nouveau avec les données du premier trimestre de 2020, les mesures de PUF sur les deux sites restent faibles cette année au regard des deux polluants majeurs qui eux, présentent des niveaux similaires à ceux des années précédentes, en particulier sur le site de Grenoble les Frênes. Les mesures issues de l'instrument CPC situé sur le site de Lyon Centre sont toutefois bien corrélées avec des données de l'UFP. Elles permettent donc, dans une certaine mesure, de valider les données de l'appareil UFP 3031 situé sur le site de « Lyon Centre ».

Les graphes suivants (Figure 16 et Figure 17) présentent l'évolution des niveaux mensuels des PUF sur les sites de Grenoble les Frênes et Lyon-Centre sur les années 2019 et 2020 avec la répartition par taille.

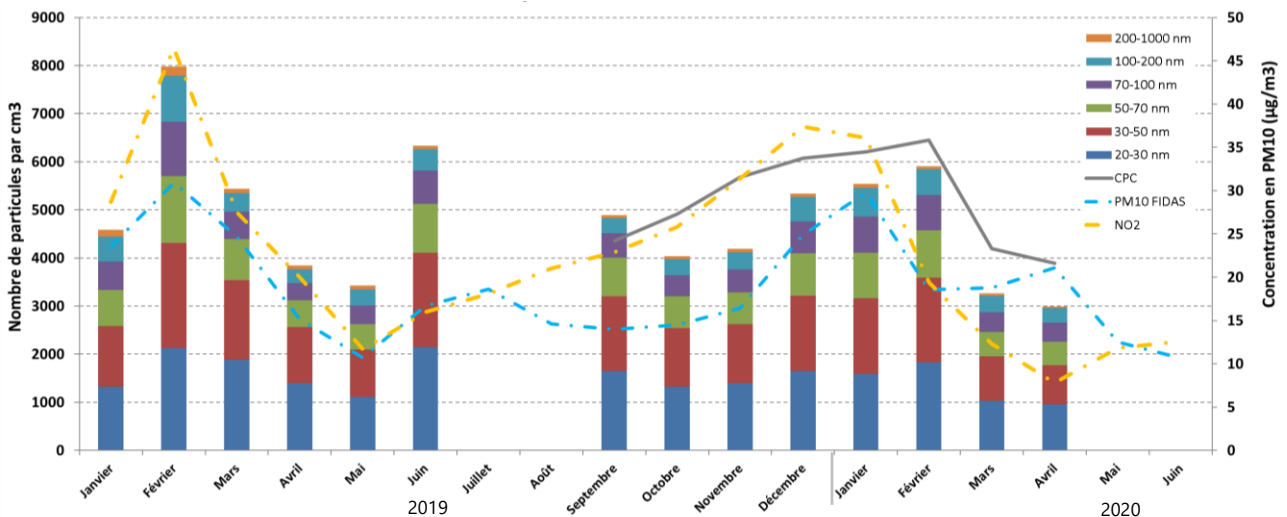


Figure 16: Evolution des moyennes mensuelles en PUF, PM₁₀ et NO₂ sur le site de Lyon Centre en 2019 et 2020

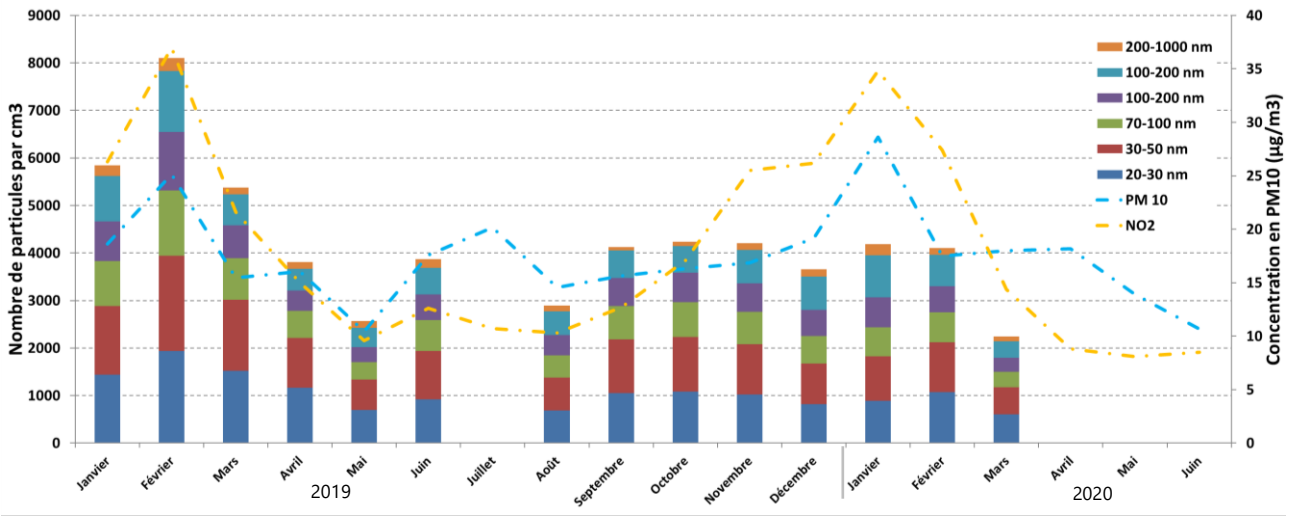


Figure 17: Evolution des moyennes mensuelles en PUF, PM10 et NO₂ sur le site de Grenoble les Frênes en 2019 et 2020

En premier lieu, les niveaux sont globalement plus élevés sur le site de Lyon que sur celui de Grenoble, sauf pour le mois de janvier 2019 où ils sont légèrement plus élevés sur ce dernier. Si en 2019, l'évolution des moyennes mensuelles est semblable sur les deux sites, elle diffère significativement en 2020 avec des niveaux mesurés sur Grenoble qui restent particulièrement bas et constants tout au long de la période investiguée. Sur Lyon, bien que la saisonnalité soit moins prononcée qu'en 2019, l'augmentation des niveaux liées à la période hivernale (saison de chauffe et conditions météorologiques favorables à l'accumulation des polluants) est tout de même présente sur les mois de décembre à février. Sur les deux sites, on observe sur les mois d'hiver 2019 une légère augmentation de la contribution des PUF les plus grossières (> à 50 nm).

Concernant la corrélation avec les polluants majeurs PM10 et NO₂, les niveaux de PUF sur les deux sites sont très bien corrélés avec le NO₂ pour l'année 2019. Comme vu précédemment, sur l'année 2020, cette corrélation est beaucoup moins évidente. En revanche, entre septembre 2019 et avril 2020, les mesures du CPC situé à Lyon-Centre sont bien corrélées avec celles de l'UFP 3031 situé sur le même site.

A titre de comparaison, les graphes ci-dessous (Figure 18) présentent l'évolution mensuelle des niveaux PUF sur le site de « Lille Fives » sur les années 2018 et 2019 (données fournies par Atmo Hauts De France).

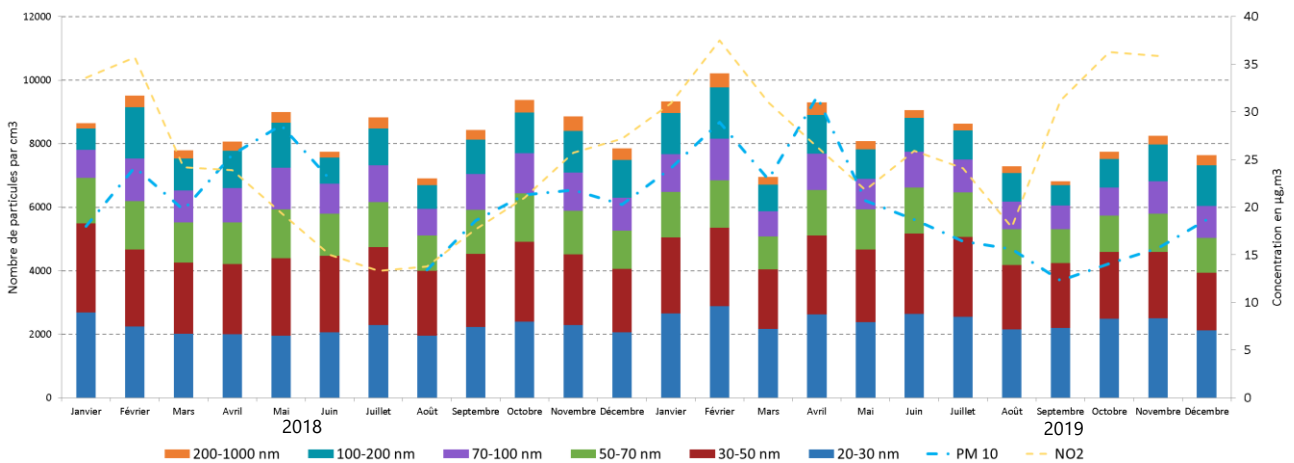


Figure 18: Evolution des moyennes mensuelles des PUF sur le site de Lille Fives en 2018 et 2019 (Atmo Hauts de France)

Sur ce site, la saisonnalité est beaucoup moins marquée que sur les sites de Grenoble et de Lyon, avec des écarts entre les maximums et les minimums annuels plus faibles. En effet, les niveaux de PUF relevés sur Lille diminuent de 30% entre les mois de février et de septembre 2019 alors qu'ils diminuent de 70% sur le site de Lyon entre les mois de février et de mai de la même année. Concernant la répartition des différentes classes de tailles, peu de variations sont observables sur les données mensuelles de la station lilloise. Les niveaux de

PUF sur ce territoire semblent donc plus constants que ceux relevés sur les sites de la région AuRA. Cette comparaison avec les données relevées par Atmo Hauts de France sur le site de Lille Fives montre donc que l'évolution du nombre de PUF peut être différente en fonction du type d'environnement et de sources présentes autour du site de mesure.

