

AtmoSud

Inspirer un air meilleur



SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L’AIR SUR LA PLATEFORME AEROPORTUAIRE MARSEILLE-PROVENCE

Suivi du dioxyde d’azote, du benzène et des particules ultrafines

25/09/2025

Date de parution

25/09/2025

Contact

Chargé d’action territoriale : Sébastien Mathiot : sebastien.mathiot@atmosud.org

Pilote de projet : Florence Péron : florence.peron@atmosud.org

Références

AFI-000380/ Num rapport-01 / FP-ASN-ERT

Résumé

Le dispositif de surveillance mis en œuvre, entre juillet 2024 et janvier 2025, sur la plateforme aéroportuaire, s'inscrit dans le cadre du partenariat entre AtmoSud et l'aéroport Marseille Provence et remplit un double objectif.

- Établir l'évolution des niveaux de dioxyde d'azote NO₂ et de benzène depuis 2019 dans le périmètre de l'aéroport
- Réaliser une première évaluation des concentrations de PUF (particules ultrafines), actuellement désignées comme le meilleur indicateur de l'activité aéroportuaire.

► Diminution de 25 % des concentrations de dioxyde d'azote et de benzène, en 5 ans, sur l'ensemble de la zone aéroportuaire

Cette baisse enregistrée sur les mesures est confirmée par les cartographies annuelles de 2019 et 2023 en dioxyde d'azote. Cependant, les écarts de concentrations entre les zones proches des sources d'émission (axes routiers, pistes et parkings) et les secteurs plus ventilés (abords des pistes, littoral de l'Étang) persistent. Dans les zones les plus exposées, les valeurs limites en dioxyde d'azote NO₂, en vigueur (40 µg/m³) et à l'horizon 2030 (20 µg/m³), peuvent être localement dépassées. En revanche, pour le benzène, les niveaux respectent la réglementation actuelle et future. La baisse du rapport toluène/benzène montre une diminution globale de la pollution dans ce secteur. L'activité croissante de l'aéroport Marseille Provence (+10 % pour le nombre de passagers en 5 ans) n'a pas eu de conséquence sur les concentrations de dioxyde d'azote et de benzène sur la plateforme aéroportuaire, le nombre de mouvements d'avion ayant lui diminué de 2.8 %.

► Niveaux de PM₁₀ en baisse de 10 %, une amélioration peu significative pour les PM_{2.5}

L'évolution des niveaux de particules PM₁₀ et PM_{2.5} a été réalisée par comparaison des cartographies annuelles de 2019 et 2023. Ainsi, les concentrations ont diminué en 5 ans, mais dans une moindre mesure en raison de sources multiples, à l'exception de la piste Sud, qui présente une hausse des PM₁₀, potentiellement due à une activité accrue. L'amélioration est davantage marquée pour les PM₁₀ que les PM_{2.5}, dont la baisse est très limitée. Comme pour le NO₂, certaines zones sont plus exposées aux particules, PM₁₀ notamment, (voies d'accès au Terminal 1 et pistes). Les concentrations en PM_{2.5} sont plus homogènes.

L'augmentation de l'activité de l'aéroport n'a pas entraîné de hausse significative des particules, malgré une légère augmentation en PM₁₀ sur la piste Sud.

► Des niveaux de PUF en lien avec l'activité aéroportuaire

Les premières mesures de PUF réalisées sur l'aéroport Marseille-Provence révèle un lien étroit avec l'activité de la plateforme, avec une augmentation lors des périodes de forte affluence (été, fin d'année) et des niveaux faibles la nuit en l'absence d'activité. Cette dynamique est influencée par les conditions atmosphériques qui conduisent en été à la formation photochimique de particules secondaires et en hiver à l'accumulation des polluants. Les mesures effectuées à l'aéroport Marseille-Provence reflètent cette tendance, bien que certains pics soient, selon la provenance du vent, liés à la plateforme pétrochimique de Berre, située à proximité.

Les mesures réalisées en 2024 montrent une amélioration globale de la qualité de l'air dans l'enceinte de l'aéroport Marseille Provence depuis 2019. Toutefois, certaines zones à proximité des axes de circulation ou parking (avions et automobiles) restent encore trop exposées à la pollution. La poursuite de la surveillance autour de l'aéroport et des axes de transport est nécessaire, et d'autant plus pour les PUF, actuellement le traceur le plus pertinent de l'activité aéroportuaire.

REMERCIEMENTS

AtmoSud tient à remercier les services de l'aéroport Marseille-Provence pour leur collaboration et leur aide au déploiement des moyens de mesures.

PARTENAIRES

Aéroport Marseille Provence

AUTEURS DU DOCUMENT

Péron Florence, AtmoSud

SOMMAIRE

| | | |
|-------|---|----|
| I | Contexte | 5 |
| II | Zone d'étude et plan d'échantillonnage | 6 |
| II.1 | Descriptif de la zone d'étude | 6 |
| II.2 | Dispositif de mesure | 9 |
| II.3 | Intérêt de la mesure de PUF en zone aéroportuaire | 10 |
| II.4 | Conditions météorologiques durant la campagne..... | 11 |
| III | Résultats | 13 |
| III.1 | Dioxyde d'azote et BTEX | 13 |
| III.2 | Particules fines (PM ₁₀ , PM _{2,5}) et Particules UltraFines (PUF) | 13 |
| IV | Interprétation des Résultats | 15 |
| IV.1 | Evolution des niveaux de dioxyde d'azote et de benzène | 15 |
| IV.2 | Evolution des niveaux de particules PM ₁₀ et PM _{2,5} | 17 |
| IV.3 | Impact de l'activité aéroportuaire sur les particules ultrafines (PUF)..... | 19 |
| V | Conclusion | 26 |

LISTE DES ANNEXES

| | |
|--|----|
| Annexe 1 – Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS..... | 30 |
| Annexe 2 – Emissions par communes..... | 33 |
| Annexe 3 – Informations météorologiques | 35 |
| Annexe 4 – Résultats bruts NO ₂ et BTEX par campagnes saisonnières | 38 |
| Annexe 5 – Évolution du toluène, de l'éthylbenzène et des xylènes (m,p,o) | 39 |
| Annexe 6 – Répartition horaire du nombre de particules par sites | 40 |
| Annexe 7 – Répartition horaire du nombre de particules par classes de concentration | 42 |
| Annexe 8 – Détail des 8 valeurs les plus élevées | 45 |

I CONTEXTE

Dans le cadre de la convention de partenariat avec l'Aéroport Marseille Provence, AtmoSud a mis en œuvre un dispositif de surveillance de la qualité de l'air de la plateforme aéroportuaire de l'aéroport Marseille Provence.

Ces mesures, réalisées entre juillet 2024 et janvier 2025, interviennent en complément de l'accompagnement d'AtmoSud auprès de ses adhérents pour favoriser leur engagement pour la qualité de l'air et le climat.

L'objectif de cette étude est double et consiste à :

- suivre l'évolution des concentrations de polluants mesurées en 2019 sur la zone aéroport Marseille Provence ;
- faire une première évaluation des niveaux de PUF (10 nm-1 μ m) en champ proche de la plateforme dans un lieu ouvert au public.

Avec plus de 11 millions de passagers transportés en 2024, l'aéroport Marseille-Provence (AMP) est le 4^{ème} aéroport français et poursuit sa croissance (augmentation de 3.4 % du nombre de passagers par rapport à 2023) malgré la chute en 2020 suite à la pandémie de COVID-19 (+10 % 2024/2019).

Ce développement économique est lié à l'ouverture de nouvelles destinations, aux projets structurants associés et s'accompagne d'un engagement durable en matière de responsabilité sociétale et environnementale au bénéfice du territoire. AMP s'engage notamment, à réduire ses émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) et de polluants atmosphériques aussi bien issues de l'activité aérienne que des autres secteurs. Ainsi, AMP encourage les compagnies aériennes dans leur objectif d'amélioration du taux d'emport moyen¹, ce qui se traduit par une baisse de 2.8 % du nombre de mouvements d'avion entre 2019 et 2025 mais s'intéresse également au transport routier au travers les accès à l'aéroport.

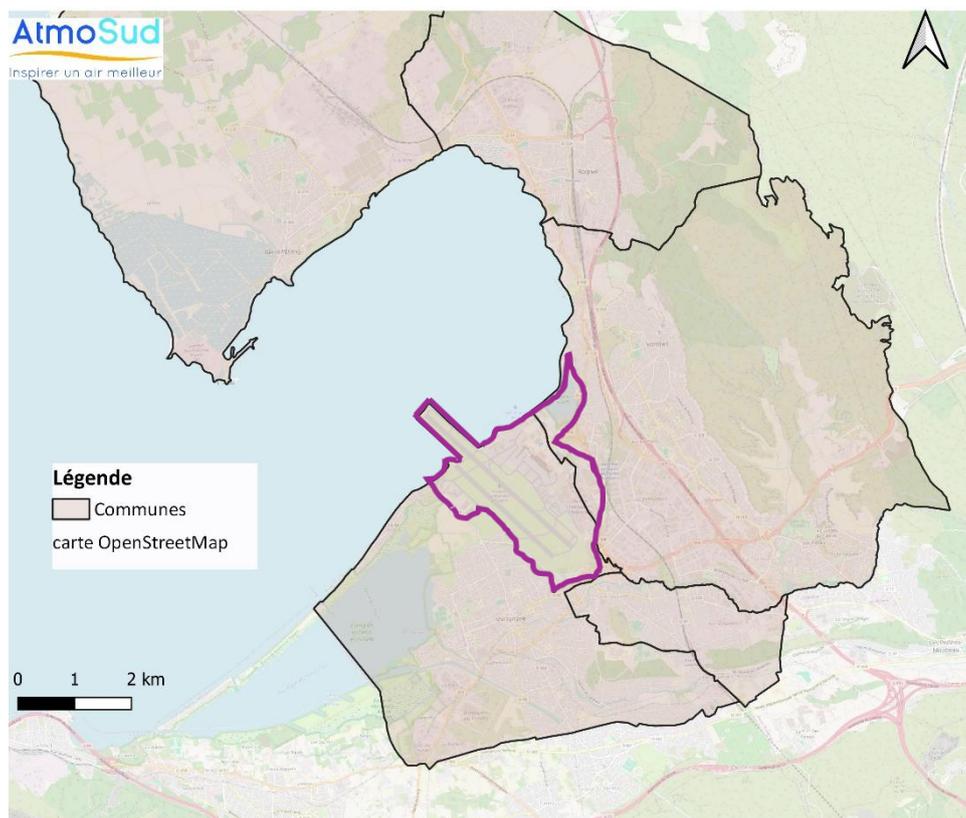
En 2019, une première étude [1] sur une dizaine de polluants a été menée afin d'évaluer la qualité de l'air sur et autour de la plateforme aéroportuaire. La présente étude vient compléter 6 ans plus tard les informations disponibles sur ce territoire.

¹ Cela correspond au taux de remplissage des avions, soit le nombre moyen de passagers par aéronefs. Il est en constante progression depuis 20 ans (excepté en 2020 et 2021 en raison de la crise sanitaire)

II ZONE D'ETUDE ET PLAN D'ECHANTILLONNAGE

II.1 Descriptif de la zone d'étude

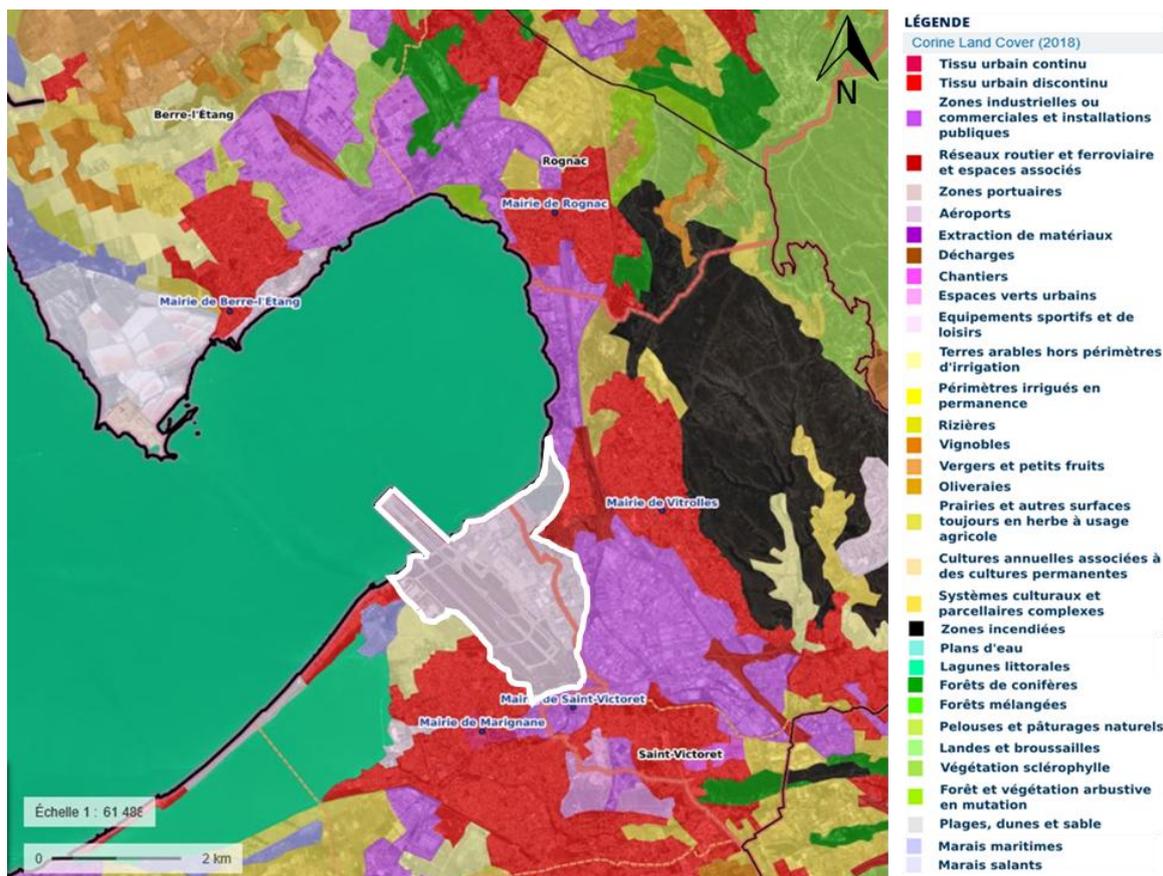
La campagne de mesure se déroule sur et autour de l'aéroport Marseille Provence, situé sur la commune de Marignane (Carte 1). La plateforme aéroportuaire bordée au Nord-ouest par l'étang de Berre, est intégrée dans un tissu urbain dense, entourée par Vitrolles à l'Est, Saint-Victoret au Sud, et les villes de Berre-l'Étang et Rognac, au nord de l'autre côté de l'étang.



Carte 1 : Situation géographique de la plateforme aéroportuaire de Marseille Provence (périmètre en violet)

II.1.1 Occupation des sols et population

L'occupation du sol est constituée d'un tissu urbain discontinu autour de la plateforme, et de plusieurs zones commerciales et industrielles. La végétation est présente avec quelques forêts de conifères, des broussailles (végétation sclérophylle) et des surfaces agricoles interrompues par des espaces naturels importants. Quelques terres arables bordent la plateforme à l'Ouest.



Carte 2 : Occupation du sol dans la zone d'étude (source Corine Land Cover 2018. geoportail.gouv.fr)

La population totale sur la zone dépasse 100 000 habitants avec les cinq communes les plus proches de la plateforme (Tableau 1). La densité de population très variable de 319 habitants/km² à Berre l'Étang jusqu'à 4 fois plus à Marignane (1 432 habitants/km²).

Tableau 1 : Nombre d'habitants des communes intégrées dans la zone d'étude (source INSEE – année 2022)

| | Marignane | Vitrolles | Berre l'Étang | Rognac | Saint-Victoret |
|--|-----------|-----------|---------------|--------|----------------|
| Nombre d'habitants (2022) | 33 164 | 36 612 | 13 941 | 12 335 | 6 689 |
| Densité de population (hab/km ²) | 1 432 | 1 001 | 319 | 706 | 1 414 |

II.1.2 Sources de pollution

Les sources de pollution atmosphérique de la zone aéroportuaire (contour en blanc) sont nombreuses et sont issues de différents secteurs :

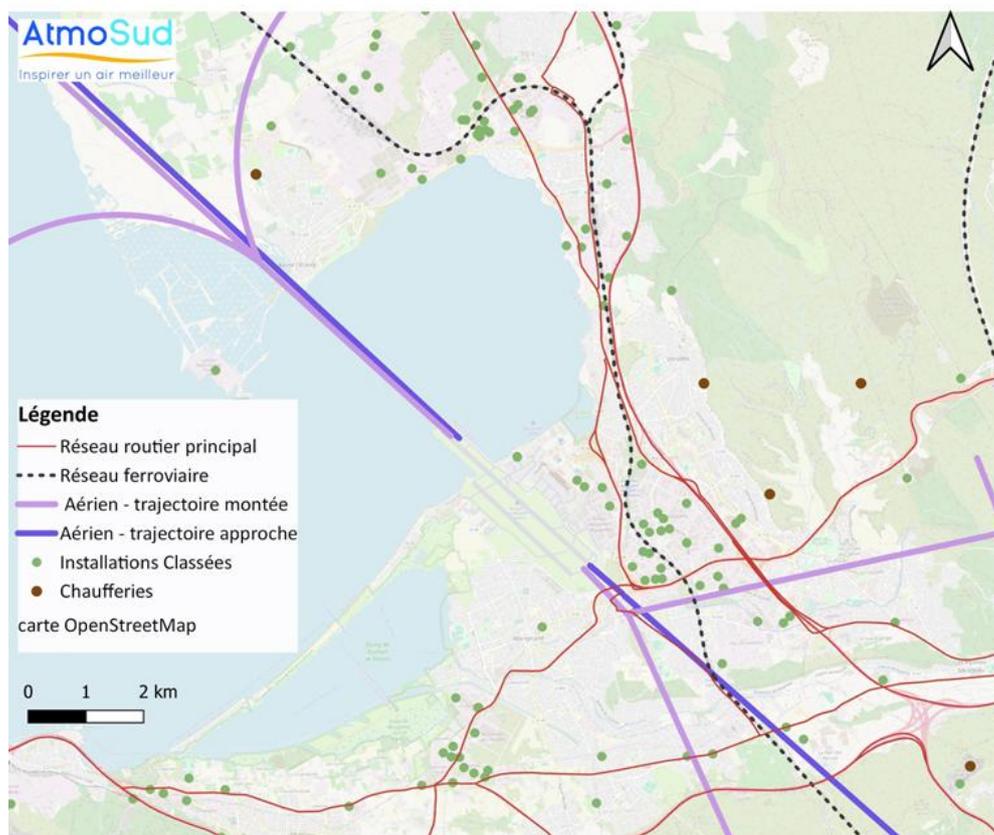
- le transport aérien : avions, hélicoptères,
- le transport routier lié aux véhicules de services (secours,avitaillement, chariots à bagages (souvent électriques)), aux véhicules du personnel et des passagers, au transport en commun,
- le résidentiel : bâtiment aéroport et commerces,
- l'industrie : dépôts de carburants et autres entreprises sur la zone.

