

Nantes-Atlantique

évaluation des concentrations

en particules ultrafines dans les

environs de l'aéroport de

Nantes-Atlantique

campagne juin 2021 – décembre 2021

Rapport intermédiaire – mars 2022

air | pays de
la Loire
www.airpl.org



sommaire

synthèse	1
introduction.....	3
dispositifs de mesure	4
Sites de mesure	4
Expression des résultats	5
résultats.....	6
Les vents à Nantes-Atlantique	6
Caractérisation des particules ultrafines : au niveau de la Chauvinière	8
Caractérisation des particules ultrafines : au niveau de Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais	14
Influence de l'aéroport sur les niveaux de particules ultrafines	20
Roses de pollution des différentes classes de particules ultrafines	23
Comparaison de l'influence du trafic aérien sur les concentrations en PUF à La Ranjonnière et à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais	25
conclusions	28
perspectives	28
annexes.....	30
Annexe 1 : Air Pays de la Loire.....	30
Annexe 2 : définition d'un boxplot	32

contributions

Coordination de l'étude : François Ducroz ; Rédaction : Eneour Le Guiban, Mise en page : Bérangère Poussin ; Exploitation statistique : Eneour Le Guiban ; Exploitation du matériel de mesure : Arnaud Calvar, Arnaud Tricoire ; Photographies : V. Joncheray et J. Gazeau ; Validation : François Ducroz, Céline Puente-Lelièvre, David Bréhon

conditions de diffusion

Air Pays de la Loire ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Pays de la Loire n'aura pas donné d'accord préalable.

remerciements

Nous souhaitons remercier les maires de Bouguenais et de Saint-Aignan de Grand Lieu, de nous avoir permis d'installer les cabines accueillant les analyseurs de particules ultrafines sur leurs communes. Nous remercions également Mickael Reynaud, Alexia Baudic et Grégory Abbou d'Airparif pour leur aide sur l'interprétation des mesures à travers les scripts R qu'ils nous ont fournis.

synthèse

Contexte : un enjeu de protection des populations

A la suite de la concertation préalable au réaménagement de l'aéroport de Nantes-Atlantique (2019), l'Etat s'est engagé à réaliser une étude approfondie de l'impact du projet de réaménagement sur l'environnement et notamment sur la présence de particules ultrafines (PUF) en zones habitées proches de l'aéroport. Dans ce cadre, la Direction Générale de l'Aviation Civile a demandé à Air Pays de la Loire un suivi sur deux ans de ces polluants. Ce deuxième rapport présente les résultats de la seconde étape de l'étude comprenant les 6 premiers mois de mesures au sud-ouest de la piste, du 23/06/2021 au 31/12/2021, la première phase ayant eu lieu du 23/11/2020 au 21/06/2021 avec des mesures au nord-est de la piste, à la ferme de la Ranjonnère. Les deux phases de la campagne comprenaient, en parallèle, des mesures en fond urbain, quartier de la Chauvinière.

Objectifs :

L'objectif de l'étude est double :

- Evaluer les concentrations de particules ultrafines :
 - en zone urbaine non-influencée par l'aéroport
 - en zone habitée, au sud-ouest de l'aéroport
- Etudier l'influence du trafic aérien sur les niveaux de concentrations en particules ultrafines

Dispositifs : deux analyseurs de type SMPS

Deux analyseurs sont utilisés dans l'étude : le premier est placé dans le quartier de la Chauvinière à Nantes, afin de mesurer les concentrations en particules ultrafines en zone urbaine non-influencée par l'aéroport.

Le second analyseur est disposé en zone habitée proche de l'aéroport, au Chais des Treilles à Saint-Aignan de Grand Lieu, à environ 2 km au sud-ouest de la piste.

Résultats : en zone urbaine

Les profils journaliers des concentrations quartier de la Chauvinière font apparaître deux élévations des concentrations dans la journée, de 3 à 4 heures chacune :

- Une première élévation le matin, caractérisée par des particules entre 5 nm et 70 nm, provoquée par des émissions liées au trafic routier. Cette élévation est comparable à celle de la première période, mais avec des concentrations mesurées 19% plus faibles durant cette seconde période.
- Une seconde élévation le soir caractérisée par des particules plus grosses, entre 10 et 130 nm, provoquée par la superposition des émissions du trafic routier et du chauffage. De même, une diminution de l'ordre de 25% des concentrations mesurées lors de l'élévation du soir a été observée entre la première et la seconde période.
- La diminution des concentrations mesurées entre la première et la seconde période est attribuée à l'influence des conditions météorologiques entre les deux périodes.

Résultats : à proximité de l'aéroport

Les mesures enregistrées au niveau du Chais des Treilles à Saint-Aignan de Grand Lieu ont montré :

- Des niveaux de pollution de fond plus faibles qu'en zone urbaine du fait de concentrations médianes plus faible à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais qu'à la Chauvinière.
- Des niveaux élevés de concentrations à proximité de l'aéroport essentiellement caractérisés par des élévations ponctuelles de concentrations de particules inférieures à 20 nm, d'une durée de 5 à 10 min. Les concentrations les plus élevées sont enregistrées par vents de nord-est, lorsque le site de mesure se trouve sous les vents de la piste.
- Une corrélation entre les profils journaliers moyens des concentrations en particules inférieures à 20 nm par vents de nord-est et les profils journaliers des mouvements d'avions ayant eu lieu lorsque les vents provenaient de la piste.
- Une augmentation du nombre d'élévations ponctuelles de concentrations supérieures à 20 000 P/cm³ en provenance de l'aéroport enregistré à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais par rapport au site de la ferme de la Ranjonnière. Cette augmentation est attribuée à l'augmentation du trafic aérien (+146 %) entre les deux périodes.
- Une diminution de 36 % des concentrations moyennes des élévations ponctuelles de concentrations supérieures à 20 000 P/cm³ en provenance de la piste de l'aéroport entre la première période à la Ranjonnière et la seconde période à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais. Cette baisse est attribuée notamment à l'augmentation de la distance entre le site de mesure et la piste (500 m pour le site de la Ranjonnière et 2 km pour le site de Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais) et aux conditions météorologiques différentes entre les deux périodes.

Conclusions et perspectives : un impact du trafic aérien sur les niveaux de PUF

L'ensemble des résultats permettent de mettre en évidence un impact du trafic aérien de l'aéroport de Nantes-Atlantique sur les niveaux de concentrations en particules ultrafines, notamment les plus fines (comprises entre 5 nm et 20 nm) enregistrées à 2 km au sud-ouest de la piste, sur le site du Chais des Treilles à Saint-Aignan de Grand Lieu.

La poursuite de l'étude va permettre d'étayer ces résultats, notamment avec un nouveau site de mesures dans le bourg de Saint-Aignan de Grand Lieu qui devrait permettre d'évaluer plus précisément l'impact de l'augmentation de la distance à la piste sur les niveaux de concentrations, pour des mêmes conditions météorologiques et de trafic aérien.

introduction

La concertation préalable au réaménagement de l'aéroport de Nantes-Atlantique du 27 mai au 31 juillet 2019 a fait émerger l'enjeu de la protection des populations. Suite à cette concertation, l'Etat s'est engagé à réaliser une étude approfondie de l'impact du projet sur l'environnement et a demandé à Air Pays de la Loire un suivi des particules ultrafines sur deux ans.

Ce second rapport présente les résultats préliminaires de la seconde phase de la campagne de suivi des PUF, mis en œuvre à Saint-Aignan de Grand Lieu, à 2 km à l'extrémité sud de la piste, dont le but est d'une part d'étudier l'influence du trafic aérien sur les niveaux de concentrations et d'autre part, d'évaluer les niveaux de concentrations de particules ultrafines en zone urbaine non-influencée par l'aéroport et en zone habitée, proche de celui-ci.

L'aéroport de Nantes-Atlantique, situé au sud-ouest de la ville de Nantes, sur les communes de Bouguenais et de Saint-Aignan de Grand Lieu, a connu une diminution de 61.4 % de son trafic en 2020 par rapport à l'année précédente. C'est dans un contexte de faible exploitation de l'aéroport que la campagne de suivi des particules ultrafines a commencé, avec en moyenne 46 vols par jour durant la première phase de la campagne, du 23/11/2020 au 21/06/2021, qui consistait en des mesures au nord de la piste, à la ferme de la Ranjonnière.

Cette seconde phase s'inscrit quant à elle dans le cadre d'une reprise du trafic aérien, avec 113 vols par jour en moyenne entre le 23/06/2021 et le 31/12/2021, soit une augmentation de l'ordre de 146 % par rapport à la précédente période.

dispositifs de mesure

Sites de mesure

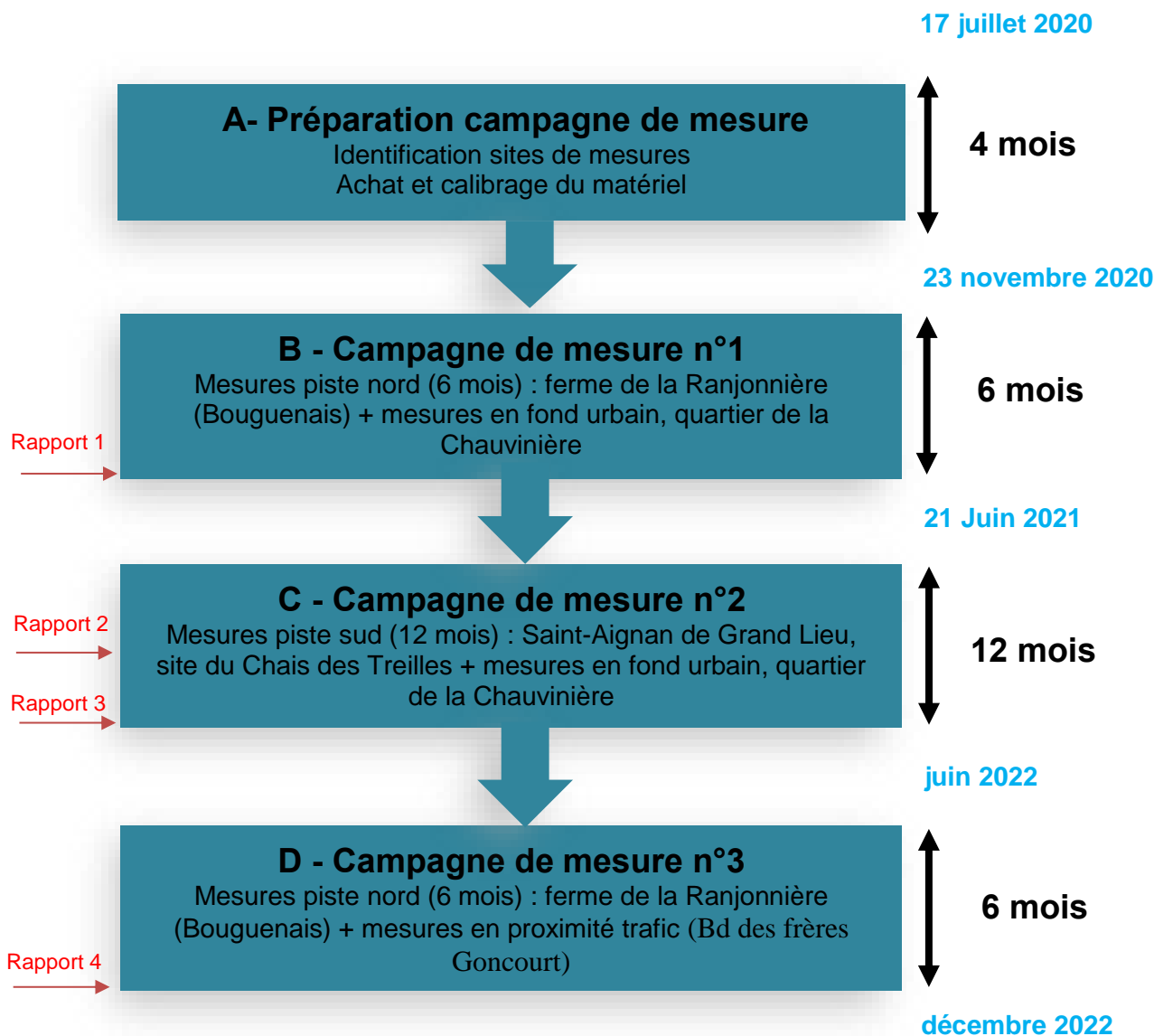
Cette seconde phase de la campagne consiste à effectuer des mesures de concentrations en particules ultrafines à Saint-Aignan de Grand Lieu, parallèlement aux mesures déjà en place au niveau du quartier de la Chauvinière.

L'analyseur de particules ultrafines de Saint-Aignan de Grand Lieu est positionné à 2 km au sud-ouest du seuil 03 de la piste de l'aéroport, au niveau du site du Chais des Treilles, à côté du cimetière, soit environ 4 fois plus éloigné que le site de La Ranjonnière.



Figure 1 : emplacements des différents sites de mesure des particules ultrafines (source : Google maps)

La maintenance annuelle ainsi que la régénération des neutraliseurs, nécessitant un renvoi du matériel chez le fournisseur, a conduit à une interruption des mesures du 26/10/2021 au 15/11/2021 à la Chauvinière, et du 07/12/2021 au 09/12/2021 à Saint-Aignan de Grand Lieu.



Expression des résultats

Les analyseurs sont configurés pour faire une mesure toutes les 5 minutes sur 124 canaux, de 5 à 430 nm. Les mesures de concentrations seront exprimées en particules par cm^3 (P/cm^3) avec une résolution temporelle de 5 minutes.

De façon globale, les heures sont exprimées en heures légales afin de pouvoir traiter sur un même graphique des données issues de mesures ayant eu lieu en heures d'hiver et en heures d'été.

résultats

Les résultats présentés dans ce document se concentrent sur la période du 23/06/2021 au 31/12/2021, avec le second analyseur présent au Chais des Treilles, à Saint-Aignan de Grand Lieu, au sud-ouest de la piste. L'ensemble des évolutions temporelles et profils présenté dans ce chapitre est exprimé en heures légales.

Les vents à Nantes-Atlantique

Les vents sont mesurés à la station Météo-France installée sur la plateforme aéroportuaire Nantes-Atlantique. Ils sont moyennés en quarts-horaires. La rose des vents suivante présente la fréquence relative des vents (en %) en fonction de la direction et de la vitesse, sur l'ensemble de la période d'étude.

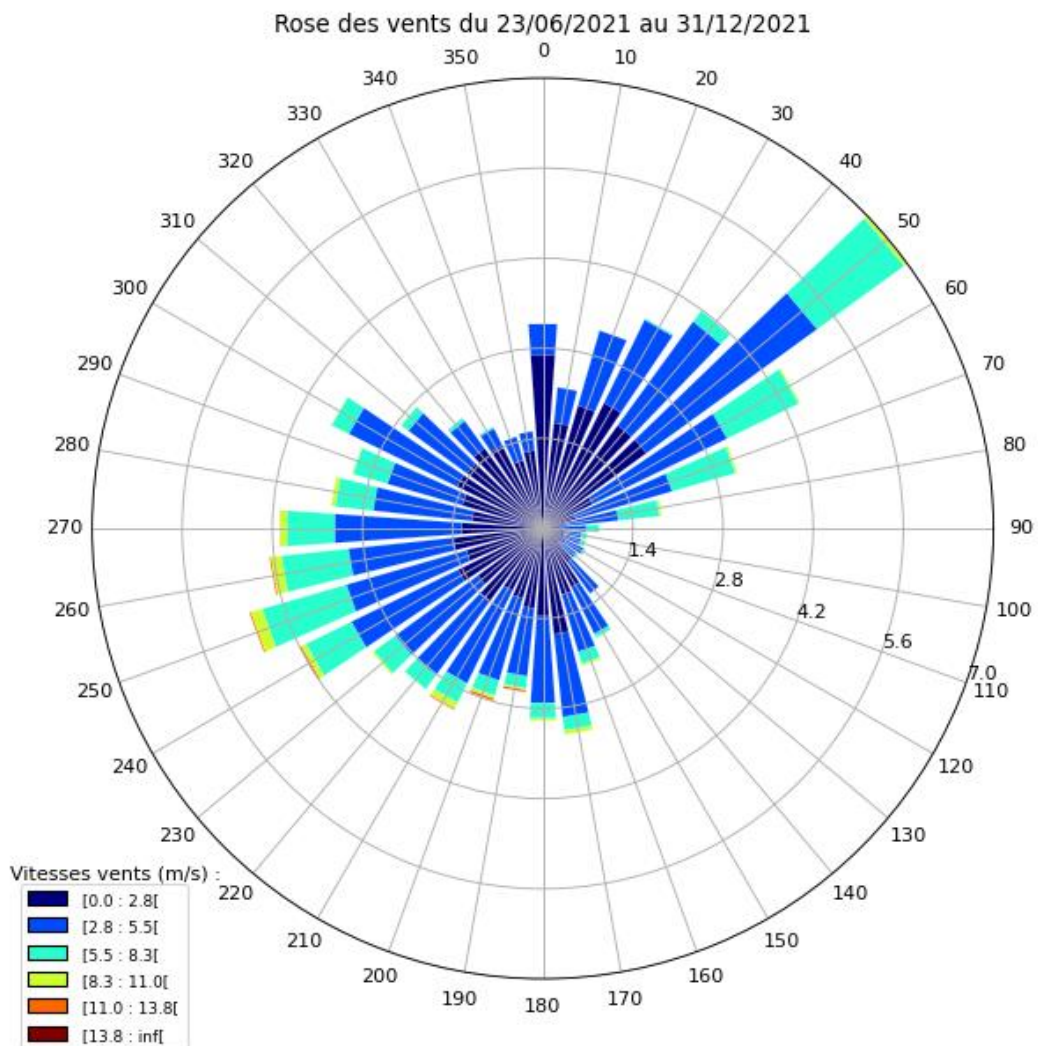


Figure 2 : rose des vents de la période allant du 23/06/2021 au 31/12/2021

Durant la période d'étude, et d'une façon générale, les vents à Nantes se caractérisent par deux directions de vents privilégiées : nord-est et sud-ouest. Les vitesses des vents dominants sont en majorité comprises entre $2.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $8.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ pour une moyenne de $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

La piste de l'aéroport de Nantes-Atlantique est orientée à 027/207°N géographique¹. Par conséquent, les vents propices à la mesure des émissions des aéronefs de la plateforme aéroportuaire, lorsque l'analyseur est installé à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, sont des vents compris entre 10°N et 30°N environ. Cela représente 8 % des vents établis. La vitesse moyenne dans ces trois directions est de 2.5 m/s.