La Figure 16 et la Figure 17 nous permettent également d'observer l'impact du début du confinement sur les niveaux de PUF, les deux appareils étant tombés en panne rapidement après. Pour les mois de mars et avril 2020, marqués par la crise sanitaire et la situation inédite de confinement, les niveaux diminuent brutalement sur les deux sites. Les mesures du mois de mars 2020 sont ainsi presque deux fois plus basses que celles du mois de mars 2019. Ces résultats peuvent s'expliquer par la baisse générale des émissions très prononcée, particulièrement visible sur dioxyde d'azote¹. Cette baisse semble présente pour toutes les tailles de PUF. Bien qu'une panne technique soit survenue sur l'appareil situé à Grenoble à partir du 23 mars et jusqu'au mois de juin, ne permettant pas de suivre l'évolution des niveaux de PUF sur Grenoble les mesures du mois d'avril sur le site de Lyon permettent de confirmer cette tendance à la baisse. Les niveaux au mois d'avril sur Lyon sont encore plus bas que ceux du mois de mars et sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés au mois de mai 2019, période où les conditions météorologiques sont plus favorables à la dispersion des polluants dans l'air ambiant.

La figure suivante (Figure 19) permet également de visualiser l'évolution des PUF pendant le début du confinement à partir des moyennes journalières. A titre comparatif, les mêmes données sur l'année 2019 sont également représentées sur ce graphique.

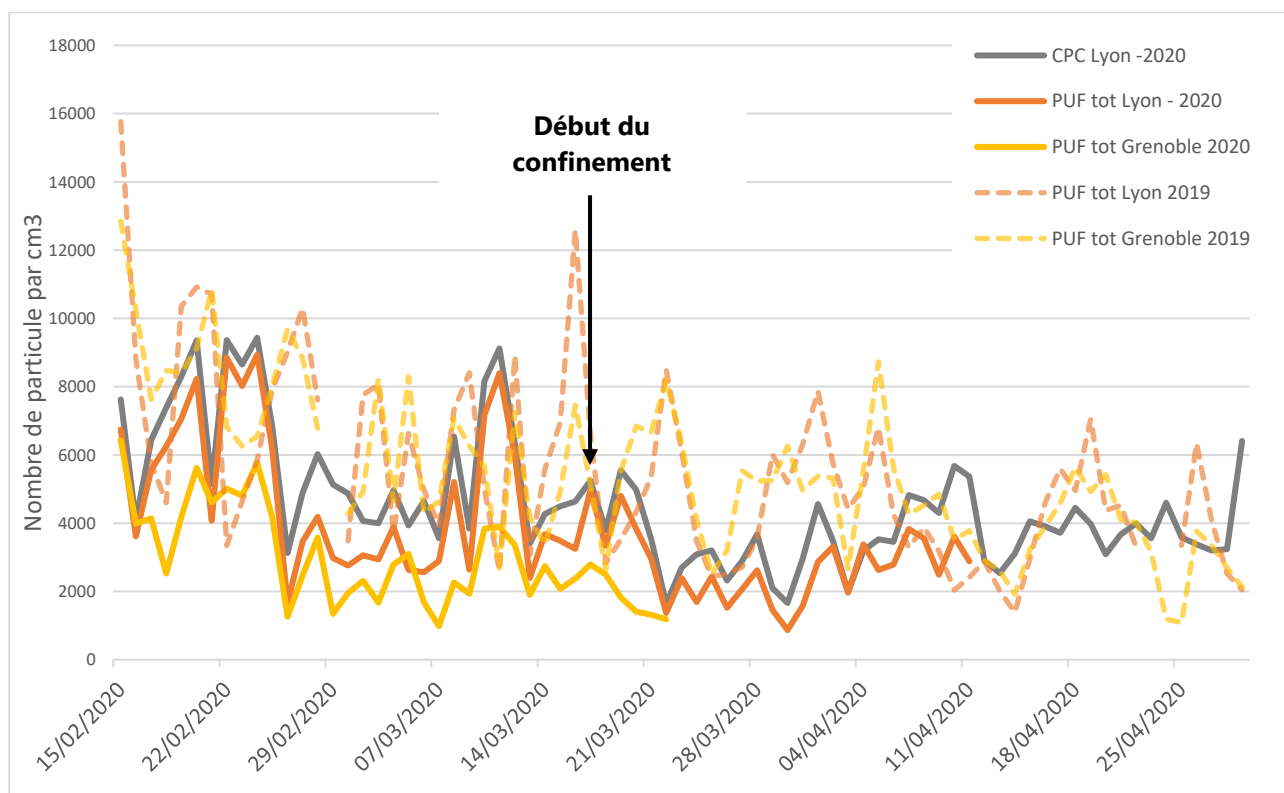


Figure 19 : Moyennes journalières des PUF du 15 février au 25 avril 2020

La tendance à la baisse observée sur les moyennes mensuelles est également remarquable sur les moyennes journalières, particulièrement entre le 17 et le 30 mars, date à laquelle les relevés sur Lyon sont les plus bas parmi les mesures 2019/2020. Sur cette même période, les niveaux totaux de PUF sont deux à trois fois plus faibles que ceux relevés sur la même période en 2019. Après cette date, les niveaux semblent augmenter légèrement et s'aligner sur ceux de 2019. Il est important de noter qu'au début du mois de mars, avant le début

¹ Publication d'Atmo Aura sur l'impact du confinement: <https://www.atmo-auvergne-rhonealpes.fr/actualite/coronavirus-suivi-de-levolution-de-la-qualite-de-lair-3-semaines-apres-le-deconfinement>

du confinement, les niveaux mesurés par les UFP sur Lyon et Grenoble sont également inférieurs à ceux relevés en 2019. Les mesures réalisées par le CPC sur le site de Lyon-centre suivent la même tendance mais ne peuvent être comparées aux données des années précédentes (l'appareil était placé sur un autre site). En plus de cette tendance à la baisse, c'est une stabilité plus prononcée des niveaux qui s'observe à partir du début du confinement. Ce phénomène semble être caractéristique du confinement et non de la saison puisque les données 2019 sont marquées par des variations prononcées également sur cette période.

En bref

L'évolution des moyennes mensuelles montrent donc que les niveaux de PUF sur les deux sites de mesure sont légèrement inférieurs à ceux mesurés lors des années précédentes. Ils sont également plus stables et montrent une saisonnalité moins marquée en particulier sur l'hiver 2019/2020. Le début de printemps 2020, marqué par une période inédite de confinement, est caractérisé par une tendance à la baisse des niveaux observée aussi bien sur les moyennes mensuelles que sur les données journalières. Ceux-ci semblent également plus stables avec des amplitudes de niveaux moins importantes que les mois précédents et que la même période en 2019. L'absence de données à partir du mois d'avril ne nous permet pas de suivre l'évolution des niveaux tout au long du confinement ni au moment du déconfinement.

1.3. Profils moyens journaliers

L'étude des profils moyens journaliers permet de visualiser les variations des niveaux de PUF au cours d'une journée, et donc d'identifier des signaux caractéristiques d'activités humaines particulières (ex : trafic routier, chauffage au bois, etc..) qui pourraient expliquer ces variations. Elle permet également de comparer ces variations avec celles d'autres polluants afin d'établir des corrélations.