Mais en raison de son emplacement urbain, cette plateforme est également soumise aux sources de pollution externes à son activité, provenant également des secteurs du transport, de l'industrie et du résidentiel.

Ainsi, les principales infrastructures de transport à proximité du secteur d'étude sont les **axes routiers** avec l'autoroute A7, les départementales D9, D20, D113, D368 et D568 et la **voie ferrée**.

Les principales industries émettrices autour de la plateforme sont les **sites classés ICPE des zones industrielles du pourtour de l'Étang-de-Berre** qu'ils soient ou non classé Seveso. Une centaine de sites

dont 15 classés Seveso (11 seuil haut, 4 seuil bas) est comptabilisée à proximité de la plateforme aéroportuaire.



Carte 3 : localisation des principaux réseaux de transport routier et ferroviaire et des sources industrielles classées (source www.georisques.gouv.fr)

Enfin, la forte urbanisation des communes voisines (Marignane, Saint-Victoret et Vitrolles) génère également des émissions liées au secteur résidentiel. (Tableau 2). Les émissions par commune sont détaillées en Annexe 2.

Tableau 2 : Émissions des principaux polluants cumulés pour les 5 communes (CIGALE, AtmoSud - Inventaire 2022 v11.1)

| Secteur / polluant (kg/an) | PM ₁₀ | PM _{2,5} | NOx | SO ₂ | CO | COVnM | Total hors GES eq CO ₂ | Somme GES eq CO ₂ | Total |
|----------------------------------|------------------|-------------------|---------|-----------------|---------|---------|-----------------------------------|------------------------------|--------------------|
| Transport routier | 15 972 | 9 606 | 106 946 | 109 | 51 101 | 10 921 | 194 656 | 44 574 622 | 44 729 277 |
| Transport aérien domestique * | 2 098 | 1 371 | 66 539 | 5 376 | 60 225 | 6 901 | 142 510 | 17 131 999 | 17 274 508 |
| Transport aérien international * | 14 827 | 9 919 | 560 703 | 43 196 | 364 817 | 34 073 | 1 027 535 | 137 589 320 | 138 616 855 |
| Résidentiel | 35 092 | 34 359 | 5 736 | 1 261 | 232 098 | 75 142 | 383 688 | 5 264 648 | 5 648 335 |
| Tertiaire | 233 | 220 | 4 830 | 823 | 2 753 | 1 761 | 10 620 | 10 404 109 | 10 414 729 |
| Industrie | 15 411 | 11 194 | 155 685 | 51 518 | 91 520 | 244 163 | 569 490 | 150 623 456 | 151 192 946 |
| Production d'énergie | 23 | 17 | 2 027 | 26 | 2 022 | 30 884 | 34 999 | 825 136 | 860 136 |
| Ferroviaire | 904 | 231 | 825 | | 236 | 63 | 2 259 | 41 726 | 43 985 |
| Agriculture | 649 | 319 | 2 609 | 32 | 3 146 | 266 | 7 021 | 531 585 | 538 606 |
| Incendie de forêt | 1 177 | 963 | 256 | 51 | 7 359 | 672 | 10 478 | 134 173 | 144 651 |

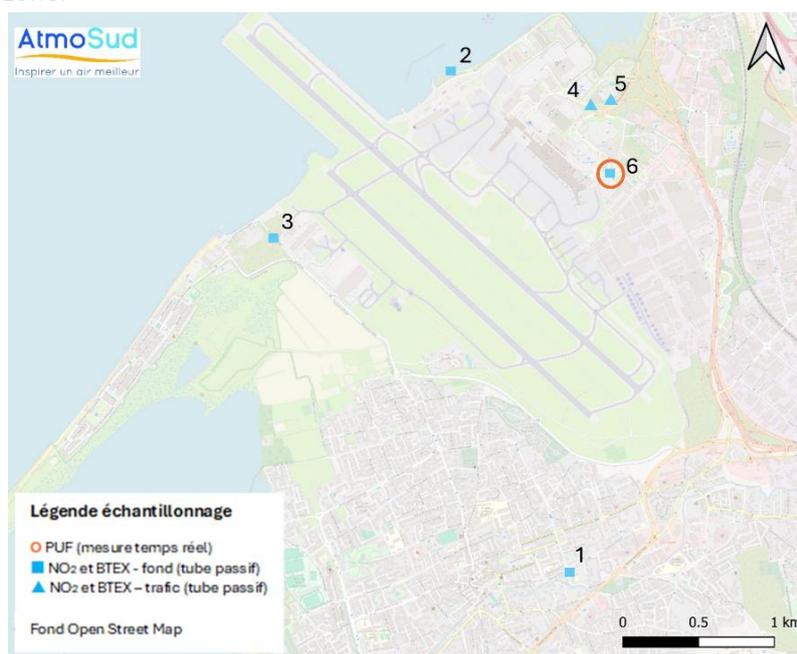
* comprend les émissions du cycle LTO (soit en dessous de 915 m dans la couche de mélange où les émissions ont un effet direct sur la qualité de l'air à l'échelle locale ou régionale) et ½ navigation.

II.2 Dispositif de mesure

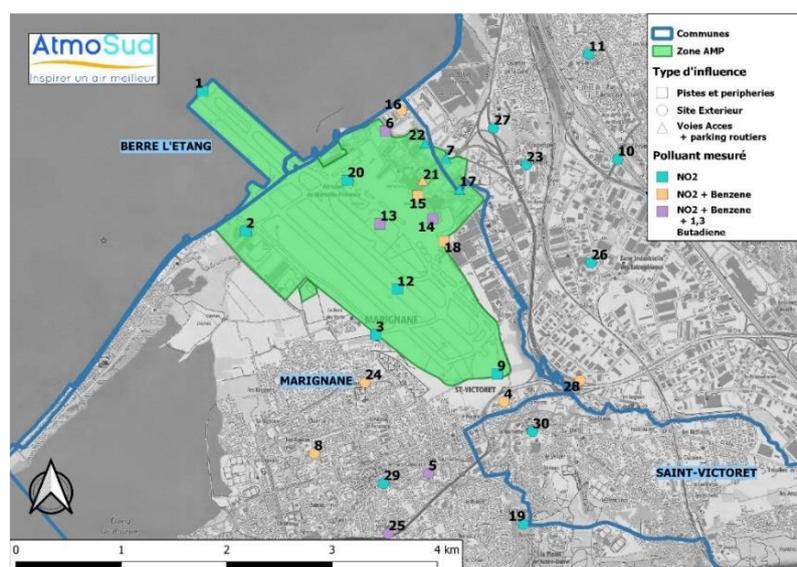
Le dispositif de mesures déployé comprend deux types de mesures selon les polluants surveillés :

- Le dioxyde d'azote et les BTEX sont mesurés par tubes passifs en 6 lieux lors de deux campagnes saisonnières menées du 12 juin au 10 juillet (estivale) et du 20 novembre au 18 décembre 2024 (Carte 4) ;
- Les PUF sont mesurées par un compteur de particules installé dans l'enceinte de l'aéroport du 9 juillet 2024 au 3 janvier 2025. Cet analyseur en temps réel comptabilise le nombre de particules de taille comprise dans l'intervalle [10 nm-1 µm].

Les points 1 à 4 ont déjà bénéficié de mesures en 2019 et correspondent, respectivement, aux points 5, 6, 2 et 7 de 2019 (Carte 5). Ils ont été choisis selon leurs concentration en 2019, la proximité de sources et leur emplacement dans l'enceinte de la plateforme aéroportuaire pour une bonne caractérisation de l'ensemble de la zone.



Carte 4 : Localisation des points de mesures sur la plateforme aéroportuaire de Marseille Provence – 2024



Carte 5 : Localisation des points de mesures sur la plateforme aéroportuaire de Marseille Provence – 2019

2 nouveaux points (points 5 et 6) ont été positionnés pour évaluer un nouvel aménagement (construction d'une trémie au rond-point des Lavandes) et pour la mesure de PUF (nécessités techniques d'installation de la cabine de mesure).

La station permanente AtmoSud de Marignane (site 1) sert de référence.

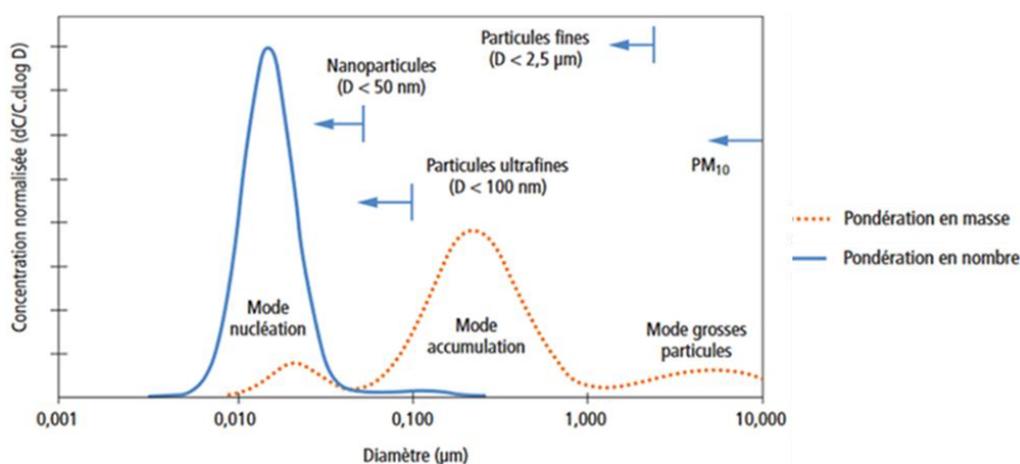
Tableau 3 : Caractéristiques des points de mesure

| N° site | Coordonnées Latitude/Longitude | Adresse | Typologie | Influence |
|---------|-----------------------------------|---|------------|-----------|
| 1 | 43.4165 / 5.218237 | Station AtmoSud - 2 rue de Provence, Marignane | Périurbain | Fond |
| 2 | 43.447378 / 5.217483 | AMP, route de l'aviation générale | Périurbain | Fond |
| 3 | 43.437042 / 5.198971 | route de la plage, Marignane | Périurbain | Fond |
| 4 | 43.443698 / 5.225245 | AMP, D20D – entre parkings P3 et P7 | Périurbain | Trafic |
| 5 | 43.443774 / 5.226432 | AMP, D20D – rond-point avant sortie « Les Lavandins » | Périurbain | Trafic |
| 6 | 43.440512 / 5.226161 | AMP, parking ancienne centrale thermo frigorifique | Périurbain | Fond |

II.3 Intérêt de la mesure de PUF en zone aéroportuaire

En raison de leur impact sanitaire, les particules fines PM_{10} et $PM_{2,5}$, dont les diamètres aérodynamiques sont respectivement inférieurs à $10\ \mu\text{m}$ et $2,5\ \mu\text{m}$, sont réglementées en air ambiant² et leur concentration est mesurée en masse par unité de volume (essentiellement en $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Elles font partie des polluants à suivre sur les plateformes aéroportuaires depuis 2015³, afin de réduire les émissions de gaz à effets de serre et de polluants atmosphériques dans les transports. Le suivi des PUF, désormais considérées comme un bon indicateur de l'activité aéroportuaire, est fortement encouragé⁴.

En matière de santé, plus les particules sont petites, plus leur impact sanitaire est grand, car une fois inhalées, elles progressent dans l'appareil respiratoire et se logent plus ou moins profondément dans l'organisme. Les **particules ultrafines (PUF)** ont un diamètre aérodynamique inférieur à $0,1\ \mu\text{m}$ (soit $100\ \text{nm}$). Du fait de leur très petite taille, elles ont une **masse négligeable** comparé aux particules plus grosses (diamètre supérieur à $1\ \mu\text{m}$) et **ne ressortent pas dans la mesure massique** alors que leur nombre peut être très important (Figure 1). Plusieurs publications [2] soulignent d'ailleurs la pertinence sanitaire d'une mesure de **concentration numéraire plutôt que massique pour ces particules ultra fines**.



Source Thèse ADEME/PSA - F. Collin - déc. 2000

Figure 1 : Distribution granulométrique type constatée derrière un véhicule diesel en nombre et en masse, F. Collin⁵.

² Les valeurs réglementaires en vigueur sont indiquées à l'annexe 1.

³ Loi n°2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte, Titre III, Chapitre III, Article 45. <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000031044385>

⁴ Prescriptions du 6 octobre 2020 portant sur la gestion de la qualité de l'air par les exploitants aéroportuaires sur et autour des aéroports <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000042413963>

⁵ F. Collin, Détermination des signatures granulométriques et chimiques de particules prélevées à l'échappement de moteurs Diesel et en

En France, des mesures des PUF sont réalisées depuis quelques années par les AASQA, notamment AtmoSud dès 2015. Depuis, Atmosud renforce progressivement son réseau de surveillance des PUF, actuellement le plus dense de France avec une dizaine de sites dont 7 stations permanentes. Ces évaluations basées sur le nombre de particules, visent à mieux connaître les origines et les sources de ces polluants émergents, en complément des polluants réglementés.

Dans le contexte aéroportuaire, la surveillance des PUF est particulièrement intéressante pour **tracer l'impact du transport aérien**. Les premières mesures de PUF à l'aéroport Nice Côte d'Azur en 2020 ont montré l'influence de l'activité de l'aéroport sur le nombre de PUF et l'absence de relation caractérisée entre le nombre de PUF et la concentration massique en PM₁₀ et PM_{2.5}. [3]. Cette étude a confirmé l'intérêt de la **mesure en nombre** par rapport à la mesure en masse **pour identifier la part de l'activité aéroportuaire**.

Depuis 2023, le nombre total des PUF est surveillé en continu à la station de l'aéroport Nice Côte d'Azur sur l'intervalle [10 nm-1 µm], défini depuis 2023 comme référence pour garantir une homogénéisation à l'échelle européenne. En couplant cette mesure avec de la granulométrie, il est possible d'obtenir la distribution statistique du nombre de particules selon plusieurs classes de taille. Ainsi, la signature aéroportuaire a été caractérisée à la plateforme Nice Côte d'Azur, autour de 14 nm⁶, ce qui correspond à l'intervalle indiqué par la littérature [10-20 nm]⁷.

L'intérêt grandissant suscité par les PUF concerne des domaines aussi variés que les sciences de l'atmosphère, la qualité de l'air, les sciences des matériaux et l'industrie. Les objectifs sont de mesurer les niveaux d'exposition des populations aux PUF, d'inciter à une réduction des émissions anthropiques⁸ mais également de définir les facteurs relatifs à leur toxicité comme la concentration, la taille, la morphologie ou la composition chimique, afin d'évaluer leur impact sanitaire encore peu connu. Ces différents paramètres physico-chimiques permettent de les caractériser, d'identifier leurs sources ou de détecter des phénomènes à l'origine de fortes concentrations en air ambiant.

En raison d'un nombre encore limité de données, il n'existe actuellement aucune valeur réglementaire pour les PUF. Néanmoins, l'OMS [3] évoque des concentrations considérées comme hautes et basses à l'échelle horaire et journalière, sans toutefois préciser l'intervalle de tailles de particules auquel il se réfère.

II.4 Conditions météorologiques durant la campagne

Durant la campagne de mesure, plusieurs paramètres météorologiques ont été suivis sur le site de mesure de l'aéroport (vent, température et humidité relative).

Cet emplacement ne présente pas les mêmes caractéristiques que la station météorologique de Météo France de l'aéroport (Marignane) dont les critères de mesures suivent des normes strictes⁹ afin de garantir une représentativité de la mesure à l'échelle synoptique (mesure du vent à 10 m pour éviter les perturbations liées aux obstacles). Les données de Météo France servent ainsi à s'assurer de la représentativité de la période de mesure et renseignent sur l'état général des conditions météorologiques (Annexe 3).

Les données météorologiques mesurées par AtmoSud au point 6 seront utilisées notamment pour l'analyse locale des PUF.

atmosphère urbaine, Thèse ADEME - CNRS-LMR / PSA Peugeot Citroën, décembre 2000

⁶ <https://www.atmosud.org/publications/comparaison-des-particules-ultrafines-laeroport-de-nice>

⁷ pour les particules ultra fines issues des aéronefs, la littérature [3,4,5,6,7,8] s'accorde pour une taille comprise entre 10 et 20 nm, voire inférieure à 10 nm selon certains travaux.

⁸ Emission d'origine anthropique : liée à une activité humaine

⁹ Norme internationale ISO 19289:2015 : Qualité de l'air – Métrologie – Classifications des sites pour les stations terrestres d'observation

Il ressort pour la période du 9 juillet 2024 au 3 janvier 2025 (Figure 2) :

- une dominance de l'axe Nord-Ouest/Sud-Est, avec une vitesse élevée, entre 6 et 8 m/s pour les vents en provenance du Nord-Ouest (mistral) et une faible intensité pour ceux du Sud-Est ;
- des vents de secteur Ouest-Sud-Ouest/Ouest, essentiellement faibles, avec une vitesse comprise entre 1 et 3 m/s ;
- un vent nul (inférieurs à 1m/s, sans direction précise), limitant ainsi la dispersion des polluants pendant environ 10% du temps.

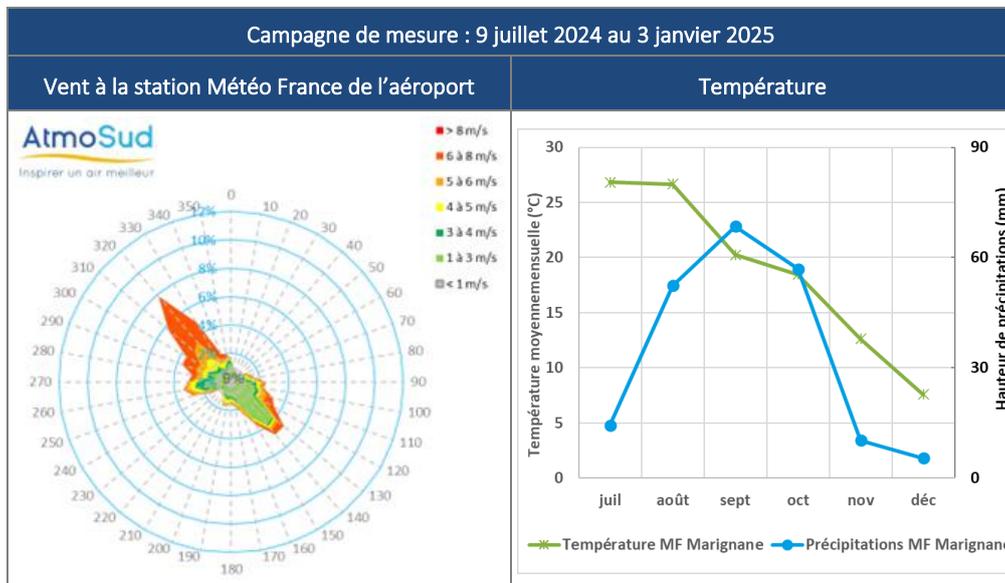


Figure 2 : Roses des vents à l'Aéroport et la station Météo France - Marignane du 9 juillet 2024 au 3 janvier 2025

Cette campagne a été marquée par un léger déficit pluviométrique, en comparaison avec les années précédentes, en raison de l'absence quasi-totale de pluies en fin d'année 2024 (Annexe 3). A contrario, un excès de précipitations est observé en été, notamment en août.

