



 Florence Péron
 Ingénieur d'études
 04 93 18 36 14
 florence.peron@atmosud.org
 [Consulter le site AtmoSud](#)

NOTE TECHNIQUE

ANALYSE DES PARTICULES ULTRA FINES A LA STATION NICE PROMENADE DES ANGLAIS

Juin 2025

SOMMAIRE

1	Contexte.....	2
2	Campagne de mesures été 2024.....	3
2.1	Zone d'étude et échantillonnage	3
2.2	Conditions météorologiques locales	3
3	Résultats bruts	5
4	Analyse de la provenance des PUF sur le site Nice Promenade des anglais.....	5
4.1	Distribution du nombre de PUF par secteur de provenance du vent.....	6
4.2	Relation entre les pics de concentration et les directions des vents.....	6
4.3	NO/NO ₂ , indicateur de la proximité des sources de PUF	7
5	Conclusion.....	8

1 CONTEXTE

Les Particules Ultra Fines (PUF) sont des particules de diamètre aérodynamique inférieur à 0,1 µm (100 nm). En raison de leur petite taille, leur comportement s'apparente à celui des gaz. Elles peuvent être d'origine naturelle¹ (fumées des incendies de forêt, éruptions volcaniques, aérosols marins, érosion éolienne²) ou d'origine anthropique (combustion de produits pétroliers, gaz, biomasse, tabac, cuissons, abrasion des pneus³, usure des freins⁴ et de la route⁵, trafic aérien⁶ ...). Des PUF dites secondaires⁷ sont également formées dans l'atmosphère par nucléation et résultent de la transformation par photo-oxydation de gaz précurseurs en particules (dioxyde de soufre SO₂ par exemple).

Les PUF sont mesurées par leur concentration en nombre, et non en masse comme pour les particules PM_{2.5} ou PM₁₀. Avant 2023, en l'absence de normalisation, le nombre des PUF a été évalué dans différents intervalles (7 nm - 5 µm ; 7 nm - 2.5 µm ; 7 nm - 1 µm). En 2023, l'intervalle [10 nm – 1 µm] a été choisi comme référence à l'échelle européenne. AtmoSud a débuté la mesure des PUF dès 2015 par des campagnes temporaires puis renforce progressivement son réseau permanent. En 2024, l'acquisition de connaissances se poursuit avec une dizaine d'analyseurs en fonctionnement sur toute la région. La diversité de la région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur permet également un suivi dans des environnements différents. Ainsi, les caractères rural, industriel, urbain sont documentés et des zones spécifiques d'intérêt en proximité de sources portuaires, aéroportuaires sont également surveillées. Depuis 10 ans, plus d'une vingtaine de sites a été investigué.

L'agglomération niçoise dispose de deux compteurs de particules permanents, l'un en situation urbaine de fond (Nice Arson) et le second à l'aéroport de Nice première plateforme aéroportuaire de province, en nombre de passagers. Afin de disposer d'une information supplémentaire dans cette zone, une campagne de mesures en situation urbaine de proximité trafic a été menée du 11 juillet au 9 septembre 2024 sur la station AtmoSud Nice Promenade.

L'objectif de cette campagne de mesures est de vérifier quel est le niveau de pollution en PUF à Nice dans une situation intermédiaire entre le centre-ville, l'aéroport et en bordure littorale. Il s'agit également d'évaluer dans quelles mesures les niveaux de PUF en zone urbaine sont influencés par les activités aéroportuaires, en période estivale avec une forte activité touristique.

¹ AtmoGrandEst (2020). [Rapport bibliographique sur les particules ultrafines.](#)

² Dalmora et al. (2016). Nanoparticulate mineral matter from basalt dust wastes, Chemosphere, Volume 144, February 2016, Pages 2013-2017

Dias et al. (2014). Nanominerals and ultrafine particles from coal fires from Santa Catarina, South Brazil, International Journal of Coal Geology, Volume 122, 1 February 2014, Pages 50-60

Islam et al., 2019, Kronbauer et al., 2013, Geochemistry of ultra-fine and nano-compounds in coal gasification ashes: A synoptic view, Science of The Total Environment, Volumes 456–457, 1 July 2013, Pages 95-103.

³ <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-44882-etude-agir-pour-environnement-particules-pneus.pdf>.

⁴ « Asma Beji. [Caractérisation physico-chimique des particules émises hors échappement par le trafic routier. Génie des procédés. Université de Lyon, 2020. Français. NNT : 2020LYSE1206 . tel-03546512.](#)

⁵ Mathissen, M., Scheer, V., Vogt, R., Benter, T., 2011. Investigation on the potential generation of ultrafine particles from the tire–road interface. Atmos. Environ. 45, 6172–6179. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.08.032>

⁶ Stacey, 2019 Measurement of ultrafine particles at airports: A review. Atmos. Environ., 198 (2019), pp. 463-477, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231018307313?via%3Dihub>

⁷ Agudelo-Castañeda et al., 2019 Cluster analysis of urban ultrafine particles size distributions. Atmos. Pollut. Res., 10 (1) (2019), pp. 45-52, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1309104218303222?via%3Dihub>

2 CAMPAGNE DE MESURES PENDANT L'ETE 2024

2.1 Zone d'étude et échantillonnage

Les sites de mesures des PUF sur l'agglomération niçoise sont reportés sur la Figure 1.

Les deux analyseurs permanents (Nice Arson, Aéroport) mesurent dans l'intervalle de référence [10 nm - 1 µm].

L'analyseur mis en place sur la station Nice Promenade mesure dans l'intervalle [7 nm - 2.5 µm].

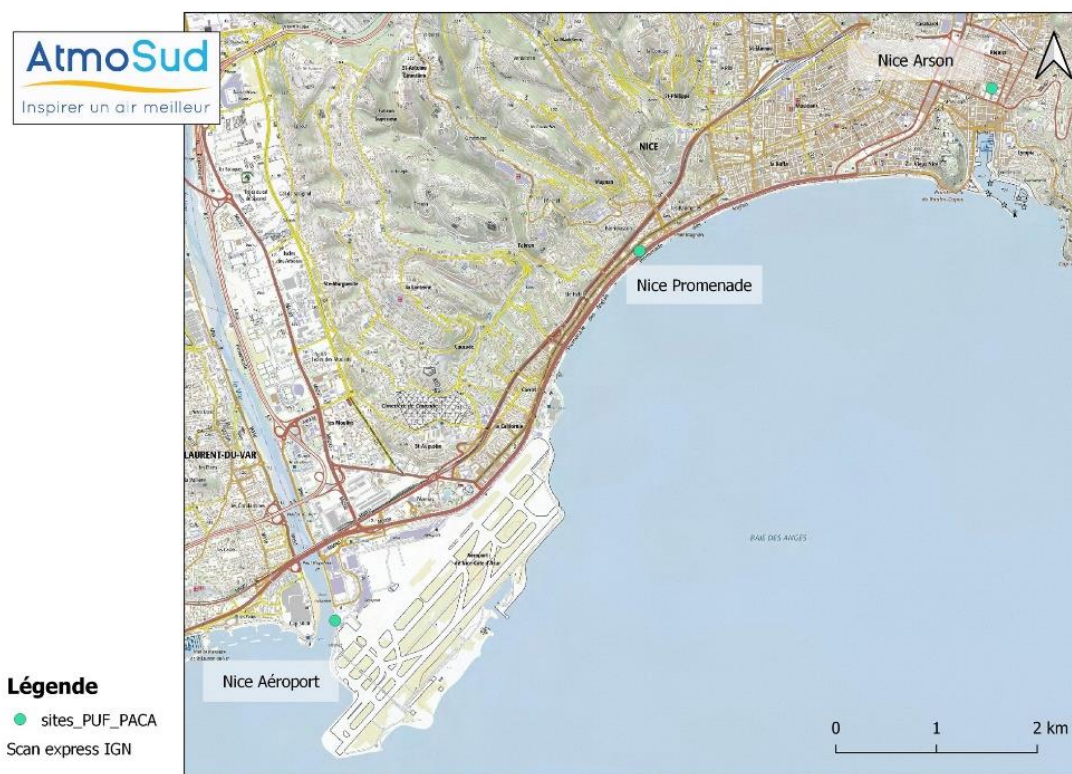


Figure 1 : Carte du dispositif de mesures des PUF sur la commune de Nice

2.2 Conditions météorologiques locales

La station météorologique Météo France de l'Aéroport de Nice, située à 5.2 km de la station Nice Promenade, est utilisée comme référence pour la température et la pluviométrie. En revanche, son environnement dégagé et proche de l'embouchure du Var, la soumet davantage aux vents de secteur Nord-Nord-Ouest que le site Nice Promenade). En effet, ce dernier présente une configuration urbaine dense, avec la présence de bâtis au Nord qui bloque le passage du vent provenant de ce secteur.

Ainsi, en l'absence de mesure des paramètres météorologiques sur le site trafic et celui de Nice Arson et pour une meilleure représentation de la météorologie locale, les données de vent utilisées pour ces stations sont issues des champs de vents modélisés par la plate-forme WRF⁸.

⁸ <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/modelisation-numerique-pour-la-prevision-meteorologique-wrf-nmm/>



Figure 2 : Roses des vents à l'Aéroport de Nice (données Météo France) et aux stations Nice Promenade et Nice Arson (données modélisées wrf)

3 RESULTATS BRUTS

Les principales statistiques du nombre de PUF sur les sites de mesures niçois sont reportées dans le Tableau 1. Afin de comparer les niveaux entre les trois sites, un abattement de -25% est appliqué sur les données de la station Nice Promenade des Anglais.

Cet ajustement est basé sur une étude comparative des deux intervalles de mesures réalisée au début de l'année 2024 sur le site de l'aéroport de Nice et conforté par les études nationales : le nombre médian de particules dans l'intervalle [10 nm-1 µm] est en effet inférieur de 20 à 30 % par rapport à celui de l'intervalle [7 nm - 2.5 µm].

Après ajustement, il apparaît que le nombre moyen de particules à la station trafic de Nice Promenade des Anglais est 2 fois plus élevé qu'en situation urbaine de fond à Nice Arson, mais moindre qu'à l'aéroport (inférieure de 20 %). Ce constat est le même pour les valeurs maximales.

Tableau 1 : Statistiques des PUF sur les trois sites de mesures de l'agglomération niçoise sur la période 11/07 au 09/09/2024

	Promenade des Anglais	Nice Arson	Nice Aéroport
Typologie	Urbaine Proximité trafic routier	Urbaine Fond	Urbaine Proximité trafic aérien
Intervalle de mesure	[7 nm- 2.5 µm]	[10 nm - 1 µm]	
Taux de fonctionnement	96 %	100 %	100 %
Moyenne (particules/cm ³)	15 000*	7 500	18 000
Médiane (particules/cm ³)	13 500	7 000	13 000
P95 (particules/cm ³)	30 000	14 000	47 000
Maximum (particules/cm ³)	60 700*	24 900	104 000
Date du maximum horaire	28/08 21h	05/09 08h	15/08 18h

* Avec ajustement de 25 %.

4 ANALYSE DE LA PROVENANCE DES PUF SUR LE SITE NICE PROMENADE DES ANGLAIS

Le site de la Promenade des Anglais est soumis à plusieurs sources de pollution émettant des PUF :

- le trafic routier qui reste important sur cet axe (environ 50 000 véhicules/jour) ;
- l'implantation sur le littoral l'expose également à un apport de particules lié aux embruns marins et le soumet à l'alternance des brises thermiques et à des émissions du trafic maritime ;
- la présence de l'aéroport à l'Ouest de la Promenade des Anglais est une autre source potentielle de PUF.

Enfin, en période estivale, une élévation significative du nombre de particules ultra fines est observée notamment entre 10h et 12h, due à une production de particules par photochimie. Pour identifier les contributions des différentes sources de PUF dans les niveaux mesurés à Nice Promenade des Anglais, les conditions de provenance des vents sont examinées et un critère de proximité des sources (rapport NO/NO₂) a été défini.

4.1 Distribution du nombre de PUF par secteur de provenance du vent

Les roses de pollution illustrent les diverses provenances des PUF pour chacun des sites, pour lesquels les concentrations les plus élevées sont majoritairement observées lorsque le vent souffle d'un large secteur Sud-Sud-Ouest à Sud-Est (Figure 3) ;

- Sur le site aéroport, les forts niveaux proviennent bien majoritairement des infrastructures aéroportuaires ;
- Sur Nice Promenade, les concentrations les plus élevées (supérieures à 35 000 particules/cm³) proviennent du secteur Sud, avec une prédominance Sud-Ouest en direction de l'aéroport ;
- A Nice Arson, mais avec des concentrations bien plus faibles.



Figure 3 : Roses de pollution des PUF du 11 juillet au 9 septembre 2024 à Nice Magnan, à l'Aéroport de Nice et à Nice Arson

4.2 Relation entre les pics de concentration et les directions des vents

Sur la période de mesure, 27 pics de concentrations horaires de PUF dépassent 35 000 particules/cm³. Les sources possibles de chacun de ces pics sont estimées en fonction de la direction des vents (Figure 4).

Ainsi, les plus fortes concentrations de PUF sont mesurées avec des vents du Sud et Sud-Sud-Est (par retour de brises marines), et confirment la pluralité des sources potentielles, avec le trafic routier, l'aéroport, et le transport maritime (17 pics). 6 pics peuvent être attribués à l'activité aéroportuaire, contre 3 pour une source uniquement routière.

La concentration maximale (60 000 particules/cm³) est enregistrée le 28 août, jour de commémoration du 80^{ème} anniversaire de la Libération de Nice avec de nombreuses activités sur la Promenade des Anglais (passage de véhicules d'époque et survol de Nice par des avions d'époque) et un vent dominant de secteur Sud-Sud-Ouest.

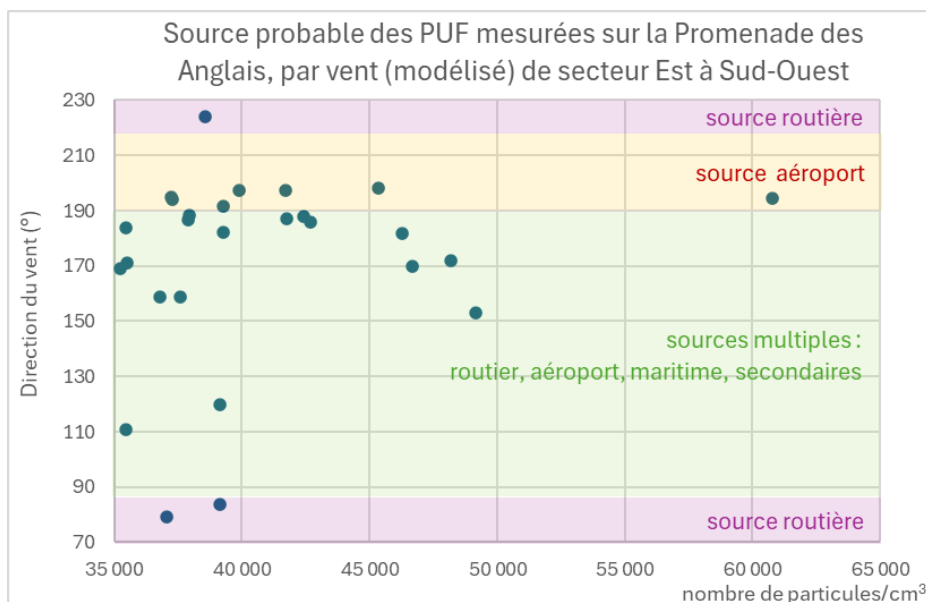


Figure 4 : Sources possibles de PUF en fonction de la provenance des vents pour les pics ($> 35\,000$ particules/cm³) du 11 juillet au 9 septembre 2024 à Nice Promenade

Les pics de concentration ($> 35\,000$ /cm³) se produisent majoritairement par vent de secteur Sud (63 % du temps) et ont des origines multiples. En fonction des directions des vents dominants, quelques pics peuvent être attribués à une source routière (3) et à l'aéroport (6).

4.3 NO/NO₂, indicateur de la proximité des sources de PUF

La corrélation du rapport NO/NO₂ avec le nombre de PUF est un indicateur de la proximité de la source et peut affiner l'information sur la source routière proche (Promenade des Anglais).

Plus le rapport NO/NO₂ est élevé, plus la source est proche car le NO n'a pas le temps d'être oxydé en NO₂ par l'ozone. A l'inverse, un faible rapport NO/NO₂ indique une source de pollution plus éloignée⁹.

L'association du rapport NO/NO₂ avec la direction des vents pour chacun des pics de PUF, montre que les épisodes provenant de la mer affichent un rapport NO/NO₂ compris entre 0.15 et 0.62, et donc sont associés à des sources éloignées, et probablement liées à l'activité aéroportuaire ou maritime.

Cet indicateur reste néanmoins soumis à quelques incertitudes. En effet, la photochimie intense en période estivale accélère l'oxydation du NO en NO₂, ce qui diminue le rapport NO/NO₂, et influe sur le critère de détermination du vieillissement de la masse d'air en fonction de l'éloignement de la source.

⁹ Schneider et al., 2015, Atmospheric particle number concentration and size distribution in a traffic-impacted area. Atmos. Pollut. Res., 6 (2015), pp. 877-885, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1309104215301811>

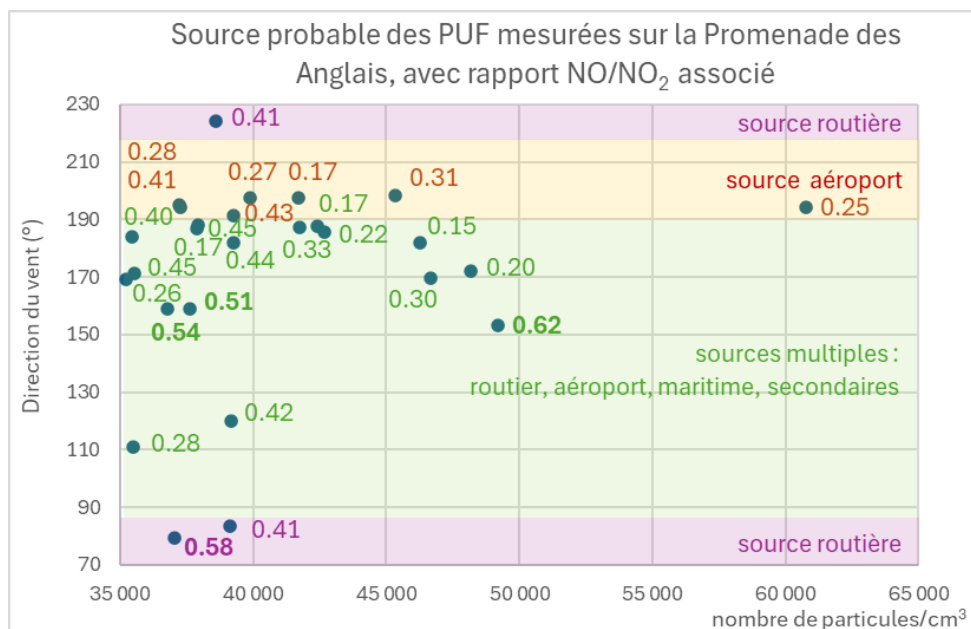


Figure 5 : Association du rapport horaire NO/NO₂ avec les PUF dont le nombre est supérieur à 35 000 particules/cm³ selon la provenance des vents

L'augmentation du nombre de particules ultrafines sur la Promenade des Anglais est majoritairement liée à un vent en provenance du secteur Sud, et donc associé à un mélange de plusieurs sources potentielles. Lorsque la concentration en PUF est supérieure à 35 000 particules/cm³, les roses de pollution désignent cependant l'aéroport comme source d'émissions dans 26% des situations.

Ceci est confirmé par le critère de proximité de la source d'émission (rapport NO/NO₂), qui montre, lors de ces pics de PUF, une surconcentration de NO₂ liée à une source plus distante que le trafic routier. Ce couple PUF/NO₂ permet, dans ces conditions de vent, de cibler l'activité aéroportuaire comme source potentielle.

Bien que l'influence de l'aéroport soit identifiée sur les mesures de la station, sa contribution précise reste à évaluer en raison de la multiplicité des autres sources potentielles comme le secteur résidentiel ou le transport maritime mais aussi des réactions photochimiques qui modifient les équilibres entre les polluants gazeux dans l'atmosphère et contribuent également à la formation de PUF secondaires.

5 CONCLUSION

Les Particules Ultra Fines (PUF), de diamètre inférieur à 0,1 µm, sont des polluants atmosphériques préoccupants en raison de leur capacité à pénétrer profondément dans l'organisme. Contrairement aux PM₁₀ ou PM_{2.5}, elles sont mesurées en nombre de particules par centimètre cube (part/cm³) et non en masse. Elles peuvent être d'origine naturelle (embruns, poussières, feux) ou anthropique (trafic routier, maritime, aérien, combustion).

AtmoSud a mené une campagne de mesures estivale du 11 juillet au 9 septembre 2024 à la station Nice Promenade des Anglais. Ces mesures viennent compléter celles des deux stations permanentes de Nice Arson (fond urbain) et de l'aéroport (trafic aérien). L'objectif consiste à évaluer l'influence potentielle de l'aéroport sur les niveaux de PUF en zone urbaine, en période de forte activité aéroportuaire.

Le site trafic de la Promenade des Anglais est exposé à plusieurs sources de PUF : celles issues du trafic routier sur la Promenade des Anglais, de l'activité aéroportuaire, de la ville (résidentiel), du transport maritime mais aussi celles produites par réaction photochimique.

Le nombre moyen de PUF mesuré sur ce site trafic est environ deux fois plus élevé que celui observé en situation de fond (Nice Arson), mais inférieur d'environ 20 % à celui de l'aéroport. Le maximum horaire atteint 60 700 particules/cm³ à Nice Promenade des Anglais, contre 104 000 particules/cm³ à l'aéroport.

L'analyse des directions de vent et des pics de concentration (> 35 000 particules/cm³) révèle que les vents de secteur Sud à Sud-Est sont associés aux niveaux les plus élevés. Dans cette configuration, la masse d'air provient de la mer et se compose d'un mélange de sources de PUF.

L'analyse du rapport NO/NO₂, indicateur de la proximité des sources, précise l'information quant au vieillissement de la masse d'air et permet de préciser l'origine des PUF. Ce critère confirme que dans 26 % des cas de pics, l'aéroport est une source probable. Toutefois, la photochimie estivale, en accélérant l'oxydation du NO, peut fausser ce ratio.

Ainsi, bien que l'aéroport de Nice contribue aux niveaux de PUF mesurés à la station Promenade des Anglais, il n'en est pas l'unique source. Le trafic routier, le transport maritime et les processus photochimiques jouent également un rôle. La littérature scientifique montre que l'activité aéroportuaire est associée à une distribution statistique des PUF de taille comprise entre 10 et 20 nm. A Nice, la signature de l'activité aéroportuaire a été évaluée à 14 nm en 2024¹⁰. Aussi, une campagne de mesures de la granulométrie des PUF sur Nice Promenade permettrait de quantifier plus précisément la contribution de l'aéroport sur les PUF en zone urbaine.



www.atmosud.org

AtmoSud
Inspirer un air meilleur

A propos d'AtmoSud

Siège social

146 rue Paradis « Le Noilly Paradis »
13294 Marseille Cedex
Tel. 04 91 32 38 00
Fax 04 91 32 38 29
Contact.air@atmosud.org

Etablissement de Martigues

06 Route de la Vierge
13500 Martigues
Tel. 04 42 13 01 20
Fax 04 42 13 01 29

Etablissement de Nice

37 bis avenue Henri Matisse
06200 Nice
Tel. 04 93 18 88 00

SIRET : 324 465 632 00044 – APE – NAF : 7120B – TVA intracommunautaire : FR 65 324 465 632

¹⁰ Publication AtmoSud : <https://www.atmosud.org/publications/comparaison-des-particules-ultrafines-laeroport-de-nice>