Les graphiques suivants (Figure 20) montrent les profils moyens journaliers calculés sur les mois de juin 2019 et janvier 2020, représentant deux saisons contrastées, ainsi que pendant l'épisode de pollution au particules fines qui a eu lieu fin janvier 2020. Il est important de noter que le mois de juin 2019 a été marqué par plusieurs jours d'épisode à l'ozone, les territoires de Lyon et Grenoble ayant été particulièrement touchés.

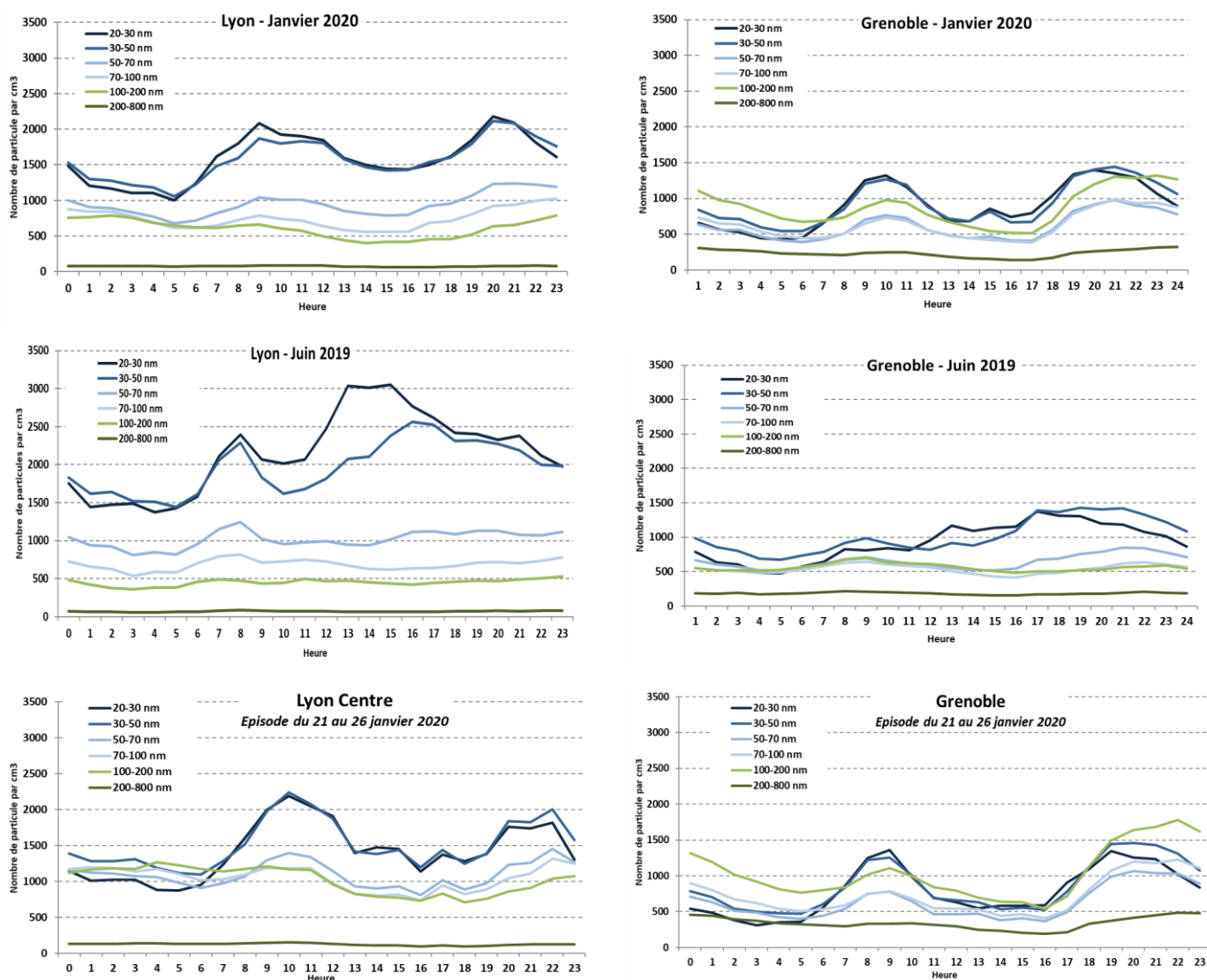


Figure 20 : Profils moyens journaliers des PUF en hiver (vignette du haut), en été (vignettes du centre) et lors de l'épisode de pollution du 21 au 26 janvier 2020 (vignettes du bas)

Ces profils journaliers sont assez différents d'un site à l'autre et surtout d'une saison à l'autre.

- Sur Lyon et Grenoble en hiver, les profils des particules de tailles inférieure à 100 nm ont un profil pendulaire, avec un pic plus important le matin et le soir (en lien avec les émissions du trafic automobile). En revanche, les niveaux redescendent plus bas vers midi sur Grenoble alors que sur Lyon, les niveaux restent plus élevés. Si sur Grenoble, les courbes de toutes les classes de tailles inférieures à 200 nm se

chevauchent presque (niveaux et variations similaires), les particules les plus fines (entre 20 et 50 nm) se distinguent des autres sur le site de Lyon par des niveaux plus élevés et des pics diurnes plus marqués.

- Au mois de juin les niveaux sur Grenoble sont légèrement plus bas qu'en hiver avec un profil plus aplati. En soirée, les niveaux augmentent tout de même, de façon progressive entre 16h et 23h. Sur Lyon en été, les niveaux sont identiques voire plus élevés qu'en hiver, avec des profils plus aplatis pour les particules supérieures à 50 nm. En revanche les particules de plus petite tailles (entre 20 et 50 nm) ont un profil plus marqué et plus élevé qu'à Grenoble, avec un maximum en milieu d'après-midi pour les particules de taille 20-30 nm. Ceci pourrait être lié à la formation de particules secondaires en même temps que les processus photochimiques responsables de la formation d'ozone. Cette hypothèse est alimentée par le fait que sur le mois de juin 2019, plusieurs jours d'épisode à l'ozone ont eu lieu.
- Lors d'épisode de pollution de type « PM10 », les observations sont les mêmes que celles faites pour le mois de janvier à une différence près pour le site de Grenoble : les niveaux des particules les plus grossières (> à 100 nm) sont bien plus importantes lors d'un épisode de pollution. Ce type d'épisode étant principalement lié à la combustion de biomasse, ainsi qu'à des conditions aérologiques favorables à l'accumulation des polluants, la part des particules grossières, traceurs de cette source, augmente. Ce constat est également fait sur Lyon avec les niveaux des particules comprises entre 50 et 200 nm qui sont plus importants en épisode par rapport à une période hivernale plus classique.

Les deux graphiques suivants (Figure 21) représentent les profils moyens journaliers pendant le début du confinement (du 17 au 23 mars pour Grenoble et du 17 mars au 10 avril pour Lyon).

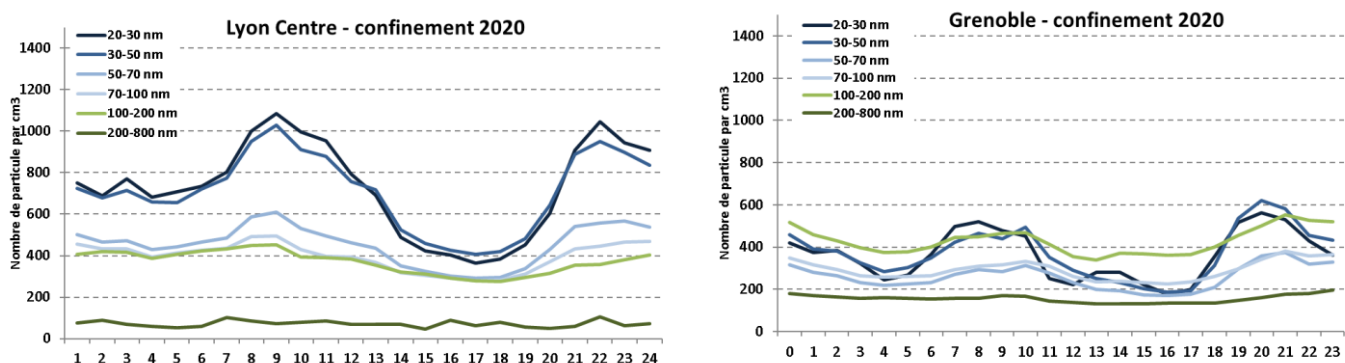
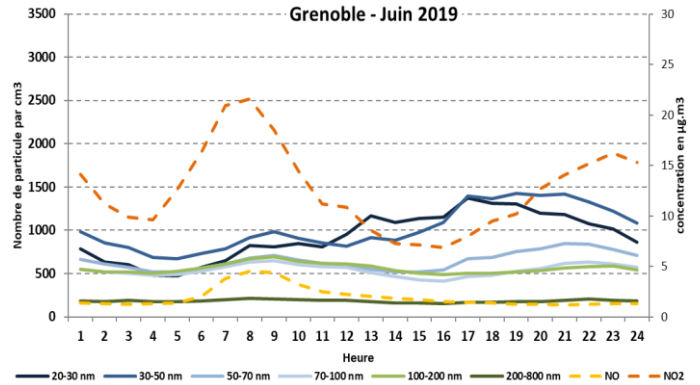
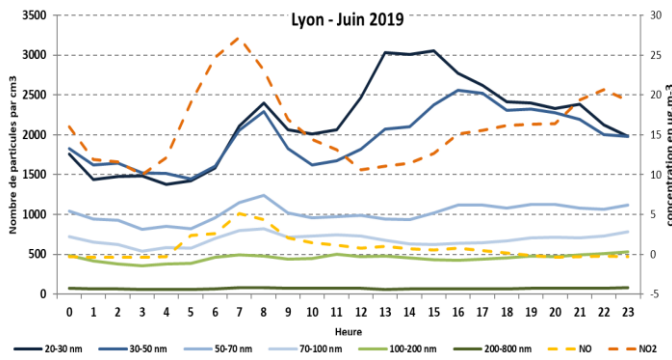


