

AtmoSud

Inspirer un air meilleur

A photograph of a person with long, curly hair holding a blue flag high against a bright sky. The sun is low on the horizon, creating a strong lens flare and illuminating the scene. The flag is blue with a white wavy pattern. The overall mood is positive and hopeful, suggesting clean air and a bright future.

Analyse des Particules Ultrafines à l'aéroport de Nice (06)

Janvier - octobre 2020

RÉSUMÉ :

ANALYSE DES PARTICULES ULTRAFINES A L'AEROPORT DE NICE (06)

Janvier - octobre 2020

L'essor continu que connaît le secteur de l'aviation depuis plusieurs décennies suscite de fréquentes interrogations sur la qualité de l'air autour des plateformes aéroportuaires et une réelle préoccupation des riverains.

La collaboration avec le gestionnaire de l'aéroport de Nice (SAACA¹) date de la mise en œuvre de la surveillance dans les Alpes-Maritimes au début des années 1990. Une station permanente de surveillance de la qualité de l'air est d'ailleurs installée depuis 2005 dans l'enceinte de l'aéroport proche du terminal 2, le long du Var et suit en continu 4 polluants réglementés : l'ozone, les oxydes d'azote et les particules de diamètre inférieur à 10 et 2,5 microns. Toutefois la surveillance de ces polluants « classiques » ne répond pas totalement à la problématique, en raison de la multiplicité de sources communes à proximité des plateformes aéroportuaires (emplois associés (bagages, ravitaillement, sécurité, secours), commerces et déplacement des salariés). Les résultats pour les oxydes d'azote montrent une prédominance du secteur routier rendant difficile la **distinction de la part « avion » sur ce polluant**.

Aussi AtmoSud et la SAACA ont-ils décidé de s'intéresser au **nombre de particules**, paramètre encore non réglementé et faisant partie des pistes d'amélioration des connaissances. Une campagne exploratoire sur les **particules ultra fines de taille comprise entre 7 nm et 5 µm** a donc été menée à la station de l'aéroport du 1^{er} janvier au 16 octobre 2020.

Cependant, l'année 2020 a été perturbée par la crise sanitaire qui a conduit à la mise en place d'un confinement strict de la population du 17 mars midi au 10 mai minuit. Toutefois, l'aéroport est resté ouvert à la circulation aérienne mais toute l'activité a été regroupée au terminal T2². Malgré le déconfinement, le trafic aérien n'a « repris » réellement qu'à partir du 15 juin avec un doublement du nombre de mouvements sur le terminal T2.

► Le confinement a entraîné une baisse du nombre de particules ultra fines de 60% en moyenne

Lors du confinement, le déplacement des personnes a été limité quel que soit le type de transport, routier, ferroviaire, maritime ou aérien. De fait, la circulation urbaine a nettement diminué, ainsi que **le nombre de mouvements d'avions qui enregistre une chute de 91 %**. La baisse du nombre de particules (7 nm - 5 µm) est moindre, 60 % en moyenne.

► Les niveaux les plus élevés en nombre de particules ultra fines sont observés par vent d'Est

L'analyse des données météorologiques met en évidence deux directions privilégiées : le Nord-Nord-Ouest, régime majoritaire, traduisant l'activité « urbaine » et l'Est, qui souligne l'influence des activités spécifiques de l'aéroport. **Les valeurs les plus élevées en nombre de particules (7 nm – 5 µm) sont enregistrées par vent d'Est**, quelle que soit la vitesse considérée.

¹ Société Anonyme des Aéroports de la Côte d'Azur, adhérent à AtmoSud depuis le début des années 1990.

² Le Terminal T1 reste fermé jusqu'à l'été 2021 - Informations au 15 février 2021

► **L'activité de l'aéroport a une influence sur le nombre de particules ultra fines mais le nombre d'avions ne suffit pas pour confirmer l'existence d'un lien, d'autres paramètres interviennent**

La comparaison du nombre des particules ultra fines avec celui des mouvements d'avions, information fournie par les services de la SAACA a montré des évolutions comparables. Malgré ce lien apparent, il n'y a **pas** de caractère **systématique**, certaines hausses apparaissant alors qu'il n'y a pas beaucoup d'avions et inversement. La recherche de corrélation supplémentaire sur des données horaires en période hors confinement, selon le régime de vent, le terminal ou le sens n'est pas plus probante. Ainsi, il apparaît clairement une **influence de l'activité de l'aéroport sur le nombre de particules ultra fines** mais **les mouvements d'avions** (décollage/atterrissage) **seuls ne suffisent pas à expliquer l'évolution du nombre de particules ultra fines et à en être à l'origine**. D'autres paramètres entrent en jeu, qu'ils soient liés aux aéronefs (motorisation) ou aux autres activités associées au fonctionnement de l'aéroport.

► **La mesure des PM en masse n'est pas un bon indicateur pour percevoir l'activité aéroportuaire**

L'impact du confinement n'est pas aussi marqué sur les concentrations en masse des particules (PM10 notamment), en raison de leurs sources multiples. La comparaison du nombre de particules ultra fines et de la concentration en masse des particules (PM10 et PM2,5) n'a pas montré de relation explicite entre ces deux paramètres. Aucune direction de vent ne ressort pour les niveaux les plus élevés de PM10 ou PM2,5 excluant toute corrélation directe avec l'activité de l'aéroport. La **mesure en masse** ne semble donc **pas un bon indicateur pour identifier la part de l'activité aéroportuaire**.



Crédit photos : Aéroports de la Côte d'Azur

Rédaction :	Revue :	Approbation :
Florence Péron Florence.peron@atmosud.org	Romain Boissat Romain.boissat@atmosud.org	Edwige Révélat Edwige.revelat@atmosud.org
Contact :	Date de parution :	Références :
Maïthé ROSIER	05/2021	23PT0511/PUF_Aéroport_Nice-V1

SOMMAIRE

1. Contexte de l'étude.....	7
2. Descriptif de la zone d'étude.....	9
2.1 Climatologie.....	9
2.2 Population	11
2.3 Sources de pollution : trafic routier et ferroviaire.....	12
3. Qualification de la qualité de l'air à l'aéroport	14
3.1 Emissions atmosphériques	14
3.2 Mesures réalisées par AtmoSud	15
4. Réalisation de la campagne exploratoire des particules ultra-fines.....	16
4.1 Méthodologie et échantillonnage temporel	16
4.2 Conditions météorologiques observées	16
4.3 Statistiques du nombre de particules pour l'année 2020	18
5. Interprétation des résultats	20
5.1 Dynamiques du nombre de particules	20
5.2 Comparaison avec d'autres de mesures de particules ultra fines sur la région	23
5.3 Relation entre nombre de particules et conditions météorologiques	24
5.4 Relation avec l'activité aéroportuaire	26
5.5 Comparaison des particules en masse et en nombre	30
6. Conclusions	33
GLOSSAIRE.....	35
ANNEXES	38

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Normales saisonnières des températures minimales et maximales et pluviométrie à la station de l'aéroport de Nice (Source Météo France)	11
Tableau 2 : Statistiques du nombre de particules/cm ³ à l'aéroport de Nice du 1 ^{er} janvier au 16 octobre 2020	18
Tableau 3 : Comparaison des résultats en nombre de particules/cm ³ sur les stations AtmoSud pour l'année 2020	23
Tableau 4 : Journées particulières selon le nombre maximal de particules/cm ³ et de mouvements d'avions	43
Tableau 5 : Journées particulières selon le nombre maximal de particules/cm ³	44
Tableau 6 : Journées particulières selon le nombre maximal de mouvements d'avions	47
Tableau 7 : Coefficients de corrélation en fonction de différents paramètres	51

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Rose des vents à la station de Nice Aéroport du 1 ^{er} janvier 2015 au 31 décembre 2019	10
Figure 2 : Evolution de la température et hauteur de précipitations à la station Nice Aéroport	10
Figure 3 : Répartition de la population par âge et par sexe sur les communes concernées	11
Figure 4 : Localisation des populations résidentes les plus proches de l'aéroport	12
Figure 5 : Localisation des axes de circulation routière et ferroviaire sur la zone d'étude	13
Figure 6 : Emissions des principaux polluants par grand secteur d'activité entre 2007 et 2018 (kg/an) sur la ville de Nice	14
Figure 7 : Rose des vents sur la station Météo France Nice Aéroport	16
Figure 8 : Evolution de la température et hauteur de précipitations à la station Nice Aéroport	17
Figure 9 : Données statistiques du nombre de particules à l'aéroport de Nice du 1 ^{er} janvier au 16 octobre 2020	19
Figure 10 : Evolutions horaire et journalière du nombre de particules ultrafines (7 nm - 5 µm) à l'aéroport de Nice du 1 ^{er} janvier au 16 octobre 2020	20
Figure 11 : Profil moyen journalier du nombre de particules à l'aéroport de Nice avant (1 ^{er} janvier-17 mars), pendant (18 mars - 10 mai) et après confinement (11 mai-16 octobre)	21
Figure 12 : Profil moyen hebdomadaire du nombre de particules à l'aéroport de Nice avant (1 ^{er} janvier-17 mars) et pendant le confinement (18 mars - 11 mai) et après le confinement (12 mai-16 octobre)	22
Figure 13 : Evolution du nombre de particules sur l'année 2020 pour les stations de l'aéroport de Nice et de Port de Bouc Lègue	23
Figure 14 : Représentation du nombre moyen de particules ultra fines (7 nm - 5 µm) à l'aéroport de Nice du 1 ^{er} janvier au 16 octobre 2020 en fonction des conditions météorologiques	25
Figure 15 : Evolution du nombre de particules (7nm-5µm) et de mouvements d'avions du 1 ^{er} janvier au 16 octobre ..	26
Figure 16 : Profils moyens journalier et hebdomadaire du nombre de particules et du nombre de mouvements d'avions à l'aéroport de Nice avant confinement	27
Figure 17 : Corrélation journalière entre nombre de particules ultra fines et mouvements d'avions du 1 ^{er} janvier au 17 mars 2020 et du 11 mai au 16 octobre 2020	27
Figure 18 : Corrélation horaire entre nombre de particules ultra fines et mouvements d'avions du 1 ^{er} janvier au 17 mars 2020 et du 11 mai au 16 octobre 2020 par vents d'est	29
Figure 19 : Comparaison des concentrations en particules PM10 / PM2,5 et du nombre de particules (7 nm - 5 µm) à l'aéroport de Nice du 1 ^{er} janvier au 16 octobre 2020	30
Figure 20 : Corrélation entre concentration en PM10 et conditions météorologiques à l'aéroport de Nice du 1 ^{er} janvier au 16 octobre en fonction des conditions météorologiques	31
Figure 21 : Corrélation entre concentration en PM2,5 et conditions météorologiques à l'aéroport de Nice du 1 ^{er} janvier au 16 octobre en fonction des conditions météorologiques	32
Figure 22 : Evolution des particules PM10 à Nice et corrélation entre stations	42
Figure 23 : Evolution des particules PM2,5 à Nice et corrélation entre stations	42

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Emplacement de l'aéroport de Nice	7
Carte 2 : Localisation de la station Météo France la plus proche de la zone d'étude.....	9
Carte 3 : Localisation de la station de mesures AtmoSud à l'aéroport de Nice	15
Carte 4 : Situation des principales directions de vents à la station de l'aéroport	24

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1	Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS	39
ANNEXE 2	Régime de brises	41
ANNEXE 3	Comparaison aux données d'autres stations	42
ANNEXE 4	Analyse des journées particulières	43
ANNEXE 5	Tests d'autres paramètres	51

1. Contexte de l'étude

L'essor continu du secteur de l'aviation depuis plusieurs décennies suscite de fréquentes interrogations sur la qualité de l'air autour des plateformes aéroportuaires et une réelle préoccupation des riverains.

Nombreuses sont les études de qualité de l'air menées sur les aéroports, mais la surveillance des polluants dits classiques ne répond pas totalement à la problématique, en raison de la multiplicité de sources communes à proximité des plateformes aéroportuaires. En effet, les résultats pour les oxydes d'azote montrent une prédominance du secteur routier rendant difficile la **distinction de la part « avion » sur ce polluant**. Ainsi au fil des années, la surveillance s'est-elle orientée davantage vers les particules. Désormais, bien que la réglementation ne l'oblige pas encore, **l'intérêt se porte sur les Particules Ultra-Fines (PUF) et leur composition** : PM₁, nombre de particules, carbone suie. En effet, plus les particules sont fines, plus elles pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire pouvant engendrer des conséquences sanitaires graves.

Carte 1 : Emplacement de l'aéroport de Nice



La collaboration avec la SAACA³, gestionnaire de l'aéroport de Nice, date de la mise en œuvre de la surveillance dans les Alpes-Maritimes au début des années 1990. C'est dans ce contexte de partenariat et d'amélioration des connaissances, qu'AtmoSud a installé un **compteur de particules** à la station de l'aéroport. Cet analyseur mesure en continu le **nombre de particules comprises entre 7 nm et 5 µm**, soit les très petites particules.

L'objectif de cette étude est d'évaluer le nombre de particules autour d'un aéroport, dont les émissions de polluants sont à la fois continues liées au fonctionnement d'une plateforme aéroportuaire (commerces, emplois associés et déplacement des salariés) et très ponctuelles, associées aux mouvements d'avions et les activités induites (déplacements des voyageurs).

³ Société Anonyme des Aéroports de la Côte d'Azur, adhérent à AtmoSud depuis le début des années 1990.

Néanmoins, en ce début d'année la crise sanitaire mondiale a perturbé le fonctionnement habituel de la société donnant lieu à des situations inédites. Ainsi suite, à la propagation du COVID-19 sur le territoire national, le gouvernement a décidé le confinement généralisé de la population le 17 mars 2020 à midi. A Nice, des restrictions supplémentaires ont été prises avec la mise en place d'un couvre-feu à partir du 21 mars 2020.

Le confinement vise à limiter les déplacements de la population : il implique donc une réduction de la circulation des véhicules, diminuant ainsi leurs émissions. Par conséquent l'activité aéroportuaire est également concernée avec une baisse de fréquentation des passagers et une baisse du nombre de vols.

La SAACA a annoncé à compter du lundi 16 mars minuit, regrouper toutes les opérations aériennes de l'aéroport Nice Côte d'Azur au terminal 2. Le 18 mars 2020, l'aéroport informe sur son site internet qu'il restera ouvert à la circulation aérienne (vols commerciaux, vols d'Etat, vols sanitaires, vols déroutés, ...) malgré son fonctionnement en effectif réduit.

Le confinement a pris fin le 10 mai 2020 à minuit autorisant petit à petit la circulation des personnes. Bien que l'activité de l'aéroport n'ait jamais cessé, le trafic aérien a réellement « repris » à partir du 15 juin 2020 avec un doublement du nombre de mouvements sur le terminal T2. En revanche le terminal T1 restera fermé jusqu'à mars 2022.

2. Descriptif de la zone d'étude

2.1 Climatologie

Les conditions climatiques généralement observées sur la zone d'étude sont issues de la station météorologique de Météo France, implantée à l'aéroport de Nice et en fonctionnement depuis juillet 1942.

Carte 2 : Localisation de la station Météo France la plus proche de la zone d'étude



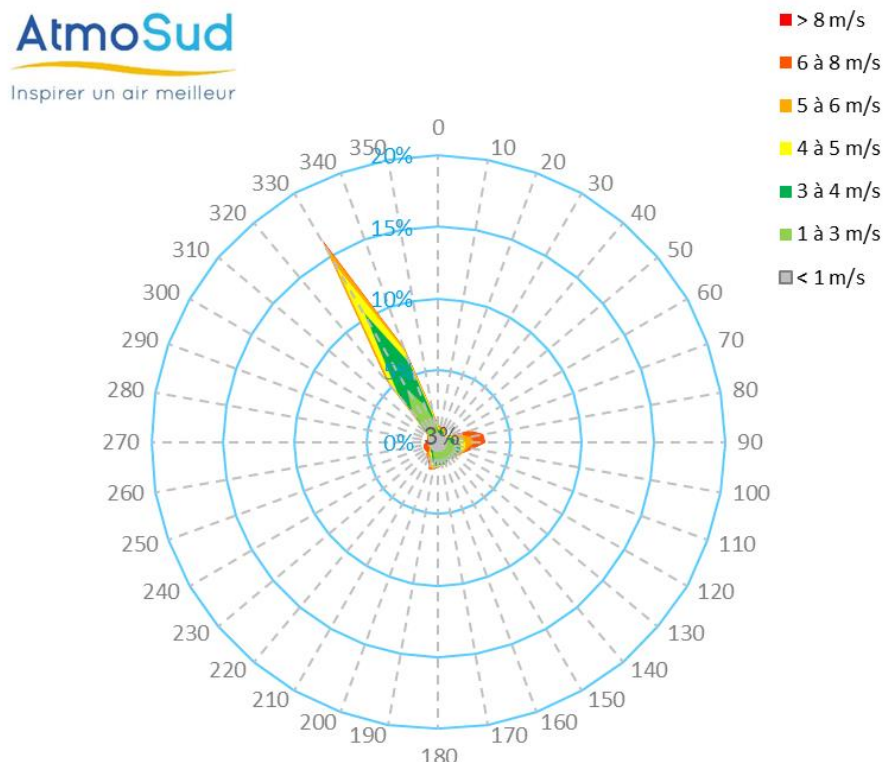
► Régime des vents

La rose des vents de la Figure 1 est établie à partir des 5 dernières années, (1^{er} janvier 2015 au 31 décembre 2019). Elle met en évidence deux régimes de vents principaux : le Nord-Nord-Ouest et l'Est, ce qui correspond essentiellement au régime des brises alternées : brise de terre et brise de mer (ANNEXE 2).

Les vents en provenance du Nord-Nord-Ouest sont majoritaires à hauteur de 16 % avec des vitesses inférieures à 6 m/s voire à 4m/s pour la plupart (représenté en vert).

Le second régime le plus fréquent concerne les vents d'Est qui ne représentent pourtant que 3 % des vents enregistrés. Leurs vitesses sont plus élevées, comprises entre 5 et 8 m/s.

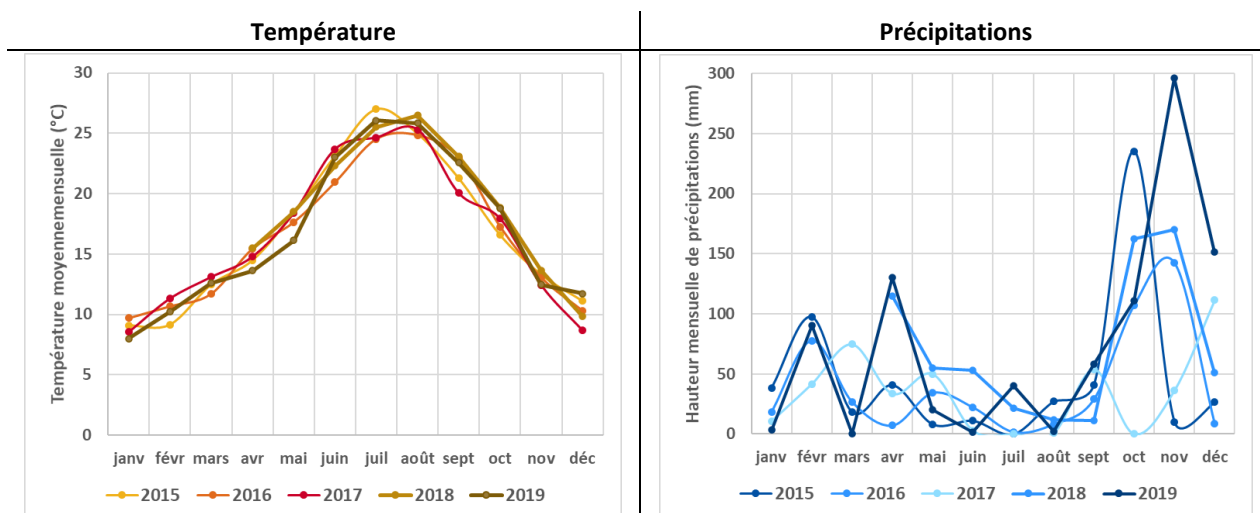
Figure 1 : Rose des vents à la station de Nice Aéroport du 1^{er} janvier 2015 au 31 décembre 2019



► Températures et précipitations

Les graphiques ci-dessous présentent les moyennes mensuelles sur à l'aéroport de Nice entre 2015 et 2019.