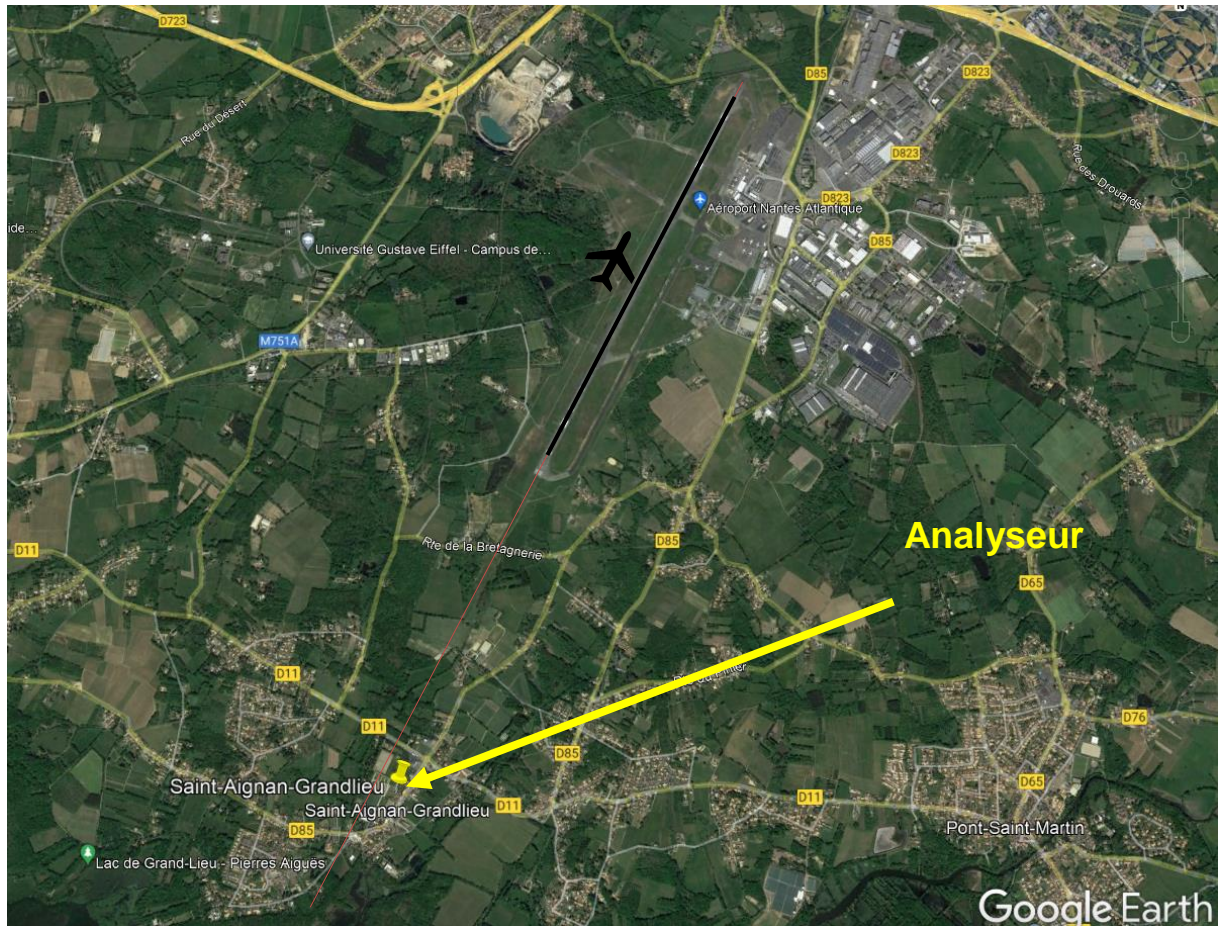


Figure 3 : position de l'analyseur de particules ultrafines de Saint-Aignan avec la piste tracée en noir et son axe en rouge

¹ Orientation 028/208°N magnétique avec déclinaison 008°W

Caractérisation des particules ultrafines : au niveau de la Chauvinière

Concentrations et modes

L'évolution temporelle des concentrations mesurées toutes les 5 minutes en zone urbaine, à la Chauvinière, est présentée dans la figure suivante.

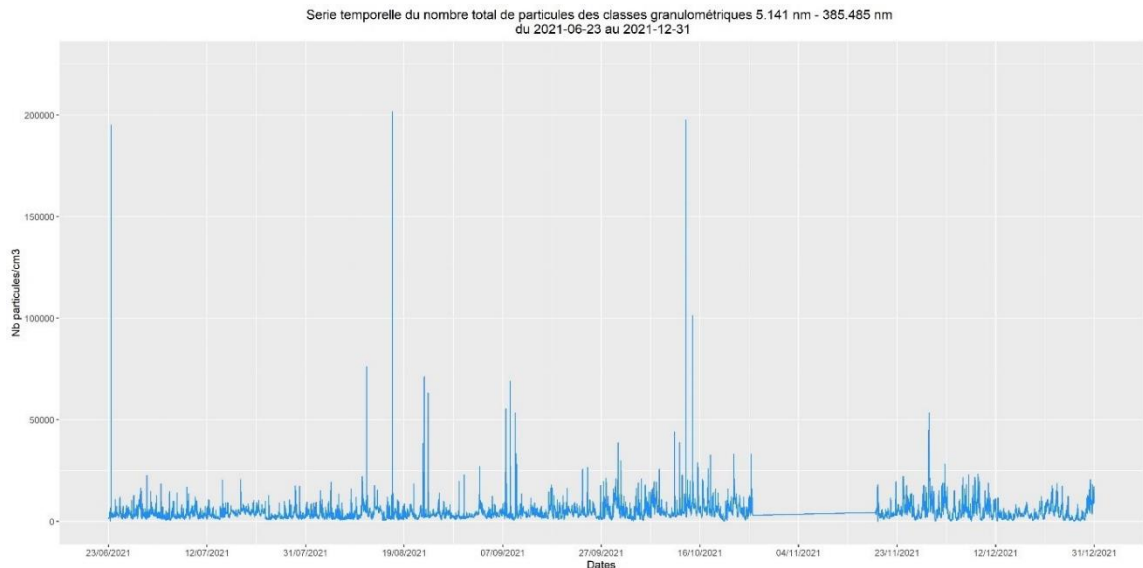


Figure 4 : évolution temporelle des concentrations totales sur l'ensemble de la seconde période d'étude sur le site de La Chauvinière

Les concentrations à la Chauvinière dépassent quelquefois les 50 000 P/cm³. Trois élévations ponctuelles de concentrations proches des 200 000 P/cm³ sont observés le 23/06/2021, 17/08/2021 et 13/10/2021. Des élévations de concentrations ponctuelles en oxydes d'azote ont été mesurés simultanément, suggérant une pollution ponctuelle liée à du trafic automobile à proximité immédiate. La période d'absence de mesures correspond à la maintenance annuelle de l'analyseur. Le taux de mesures valides est de 86,7 % sur la période d'étude, l'absence de mesures étant considérée comme mesure invalide.

Le graphique suivant (figure 5 ; définition en annexe 2) présente sur un même graphique différents éléments statistiques.

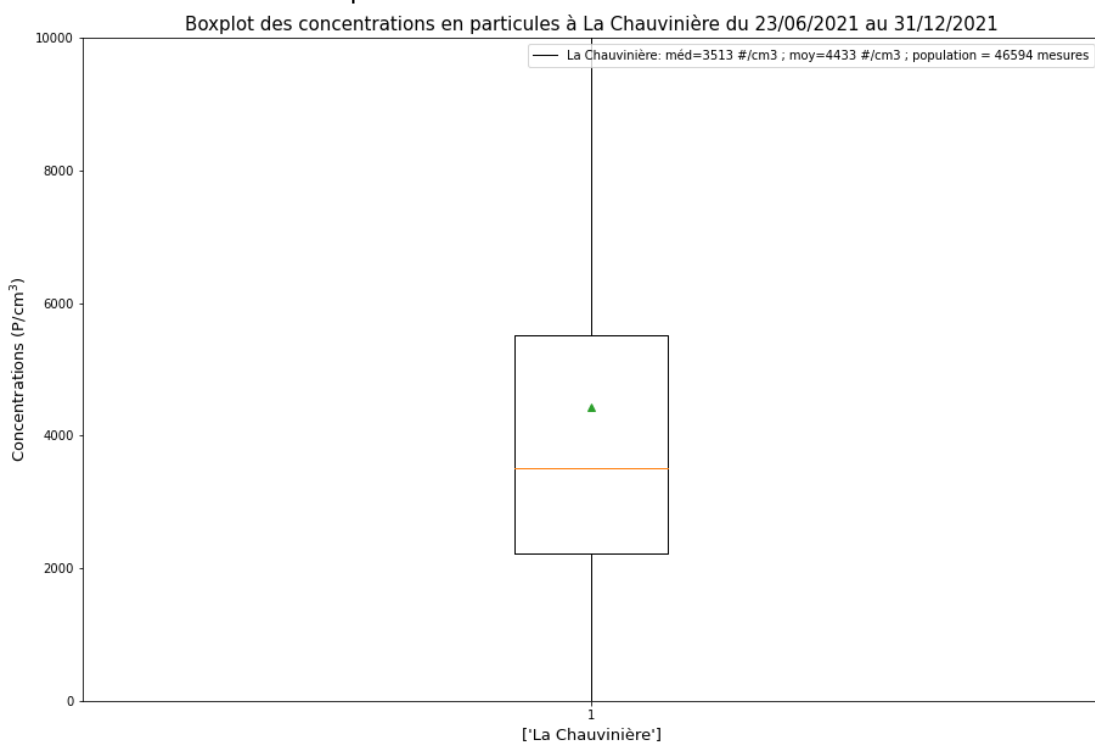


Figure 5 : boxplot des concentrations sur l'ensemble de la période à La Chauvinière, échelle des ordonnées limitée à 10 000 P/cm³

Une moyenne des concentrations de 4 450 P/cm³ est retrouvée sur l'ensemble de la période d'étude (contre 5 500 P/cm³ lors de la première période, du 23/11/2020 au 21/06/2021) et une médiane de 3 500 P/cm³ (contre 4 300 P/cm³ pour la première période). Une diminution des concentrations médianes et moyennes de l'ordre de 20 % est constatée entre la première et la seconde période.

Le boxplot suivant est le même que la figure précédente mais ne présente pas de limite d'échelle. On peut ainsi voir les quelques valeurs extrêmes atteignant les 200 000 P/cm³ en lien avec les pointes parasites enregistrées le 23/06/2021, 17/08/2021 et 13/10/2021. On y voit également que la très grande majorité des mesures se trouvent en dessous de 50 000 P/cm³.

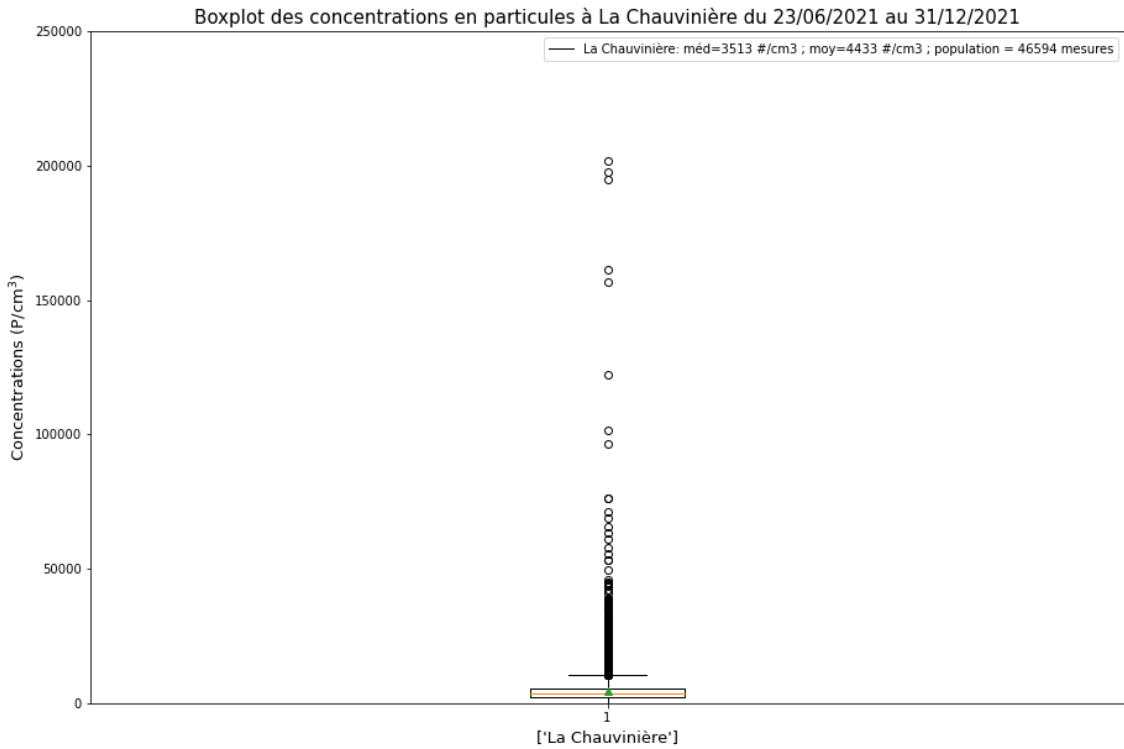


Figure 6 : boxplot des concentrations de la seconde période à La Chauvinière, sans limite d'échelle

La distribution granulométrique (figure 7) présente les concentrations moyennes de chaque diamètre de particules mesurées par l'analyseur.

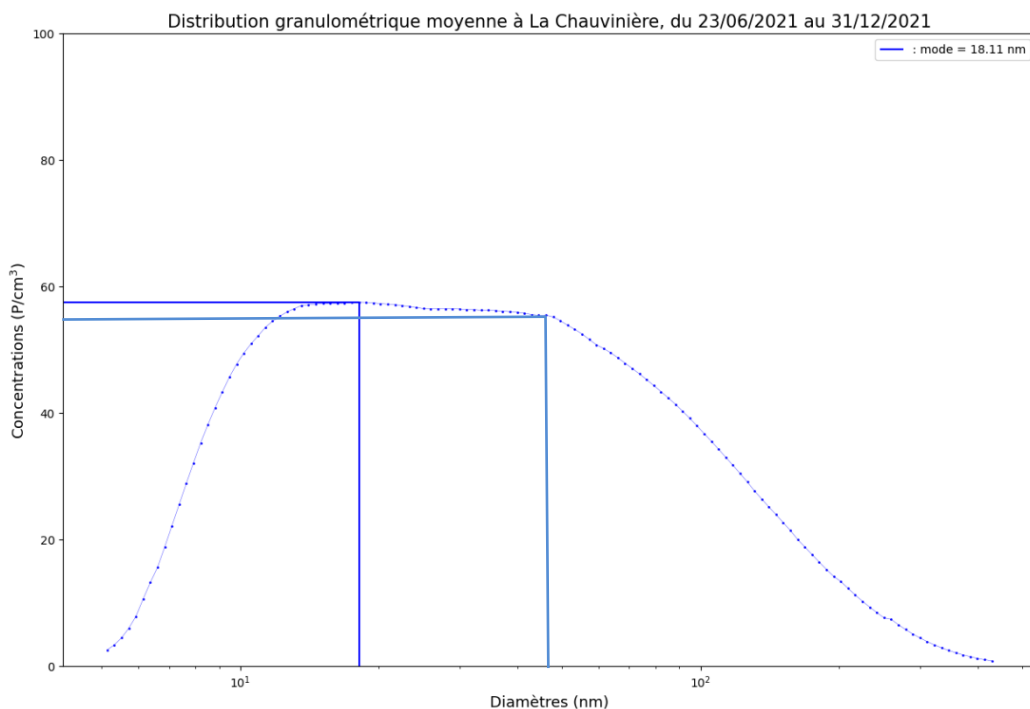


Figure 7 : distribution granulométrique moyenne à La Chauvinière

La distribution granulométrique de la Chauvinière suggère une distribution bimodale, bien que peu prononcée. Un premier mode est retrouvé à 18 nm et un second autour des 50 nm.