Figure 21 : Profils moyens journaliers pendant le début du confinement, du 17 au 23 mars pour Grenoble et du 17 mars au 10 avril pour Lyon.

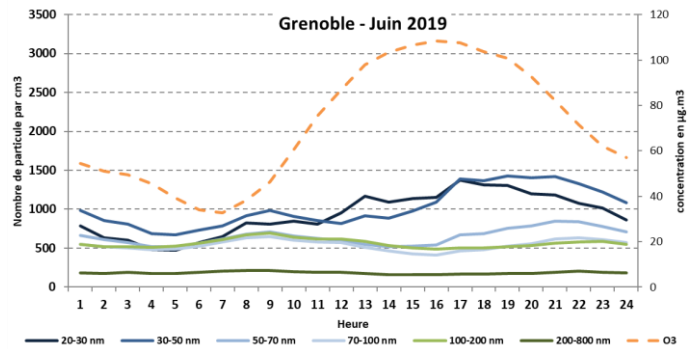
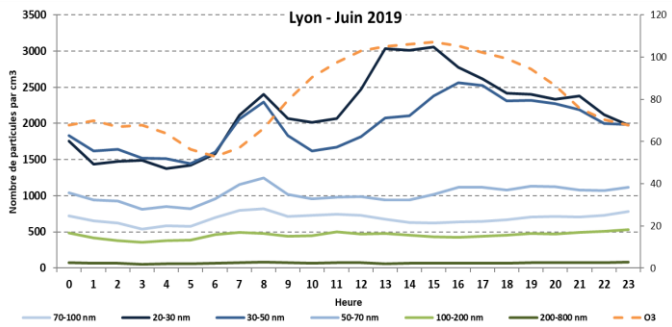
Sur Grenoble, l'évolution journalière des niveaux de PUF au début du confinement suit les mêmes tendances que celles en période hivernale « normale » sauf pour les fractions les plus grossières (entre 100 et 800 nm) qui sont plus élevées. C'est d'ailleurs la fraction entre 100 et 200 nm qui est la plus importante sur l'ensemble de la journée avec un profil plutôt stable. Pour Lyon, les profils sont également similaires à ceux observés au mois de janvier avec des pics le matin et le soir particulièrement marqués pour les fractions les plus fines. Pour les deux sites, les niveaux pour l'ensemble des fractions sont en revanche bien plus bas que lors du mois de janvier précédent.

Les graphes suivants (Figure 22) représentent les profils journaliers des PUF sur Lyon et Grenoble en été (mois de juin 2019) avec ceux du monoxyde d'azote et du dioxyde d'azote, des particules fines (PM10, PM2,5 et PM1) et de l'ozone. Ces comparaisons permettent d'établir des corrélations entre l'évolution journalière de ces différents paramètres selon la saison et son influence. Les six figures suivantes représentent les comparaisons des profils journaliers en été 2019.

Comparaison avec le NO et le NO₂



Comparaison avec l'ozone



Comparaison avec les particules fines

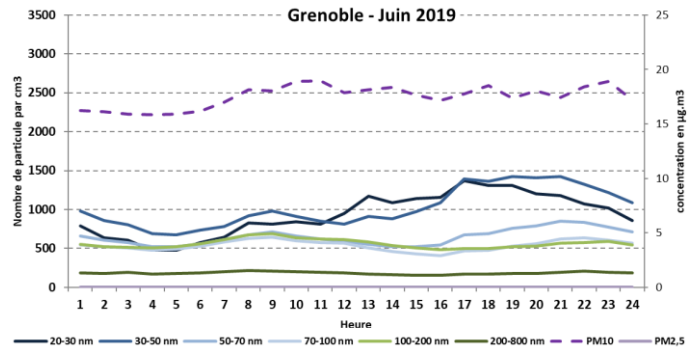
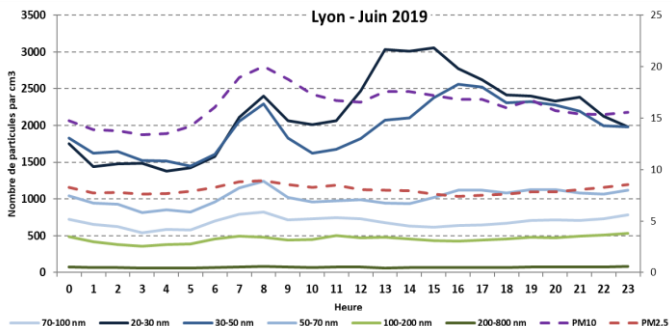
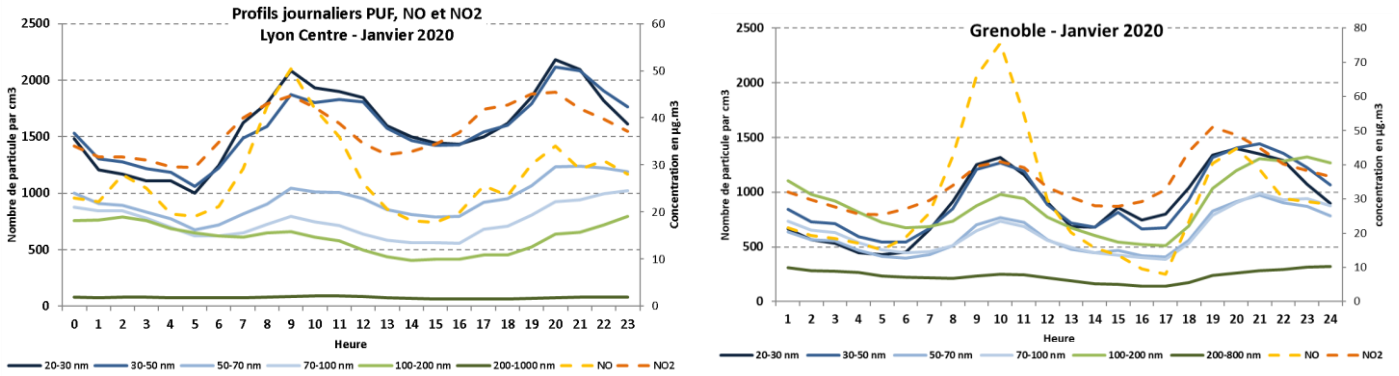


Figure 22 : Comparaison des PUF avec le NO, NO₂, l'O₃ les PM10 et PM2,5 en juin 2019