Depuis 2020, les températures progressent légèrement, en cohérence avec la tendance mondiale de réchauffement (Annexe 3). Les vents forts sont observés essentiellement en septembre en décembre, en provenance du Nord-Ouest, avec des vitesses élevées, favorisant ainsi la dispersion des polluants et mais aussi la remise en suspension des particules. Le reste de l'année, les vents sont majoritairement de faible intensité.

Les 6 mois de mesure sur la plateforme aéroportuaire se caractérisent par des températures en légère hausse par rapport à celles habituellement observées, une pluviométrie déficitaire en fin d'année, et faible fréquence de conditions dispersives. Ces conditions météorologiques sont plutôt favorables à l'accumulation des polluants.

III RESULTATS

III.1 Dioxyde d'azote et BTEX

Les données des deux campagnes saisonnières sont détaillées en annexe 4. Ces valeurs correspondent aux concentrations durant les périodes de mesure (été et hiver) et pour obtenir une estimation représentative de la moyenne annuelle, tenant compte de la variabilité des activités anthropiques et des conditions météorologiques, les données des campagnes sont rapportées¹⁰ à l'année à partir des mesures de la surveillance permanente d'AtmoSud.

L'estimation de la moyenne annuelle pour 2024 du NO₂ et des BTEX est indiquée pour les 6 sites de l'étude, dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Estimation de la moyenne annuelle 2024 en NO₂ et BTEX à l'aéroport de Marseille-Provence(µg/m³)

| N° site | NO ₂ | benzène | toluène | éthylbenzène | m,p-xylènes | o-xylène |
|---------|-----------------|---------|---------|--------------|-------------|----------|
| 1 | 16.6 | 0.83 | 1.36 | 0.28 | 0.85 | 0.34 |
| 2 | 16.3 | 0.71 | 0.96 | 0.22 | 0.62 | 0.23 |
| 3 | 12.0 | 0.57 | 0.96 | 0.22 | 0.65 | 0.25 |
| 4 | 28.5 | 0.94 | 1.82 | 0.39 | 1.28 | 0.56 |
| 5 | 23.3 | 0.86 | 1.53 | 0.38 | 1.24 | 0.52 |
| 6 | 17.9 | 0.74 | 1.25 | 0.33 | 1.04 | 0.42 |

Parmi les polluants évalués, seuls le NO₂ et le benzène disposent de valeurs réglementaires européennes annuelles, respectivement 40 µg/m³ et 5 µg/m³ (2 µg/m³ pour l'objectif qualité français). Cependant, l'évolution des textes réglementaires concernant la qualité de l'air ambiant prévoit, à l'horizon 2030 dans la nouvelle directive européenne¹¹, un abaissement des seuils réglementaires. Ainsi le NO₂ voit sa valeur annuelle descendre à 20 µg/m³ et le benzène à 3,6 µg/m³.

Ainsi, au regard de la réglementation en vigueur en 2025, les concentrations annuelles estimées respectent nettement les valeurs seuils pour le NO₂ et le benzène.

En revanche, à l'horizon 2030, bien que la réglementation serait encore respectée pour tous les sites en benzène et pour les 4 sites de fond étudiés en NO₂, les sites en proximité trafic (4 et 5) dépasseraient les valeurs réglementaires.

III.2 Particules fines (PM₁₀, PM_{2,5}) et Particules UltraFines (PUF)

Les PUF sont actuellement considérées comme le meilleur traceur de l'activité aéroportuaire. Aussi, en accord avec les services de l'Aéroport Marseille Provence, leur mesure en zone aéroportuaire est apparue pour cette campagne 2024, plus pertinente que celles des PM₁₀ et PM_{2,5}. Cependant, l'évolution des niveaux de PM₁₀ et PM_{2,5} a été évaluée par comparaison des cartographies 2019 et 2023, afin de répondre aux recommandations des aéroports pour le suivi quinquennal des concentrations en particules sur les plateformes aéroportuaires.

Les statistiques des particules ultrafines durant la campagne sont indiquées dans le Tableau 5 et comparées avec les données des stations Atmosud les plus proches de la zone et, à titre d'information avec celle située sur l'aéroport de Nice.

¹⁰ Par application de l'équation de la régression linéaire, issue de la comparaison de la moyenne pendant les périodes de prélèvement avec la moyenne annuelle, pour toutes les stations permanentes disposant de cette mesure (32 sites pour le NO₂ et 6 sites pour les BTEX).

¹¹ directive 2024/2881 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 23 octobre 2024 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202402881

Tableau 5 : statistiques des mesures de PUF à l'aéroport de Marseille-Provence et sur quelques sites AtmoSud du 9 juillet 2024 au 3 janvier 2025

| Concentrations en particules/cm ³ | Aéroport Marseille Provence | Rognac-les-Brets | Port-de-Bouc | Marseille Rabatau | Marseille Longchamp | Aéroport Nice |
|--|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| Typologie / influence | Périurbain / Fond | Périurbain / Industrielle | Urbain / Industrielle | Urbain / Trafic | Urbain / Fond | Périurbain / Fond |
| Taux de fonctionnement | 91 % | 95 % | 87 % | 91 % | 99 % | 99 % |
| Moyenne | 19 735 | 8 814 | 13 491 | 17 476 | 9 972 | 14 807 |
| Médiane | 12 745 | 7 255 | 10 970 | 15 115 | 8 615 | 9 455 |
| Maximum quart-horaire | 243 980 | 152 380 | 119 600 | 105 590 | 101 260 | 252 740 |
| Date du maximum quart-horaire | 12/08 15:15 | 11/07 15:45 | 25/09 20:00 | 16/11 19:30 | 10/12 10:15 | 06/08 22:00 |
| Maximum horaire | 133 070 | 103 630 | 91 680 | 82 570 | 61 850 | 142 830 |
| Date du maximum horaire | 12/08 16:00 | 23/08 11:00 | 25/09 20:00 | 16/11 20:00 | 10/12 09:00 | 14/11 14:00 |
| Maximum journalier | 44 610 | 32 450 | 34 050 | 36 250 | 22 470 | 28 740 |
| Date du maximum journalier | 08/08 | 23/08 | 25/11 | 16/11 | 10/12 | 16/10 |

Avec un taux de fonctionnement sur les 6 mois de mesure, supérieur à 90 %, la bonne représentativité des mesures est confirmée (Tableau 5).

Les niveaux moyen et maximal relevés à l'aéroport sont supérieurs à ceux observés sur les sites proches de la zone, quel que soit leur typologie et influence. Le niveau médian est inférieur à celui du site trafic de Marseille.

La répartition statistique des valeurs horaires indique une variabilité des données plus élevée sur l'aéroport de Marignane que sur les autres sites (Figure 3).

Comparativement à la plateforme aéroportuaire de Nice dont l'environnement du site de mesure est plus éloigné des pistes et plus ventilé, le niveau moyen de PUF reste plus élevé (+ 33 %) mais avec un maxima moindre (-7 %).

Ces informations sont cohérentes avec les données observées dans les autres zones aéroportuaires mais dépendent de l'activité et des conditions météorologiques.

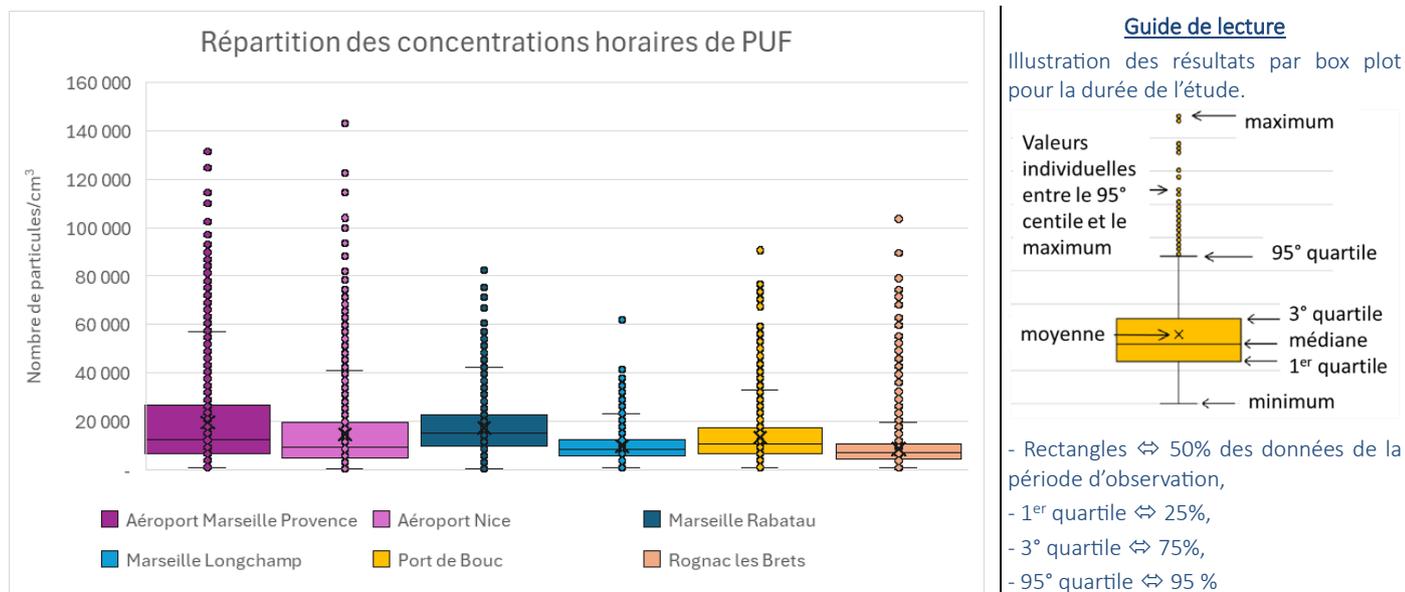


Figure 3 : Répartition statistique des données horaires des PUF sur les aéroports de la région et les sites proches de l'aéroport Marseille Provence

IV INTERPRETATION DES RESULTATS

IV.1 Evolution des niveaux de dioxyde d'azote et de benzène

I.1.1 Evolution des niveaux de dioxyde d'azote

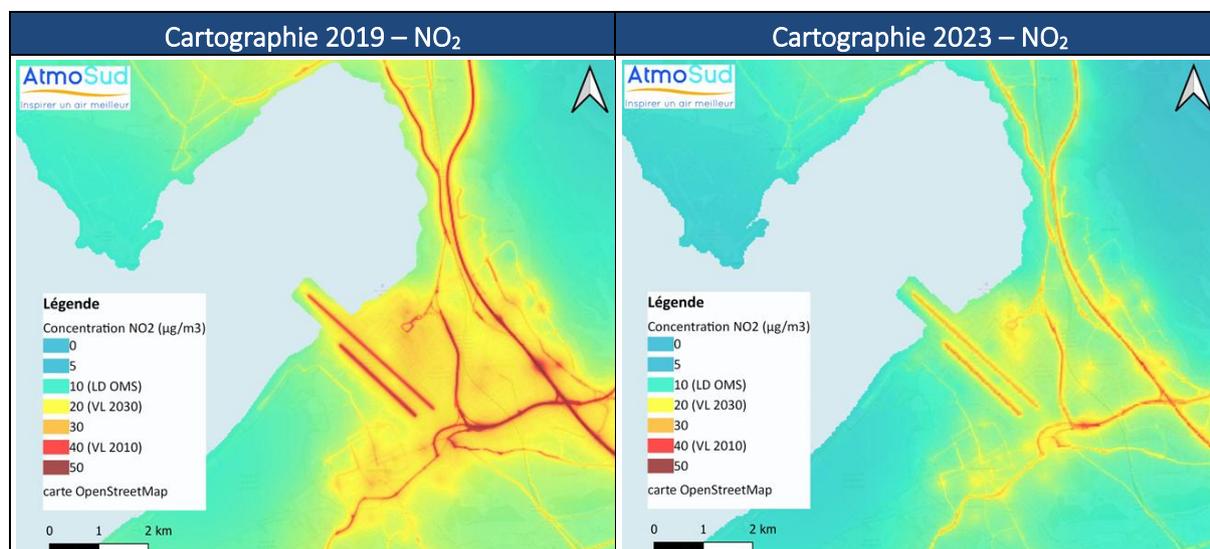
Les résultats des points 1, 2, 3 et 4 sont comparés aux valeurs de 2019 (points 5, 6, 2 et 7, Carte 5). Pour les points 5 et 6, la comparaison se fait avec les valeurs de 2019 des sites les plus proches (points 14, 17 et 18, Carte 5).

Depuis 2019 pour l'ensemble des sites, les concentrations relevées en 2024 ont diminué d'environ 25 % pour les mêmes sites et 35 % pour les nouveaux sites (Tableau 6), montrant pour le point 5 l'efficacité de la mise en place de la trémie.

Tableau 6 : Comparaison des niveaux mesurés de NO₂ entre 2019 et 2024

| N° site | | Concentration mesurée NO ₂ en µg/m ³ | | Evolution 2024/2019 |
|---------|----------|--|--------------------|---------------------|
| 2024 | 2019 | 2024 | 2019 | |
| 1 | 5 | 16.6 | 22.9 | - 27 % |
| 2 | 6 | 16.3 | 21.8 | - 23 % |
| 3 | 2 | 12.0 | 16.7 | - 28 % |
| 4 | 7 | 28.5 | 35.9 | - 21 % |
| 5 | Proche 7 | 23.3 | 35.9 | - 35 % |
| 6 | 14/17/18 | 17.9 | Entre 27.6 et 28.1 | Environ- 35 % |

Cette amélioration est également visible sur les cartographies de 2019 et 2023, aussi bien dans l'enceinte de l'aéroport qu'en périphérie avec des niveaux moyens sur les axes routiers moins marqués et des concentrations autour des parkings ainsi que dans le centre de Marignane qui respectent la valeur limite définie à l'horizon 2030 (20 µg/m³).



Carte 6 : Cartographie annuelle des concentrations de NO₂ en 2019 et 2023

I.1.2 Evolution des niveaux de benzène

Seuls les points 1 et 2 disposent de mesures de benzène en 2019. Pour le point 6, les sites de 2019 les plus proches servent de référence (points 14 et 18, Carte 5). Entre 2019 et 2024, sur les sites 1, 2 et 6, les niveaux affichent une baisse entre -25 % et - 34 % (Tableau 7).

Les sites 3, 4 et 5, non évalués en 2019, montrent des concentrations comparables à celles des 3 autres sites, inférieures à 1 µg/m³.

Tableau 7 : Comparaison des niveaux mesurés de benzène entre 2019 et 2024

| N° site | | Concentration mesurée benzène en µg/m ³ | | Evolution |
|---------|-------|--|------|----------------|
| 2024 | 2019 | 2024 | 2019 | 2024/2019 |
| 1 | 5 | 0.83 | 1.26 | - 34 % |
| 2 | 6 | 0.71 | 0.97 | - 27 % |
| 3 | | 0.57 | - | - |
| 4 | | 0.94 | - | - |
| 5 | | 0.86 | - | - |
| 6 | 14/18 | 0.74 | 0.99 | Environ - 25 % |

Les sites 4 et 5 sont les plus exposés au benzène, du fait de leur grande proximité du trafic routier. Ceci est confirmé par le ratio toluène/benzène (Tableau 8). Ce ratio est pris comme référence pour identifier la proximité (plus la source est proche, plus le ratio est élevé) et l'origine de la source (même source d'émission pour le benzène et le toluène)¹².

Ainsi, en situation « trafic » la concentration en toluène est habituellement 2 à 3 fois supérieure à celle du benzène¹³. Dans le cas d'une source de toluène significative, le ratio serait supérieur à celui constaté en situation trafic classique.

Les ratios observés sur les 6 points de mesures ne révèlent pas de source de toluène extérieure et montrent l'influence du trafic routier sur l'ensemble des points.

A l'instar des polluants, ce ratio a baissé sur la zone aéroportuaire d'environ 20 % (Tableau 8) ce qui signifie que les sources sont plus éloignées des points de mesure ou moins émettrices. L'évolution similaire du NO₂ indique davantage une baisse globale des émissions de polluants.

Tableau 8 : Comparaison du ratio Toluène/ benzène entre 2019 et 2024

| N° site | | Rapport Toluène/Benzène | | Evolution |
|---------|-------|-------------------------|------|----------------|
| 2024 | 2019 | 2024 | 2019 | 2024/2019 |
| 1 | 5 | 1.6 | 1.6 | 0 % |
| 2 | 6 | 1.4 | 1.8 | - 24 % |
| 3 | | 1.7 | - | - |
| 4 | | 1.9 | - | - |
| 5 | | 1.8 | - | - |
| 6 | 14/18 | 1.7 | 2.1 | Environ - 21 % |

Les évolutions du toluène, de l'éthylbenzène et des xylènes (m,p,o) sont indiquées à l'annexe 5.

Entre 2019 et 2024, les concentrations en dioxyde d'azote et benzène sur la zone aéroportuaire sont en baisse d'environ 25 %. La comparaison des cartographies annuelles en NO₂ confirme cette tendance à la baisse sur la majorité de la plateforme. Cette amélioration conserve cependant des différences de niveaux entre les lieux plus exposés, plus proches des sources (axes routiers, pistes et parkings), et les zones plus ventilées (abords de pistes, littoral de l'étang).

Pour les 3 sites ayant bénéficié d'une première évaluation en benzène, les niveaux sont homogènes avec les valeurs de la zone, inférieures à 1 µg/m³.

Ces mesures montrent que l'activité croissante de l'aéroport Marseille Provence n'a pas engendré de hausse des concentrations de dioxyde d'azote et de benzène sur la plateforme aéroportuaire.

¹² Rapport d'étude N°INERIS-DRC-04-56770-AIRE-n°1056-IZd - Exposition par inhalation au benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (BTEX) dans l'air - Sources, mesures et concentrations (21/12/2004)

¹³ Rapport d'étude N° INERIS- DRC-10-112289-10754A Stratégie de mesure des niveaux de concentration en benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes dans l'air ambiant autour d'installations classées (05/10/2010)

IV.2 Evolution des niveaux de particules PM₁₀ et PM_{2.5}

Les concentrations des particules PM₁₀ et PM_{2.5} n'ont pas été évaluées lors de cette campagne.

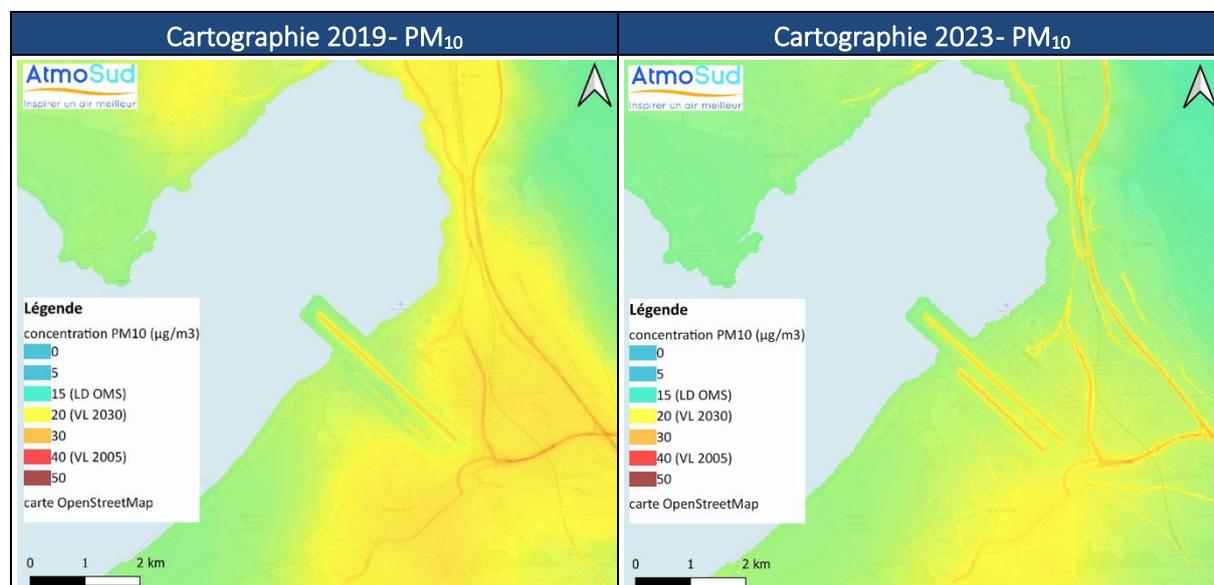
L'évolution des niveaux de particules PM₁₀ et PM_{2.5} sur la plateforme aéroportuaire est ainsi réalisée à partir de la comparaison des cartographies de 2019 et 2023.

IV.2.1 Evolution des niveaux de particules PM₁₀ par rapport à 2019

Entre 2019 et 2023, une baisse généralisée des concentrations est observée autour de l'étang de Berre, aussi bien au niveau de la plateforme aéroportuaire qu'en zone urbaine pour les 5 communes (Carte 7). Les principaux axes de circulation, notamment la D9 traversant Marignane et Vitrolles et la D20 sur Vitrolles, se distinguent encore avec des concentrations entre 20 et 30 µg/m³, conformes à la réglementation actuelle (40 µg/m³) mais supérieures à la valeur limite applicable en 2030 (20 µg/m³). C'est également le cas pour la Zone Industrielle Nord de Rognac, la ZAC Bausset Floride ainsi que le centre de Saint-Victoret.

Sur la plateforme aéroportuaire, en 5 ans, les niveaux ont diminué dans les zones de parkings automobiles et d'avions, la zone hôtelière, à proximité des terminaux ou des entreprises (Airbus hélicoptères), passant en-dessous de 20 µg/m³. Le long des pistes et sur les à-côtés, les concentrations restent stables entre 20 et 25 µg/m³. En revanche, une hausse est enregistrée sur la piste Sud, probablement davantage utilisée en 2023, avec l'accroissement de l'activité de la plateforme.

Il est à noter que les sources de particules sont plus nombreuses que pour le dioxyde d'azote, et de fait les niveaux de concentration sont influencés par les variations de celles-ci, y compris celles d'origine naturelle (embruns, poussières sahariennes, pollens, etc...).



Carte 7 : Cartographie annuelle des concentrations de PM₁₀ en 2019 et 2023

Ainsi, en se basant sur les concentrations issues des cartographies, les valeurs aux 6 points de mesures ont baissé en moyenne de 10 % sur la zone aéroportuaire (Tableau 9).

Les points 2 et 3, plus proches de l'étang et donc plus exposés aux vents ; ne montrent pas d'évolution significative et restent avec les niveaux les plus faibles de la zone.

Tableau 9 : Comparaison des niveaux modélisés de PM₁₀ entre 2019 et 2023

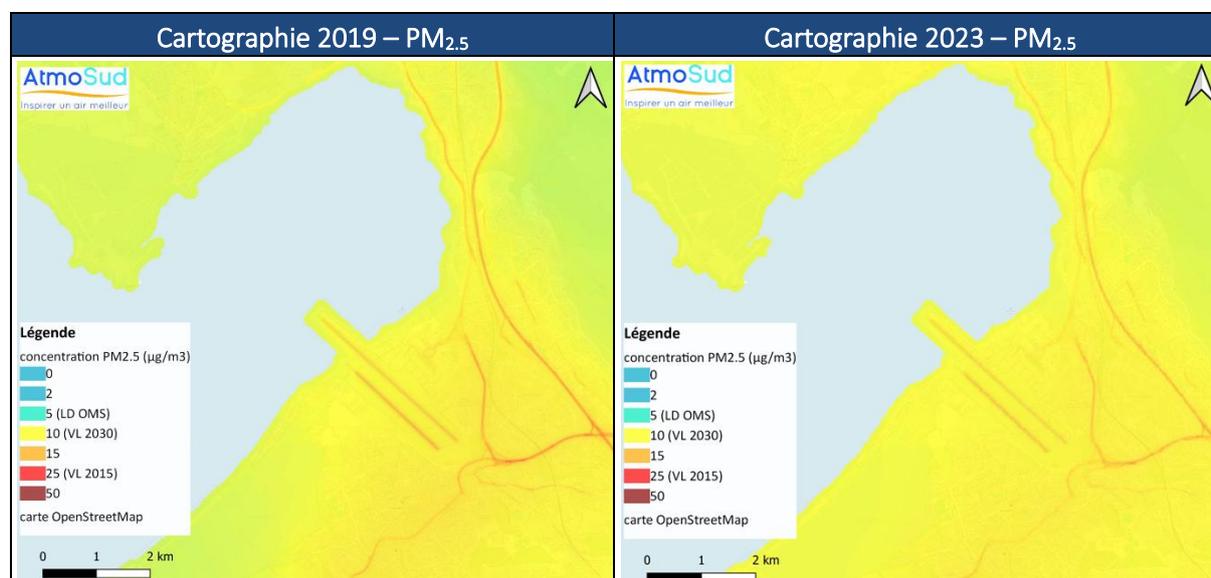
| N° site | Concentration modélisée PM ₁₀ en µg/m ³ | | Evolution 2023/2019 |
|---------|---|------|---------------------|
| | 2023 | 2019 | |
| 1 | 21 | 23.4 | - 10 % |
| 2 | 17.8 | 18.4 | - 3 % |
| 3 | 18.1 | 18.5 | - 2 % |
| 4 | 21.8 | 26.3 | - 17 % |
| 5 | 19.1 | 21 | - 9 % |
| 6 | 18.6 | 20.7 | - 10 % |

IV.2.2 Evolution des niveaux de particules PM_{2.5} par rapport à 2019

Les cartographies en PM_{2.5} de 2019 et 2023 ne montrent pas de différences majeures sur la zone aéroportuaire et sa périphérie urbaine du pourtour de l'Étang de Berre (Carte 8). Les concentrations restent comprises entre 10 et 20 µg/m³, soit inférieures à la valeur limite en vigueur, mais dépassent la réglementation applicable en 2030. Quelques zones affichent une amélioration, notamment les axes routiers comme la D9 et à l'inverse une dégradation est constatée en 2023 vers la zone l'Étang de Bolmon ente Marignane et Châteauneuf les Martigues et à l'ouest de l'A7.

Sur la plateforme aéroportuaire, les différences de concentrations entre 2019 et 2023 ne sont pas significatives. Des valeurs très similaires sont relevées dans les zones parking automobiles et avions, la zone hôtelière, à proximité des terminaux ou des entreprises (Airbus hélicoptères), entre 10 et 14 µg/m³.

Sur les pistes et aux abords immédiats, les concentrations en 2023 se situent autour de 12/14 µg/m³ et 10/11 µg/m³, comme en 2019.



Carte 8 : Cartographie annuelle des concentrations de PM_{2.5} en 2019 et 2023

Les concentrations, issues des cartographies, aux 6 points de mesures révèlent une variation du taux de PM_{2.5} sur la zone aéroportuaire de +/- 1 µg/m³ (Tableau 10). Sur la plupart de la zone aéroportuaire, une très légère amélioration, moins de 5 %, est constatée, exceptée pour les points 2 et 3, au bord de l'Étang donc potentiellement sous influence des activités du pôle pétrochimique de Berre.

Tableau 10 : Comparaison des niveaux modélisés de PM_{2,5} entre 2019 et 2023

| N° site | Concentration modélisée PM _{2,5} en µg/m ³ | | Evolution 2023/2019 |
|---------|--|------|---------------------|
| | 2023 | 2019 | |
| 1 | 11 | 11.7 | - 6 % |
| 2 | 10 | 9.9 | + 1 % |
| 3 | 10.1 | 9.9 | + 2 % |
| 4 | 11.7 | 12.7 | - 8 % |
| 5 | 10.6 | 11 | - 4 % |
| 6 | 10.4 | 10.5 | - 1 % |

La comparaison des cartographies annuelles de 2019 et 2023 indique une légère diminution des niveaux de PM₁₀ sur la zone aéroportuaire, excepté sur la piste Sud qui ressort davantage en 2023, probablement en lien avec une plus grande activité. Cette amélioration d'environ 10 % pour les PM₁₀, est peu significative (moins de 5 %) pour les PM_{2,5}.

Les voies d'accès au Terminal 1 et les pistes restent plus exposées aux particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) que le reste de la zone aéroportuaire.

Le contraste avec les parkings (automobiles et avions), la zone hôtelière, les terminaux et les abords de pistes est plus marqué pour les PM₁₀ que pour les PM_{2,5} dont les niveaux sont plus homogènes et plus faibles.

L'activité croissante de l'aéroport Marseille Provence n'a pas eu de conséquence sur les niveaux de particules estimés sur la plateforme aéroportuaire, à l'exception de la piste Sud (PM₁₀).

IV.3 Impact de l'activité aéroportuaire sur les particules ultrafines (PUF)

IV.3.1 L'influence de l'activité à différentes échelles

L'évolution horaire du nombre de particules fines mesuré lors de la campagne montre des fortes variations avec ponctuellement des valeurs élevées. (Figure 4).

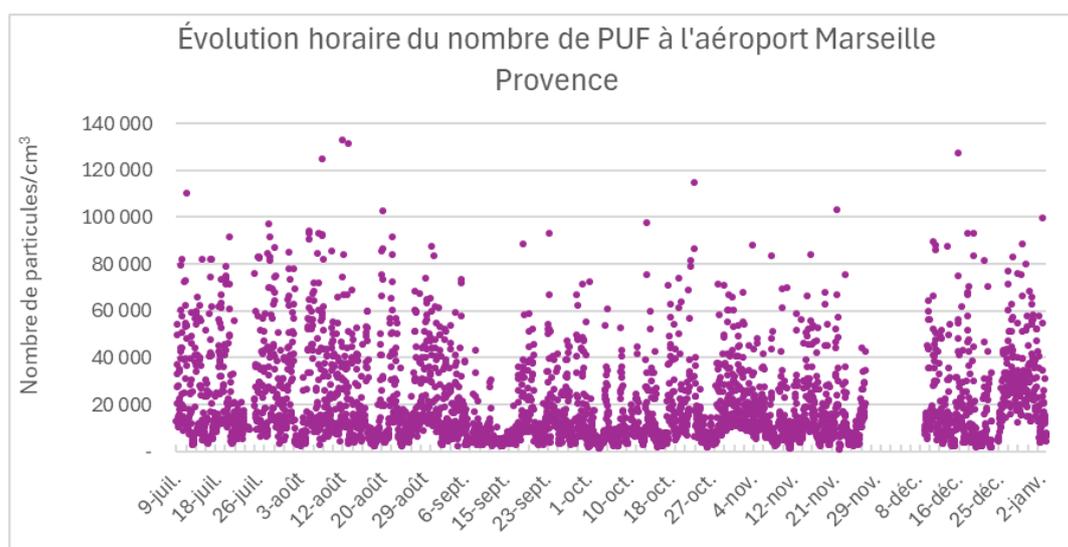


Figure 4 : Évolution horaire des PUF à l'aéroport Marseille Provence du 9 juillet 2024 au 3 janvier 2025

L'ensemble des concentrations en nombre de particules est divisé en plusieurs classes (Figure 5) :

- La répartition des différentes classes montre une prépondérance des classes les plus faibles,

inférieures à 20 000 particules/cm³, avec une proportion plus importante la nuit, désignant ainsi le niveau de fond. En journée, une augmentation des classes les plus élevées (supérieures à 40 000 particules/cm³) est observée entre 7h00 et 20h00, ce qui coïncide aux plages horaires d'activité de l'aéroport.

- Ces classes sont très peu représentées la nuit, notamment entre 22 heures et 6 heures, période durant laquelle sont appliquées¹⁴ des restrictions de vols, à l'atterrissage et au décollage des avions, afin de limiter les nuisances sonores subies par les riverains des aéroports.

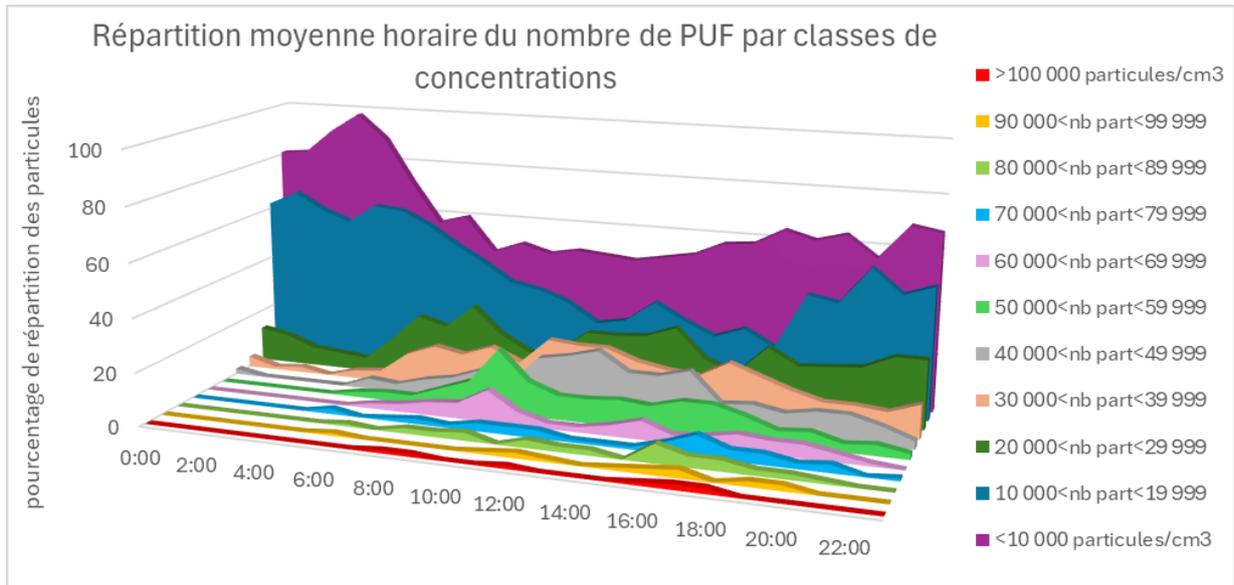


Figure 5 : Répartition moyenne horaire par classes du nombre de particules à l'aéroport Marseille Provence du 9 juillet 2024 au 3 janvier 2025

La répartition des classes sur le site de l'aéroport est différente de celle des autres sites. Pour les sites sous influence industrielle proches de l'aéroport, les classes inférieures à 20 000 particules/cm³ sont certes majoritaires mais montrent une faible variation des niveaux tout au long de la journée jusqu'à 22h/23h et les classes supérieures à 40 000 particules/cm³ n'apparaissent que ponctuellement. Pour le site trafic, la classe dominante est celle entre 10 et 20 000 particules/cm³, correspondant au niveau de fond et les pics trafics sont visibles uniquement dans les classes entre 30 000 et 60 000 particules/cm³. (Annexe 6).

L'évolution moyenne journalière du nombre total de PUF à l'aéroport Marseille Provence confirme des niveaux élevés en journée, et 2 fois inférieurs la nuit, entre 10 000 et 12 000 particules/cm³ (Figure 6). Pour comparaison, un comportement similaire est observé à l'aéroport Nice Côte d'Azur, également soumis à ces restrictions la nuit¹⁵, avec néanmoins un niveau de fond nocturne plus faible autour de 6 000 particules/cm³, dû à moins d'apport dans cette zone. Cette différence de niveau entre les deux aéroports est liée à la situation géographique, incluant les sources proches, et aux régimes de vent. L'aéroport de Marseille Provence est implanté dans un environnement comprenant des sources industrielles. Par vent de Nord-Ouest, il est exposé aux rejets de la plateforme pétrochimique de Berre l'Étang. La station de l'aéroport de Nice, sans impact industriel, est située le long du Var, avec une ventilation constante.

¹⁴ arrêté 3 mai 2012 portant restriction d'exploitation de l'aérodrome de Marseille-Provence, publié au JORF n°0109 du 10 mai 2012. Lien <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000025835171/#:~:text=heures%2>.

¹⁵ arrêté 2 mars 2010 portant restriction d'exploitation de l'aérodrome de Nice-Côte d'Azur, publié au JORF n°0078 du 2 avril 2010. Lien <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000022050091>

En revanche, les sites urbains sous influence industrielle, proches de l'aéroport Marseille Provence présentent une évolution journalière du nombre total de PUF plus homogène en journée, avec une différence moindre entre les niveaux diurne et nocturne (rapport moyen de 1,4 contre 2,5 pour les aéroports) (Figure 6).

Enfin, le site trafic de Marseille Rabatau illustre l'origine routière des sources avec la présence des pics « trafic » matin et soir (Figure 6).

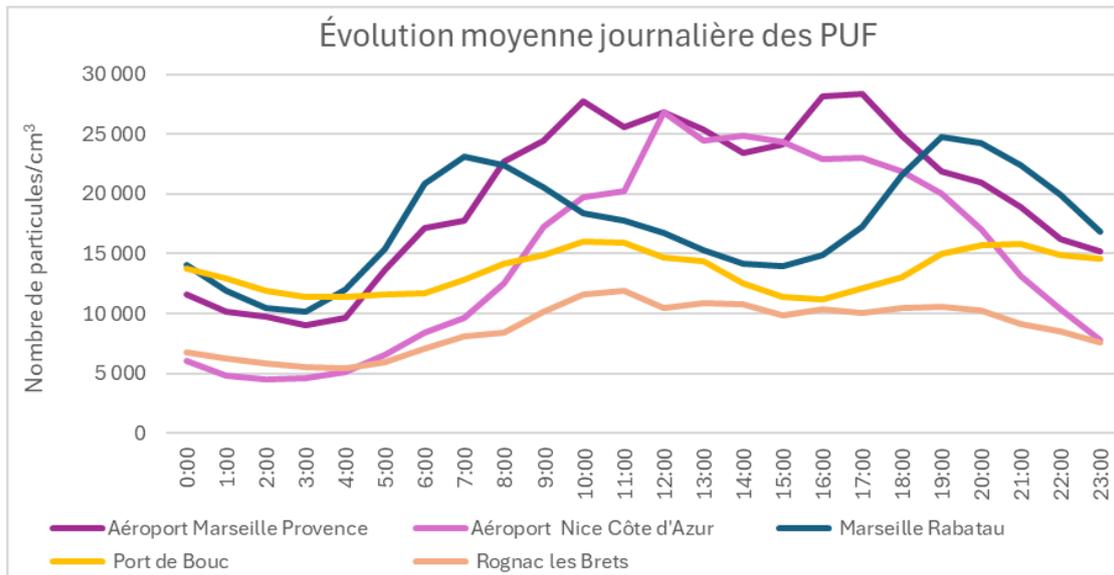


Figure 6 : Profil moyen journalier des PUF du 9 juillet 2024 au 3 janvier 2025 en sites aéroportuaires et urbains

De plus, la répartition horaire du nombre de PUF des sites urbains, sous influence industrielle, diverge de celle des plateformes aéroportuaires avec une très faible représentation des classes élevées en journées et des valeurs (Figure 7, annexe 7).

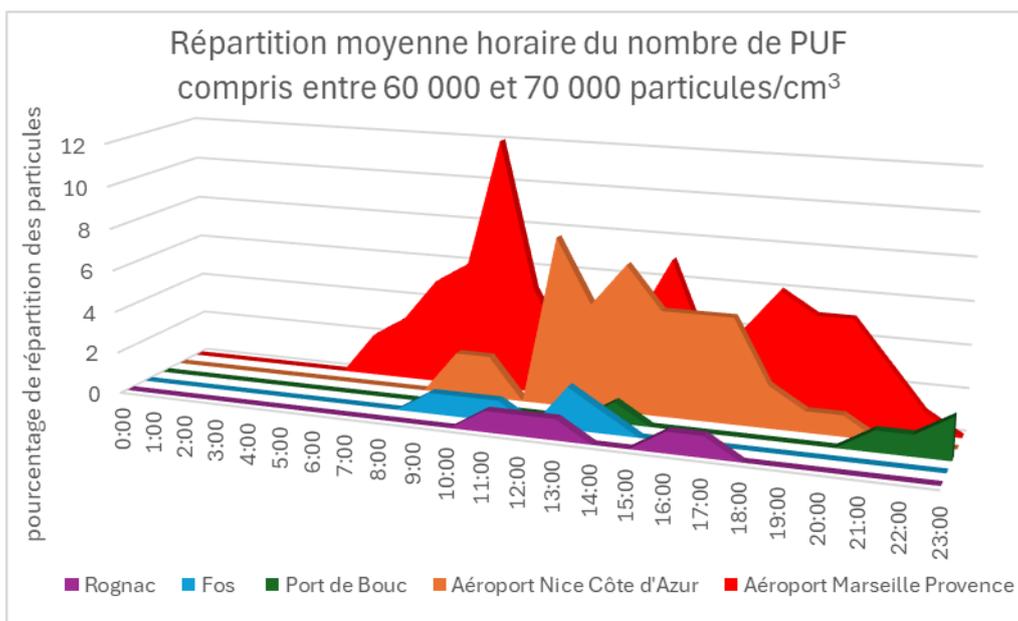


Figure 7 : Répartition moyenne horaire du nombre de particules du 9 juillet 2024 au 3 janvier 2025 en sites aéroportuaires et urbains pour la classe $60\,000 < PUF < 70\,000$ particules/cm³

Cet écart de niveau plus important entre le nombre de PUF nocturne et diurne ainsi que l'importance des classes élevées en journée montre l'influence de l'activité aéroportuaire sur le nombre de PUF.

L'influence de l'activité aéroportuaire se vérifie également au cours de l'année, avec une hausse d'activité en période estivale, représentée par le nombre de mouvements commerciaux à l'aéroport Marseille Provence¹⁶ (Figure 14).

Cet accroissement de l'activité coïncide avec des niveaux élevés de PUF, comme observé en juillet-août à l'aéroport Marseille Provence. La baisse d'activité en novembre correspond également à des niveaux moindres de PUF. Cependant, cette corrélation entre le nombre de PUF et de mouvements commerciaux) n'est cependant pas systématique car elle peut être influencée par des paramètres externes, notamment les conditions météorologiques (IV.3.2). En effet, la pluviométrie élevée de septembre et octobre explique ainsi la baisse importante du nombre de PUF mesuré dans l'air ambiant, malgré une activité proche de celle estivale.

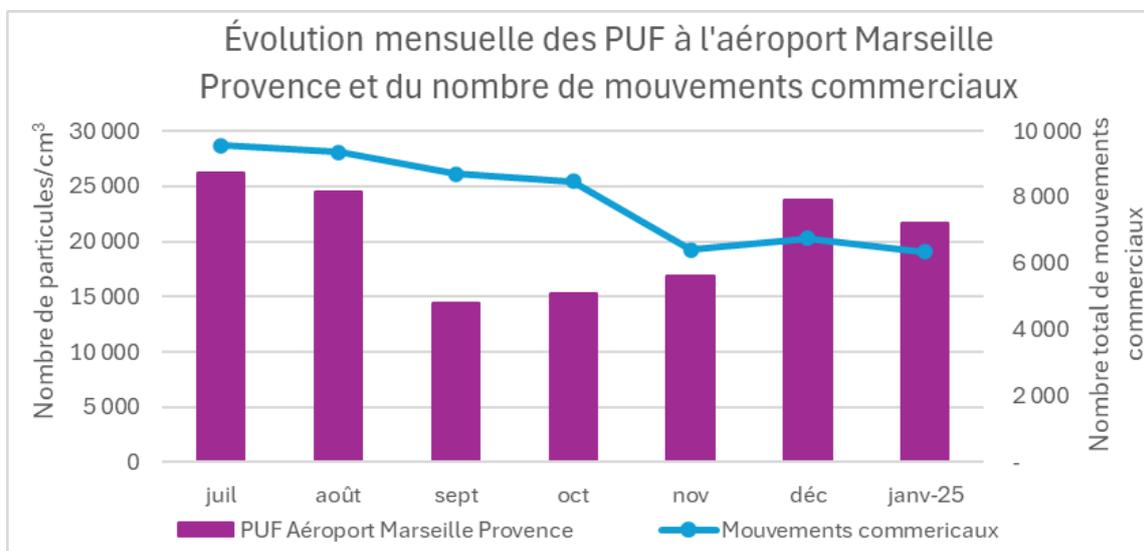


Figure 8 : Comparaison des évolutions mensuelles du nombre de PUF et de mouvements commerciaux à l'aéroport Marseille Provence

IV.3.2 Influence de la météorologie et des saisons

L'impact des conditions météorologiques reste très présent sur les niveaux de PUF relevés et notamment le vent qui, lorsqu'il est fort, favorise leur dispersion et contribue à des niveaux de PUF moins élevés.

- La rose des vents indique une prédominance des vents du Nord-Ouest (Mistral), avec une vitesse soutenue favorable à la dispersion des polluants ;
- Les vents d'Est plutôt chargés d'humidité entraînent également une baisse du nombre de particules, quelle que soit l'activité de l'aéroport (Figure 9).

A l'inverse, un vent faible ou nul est propice à l'accumulation des polluants et déplace la masse d'air chargée de polluants sans les disperser. Le nombre de PUF peut alors augmenter, sans apport supplémentaire lié à une source identifiée.

¹⁶ Résultat d'activité des aéroports français 2024 (édition mars 2025) – UAF. <https://www.aeroport.fr/uploads/documents/telecharger-le-document-complet-en-pdf.pdf?v12.2>

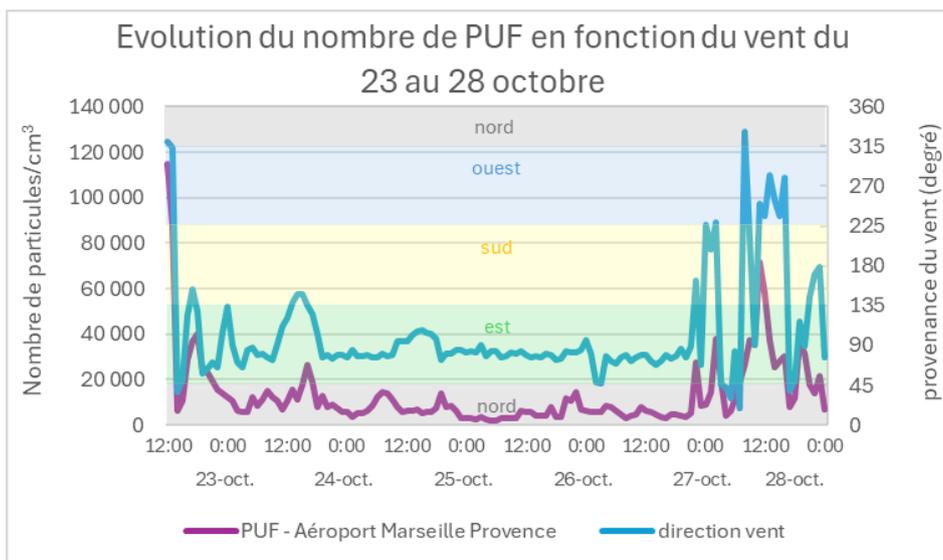
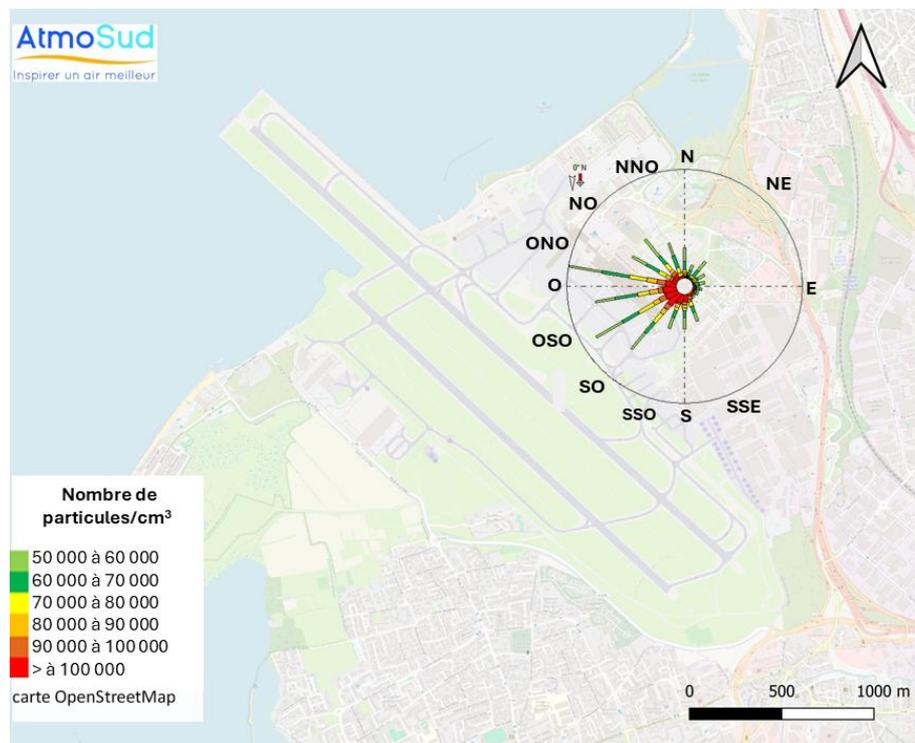


Figure 9 : Évolution du nombre de PUF en fonction du vent à l'aéroport Marseille Provence du 23 au 28 octobre

L'origine des PUF peut être identifiée par la rose de pollution qui met en relation le nombre de particules en fonction de la provenance des vents (Carte 9). Ainsi, lorsque le nombre de particules est supérieur à 50 000 particules/cm³, le vent provient essentiellement du secteur ouest et la zone aéroportuaire est majoritairement sous les vents des pistes.

Plus précisément, pour un nombre de particules compris entre 50 000 et 80 000 particules/cm³ (en vert et jaune), bien que le secteur ouest soit plus représenté, à peu près toutes les directions ressortent, révélant d'autres sources comme la plateforme pétrochimique de Berre l'Étang au Nord-Nord-Ouest, de l'autre côté de l'étang ou les zones urbaines et d'activités situées du Nord au Sud-Sud-Est.

En revanche, pour un nombre de particules plus élevé (d'orange à rouge), le secteur privilégié reste de l'Ouest-Nord-Ouest au Sud, et désigne les pistes ou les parkings avions et confirme ainsi leur origine aéroportuaire.



Carte 9 : Provenance des vents pour un nombre de PUF supérieur à 50 000 particules/cm³

Parmi les plus fortes valeurs, 8 dépassent 100 000 particules/cm³ (soit 0,2 % du temps). Ces fortes valeurs sont toutes relevées entre 8h et 18h, essentiellement en fin de journée (Annexe 8).

Lors de ces épisodes intenses de PUF, le vent provient d'un large secteur Ouest, désignant majoritairement l'aéroport comme origine.

Cependant, deux valeurs entre 120 000 et 130 000 particules/cm³ ne sont pas liées à l'activité aéroportuaire (Carte 10), la masse d'air ne venant pas des pistes de l'aéroport mais plutôt de la plateforme pétrochimique de Berre l'Étang, au Nord-Nord-Ouest.



Carte 10 : Provenance des vents pour un nombre de PUF supérieur à 100 000 particules/cm³

En été, une partie des PUF a une origine secondaire, c'est-à-dire qu'elles sont issues de transformation photochimiques de polluants primaires, similaires à la formation d'ozone. Ce phénomène n'est pas systématique car de nombreuses réactions chimiques entrent en jeu, mais lorsque les conditions sont réunies (ensoleillement, chaleur, faible dispersion), le nombre de particules peut augmenter. Cela se produit notamment aux heures les plus chaudes de la journée, avec une évolution comparable à l'ozone et ce quels que soient les niveaux de PUF mesurés (Figure 10).

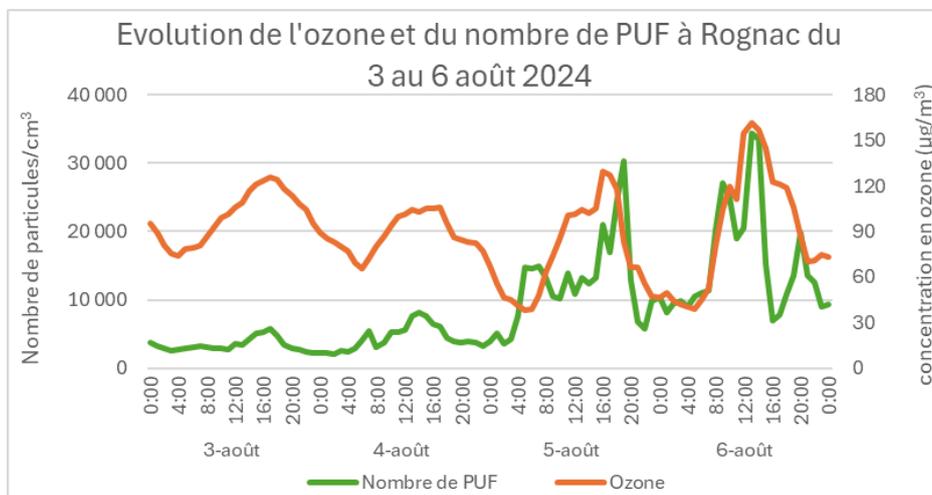


Figure 10 : Évolution de l'ozone et du nombre de PUF à Rognac du 3 au 6 août

En raison de l'activité aéroportuaire plus intense en été et de l'apport de particules secondaires d'origine photochimique, les niveaux estivaux sont plus élevés. Une augmentation est également observée en hiver, plutôt en début de journée, en raison de l'accroissement d'activité en fin d'année et la stabilité atmosphérique favorisant l'accumulation des polluants (Figure 8 et Figure 11).

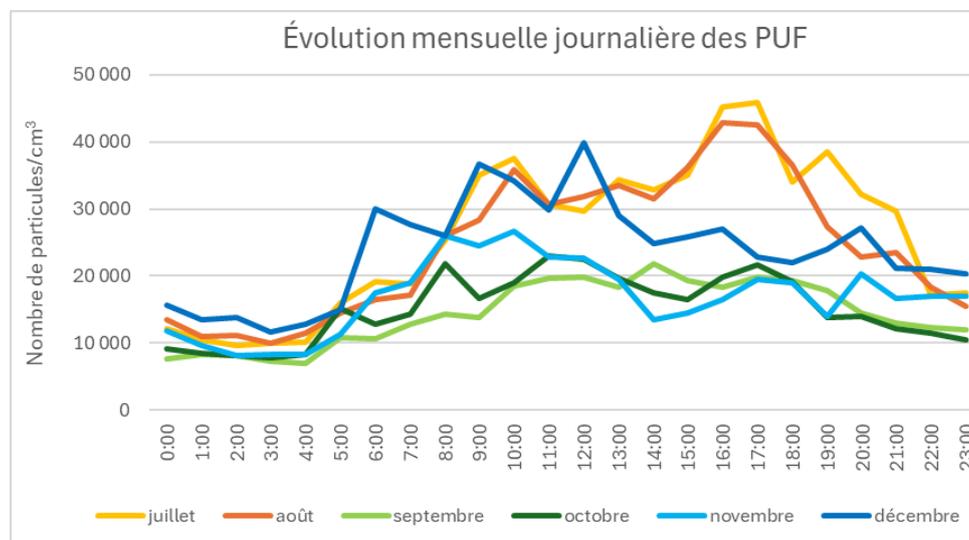


Figure 11 : profil moyen journalier du nombre de particules à l'aéroport Marseille Provence selon les mois

De façon générale, le nombre de PUF dépend essentiellement de l'activité puisque les niveaux augmentent aux périodes d'affluence touristique (été et fin d'année) et sont très faibles la nuit notamment, lorsque l'activité s'arrête.

Ces évolutions sont également majorées par la formation de particules secondaires due à la photochimie estivale et aux conditions atmosphériques peu dispersives.

Les niveaux observés à l'aéroport Marseille-Provence sont en cohérence avec l'activité, et présentent des valeurs élevées ponctuelles, en journée et davantage en été.

Cependant, selon la provenance du vent, l'origine de certains pics n'est pas directement attribuable à l'aéroport mais à la plateforme pétrochimique de Berre, située de l'autre côté de l'Étang.

V CONCLUSION

De juillet 2024 à janvier 2025, AtmoSud a déployé un dispositif de surveillance de la qualité de l'air sur et autour de la plateforme aéroportuaire Marseille Provence. Réalisées en partenariat avec les services de l'aéroport, les mesures visaient à suivre l'évolution des concentrations de dioxyde d'azote et de benzène mesurées en 2019 et à évaluer les niveaux de PUF (10nm-1µm).

En 5 ans, l'activité croissante de l'aéroport Marseille Provence n'a pas engendré de hausse, ni sur les concentrations de dioxyde d'azote et de benzène, ni sur les niveaux de particules estimés sur la plateforme aéroportuaire, à l'exception de la piste Sud (PM₁₀). En effet, malgré une augmentation du nombre de passagers (+10 %), le nombre de mouvements affiche une baisse de -2.8 % en raison d'un meilleur remplissage des avions.

▸ **Des concentrations en dioxyde d'azote et benzène de la zone aéroportuaire en baisse d'environ 25 %**

Cette amélioration est constatée sur la majorité de la plateforme, tout en maintenant une disparité selon les lieux : les axes routiers, les pistes et les parkings, proches des sources, restent plus exposés que les abords de pistes et le littoral de l'Étang, sites davantage ventilés. Dans certaines zones soumises à des concentrations plus élevées, la valeur limite actuelle en NO₂ est dépassée et de fait, celle à l'horizon 2030. En revanche, en benzène, les niveaux relevés sont tous inférieurs à 1 µg/m³, respectant la réglementation.