Comparaison des différentes classes

Les contributions de chaque classe ont été intégrées au profil journalier suivant.

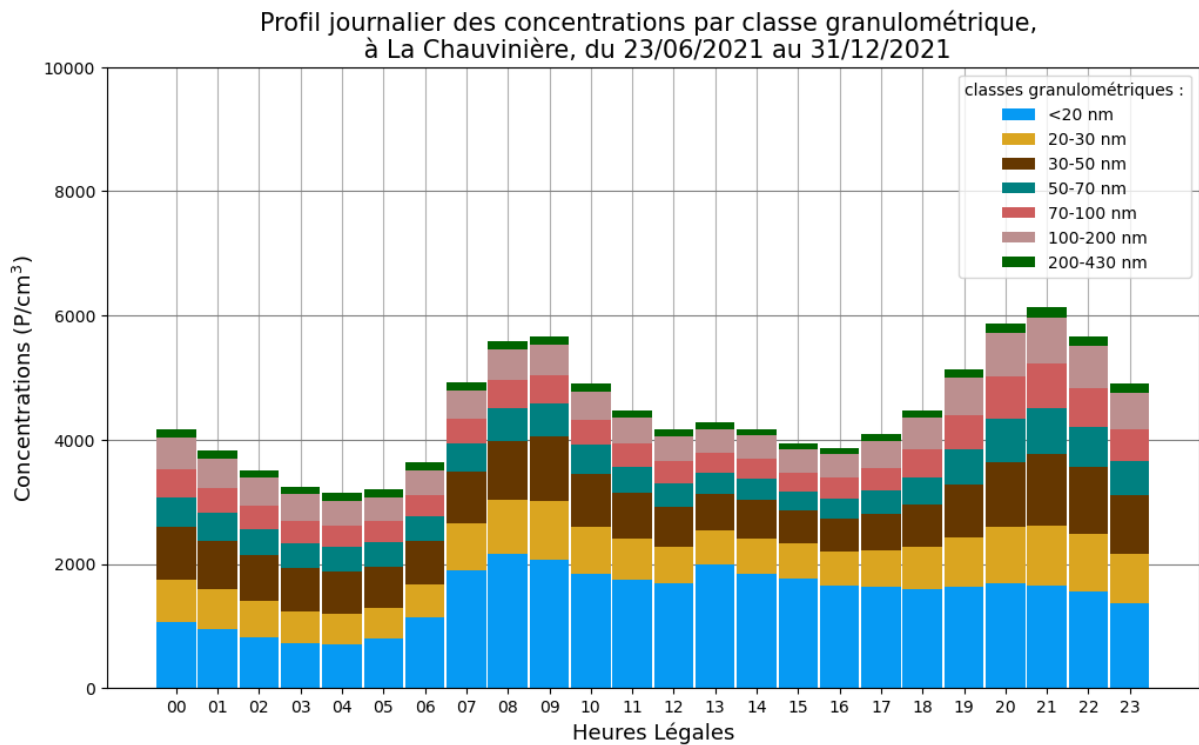


Figure 8 : profil journalier moyen des concentrations à La Chauvinière, décomposé selon les différentes classes

Le profil journalier moyen des concentrations à la Chauvinière fait apparaître deux élévations des concentrations dans la journée. Les concentrations augmentent progressivement le matin à partir de 6h pour atteindre un premier pic à 9h aux alentours de 5 500 P/cm³ puis diminuent progressivement à partir de 10h pour atteindre un minimum local de 3 800 P/cm³ à 16h. Elles réaugmentent en fin de journée pour atteindre un second pic vers 21h à 6 000 P/cm³ et rediminuent progressivement jusqu'à atteindre un niveau minimum de fond de 3 500 P/cm³ vers 4h.

On remarque que durant l'élévation du matin, ce sont les concentrations de la première classe qui augmentent particulièrement, et les classes 2 et 3 dans une moindre mesure.

Concernant celle du soir, la première classe reste presque constante. Ce sont les classes 2 à 6 qui provoquent l'essentiel de la seconde élévation.

Les concentrations de la première classe se stabilisent vers 10h et restent quasi constantes jusqu'à 21h puis diminuent progressivement.

Ainsi, de la même manière que la période précédente (du 23/11/2020 au 21/06/2021), deux élévations de concentrations distinctes en zone urbaine sont retrouvées. Une première le matin, provoquée essentiellement par les classes 1 à 3 et une seconde le soir, provoquée par les classes 2 à 6. Une diminution de 19% de l'intensité de l'élévation du matin a été observée entre la première et la seconde période et de 25% concernant l'élévation du soir.

Il paraît intéressant d'étudier l'évolution des concentrations au sein de la journée en distinguant les jours ouvrés des samedis et dimanches.

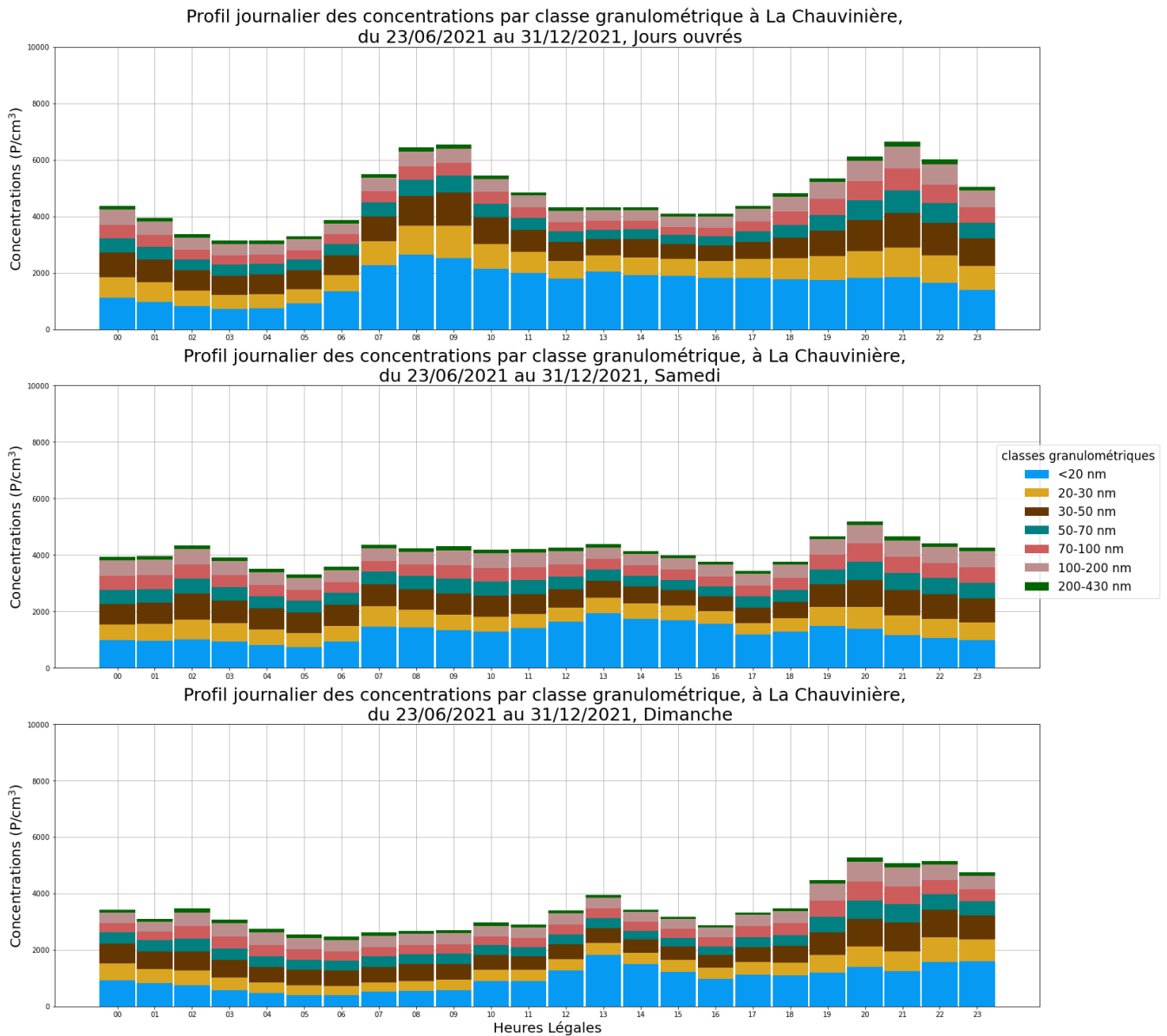


Figure 9 : profils journaliers décomposés en Jours ouvrés, Samedi et Dimanche, sur le site de La Chauvinière

Lorsque l'on décompose les profils journaliers en jours ouvrés, samedi et dimanche, on remarque que l'on ne retrouve pas l'élévation du matin le samedi ni le dimanche. Le profil des jours ouvrés est similaire à celui de la semaine entière (figure 8).

Le samedi, les concentrations augmentent légèrement à partir de 7h puis restent constantes autour de 4 200 P/cm³ jusqu'à 16h, avant de diminuer pour atteindre un minimum de 3500 P/cm³ à 17h. Les concentrations réaugmentent légèrement pour atteindre un maximum à 5000 P/cm³ à 20h puis rediminuent progressivement pour atteindre des niveaux de fond de l'ordre de 3 500 P/cm³ dans la nuit.

Une augmentation progressive des concentrations est visible le dimanche dans la matinée, atteignant les 4 000 P/cm³ à 13h. Les concentrations diminuent ensuite jusqu'à 16h avant de réaugmenter jusqu'à atteindre un maximum dans la soirée, entre 20h et 22h, à 5 000 P/cm³.

La figure 10 présente le profil journalier moyen des concentrations en faisant en plus intervenir les diamètres des particules. Ainsi, l'axe des ordonnées représente les diamètres des particules, l'heure de la journée (heures légales) est représentée en abscisses et les concentrations en dégradé de couleurs.

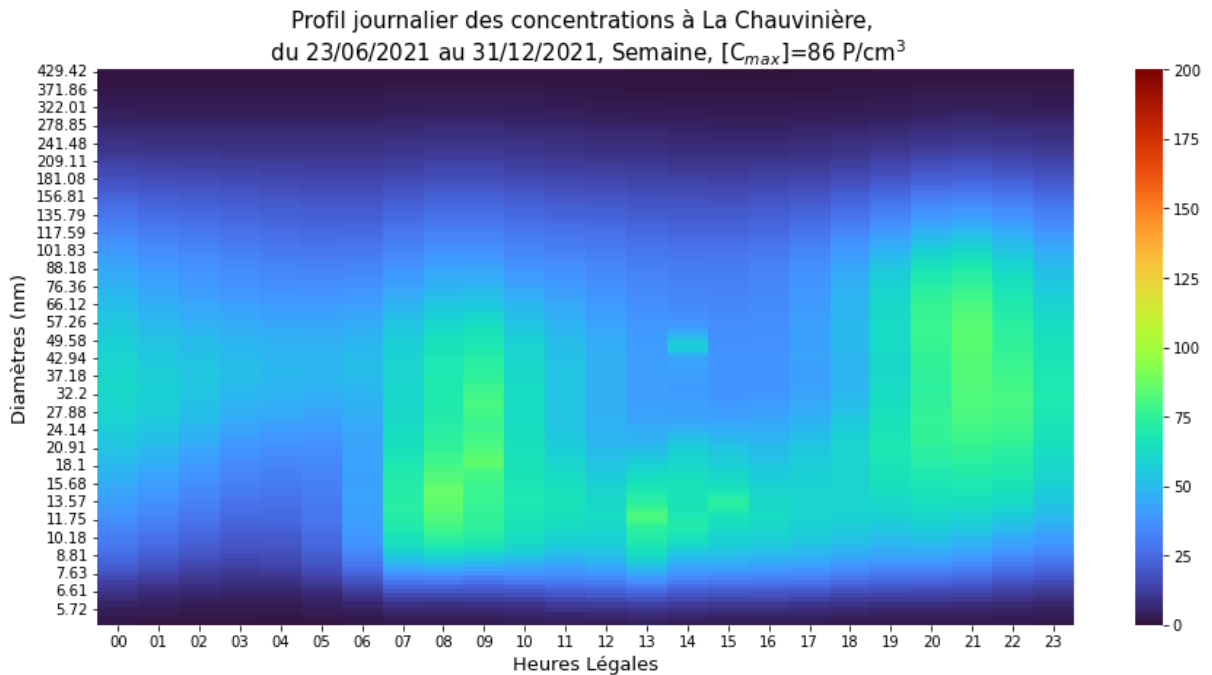


Figure 10 : profil journalier 2D moyen des concentrations à La Chauvinière

Le profil journalier ci-dessus fait ressortir deux tâches correspondantes aux deux élévations des concentrations de la journée.

La première, entre 7h et 9h, atteint des concentrations de l'ordre de 80 P/cm^3 pour des diamètres de particules entre 8 nm et 70 nm, correspondant aux quatre premières classes.

La seconde tâche, entre 20h et 22h, atteint des concentrations de même ordre que celle du matin. En revanche, les diamètres concernés sont plus élevés, entre 10 nm et 130 nm.

L'artefact de 14h à 50 nm correspond à une élévation parasite ponctuelle observée le 13/10/2021.

Impact du chauffage à la Chauvinière

Afin de déterminer l'impact du chauffage sur les niveaux de concentrations mesurées, nous avons scindé la seconde phase de la campagne en deux périodes : une première période considérée comme étant hors chauffage, allant du 23/06/2021 au 30/09/2021 et une seconde période, du 01/10/2021 au 31/12/2021 considérée avec chauffage.

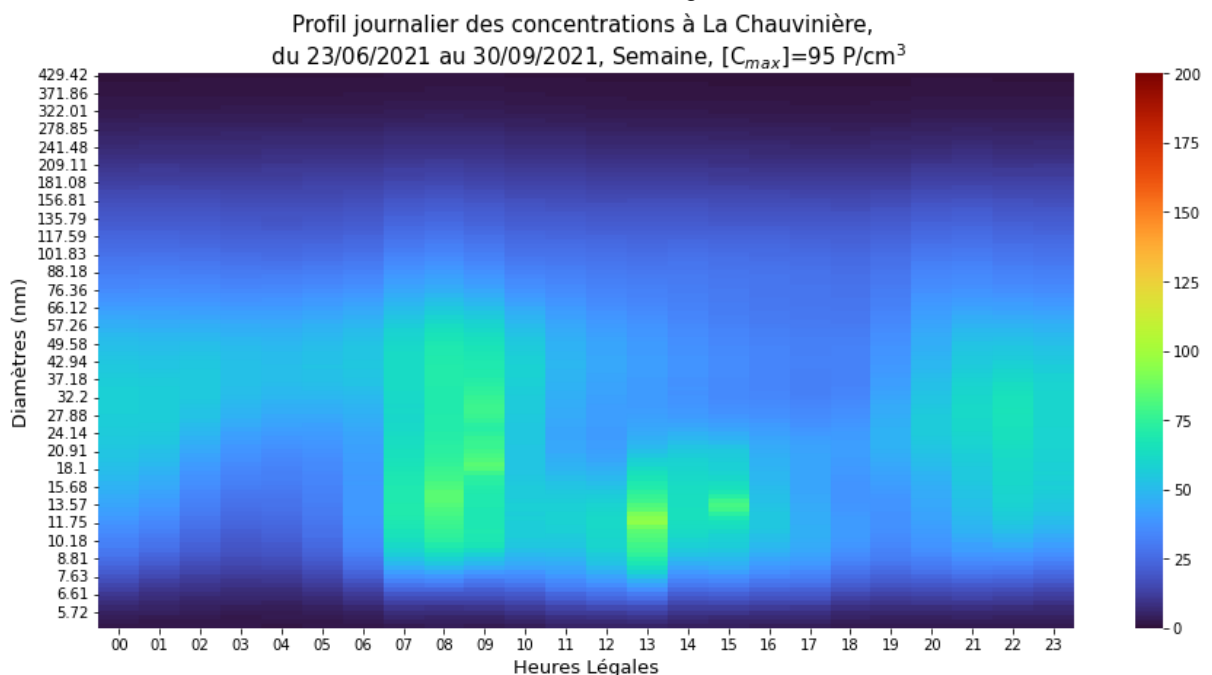


Figure 11 : profil journalier 2D moyen des concentrations à La Chauvinière, hors période de chauffage