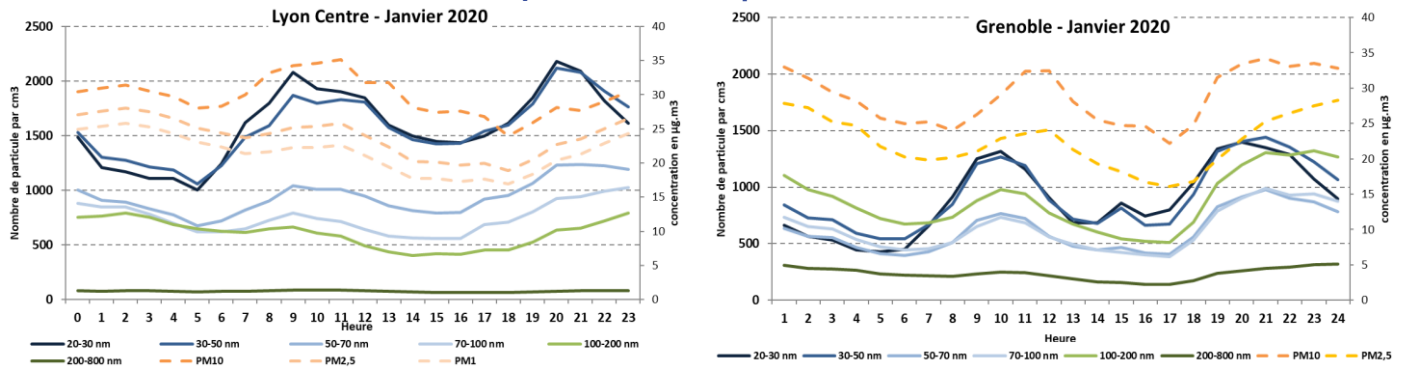
En période estivale, les profils d'oxyde d'azote ou de particules fines semblent moins similaires à ceux des PUF qu'en hiver. A l'inverse, les profils des PUF sur Lyon sont bien corrélés avec celui d'ozone, avec une augmentation importante mais progressive des niveaux sur la journée et une plus petite au milieu de la nuit. Ces observations sont particulièrement marquées pour les particules les plus fines (comprises entre 20 et 50 nm). Ces résultats semblent indiquer que la hausse des niveaux de PUF de plus petites tailles en été est liée à des phénomènes de formation de particules secondaires issues de processus photochimiques.

Les 6 graphiques suivants (Figure 23) représentent les comparaisons des profils journaliers des PUF en janvier 2020 avec ceux du monoxyde d'azote et dioxyde d'azote, des particules fines (PM10 et PM2,5) et des PMff et PMwb qui correspondent respectivement à la part des particules fines issues de la combustion de matière fossile et celles issues de la combustion de biomasse. Ces deux paramètres sont des traceurs du trafic routier et dans une moindre mesure de l'activité industrielle (PMff) et du chauffage au bois en hiver (PMwb).

Comparaison avec le NO et le NO₂



Comparaison avec les particules fines



Comparaison avec les PMff (fuel fossile) et les PMwb (wood burning)

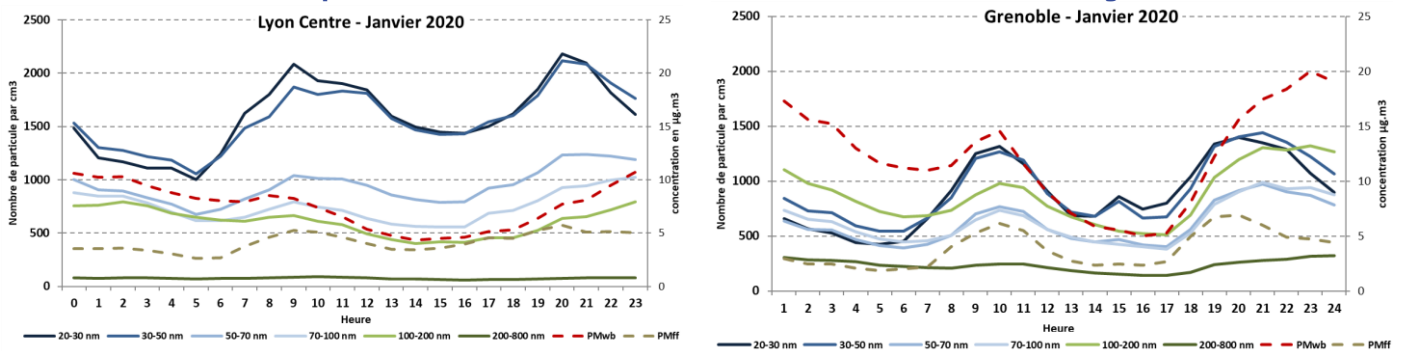


Figure 23 : Comparaison des PUF avec le NO, NO₂, l'O₃ les PM10 et PM2,5 en janvier 2020

Ces graphes montrent notamment que :

- Sur Grenoble, les profils des classes de tailles comprises entre 20 et 50 nm sont très bien corrélés avec les profils des particules primaires issues de la combustion fuel fossile (PMff) en hiver. Ces particules sont émises principalement par le trafic et dans une moindre mesure par le secteur industriel. Le profil des particules de tailles comprises entre 100 et 200 nm est quant à lui plutôt corrélé avec le profil des particules primaires issues de la combustion de biomasse (PMwb). Ces particules sont donc émises principalement par le chauffage au bois en période hivernale. Sur Lyon, les profils de ces deux paramètres sont assez plats et ne sont pas particulièrement corrélés avec les niveaux de PUF.
- Concernant les particules fines sur Grenoble, elles sont particulièrement bien corrélées avec les PUF comprises entre 50 et 200 nm, confirmant la part importante de la combustion de biomasse dans les émissions de PUF sur ce territoire. Sur Lyon, les niveaux de particules fines semblent évoluer de façon similaire aux PUF les plus grossières (supérieures à 50 nm) mais cette corrélation est beaucoup moins prononcée que sur Grenoble.
- En revanche, Les profils de PUF sur Lyon en hiver sont très bien corrélés avec celui du NO₂ et ce, pour toute les classes de tailles qui évoluent sensiblement de la même façon. Sur Grenoble, le profil du NO₂ est également bien corrélé avec toutes les PUF de taille inférieure à 200 nm, indiquant que sans doute la part du trafic routier est loin d'être négligeable.

En bref

Les profils journaliers moyens des PUF évoluent différemment sur Lyon et Grenoble et selon les saisons. Sur Lyon en hiver, les niveaux varient au cours de journée avec un pic le matin et un autre le soir. Ce phénomène est principalement marqué pour les fractions fines. En été, les profils journaliers sont inversés avec une nette augmentation en milieu de journée. Sur Grenoble, les différentes fractions évoluent davantage de façon similaire. En hiver, les profils marquent également un pic le matin et le soir, comme sur Lyon alors qu'en été, ils sont particulièrement stables et n'augmentent que très légèrement en milieu de journée. Pour les deux sites, les profils journaliers en épisode de pollution particulaire évoluent de la même façon qu'en période hivernale « normale » avec des niveaux des fractions grossières toutefois plus élevés. Les profils pendant le confinement sont également similaires à une période hivernale « normale » bien que marqués par des niveaux plus bas.

Sur Lyon en été, les profils sont bien corrélés avec l'ozone en particulier pour les fractions fines alors qu'en hiver ce sont les fractions grossières qui semblent évoluer de la même façon que les particules fines PM10 et PM2,5 et en particulier avec celles issues de la combustion de biomasse (PMwb). Sur Grenoble, la corrélation avec l'ozone en été est moins marquée. En revanche, les niveaux en hiver sont très bien corrélés avec le NO₂ ainsi que les particules fines issues de la combustion de biomasse.

3. Valorisation des résultats

Depuis 2015, ATMO Auvergne Rhône-Alpes a souhaité travailler sur la valorisation des résultats obtenus, notamment à grâce l'exploitation de l'historique de mesures.

Ce souhait a été partagé avec les autres AASQA ayant mis en place des mesures de PUF et, en 2016, 2 posters ont été réalisés avec l'aide du LCSQA dans la cadre du GT PUF :

- L'un portant sur l'évaluation de la technologie : avec pour objectif de valoriser les campagnes d'intercomparaison qui ont permis d'évaluer des incertitudes sur les données mesurées.
- L'autre portant sur les mesures : avec pour objectif de valoriser les résultats obtenus sur l'ensemble des campagnes de mesures réalisées depuis 2012 et de porter à connaissance la mise en place en France d'un « observatoire nationale des PUF ».

Ils ont été présentés par [Olivier Le Bihan \(INERIS/LCSQA\)](#) et [Alexandre Thomasson \(ATMO Auvergne-Rhône-Alpes\)](#) lors de 2 évènements regroupant plusieurs acteurs internationaux qui travaillent sur la thématique des aérosols et plus particulièrement sur les particules ultra fines ou les nanoparticules : l'EAC (European Aerosols Conference) à Tours en 2016 et la conférence Nanosafe sur Grenoble en 2016 et 2018.

En 2016 et 2018, la PNS (Plateforme Nano-Sécurité de Minatec à Grenoble) a demandé à ATMO Auvergne-Rhône-Alpes d'animer une [table ronde autour des enjeux de la qualité de l'air et des solutions pour réduire les niveaux de particules, incluant les problématiques des PUF et des nanoparticules](#).