Figure 2 : Evolution de la température et hauteur de précipitations à la station Nice Aéroport



Sur la période janvier-octobre (date de la campagne de mesures), les températures moyennes observées évoluent progressivement de 8-10°C à 25-27°C jusqu'en juillet ou août, mois les plus chauds, puis diminuent d'environ 9°C en octobre. Sur les 5 dernières années, les températures sont dans l'ensemble homogènes avec toutefois quelques écarts comme en mai 2019, en juin 2016 ou en septembre 2017, plus froids qu'habituellement ou à l'inverse, en juillet 2015, mois le plus chaud de ces 5 dernières années. En moyenne, 2018 est l'année la plus chaude.

De janvier 2015 à décembre 2019, quelques caractéristiques communes ressortent : Juillet et août restent les mois les plus secs et février est assez pluvieux, tout comme l'automne (octobre-novembre). Ces relevés diffèrent des normales saisonnières (1981-2010) pour lesquels janvier et avril sont plus arrosés que février (et mars). En revanche, le dernier trimestre affiche toujours un cumul de précipitations important. L'évolution des 5 dernières années montre une pluviométrie en baisse entre 2015 et 2017, puis un doublement en 2018 et 2019.

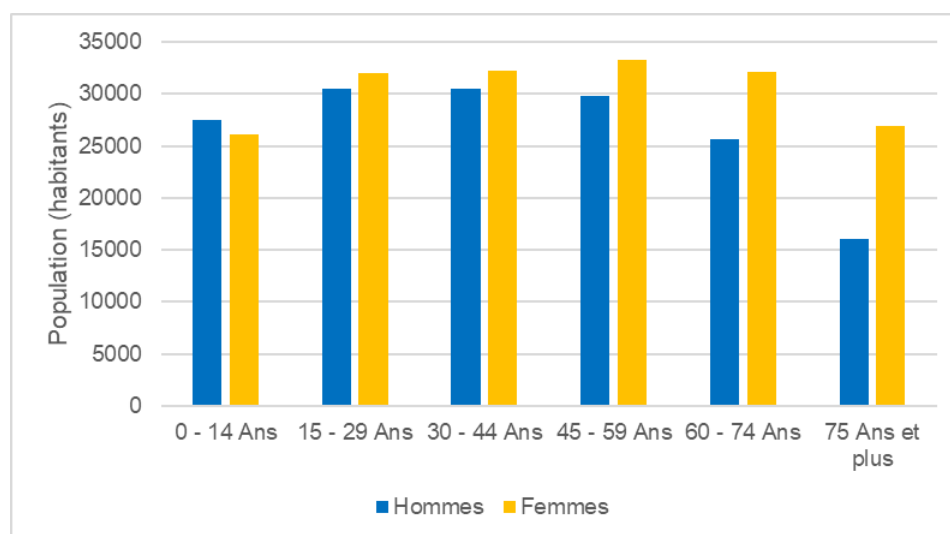
Tableau 1 : Normales saisonnières des températures minimales et maximales et pluviométrie à la station de l'aéroport de Nice (Source Météo France)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température minimale (°C)	5,3	5,9	7,9	10,2	14,1	17,5	20,3	20,5	17,3	13,7	9,2	6,3
Température maximale (°C)	13,1	13,4	15,2	17	20,7	24,3	27,3	27,7	24,6	21	16,6	13,8
Pluviométrie (mm)	69	44,7	38,7	69,3	44,6	34,3	12,1	17,8	73,1	132,8	103,9	92,7

2.2 Population

L'aéroport de Nice se situe dans la partie Sud-Ouest de la ville. En 2016, la population légale selon l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques) était de 342 627 habitants (données INSEE, RP2016), répartis de la façon suivante :

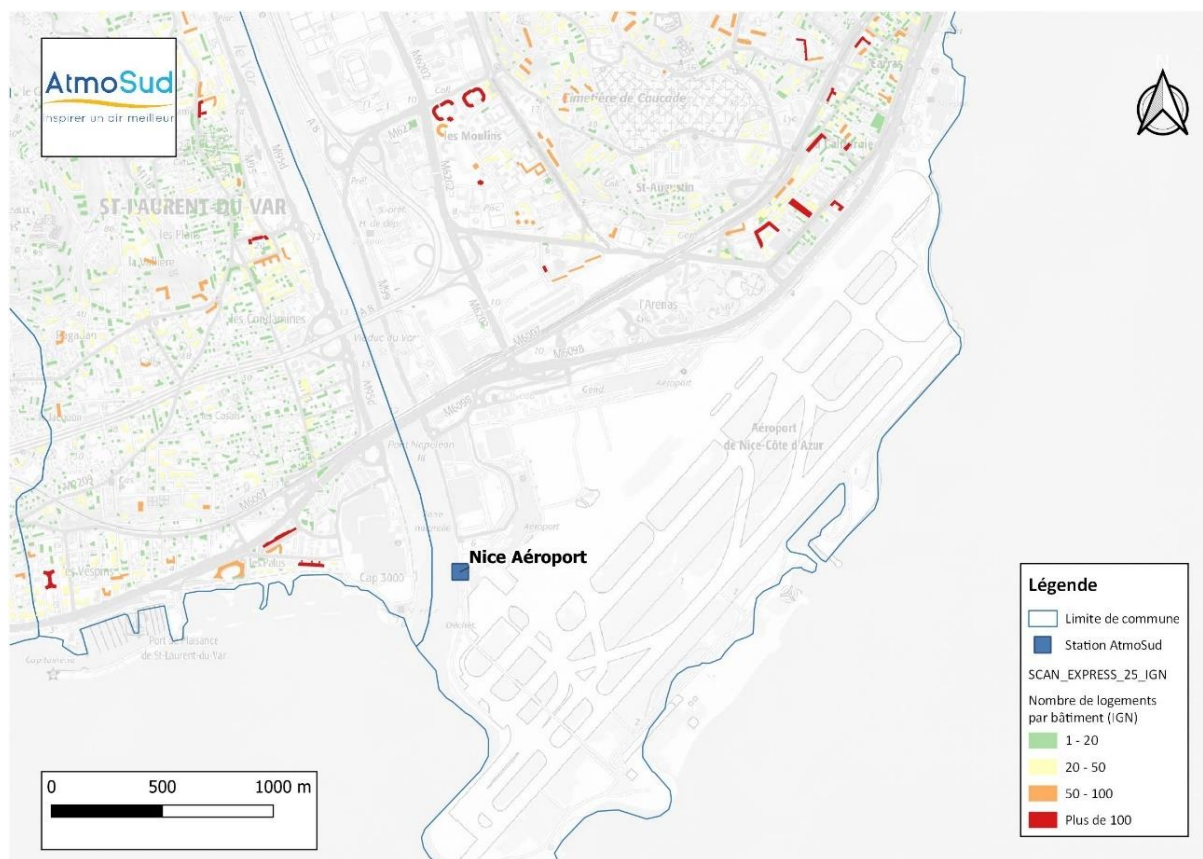
Figure 3 : Répartition de la population par âge et par sexe sur les communes concernées



Les populations résidentes les plus proches sont situées :

- Au Nord de l'aéroport, au niveau des quartiers de Saint Augustin et de la Californie.
- A l'Ouest de l'aéroport, sur la commune de Saint Laurent du Var (zone de la gare).

Figure 4 : Localisation des populations résidentes les plus proches de l'aéroport



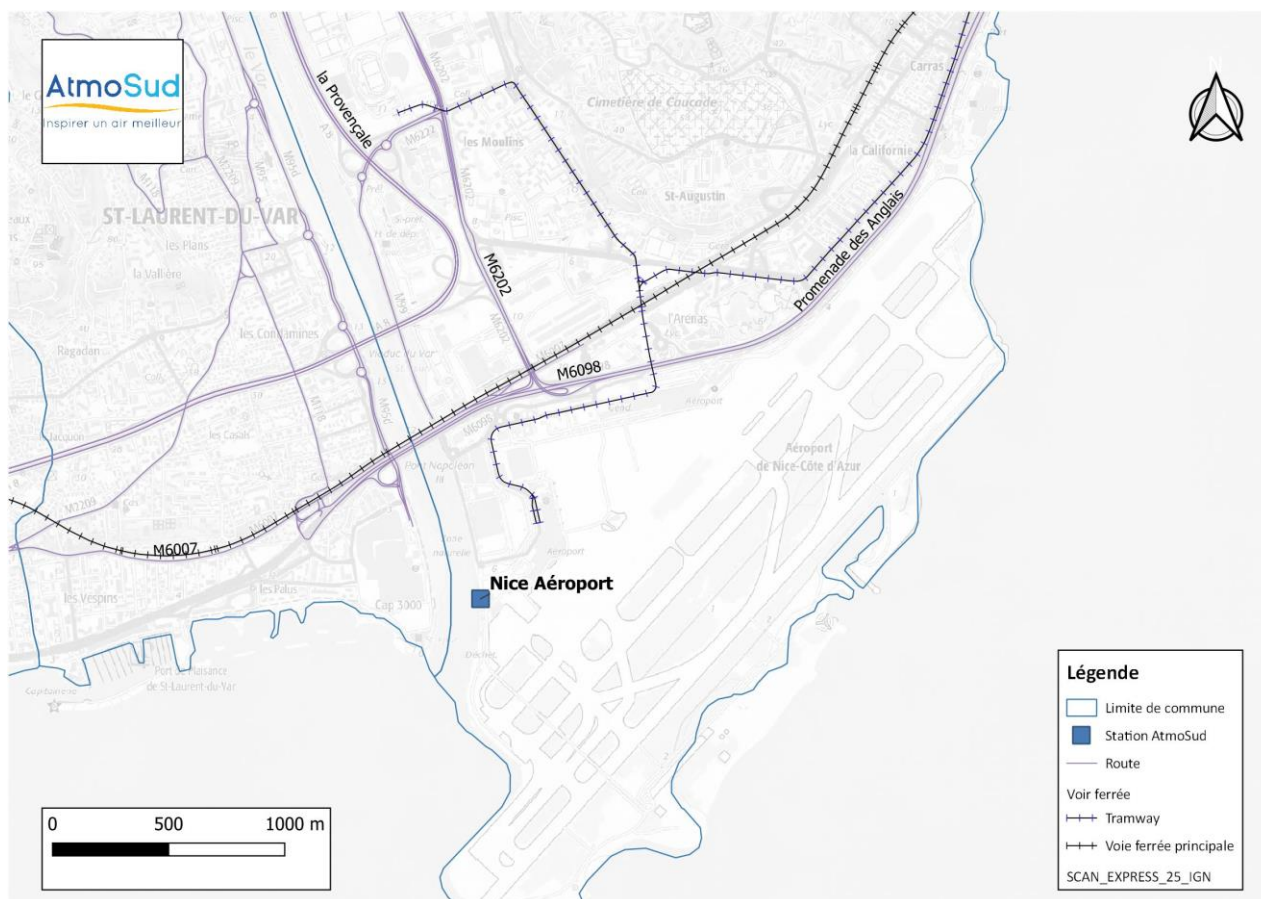
2.3 Sources de pollution : trafic routier et ferroviaire

Sur le domaine d'étude sont présents notamment :

- 4 grands axes de circulation de type autoroutier : l'autoroute A8 (la Provençale) et les nationales 6007, 6098 et 6202.
- le réseau routier urbain dense avec notamment la promenade des Anglais et l'attractivité du centre commercial Cap 3000 de l'autre côté du Var.

De plus, en parallèle de ces axes routiers (Est/Ouest), est implantée la voie ferrée reliant notamment l'Italie à l'Espagne ou plus localement desservant Monaco et son important bassin d'emploi frontalier (Environ 30 000 maralpins y travaillent), ainsi que le tramway.

Figure 5 : Localisation des axes de circulation routière et ferroviaire sur la zone d'étude



Ainsi, les voies de circulation peuvent avoir une influence sur les niveaux de pollution mesurés sur la zone d'étude.

3. Qualification de la qualité de l'air à l'aéroport

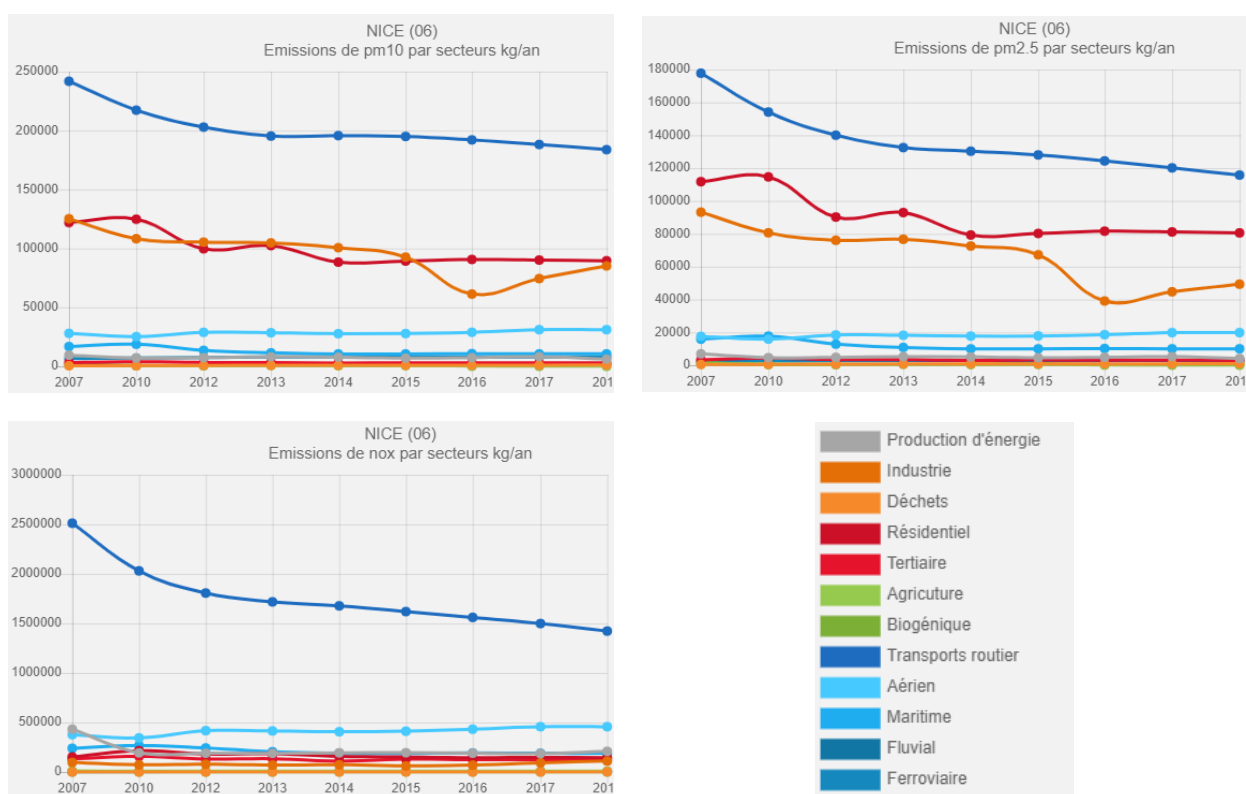
3.1 Emissions atmosphériques

AtmoSud met à disposition chaque année, auprès du grand public, l'ensemble de ses données produites (émissions détaillées, concentrations cartographiées, ...) ⁴. L'inventaire des émissions sur l'ensemble de la région et à l'échelle de la commune est réactualisé annuellement. Les émissions calculées sont réparties en différents secteurs dont le transport routier et les autres transports (maritime, aérien, ferroviaire).

Ainsi, 17 % des émissions de NOx de la ville de Nice sont issues du transport aérien. Pour les particules, le pourcentage est moindre du fait de la multiplicité des sources ; le trafic aérien est à l'origine de 7,5 % des PM10 émises pour la ville de Nice et seulement 7 % pour les PM2,5.

Pour les Particules Ultra Fines (PUF), à ce jour il n'existe pas encore d'inventaire.

Figure 6 : Emissions des principaux polluants par grand secteur d'activité entre 2007 et 2018 (kg/an) sur la ville de Nice



⁴ <https://opendata.atmosud.org/>

3.2 Mesures réalisées par AtmoSud

AtmoSud dispose d'un réseau de surveillance permanent sur l'ensemble de la région afin de mesurer en continu la plupart des polluants réglementés⁵. Après quelques études exploratoires menées en collaboration avec l'aéroport de Nice, **une station permanente de surveillance de la qualité de l'air a été installée en 2005** dans l'enceinte de l'aéroport proche du terminal 2, le long du Var.

Cette station (Nice / Aéroport) suit en continu, depuis 15 ans, les niveaux de 3 polluants réglementés que sont l'ozone, les oxydes d'azote et les particules de diamètre inférieur à 10 microns.

En 2017, la mesure sur ce site s'est élargie aux particules de diamètre inférieur à 2,5 microns, dont l'impact sanitaire est plus grand. En effet, plus les particules sont fines, plus elles pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire pouvant engendrer des conséquences sanitaires graves.

De plus, AtmoSud dispose en 2020 de 4 stations de surveillance en continu sur la commune de Nice : Ouest Botanique, Promenade des Anglais et Arson et Port de Nice

Carte 3 : Localisation de la station de mesures AtmoSud à l'aéroport de Nice



⁵ <https://www.atmosud.org/donnees/acces-par-station>

4. Réalisation de la campagne exploratoire des particules ultrafines

4.1 Méthodologie et échantillonnage temporel

Afin de compléter l'information existante sur les particules, actuellement suivies en masse, un **compteur de particules** a été installé dans la station permanente pour enregistrer en continu le **nombre de particules de diamètre compris entre 7 nm et 5 µm**, soit les très petites particules. Ces dernières, ayant un diamètre très petit, ne contribuent qu'à la marge à la concentration en masse. L'information sur la concentration en nombre est particulièrement intéressante pour rendre compte des émissions de particules issues des sources de combustion.

Les particules de diamètre compris entre 7 et 100 nm représentant la quasi-totalité des particules en nombre relevées par l'appareil, les particules de diamètre compris entre 7 et 5000 nm seront appelées PUF, dans ce rapport.

L'objectif de cette étude est d'évaluer le nombre de particules autour d'un aéroport, dont les émissions de polluants sont à la fois continues liées au fonctionnement d'une plateforme aéroportuaire (commerces, emplois associés et déplacement des salariés) et très ponctuelles, associées aux mouvements d'avions et les activités induites (déplacements des voyageurs).

Le nombre de particules comprises entre 7 nm et 5 µm a été mesuré du 1^{er} janvier au 16 octobre 2020.

4.2 Conditions météorologiques observées

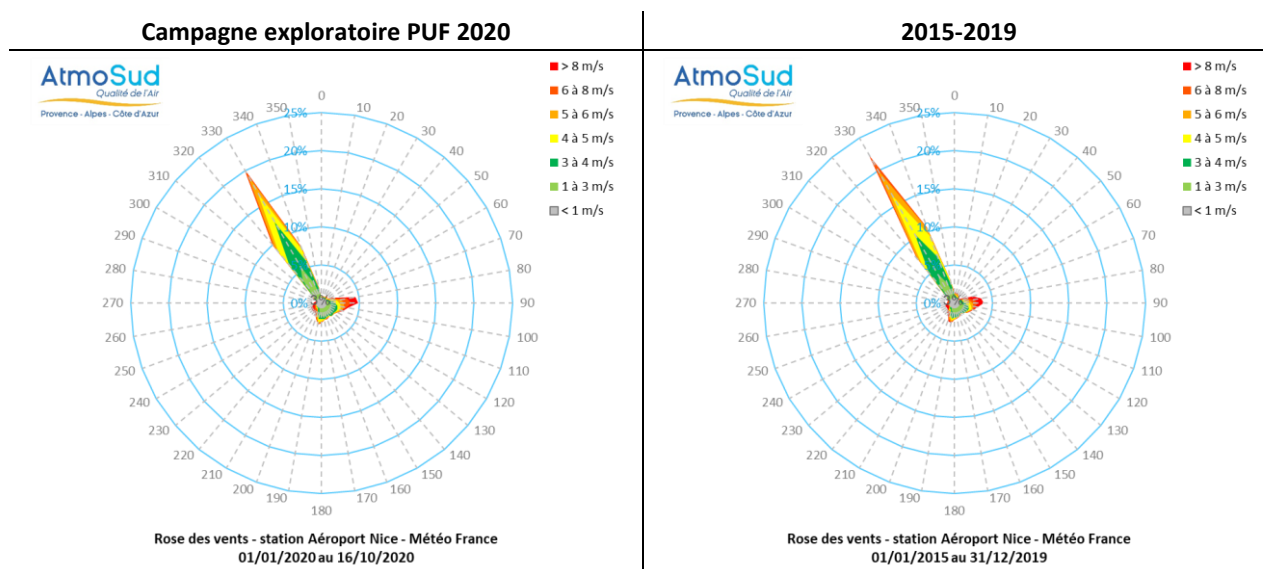
Les données météorologiques utilisées sont celles de la station Météo France de l'Aéroport de Nice.

La rose des vents durant la période étudiée, soit du 1^{er} janvier 2020 au 16 octobre 2020 (à gauche) met en évidence deux régimes de vents principaux : le Nord-Nord-Ouest et l'Est, ce qui correspond essentiellement au régime des brises alternées : brise de terre et brise de mer (ANNEXE 2).

Les vents venant du Nord-Nord-Ouest (330°) sont les plus fréquents (13 %). Les vitesses ne dépassent pas 6 m/s et sont pour la plupart inférieures à 4 m/s (représenté en vert).

Les vents d'Est (80 à 100°) sont moins fréquents (4 %) et sont caractérisés par des vents plus forts, dont les vitesses sont comprises entre 5 et 8 m/s. Ces conditions favorisent une meilleure dispersion de la pollution atmosphérique.

Figure 7 : Rose des vents sur la station Météo France Nice Aéroport



L'année 2020 est scindée en deux périodes concernant les températures : janvier-avril et mai-octobre.

- Au cours des quatre premiers mois, la température minimale moyenne est supérieure d'environ 2°C aux normales saisonnières (1981-2010) et la température maximale moyenne affiche environ 1,5°C de plus que les normales.

Avec un cumul de 173,7 mm depuis le début de l'année, la pluviométrie est en déficit de 20 % comparativement aux normales, en raison d'un faible cumul en janvier et de l'absence totale de précipitations en février. En revanche, le mois de mars est nettement excédentaire (+ 88 %), essentiellement dû aux pluies des 2 et 5 mars (90 % de la pluviométrie totale). Avril enregistre une pluviométrie légèrement supérieure à celle habituelle sur un épisode en fin de mois.

- De mai à septembre, la température minimale moyenne est en deçà de normales de saison, de 2,5°C sur ces 5 mois, avec une différence de « seulement » 1°C en juillet jusqu'à 5°C en septembre. A l'inverse, la température maximale moyenne sur cette même période est nettement supérieure aux normales avec 5°C de plus, variant d'environ 2°C en octobre à 11°C en juin.

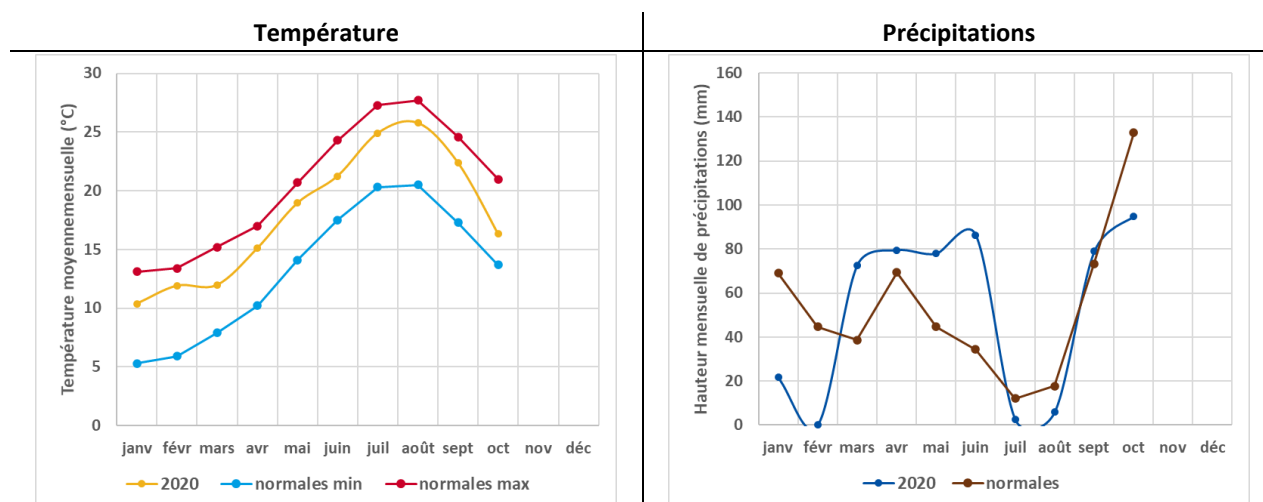
Les mois de mai et juin ont été particulièrement arrosés avec le double de la pluviométrie habituelle. 8 jours de pluie sont comptabilisés entre le 9 et le 17 mai représentant la quasi-totalité des précipitations du mois. En juin, sur les 86,4 mm enregistrés, 73,8 mm sont tombés le 4. De même autour de l'équinoxe d'automne, des cumuls importants de pluies sont relevés comme les 20 et 24 septembre (75 % du mois). En revanche, juillet et août affichent un déficit de 70 % des précipitations estivales normales.

Les 15 premiers jours d'octobre suivent la même tendance avec une température minimale déjà inférieure aux normales de 3,5°C et une maximale supérieure de presque 2°C. Les précipitations équivalent au 16 octobre à 60 % de la pluviométrie saisonnière.

Comme le montre la Figure 8 quelques événements particuliers apparaissent sur ces 10 mois :

- **Température maximale** : deux épisodes avec des maxima supérieurs à 20°C ont eu lieu durant la première quinzaine de février : au-delà de 21° les 3 et 4 février et dépassant 23°C le 10 février. Une température caniculaire de 35,5°C a été enregistrée le 29 juin, entraînant un écart à la normale de plus de 11°C. La première quinzaine de septembre affiche des températures comparables à celle de juillet.
- **Température minimale** : un net refroidissement est observé du 24 au 26 mars 2020, avec un minimum de 3°C le 26 mars. Le début du mois de juin est plutôt frais avec des minimales autour de 15°C, tout comme le premier jour de septembre qui contraste avec les suivants.
- **Pluviométrie** : plusieurs épisodes de forte pluie représentant la quasi-totalité de la pluviométrie du mois ont été recensés début mars, fin avril, la deuxième décade de mai, début juin, autour de l'équinoxe d'automne et début octobre. Les mois de juillet et août 2020 sont, après ceux de 2017 (moins d'un mm de pluie), les mois les plus secs depuis 10 ans.

Figure 8 : Evolution de la température et hauteur de précipitations à la station Nice Aéroport



4.3 Statistiques du nombre de particules pour l'année 2020

Le tableau suivant indique le nombre de particules relevé à la station de l'aéroport de Nice, selon différents pas de temps. Les valeurs journalières permettent d'isoler des journées particulières avec une forte ou une faible émission de particules, les valeurs horaires donnent accès au comportement heure par heure au cours de la journée, elles peuvent également être mises en relation avec les données météorologiques et celles des autres polluants pour identifier leurs sources. Et les valeurs quart-horaires conduisent à une plus grande précision pour des émissions ponctuelles comme celles issues des procédures de décollage ou atterrissage.

Ainsi alors que les dates s'accordent sur le jour du minimum, elles sont différentes pour le maximum selon la référence temporelle choisie. Cela s'explique par des apports forts ponctuels qui par leur caractère exceptionnel n'influent pas forcément la moyenne horaire ou journalière et des apports d'intensité moindre mais continus qui finissent par avoir un impact réel. Le vent est un paramètre important qui peut disperser ou au contraire ramener des particules.

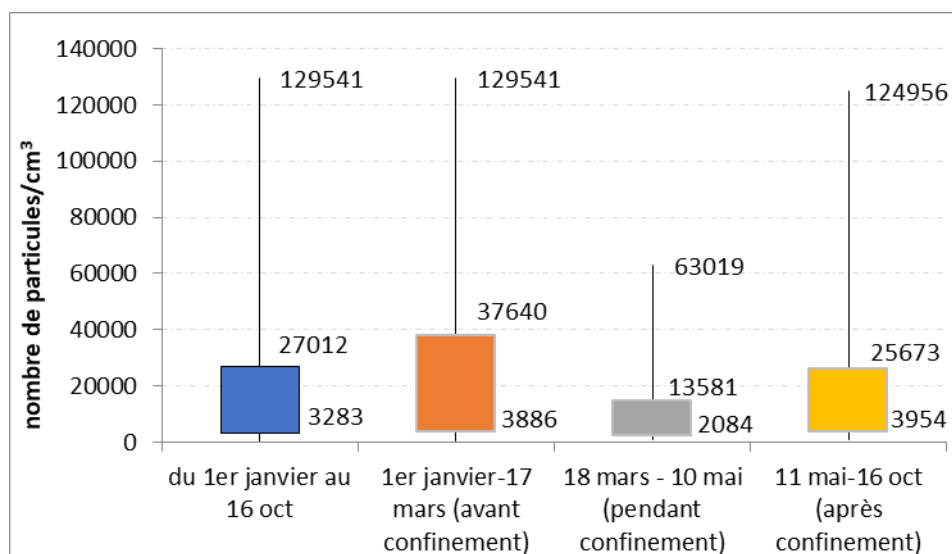
Tableau 2 : Statistiques du nombre de particules/cm³ à l'aéroport de Nice du 1^{er} janvier au 16 octobre 2020

Paramètre		Valeurs journalières	Valeurs horaires
Moyenne	Période entière	13 531	13 526
	1 ^{er} janvier – 17 mars	18 207	18 169
	18 mars – 10 mai (confinement)	6 906	6 877
	11 mai-16 octobre	13 521	13 482
Taux de fonctionnement	Période entière	96 %	96 %
	1 ^{er} janvier – 17 mars	97 %	98 %
	18 mars – 10 mai (confinement)	94%	96 %
	11 mai-16 octobre	95%	96 %
Maximum - date associée		49 872 – 20 janvier	129 541 – 20 février
Minimum - date associée		3 115 – 26 février	656 – 26 février

Le diagramme ci-dessous montre la répartition des concentrations horaires du nombre de particules relevées à la station de l'aéroport. Elle donne une information sur la pollution moyenne : le rectangle indique la plage de concentration dans laquelle sont situées 80 % des données. Les valeurs extrêmes (maximum et minimum) restent peu représentatives du comportement de l'ensemble des données.

Pour le nombre de particules comptabilisé avant, pendant et après le confinement, l'écart est conséquent aussi bien pour le maximum qui diminue de moitié pendant le confinement (63 019 au lieu de 129 541 particules/cm³ avant et 124 956 particules/cm³ après), que pour la majorité des valeurs du nombre de particules. 80 % d'entre elles sont comprises pendant le confinement entre 2 084 et 13 581 particules/cm³ alors que l'intervalle varie d'environ 4 000 (3 886 et 3 954) à 37 640 particules/cm³ et 25 673 particules/cm³ respectivement avant et après confinement.

Figure 9 : Données statistiques du nombre de particules à l'aéroport de Nice du 1er janvier au 16 octobre 2020



L'impact du confinement sur le paramètre de la concentration moyenne de particules ultrafines en nombre fait apparaître une diminution de l'ordre de 60%. La reprise après le confinement ne modifie pas cette tendance, qui malgré quelques valeurs élevées, maintient un **nombre moyen** de particules ultra fines inférieur d'environ 25 % à celui du début de l'année.

Ainsi, il apparaît à la lecture de ce graphique que les valeurs moyennes et maximales obtenues lors du confinement sont inférieures à celles liées à un fonctionnement « normal » (avant confinement), mais également qu'après le confinement, si des valeurs ponctuelles maximales sont du même ordre de grandeur, il apparaît une diminution notable de la concentration moyenne en particules ultrafines

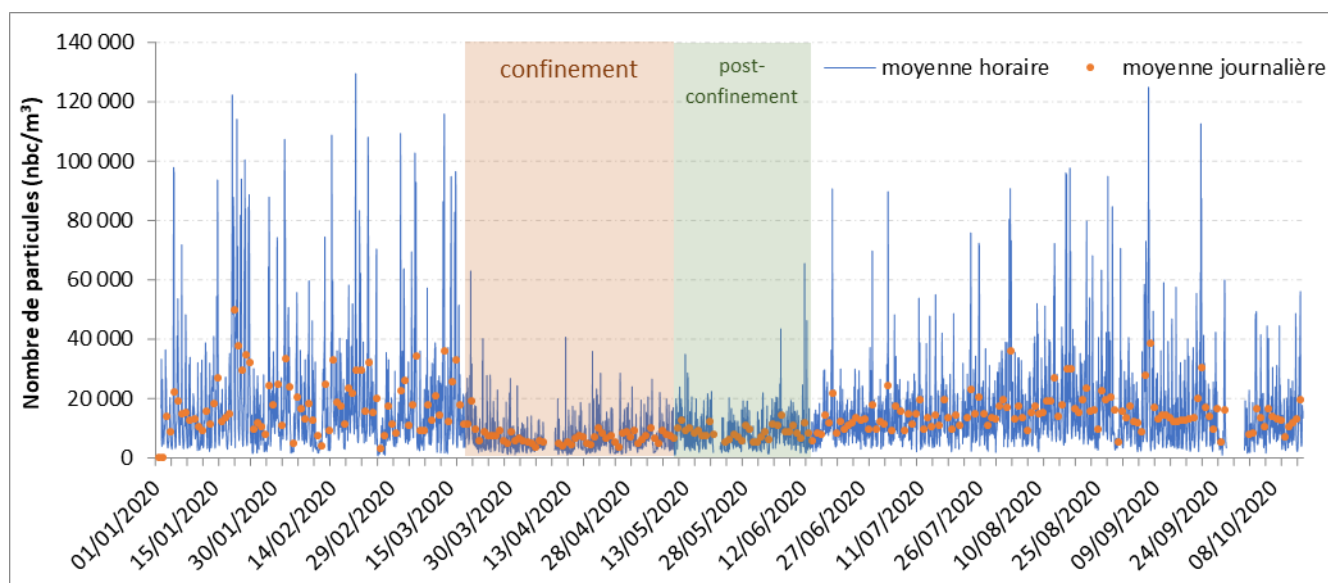
5. Interprétation des résultats

5.1 Dynamiques du nombre de particules

► Evolution temporelle

Le graphique ci-dessous permet d'observer l'évolution des concentrations moyennes horaires et journalières du nombre de particules sur le site de l'aéroport de Nice pour l'intégralité de la campagne de mesures soit du 1^{er} janvier au 16 octobre.

Figure 10 : Evolutions horaire et journalière du nombre de particules ultrafines (7 nm - 5 µm) à l'aéroport de Nice du 1^{er} janvier au 16 octobre 2020



Le nombre de particules présente de fortes variations selon les jours.

13 journées affichent des valeurs maximales au-delà de 30 000 particules/cm³, dont 10 avant confinement et 3 après confinement, confirmant une reprise limitée de l'activité. Le maximum proche de 50 000 est observé le 20 janvier. D'ailleurs dans les jours qui suivent (du 20 au 24 janvier), le nombre de particules est important. Le maximum horaire est quant à lui enregistré le 20 février à 13h avec près de 130 000 particules/cm³.

Dès le 17 mars, suite à la mise en place du confinement (cf [note COVID-19-aéroport](#)), une baisse conséquente des niveaux apparaît : le maximum journalier ne dépasse les 10 000 particules/cm³ que du 18 au 20 mars et le maximum horaire franchit rarement la barre des 30 000 particules/cm³.

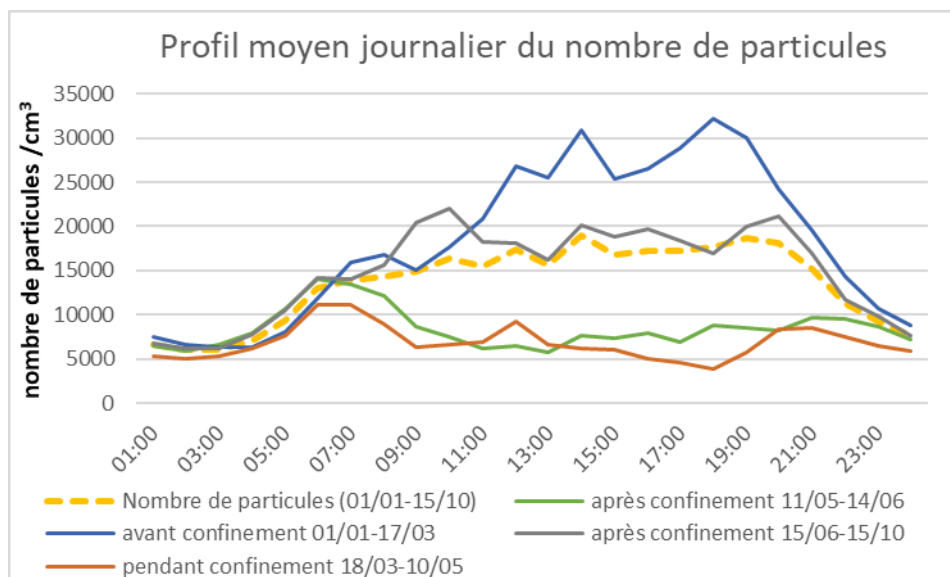
En revanche, une fois le déconfinement prononcé (dès le 11 mai), l'activité ne revient pas immédiatement à son niveau initial, comme indiqué sur le graphe (en vert). Un statu quo se maintient au moins jusqu'au 15 juin date à partir de laquelle s'enclenche une remontée progressive des moyennes horaires. Les moyennes journalières n'atteignent que rarement les 20 000 particules/cm³, 14 fois en 5 mois (après confinement) contre 26 fois en 2 mois et demi, avant confinement.

L'impact du confinement et de l'arrêt de l'activité autour du point de mesure (dont aéroportuaire) est confirmé à la lecture de ce graphique représentant les dynamiques des concentrations en particules ultrafines.

► Profil journalier de janvier à octobre 2020

Le profil moyen journalier représente la concentration moyenne pour chaque heure de la journée.

Figure 11 : Profil moyen journalier du nombre de particules à l'aéroport de Nice avant (1^{er} janvier-17 mars), pendant (18 mars - 10 mai) et après confinement (11 mai-16 octobre)



Ainsi, avant la mise en place du confinement, la courbe du nombre de particules (en bleu) affiche une tendance à une hausse globale entre 4 heures et 18 heures TU et une diminution dès 19 heures TU, ce jusqu'à environ 23 heures TU. Les niveaux les plus faibles sont observés entre minuit TU et 4 heures TU.

Pendant le confinement (en orange) et en période post-confinement (jusqu'à mi-juin où l'activité aéroportuaire est restée très faible, en vert), les concentrations ont tendance à augmenter de 4 heures à 6 heures TU, pour ensuite diminuer rapidement et atteindre un palier « bas » dès 10 heures TU.

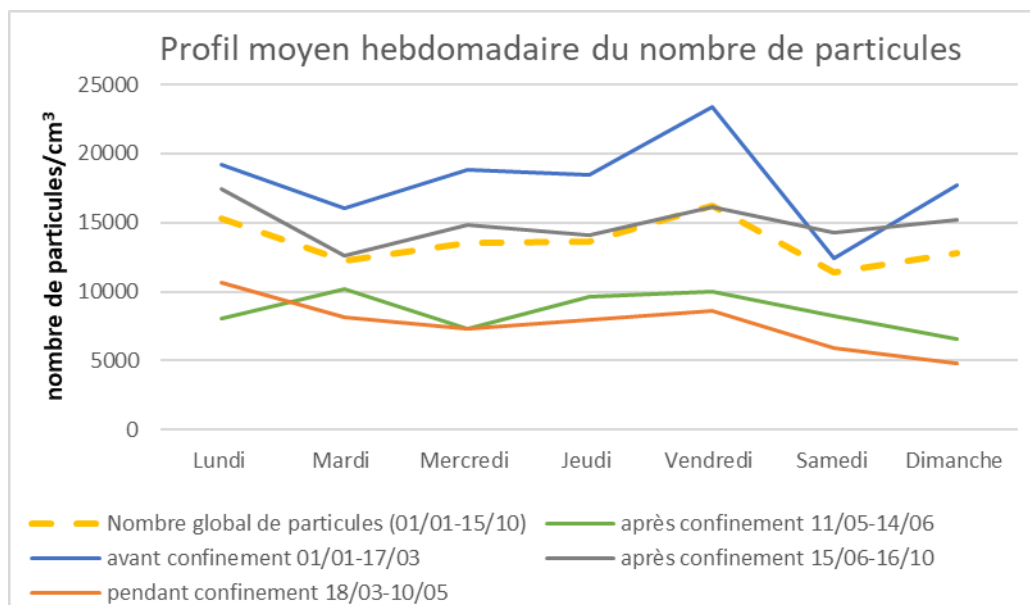
Après le confinement et une reprise progressive de l'activité (en gris), les niveaux restent inférieurs à ceux du début d'année. Ils présentent cependant un profil intéressant avec l'observation de l'augmentation des particules tôt le matin, sur une durée « intermédiaire » entre le fonctionnement normal et le confinement (de 4 heures TU à 10 heures TU), puis une sorte de « palier » avec très peu de variations se forme durant la journée de 11h à 18h. Pour information, après le 15 juin, l'aéroport présentait un fonctionnement quasi normal de l'aéroport, mais tous les vols étant regroupés au Terminal T2, le Terminal T1 restant fermé).

Ainsi, l'impact du confinement et de l'activité de l'aéroport semble avoir une influence sur les heures présentant les plus fortes concentrations en particules ultrafines.

► Profil hebdomadaire de janvier à octobre 2020

Le profil moyen hebdomadaire reproduit la concentration moyenne pour chaque jour de la semaine.

Figure 12 : Profil moyen hebdomadaire du nombre de particules à l'aéroport de Nice avant (1^{er} janvier-17 mars) et pendant le confinement (18 mars - 11 mai) et après le confinement (12 mai-16 octobre)



Ainsi, avant confinement (en bleu), le vendredi et le samedi se distinguent des autres jours avec des valeurs maximales et minimales. Ces variations hebdomadaires sont assez représentatives d'un aéroport avec de nombreux mouvements les jours encadrant le week-end.

Pendant le confinement (en orange) et en période post-confinement (jusqu'à mi-juin), le nombre de particules est en moyenne inférieur de 60 % et reste stable durant la semaine avec une baisse le week-end.

Après le confinement (en gris), le nombre de particules relevé en moyenne par jour reste plus faible qu'avant. Elle suit une évolution comparable à la période avant confinement, exception faite du week-end où les niveaux se maintiennent, le samedi n'affichant alors plus le minimum hebdomadaire. Le jour avec le nombre le plus élevé de particules est désormais le lundi et non plus le vendredi.

Ainsi, l'impact du confinement et de l'activité de l'aéroport semble avoir une influence sur les jours présentant les plus fortes concentrations en particules ultrafines.

5.2 Comparaison avec d'autres sites de mesures de particules ultrafines sur la région

Au cours de l'année 2020, AtmoSud a également mesuré les mêmes gammes de particules ultrafines dans un autre environnement (industriel) au niveau de sa station de Port-de-Bouc / La Lègue. Le tableau ci-dessous permet d'observer la répartition des concentrations horaires mesurées sur ces deux stations :

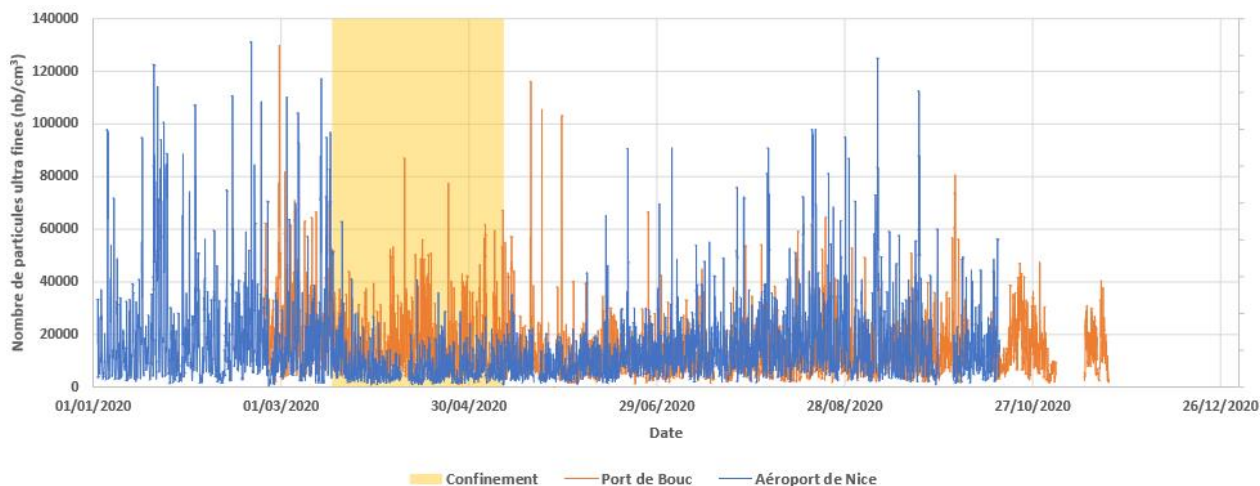
Tableau 3 : Comparaison des résultats en nombre de particules/cm³ sur les stations AtmoSud pour l'année 2020

Paramètre	Aéroport de Nice	Port de Bouc / La Lègue
Date de fonctionnement	1 ^{er} janvier – 16 octobre	24 février – 19 novembre
Moyenne (µg/m ³)	13 526	13 940
Maximum (µg/m ³)	129 541	129 263
Percentile 90 (µg/m ³)	3 283	4 189
Percentile 10 (µg/m ³)	27 012	26 598

Ainsi, il apparaît que les gammes des concentrations obtenues sur ces deux sites d'environnement différents présentent cependant sur l'année 2020 des données cohérentes, aussi bien en moyenne qu'en niveau maximum.

Cependant, il est observé que lors du confinement, si les niveaux autour de l'aéroport ont fortement diminué (voir ci-dessus), ceux observés en environnement industriel ont présenté ponctuellement des valeurs notables :

Figure 13 : Evolution du nombre de particules sur l'année 2020 pour les stations de l'aéroport de Nice et de Port-de-Bouc / La Lègue

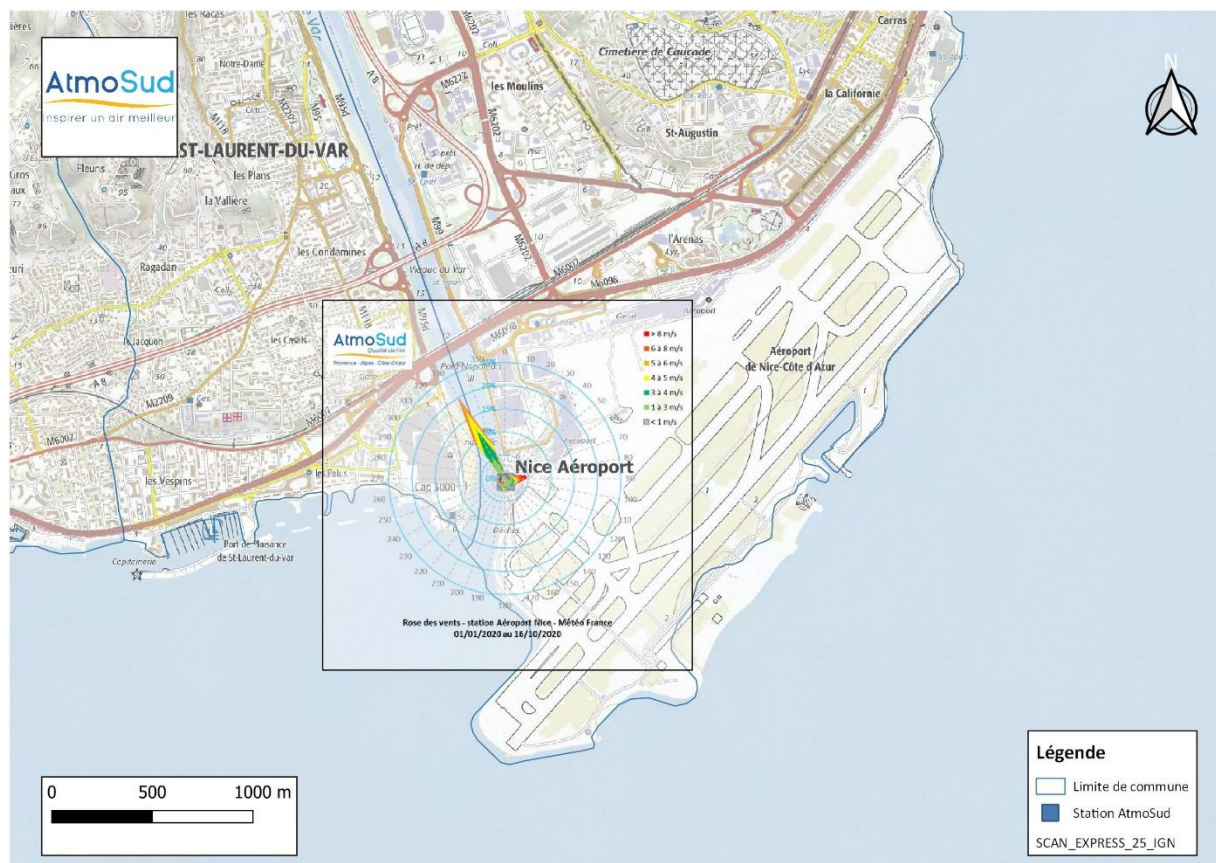


Ainsi, même si l'on peut noter des gammes de concentrations comparables sur l'année de mesures entre les deux stations, les dynamiques des particules ultra fines observées sur l'année 2020 sont différentes.

5.3 Relation entre nombre de particules et conditions météorologiques

La représentation des concentrations moyennes et maximales en nombre de particules en fonction des conditions météorologiques permet de discriminer l'origine géographique des valeurs les plus élevées et par conséquent identifier l'activité liée à ces valeurs.

Carte 4 : Situation des principales directions de vents à la station de l'aéroport



Ainsi, selon la localisation et les conditions météorologiques mesurées au niveau de la station de l'aéroport de Nice, il apparaît sur la Carte 4 que :

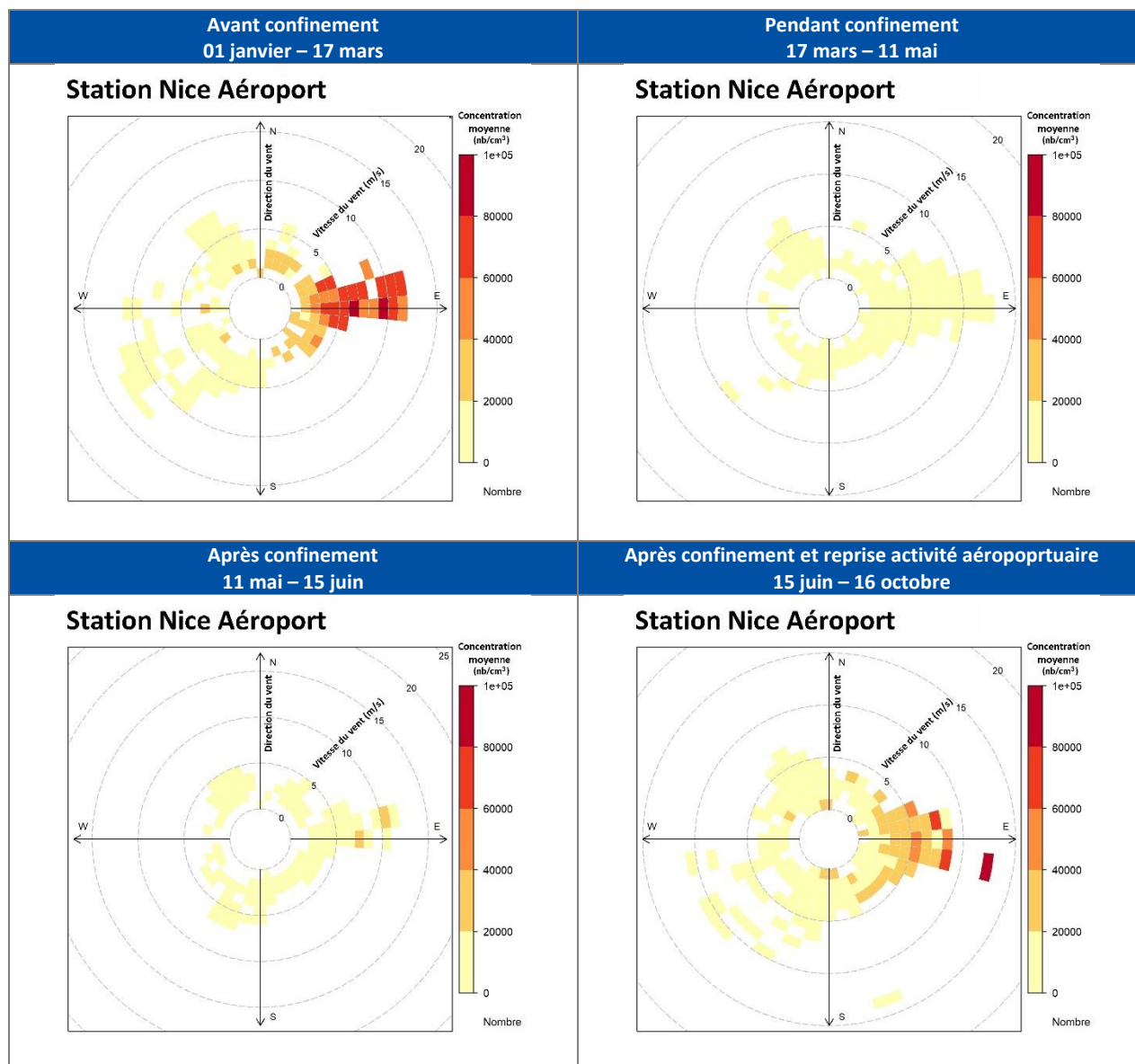
- les vents venant du « Nord-Nord-Ouest » traduisent l'influence de l'**activité « urbaine »** sur la station (trafic routier notamment, avec les grands axes de circulation tels l'A8, les RN6007, RD6098 mais aussi la voie ferrée).
- les vents en provenance de l'« Est » permettent d'observer l'influence **des activités spécifiques de l'aéroport**.

Ayant précédemment mis en évidence la baisse significative du nombre de particules liée au confinement, l'analyse suivante, soit la corrélation du nombre de particules en fonction de la direction et de la vitesse des vents, distingue les 2 périodes.

La Figure 14 indique la moyenne du nombre de particules en fonction d'une situation météorologique définie, par exemple : vent de SO et vitesse < 2 m/s. Ainsi, la couleur jaune symbolise, pour un même couple direction/vitesse, une moyenne de particules (7 nm – 5 µm) inférieure à 20 000 et la couleur magenta, elle, montre un nombre moyen de particules supérieur à 80 000.

Cette représentation graphique permet d'identifier de quel secteur proviennent les valeurs élevées en particules (donc leur origine) en s'affranchissant de la fréquence des vents, car n'est représenté que le nombre de particules moyen correspondant à un couple de paramètres météorologiques et non le nombre de couples.

Figure 14 : Représentation du nombre moyen de particules ultra fines (7 nm - 5 µm) à l'aéroport de Nice du 1^{er} janvier au 16 octobre 2020 en fonction des conditions météorologiques



Ainsi avant la mise en place du confinement, les niveaux moyens de particules (en nombre) les plus élevés s'observent par vents d'est, quelle que soit la vitesse considérée, suggérant par conséquent un lien avec l'activité de l'aéroport. En revanche, les vents de Nord-Nord-Ouest, soit provenant de la partie « urbaine » de l'agglomération, présentent des moyennes inférieures à 20 000 particules/cm³.

Pendant le confinement, le nombre de particules (7 nm – 5 µm) reste dans la gamme de 0 à 20 000 particules/cm³ en moyenne, quelle que soit la direction du vent. A partir du 15 juin 2020, date de reprise d'activité de l'aéroport, des concentrations plus importantes en nombre de particules ultrafines sont à nouveau observées par vent d'est.

Ainsi, il apparait clairement sur ces graphiques une influence de l'activité de l'aéroport sur le nombre de particules ultrafines.

5.4 Relation avec l'activité aéroportuaire

Le paragraphe 5.2 a mis en évidence l'influence de l'activité aéroportuaire sur la concentration en nombre de particules mesurée au niveau de la station, puisque les valeurs les plus élevées sont observées par vents d'Est et lors du fonctionnement « normal » de l'aéroport (soit avant le confinement et à partir du 15 juin).

Les services de la SAACA ont également fourni à AtmoSud les données du **nombre de mouvements d'avions** opérés sur l'aéroport de Nice du 1^{er} janvier au 16 octobre 2020, afin d'observer si ce paramètre peut être relié aux concentrations de particules ultra fines.

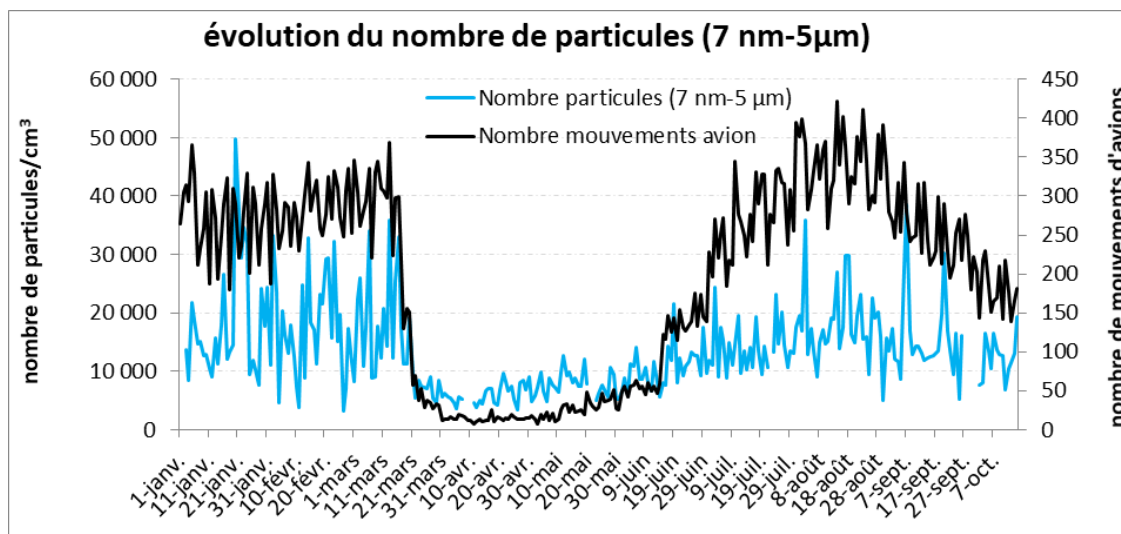
Le nombre de mouvements maximal est de 369 avions le 13 mars et la journée la moins chargée est le 11 avril avec 8 avions. En moyenne, 174 avions atterrissent ou décollent par jour mais un écart conséquent existe avant et pendant le confinement : de 281 mouvements en moyenne avant le confinement, 27 mouvements moyens sont comptabilisés pendant le confinement, soit une baisse de 91 %.

Après le confinement, soit dès le 11 mai, la circulation routière a très vite repris mais l'activité aéroportuaire n'a suivi cette tendance qu'à partir du 15 juin. Ainsi, entre le 11 mai et le 14 juin, en moyenne 40 mouvements d'avions sont enregistrés par jour. Du 15 juin au 16 octobre, l'activité revient quasiment à son niveau d'avant confinement avec une moyenne de 257 mouvements par jour. La distinction de cette période sera faite afin de pouvoir mieux identifier l'impact de l'activité aéroportuaire, plus précisément l'impact de l'absence d'activité.

► Evolutions temporelles

Aux informations journalières du nombre de particules est ajouté le nombre de mouvements d'avions, afin d'identifier s'il existe une corrélation entre ces deux paramètres.

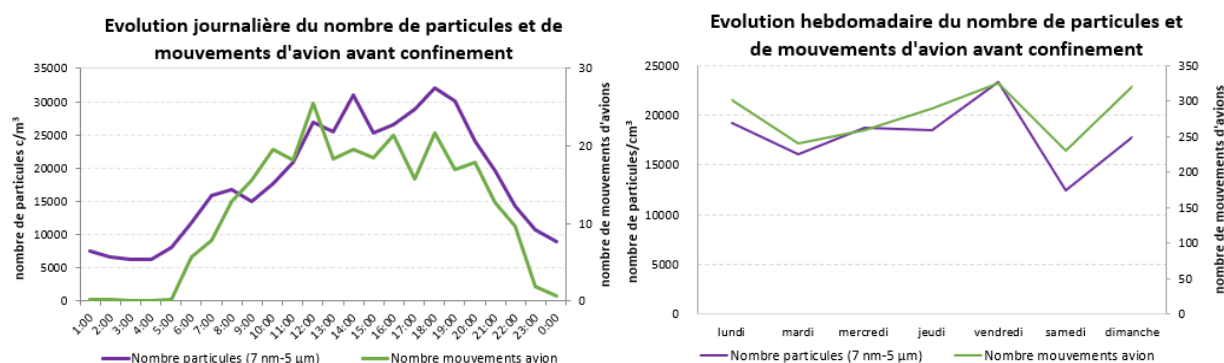
Figure 15 : Evolution du nombre de particules (7nm-5µm) et de mouvements d'avions du 1^{er} janvier au 16 octobre



La mise en place du confinement est visible avec une diminution drastique des courbes, aussi bien du nombre de particules que du nombre de mouvements d'avions. Le lien entre les deux paramètres est suggéré surtout avant le confinement mais ne semble pas confirmé.

De plus, il a été montré qu'avant la mise en place du confinement (soit en fonctionnement « normal »), les profils horaires journalier et hebdomadaire enregistrés à l'aéroport de Nice présentaient les caractéristiques suivantes : hausse au cours de la journée, diminution importante à partir de 19 heures TU, valeurs maximales vendredi et dimanche et minimum le samedi. Ils correspondent aux profils des mouvements (départs et arrivées) établis à partir des données sur les mouvements horaires des avions fournis par la SAACA, comme le montre la Figure 16.

Figure 16 : Profils moyens journalier et hebdomadaire du nombre de particules et du nombre de mouvements d'avions à l'aéroport de Nice avant confinement



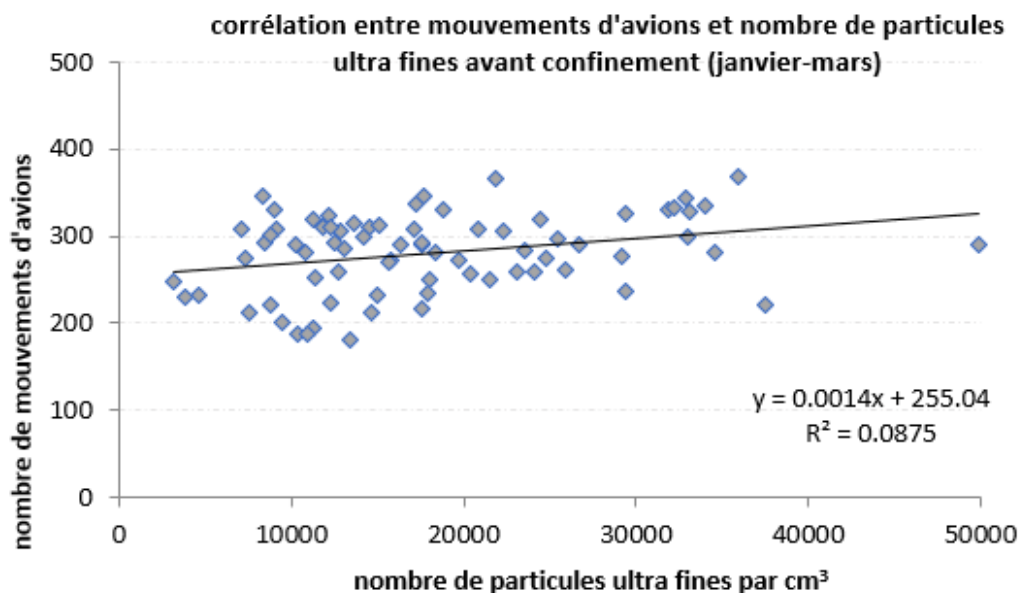
Ces deux informations montrent bien qu'il existe un lien entre le nombre de particules et l'activité générale de l'aéroport. Aussi, il est nécessaire d'approfondir l'interprétation de la relation entre mouvements d'avions (décollages/atterrissages) et le nombre de particules ultrafines.

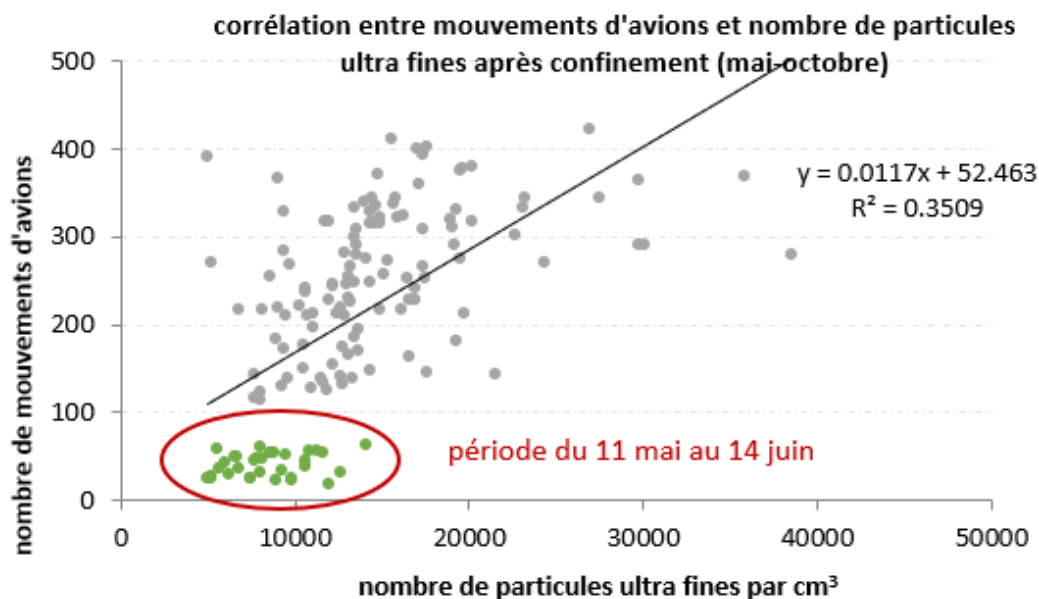
► Corrélation journalière

La Figure 17 met donc en relation les nombres de particules ultrafines et de mouvements d'avions au pas de temps journalier, sur les périodes de fonctionnement « normal », soit :

- du 1^{er} janvier au 17 mars, lorsque l'aéroport était en fonctionnement « normal »,
- du 11 mai au 16 octobre, lorsque l'aéroport était en reprise de fonctionnement.

Figure 17 : Corrélation journalière entre nombre de particules ultra fines et mouvements d'avions du 1^{er} janvier au 17 mars 2020 et du 11 mai au 16 octobre 2020





Avant le confinement, il n'apparaît pas de corrélation nette entre le nombre de mouvements d'avions par jour (arrivées + départs) et la concentration moyenne journalière de particules ultra fines en nombre.

Après le confinement, la corrélation est meilleure (coefficient plus élevé, dû à un échantillonnage plus robuste) néanmoins, il y a une réelle hétérogénéité et les deux périodes précitées sont clairement identifiées, notamment du 11 mai au 14 juin avec peu de mouvements et un nombre de particules évoluant entre 5 000 et 14 000 particules/cm³.

L'analyse des données journalières ne permet pas d'établir de relation nette entre la concentration moyenne en nombre de particules ultra fines et le nombre de mouvements d'avions. Le passage au pas de temps inférieur (horaire), couplé à la prise en compte de données météorologiques spécifiques (vents d'est) permettra d'apporter des précisions éventuelles entre ces deux paramètres.

Des analyses plus poussées sur les jours de fortes concentrations en nombre de particules ultrafines ou de nombre élevé de mouvements sont détaillées en ANNEXE 4.

► Corrélation horaire

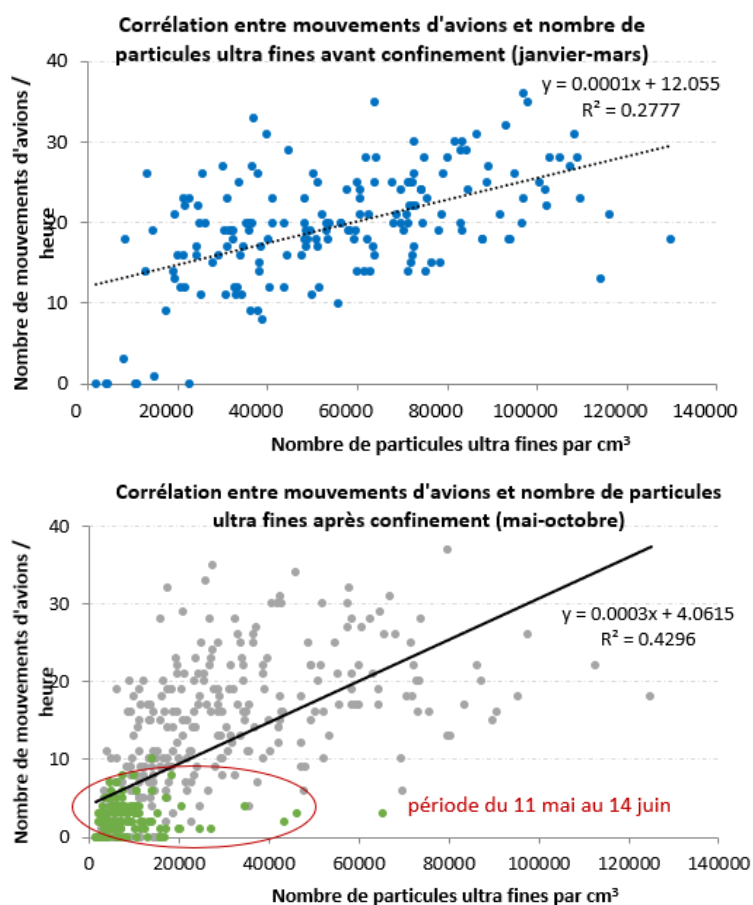
Afin de mettre en évidence un potentiel lien entre les mouvements d'avions (arrivées ou départs) et concentration en nombre de particules ultra fines, ces derniers sont comparés avec des données **horaires** :

- Lorsque l'aéroport est en fonctionnement « normal » (soit du 1^{er} janvier au 17 mars et du 11 mai au 16 octobre)
- Uniquement par vent d'Est (direction 80° à 100° inclus, quelle que soit la vitesse).

Ces critères correspondent à un nombre de couples de données horaires dont la corrélation est proposée ci-dessous :

- du 1^{er} janvier au 17 mars (avant confinement) : 177 couples sont pris en compte
- du 11 mai au 16 octobre (après confinement) : 414 couples sont concernés (133 couples du 11 mai au 15 juin).

Figure 18 : Corrélation horaire entre nombre de particules ultra fines et mouvements d'avions du 1^{er} janvier au 17 mars 2020 et du 11 mai au 16 octobre 2020 par vents d'est



Comme pour les données journalières, il n'apparaît pas de nette corrélation entre les mouvements d'avions et le nombre de particules, malgré une sélection spécifique sur les conditions météorologiques. La première période post-confinement (du 11 mai au 14 juin) est également bien mise en évidence sur le graphe.

Ainsi, bien qu'il soit fortement suggéré, le lien entre le nombre de particules ultra fines et l'activité de l'aéroport (profils journaliers et hebdomadaires comparables, concentrations maximales mesurées par vents d'est, ...), ne se traduit pas par une relation linéaire entre les niveaux mesurés et le nombre de mouvements sur les pistes. D'autres paramètres ont été testés (terminal ou la vitesse de vent), mais aucun ne conduit à une meilleure corrélation. De fait, l'activité seule de décollage/atterrissage des avions ne suffit pas à expliquer l'évolution du nombre de particules ultra fines, et doit être associée aux activités multiples présentes sur l'aéroport.

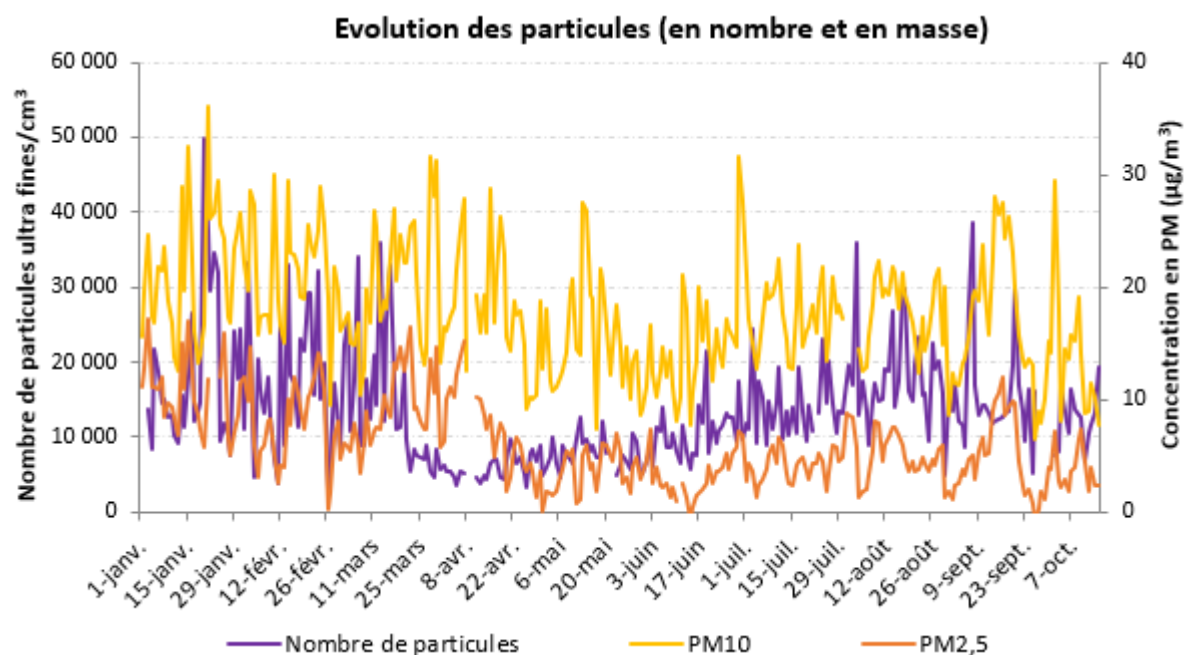
D'autres paramètres interviennent dans ces concentrations, pour lesquels nous ne disposons pas d'informations.

5.5 Comparaison des particules en masse et en nombre

► Evolution

Les particules fines ont des origines très variées : transports (routier, maritime, aéroportuaire), chauffage (dont chauffage au bois), agriculture, industrie (dont carrières) ... Issues de sources ponctuelles définies, elles sont appelées les particules primaires. Mais elles peuvent aussi être produites par des processus physico-chimiques à partir d'autres polluants : ce sont alors les particules secondaires. Episodiquement peuvent s'ajouter des apports non locaux comme les particules naturelles désertiques.

Figure 19 : Comparaison des concentrations en particules PM10 / PM2,5 et du nombre de particules (7 nm - 5 µm) à l'aéroport de Nice du 1^{er} janvier au 16 octobre 2020



Le comportement du nombre de particules ne correspond pas à celui des courbes des PM10 et PM2,5. C'est notamment le cas pendant le confinement (à partir de la mi-mars) où la diminution instantanée enregistrée sur le nombre de particules (7 nm – 5 µm) n'est pas visible sur les PM10 et les PM2,5. ([Actualité AtmoSud : bilan du confinement sur la qualité de l'air](#)). Leur tendance est même inverse comme indiqué dans la [fiche territoriale de Nice – situation au 14 avril](#).

Ainsi, même à proximité immédiate d'une source potentielle d'émissions de particules fines telles que l'aéroport de Nice, les concentrations massiques en PM10 et PM2,5 ne présentent pas de relation caractérisée avec le nombre de particules ultra fines.

► Origine

Afin de distinguer la provenance des concentrations les plus importantes et de ce fait l'activité qui y est associée, les concentrations moyennes et maximales en PM10 et PM2.5 ont été représentées, comme précédemment, en fonction des situations météorologiques.

Les Figure 20 et Figure 21 représentent la moyenne des concentrations en PM10 et PM2,5 en fonction d'une situation météorologique définie, par exemple : vent de SO et vitesse < 2m/s. Ainsi, la couleur jaune correspond, pour un même couple direction/vitesse, à une concentration moyenne de PM10 inférieure à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et la couleur magenta, une moyenne comprise entre 40 et 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour les PM2,5, l'échelle est divisée par 2.

Figure 20 : Corrélation entre concentration en PM10 et conditions météorologiques à l'aéroport de Nice du 1^{er} janvier au 16 octobre en fonction des conditions météorologiques

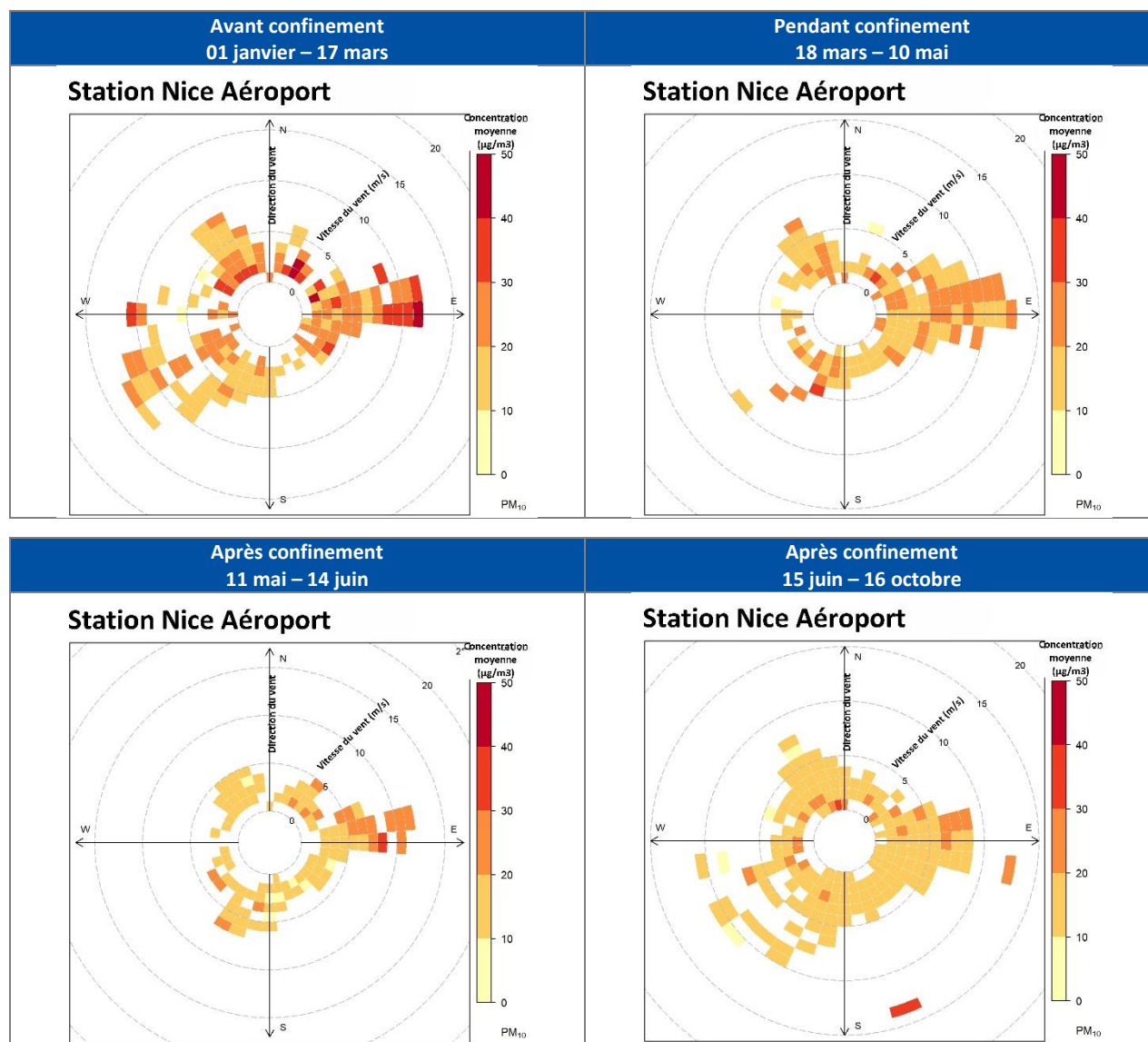
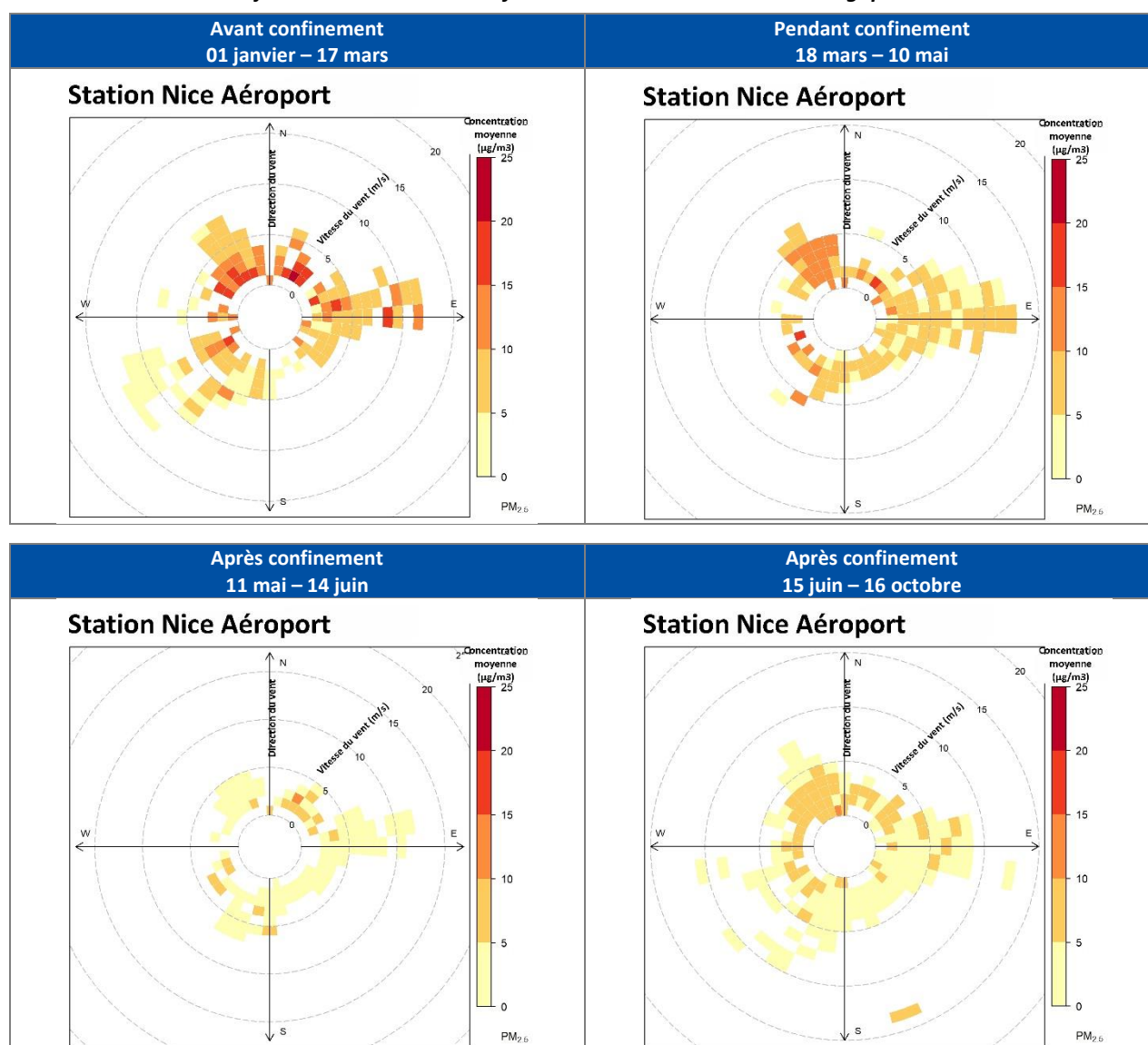


Figure 21 : Corrélation entre concentration en PM_{2,5} et conditions météorologiques à l'aéroport de Nice du 1^{er} janvier au 16 octobre en fonction des conditions météorologiques



Pour les PM₁₀ et PM_{2,5}, le constat est similaire. Les valeurs les plus élevées proviennent de plusieurs secteurs de vent et non d'un seul et ce quelle que soit la vitesse du vent. Les moyennes sont essentiellement comprises entre 10 et 20 µg/m³ pour les PM₁₀ et inférieures à 5 µg/m³ pour les PM_{2,5}.

D'autre part, les périodes avant et pendant confinement présentent peu de différences, et ce malgré l'arrêt quasi complet de l'activité sur la plateforme aéroportuaire. Ceci confirme l'absence de corrélation directe entre les activités de l'aéroport et les concentrations en masse des particules PM₁₀ et PM_{2,5}, constat très visible sur le nombre de particules ultra fines. La période du 15 juin au 16 octobre (reprise d'activité) tend à des niveaux moyens inférieurs à ceux du confinement (cf Figure 19).

Pour rappel, il a été montré précédemment que les vents de « Nord-Nord-Ouest » révèlent l'activité « urbaine » sur la station (trafic routier notamment) et ceux du secteur « Est » traduisent l'influence des activités spécifiques de l'aéroport. De plus, avant le confinement, les **valeurs en nombre** de particules ultra fines (7 nm – 5 µm) les plus élevées sont enregistrées par vents d'est, quelle que soit la vitesse considérée et sont de ce fait liées à l'activité de l'aéroport.

En comparant ces graphiques avec ceux obtenus pour le nombre de particules ultra fines, l'influence de l'aéroport sur les concentrations en masse en PM₁₀ et en PM_{2,5} est nettement moins visible, voire inexistant. En effet, aucune direction de vent privilégiée n'a pu être mise en évidence pour les concentrations en masse les plus élevées pour les PM₁₀, alors que pour les PM_{2,5} une influence d'un large secteur Nord est perceptible.

6. Conclusions

La première mesure du nombre de particules de taille comprise entre 7 nm et 5 µm, soit une partie ultra fine des particules, a été mise en place début 2020 à la station fixe de l'aéroport de Nice Côte d'Azur, implantée en 2005 dans l'enceinte de l'aéroport proche du terminal 2, le long du Var. L'objectif de cette étude exploratoire est d'améliorer les connaissances sur le lien entre pollution atmosphérique et activité aéroportuaire, en complément des mesures permanentes.

Ce document est une première analyse sans comparatif réglementaire car cet intervalle de taille de particules n'est pas normalisé. Le matériel utilisé pour l'étude étant très spécifique, il n'y a pas eu d'autres mesures de ce type à la même période en région Provence-Alpes-Côte d'Azur permettant la comparaison des données. Néanmoins, ces mesures ont été analysées et comparées aux autres données de particules habituellement enregistrées soit les concentrations en masse des particules PM10 et PM2,5 respectivement de diamètre inférieur à 10 et 2,5 µm.

L'étude s'intéresse à la période du 1^{er} janvier au 16 octobre 2020. Ces quelques mois ont été perturbés par la crise sanitaire mondiale du COVID-19 qui a conduit à la mise en place d'un **confinement généralisé de la population** entre le 17 mars à midi et le 10 mai 2020 minuit. Dès lors la limitation des déplacements s'est appliquée pour tous les transports, aussi bien routier que ferroviaire, maritime et aérien. Ainsi, à la baisse de la circulation urbaine s'est ajoutée une **forte diminution du nombre de mouvements d'avions (- 91 %)**. L'impact estimé du confinement sur le nombre de particules (7 nm - 5 µm) est moindre avec une baisse moyenne de 60 %.

► Une influence visible de l'aéroport sur les mesures de particules ultrafines

Les conditions météorologiques jouent un rôle important sur les niveaux de particules mesurés. Ainsi, les données issues de la station Météo France de l'Aéroport distinguent deux directions de vent principales, le Nord-Nord-Ouest, régime majoritaire, et l'Est. La première traduit l'activité « urbaine » et la seconde souligne l'influence des activités spécifiques de l'aéroport. En effet, suivant l'analyse, **les valeurs les plus élevées en nombre** de particules (7 nm – 5 µm) sont **enregistrées par vents d'Est**, quelle que soit la vitesse considérée. Sous ce régime, les concentrations en nombre de particules ultra fines observées pendant le confinement sont faibles, alors qu'elles augmentent progressivement à partir du 15 juin, date de reprise d'activité de l'aéroport. **Il apparaît clairement une influence de l'activité de l'aéroport sur le nombre de particules ultra fines.**

► Une difficulté à mettre en relation mouvements d'avions et nombre de particules ultrafines

La mise en relation du nombre des particules ultra fines avec celui des mouvements d'avions, fourni par les services de la SAACA, suggère un lien entre ces deux paramètres, les profils moyens journalier et hebdomadaire suivant une évolution similaire. Pourtant, une analyse approfondie regroupant des caractéristiques plus précises (données horaires, régime d'Est, période hors confinement, zoom sur des journées spécifiques) n'a pas conduit à la mise en évidence de **façon systématique d'une relation linéaire** entre le nombre de particules mesuré et le nombre de mouvements d'avions, certaines hausses apparaissant alors qu'il n'y a pas beaucoup d'avions et inversement. La recherche de corrélation supplémentaire sur d'autres critères tels le terminal ou le sens (arrivée ou départ) n'a pas non plus été concluante. **La seule activité de décollage/atterrissage des avions n'est donc pas suffisante pour expliquer le comportement du nombre de particules ultra fines et en être à l'origine.** D'autres paramètres interviennent, qu'ils soient liés aux aéronefs (motorisation) ou autres activités associées au fonctionnement de l'aéroport.

► Une différence notable entre particules en masse et en nombre

D'autre part, une comparaison a été effectuée entre le nombre de particules ultra fines et la concentration en masse des particules (PM10 et PM2,5). **En premier lieu, l'impact du confinement n'est pas flagrant sur ces polluants (PM10 notamment)**, dont les sources sont multiples. Les niveaux restent comparables avant et pendant le confinement, malgré l'arrêt quasi complet de l'activité sur la plateforme aéroportuaire et la baisse de la circulation. La recherche de l'influence de l'aéroport selon les situations météorologiques n'aboutit pas à l'identification d'une direction de vent privilégiée pour les valeurs les plus fortes en nombre de particules. Ceci confirme l'absence de corrélation directe entre les activités de l'aéroport et les concentrations en masse des particules PM10 et PM2,5. La mesure en masse ne semble donc pas un bon indicateur pour identifier la part de l'activité aéroportuaire.

Ainsi, ces premières interprétations ont amené quelques conclusions, néanmoins, des analyses complémentaires seraient nécessaires pour tenter d'isoler la part de l'activité aéroportuaire. En effet, la gamme de taille élargie de ce matériel n'a pas permis d'accéder à une analyse plus fine. Une mesure granulométrique permettrait de séparer les petites particules (inférieures à 100 nm), probablement plus nombreuses que les plus grandes (supérieures à 1 µm). Une corrélation plus affinée sur les paramètres des avions tel le type de moteur apporterait également d'autres informations.

GLOSSAIRE

Définitions

Lignes directrices OMS : Seuils de concentration définis par l'OMS et basés sur un examen des données scientifiques accumulées. Elles visent à offrir des indications sur la façon de réduire les effets de la pollution de l'air sur la santé. Elles constituent des cibles à atteindre qui confère une protection suffisante en termes de santé publique.

Pollution de fond et niveaux moyens : La pollution de fond correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps relativement longues. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur une année (pour l'ozone, on parle de niveaux moyens exprimés généralement par des moyennes calculées sur huit heures). Il s'agit de niveaux de pollution auxquels la population est exposée le plus longtemps et auxquels il est attribué l'impact sanitaire le plus important.

Pollution de pointe : La pollution de pointe correspond à des niveaux de polluants dans l'air durant des périodes de temps courtes. Elle s'exprime généralement par des concentrations moyennées sur la journée ou l'heure.

Procédures préfectorales : Mesures et actions de recommandations et de réduction des émissions par niveau réglementaire et par grand secteur d'activité.

Seuil d'alerte à la population : Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou la dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Seuil d'information-recommandations à la population : Niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population, rendant nécessaires des informations immédiates et adéquates.

Valeur cible : Un niveau de concentration fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

Valeur limite : Un niveau de concentration fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint.

Couche limite : Couche atmosphérique en contact direct avec la surface terrestre, dans laquelle se produisent des modifications d'un point de vue dynamique et thermique. Son épaisseur varie d'une centaine de mètres à quelques kilomètres selon les caractéristiques du sol (rugosité, relief, ...), la saison (humidité, flux de chaleur, température).

Particules d'origine secondaires : Les particules secondaires résultent de la conversion en particules, des gaz présents dans l'atmosphère. Cette conversion, soit directement gaz-solide, soit par l'intermédiaire des gouttes d'eau, est appelée nucléation. La nucléation est le mécanisme de base de la formation des nouvelles particules dans l'atmosphère. Les principaux précurseurs impliqués dans la formation des particules secondaires sont le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x et nitrates), les composés organiques volatils (COV) et l'ammoniac (NH₃). Les particules secondaires sont essentiellement des particules fines (<2.5 µm).

Percentile 99,8 (P 99,8) : Valeur respectée par 99,8 % des données de la série statistique considérée (ou dépassée par 0,2 % des données). Durant l'année, le percentile 99,8 représente dix-huit heures.

Sigles

OMS : Organisation Mondiale de la Sante

SAACA : Société Anonyme des Aéroports de la Côte d'Azur

Unité de mesures

$\mu\text{g}/\text{m}^3$: microgramme par mètre cube d'air
($1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{ g} = 0,000001 \text{ g}$)

Polluants

NO / NO₂ : Monoxyde d'azote / Dioxyde d'azote

NO_x : Oxydes d'azote

PM 10 : Particules d'un diamètre < 10 μm

PM 2.5 : Particules d'un diamètre < 2,5 μm

Classification des sites de mesure

Cette classification a fait l'objet d'une mise à jour au niveau national en 2015. Les stations de mesures sont désormais classées selon 2 paramètres leur environnement d'implantation et l'influence des sources d'émission.

Environnement d'implantation

Implantation urbaine : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine bâtie en continu, c'est-à-dire une zone urbaine dans laquelle les fronts de rue sont complètement (ou très majoritairement) constitués de constructions d'au minimum deux étages

Implantation périurbaine : Elle correspond à un emplacement dans une zone urbaine majoritairement bâtie, constituée d'un tissu continu de constructions isolées de toutes tailles, avec une densité de construction moindre

Implantation rurale : Elle est principalement destinée aux stations participant à la surveillance de l'exposition de la population et des écosystèmes à la pollution atmosphérique de fond, notamment photochimique.

Influence des sources

Influence Industrielle : Le point de prélèvement est situé à proximité d'une source (ou d'une zone) industrielle. Les émissions de cette source ont une influence significative sur les concentrations.

Influence Trafic : Le point de prélèvement est situé à proximité d'un axe routier majeur. Les émissions du trafic ont une influence significative sur les concentrations.

Influence de Fond : Le point de prélèvement n'est soumis à aucun des deux types d'influence décrits ci-après. L'implantation est telle que les niveaux de pollution sont représentatifs de l'exposition moyenne de la population (ou de la végétation et des écosystèmes) en général au sein de la zone surveillée. Généralement, la station est représentative d'une vaste zone d'au moins plusieurs km^2 .

ANNEXES

ANNEXE 1 Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS

Sources de pollution

Les polluants atmosphériques ont diverses origines.

Polluants	Sources principales
PM10 et PM2,5 Particules fines de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm ou 2,5 µm	Les particules proviennent en majorité de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), du transport routier (imbrûlés à l'échappement, usure des pièces mécaniques par frottement, des pneumatiques...), d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, chaufferie) et du brûlage de la biomasse (incendie, déchets verts).

Effets sur la santé

Les polluants atmosphériques ont un impact sur la santé variable en fonction de leur concentration dans l'air, de la dose inhalée et de la sensibilité des individus. Ils peuvent aussi avoir des incidences sur l'environnement.

Polluants	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
PM10 et PM2,5	- irritation des voies respiratoires - dans certains cas, altération des fonctions pulmonaires	- effets de salissures sur les bâtiments - altération de la photosynthèse

Réglementation

En matière de surveillance de la qualité de l'air, la réglementation se base essentiellement sur :

- La directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe,
- La directive 2004/107/CE concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant,
- L'article R221-1 du Code de l'Environnement.

Les valeurs réglementaires sont exprimées en µg/m³. L'expression du volume doit être ramenée aux conditions de température et de pression suivantes : 293 K et 1013 hPa. La période annuelle de référence est l'année civile. Un seuil est considéré dépassé lorsque la concentration observée est strictement supérieure à la valeur du seuil.

Polluants	Type de réglementation	Valeurs réglementaires (µg/m ³)	Durée d'exposition
PM10	Seuil d'information- recommandations	50	Jour
	Seuil d'alerte	80	Jour
	Valeurs limites	50	Jour (maximum 35 /an)
		40	Année
	Objectif de qualité	30	Année
PM2,5	Valeur limite	25	Année
	Valeur cible	20	Année
	Objectif de qualité		Année

Recommandations de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS)

Les valeurs recommandées par l'OMS (2005) sont fondées sur des études épidémiologiques et toxicologiques publiées en Europe et en Amérique du Nord. Elles ont pour principal objectif d'être des références pour l'élaboration des réglementations internationales.

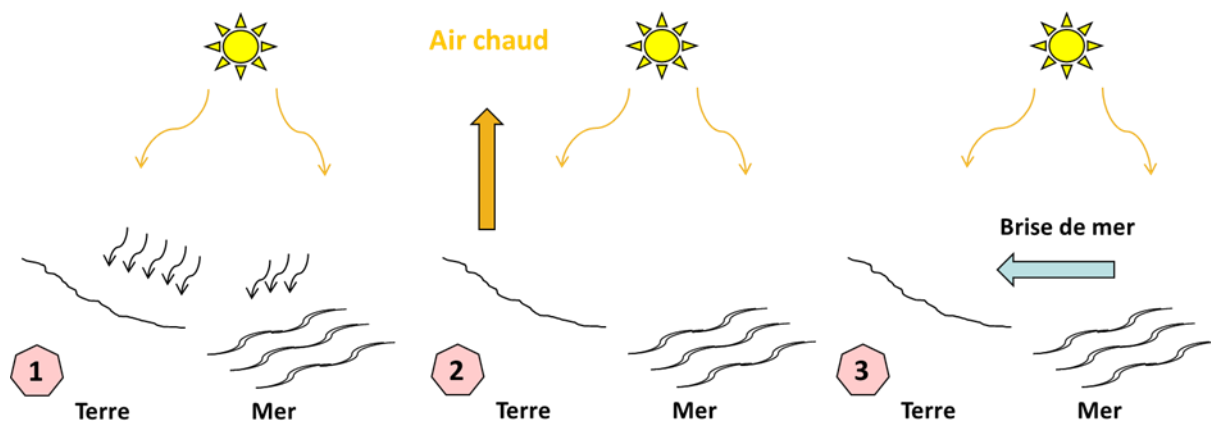
Il s'agit de niveaux d'exposition (concentration d'un polluant dans l'air ambiant pendant une durée déterminée) auxquels ou en dessous desquels il n'y a pas d'effet sur la santé. Ceci ne signifie pas qu'il y ait un effet dès que les niveaux sont dépassés mais que la probabilité qu'un effet apparaisse est augmentée.

Polluants	Effets considérés sur la santé	Valeur (µg/m³) recommandée par l'OMS	Durée moyenne d'exposition
PM10	- affection des systèmes respiratoire et cardiovasculaire	50	24 heures
		20	1 an
PM2,5		25	24 heures
		10	1 an

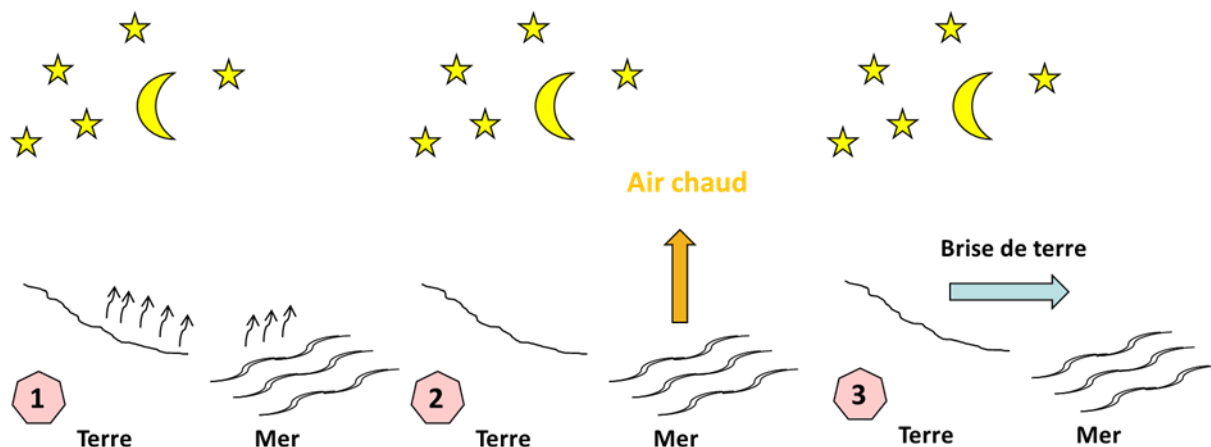
ANNEXE 2 Régime de brises

Les caractéristiques des brises alternées dépendent de la différence de température entre la terre et l'eau, de la force et de la direction du vent, de la rugosité et de la pente du terrain, de la rugosité et de l'eau, de la courbure de la côte et de l'humidité au-dessus de la terre.

Brise de mer : La journée, la terre se réchauffe plus vite que la mer (1). La masse d'air au-dessus de la terre étant plus chaude, elle s'élève générant ainsi un courant ascendant (2). Cet air est alors remplacé par de l'air plus froid provenant de la mer (3).



Brise de terre : La nuit, c'est l'inverse : la terre se refroidit plus vite que la mer (1), la masse d'air chaude est au-dessus de la mer et s'élève (2), laissant place à un air plus froid venant de la terre (3).



ANNEXE 3 Comparaison aux données d'autres stations

Les courbes ci-dessous représentent l'évolution du 1^{er} janvier au 12 mai de la concentration des particules PM10 et PM2.5 suivies dans les 3 stations permanentes de la ville.

Figure 22 : Evolution des particules PM10 à Nice et corrélation entre stations

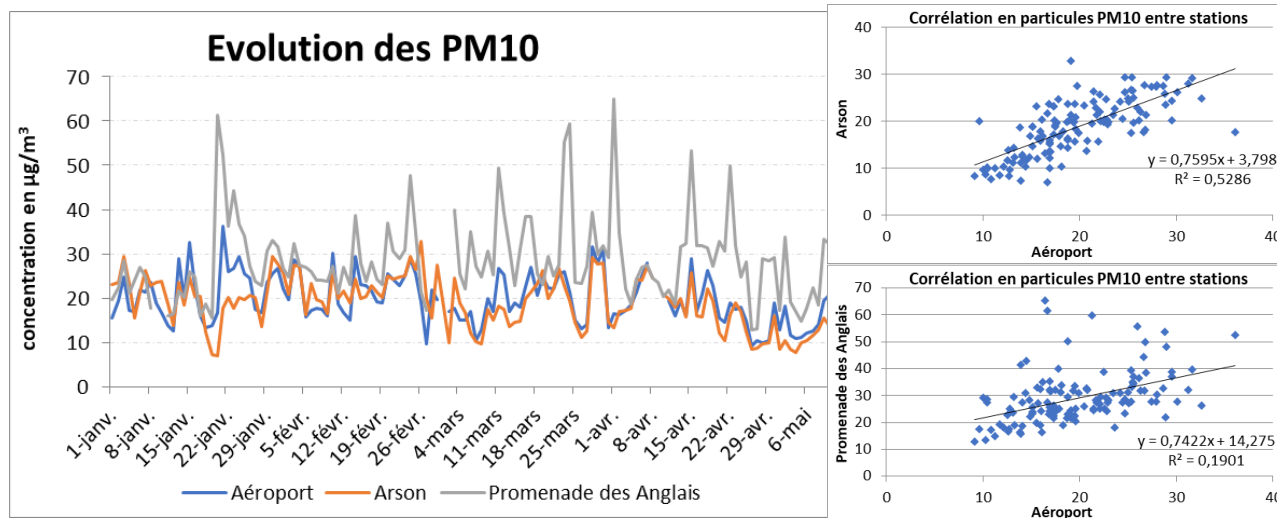
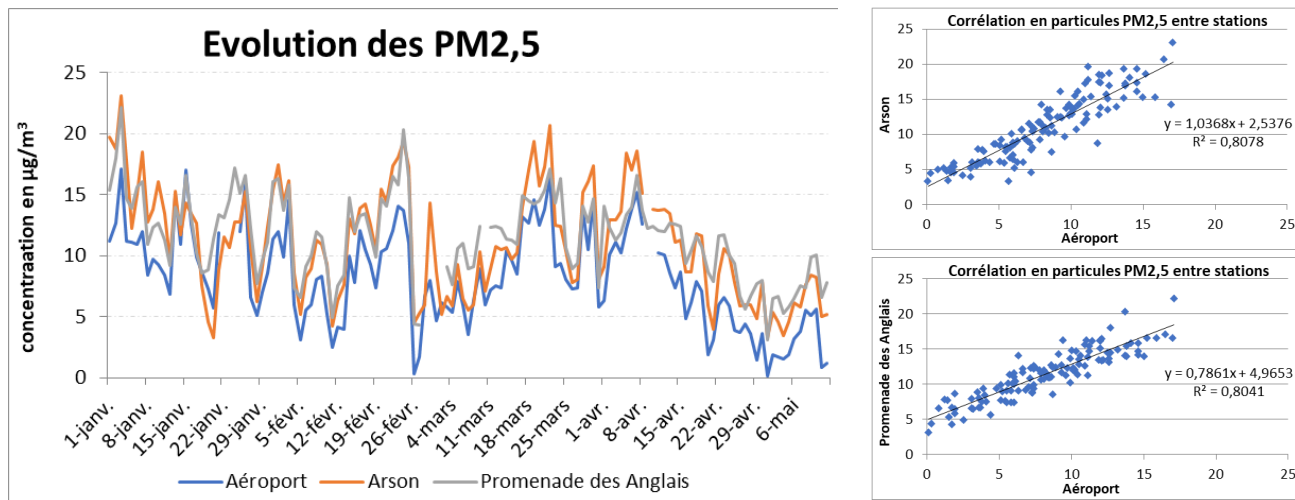


Figure 23 : Evolution des particules PM2,5 à Nice et corrélation entre stations



En ce qui concerne la station de la Promenade, elle se distingue des 2 autres sites pour les PM10 avec des pointes plus marquées. Ce comportement s'explique par la proximité du littoral : en régime de vents d'Est, la station est davantage exposée aux embruns et au réenivol des particules. Ces différences entre stations se retrouvent dans les corrélations avec une correspondance à 19 % entre l'Aéroport et la Promenade alors qu'elle monte à 53 % avec Arson.

En revanche, pour les PM2.5, les teneurs semblent évoluer de façon similaire (mais avec des niveaux différents), ce qui est confirmé par des coefficients de corrélation élevé (0,8) entre l'Aéroport et les deux autres sites urbains.

La mise en place du confinement n'a, comme observé précédemment au niveau de l'aéroport, pas eu d'effet direct sur le taux de particules fines (PM10 et PM2.5) dans l'air ambiant.

La comparaison des données de l'aéroport avec celle des autres sites (urbains et trafic) montrent ainsi que les niveaux de PM observés sur ces 3 stations sont cohérents, et notamment sur les dynamiques journalières et les évolutions observées suite à la mise en place du confinement. Ainsi, il semble que l'impact de l'activité urbaine (dont le trafic routier) soit prépondérant au niveau des mesures réalisées sur l'aéroport concernant ces paramètres (PM10 et PM2.5).

ANNEXE 4 Analyse des journées particulières

Pour certains jours une analyse plus précise est effectuée. Les dates spécifiques sont choisies sur les valeurs supérieures à 30 000 particules/cm³ mais également sur les journées pour lesquelles le trafic aérien est le plus élevé, soit supérieur à 330 mouvements d'avions. Ceci permettra d'identifier s'il existe une corrélation linéaire entre nombre d'avions et niveau de particules fines (7 nm – 5 µm).

Le **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** regroupe à gauche les 13 jours comptabilisant plus de 30 000 particules / cm³ (7 nm – 5 µm) et à droite les 16 jours enregistrant plus de 360 mouvements d'avions (arrivée + départ). 2 journées seulement réunissent les deux critères : le 13 mars et le 3 août.

Tableau 4 : Journées particulières selon le nombre maximal de particules/cm³ et de mouvements d'avions

Date	Nombre de particules	Nombre de mouvements d'avions	Date	Nombre de mouvements d'avions	Nombre de particules
20-janv.	49872	290	14-août	422	26971
7-sept.	38519	280	23-août	411	15574
21-janv.	37480	221	16-août	402	17609
13-mars	35912	369	2-août	399	16977
3-août	35852	368	31-juil.	394	17416
23-janv.	34564	281	30-août	392	5002
6-mars	34032	335	28-août	379	20179
2-févr.	33171	328	21-août	377	19587
16-mars	33006	299	1-août	376	19540
14-févr.	32939	343	10-août	370	14722
23-févr.	32168	333	13-mars	369	35912
24-janv.	31841	330	3-août	368	35852
20-sept.	30126	290	5-janv.	366	21841
			7-août	366	8994
			17-août	365	29798
			9-août	360	17140

Les jours avec le nombre de particules supérieurs à 30 000 se trouvent pour la plupart (10) en début d'année, avant confinement. Seules 3 journées présentant un nombre élevé de particules ultra fines, se situent en période post confinement, les 7 et 20 septembre et le 3 août. 2 d'entre elles, les 7 septembre et 3 août affichent des valeurs au-delà de 35 000 particules/cm³. Pour ces 13 jours, le nombre de mouvements d'avions varie de 221 à 369.

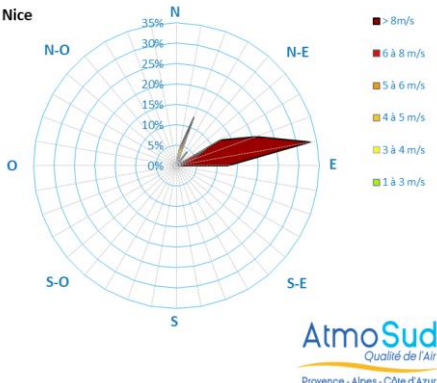
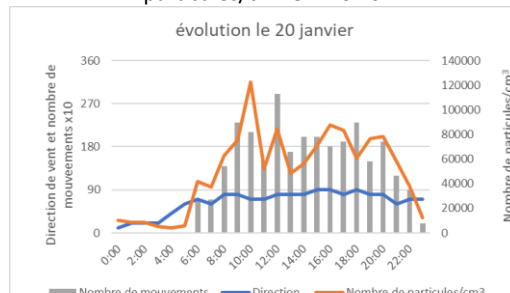
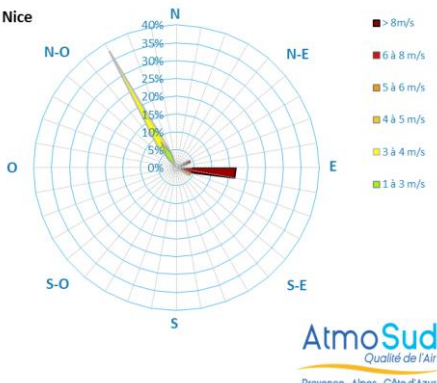
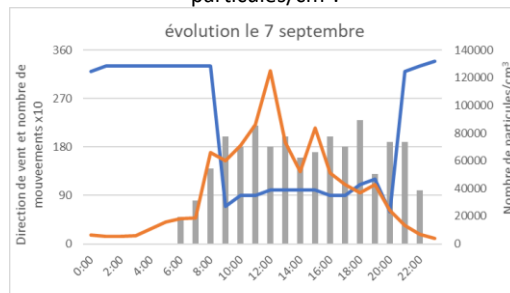
A l'inverse, les jours avec plus de 360 mouvements d'avions sont, à l'exception du 13 mars et du 5 janvier, tous en été donc en période post confinement. 13 des 16 journées sont au mois d'août et 3 d'entre elles dépassent les 400 mouvements journaliers. Pour ces 16 jours, le nombre de particules ultra fines varie de 5002 à 35912, avec une moyenne autour de 20 000 particules/cm³.

Le

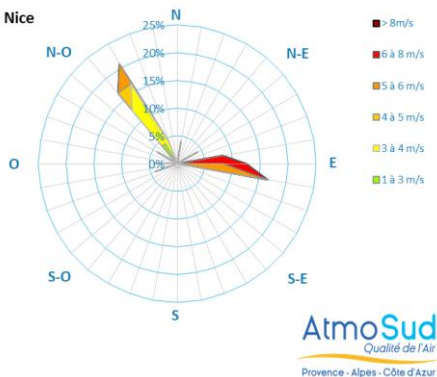
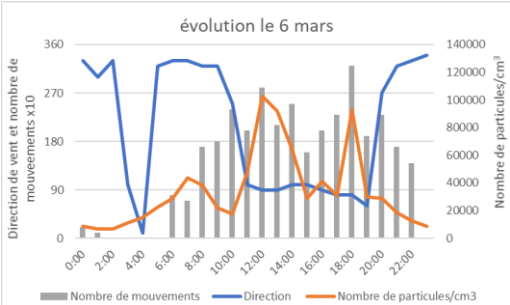
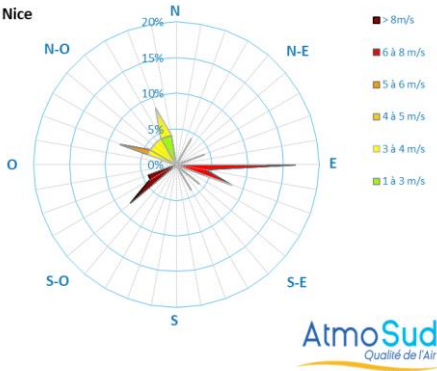
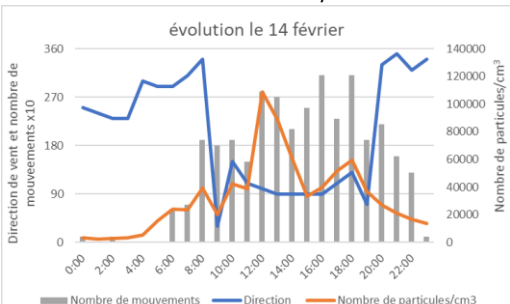
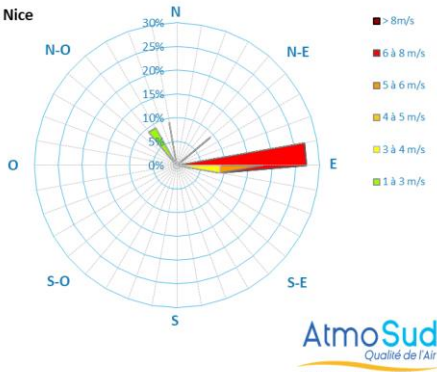
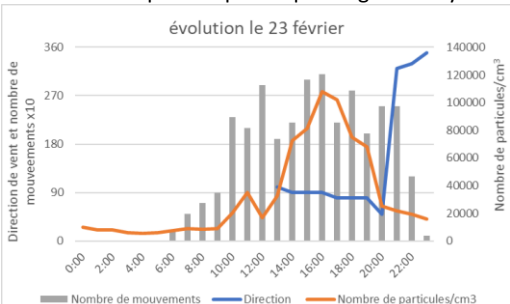
Tableau 5 montre en détail les 5 journées pour lesquelles le nombre de particules est supérieur à 35 000 et 5 autres journées (grisées sur le tableau 3).

Le Tableau 6 montre en détail les 6 journées pour lesquelles le nombre de mouvements est supérieur à 390 et 2 autres journées (grisées sur le tableau 3).

Tableau 5 : Journées particulières selon le nombre maximal de particules/cm³

Informations	Rose des vents	Commentaires
Date : 20/01/2020	 AtmoSud Qualité de l'Air Provence - Alpes - Côte d'Azur	Jour du maximum en nombre de particules : Conditions favorables à la remise en suspension, d'où des valeurs élevées : le maximum de 122 000 particules/cm³ à 10h correspond à une vitesse de 11 m/s pour 21 mouvements d'avions. Néanmoins, 2h plus tard, avec la même vitesse mais 8 mouvements de plus, il y a 38 000 particules/cm³ en moins. 
Nombre de particules/cm³ : 49872		
Nombre de mouvements total : 290		régime de vent d'Est toute la journée, avec des vitesses supérieures à 10 m/s.
Date : 07/09/2020	 AtmoSud Qualité de l'Air Provence - Alpes - Côte d'Azur	2^{ème} jour du maximum en nombre de particules : Le maximum horaire soit 124 956 particules/cm³ est relevé à 13h, en période de vent fort avec 18 mouvements. A 17h, la vitesse a légèrement diminué (8,2 m/s), mais pour un nombre de mouvements et une direction de vent similaires, sont comptabilisées 42 735 particules/cm³. 
Nombre de particules/cm³ : 38519		
Nombre de mouvements total : 280		régime de vent d'Est de 10h à 17h, avec des vitesses élevées entre 11h et 15h jusqu'à 12,5 m/s.
Date : 21/01/2020		3^{ème} jour du maximum en nombre de particules : Les 114 000 particules/cm³ à 14h correspondent à « seulement » 13 mouvements pour une vitesse de 9,6 m/s. Pour la même vitesse à 20h, 11 mouvements équivalent à 30 600 particules/cm³. Comme le 13 mars, pas de lien direct entre mouvements d'avions et nombre de particules/cm³.
Nombre de particules/cm³ : 37480		

Informations	Rose des vents	Commentaires
Nombre de mouvements total : 221	Nice AtmoSud Qualité de l'Air Provence - Alpes - Côte d'Azur des vents d'un large secteur Nord-Est/Est quasi toute la journée avec des vitesses élevées jusqu'à 12,2 m/s.	évolution le 21 janvier
Date : 13/03/2020	Nice AtmoSud Qualité de l'Air Provence - Alpes - Côte d'Azur installation du vent d'Est à 14h avec des vitesses homogènes variant de 4 à 5,8 m/s.	4^{ème} jour du maximum en nombre de particules : Augmentation du nombre de particules/cm³ associée à ce changement de régime mais pas de caractère systématique. Avec une vitesse comparable (5,2 et 5,8 m/s), une même direction et un même nombre de mouvements (21), le nombre de particules diffère : 116 000 particules/cm³ à 21h contre presque moitié moins à 17h, 62 000 particules/cm³.
Nombre de particules/cm³ : 35912		évolution le 13 mars
Nombre de mouvements total : 369		
Date : 03/08/2020	Nice AtmoSud Qualité de l'Air Provence - Alpes - Côte d'Azur Régime de vent d'Est majoritaire sur la journée et bascule en Sud-Est entre 11h et 13h. les vitesses par vent d'est sont pour la moitié d'entre elles supérieures à 6 m/s.	5^{ème} jour du maximum en nombre de particules : Le changement de régime (E/SE) à la mi-journée est corrélé à une baisse du nombre de particules, malgré un nombre de mouvements maximal (36) à 12h. Des vitesses de vent supérieures à 10 m/s sont observées entre 17h et 19h. Le maximum horaire de 90 790 particules/cm³ arrive à 15h, avec une vitesse de 8,2 m/s.
Nombre de particules/cm³ : 35852		évolution le 3 août
Nombre de mouvements total : 368		
Date : 06/03/2020		7^{ème} jour du maximum en nombre de particules : Les 103 000 particules/cm³ (max) à 12h équivalent à 28 mouvements d'avions alors que les 32 mouvements (max) à 18h correspondent à 93 000 particules/cm³.

Informations	Rose des vents	Commentaires
Nombre de particules/cm³ : 34032	 AtmoSud Qualité de l'Air Provence - Alpes - Côte d'Azur	Les vitesses sont légèrement plus faibles le matin (5,5 m/s au lieu de 6,5) pouvant indiquer une plus grande accumulation des particules. 
Nombre de mouvements total : 335	Deux régimes distincts : vent de Nord-Nord-Ouest le matin et vent d'Est dans l'après-midi avec des vitesses autour de 6 m/s.	
Date : 14/02/2020	 AtmoSud Qualité de l'Air Provence - Alpes - Côte d'Azur	10^{ème} jour du maximum en nombre de particules : Maximum observé à 12h, 109 000 particules/cm³ pour 28 mouvements et à 16h « seulement » 40 000 pour 31 mouvements. A l'inverse du 6 mars, la faible vitesse ne favorise pas l'accumulation et le nombre élevé de particules serait lié à la remise en suspension due à une vitesse au-delà de 6 m/s à 12h. 
Nombre de particules/cm³ : 32939	Vent très variable avec vitesse allant de 6,5 (12h) à 1,5 m/s (16h). Vent d'Est entre 12h et 16h.	
Nombre de mouvements total : 343		
Date : 23/02/2020	 AtmoSud Qualité de l'Air Provence - Alpes - Côte d'Azur	11^{ème} jour du maximum en nombre de particules : Le maximum de particules, 108 000 particules/cm³ à 16h correspond au maximum de mouvements (31), avec une vitesse de 6,5 m/s. La vitesse du vent peut expliquer certaine valeur car à 14h, avec un vent à 3,1 m/s, 72 000 particules/cm³ sont dénombrées pour 22 mouvements alors qu'à 17h avec le même nombre de mouvements, il est observé près de 102 000 particules/cm³. Entre temps, la vitesse du vent a doublé. Cependant le faible jeu de données ne permet pas de prolonger l'analyse. 
Nombre de particules/cm³ : 32168	Problème technique, pas de données avant 13h. Vent d'Est entre 13h et 19h, variant de 1 à 7,2 m/s.	
Nombre de mouvements total : 333		
Date : 24/01/2020		12^{ème} jour du maximum en nombre de particules : les particules sont en plus grand nombre sous le régime d'Est. Cette période affiche aussi les vitesses les plus

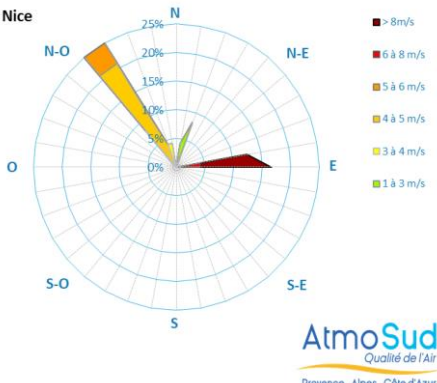
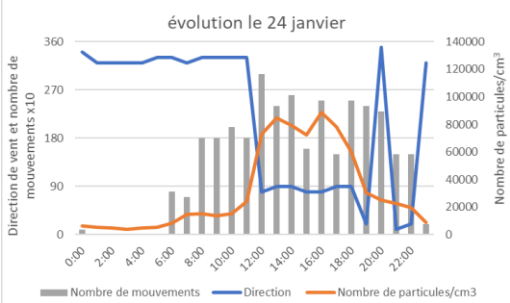
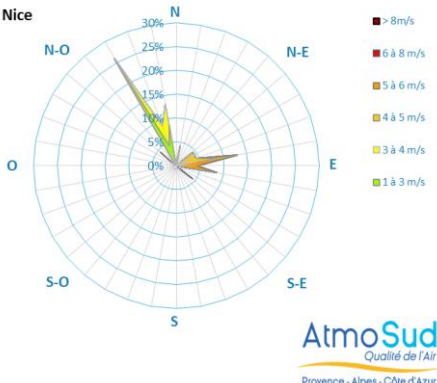
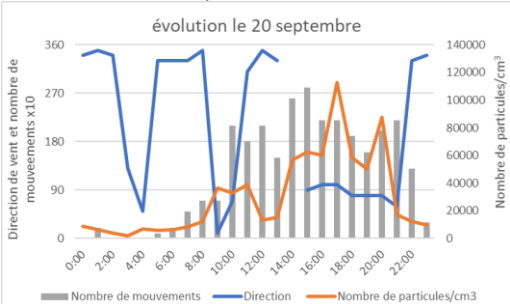
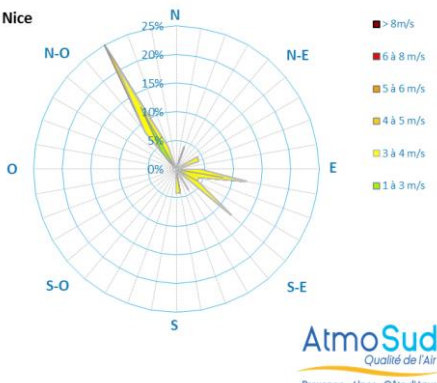
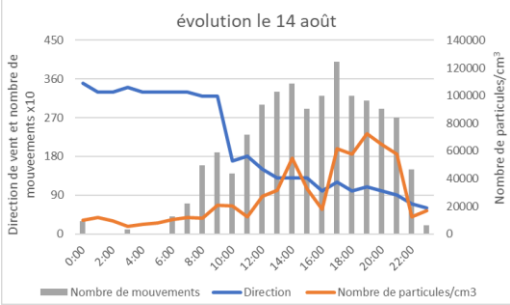
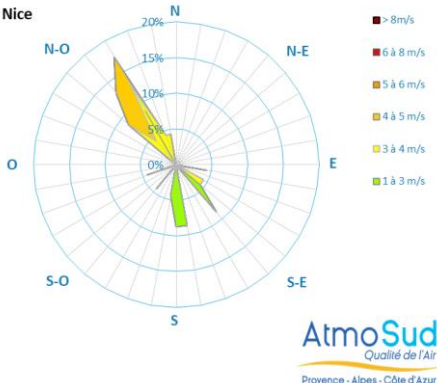
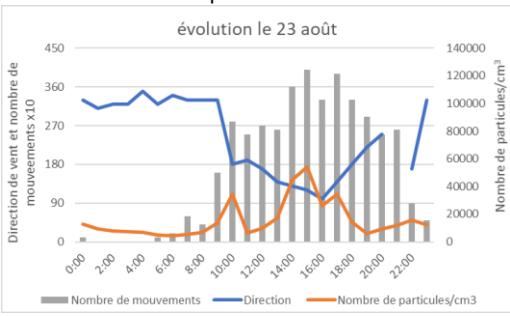
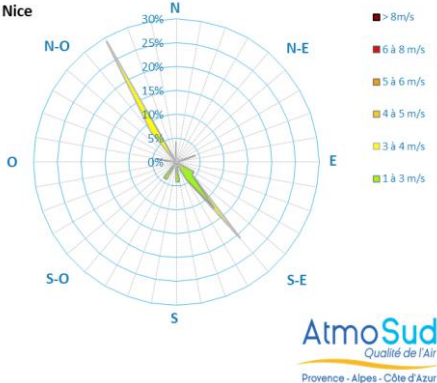
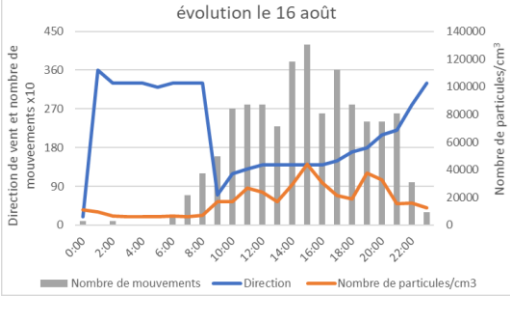
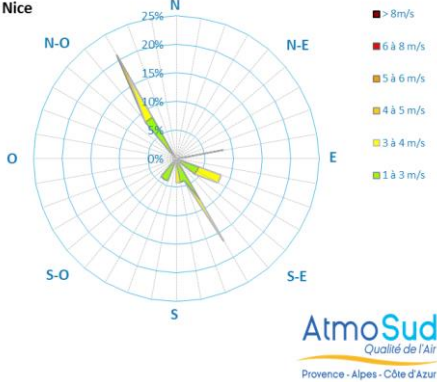
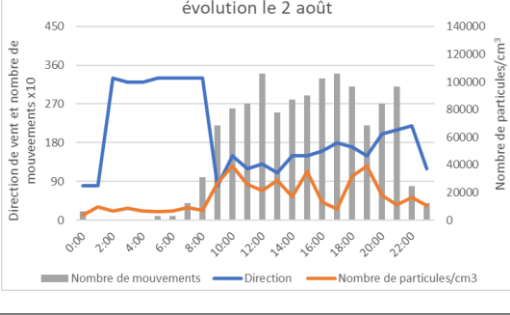
Informations	Rose des vents	Commentaires
Nombre de particules/cm³ : 31841		élevées variant de 7,2 (12h) à 10,2 m/s (15h). Un maximum 88 800 particules/cm³ observé à 16h pour 25 mouvements et avec autant d'avions à 18h 59 800 particules/cm³. Les vitesses de 7,2 et 7,7 m/s sont comparables mais supérieures à la moyenne de la journée (5,3 m/s). 
Nombre de mouvements total : 330	Comme le 6/03, deux régimes de vent distincts : Nord-Nord-Ouest dès le début de la journée puis Est entre 12h et 18h,	
Date : 20/09/2020		12^{ème} jour du maximum en nombre de particules : Le maximum horaire (112649 particules/cm³) est observé à 17h par vent d'Est avec une vitesse de 5,6 m/s et 22 mouvements d'avion. Or à 15h, pour les mêmes direction et vitesse de vent et un nombre maximal de mouvements (28), le nombre de particules est deux fois plus faible. 
Nombre de particules/cm³ : 30126		
Nombre de mouvements total : 290	Vent très variable au cours de la journée. Secteur Nord-Nord-Ouest la nuit, passage en vent d'Est dans l'après-midi avec des vitesses en moyenne autour de 5 m/s, parmi les plus élevées mais pas les maximales.	

Tableau 6 : Journées particulières selon le nombre maximal de mouvements d'avions

Informations	Rose des vents	Commentaires
Date : 14/08/2020		Jour du maximum en nombre de mouvements : Le maximum de mouvement (40), observé à 17h, correspond à 61 568 particules/cm³, sous vent d'Est et avec une vitesse de 2,8 m/s. Or, le nombre maximal de particules atteint 72 303 particules/cm³ à 19h en régime d'Est avec une vitesse de 3,5 m/s pour 31 mouvements. Malgré plus de 400 mouvements journaliers, la concentration en nombre de particules n'augmente qu'en régime d'Est. 
Nombre de particules/cm³ : 26971		
Nombre de mouvements total : 422	Régime Nord-Nord-Ouest en début de journée puis bascule Sud/Sud-Est, en régime de brises. Vent d'Est de 16h à 21h. Vitesses de vent faibles, inférieures à 4 m/s	

Informations	Rose des vents	Commentaires
Date : 23/08/2020	 Régime Nord-Nord-Ouest jusqu'à 10h puis bascule Sud et Sud-Est, dans l'après-midi (18h) Vitesses de vent faibles, inférieures à 4 m/s, excepté un maximum à 4,7 m/s sous vent d'Est.	2^{ème} jour du maximum en nombre de mouvements : Le nombre maximal de mouvements (40) est relevé à 15h pour 53 985 particules/cm ³ , soit le maximum. Le vent est de 3,2 m/s en provenance de l'Est-Sud-Est. La corrélation semble confirmée sur cette tranche horaire, toutefois le nombre de particules de la journée est relativement faible pour autant de mouvements.
Nombre de particules/cm³ : 15574		
Nombre de mouvements total : 411		
Date : 16/08/2020	 Régime Nord-Nord-Ouest en début de journée puis bascule en secteur Sud-Est de 11h à 17h. Vitesses de vent faibles, inférieures à 4 m/s	3^{ème} jour du maximum en nombre de mouvements : Cette fois encore, le nombre maximal de mouvements (42) correspond au maximum journalier du nombre de particules (44 143), relevé à 15h avec un vent de Sud-Est à 2,3 m/s. Le nombre de particules journalier est équivalent à la journée décrite précédemment (23/08).
Nombre de particules/cm³ : 17609		
Nombre de mouvements total : 402		
Date : 02/08/2020	 Régime de Nord-Nord-Ouest le matin, bascule en secteur Sud-Est puis Sud. Faibles vitesses de vent, inférieures à 4 m/s.	4^{ème} jour du maximum en nombre de mouvements : Malgré près de 400 mouvements dans la journée, et un maximum à 34 mouvements horaires, le nombre maximal de particules ne dépasse pas 40 000. Les 34 mouvements sont relevés à 12h et 17h correspondent respectivement à 21 285 particules/cm ³ et 8383 particules/cm ³ avec des vitesses comparables (2,5 à 3 m/s) et des directions Sud-Est et Sud. La concentration la plus élevée est sous un vent de Sud-Sud-Est.
Nombre de particules/cm³ : 16977		
Nombre de mouvements total : 399		
Date : 31/07/2020		5^{ème} jour du maximum en nombre de mouvements : Situation comparable au 2/08, aussi bien sur le nombre de mouvements horaires que de particules. Au

Informations	Rose des vents	Commentaires
Nombre de particules/cm³ : 17416	Flux de Nord-Nord-Ouest jusqu'à 9h, bascule Est puis secteur Sud-Est. Vitesses de vent faibles, inférieures à 4 m/s.	maximum 37 mouvements enregistrés à 17h, pour 16558 particules/cm³ avec un vent de 2,3 m/s d'Est-Sud-Est. Et à l'inverse, le nombre maximal de particules de 32184 apparaît pour 24 mouvements cm³ avec un vent de 1,4 m/s d'Est-Nord-Est. Pas de lien établi entre ces deux paramètres.
Nombre de mouvements total : 394		
Date : 30/08/2020		6ème jour du maximum en nombre de mouvements : Presque 400 mouvements cette journée et pourtant de faibles concentrations en nombre de particules sont observées. Malgré des vitesses de vent élevées, propices à la remise en suspension des particules, ce régime de vent n'est pas favorable à l'observation d'une hausse du nombre de particules.
Nombre de particules/cm³ : 5002		
Nombre de mouvements total : 392	Large secteur Ouest la journée : Nord-Nord-Ouest le matin, puis Sud-Sud-Ouest. Vitesses de vent élevées de 12h à 20h en moyenne à 10 m/s.	
Date : 07/08/2020		14ème jour du maximum en nombre de mouvements : Comme pour le 30 août, régime de vent pas favorable à l'observation d'un nombre élevé de particules. Les 40 mouvements maximaux enregistrés à 14h ne correspondent qu'à 4856 particules/cm³. Le nombre maximal de particules est de 21505 à 10h pour 17 mouvements, avec un vent de Sud-Sud-Est de 3,3 m/s.
Nombre de particules/cm³ : 8994		
Nombre de mouvements total : 366	Deux régimes distincts : vent de Nord-Nord-Ouest le matin jusqu'à 9h puis bascule en large secteur Sud de 10h et 20h. Vitesses de vent entre 3 et 4 m/s.	
Date : 17/08/2020		15ème jour du maximum en nombre de mouvements : Journée similaire à celles du tableau 4 avec des concentrations en nombre de particules élevées (de

Informations	Rose des vents	Commentaires
Nombre de particules/cm³ : 29718	Nice AtmoSud Qualité de l'Air Provence - Alpes - Côte d'Azur Deux régimes distincts : vent de Nord-Nord-Ouest le matin jusqu'à 10h puis bascule et vent d'Est entre 16h et 20h. Vitesses variables, faibles le matin (~3 m/s) et autour de 6 m/s l'après-midi. Maximum à 7,9 m/s à 16h.	64362 à 96120 particules/cm³) par vent d'Est avec des vitesses supérieures à 6 m/s, quel que soit le nombre de mouvement mesuré (entre 17 et 37). Le nombre maximal de mouvements correspond à 79907 particules/cm³. Le maximum de 96120 particules/cm³ est observé pour « seulement » 25 mouvements. A titre de comparaison, pour 29 mouvements, avec une vitesse de 7,4 m/s, le nombre de particules n'est que de 5225 mais le vent provient du Sud-Sud-Ouest, pas de l'Est.
Nombre de mouvements total : 365		

ANNEXE 5 Tests d'autres paramètres

Aussi, afin de trouver une meilleure corrélation entre le nombre de particules et les mouvements d'avions, d'autres paramètres ont-ils été testés (terminal concerné selon les mouvements ou la vitesse de vent).

Trois terminaux existent à l'aéroport de Nice Côte d'Azur : le Terminal 1, le plus à l'Est, le Terminal 2, le plus proche de la station de mesure et le Terminal Aviation d'Affaires situé entre les Terminaux 1 et 2, à côté du Terminal 2.

Tableau 7 : Coefficients de corrélation en fonction de différents paramètres

	Coefficient de corrélation	Terminal 1	Terminal 2	Terminal Affaires
Sens	Tous mouvements (A+D)	0.0958	0.2173	0.0469
	Arrivées	0.0785	0.0768	0.0352
	Départs	0.0583	0.2282	0.0244
Vitesse	Inférieure à 4 m/s	0.0232	0.2446	0.0686
	Entre 4 et 6 m/s	0.2885	0.1442	0.0198
	Supérieure à 6 m/s	0.11	0.2576	0.127

Le Terminal 2 étant le seul en service depuis le 17 mars, les tests ont donc été effectués uniquement sur la période avant confinement lorsque le fonctionnement de l'aéroport n'était pas perturbé.

Aucune de ces études de cas n'aboutit au constat d'un lien direct entre le nombre de particules et le nombre de mouvements d'avions.

AtmoSud, votre expert de l'air en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur



Un large champ d'intervention : air/climat/énergie/santé

La loi sur l'air reconnaît le droit à chaque citoyen de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé. Dans ce cadre, AtmoSud évalue l'exposition des populations à la pollution atmosphérique et identifie les zones où il faut agir. Pour s'adapter aux nouveaux enjeux et à la demande des acteurs, son champ d'intervention s'étend à l'ensemble des thématiques de l'atmosphère : polluants, gaz à effet de serre, nuisances, pesticides, pollens... Par ses moyens techniques et d'expertise, AtmoSud est au service des décideurs et des citoyens.

Des missions d'intérêt général

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/1996 confie la surveillance de la qualité de l'air à des associations agréées :

- Connaître l'exposition de la population aux polluants atmosphériques et contribuer aux connaissances sur le changement climatique
- Sensibiliser la population à la qualité de l'air et aux comportements qui permettent de la préserver
- Accompagner les acteurs des territoires pour améliorer la qualité de l'air dans une approche intégrée air/climat/énergie/santé
- Prévoir la qualité de l'air au quotidien et sur le long terme
- Prévenir la population des épisodes de pollution
- Contribuer à l'amélioration des connaissances

Recevez nos bulletins

Abonnez-vous à l'actualité de la qualité de l'air : <https://www.atmosud.org/abonnements>

Conditions de diffusion

AtmoSud met à disposition les informations issues de ses différentes études et garantit la transparence de l'information sur le résultat de ces travaux. A ce titre, les rapports d'études sont librement accessibles sur notre site Internet.

Les données contenues dans ce document restent la propriété intellectuelle d'AtmoSud. Toute utilisation de données ou de documents (texte, tableau, graphe, carte...) doit obligatoirement faire référence à AtmoSud. Ce dernier n'est en aucun cas responsable des interprétations et publications diverses issues de ces travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.



Siège social : 146, rue Paradis « Le Noilly Paradis » - 13294 Marseille cedex 06
Établissement de Martigues : route de la Vierge 13500 Martigues
Établissement de Nice : 37 bis, avenue Henri Matisse - 06200 Nice
Tél. 04 91 32 38 00 - Télécopie 04 91 32 38 29 - contact.air@atmosud.org



Suivez-nous sur