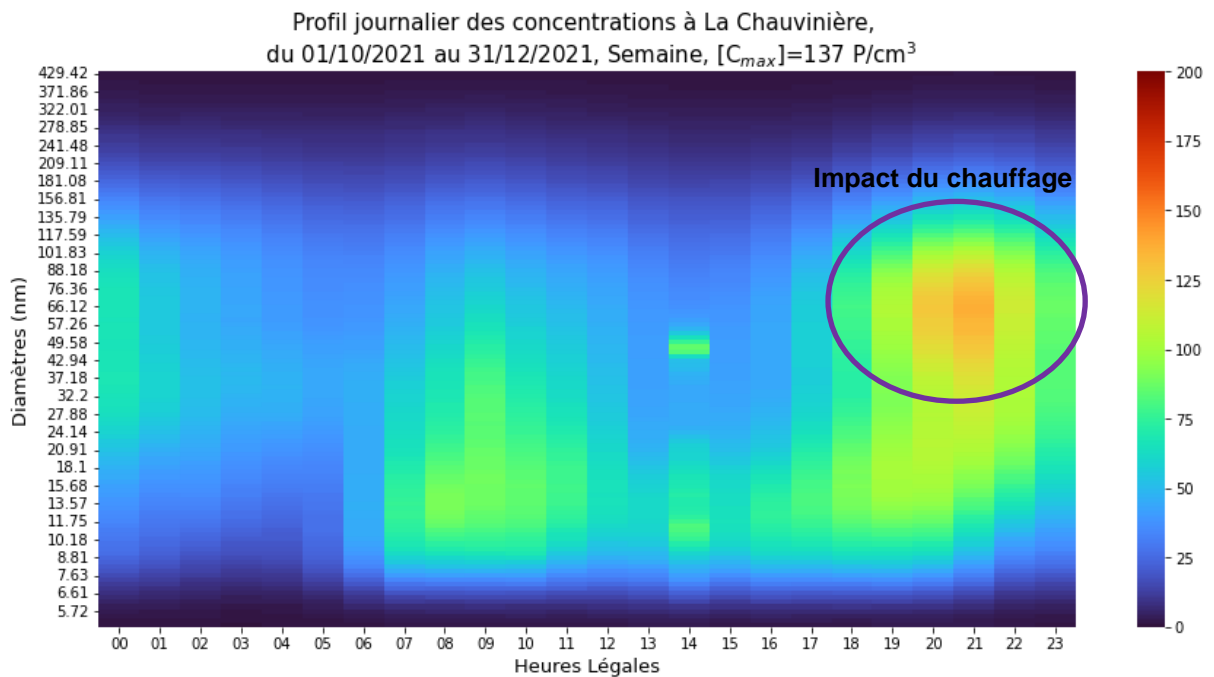


Figure 12 : profil journalier 2D moyen des concentrations à La Chauvinière, en période de chauffage

La tâche de concentrations élevées du soir, entre 19h et 22h, est très atténuée hors période de chauffage et monte jusqu'à des diamètres d'environ 70 nm. Elle apparaît très clairement en période de chauffage et s'étend à des diamètres allant jusqu'à 130 nm environ. Cette tâche de concentrations élevées est donc attribuée au chauffage.

Finalement, ce sont plutôt les particules issues de la première classe qui provoquent l'augmentation des concentrations le matin (ou en début d'après-midi le dimanche) et les classes 2 à 6 le soir. L'élévation du matin n'est visible qu'en jours ouvrés, et survient lors des trajets domicile-travail, indiquant de ce fait que cette dernière est provoquée par le trafic routier.

L'élévation du soir est quant à elle provoquée par une gamme de diamètres plus étendue et disparaît en bonne partie hors période de chauffage. Elle serait donc provoquée par l'addition des émissions de trafic routier et de chauffage.

Les conclusions de la première période (novembre 2020 – juin 2021) sont confirmées par les résultats de cette seconde période. On retrouve une distribution des concentrations bimodale en zone urbaine avec un premier mode à 18 nm et un second autour des 50 nm. Il est à noter que les niveaux de concentrations sont globalement plus élevés durant la première période. Elles ont diminué de l'ordre de 20 % à la seconde période (été et automne) par rapport à la première période (hiver et printemps). Ces différences peuvent s'expliquer par les conditions météorologiques hivernales plus propices à l'accumulation des polluants au sol et aux émissions liées au chauffage notamment.

Caractérisation des particules ultrafines : au niveau de Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais

Concentrations totales et modes

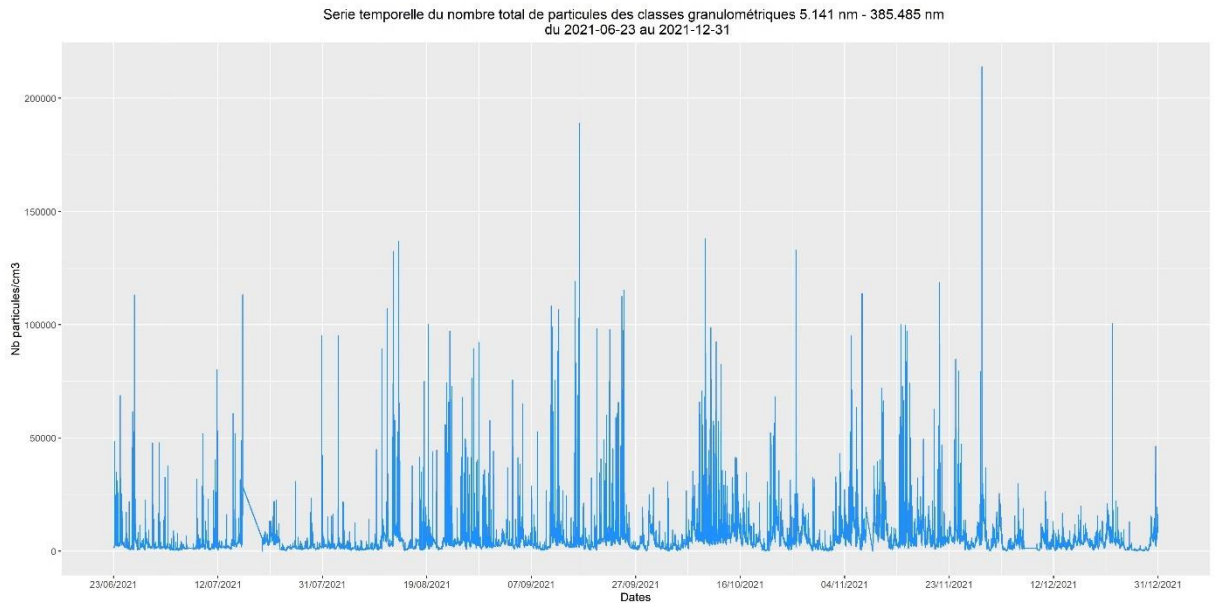


Figure 13 : évolution temporelle des concentrations sur l'ensemble de la première période d'étude à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais

L'évolution temporelle des concentrations au Chais des Treilles à Saint-Aignan de Grand Lieu est caractérisée par de faibles niveaux de concentrations de fond (de l'ordre de 3 000 P/cm³), auxquels viennent s'ajouter des pointes de concentrations plus élevées qu'à la Chauvinière, dépassant les 50 000 P/cm³ de manière plus fréquentes qu'en zone urbaine. La durée de ces élévations ponctuelles des concentrations est de l'ordre de 5 à 10 minutes.

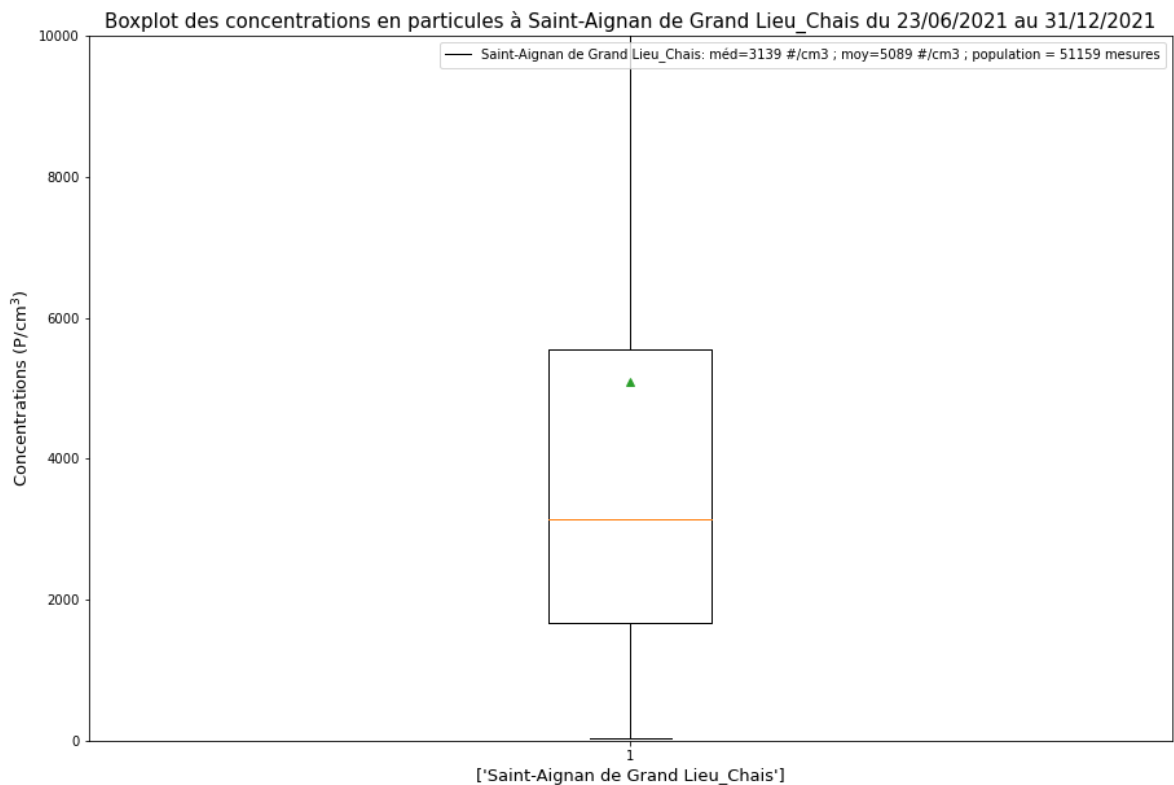


Figure 14 : boxplot des concentrations à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais ; échelle des ordonnées limitée à 10 000 P/cm³

La figure 14 indique que la médiane des concentrations, sur l'ensemble de la période à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, était environ à 3 150 P/cm³ contre près de 3 500 P/cm³ à la Chauvinière, indiquant une pollution de fond plus élevée en zone urbaine.

La moyenne des concentrations à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais était de 5 100 P/cm³, plus élevée qu'à La Chauvinière, dont la moyenne était de 4 450 P/cm³ durant la même période. L'étendue interquartile (P₇₅-P₂₅) était de 3 300 P/cm³ en zone urbaine contre 3 900 P/cm³ près de l'aéroport, indiquant une dispersion des concentrations plus élevée près de l'aéroport.

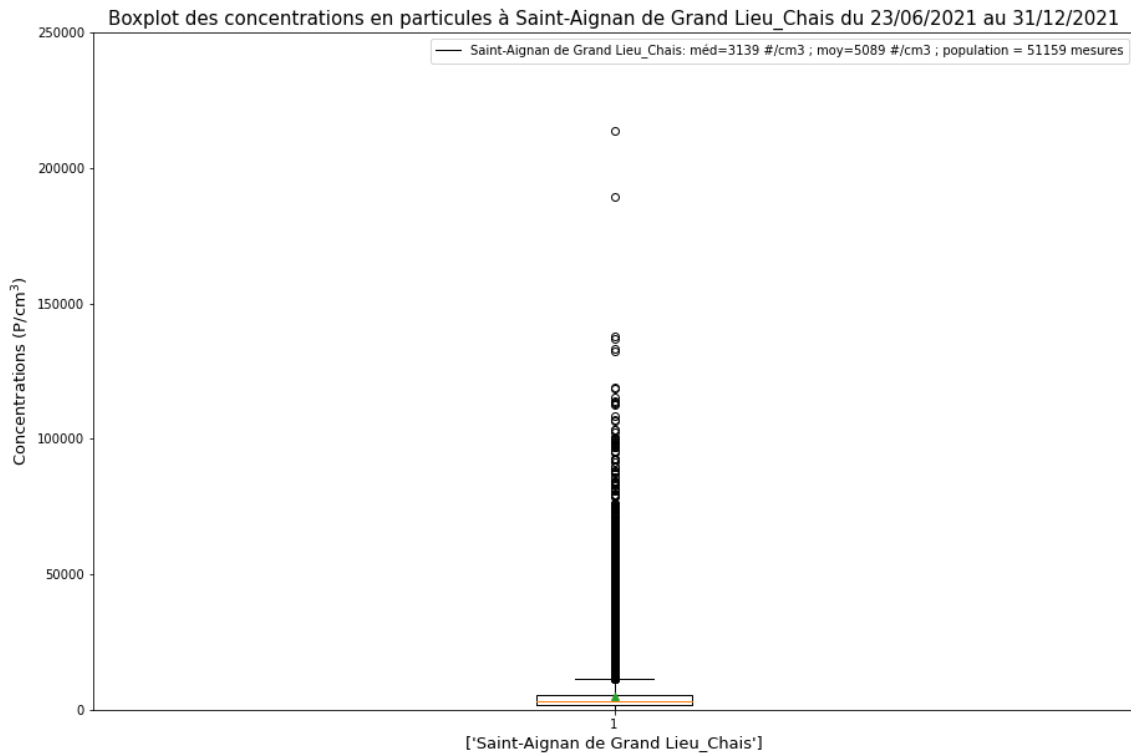


Figure 15 : Boxplot des concentrations à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, sans limite d'échelle

Le boxplot ci-dessus indique que la grande majorité des concentrations mesurées étaient inférieures à 125 000 P/cm³. Les deux valeurs extrêmes autour de 200 000 P/cm³ sont également visibles.

La figure suivante présente la distribution granulométrique moyenne à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais.

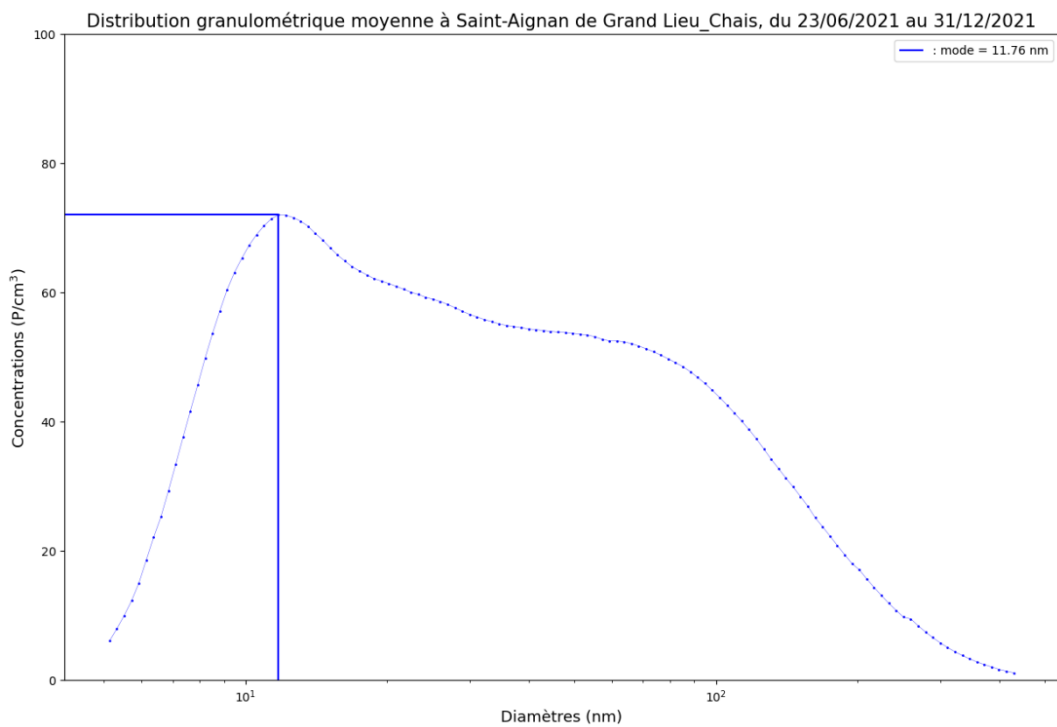


Figure 16 : Distribution granulométrique moyenne à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais

La distribution granulométrique de Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais (figure 16) fait apparaître un mode dans la première classe, à 12 nm, comparable à la première période à La Ranjonière, au nord des pistes. Un mode secondaire semble se dessiner autour de 60 nm.

Comparaison des différentes classes

La figure suivante présente l'évolution temporelle des concentrations au sein d'une journée type à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais. Les heures sont exprimées en heures légales.