Au-delà de ces évènements, la valorisation des résultats est principalement réalisée au niveau du GT national PUF, à travers le partage d'expériences et des données avec les autres membres du GT, ainsi que par la production et la publication de bilans annuels. Ceux-ci permettent notamment de réaliser des comparaisons entre les résultats obtenus sur différents territoires et différentes typologies de site mais également d'homogénéiser et de mutualiser au niveau national le travail réalisé par les différentes ASQAA ainsi que l'ensemble des résultats obtenus. **Ce groupe de travail a également permis de mettre en place une stratégie nationale de surveillance des PUF. Enfin, il permet aussi d'assurer une veille technologique partagée afin d'identifier et de recommander les appareils les plus adaptés pour répondre à la fois à la fiabilité métrologique et aux contraintes normatives associées à cette thématique.**

4. Conclusions et Perspectives

Conclusion

Depuis 2011, ATMO Auvergne-Rhône-Alpes a démarré un Observatoire des Particules Ultra Fines en réalisant des mesures sur les agglomérations de Grenoble et de Lyon. Deux instruments UFP 3031 sont placés sur des sites multi-instrumentés de référence en fond urbain : les sites « Grenoble les Frênes » et « Lyon-Centre ». Après avoir été placé Sur le site « Lyon-Périphérique » puis sur « Lyon Trafic Jaurès », l'instrument CPC est également placé depuis août 2019 sur le site de « Lyon-Centre ».

L'exploitation des données de 2019 et 2020 a permis de montrer les résultats suivants :

- L'analyse de la distribution granulométrique sur Lyon et Grenoble montrent que la contribution des différentes fractions de taille varie selon l'influence des sites de mesure. Plus le site est influencé par le trafic routier, plus les fractions fines auront une contribution importante. A l'inverse, sur les sites davantage influencés par la combustion de biomasse, tel que « Grenoble les Frênes », les fractions les plus grossières (supérieures à 100 nm) auront une plus grande part. Ces résultats confirment ceux présentés dans les rapports précédents.
- Les niveaux moyens mesurés en fond urbain sur le site de Grenoble-Les-Frênes et Lyon Centre se situent, depuis le début des mesures, dans une moyenne basse comparativement à ceux mesurés sur d'autres sites de fond urbain en France. Les mesures sur 2019 et 2020 sont en baisse par rapport aux mesures des années précédentes, tendance qui reste à confirmer avec les prochaines données. De plus, l'écart entre les niveaux relevés sur Grenoble et Lyon en 2017 et 2018 est moins important sur la période 2019/2020. En effet, en 2019, les niveaux relevés sur Lyon sont plus bas que les années précédentes et sont similaires à ceux mesurés sur Grenoble. En 2020, la tendance semble revenir à la « normale » avec des niveaux sur Lyon qui sont entre 15 et 20% plus élevés que sur Grenoble.
- L'évolution des moyennes mensuelles montrent que les niveaux de PUF sont également plus stables que les années précédentes avec une saisonnalité moins marquée. Le début de printemps 2020, marqué par une période inédite de confinement, est caractérisé par une tendance à la baisse des niveaux observée aussi bien sur les moyennes mensuelles que sur les données journalières. Les mesures sont également plus stables avec des amplitudes de niveaux moins importantes que les mois précédents et que la même période en 2019.
- Les profils journaliers moyens des PUF évoluent différemment sur Lyon et Grenoble et selon les saisons. En hiver sur les deux sites, les niveaux varient au cours de journée avec un pic le matin et un autre le soir. Sur Lyon, ce phénomène est principalement marqué pour les fractions fines alors que sur Grenoble, toutes les fractions sont concernées. En été, les niveaux évoluent de façons inverses avec une augmentation en milieu de journée. Ce phénomène, beaucoup plus prononcé sur Lyon, suggère que les variations des niveaux de PUF en été sont liées avec des processus de formation de particules secondaires issue de réactions photochimiques participant au cycle de formation de l'ozone. Sur Grenoble, c'est en hiver que les niveaux montrent des corrélations avec les polluants majeurs que ce soit les particules fines PM10 et PM2,5 ou le NO₂. La bonne corrélation des niveaux avec les mesures de particules issues de la combustion de biomasse (PMwb) illustre encore une fois que le site de Grenoble est significativement influencé par cette source.

La réflexion concernant la validité des données doit être poursuivie en lien avec le GT PUF et les constructeurs des appareils UFP. Ainsi, les tendances observées au cours des années précédentes pourront être confirmées.

Perspectives

Exploitation de données :

Les résultats exploités sur la période 2019-2020 viennent confirmer un certain nombre d'éléments déjà conclus sur les années précédentes. Dans le cadre du GT PUF, il est prévu de poursuivre l'exploitation des données au travers d'échanges avec les membres des autres AASQA mesurant les PUF, notamment pour évaluer les tendances sur le long terme.

Technique :

Entre 2015 et 2020, les instruments de mesures UFP 3031 ont subi plusieurs problèmes de calibration ou de panne, de sorte qu'il n'a pas été possible de valider et exploiter toutes les mesures. Ceci montre que l'obtention de résultats de mesures dépend fortement de la technicité des instruments et qu'il faut poursuivre l'investissement pour maintenir les appareils en bon état de fonctionnement.

Dans le cadre du GT PUF des inter-comparaisons réalisées entre 2012 et 2015 ont permis d'évaluer la fiabilité et les incertitudes des appareils ou de déceler d'éventuelles dérives. Des échanges avec les constructeurs ont lieu régulièrement mais ne permettent pas de résoudre l'ensemble des problèmes. Les réflexions et échanges menés récemment par les membres du GT conduisent à s'orienter davantage vers les instruments CPC, dont la mesure de comptage global est fiable et suffit aux études épidémiologiques. Jusqu'au déploiement d'un parc suffisant et robuste en 2024, l'implantation de CPC en parallèles des granulomètres de type UFP 3031 est favorisé. Il a été souligné également par les membres du GT que le comptage global est plus fiable que le comptage par classe granulométrique. En effet, ce dernier induit une somme d'incertitudes par classe granulométrique qui sont chacune estimées, corrigées et ajustées par des algorithmes, donc moins fiable que le comptage global.

D'autres part, peu d'appareils actuellement sur le marché répondent aux exigences des textes normatifs. Dans ce cadre, des travaux sont menés avec les constructeurs qui devraient proposer sous peu des appareils qui feront à la fois du comptage global et du découpage granulométrique tout en respectant la norme.

Mesures :

Pour ATMO Auvergne-Rhône-Alpes, il est important de pérenniser l'observatoire des PUF afin d'avoir une vision des niveaux sur plusieurs zones de la région et de construire un historique de mesures suffisamment long afin d'aboutir à un véritable observatoire de cette famille de polluants. Pour l'instant, les mesures se poursuivent sur Lyon et Grenoble afin de consolider les conclusions sur la base d'années complètes. Par la suite, il pourrait être envisagé de sonder d'autres agglomérations, ou bien de se rapprocher de certaines zones industrielles ou multi-sources. En effet, des études récentes menées par Atmo SUD ont montré que les analyseurs de comptage des PUF pouvaient permettre de discriminer certaines sources industrielles, là où la mesure en masse des particules ne le permet pas forcément. Il pourrait être également intéressant de comparer les mesures de PUF avec des données mesurées par des micro-capteurs. Des premières investigations ont été réalisées en ce sens, qu'il conviendra d'exploiter et de poursuivre.

Valorisation des résultats :

La participation d'Atmo-AuRA aux différents événements présentés ci-dessus, ont été très enrichissantes pour faire connaître les travaux menés en France sur les PUF à l'échelle nationale et internationale et pour avoir de nouveaux contacts.

ATMO Auvergne Rhône-Alpes souhaite donc continuer à travailler sur la valorisation des résultats, et notamment à l'attention du grand public. Des réflexions seront menées pour communiquer plus activement sur les travaux entrepris et les résultats obtenus de manière simple et claire (bilans, synthèses, consultation des mesures en direct sur le prochain site web, etc...).

D'autre part, il sera également important à l'avenir de se rapprocher des acteurs de la santé afin d'étudier et valoriser les données sur le plan des impacts sanitaires.

Enfin, de premiers échanges avec la Fondation Rovaltain¹ laissent entrevoir la possibilité de valoriser l'observatoire (de la région, avec ceux des autres régions équipées) auprès des acteurs de la recherche. Des perspectives pourraient être ouvertes vers les thématiques de l'épidémiologie, de l'impact sur la santé, de la compréhension des sources, etc.

Suivi de l'observatoire des PUF au niveau national :

Le GT PUF continue de se réunir plusieurs fois par an pour suivre les actualités des différentes AASQA sur les études et l'observation des PUF.

Atmo SUD : Possède actuellement 2 analyseurs UFP 3031 et un Envi-CPC.