▸ **Une légère diminution des PM₁₀ entre 2019 et 2023 sur l'ensemble de la zone aéroportuaire.**

L'amélioration est d'environ 10 % pour les PM₁₀ mais elle est peu significative pour les PM_{2.5}, moins de 5 %.

Cette baisse n'est pas homogène sur la plateforme puisque les voies d'accès au Terminal 1 et les pistes restent plus exposées aux particules (PM₁₀ et PM_{2.5}).

▸ **Des premières mesures de PUF à l'aéroport Marseille-Provence cohérentes avec l'activité aéroportuaire.**

Une hausse des niveaux est observée en journée et les concentrations nocturnes plus faibles (de l'ordre de 50%) correspondant au niveau de fond. De même, le nombre de PUF affiche une saisonnalité avec une augmentation en période estivale, du fait de l'accroissement de fréquentation de la plateforme mais aussi de l'apport de particules secondaires issues de transformation photochimique. En hiver, fréquentation et stabilité de l'atmosphère contribuent également à une hausse des niveaux. Selon la provenance du vent, certains pics de PUF sont liés à des émissions en provenance de la plateforme pétrochimique de Berre.

Les mesures effectuées en 2024 indiquent une amélioration de la qualité de l'air dans l'enceinte de l'aéroport depuis 2019, malgré la persistance de quelques points encore trop exposés, en lien avec le secteur routier.

Ce constat encourage à poursuivre les mesures autour des aéroports et des réseaux de transport pour évaluer l'évolution des polluants et notamment développer la mesure de PUF, polluant d'intérêt national, bon traceur de l'activité aéroportuaire, et à l'impact sanitaire encore actuellement peu documenté.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Évaluation de la qualité de l'air sur et autour de la plateforme aéroportuaire Marseille-Provence. - Atmosud, 2019 : https://www.atmosud.org/sites/sud/files/content/migrated/atoms/files/201030_surveillance_aeroport_marseille_2019.pdf
- [2] ANSES (2018). Polluants « émergents » dans l'air ambiant - Identification, catégorisation et hiérarchisation de polluants actuellement non réglementés pour la surveillance de la qualité de l'air ». https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749120302025?dgcid=rss_sd_all
- [3] Atmosud (2021). Analyse des Particules UltraFines à l'aéroport de Nice (06) (janvier-octobre 2020). https://www.atmosud.org/sites/sud/files/medias/documents/2023-01/210527_rapport_puf_aeroport_nice.pdf
- [4] OMS (2021). Ligne directrice OMS relatives à la qualité de l'air – Résumé d'orientation.
- [5] Airparif (2024). Mesure de particules ultrafines autour de l'aéroport de Paris-Charles-de-Gaulle. <https://www.airparif.fr/etudes/2024/etude-mesure-de-particules-ultrafines-autour-de-laeroport-de-paris-cdg>
- [6] AtmoGrandEst (2023). Campagne de mesure exploratoire des particules ultrafines sur la plateforme aéroportuaire de Bâle-Mulhouse. <https://www.atmo-grandest.eu/sites/grandest/files/medias/documents/2023-03/Campagne%20de%20mesure%20des%20particules%20ultrafines%20sur%20l%27EuroAirport.pdf>
- [7] L'essentiel sur le rapport final des campagnes de mesure de particules ultrafines dans les environs de l'aéroport de Nantes. <https://www.airpl.org/rapport/l-essentiel-sur-le-rapport-final-des-campagnes-de-mesure-de-particules-ultrafines-dans-les-environs-de-l-aeroport>
- [8] AtmoGrandEst (2020). Rapport bibliographique sur les particules ultrafines.
- [9] ACNUSA (2017). Particules ultrafines et aviation - Etude bibliographique.
- [10] Airports Council International, « Ultrafines particules at airports - Current understanding of ultrafine particle emissions and concentrations at airports in 2018 », 2018.
- [11] https://www.edimark.fr/revues/la-lettre-du-pneumologue/n-1-fevrier-2019-copy/pollution-de-lair-actualites#dfliip-reader_trigger/3/

GLOSSAIRE

Définitions

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).

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.

Objectif de qualité : Un niveau de concentration à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement.

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.

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.

Sigles

AASQA : Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

Unité de mesures

µg/m³ : microgramme par mètre cube d'air (1 µg = 10⁻⁶ g = 0,000001 g)

nm : nanomètre (1 nm = 10⁻⁹ m = 0,000000001 m)

TU : Temps Universel

Polluants

BTEX : Benzène - Toluène - Éthylbenzène - Xylènes

C₆H₆ : Benzène

LTO : Landing and Take Off

NO₂ : Dioxyde d'azote

NO_x : Oxydes d'azote

PM₁₀ : Particules d'un diamètre < 10 µm

PM_{2.5} : Particules d'un diamètre < 2,5 µm

PUF : Particules ultrafines de diamètre < 100 nm

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 km².

ANNEXE 1 – SOURCES DE POLLUTION, EFFETS SUR LA SANTE, REGLEMENTATION ET RECOMMANDATIONS OMS

Sources de pollution

Les polluants atmosphériques ont diverses origines.

| Polluants | Sources principales |
|---|--|
| Particules en suspension (PM) | Les particules proviennent en majorité de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole) notamment pour le chauffage domestique, 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, feu de déchets verts). Certaines particules ultrafines sont également produites par des mécanismes secondaires de transformation d'autres polluants directement dans l'air ambiant (notamment pendant la formation d'ozone). |
| NO_x Oxydes d'azote | Les NO _x sont produit par toutes les combustions à haute température. Les sources principales sont les véhicules routiers, le transport maritime et les installations de combustion industrielles. |
| COV dont le benzène Composés organiques volatils | La majorité des COV provient de l'activité naturelle des végétaux. Cependant, la plupart des COV toxiques sont émis par les activités humaines. Les principales sources anthropiques de COV sont les activités domestiques / résidentielles comme le chauffage, l'utilisation de produits d'usage courant : panneaux de bois en aggloméré, certaines mousses pour l'isolation, certains vernis, colles, solvants, peintures, moquettes, rideaux, désinfectants, produits d'entretien... D'autres COV proviennent de procédés industriels (industries chimiques, raffinage de pétrole, stockage et distribution de carburants et combustibles liquides, stockages de solvants), ou de sources mobiles (transport routier). |

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.

Les effets spécifiques des polluants sur la santé sont étudiés notamment par Santé Publique France¹⁷, l'Agence Européenne pour l'Environnement¹⁸ et l'Organisation Mondiale de la Santé¹⁹.

| Polluants | Effets sur la santé | Effets sur l'environnement |
|---------------------------------|---|--|
| Particules en suspension | Maladies cardiaques ischémiques Hypertension artérielle Infarctus du Myocarde Accident vasculaire cérébral (AVC) Cancer du poumon Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive (BPCO) Asthme chez l'enfant Diabète mellitus (type 2) | Effets de salissures sur les bâtiments Altération de la photosynthèse |

¹⁷ <https://www.santepubliquefrance.fr/determinants-de-sante/pollution-et-sante/air>

¹⁸ <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/harm-to-human-health-from-air-pollution-2024>

¹⁹ [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

| Polluants | Effets sur la santé | Effets sur l'environnement |
|---|---|--|
| NO _x Oxydes d'azote | Asthme chez l'adulte et l'enfant Pneumopathies et autres infections des voies respiratoires (ALRI) Diabète mellitus (type 2) Infarctus du Myocarde | Pluies acides Précurseur de la formation d'ozone Déséquilibre les sols sur le plan nutritif (apport de nitrates) |
| COV dont le benzène Composés organiques volatils | Toxicité et risques d'effets cancérigènes ou mutagènes, en fonction du composé concerné | Précurseur de la formation d'ozone |

Réglementation européenne / française

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

La directive 2024/2881/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe,
L'article R221-1 du Code de l'Environnement.

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 | Durée d'exposition |
|--|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| PM10 Particules | Seuil d'information- recommandations | 50 µg/m ³ | Jour |
| | Seuil d'alerte | 80 µg/m ³ | Jour |
| | Valeurs limites actuelles | 50 µg/m ³ | Jour (maximum 35 j / an) |
| | | 40 µg/m ³ | Année |
| | Valeurs limites 2030 | 45 µg/m ³ | Jour (maximum 35 j / an) |
| | | 20 µg/m ³ | Année |
| Objectif de qualité | 30 µg/m ³ | Année | |
| PM2.5 Particules | Seuil d'information- recommandations | 50 µg/m ³ | Jour |
| | Seuil d'alerte | 50 µg/m ³ | 3 jours consécutifs |
| | Valeur limite actuelle | 25 µg/m ³ | Année |
| | Valeurs limites 2030 | 25 µg/m ³ | Jour (maximum 18 j / an) |
| | | 10 µg/m ³ | Année |
| NO ₂ Dioxyde d'azote | Seuil d'information- recommandations | 150 µg/m ³ | Heure |
| | Seuil d'alerte | 200 µg/m ³ | 3 heures consécutives |
| | Valeurs limites actuelle | 200 µg/m ³ | Heure (maximum 18h / an) |
| | | 40 µg/m ³ | Année |
| | Valeurs limites 2030 | 200 µg/m ³ | Heure (maximum 3h / an) |
| | | 50 µg/m ³ | Jour (maximum 18 j / an) |
| | | 20 µg/m ³ | Année |
| C ₆ H ₆ Benzène | Valeur limite actuelle | 5 µg/m ³ | Année |
| | Valeur limite 2030 | 3.4 µg/m ³ | Année |
| | Objectif de qualité | 2 µg/m ³ | Année |

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

Les valeurs recommandées par l'OMS (2021)²⁰ 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 recommandée par l'OMS | Durée moyenne d'exposition |
|---|--|---|---|
| PM10 Particules | Affection des systèmes respiratoire et cardiovasculaire | 45 µg/m ³ 15 µg/m ³ | Jour, P99 (maximum 3 j / an) Annuel |
| PM2.5 Particules | | 15 µg/m ³ 5 µg/m ³ | Jour, P99 (maximum 3 j / an) Annuel |
| NO ₂ Dioxyde d'azote | Faible altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques) | 200 µg/m ³ 25 µg/m ³ 10 µg/m ³ | Heure Jour, P99 (maximum 3 j / an) Annuel |

Dans un relevé de bonnes pratiques²¹, l'OMS reconnaît ne pas disposer d'informations suffisantes pour pouvoir établir des recommandations en terme de valeurs pour les PUF. Néanmoins, elle évoque des concentrations considérées comme hautes et basses à l'échelle horaire et journalière sans toutefois préciser l'intervalle de tailles de particules auquel il se réfère.

| Concentration moyenne en particules/cm ³ | Valeur basse | Valeur haute |
|---|--------------|--------------|
| Sur 24 heures | < 1 000 | > 10 000 |
| Sur 1 heure | - | 20 000 |

D'un point de vue sanitaire, plusieurs études expérimentales s'accordent sur la responsabilité des PUF dans les **affections respiratoires chroniques** (inflammation pulmonaire, **aggravation de l'asthme** et **diminution de la fonction respiratoire** notamment chez les enfants et les personnes âgées) et **cardio-vasculaires** (agrégation plaquettaire, athérosclérose et troubles du rythme cardiaque).

Elles sont aussi suspectées de toucher le **système nerveux central** (déclin cognitif, troubles neurodégénératifs) par franchissement de la **barrière hémato-encéphalique**²², (protection du cerveau).

²⁰ [-who-global-air-quality-guidelines-aim-to-save-millions-of-lives-from-air-pollution](#)

²¹ OMS (2021). Ligne directrice OMS relatives à la qualité de l'air – Résumé d'orientation.

<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/346555/9789240035423-fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

²² Isabella Annesi-Maesano, 2017. The air of Europe: where are we going? Eur Respir Rev 2017;26(146). Extrait Pollution de l'air : actualités. La lettre du pneumologue. Vol XXII n°1 janv-fev 2019

ANNEXE 2 – EMISSIONS PAR COMMUNES

Les émissions sont extraites de l'inventaire d'AtmoSud inventaire - v11.2 - territorial – CIGALE.
Elles sont exprimées en kg/an. La somme des GES comprend les émissions de CO₂ hors biomasse, de CH₄, N₂O, SF₆, HFC en équivalent CO₂.

Berre l'Étang

| Secteur / polluant (kg/an) | PM10 | PM2.5 | NOx | SO ₂ | CO | COVnM | Total hors GES eq CO ₂ | Somme GES eq CO ₂ | Total |
|----------------------------------|--------|--------|---------|-----------------|---------|---------|-----------------------------------|------------------------------|-------------|
| Transport routier | 5 125 | 3 096 | 31 793 | 111 157 | 283 685 | 857 164 | 62 988 | 13 667 180 | 14 170 620 |
| Transport aérien domestique * | 2 | 2 | 66 | 23 | 21 981 | 553 | 22 627 | 74 968 | 97 595 |
| Transport aérien international * | | | | | | | | | |
| Résidentiel | 19 633 | 19 207 | 3 485 | 859 | 136 228 | 47 426 | 226 837 | 3 194 440 | 3 451 277 |
| Tertiaire | 172 | 155 | 3 916 | 242 | 2 026 | 384 | 31 608 | 5 618 358 | 5 625 253 |
| Industrie | 8 355 | 5 632 | 655 061 | 109 876 | 92 186 | 735 455 | 1 606 565 | 669 075 183 | 670 681 747 |
| Production d'énergie | | | | | | 31 608 | 31 608 | 169 175 | 200 783 |
| Ferroviaire | 1 458 | 368 | | | | | 1 826 | | 1 826 |
| Agriculture | 2 519 | 1 319 | 10 945 | 122 | 13 709 | 1 163 | 29 777 | 2 365 033 | 2 394 810 |
| Incendie de forêt | | | | | | | | | |

Marignane

| Secteur / polluant (kg/an) | PM10 | PM2.5 | NOx | SO ₂ | CO | COVnM | Total hors GES eq CO ₂ | Somme GES eq CO ₂ | Total avec GES eq CO ₂ |
|---------------------------------|--------|--------|---------|-----------------|---------|---------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Transport routier | 7 806 | 4 650 | 45 568 | 50 | 27 424 | 12 061 | 97 559 | 19 835 967 | 19 933 526 |
| Transport aérien domestique* | 4 194 | 2 741 | 133 012 | 10 729 | 98 469 | 13 248 | 262 393 | 34 189 029 | 34 451 421 |
| Transport aérien international* | 6 364 | 4 274 | 247 082 | 18 910 | 152 296 | 13 586 | 442 513 | 60 228 661 | 60 671 173 |
| Résidentiel | 50 183 | 49 170 | 9 247 | 2 509 | 325 562 | 115 888 | 552 559 | 8 843 146 | 9 395 705 |
| Tertiaire | 293 | 275 | 5 029 | 1 330 | 3 054 | 1 430 | 11 411 | 11 882 047 | 11 893 457 |
| Industrie | 3 360 | 2 862 | 39 307 | 468 | 31 677 | 278 757 | 356 431 | 16 231 770 | 16 588 201 |
| Production d'énergie | | | | | | 35 127 | 35 127 | 336 335 | 371 462 |
| Ferroviaire | 179 | 46 | | | | | 225 | | 225 |
| Agriculture | 1 | 1 | 51 | 5 | 11 | 1 | 70 | 24 651 | 24 722 |
| Incendie de forêt | | | | | | | | | |

Rognac

| Secteur / polluant (kg/an) | PM10 | PM2.5 | NOx | SO ₂ | CO | COVnM | Total hors GES eq CO ₂ | Somme GES eq CO ₂ | Total |
|--|--------|--------|---------|-----------------|---------|--------|-----------------------------------|------------------------------|------------|
| Transport routier | 15 770 | 9 528 | 107 503 | 104 | 53 027 | 8 326 | 194 258 | 43 003 169 | 43 197 428 |
| Transport aérien domestique et international | | | | | | | | | |
| Résidentiel | 30 947 | 30 330 | 4 350 | 968 | 214 486 | 56 623 | 337 705 | 3 252 380 | 3 590 085 |
| Tertiaire | 119 | 110 | 2 282 | 380 | 1 281 | 445 | 4 618 | 4 182 937 | 4 187 555 |
| Industrie | 353 | 272 | 6 141 | 113 | 3 615 | 90 138 | 100 632 | 3 992 793 | 4 093 425 |
| Production d'énergie | 13 | | | | | 74 206 | 74 219 | 178 598 | 252 816 |
| Ferroviaire | 1 176 | 307 | 825 | | 236 | 63 | 2 606 | 41 726 | 44 332 |
| Agriculture | 517 | 223 | 1 598 | 22 | 1 867 | 160 | 4 387 | 177 880 | 182 268 |
| Incendie de forêt | 217 | 178 | 47 | 10 | 1 359 | 124 | 1 934 | 24 770 | 26 704 |

Saint-Victoret

| Secteur / polluant (kg/an) | PM10 | PM2.5 | NOx | SO ₂ | CO | COVnM | Total hors GES eq CO ₂ | Somme GES eq CO ₂ | Total |
|---|--------|--------|--------|-----------------|---------|--------|-----------------------------------|------------------------------|-----------|
| Transport routier | 3 577 | 2 129 | 21 029 | 23 | 12 978 | 3 367 | 43 102 | 9 502 052 | 9 545 155 |
| Transport aérien domestique et international* | | | | | | | | | |
| Résidentiel | 15 559 | 15 252 | 2 144 | 542 | 110 494 | 29 634 | 173 625 | 1 426 488 | 1 600 113 |
| Tertiaire | 98 | 89 | 768 | 201 | 461 | 2 044 | 3 662 | 2 777 110 | 2 780 771 |
| Industrie | 75 | 41 | 216 | 33 | 306 | 11 618 | 12 289 | 376 688 | 388 977 |
| Production d'énergie | | | | | | 1 341 | 1 341 | 57 674 | 59 015 |
| Ferroviaire | 295 | 75 | | | | | 371 | | 371 |
| Agriculture | 1 | 1 | 75 | 4 | 9 | 1 | 91 | 21 428 | 21 517 |
| Incendie de forêt | 9 | 8 | 2 | 0 | 58 | 5 | 83 | 1 062 | 1 144 |

Vitrolles

| Secteur / polluant (kg/an) | PM10 | PM2.5 | NOx | SO ₂ | CO | COVnM | Total hors GES eq CO ₂ | Somme GES eq CO ₂ | Total |
|---|--------|--------|---------|-----------------|---------|---------|-----------------------------------|------------------------------|-------------|
| Transport routier | 47 585 | 28 626 | 328 838 | 334 | 144 523 | 25 464 | 575 370 | 136 424 289 | 136 999 659 |
| Transport aérien domestique et international* | | | | | | | | | |
| Résidentiel | 59 138 | 57 833 | 9 455 | 1 427 | 373 719 | 126 142 | 627 713 | 9 606 784 | 10 234 497 |
| Tertiaire | 484 | 471 | 12 156 | 1 962 | 6 941 | 4 503 | 26 517 | 27 560 091 | 27 586 608 |
| Industrie | 64 912 | 47 162 | 77 700 | 147 099 | 329 814 | 104 849 | 771 535 | 63 440 847 | 64 212 382 |
| Production d'énergie | 34 | 34 | 2 027 | 26 | 2 022 | 12 140 | 16 283 | 3 383 898 | 3 400 181 |
| Ferroviaire | 1 412 | 360 | | | | | 1 772 | | 1 772 |
| Agriculture | 205 | 50 | 376 | 6 | 136 | 4 | 778 | 68 934 | 69 712 |
| Incendie de forêt | 3 305 | 2 704 | 719 | 144 | 20 660 | 1 886 | 29 417 | 376 687 | 406 105 |

ANNEXE 3 – INFORMATIONS METEOROLOGIQUES

Afin de confirmer la représentativité de la période de mesures, les données de la station Météo France de Marignane sont étudiées sur une période de 5 ans et comparées avec celles observées durant la campagne de mesure entre le 9 juillet 2024 et le 3 janvier 2025.

Représentativité de la période de mesure - vents

A Marignane, la rose des vents durant l'étude est semblable à celle établie sur les 5 dernières années (Figure 12), avec des vents s'inscrivant majoritairement dans un régime de brises alternées Nord-Ouest/Sud-Est, répartis ainsi :

- des vents de Nord-Ouest avec une vitesse comprise entre 6 et 8 m/s,
- des vents de Sud-Est, de plus faible intensité, entre 1 et 3 m/s,
- des vents nuls (inférieurs à 1m/s, sans direction précise) représentent 9% du temps

Quelques vents proviennent de l'Ouest-Sud-Ouest, essentiellement relevés en juillet et août (Figure 13).

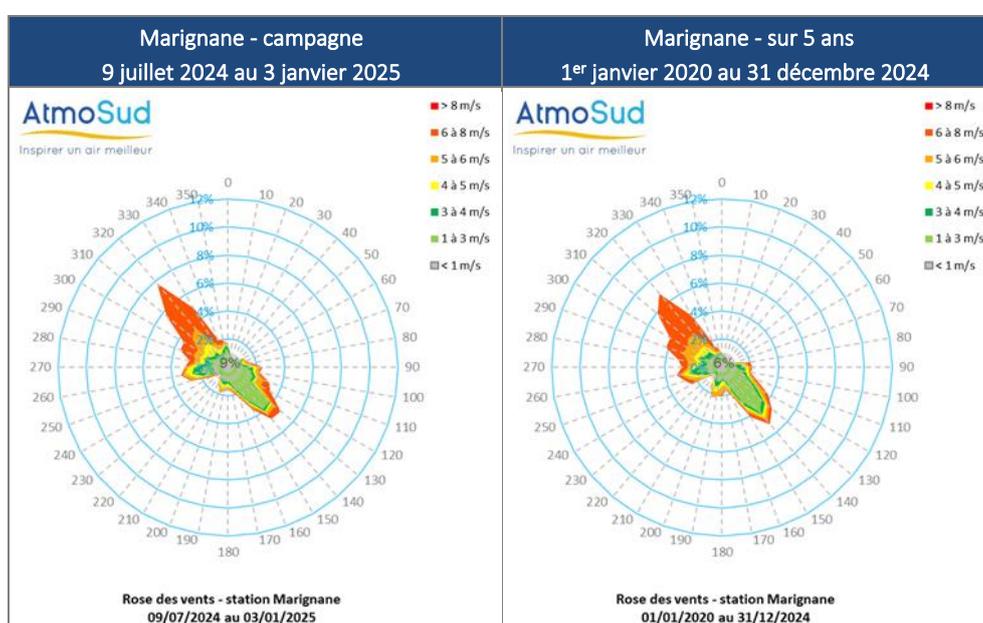


Figure 12 : Roses des vents à la station Météo France de Marignane en 2024 et sur 5 années (2020-2024)



Figure 13 : Roses des vents mensuelles à la station Météo France de Marignane lors de la campagne en 2024

Représentativité de la période de mesure – température et précipitations

Les températures relevées à la station Météo France de Marignane durant la campagne, sont comparables à la moyenne des cinq dernières années, légèrement supérieures en août et inférieures en septembre. Le mois de décembre 2024 est en revanche un peu plus froid (-0.8 °C) en raison des nombreuses températures négatives enregistrées la dernière semaine de l’année. La saisonnalité à Marignane est bien marquée avec des températures maximales en juillet-août dépassant 26°C et une température minimale en décembre autour de 8°C.

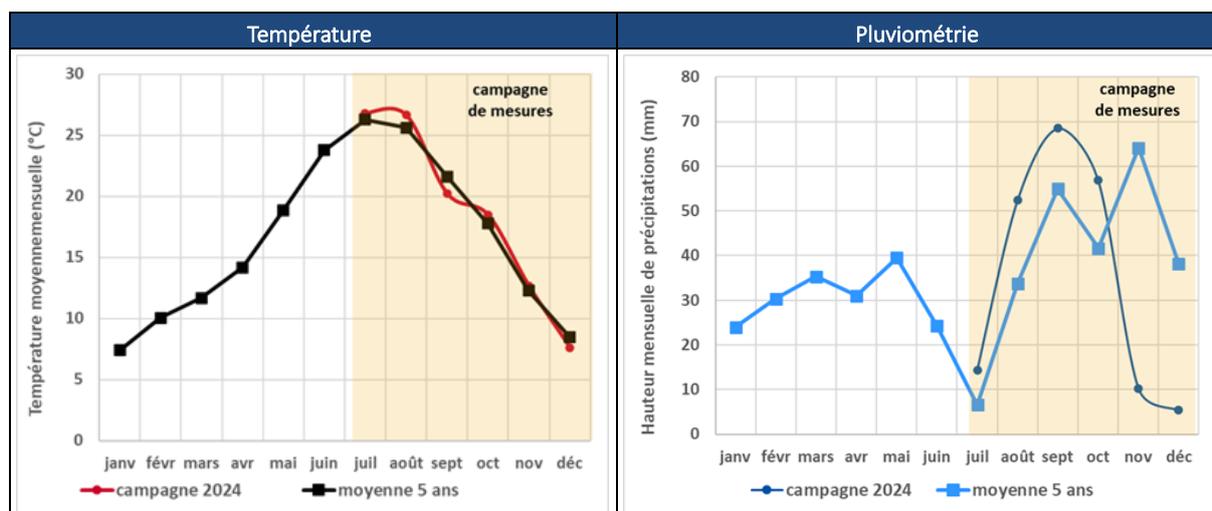


Figure 14 : Comparaison des évolutions de température et de pluviométrie à la station Météo France de Marignane et lors de la campagne en 2024

La campagne est caractérisée par une pluviométrie inférieure à la moyenne 2020-2024 sur la même période, avec un cumul de précipitations de 208 mm au lieu de 239 en moyenne. Ce manque de pluies apparaît en novembre/décembre avec un déficit d’environ 85 % et favorise l’accumulation des polluants. En revanche, les 4 mois précédents (de juillet à octobre) ont été plus pluvieux que ceux des 5 dernières années.

Évolution de la température moyenne annuelle

L'évolution de la température moyenne annuelle en France métropolitaine est représentée sous forme d'écart par rapport à la moyenne observée sur la période 1961-1990 (11,8 °C).

Les données sont issues des chiffres clés du climat (Data Lab, Ministères Territoires, écologie, Logement, édition 2024) <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat/fr/>

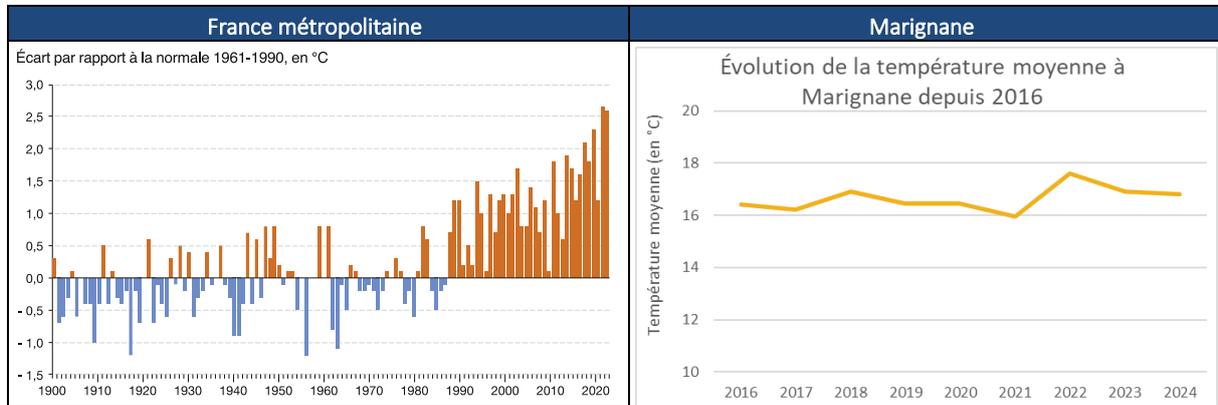


Figure 15 : Comparatif des évolutions de la température moyenne annuelle : écart à la normale en France Métropolitaine et température à Marignane depuis 2016 (source Météo France)

ANNEXE 4 – RESULTATS BRUTS NO₂ ET BTEX PAR CAMPAGNES SAISONNIERES

Les données sont issues des campagnes estivales et hivernales, respectivement réalisées du 12/06/2024 au 10/07/2024 et du 20/11/2024 au 18/12/2024. Pour le site 5, le prélèvement du 16 au 23 juillet ayant été invalidé, il a été remplacé par le prélèvement du 12 au 26 août.

Campagne estivale

| N° site | NO ₂ | benzène | toluène | éthylbenzène | M,p-xylènes | o-xylène |
|---------|-----------------|---------|---------|--------------|-------------|----------|
| 1 | 11.16 | 0.39 | 0.93 | 0.21 | 0.61 | 0.25 |
| 2 | 12.13 | 0.39 | 0.48 | 0.14 | 0.39 | 0.16 |
| 3 | 7.40 | 0.36 | 0.76 | 0.21 | 0.60 | 0.25 |
| 4 | 26.51 | 0.58 | 1.59 | 0.35 | 1.10 | 0.44 |
| 5 | 20.49 | 0.52 | 1.28 | 0.42 | 1.38 | 0.50 |
| 6 | 12.97 | 0.40 | 0.75 | 0.21 | 0.61 | 0.25 |

Campagne hivernale

| N° site | NO ₂ | benzène | toluène | éthylbenzène | M,p-xylènes | o-xylène |
|---------|-----------------|---------|---------|--------------|-------------|----------|
| 1 | 21.90 | 1.34 | 1.92 | 0.36 | 1.06 | 0.44 |
| 2 | 20.31 | 1.06 | 1.21 | 0.27 | 0.69 | 0.29 |
| 3 | 15.83 | 0.76 | 0.91 | 0.20 | 0.57 | 0.25 |
| 4 | 31.66 | 1.42 | 2.61 | 0.53 | 1.67 | 0.68 |
| 5 | 26.62 | 1.29 | 2.08 | 0.43 | 1.29 | 0.53 |
| 6 | 22.79 | 1.12 | 1.79 | 0.49 | 1.54 | 0.60 |

ANNEXE 5 – ÉVOLUTION DU TOLUÈNE, DE L'ETHYLBENZÈNE ET DES XYLÈNES (M,P,O)

Toluène

| N° site | | Concentration éthylbenzène en µg/m ³ | | Evolution 2024/2019 |
|---------|-------|---|------|------------------------|
| 2024 | 2019 | 2024 | 2019 | |
| 1 | 5 | 1.36 | 2.01 | -33% |
| 2 | 6 | 0.96 | 1.72 | -44% |
| 3 | | 0.96 | | |
| 4 | | 1.82 | | |
| 5 | | 1.53 | | |
| 6 | 14/18 | 1.25 | 2.12 | Environ -41% |

Ethylbenzène

| N° site | | Concentration éthylbenzène en µg/m ³ | | Evolution 2024/2019 |
|---------|-------|---|------|------------------------|
| 2024 | 2019 | 2024 | 2019 | |
| 1 | 5 | 0.28 | 0.45 | -37% |
| 2 | 6 | 0.22 | 0.76 | -71% |
| 3 | | 0.22 | | |
| 4 | | 0.39 | | |
| 5 | | 0.38 | | |
| 6 | 14/18 | 0.33 | 0.46 | Environ -29% |

Xylènes (m,p)

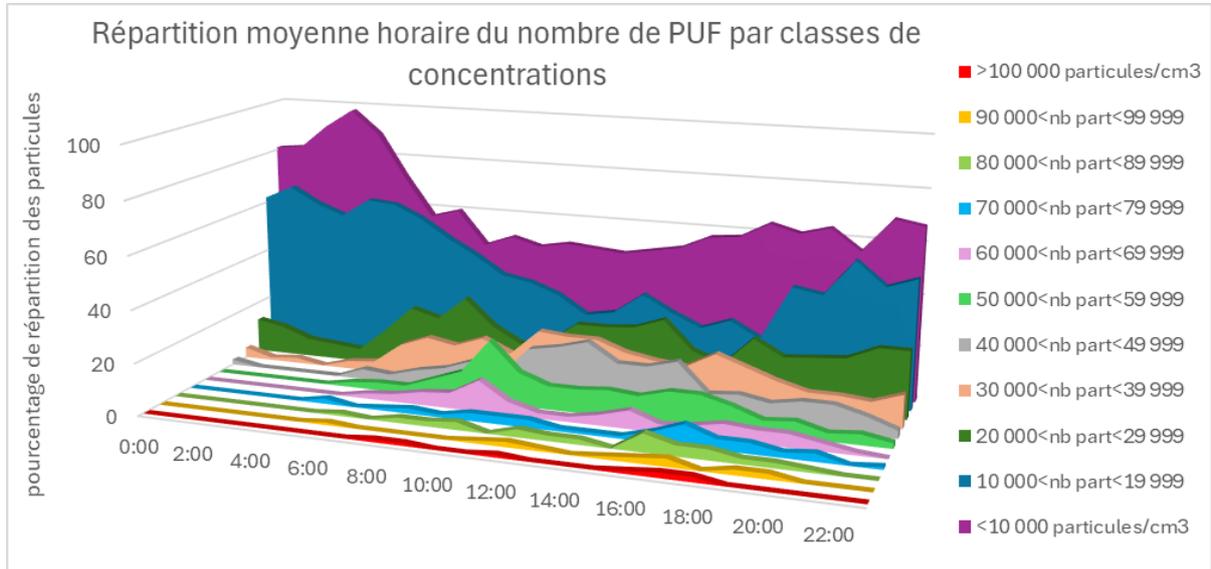
| N° site | | Concentration éthylbenzène en µg/m ³ | | Evolution 2024/2019 |
|---------|-------|---|------|------------------------|
| 2024 | 2019 | 2024 | 2019 | |
| 1 | 5 | 0.85 | 1.42 | -41% |
| 2 | 6 | 0.62 | 2.10 | -71% |
| 3 | | 0.65 | | |
| 4 | | 1.28 | | |
| 5 | | 1.24 | | |
| 6 | 14/18 | 1.04 | 1.5 | Environ -33% |

Xylène o

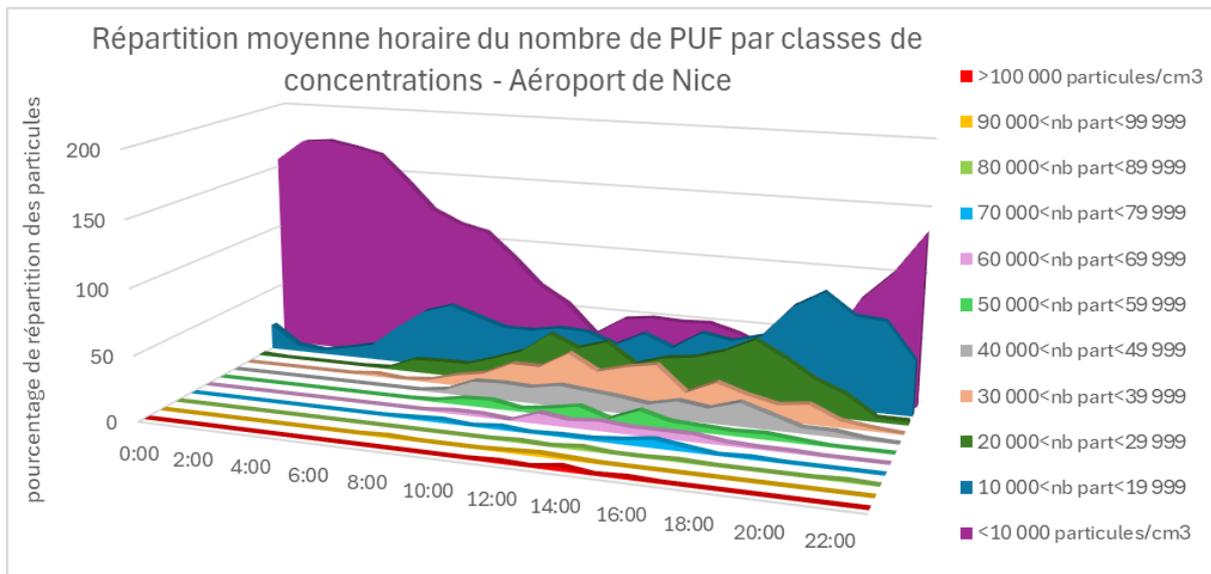
| N° site | | Concentration éthylbenzène en µg/m ³ | | Evolution 2024/2019 |
|---------|-------|---|------|------------------------|
| 2024 | 2019 | 2024 | 2019 | |
| 1 | 5 | 0.34 | 0.61 | -44% |
| 2 | 6 | 0.23 | 0.88 | -74% |
| 3 | | 0.25 | | |
| 4 | | 0.56 | | |
| 5 | | 0.52 | | |
| 6 | 14/18 | 0.42 | 0.68 | Environ -38% |

ANNEXE 6 – REPARTITION HORAIRE DU NOMBRE DE PARTICULES PAR SITES

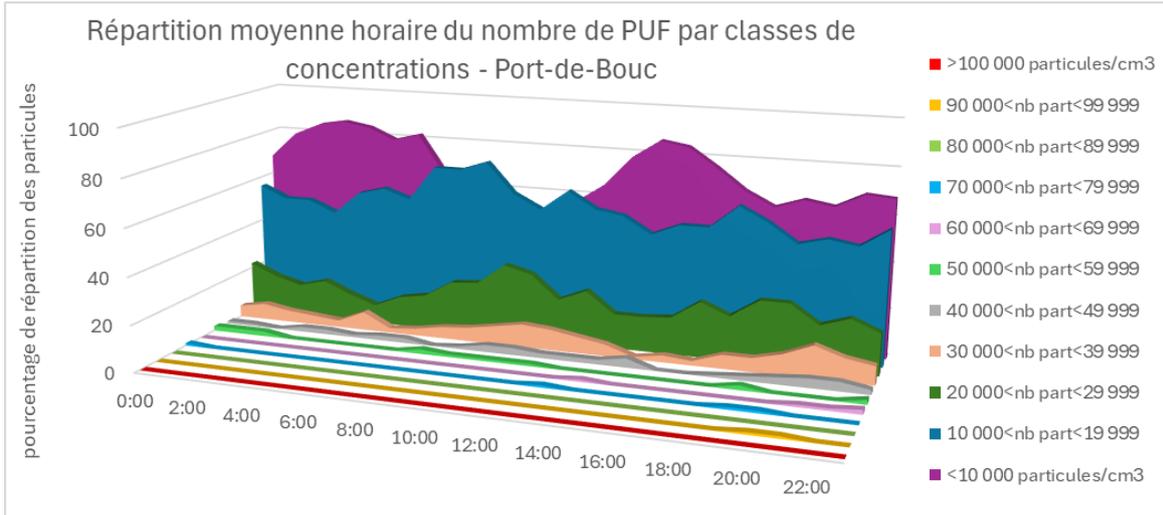
Aéroport Marseille Provence



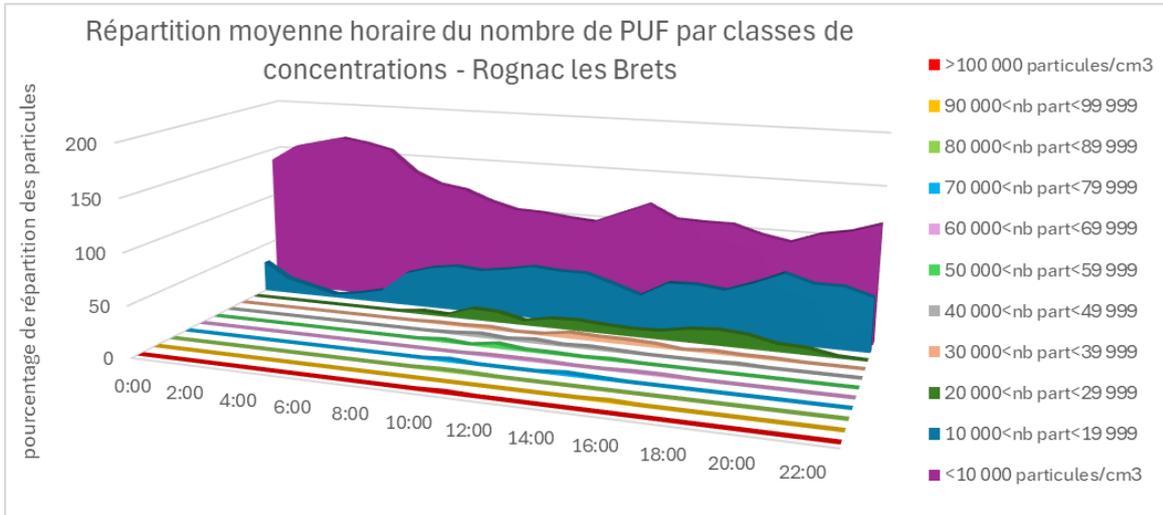
Aéroport de Nice Côte d'Azur



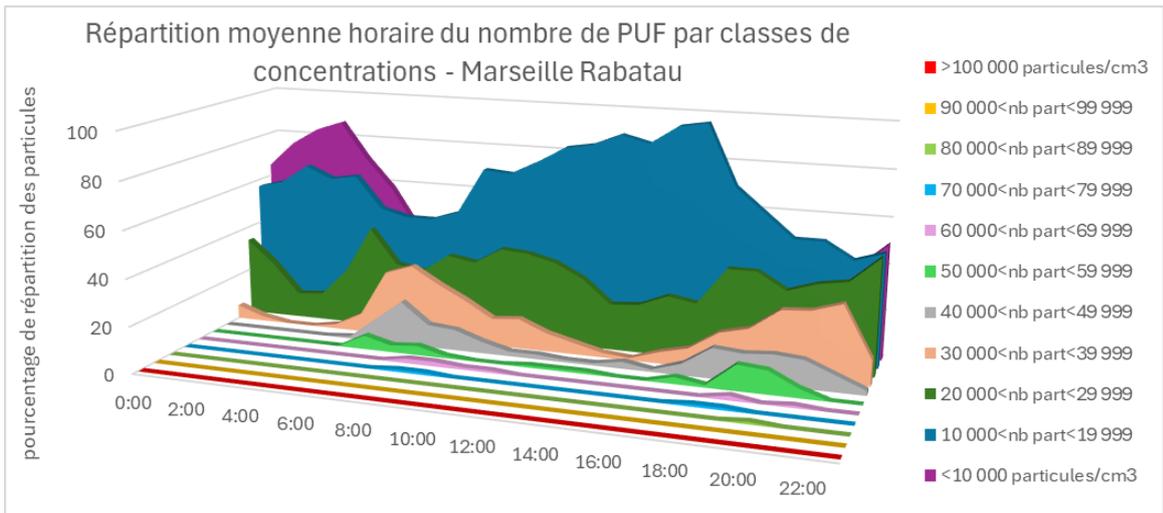
Port-de-Bouc



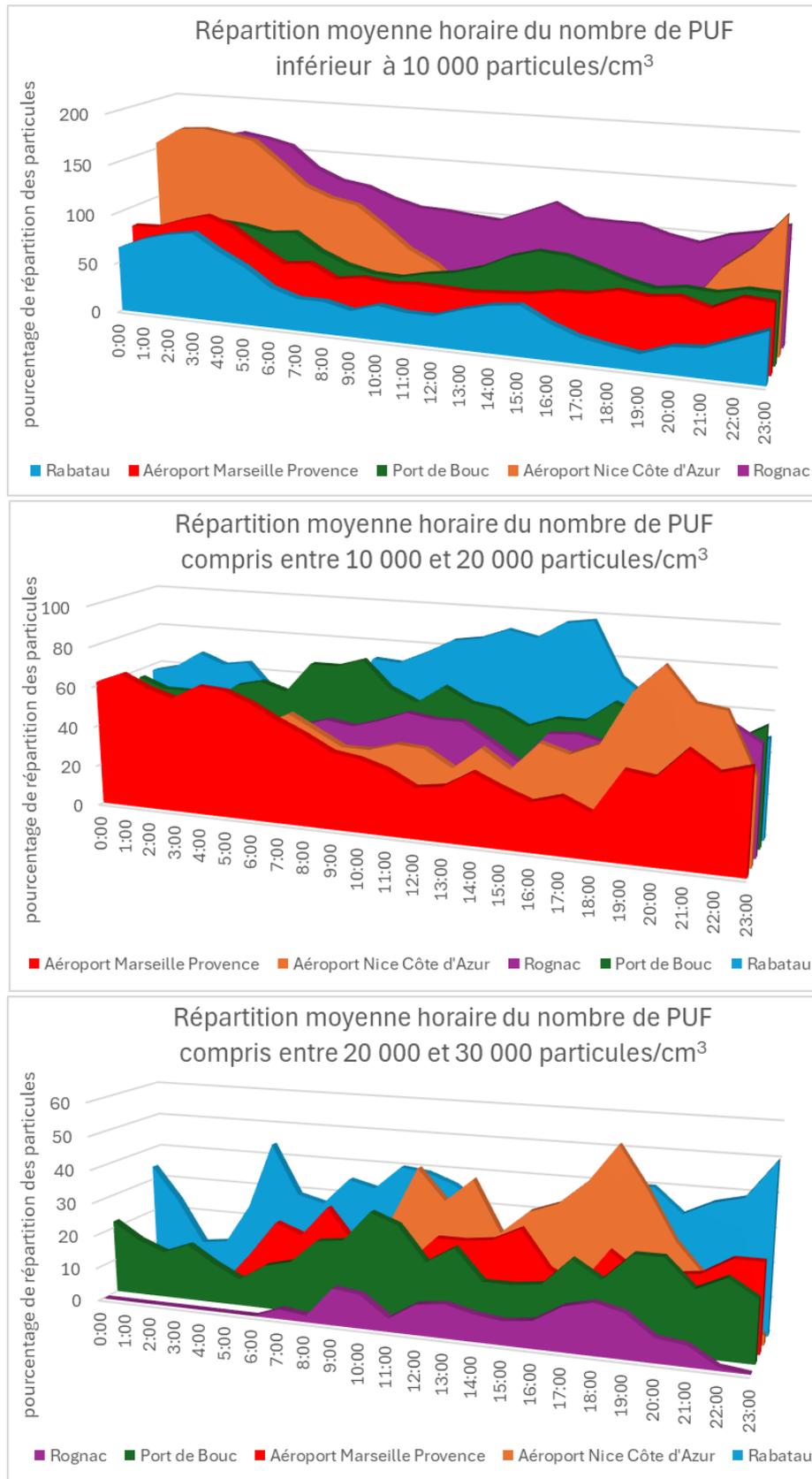
Rognac les Brets

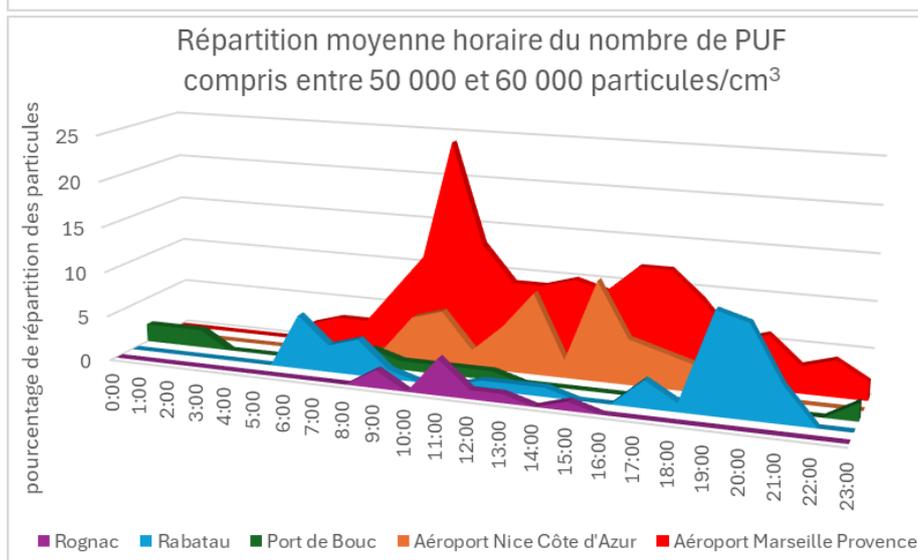
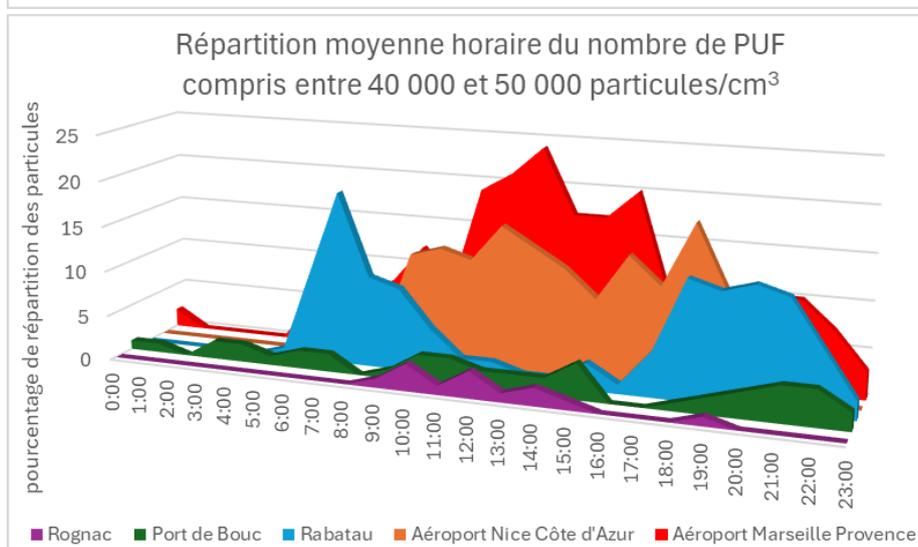
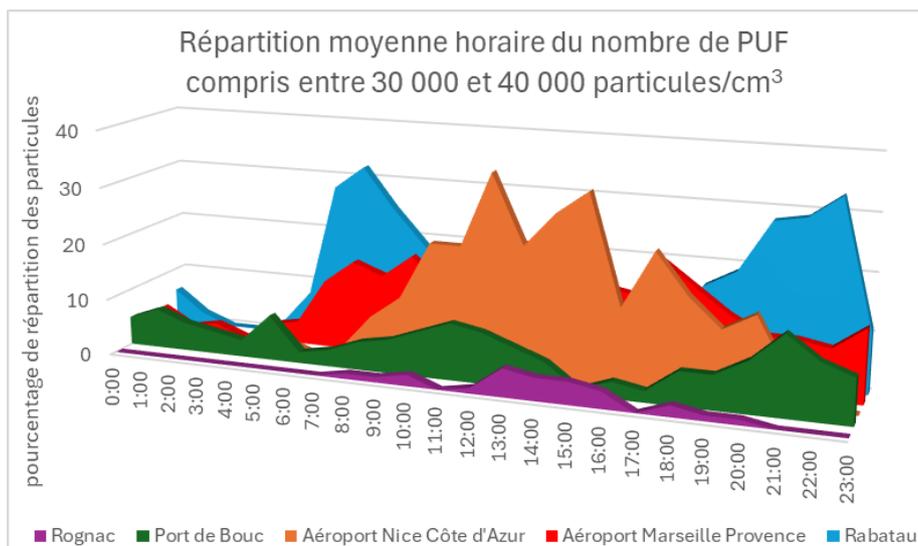


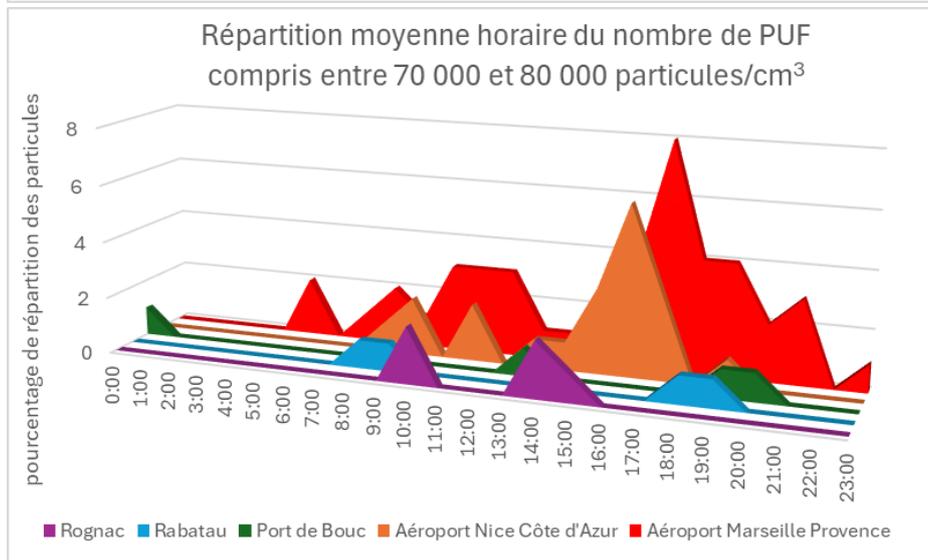
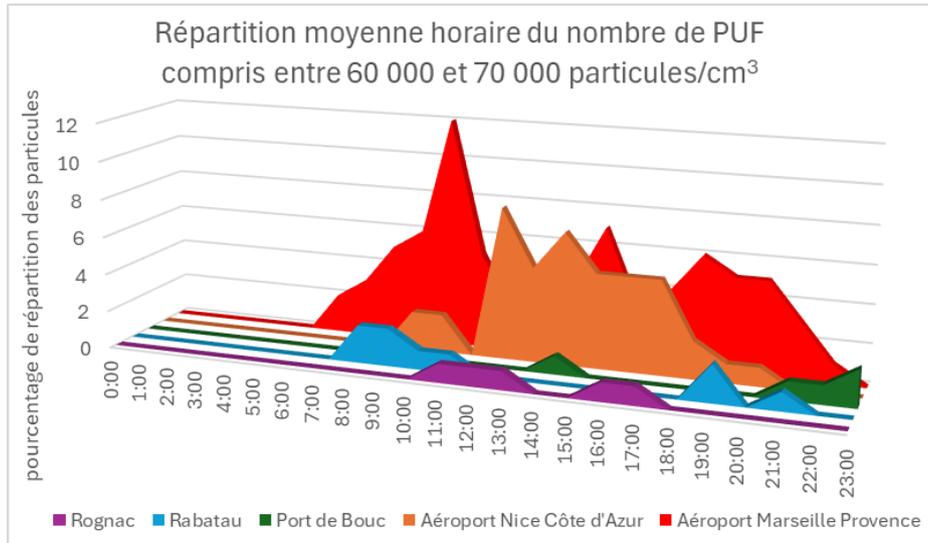
Marseille Rabatau



ANNEXE 7 – REPARTITION HORAIRE DU NOMBRE DE PARTICULES PAR CLASSES DE CONCENTRATION



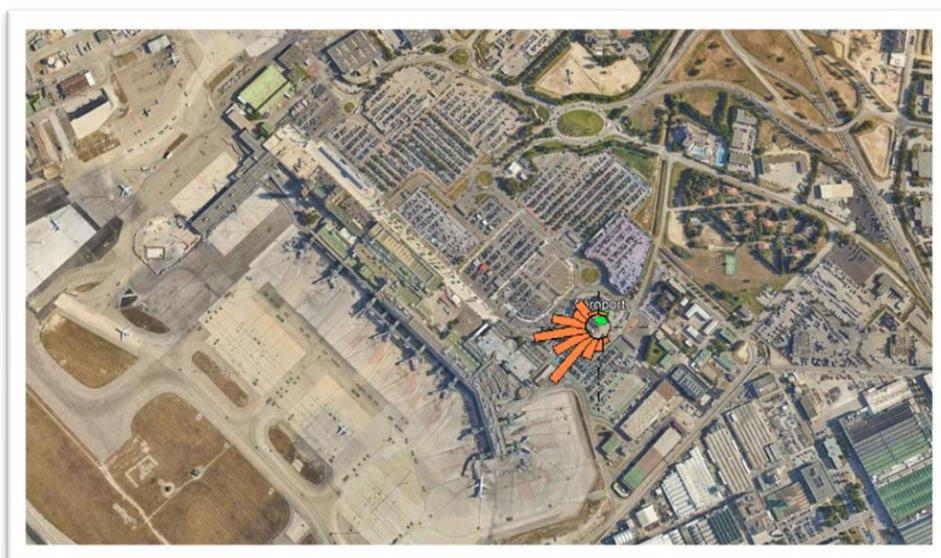




ANNEXE 8 – DETAIL DES 8 VALEURS LES PLUS ELEVEES

Date des 8 valeurs horaires du nombre de particules supérieures à 100 000 particules/cm³ et provenance du vent associée

| Date | Heure (TU) | Nombre de particules/cm ³ | Provenance du vent | Origine possible |
|-------|------------|--------------------------------------|--------------------|------------------|
| 11/07 | 17:00 | 110 070 | SSO | Aéroportuaire |
| 08/08 | 08:00 | 124 850 | NNO | Industrielle |
| 12/08 | 16:00 | 133 070 | SSO | Aéroportuaire |
| 13/08 | 17:00 | 131 250 | SO | Aéroportuaire |
| 20/08 | 18:00 | 102 460 | OSO | Aéroportuaire |
| 23/10 | 12:00 | 114 590 | NO | Industrielle |
| 21/11 | 18:00 | 103 220 | SO | Aéroportuaire |
| 16/12 | 09:00 | 127 280 | SE | Urbain |



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.

 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

Etablissement de Martigues

06Route 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

Contact.air@atmosud.org

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