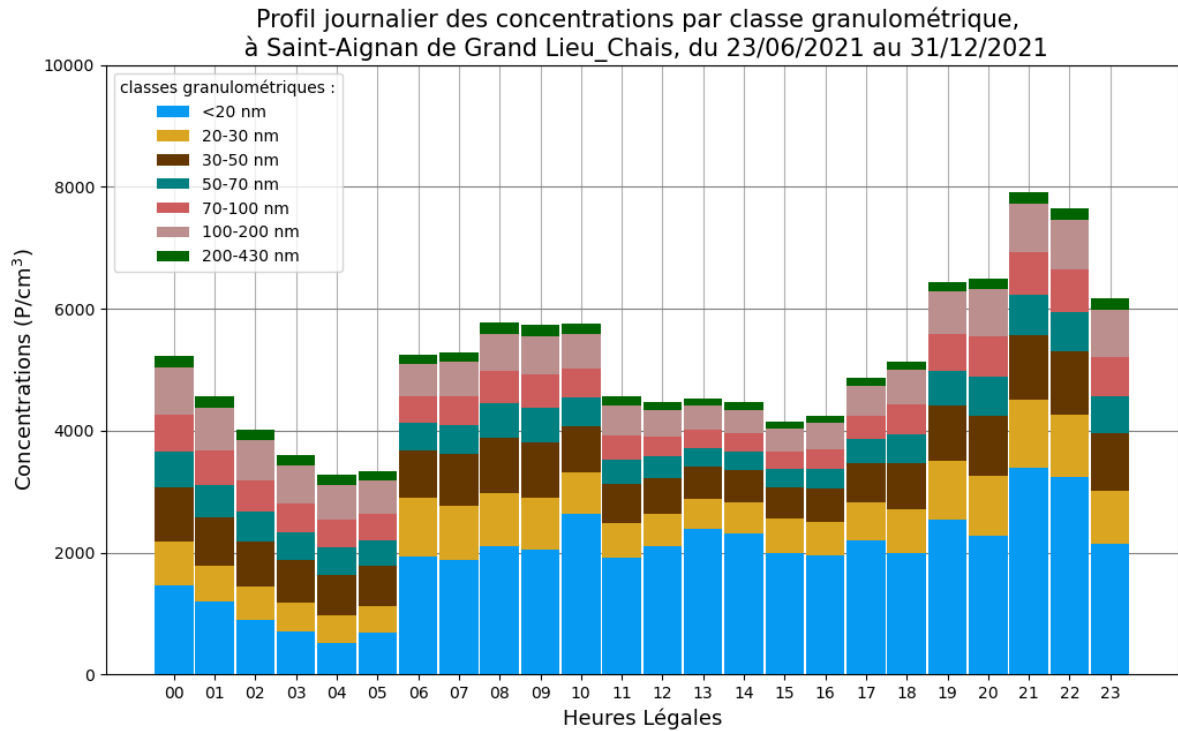


Figure 17 : profil journalier moyen des concentrations à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais

Le profil journalier moyen à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais est comparable à celui de la période précédente au nord des pistes à la ferme de la Ranjonnière, de par l'augmentation des concentrations à 6h, atteignant les 5 700 P/cm³ entre 8h et 10h. S'en suit une diminution des concentrations à partir de 11h à 4 400 P/cm³. Les concentrations restent constantes jusqu'à 16h avant de réaugmenter jusqu'à 21h, atteignant près de 8 000 P/cm³. Les concentrations diminuent entre 22h et 23h, puis plus progressivement jusqu'à atteindre des niveaux de fond vers 4h.

Ce sont essentiellement les deux premières classes qui provoquent l'augmentation des concentrations à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, les classes 3 à 6 dans une moindre mesure le soir.

Les graphiques suivants présentent les évolutions temporelles des concentrations au sein de journées types, décomposées en jours ouvrés, samedi et dimanche et exprimées en heures légales :

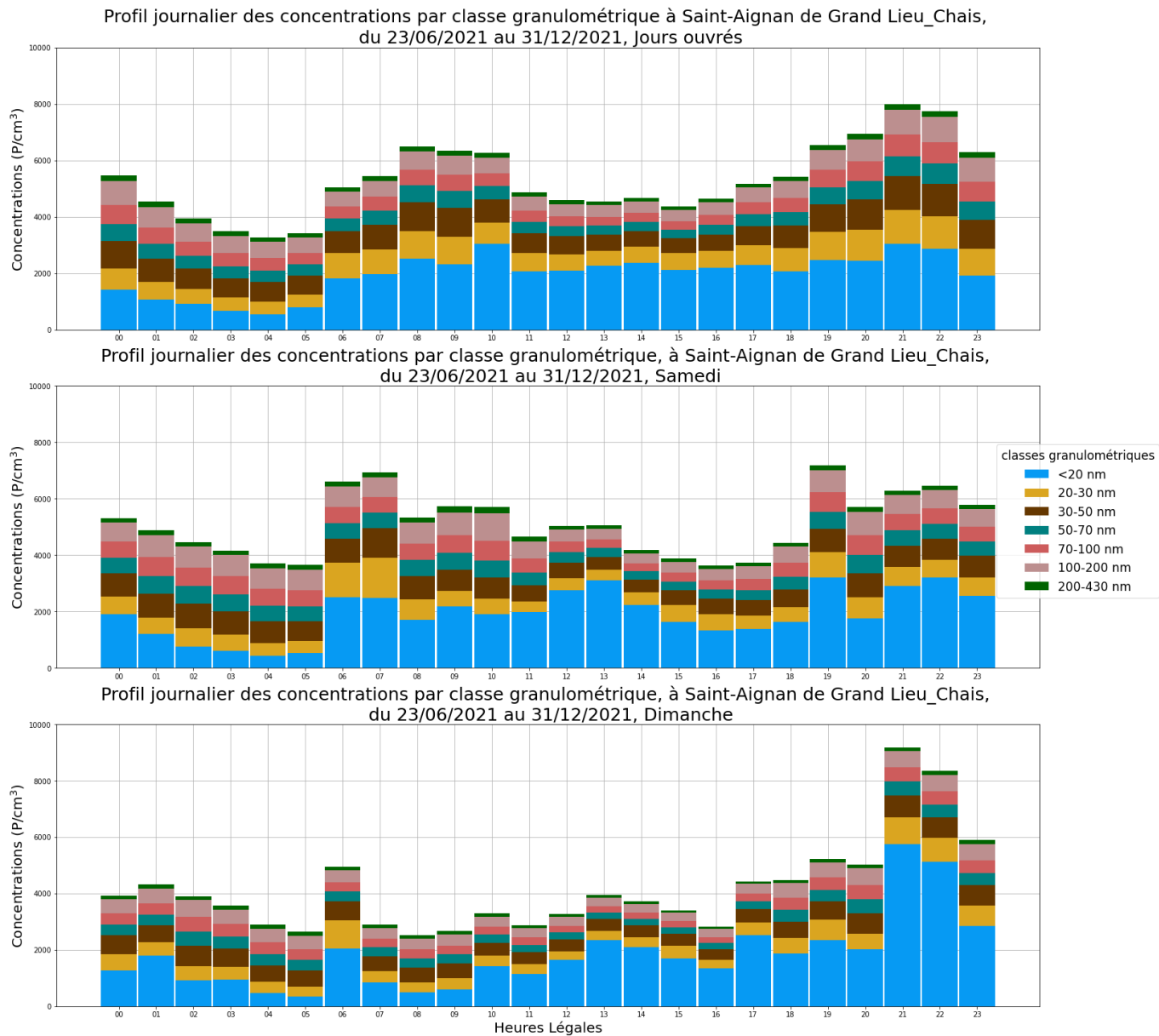


Figure 18 : profils journaliers moyens des concentrations à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais décomposés en jours ouvrés, samedi et dimanche

La décomposition des profils journaliers montre des formes de profils assez différentes. En jours ouvrés, on retrouve deux élévations des concentrations dans la journée, avec des concentrations qui augmentent à partir de 6h et une première classe prépondérante par rapport aux autres.

Le samedi est caractérisé par des concentrations particulièrement élevées dans les deux premières classes à partir de 6h, et assez variables dans la journée.

Le dimanche, on retrouve une première élévation à 6h également, des concentrations issues de la première classe variables en journée et une élévation très marquée le soir à 21h.

Les variations des concentrations le samedi et dimanche sont essentiellement provoquées par des particules issues de la première classe.

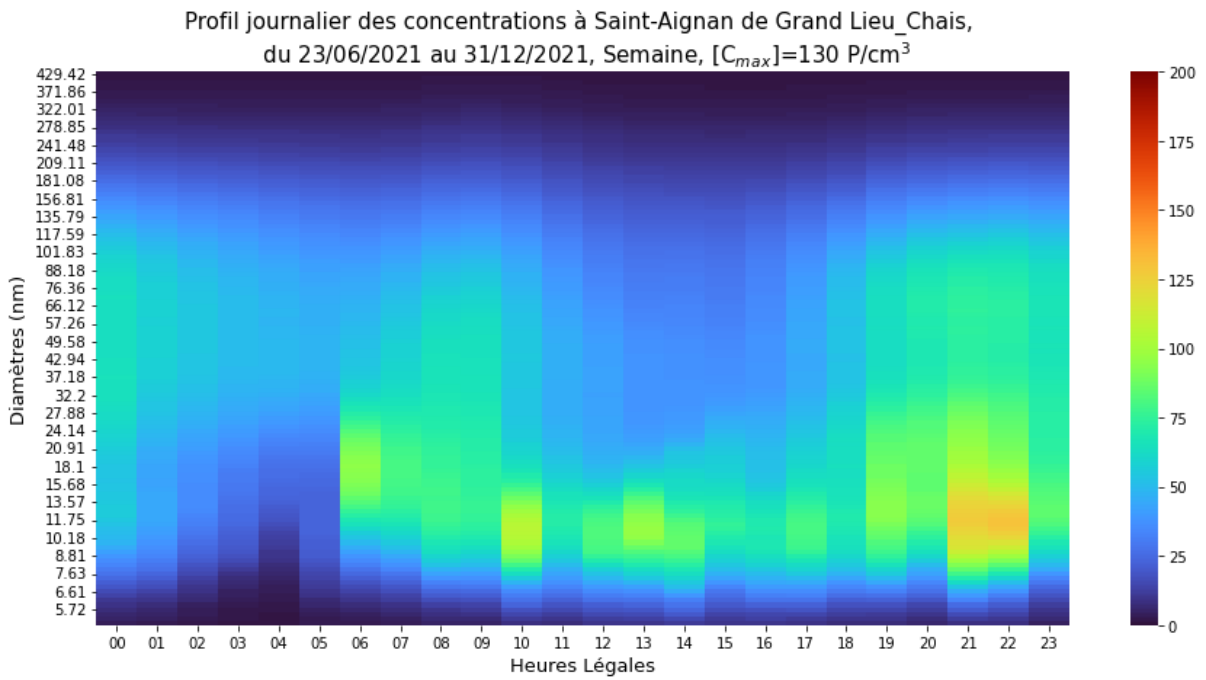


Figure 19 : profil journalier 2D moyen des concentrations à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais

Le profil 2D moyen de Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais montre des concentrations qui augmentent à partir de 6h dans des diamètres inférieurs à 30 nm et pour des concentrations de l'ordre de 100 P/cm³. Ces concentrations surviennent une à deux heures plus tôt qu'à la Chauvinière, et pour des diamètres plus restreints, essentiellement entre 10 et 30 nm.

En journée, les concentrations élevées sont caractérisées par des particules inférieures à 20 nm uniquement.

Les concentrations les plus élevées sont retrouvées le soir, allant jusqu'à 130 P/cm³ entre 21h et 22h, pour des diamètres inférieurs à 30 nm. On remarque également des concentrations plus élevées pour des diamètres allant jusqu'à 130 nm.

Impact du chauffage à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais

Les profils journalier 2D ont été tracés en période de chauffage et hors période de chauffage, de la même manière qu'à la Chauvinière.

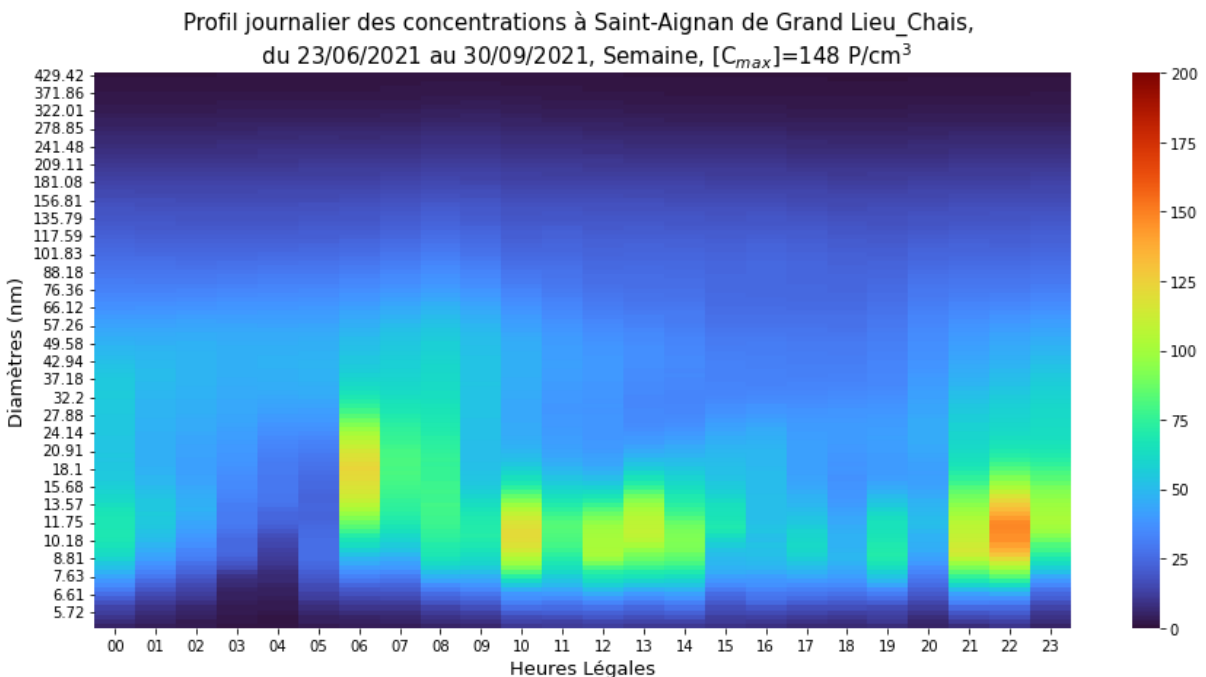


Figure 20 : profil journalier 2D moyen des concentrations à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, hors période de chauffage

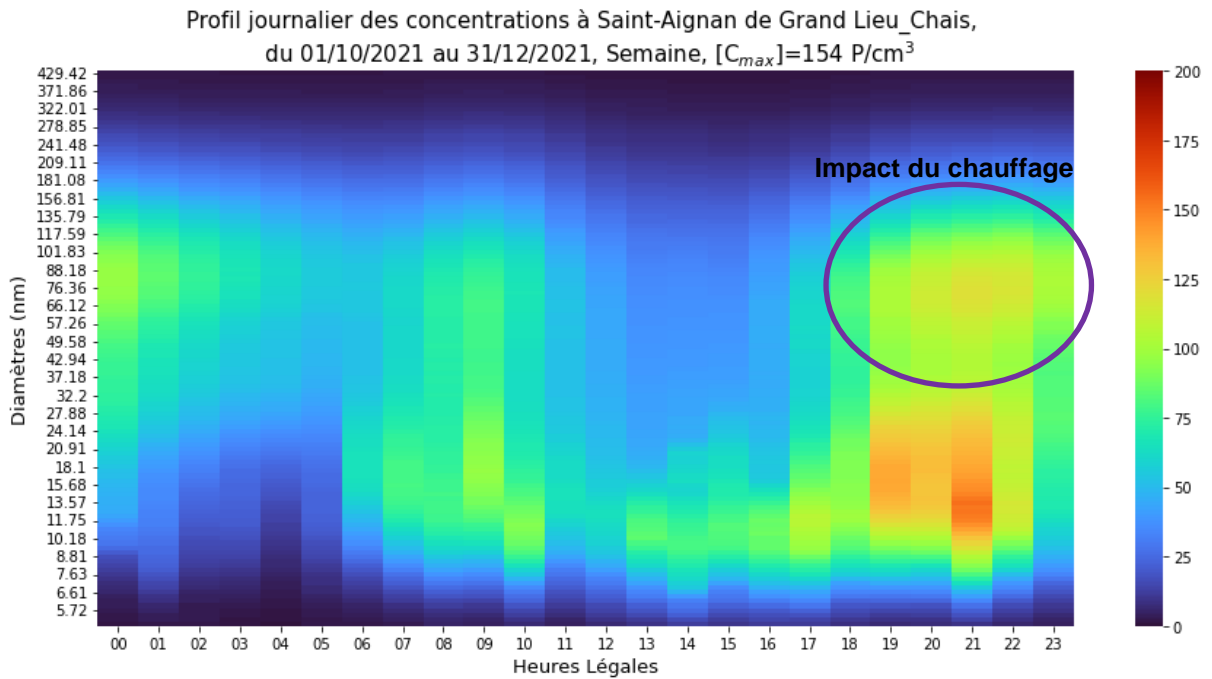


Figure 21 : profil journalier 2D moyen des concentrations à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, en période de chauffage

Si l'on décompose le profil journalier des concentrations en deux profils 2D, l'un du 23/06 au 30/09 (période considérée sans chauffage) et l'autre du 01/10 au 31/12 (période considérée avec chauffage), on s'aperçoit que les concentrations plus élevées entre 30 et 130 nm disparaissent hors période de chauffage, indiquant de ce fait que le site de Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais est bien impacté par les émissions liées au chauffage.

Les concentrations élevées à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais sont donc caractérisées par des particules de diamètres plus faibles qu'en zone urbaine, restreintes essentiellement entre 8 nm et 30 nm, allant jusqu'à 130 nm le soir, en période de chauffage. Il est à noter que les concentrations mesurées augmentent une à deux heures plus tôt qu'en zone urbaine et de manière plus abrupte.

Influence de l'aéroport sur les niveaux de particules ultrafines

Les mouvements du trafic aérien du 23/11/2020 au 31/12/2021 à Nantes-Atlantique nous ont été communiqués par la DGAC et concernent l'ensemble des vols passagers, de fret et non-commerciaux. Ce sont 31 462 vols au total.

Les heures pistes ont été préférées aux heures blocs afin d'établir les corrélations entre les mouvements d'avions et les évolutions de concentrations. Les heures sont exprimées en heures légales.

Vue d'ensemble du trafic aérien

L'évolution temporelle du trafic aérien depuis novembre 2020 est présentée dans la figure suivante.

Evolution temporelle journalière du nombre de mouvements d'avions du 23/11/2020 au 31/12/2021



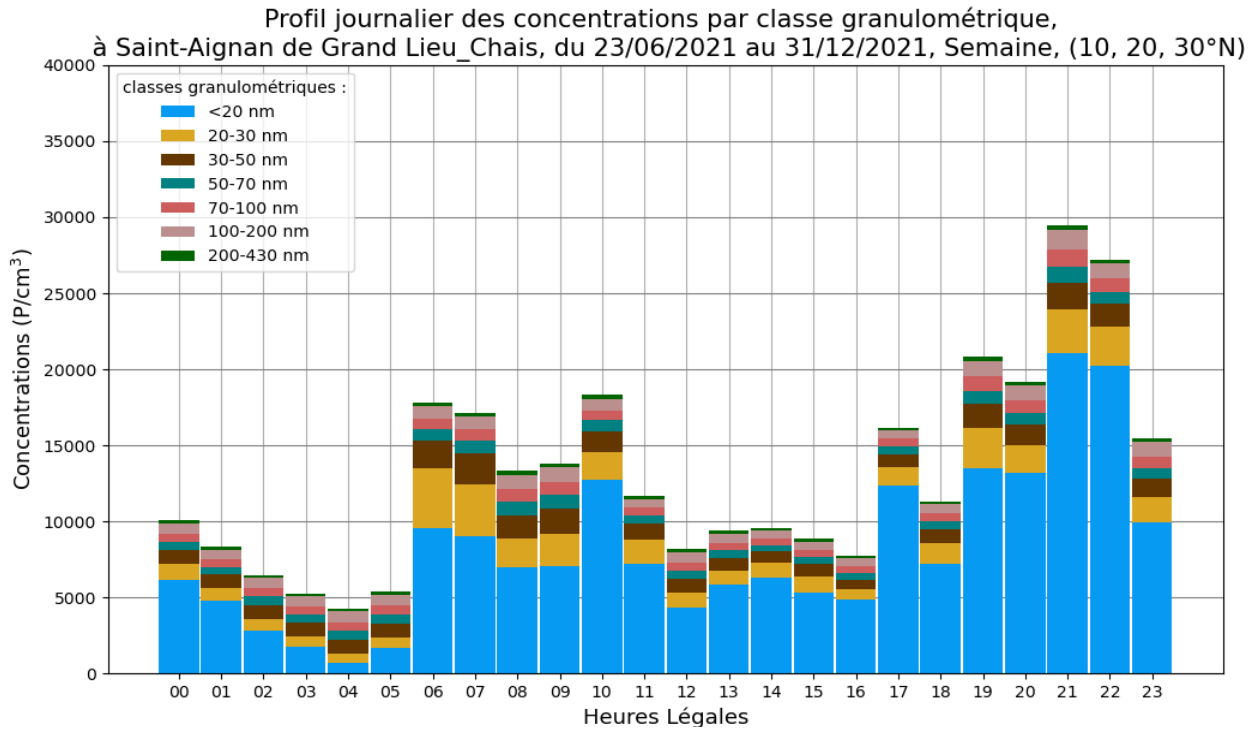
Figure 22 : évolution du trafic aérien journalier à l'aéroport de Nantes-Atlantique (source : DGAC)

Le trafic a beaucoup varié depuis novembre 2020, avec en moyenne 46 vols par jour sur la période allant du 23/11/2020 au 21/06/2021, contre 113 vols par jour en moyenne du 23/06/2021 au 31/12/2021. On remarque une certaine périodicité du trafic, avec des jours plus fréquentés que d'autres. Ainsi, sur l'ensemble de la période, il y a eu 62 vols par jour en moyenne le mercredi contre 94 vols par jour le dimanche.

Corrélation des concentrations avec les mouvements d'avions

Afin de mettre en avant l'impact du trafic aérien sur les niveaux de concentrations mesurées à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, nous avons comparé le profil journalier moyen des concentrations avec les profils journaliers des mouvements d'avions, uniquement pour des vents de nord-est, lorsque l'analyseur se trouve sous les vents de la piste.

Ainsi, nous comparons le profil journalier des concentrations mesurées par vents de 10, 20 ou 30°N avec le profil journalier du nombre d'avions ayant décollé ou atterri par vents de 10, 20 ou 30°N.



Profil journalier du nombre de vols sélectionnés du 23/06/2021 au 31/12/2021 à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, Semaine, (10, 20, 30°N), N=1709 vols

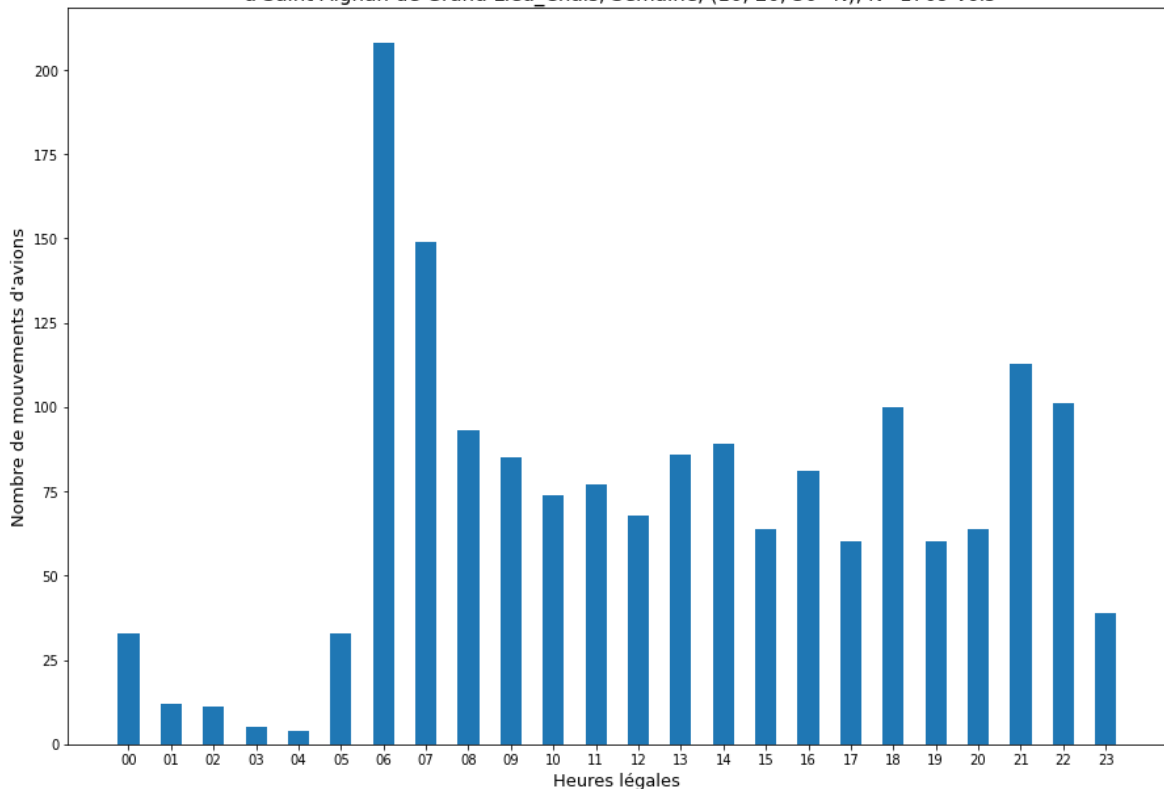


Figure 23 : comparaison du profil journalier des concentrations moyennes avec celui du nombre de vols ayant eu lieu lorsque les vents provenaient de la piste de l'aéroport (vents de directions 10, 20 et 30°N)

La comparaison des deux profils journaliers (figure 23) indique que l'on retrouve un nombre élevé d'avions à partir de 6h, heure à laquelle les concentrations de la première classe augmentent de

manière importante. Cela se produit 1 à 2 heures plus tôt que l'élévation des concentrations le matin en zone urbaine. La baisse brutale du nombre d'avions entre 22h et 23h est également visible sur les niveaux de concentrations.

Une correspondance est également retrouvée à 21h et 22h avec une élévation des concentrations dans la première classe et un nombre de vols élevé. Il faut souligner ici que les concentrations sont également influencées par les conditions météorologiques.

Roses de pollution des différentes classes de particules ultrafines

Nous avons pu mettre en évidence, dans la partie précédente, des corrélations entre le nombre d'avions et les concentrations élevées dans les profils moyens journaliers. Dans cette partie, les niveaux de PUF seront étudiés en fonction de la direction des vents afin d'en connaître la provenance.

Site de la Chauvinière

Nous avons tracé des roses de pollution totale et pour chaque classe afin d'étudier la provenance des particules ultrafines. Ces graphiques ont été réalisés en associant les concentrations mesurées avec les directions de vents correspondants à l'instant de mesure de la concentration. Il y a donc un point par mesure de concentrations valide. Compte tenu de l'absence de station météorologique au niveau du site, les roses de la Chauvinière ont été tracées à partir des vents mesurés à la station Météo-France la plus proche, soit celle de la plateforme aéroportuaire.

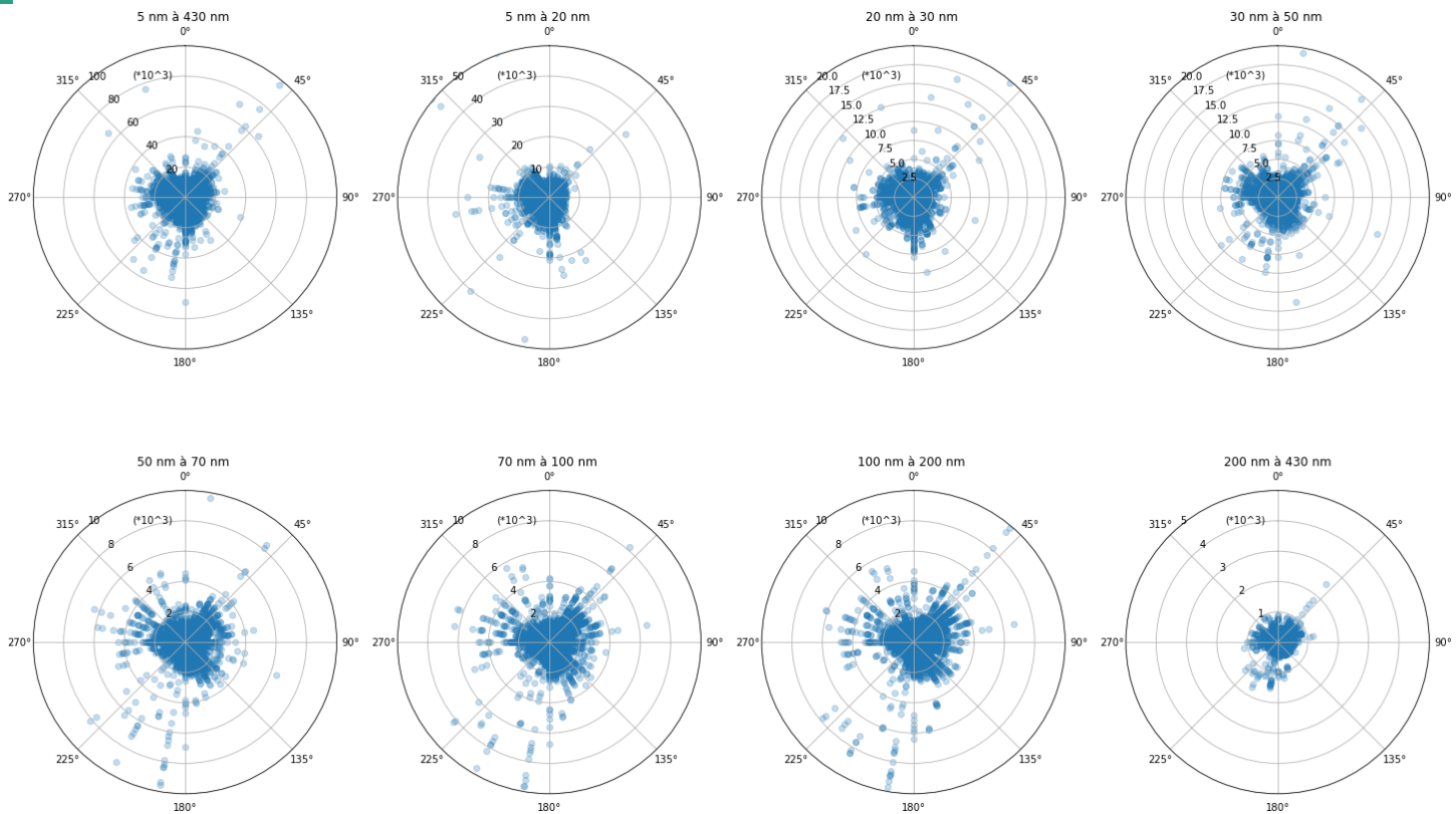


Figure 24 : roses de pollution à La Chauvinière pour les différentes classes de particules ultrafines, du 23/06/2021 au 31/12/2021

Les roses de pollution quartier de La Chauvinière ne font ressortir clairement aucune direction de vents privilégiée.

Site de Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais

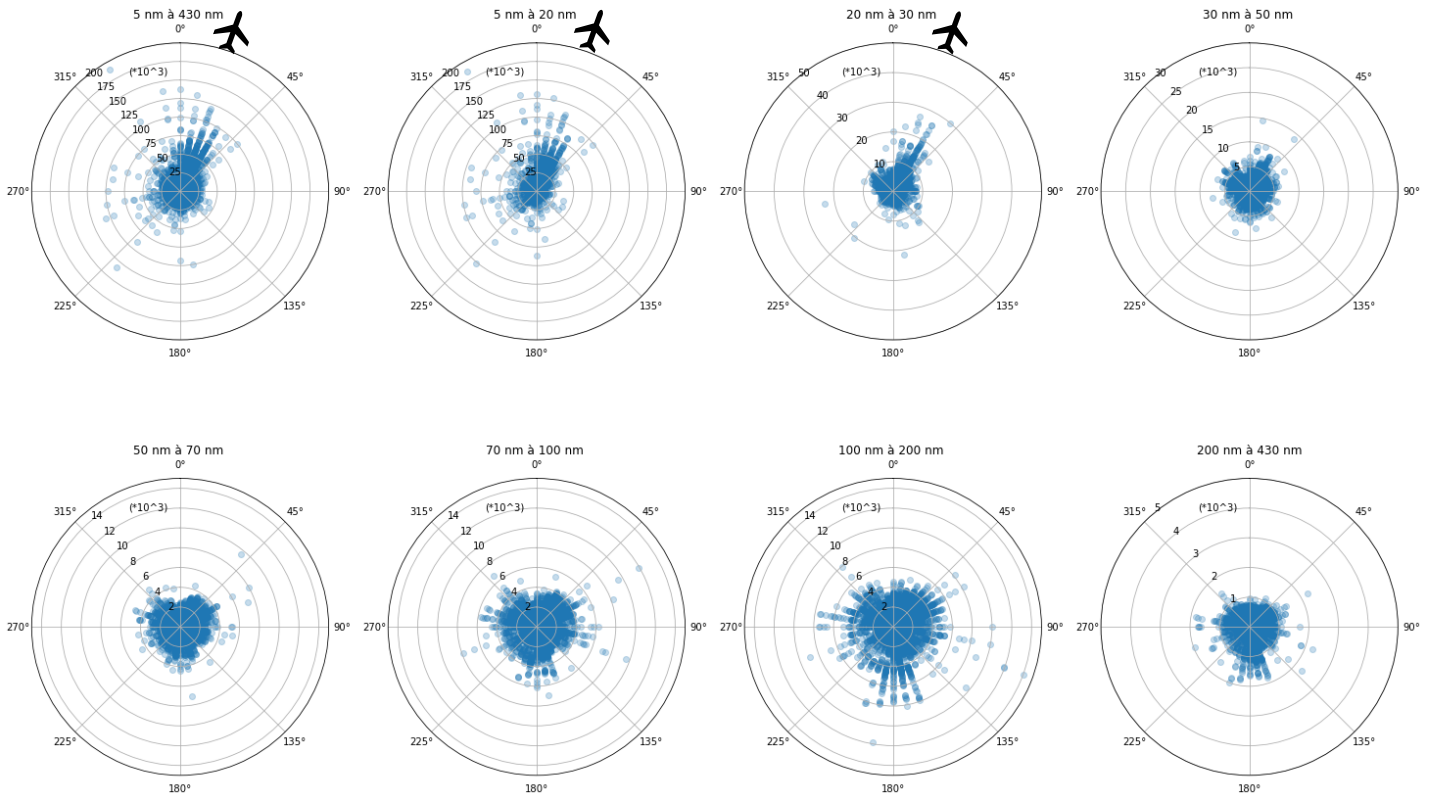
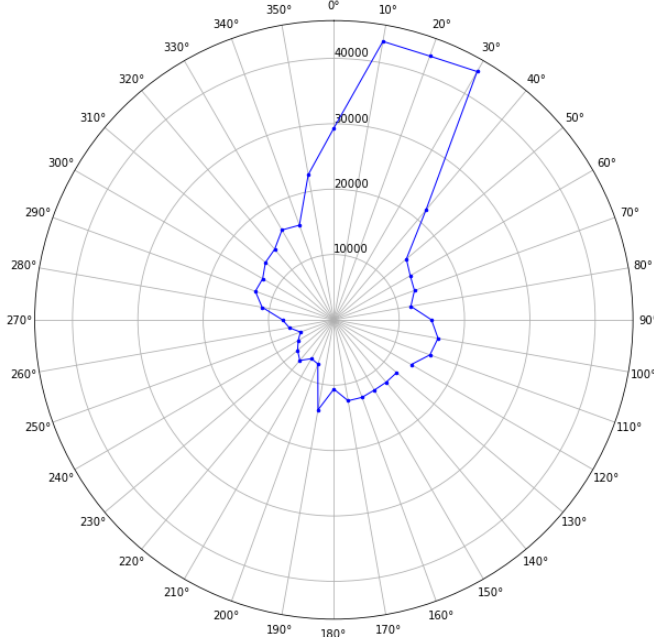


Figure 25 : roses de pollution à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais pour les différentes classes de particules ultrafines, du 23/11/2020 au 21/06/2021

Les roses de pollution de Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais quant à elles, indiquent des mesures de concentrations plus élevées lorsque les vents proviennent du nord-est, en particulier dans les deux premières classes.

Percentile P95 des concentrations selon la direction des vents à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, du 23/06/2021 au 31/12/2021



La rose de pollution ci-contre confirme les observations de la figure 25. Les valeurs de percentile 95 les plus élevées sont en effet retrouvées lorsque les vents soufflent du nord-est, et plus précisément des trois directions 10°N, 20°N et 30°N. Les percentiles 95 atteignent les 43 000 P/cm³ dans ces directions, contre environ 13 000 P/cm³ dans les directions non-influencées.

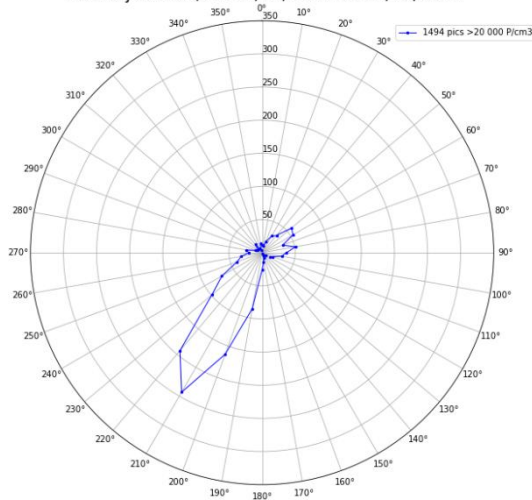
A titre d'information, la moyenne des concentrations est de 13 100 P/cm³ lorsque les vents sont dans les secteurs 10°N à 30°N et de 4 300 P/cm³ en moyenne dans les autres secteurs.

Figure 26 : roses de pollution percentile 95 à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais

Comparaison de l'influence du trafic aérien sur les concentrations en PUF à La Ranjonnière et à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais

Nous avons pu constater une influence du trafic aérien sur les concentrations mesurées à proximité de l'aéroport, que ce soit à 500 mètres au nord-est de la piste ou à 2 km au sud-ouest de celle-ci. Il nous paraît donc intéressant de comparer les deux sites de mesure, tout en gardant à l'esprit que le trafic aérien a augmenté entre la première période (+146%), où l'analyseur était installé au nord à la Ranjonnière, et la seconde période où il était installé au sud à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais. Précisons également ici que les mesures sur les deux sites n'étaient pas réalisées de façon simultanées mais sur deux périodes distinctes de 6 mois, avec des conditions météorologiques différentes, avec notamment des températures plus froides durant la première période (qui a eu lieu en hiver et au printemps) par rapport à la seconde (qui a pris place durant l'été et l'automne).

Nombre de mesures supérieures à 20k selon la direction des vents à La Ranjonnière, du 23/11/2020 au 21/06/2021



Nombre de mesures supérieures à 20k selon la direction des vents à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, du 23/06/2021 au 31/12/2021

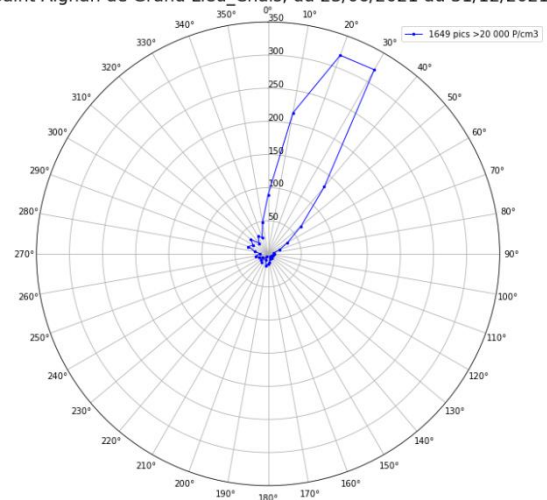


Figure 27 : nombre de mesures supérieures à 20 000 P/cm³ selon la direction des vents à la Ranjonnière (Nord-est de la piste, figure de gauche) et à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais (Sud-ouest de la piste, figure de droite)

Nous avons commencé par comparer le nombre de mesures de concentrations supérieures à 20 000 P/cm³ selon la direction des vents.

Nous retrouvons un nombre d'élévations ponctuelles maximal pour les directions de vents proches de l'axe piste-analyseur, à savoir 207°N à la Ranjonnière et 27°N à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais.

A la Ranjonnière, il y a eu 599 élévations ponctuelles dans les trois directions principales 200, 210 et 220 °N. Il y en a eu 856 à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, dans les directions 10, 20 et 30°N. Une augmentation de l'ordre de 43 % du nombre de mesures de concentrations supérieures à 20 000 P/cm³ a été observée entre la première période à La Ranjonnière et la seconde période à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais.

Deux paramètres principaux sont susceptibles d'influer sur le nombre d'élévations ponctuelles mesurées : le nombre d'avions et la fréquence d'apparition des vents.

La fréquence des vents favorables à l'apparition d'élévations ponctuelles des concentrations a été proche entre la première et la seconde période, avec 8.24 % des vents qui soufflaient entre 200°N et 220°N pour la Ranjonnière à la première période contre 8.36 % des vents qui soufflaient entre 10°N et 30°N, à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais durant la seconde période.

Cette faible différence dans la fréquence d'apparition des vents peut alors difficilement expliquer la différence du nombre d'élévations ponctuelles des concentrations constatée entre les deux sites.

Le nombre de vols ayant eu lieu durant la période de mesures à La Ranjonnière et lorsque les vents soufflaient dans les directions 200, 210 ou 220°N, était de 951 vols. Il y en a eu 1 709 durant les mesures à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, dans les trois directions principales.

Ainsi, nous retrouvons un nombre d'élévations ponctuelles supérieures à 20 000 P/cm³ plus élevé à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais durant cette seconde période, expliqué essentiellement par la reprise du trafic aérien sur la seconde moitié de 2021.

Nous avons tracé par la suite les boxplots des élévations de concentrations pour les trois directions principales de chaque emplacement, c'est-à-dire, les boxplots des mesures de concentrations supérieures à 20 000 P/cm³ mesurés lorsque les vents soufflaient dans les directions 200°N, 210°N et 220°N pour La Ranjonnière et 10°N, 20°N et 30°N pour Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais.

La figure 28 correspond aux boxplots des deux sites avec une échelle d'axe vertical limitée. La figure 29 reprend le même graphique mais sans limite d'échelle.

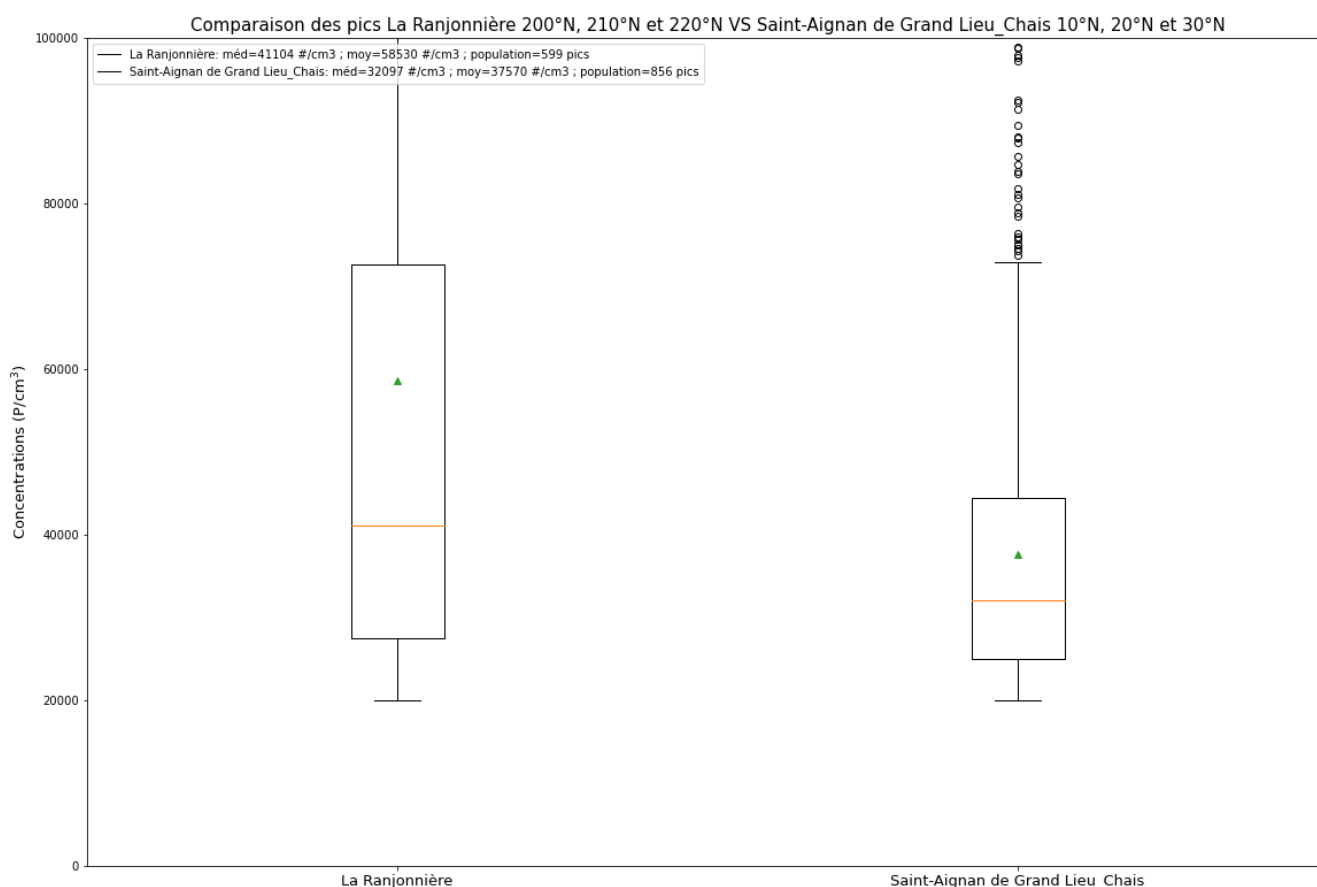


Figure 28 : comparaison des boxplots des mesures supérieures à 20 000 P/cm³ pour les trois directions principales à la Ranjonnière et à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, axe verticale limitée

La figure 28 nous apprend que la médiane des mesures de concentrations supérieures à 20 000 P/cm³ à la Ranjonnière, pour les trois directions principales, est de 41 000 P/cm³ contre 32 100 P/cm³ à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, ce qui représente une diminution de 22 % de la concentration médiane.

De même, les moyennes sont de 58 500 P/cm³ à La Ranjonnière contre 37 500 P/cm³ à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais. Une diminution des concentrations moyennes de 36 % est donc observée entre la première période à La Ranjonnière et la seconde à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais.

Une étendue interquartile de 45 100 P/cm³ est retrouvée à la Ranjonnière contre 19 500 P/cm³ à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, indiquant une variabilité des concentrations mesurées plus élevée à La Ranjonnière.

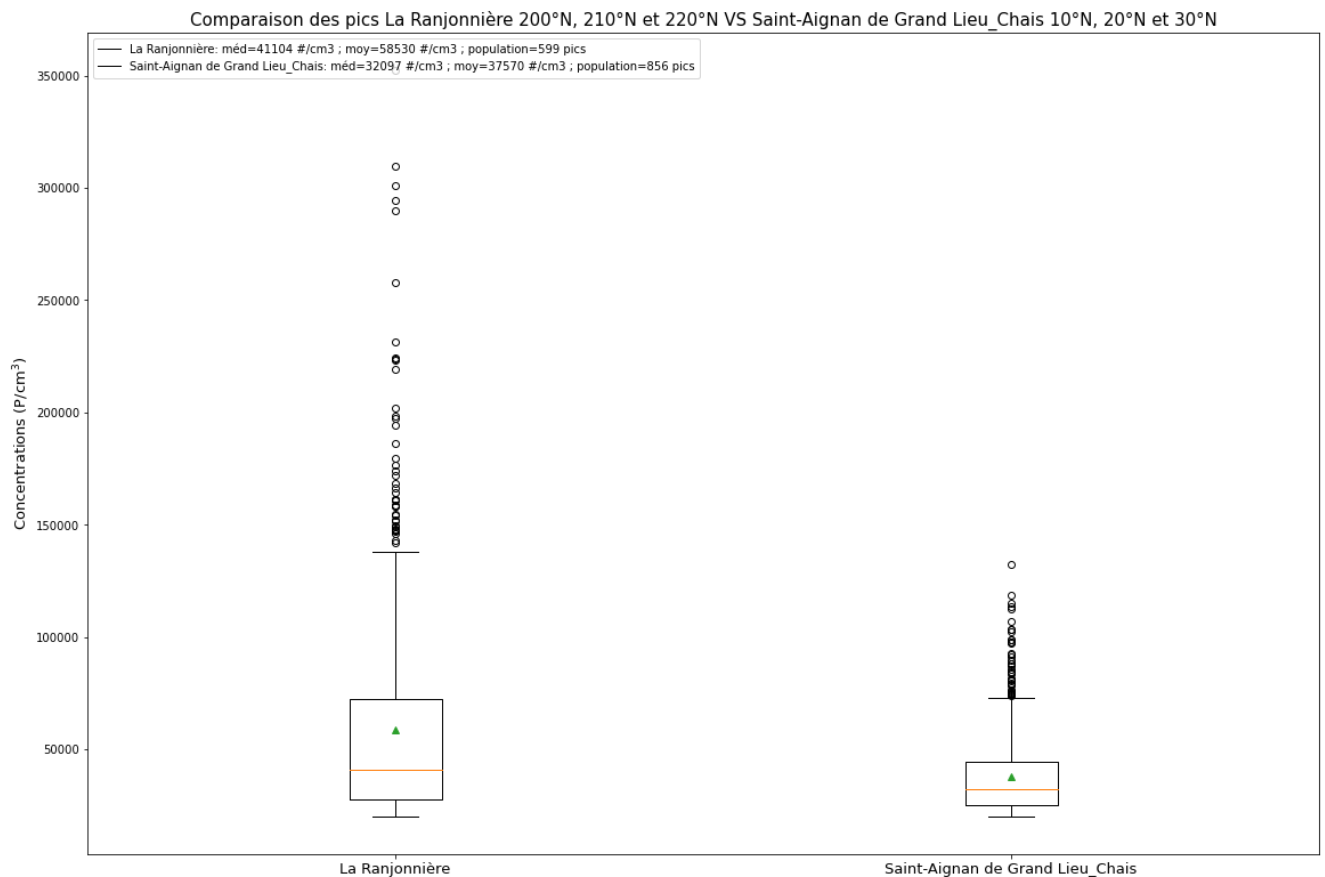


Figure 29 : comparaison des boxplots des élévations supérieures à 20 000 P/cm³ pour les trois directions principales à la Ranjonnière et à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais

Cette différence de niveaux de concentrations mesurés sur les deux périodes serait due à la différence de distance entre les deux sites (4 fois plus élevée à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais), l'augmentation de la distance à la piste favorisant la dispersion des particules. Les conditions météorologiques associées aux vents de sud-ouest et nord-est ne sont également pas à exclure dans la différence constatée entre les deux sites.

Les proportions des vents de sud-ouest pour la première période et de nord-est pour la seconde étant très proches, le nombre plus élevé d'élévations ponctuelles des concentrations durant la seconde période serait principalement due à l'augmentation du trafic aérien par rapport à la première période.

conclusions

Les concentrations mesurées à la Chauvinière ont diminué durant la seconde période de mesures (23/06/2021 – 31/12/2021) par rapport à la première période (23/11/2020 – 21/06/2021). En effet, les concentrations moyennes et médianes ont diminué de l'ordre de 20 % entre les deux périodes. Cette diminution peut être expliquée par des conditions météorologiques différentes entre les deux périodes, la première période ayant eu lieu en hiver et printemps (période propice à l'accumulation des polluants dans l'air, et aux émissions liées au chauffage) et en été et automne pour la seconde période.

La concentration médiane à la Chauvinière est supérieure à celle de Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, indiquant une pollution de fond supérieure en zone urbaine qu'en zone périurbaine au sud-ouest de l'aéroport. La moyenne des concentrations est en revanche supérieure à Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais, où l'on observe des élévations ponctuelles de concentrations en particules ultrafines plus fréquentes qu'à la Chauvinière, généralement d'une durée de 5 à 10 minutes.

La distribution granulométrique de Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais fait apparaître un mode primaire à 12 nm et un mode secondaire vers les 60 nm. Les profils journaliers indiquent une augmentation des concentrations à partir de 6h, heure à laquelle les avions commencent à voler. La baisse significative du nombre d'avions survenant entre 22h et 23h est également visible sur les niveaux de concentrations en particules ultrafines inférieure à 20 nm.

Les roses de pollution de Saint-Aignan de Grand Lieu_Chais ont été comparés à ceux mesurés à la ferme de la Ranjonnière. Une augmentation de 43 % du nombre d'élévations de concentrations supérieures à 20 000 P/cm³ y est observée entre la première et la seconde période, lorsque les vents proviennent de la piste. Cette augmentation est attribuée à l'augmentation du trafic aérien (+146%) entre les deux périodes. Les niveaux de concentrations de ces élévations ponctuelles ont en revanche diminué avec une baisse de 22 % de la médiane et de 36 % de la moyenne de ces élévations. Cette différence de niveaux de concentrations mesurés entre les deux périodes serait due à la différence de distance entre les deux sites. L'influence des conditions météorologiques n'est également pas à exclure dans la différence de niveaux de concentrations constatée.

L'ensemble de ces résultats a permis de mettre en évidence un impact du trafic aérien de l'aéroport de Nantes-Atlantique sur les niveaux de concentrations en particules ultrafines au Chais des Treilles à Saint-Aignan de Grand Lieu et confirment ainsi les conclusions de la première campagne.

perspectives

Ce rapport présente les résultats des 6 premiers mois de mesures au Chais des Treilles à Saint-Aignan de Grand Lieu, où l'analyseur est placé au sud-ouest de la piste. La prochaine étape de l'étude consiste à continuer les mesures au même emplacement, à 2 km au sud-ouest de la piste durant les 6 prochains mois. En outre, un second analyseur sera positionné dans le bourg de Saint-Aignan de Grand Lieu, toujours dans l'axe de la piste à environ 2,7 km au sud-ouest du seuil 03 de la piste de l'aéroport. Cela va permettre d'évaluer l'impact de l'augmentation de la distance à la piste sur les niveaux de concentrations en particules ultrafines, en comparant les niveaux de concentrations mesurés simultanément à 2 km et à 2.7 km de distance à la piste et de ce fait, dans les mêmes conditions météorologiques et de trafic aérien.

En outre, la durée d'étude de deux ans devrait permettre d'évaluer l'impact de la reprise du trafic aérien sur les niveaux de concentrations au niveau des habitations proches de l'aéroport de Nantes-Atlantique.

Enfin, les mesures initialement sur le site de La Chauvinière seront déplacées sur le site de trafic de l'agglomération nantaise, au niveau du boulevard des frères Goncourt. Ces mesures nous permettront d'étendre nos connaissances sur les niveaux de particules ultrafines à proximité d'une voie de circulation.

annexes

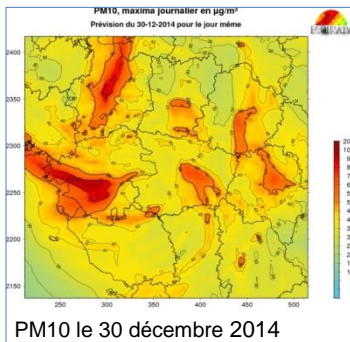
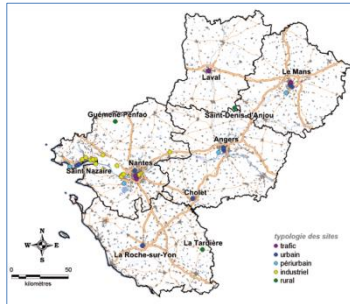
- annexe 1 : Air Pays de la Loire
- annexe 2 : Définition d'un boxplot

Annexe 1 : Air Pays de la Loire

Dotée d'une solide expertise riche de trente ans d'expérience, Air Pays de la Loire est agréée par le Ministère de la Transition écologique et solidaire pour surveiller la qualité de l'air de la région des Pays de la Loire. Air Pays de la Loire regroupe de manière équilibrée l'ensemble des acteurs de la qualité de l'air : services de l'État et établissements publics, collectivités territoriales, industriels et associations et personnalités qualifiées.

Air Pays de la Loire mène deux missions d'intérêt général : surveiller et informer.

surveiller pour savoir et comprendre



l'air de la région sous haute surveillance

Fonctionnant 24 heures sur 24, le dispositif permanent de surveillance est constitué d'une trentaine de sites de mesure, déployés sur l'ensemble de la région : principales agglomérations, zones industrielles et zones rurales.

mesurer où et quand c'est nécessaire

Air Pays de la Loire s'est doté de systèmes mobiles de mesure (laboratoires mobiles, préleveurs...). Ces appareils permettent d'établir un diagnostic complet de la qualité de l'air dans des secteurs non couverts par le réseau permanent. Des campagnes de mesure temporaires et ciblées sont ainsi menées régulièrement sur l'ensemble de la région.

la fiabilité des mesures garantie

Les mesures de qualité de l'air consistent le plus souvent à détecter de très faibles traces de polluants. Elles nécessitent donc le respect de protocoles très précis. Pour assurer la qualité de ces mesures, Air Pays de la Loire dispose d'un laboratoire d'étalonnage, airpl.lab accrédité par le Cofrac et raccordé au Laboratoire National d'Essais.

simuler et cartographier la pollution

Pour évaluer la pollution dans les secteurs non mesurés, Air Pays de la Loire utilise des logiciels de modélisation. Ces logiciels simulent la répartition de la pollution dans le temps et l'espace et permettent d'obtenir une cartographie de la qualité de l'air. La modélisation permet par ailleurs d'estimer l'impact de la réduction, permanente ou ponctuelle, des rejets polluants. Elle constitue un outil d'aide à la décision pour les autorités publiques compétentes et les acteurs privés.

prévoir la qualité de l'air

Si le public souhaite connaître la pollution prévue pour le lendemain afin de pouvoir adapter ses activités, les autorités politiques ont, elles, besoin d'anticiper les pics de pollution pour pouvoir prendre les mesures adaptées. En réponse à cette attente, Air Pays de la Loire réalise des prévisions de la pollution atmosphérique grâce à la plateforme interrégionale ESMEALDA.

informer pour prévenir



pics de pollution : une vigilance permanente

En cas d'épisode de pollution, une information spécifique est adressée aux autorités publiques, aux médias et à tous les internautes inscrits gratuitement. Suivant les concentrations de pollution atteintes, le préfet de département prend, si nécessaire, des mesures visant à réduire les émissions de polluants (limitations de vitesse, diminution d'activités industrielles...)

sur Internet : tous les résultats, tous les dossiers

Le site Internet www.airpl.org donne accès à de très nombreuses informations sur la qualité de l'air des Pays de la Loire. Elles sont actualisées toutes les heures. On y trouve les cartes de pollution et de vigilance, les communiqués d'alerte, les indices de la qualité de l'air, les mesures de pollution heure par heure, les actualités, toutes les publications d'Air Pays de la Loire...

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé par le Ministère de l'Environnement pour assurer la **surveillance de la qualité de l'air de la région des Pays de la Loire** 24h/24 et 7j/7.

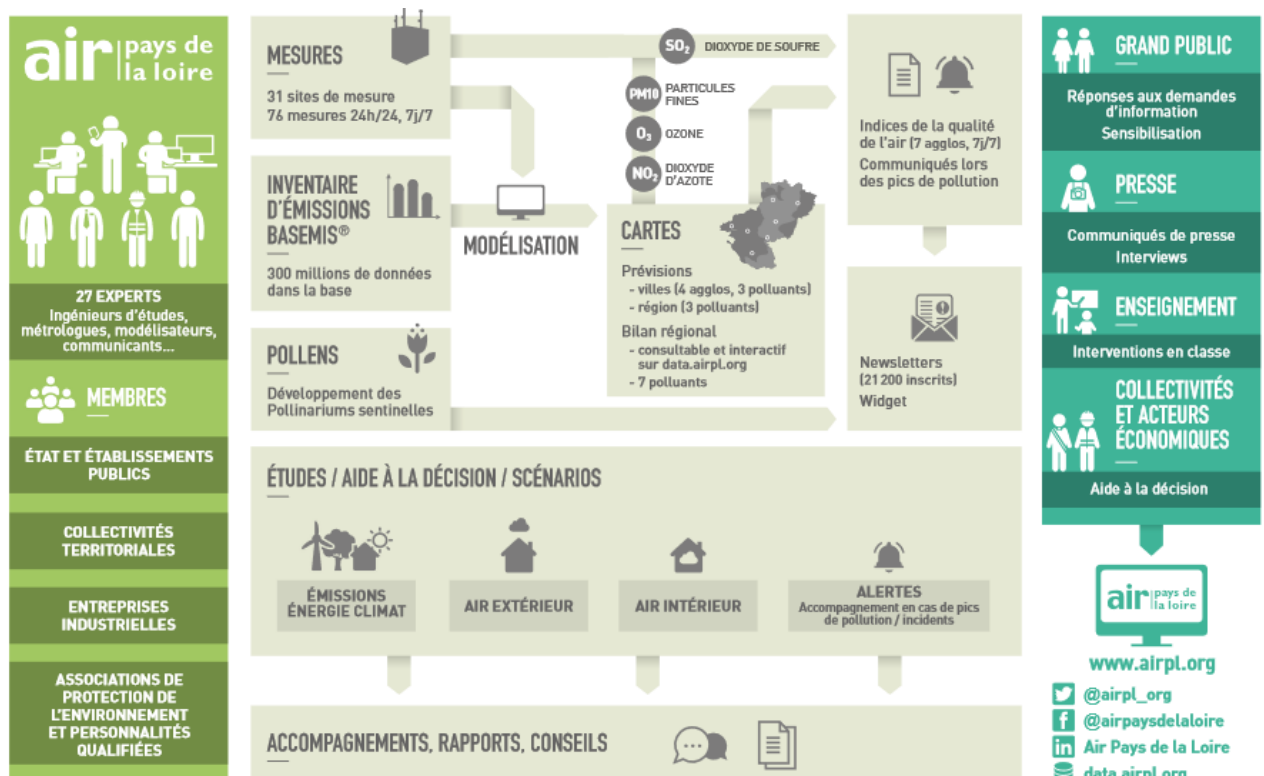
Air Pays de la Loire met quotidiennement à disposition de tous des informations sur la qualité de l'air :

- sur www.airpl.org : mesures en temps réel, prévisions régionales et urbaines, rapports d'études, actualités...
- via des newsletters gratuites : indices de qualité de l'air du jour et du lendemain, alertes pollution et alertes pollens ;
- sur Twitter (@airpl_org) et Facebook (Air Pays de la Loire)

Ses domaines d'expertise portent sur :

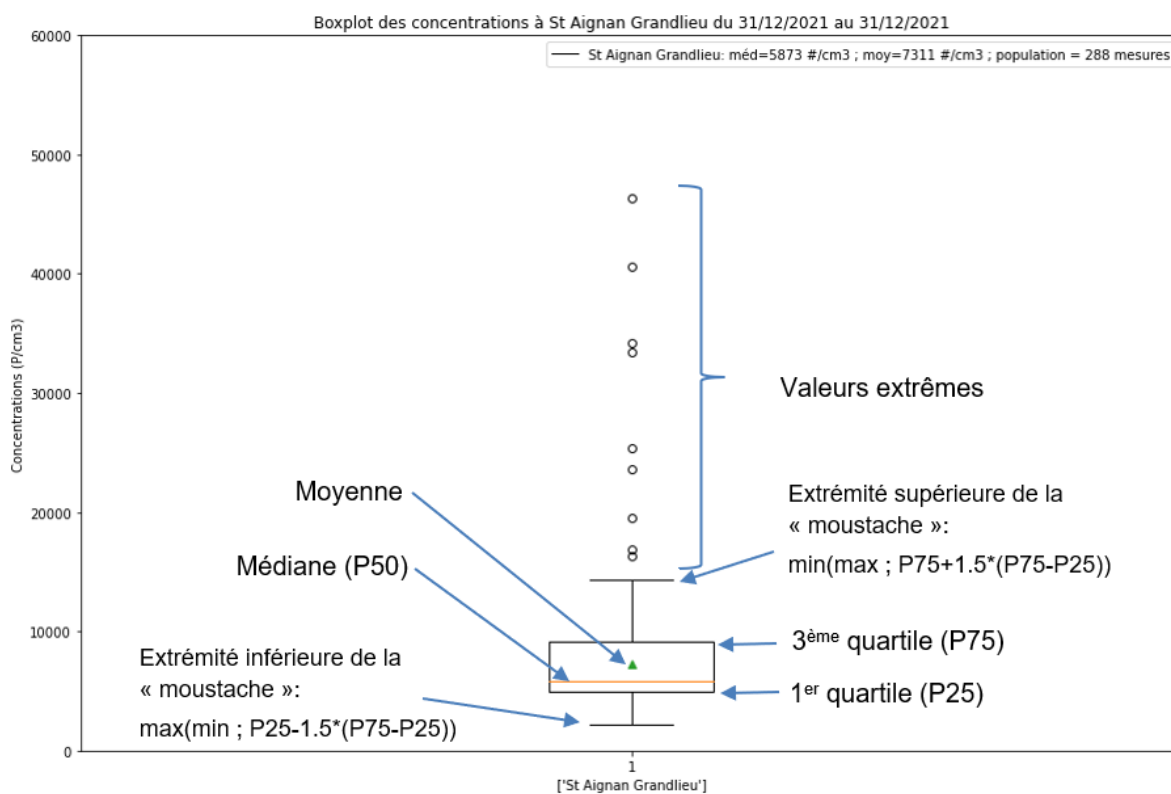
- **qualité de l'air extérieur** : mesures en temps réel, prévisions de qualité de l'air, cartographies, études autour d'industries, dans des zones agricoles...
- **qualité de l'air intérieur** : mesures dans des établissements recevant du public, appui aux collectivités dans les constructions de bâtiments, études spécifiques...
- **émissions, énergie, climat** : inventaire régional des émissions de polluants, gaz à effet de serre et des données énergétiques (BASEMIS®), aide à la décision pour les collectivités (plans climat air énergie territoriaux)...
- **pollens** : diffusion en temps réel des résultats sur la région.

Organisé sous forme pluri-partenaire, Air Pays de la Loire réunit quatre groupes de partenaires : l'Etat, des collectivités territoriales, des industriels et des associations de protection de l'environnement et de défense des consommateurs.



Annexe 2 : définition d'un boxplot

Le Boxplot, appelé également « Boîte à moustaches », permet d'étudier la distribution des concentrations. Il représente d'une manière simple la répartition d'un groupe d'observations et synthétise une série de statistiques récapitulatives telles que la médiane, le 1^{er} et 3^{ème} quartile ainsi que les observations qui s'écartent fortement de la population étudiée dites valeurs extrêmes.





airpays de la loire

5 rue Édouard-Nignon – CS 70709 – 44307 Nantes cedex 3

Tél + 33 (0)2 28 22 02 02

Fax + 33 (0)2 40 68 95 29

contact@airpl.org

air | pays de
la loire
www.airpl.org