Un des UFP 3031 est implanté depuis 2015 sur « Marseille Cinq avenue », qui est un site multi-instrumenté (avec notamment 1 ACSM et 1 AE33). L'Université de Marseille va y installer également un SMPS.

L'autre UFP 3031 est implanté à « Port-de-Bouc », sur un site à influence industrielle. L'Envi-CPC est installé également sur ce site dans un premier temps.

Communication : les mesures de « PUF » sont publiées et disponibles sur leur site internet.

Projets 2017-2018 : un programme de surveillance des PUF est en cours sur une préoccupation émergente : l'impact des bateaux de croisières dans le cadre du programme « ports ».

ATMO Nouvelle Aquitaine : possède 2 analyseurs UFP 3031 depuis 2012 (acheté en même temps que ATMO Auvergne-Rhône-Alpes). Mesures en continu depuis plusieurs années sur Talence (proche de Bordeaux) et Mourenx (ZI de Lacq).

AIRPARIF : en 2018 : Achat d'un SMPS, avec une source à Rayon X.

ATMO Hauts de France : 2 analyseurs UFP 3031 achetés courant 2017. Ils sont placés sur le site de Lille Five.

ATMO Grand Est : ATMO Grand Est a fait l'acquisition de 2 appareils UFP 3031. Depuis novembre 2019, les PUF sont ainsi mesurées au sein des stations Clemenceau (station trafic en zone urbaine) et Danube (station de fond en zone urbaine) situées à Strasbourg.

¹ Lien vers le site officiel de la Fondation Rovaltain : <https://fcsrovaltain.org/>

Annexe : Validation des données

Depuis le début des mesures sur les sites de Grenoble les Frênes et de Lyon Centre, les niveaux de ce dernier étaient toujours légèrement supérieurs à ceux du premier (cf. Figure 24). A compter de l'été 2017 et suite à l'opération de calibration annuelle, la tendance s'est inversée et les données sur Grenoble sont plus élevées que celles sur Lyon, phénomène particulièrement visible sur les fractions supérieures à 50 nm. A titre d'illustration, les graphiques suivants représentent les moyennes mensuelles sur les deux sites entre juillet 2016 et mars 2020.

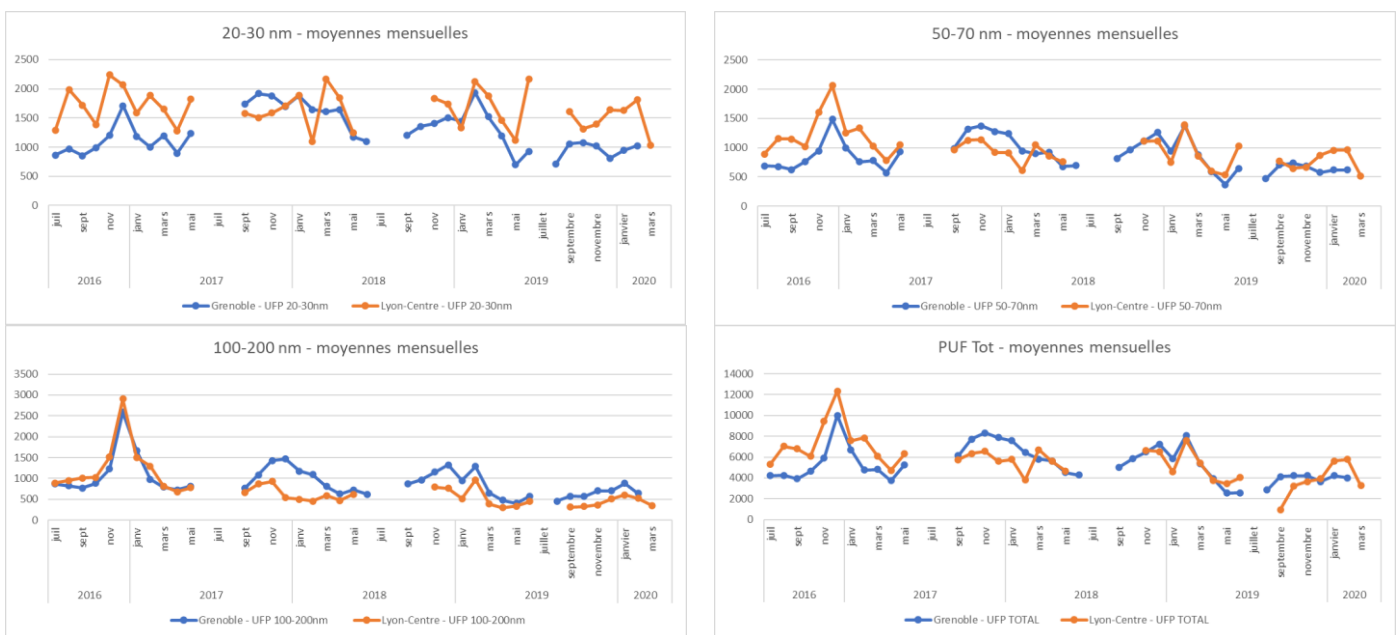


Figure 24 : Historique des moyennes mensuelles de PUF de 2016 à 2020

Ces observations ont suscité un questionnement sur la validité et la fiabilité de la donnée et ont entraîné une réserve sur la publication du dernier rapport concernant les données 2018/2019.

Bien que les données de septembre 2019 à mars 2020 montre un « retour à la normale » avec des niveaux sur Lyon supérieurs à ceux sur Grenoble, ces derniers semblent trop bas et trop stables pour être réellement représentatifs.

Pour tenter de valider ou au contraire d'écarter ces doutes, les comptes-rendus des opérations de maintenance annuelles ont été demandé ont constructeur (TSI). Chaque année sont ainsi fournit les documents bilan de ces opérations, comprenant un état de l'appareil à sa réception. Celui-ci permet d'évaluer l'efficacité et la fiabilité de comptage de l'appareil avant et après calibration.

Selon les années, ces états des lieux montrent des écarts de mesure plus ou moins importants. Les figures suivantes représentent les écarts observés entre la mesure des UFP 3031 et les niveaux de comptage réel pour la calibration 2019.

On note effectivement un écart de comptage sur les deux UFP à leur arrivée chez le constructeur en juillet 2019. Ce phénomène est observé pour chaque maintenance depuis 2015 et suggère que l'appareil dérive au cours de l'année. Ces écarts, caractérisés par un coefficient d'efficacité, varie d'un canal à l'autre (d'une taille à l'autre).

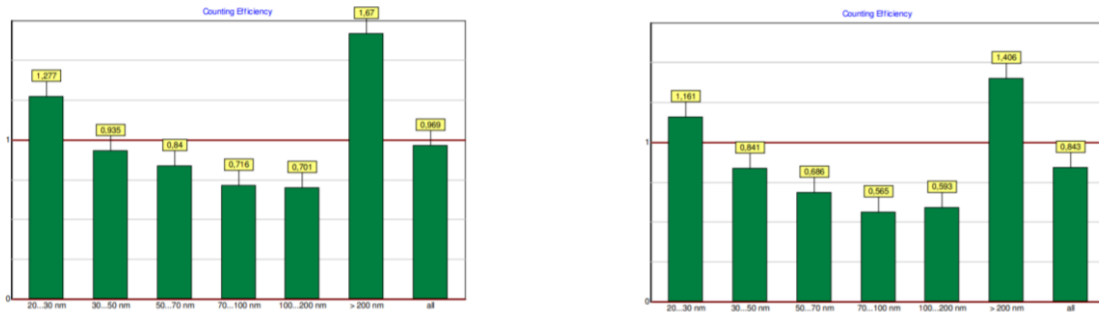


Figure 25: Counting efficiency (efficacité de comptage) à l'arrivée des appareils SN45 Lyon (gauche) et SN44 Grenoble (droite)

Il est particulièrement marqué pour l'appareil de Grenoble pour les classes 70-100 nm et 100-200 nm qui présentent un coefficient proche de 0,5 ainsi que pour la classe > à 200 nm qui au présente un coefficient de 1,4 indiquant une surestimation des niveaux mesurés. L'appareil situé sur Lyon est également sujet à ces écarts mais dans une moindre mesure. Le bilan de l'opération de maintenance 2020, réalisé aux mois de juin et juillet, confirme ces écarts et ce pour les deux appareils.

Suite à cette évaluation qui a été faite à leur arrivée chez le constructeur, ils ont été recalibrés et recalés classe par classe à l'aide d'un SMPS qui fait office de référence. Ils sont revenus ainsi chez Atmo AuRA avec des coefficients au plus proche de 1 (voir figure ci-dessous).

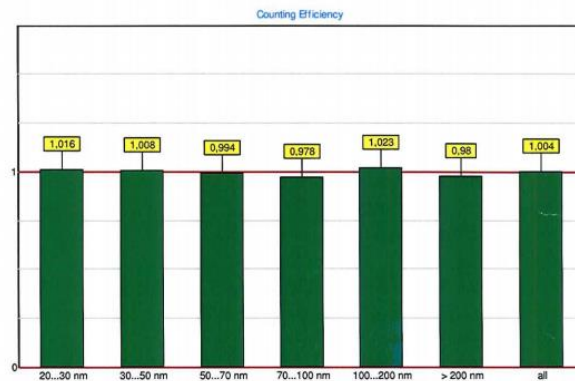


Figure 26 : counting efficiency (efficacité de comptage) après l'opération de calibration pour l'appareil SN44 Grenoble

La présence du CPC sur le site de Lyon Centre permet également de comparer les niveaux mesurés à l'aide des deux appareils, sur les périodes de mesure en commun (à partir du mois d'août 2019) et d'observer si les niveaux évoluent de la même façon.

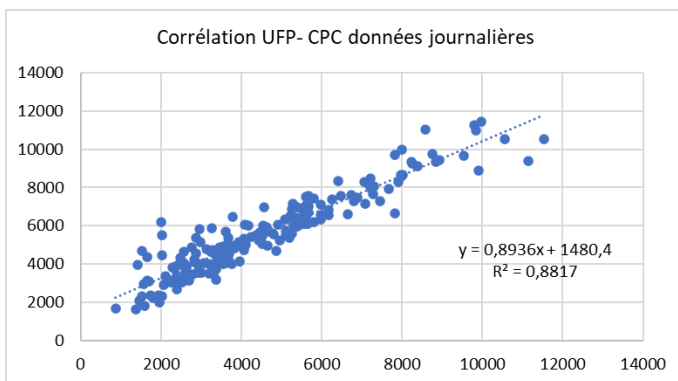


Figure 27 : Corrélation entre les mesures journalières de l'UFP 3031 et du CPC de Lyon Centre

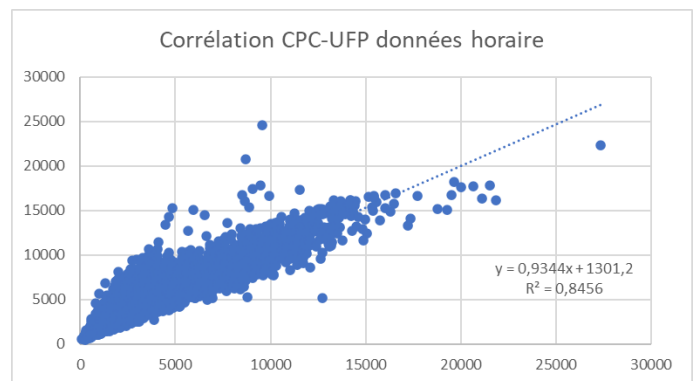


Figure 28 : Corrélation entre les mesures horaires de l'UFP 3031 et du CPC de Lyon Centre

On observe une bonne corrélation entre les données de l'UFP et celles du CPC et ce, malgré la différence de gamme de taille mesurées par les deux appareils (cf. Figure 27 et Figure 28). Ces résultats nous permettent, à défaut de valider, de donner un certain crédit aux mesures pour réaliser une exploitation qualitative des données de l'appareil situé sur Lyon.

En bref

Il semblerait en effet que les UFP soient sujet à une certaine dérive de la mesure, identifiée à partir de l'exploitation des données et confirmée par les analyses faites par le constructeur lors de la calibration annuelle. Cependant, les échanges avec le constructeur ainsi qu'avec le GT n'ont, pour le moment, pas permis d'invalidier les données ni de les recalculer. Elles sont donc exploitées sous leur forme brute.

Pour la suite des mesures, la présence du CPC sur le même site qu'un des UFP peut toujours contribuer à confirmer et lever un certain doute sur les données. Il pourrait être placé sur le même site que l'appareil qui présente la dérive la plus importante, à savoir le SN44.

Table des illustrations

Figure 1: Illustration des polluants particulaires sur une échelle de taille	7
Figure 2: Distribution des particules en nombre et en masse en fonction de la taille (Collin, 2000)	9
Figure 3: Illustration de la mesure de PUF par l'UFP 3031.....	10
Figure 4: Calendrier des mesures des PUF chez Atmo AuRA depuis 2015	13
Figure 5: Sites de mesures des PUF sur l'agglomération lyonnaise	14
Figure 6: Site de mesure des PUF à Grenoble (station Grenoble Les Frênes)	14
Figure 7 : Carte de France des sites de surveillance de PUF.....	15
Figure 8: Répartition granulométrique sur différents sites de mesures (UFP 3031) en France.....	16
Figure 9 : Contribution des classes de taille de PUF en fonction des sites de mesures	17
Figure 10: Comparaison des profils granulométriques en épisode et hors épisode de pollution de type PM	18
<i>Figure 11: Moyennes mensuelles et répartition granulométrique sur différents sites de mesure en France</i>	<i>19</i>
Figure 12 : Moyennes annuelles mesurées sur les sites lyonnais par le CPC et l'UFP 3031	20
<i>Figure 13: Evolution des moyennes mensuelles sur le site de Grenoble Les Frênes entre janvier 2016 et mai 2020</i>	<i>21</i>
Figure 14 : Evolution des moyennes mensuelles sur Lyon-Centre entre janvier 2016 et mai 2020	22
Figure 15: Moyennes mensuelles mesurées sur Lyon et Grenoble par les appareils UFP et CPC depuis janvier 2017.....	23
Figure 16: Evolution des moyennes mensuelles en PUF, PM10 et NO ₂ sur le site de Lyon Centre en 2019 et 2020	23
Figure 17: Evolution des moyennes mensuelles en PUF, PM10 et NO ₂ sur le site de Grenoble les Frênes en 2019 et 2020	24
Figure 18: Evolution des moyennes mensuelles des PUF sur le site de Lille Fives en 2018 et 2019 (Atmo Hauts de France)	24
Figure 19 : Moyennes journalières des PUF du 15 février au 25 avril 2020.....	25
Figure 20 : Profils moyens journaliers des PUF en hiver (vignette du haut), en été (vignettes du centre) et lors de l'épisode de pollution du 21 au 26 janvier 2020 (vignettes du bas)	27
Figure 21 : Profils moyens journaliers pendant le début du confinement, du 17 au 23 mars pour Grenoble et du 17 mars au 10 avril pour Lyon.....	28
Figure 22 : Comparaison des PUF avec le NO, NO ₂ , l'O ₃ les PM10 et PM2,5 en juin 2019.....	29
Figure 23 : Comparaison des PUF avec le NO, NO ₂ , l'O ₃ les PM10 et PM2,5 en janvier 2020.....	30
Figure 24 : Historique des moyennes mensuelles de PUF de 2016 à 2020	36
Figure 25: Counting efficiency (efficacité de comptage) à l'arrivée des appareils SN45 Lyon (gauche) et SN44 Grenoble (droite)	37

Figure 26 : counting efficiency (efficacité de comptage) après l'opération de calibration pour l'appareil SN44 Grenoble..... 37

Figure 27 : Corrélation entre les mesures journalières de l'UFP 3031 et du CPC de Lyon Centre 37

Figure 28 : Corrélation entre les mesures horaires de l'UFP 3031 et du CPC de Lyon Centre 37

Bibliographie

Note technique du LCSQA sur les PUF (2019) :

https://www.lcsqa.org/system/files/rapport/LCSQA_Note_technique_PUF_09avril2019.pdf

Rapport d'Atmo-AuRA sur les mesures de PUF entre 2012-2014 (2016) : https://www.atmo-auvergnerrhonealpes.fr/sites/ra/files/atoms/files/rapport_obs_puf_regionra.pdf

Dossier de presse d'AirParif sur les PUF (2019) :

https://www.airparif.asso.fr/pdf/publications/dossier_presse_particules_ultrafines_17092019.pdf

Rapport technique de l'OMS sur le projet REVIHAAP (2013) : <https://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>

Fiche repère de l'INCA (2013) : <https://www.e-cancer.fr/Expertises-et-publications/Catalogue-des-publications/Particules-fines-dont-diesel-et-risque-de-cancer>

Article scientifique de GARREC Jean-Pierre (2020) : <https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/impacts-polluants-air-sur-vegetation/>.

Thèse Collin (2000) - Détermination des signatures granulométriques et chimiques de particules prélevées à l'échappement de moteurs diesel et en atmosphère urbaine : <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20200182>

Publication scientifique dans le cadre du GIEC (Myhre et al. 2013) :

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf