

Rapport d'étude

La surveillance de la qualité de l'air
à proximité des zones portuaires

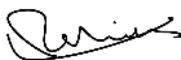
2023

qualitair
CORSE



Mesurer · Accompagner · Informer



	Rédaction	Relecture	Validation
Nom	Louis RENIERS	Gabrielle POCHE	Jean-Luc SAVELLI
Qualité	Chargé d'études	Responsable études	Directeur
Visa			

Sommaire

Table des figures.....	5
Table des tableaux.....	7
Liste des abréviations et acronymes	8
Introduction et contexte	9
Etat des lieux et matériels.....	10
1.1. Sites de mesure	10
1.1.1. Bastia.....	10
1.1.2. Ajaccio	10
1.2. Polluants surveillés et matériel de mesure.....	11
1.2.1. Particules en suspension	11
1.2.2. Black carbon.....	12
1.2.3. Dioxyde d'azote.....	13
1.2.4. Dioxyde de soufre.....	14
2. Résultats et interprétations.....	15
2.1. Bastia	15
2.1.1. Particules en suspension	15
2.1.2. Black Carbon Fuel Fossil (BCff).....	15
2.1.3. Nombre de particules	19
2.1.4. Dioxyde d'azote.....	22
2.1.5. Dioxyde de soufre.....	25
2.1.6. Bilan des mesures 2023.....	27
2.2. Ajaccio	28

2.2.1. Particules en suspension	28
2.2.2. Black Carbon Fuel Fossil (BCff).....	29
2.2.3. Nombre de particules	32
2.2.4. Dioxyde d'azote.....	35
2.2.5. Dioxyde de soufre.....	38
2.2.6. Bilan des mesures 2023.....	41
3. Description de journées avec une forte activité portuaire	43
3.1. 18 août à Bastia	43
3.2. 26 août à Ajaccio.....	45
Conclusion	48
Annexe 1 : Tableau des seuils réglementaires et recommandations OMS.....	49
Annexe 2 : Roses de pollution des particules en suspension à Bastia	51
Annexe 3 : Guide de lecture des boîtes à moustache	52
Annexe 4 : Profil journalier de l'activité portuaire à Bastia	53
Annexe 5 : Profil journalier de l'activité portuaire à Ajaccio	54
Annexe 6 : Roses de pollution des particules en suspension à Ajaccio	55

Table des figures

Figure 1 : Sites de mesure à Bastia (bleu : station portuaire, rouge : station urbaine)	10
Figure 2 : Sites de mesure à Ajaccio (bleu : station portuaire, rouge : station urbaine, triangle : site temporaire)	11
Figure 3 : Granulomètre Fidas 200.....	12
Figure 4 : Magee aethalomètre AE33.....	13
Figure 5 : Thermo Scientific Model 42i.....	13
Figure 6 : Thermo Scientific Model 43i.....	14
Figure 7 : Niveaux de concentration moyens en PM10 et PM2.5 d'août à fin 2023 à Bastia	15
Figure 8 : Rose de pollution du BCff au port de Bastia.....	16
Figure 9 : Profil journalier des concentrations horaires en BCff à la station Pascal Lota	16
Figure 10 : Boîte à moustache du BCff d'août à fin 2023 sur la station de Pascal Lota.....	17
Figure 11 : Niveaux de concentration journaliers moyens en PMwb, PMff, PM10 et nombre d'escales au port de Bastia.....	18
Figure 12 : Niveaux de concentration moyens en nombre de particules sur le d'août à fin 2023 à Bastia	19
Figure 13 : Roses de pollution du nombre de particules à Bastia	20
Figure 14 : Profils journaliers du nombre de particules à Bastia (Heure UTC).....	20
Figure 15 : Boîtes à moustache du nombre de particules d'août à fin 2023 à Bastia	21
Figure 16 : Concentrations moyennes journalières en nombre de particules et nombre d'escales au port de Bastia	21
Figure 17 : Niveaux de concentration moyens en NO ₂ d'août à fin 2023 à Bastia	22
Figure 18 : Roses de pollutions du NO ₂ à Bastia.....	23
Figure 19 : profils journaliers moyen du NO ₂ à Bastia	23
Figure 20 : Boîte à moustache des concentrations horaires de NO ₂ d'août à fin 2023 à Bastia	24

Figure 21 : Niveaux de concentration moyens journaliers en dioxyde d'azote et nombre d'escales par jour.....	24
Figure 22 : Rose de pollution du dioxyde de soufre au port de Bastia	25
Figure 23 : Profil journalier du niveau de concentration en SO ₂ au port de Bastia (Heure UTC).....	26
Figure 24 : Répartition des concentrations horaires en SO ₂ d'août à fin 2023 à Bastia Pascal Lota.....	26
Figure 25 : Comparaison de niveaux de concentration journaliers en SO ₂ avec le nombre d'escales au port de Bastia	27
Figure 26 : Niveaux de concentrations moyens en particules en suspension d'août à fin 2023 à Ajaccio	29
Figure 27 : Niveaux de concentration moyens en BCff d'août à fin 2023 à Ajaccio.....	29
Figure 28 : Roses de pollution du BCff à Ajaccio	30
Figure 29 : Profil journalier du BCff à Ajaccio.....	31
Figure 30 : Niveaux de concentration journaliers moyens en PMwb, PMff, PM10 et nombre d'escales au port d'Ajaccio.....	32
Figure 31 : Niveaux de concentration moyens en nombre de particules d'août à fin 2023 à Ajaccio	33
Figure 32 : Roses de pollution du nombre de particules à Ajaccio.....	33
Figure 33 : Profils journaliers du nombre de particules à Ajaccio (heure UTC)	34
Figure 34 : Boîtes à moustache du nombre de particules d'août à fin 2023 à Ajaccio.....	34
Figure 35 : Niveaux de concentration journaliers en nombre de particules et nombre d'escales à Ajaccio	35
Figure 36 : Niveaux de concentration en NO ₂ d'août à fin 2023 à Ajaccio.....	36
Figure 37 : Roses de pollution du NO ₂ à Ajaccio.....	36
Figure 38 : profils journaliers du NO ₂ à Ajaccio.....	37
Figure 39 : Répartition des niveaux de concentration horaires en NO ₂ d'août à fin 2023 à Ajaccio	37
Figure 40 : Niveaux de concentration journaliers en NO ₂ et nombre d'escales à Ajaccio	38
Figure 41 : Rose de pollution du SO ₂ à Ajaccio parking Marconajo.....	39
Figure 42 : Profil journalier du dioxyde de soufre sur la station du parking Marconajo (Heure UTC) ..	39

Figure 43 : Répartition des concentrations horaires en SO₂ d'août à fin 2023 à Ajaccio40

Figure 44 : Niveaux de concentration journalier en SO₂ et nombre d'escales à Ajaccio41

Figure 45 : Roses des vents sur à Bastia Fango les 18 août 202343

Figure 46 : Evolution du nombre de navires à quai et des niveaux de concentration quart-horaires en NO₂, SO₂, BCff, nombre de particules, PM10 et PM2.5 à la station de Bastia Pascal Lota pendant la journée du 18 août 202344

Figure 47 : Rose des vents à Ajaccio pylône Nord45

Figure 48 : Evolution du nombre de navires à quai et des niveaux de concentration quart-horaires en NO₂, SO₂, BCff et en nombre de particules à la station d'Ajaccio parking Marconajo pendant la journée du 26 août 202346

Table des tableaux

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des mesures de la station Bastia Pascal Lota pendant le second semestre 202328

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des mesures de la station Ajaccio Parking Marconajo pendant le second semestre 2023.....42

Liste des abréviations et acronymes

AASQA : Association Agréée pour la Surveillance de l'Air

ANSES : Agence Nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

ARS : Agence Régionale de Santé

CCI : Chambre de Commerce et d'Industrie

NO₂ : Dioxyde d'azote

PM10 : Particules de moins de 10 µm de diamètre

PM2.5 : Particules de moins de 2,5 µm de diamètre

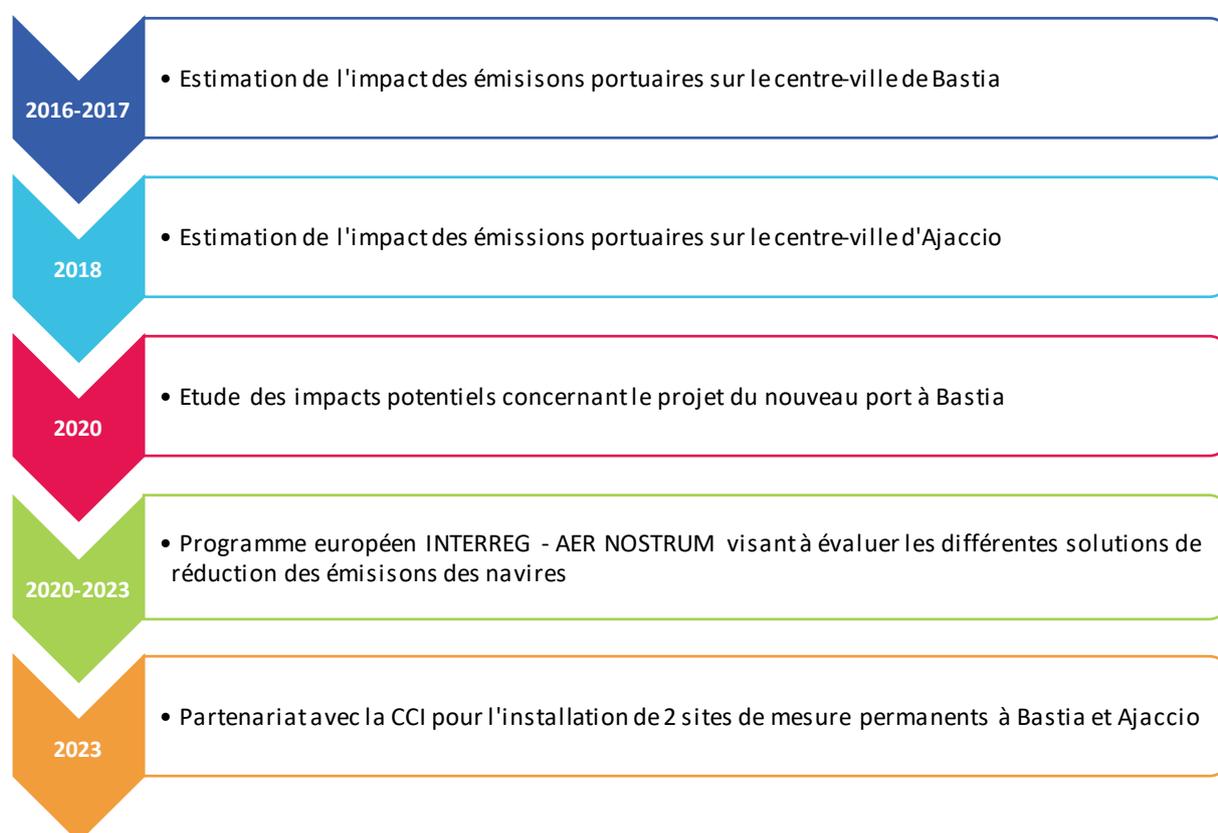
BCff : Black Carbon fossil fuel

BCwb : Black Carbon wood burning

SO₂ : Dioxyde de soufre

Introduction et contexte

Dans la continuité du programme européen AER NOSTRUM, Qualitair Corse a poursuivi la surveillance de la qualité de l'air dans les ports de Bastia et Ajaccio, grâce à un partenariat avec la CCI de Corse qui a permis l'installation de sites de mesures permanents dès août 2023 sur les deux ports. L'augmentation de l'activité portuaire s'accompagne d'une préoccupation croissante quant à son impact sur l'environnement et la qualité de l'air. Les émissions provenant des navires, des engins portuaires et des activités connexes ont suscité des inquiétudes quant à leur influence sur la qualité de l'air, ainsi que sur la santé des habitants et des visiteurs. Dans cette optique, cette étude vise à exploiter les nouvelles données produites par les nouvelles stations de mesures afin d'évaluer l'impact de l'activité portuaire sur la qualité de l'air.



Etat des lieux et matériels

1.1. Sites de mesure

1.1.1. Bastia

La station de surveillance sur le port de Bastia est située sur l'avenue Viale Pascal Lota à proximité immédiate de la gare maritime, qui est à l'Est de celle-ci. De l'autre côté de la station, est présent un des axes routiers majeurs de la ville de Bastia ainsi que le centre-ville. Le positionnement de la station de mesure de Bastia permet tout à la fois de mesurer les incidences de l'activité portuaire mais également celles du trafic routier urbain et celles de l'activité résidentielle. La station a été mise en fonction début août 2023 grâce à un partenariat avec la CCI de Corse.



Figure 1 : Sites de mesure à Bastia (bleu : station portuaire, rouge : station urbaine)

Les données de la station portuaire vont être comparées avec la station urbaine de Giraud, située à proximité du collège du même nom. Cette dernière est éloignée des sources de pollution directes, et est représentative de l'air réellement respiré par les bastiais.

1.1.2. Ajaccio

La station de surveillance de la qualité de l'air du port d'Ajaccio est située au nord du port, sur le parking Marconajo. Côté ouest, la station de mesures est en proximité immédiate de grands axes routiers comme le boulevard Charles Bonaparte et le Cours Napoléon, ainsi que du centre-ville. Comme pour la station portuaire de Bastia, la station du parking Marconajo est exposée à plusieurs sources de pollution autres que les émissions portuaires, notamment le trafic routier et les émissions résidentielles. La station a été installée en août 2023 grâce au soutien de la CCI de Corse et des financements européens. Afin de compléter la surveillance du port d'Ajaccio, une station temporaire nommée DMLC a été installée au Nord du port. Cette situation géographique permet de mesurer l'impact des panaches, en complément des mesures de la station permanente.

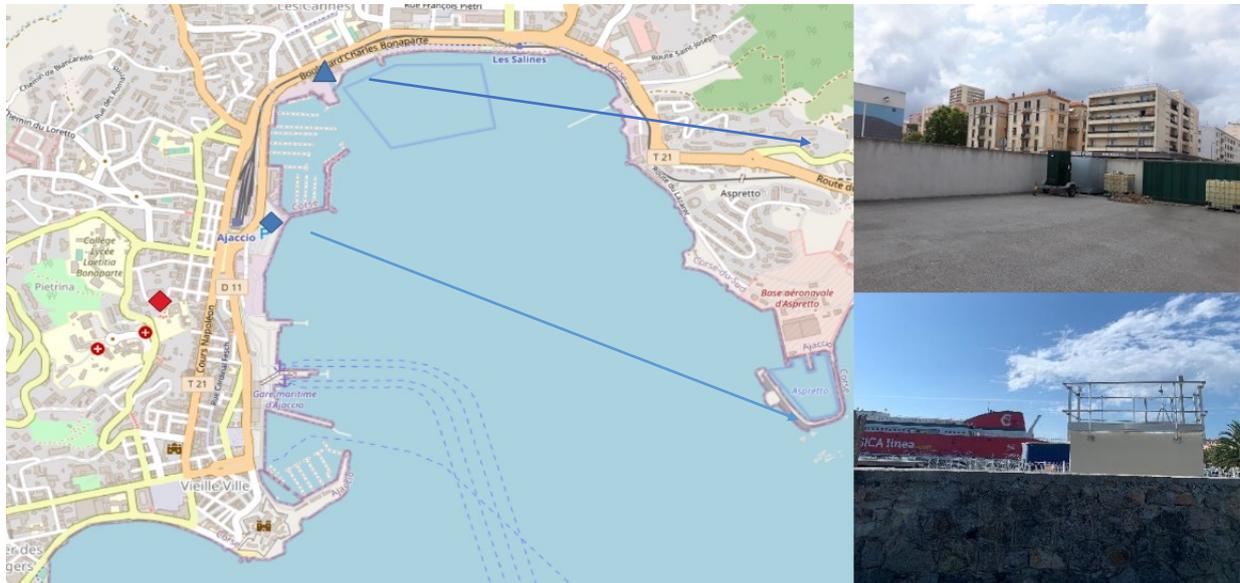


Figure 2 : Sites de mesure à Ajaccio (bleu : station portuaire, rouge : station urbaine, triangle : site temporaire)

Les données de la station portuaire vont également être comparées avec une station urbaine, Canetto, qui représente la qualité de l'air moyenne respirée par les ajacciens.

1.2. Polluants surveillés et matériel de mesure

Les stations de surveillance de la qualité de l'air dans les ports sont équipées de plusieurs appareils de mesures, permettant d'évaluer les niveaux de concentrations de nombreux polluants qui sont listés ci-dessous.

1.2.1. Particules en suspension

- PM10 et PM2.5

Les particules en suspension sont différenciées en deux catégories de taille, les PM10 correspondant aux particules ayant un diamètre inférieur à 10 μ m, et les PM2.5 qui correspondent aux particules qui ont un diamètre inférieur à 2.5 μ m. Polluant aux sources nombreuses (trafic routier, chauffage, maritime, particules sahariennes, etc.), les particules en suspension provoquent des maladies respiratoires et cardiovasculaires¹. La pollution de l'air en particules PM10 et PM2.5 est règlementée par des réglementations françaises et européennes qui définissent des seuils à ne pas dépasser, disponibles en annexe 1.

¹ [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)

- Nombre de particules

En plus de la concentration massique, le nombre de particules est également un paramètre intéressant pour caractériser une pollution atmosphérique. Les concentrations ne sont plus exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mais en nombre de particules par cm^3 . Seules les particules ayant un diamètre compris entre 100 nm et $18\mu\text{m}$ sont comptées.



Figure 3 : Granulomètre Fidas 200

La pollution en particules est surveillée sur les sites portuaires avec l'appareil FIDAS 200 qui utilise le principe de la détection optique de la lumière diffusée par les aérosols (solution de Lorenz-Mie). Associé à un volume optique en forme de T, le FIDAS 200 fournit une mesure très précise, même pour de fortes concentrations, sans erreur de coïncidence. En effet, la cellule optique brevetée permet de s'affranchir des problématiques classiques des compteurs optiques, tels que les effets de bord, les erreurs de coïncidence. L'utilisation d'une source de lumière blanche LED permet de détecter des aérosols de petite taille, présents en forte concentration, tout en fournissant une réponse univoque de la taille des aérosols en fonction de la lumière diffusée². Il n'y a pas de réglementation concernant le nombre de particules.

1.2.2. Black carbon

Le black carbon ou carbone suie est une composante des particules fines PM2.5. C'est du carbone pur issu d'une combustion incomplète de fuels fossiles ou de biomasse. L'exposition au black carbon est responsable de morbidité et de mortalité prématurée³.

² <https://www.addair.fr/aerosols/palas-aerosols/fidas-200-200e-200s/>

³ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3385429/>



Figure 4 : Magee aethalomètre AE33

Les sites de mesure sont également équipés d'un aethalomètre AE33 (figure 4), qui permet de mesurer le carbone suie contenu dans les particules en suspension PM2.5 grâce à une analyse optique sur les particules collectées sur filtre. Cette analyse optique est réalisée avec 7 longueurs d'onde différentes, permettant de différencier deux familles de sources de pollution, le wb (wood burning, brûlage du bois) et le ff (fossil fuel). C'est à cette dernière famille de sources qu'appartiennent les émissions issues de la pollution des navires, mais également celles issues du trafic routier. Ainsi, ce paramètre permet déjà d'écarter un certain nombre de sources. Il n'y a pas de réglementation concernant le black carbon.

1.2.3. Dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote (NO₂) est un gaz issu principalement des moteurs à combustion interne (particulièrement Diesel). Les sources de pollution du NO₂ sont donc principalement le trafic routier, ainsi que tous les autres modes de transport utilisant des combustibles fossiles, incluant les navires. Une exposition au dioxyde d'azote peut irriter les voies respiratoires et aggraver les maladies respiratoires⁴.



Figure 5 : Thermo Scientific Model 42i

⁴<https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/types-of-pollutants>

Les sites de surveillance portuaires sont équipés d'un Thermo Scientific Model 42i qui mesure le niveau de concentration en oxydes d'azote dans l'air à partir de la technologie de chimiluminescence.

La pollution de l'air en NO₂ est règlementée par des réglementations françaises et européennes qui définissent des seuils à ne pas dépasser, disponibles en annexe 1.

1.2.4. Dioxyde de soufre

Le dioxyde de soufre (SO₂) est un indicateur de la pollution liée aux combustibles fossiles. Les niveaux de concentration dans l'air de ce polluant sont en baisse depuis les années 1950, notamment grâce à la baisse du taux de soufre dans les combustibles fossiles. Concernant les navires, la limite de la teneur en soufre est passée de 3,5% à 0,5% en 2020⁵. Cette mesure inscrite dans la convention MARPOL devrait entraîner une réduction de 70% des émissions d'oxydes de soufre provenant des transports maritimes. L'inhalation de dioxyde de soufre provoque l'irritation des voies respiratoires et peut provoquer des maladies de longue durée comme l'asthme.



Figure 6 : Thermo Scientific Model 43i

Le dioxyde de soufre est mesuré sur les stations portuaires grâce à l'analyseur Thermo Scientific Model 43i utilisant la technologie de fluorescence. La pollution de l'air en SO₂ est règlementée par des réglementations françaises et européennes qui définissent des seuils à ne pas dépasser, disponibles en annexe 1.

⁵ <https://www.imo.org/fr/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx>

2. Résultats et interprétations

2.1. Bastia

2.1.1. Particules en suspension

Le niveau de concentration en particules mesuré sur la station portuaire de Bastia pendant la seconde moitié de l'année 2023 est légèrement supérieur à celui de la station urbaine de Giraud même s'ils sont très comparables (cf. Figure 7). La valeur limite en moyenne annuelle, donnée **à titre indicatif** car les mesures n'ont pas été réalisées sur une année complète, est très largement respectée. Les roses de pollution (Annexe 2) indiquent les mêmes directions ce qui signifie que les sources sont éloignées des stations de mesures (épisodes saharien, feux, remise en suspension, etc.). La recommandation OMS, également donnée **à titre indicatif**, est respectée pour les PM10 mais est dépassée pour les PM2.5. A noter que la ligne directrice de l'OMS pour les PM2.5 est passée en 2021 de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Un récapitulatif des dépassements des seuils réglementaires et des recommandations de l'OMS est disponible dans le tableau 1 de la partie 2.1.6.

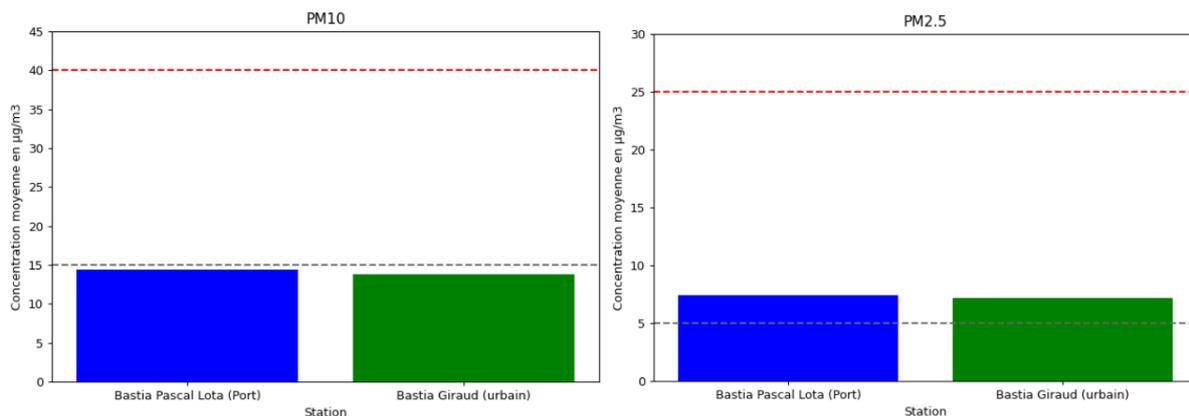


Figure 7 : Niveaux de concentration moyens en PM10 et PM2.5 d'août à fin 2023 à Bastia

{ - - valeur limite en moyenne annuelle
 - - recommandation OMS en moyenne annuelle}

2.1.2. Black Carbon Fuel Fossil (BCff)

La figure 8 représente la rose de pollution du BCff sur la station Pascal Lota à Bastia. Elle indique que si des concentrations moyennes proviennent de tous les côtés, les plus fortes concentrations ont été mesurées lorsque le vent venait de l'Est, c'est-à-dire de la direction des quais. Les niveaux de concentration à cette localisation sont donc davantage influencés par l'activité maritime que par l'axe routier de l'avenue Pascal Lota, qui est également située à proximité immédiate.

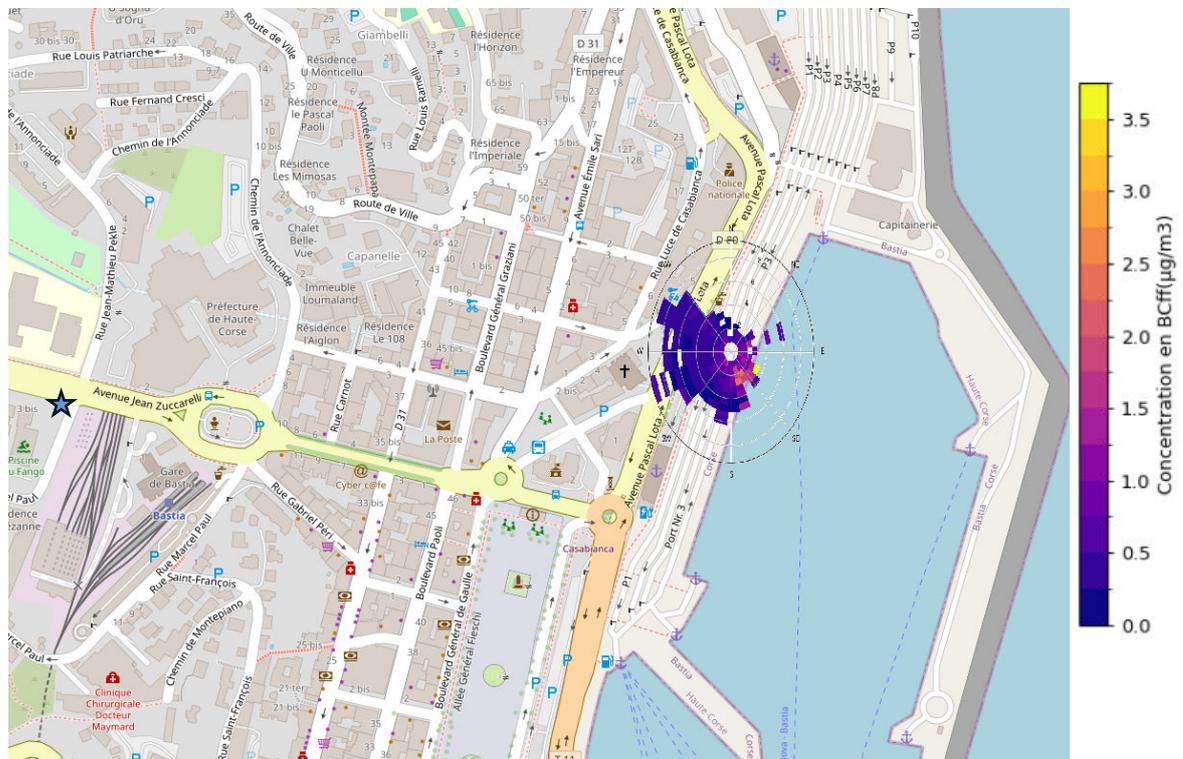


Figure 8 : Rose de pollution du BCff au port de Bastia

(★ : station météo de référence)

La figure 9 représente le profil journalier des concentrations horaires sur la seconde moitié de l'année 2023. C'est un profil typique retrouvé sur toutes les typologies de station, avec un pic en matinée vers 7h et un pic de concentration en fin d'après-midi vers 18h, qui correspondent généralement aux heures de pointe du trafic routier. Il est cependant difficile d'estimer la contribution de l'activité portuaire à ce profil journalier, car les départs et arrivées des navires sont les plus nombreux sur ces mêmes créneaux.

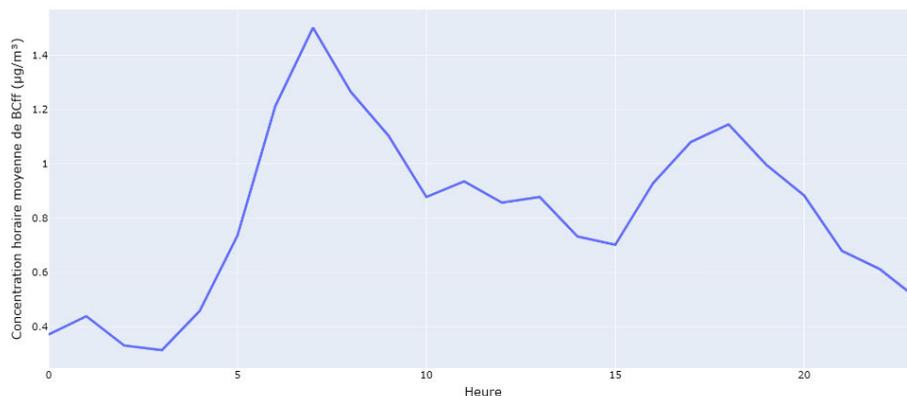


Figure 9 : Profil journalier des concentrations horaires en BCff à la station Pascal Lota

Un guide de lecture des boîtes à moustache est disponible en annexe 3. Celui du BCff sur la station portuaire de Bastia indique qu'environ 95% des concentrations horaires mesurées sont entre 0 et 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cependant, des niveaux de concentration horaires individuels, représentés par des points en dehors de la boîte à moustache, atteignent des valeurs beaucoup plus élevées, jusqu'à 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

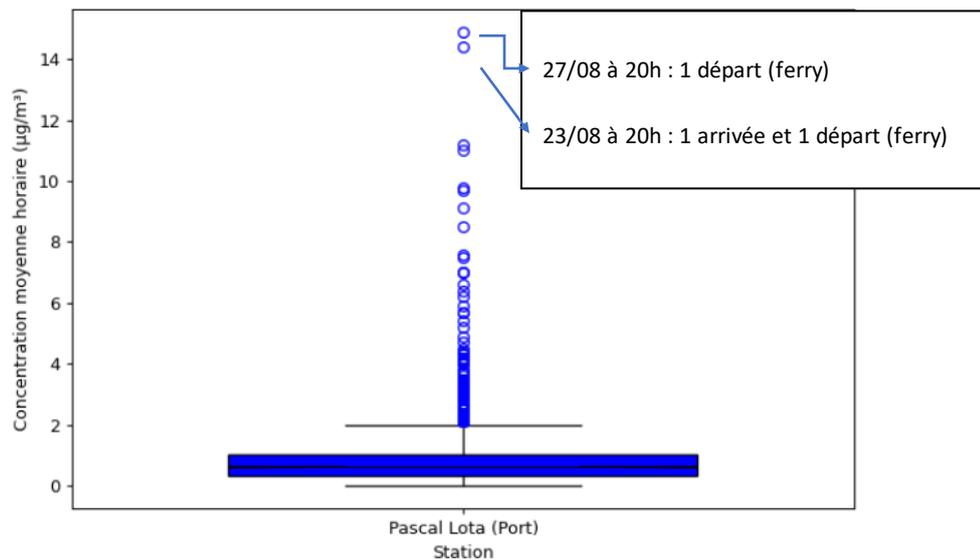


Figure 10 : Boite à moustache du BCff d'août à fin 2023 sur la station de Pascal Lota

Les aethalomètres employés pour mesurer les concentrations de carbone suie permettent de discriminer la part provenant de la combustion de biomasse (BCwb) de celle émise par la combustion de combustibles fossiles (BCff).

Actuellement il n'existe pas de réglementation qui concerne le Black Carbon en tant que tel. C'est pourquoi à partir des deux fractions de carbone suie, il est possible d'estimer les concentrations massiques en particules en suspension (PM10) attribuables à la combustion de combustibles fossiles (PMff) et celles liées à la combustion de biomasse (PMwb). Le passage des fractions BCff et BCwb aux concentrations en particules, PMff et PMwb, se calcule en appliquant des coefficients (a et b) :

$$\text{PMff} = a \times \text{BCff}$$

$$\text{PMwb} = b \times \text{BCwb}$$

$$\text{PMBC estimé} = \text{PMff} + \text{PMwb}$$

Dans l'attente d'une étude permettant d'évaluer ces coefficients pour les sites ciblés par cette étude, des valeurs issues de la littérature et d'études menées par le LCSQA⁶ seront employées :

$$a = 2 \text{ et } b = 10$$

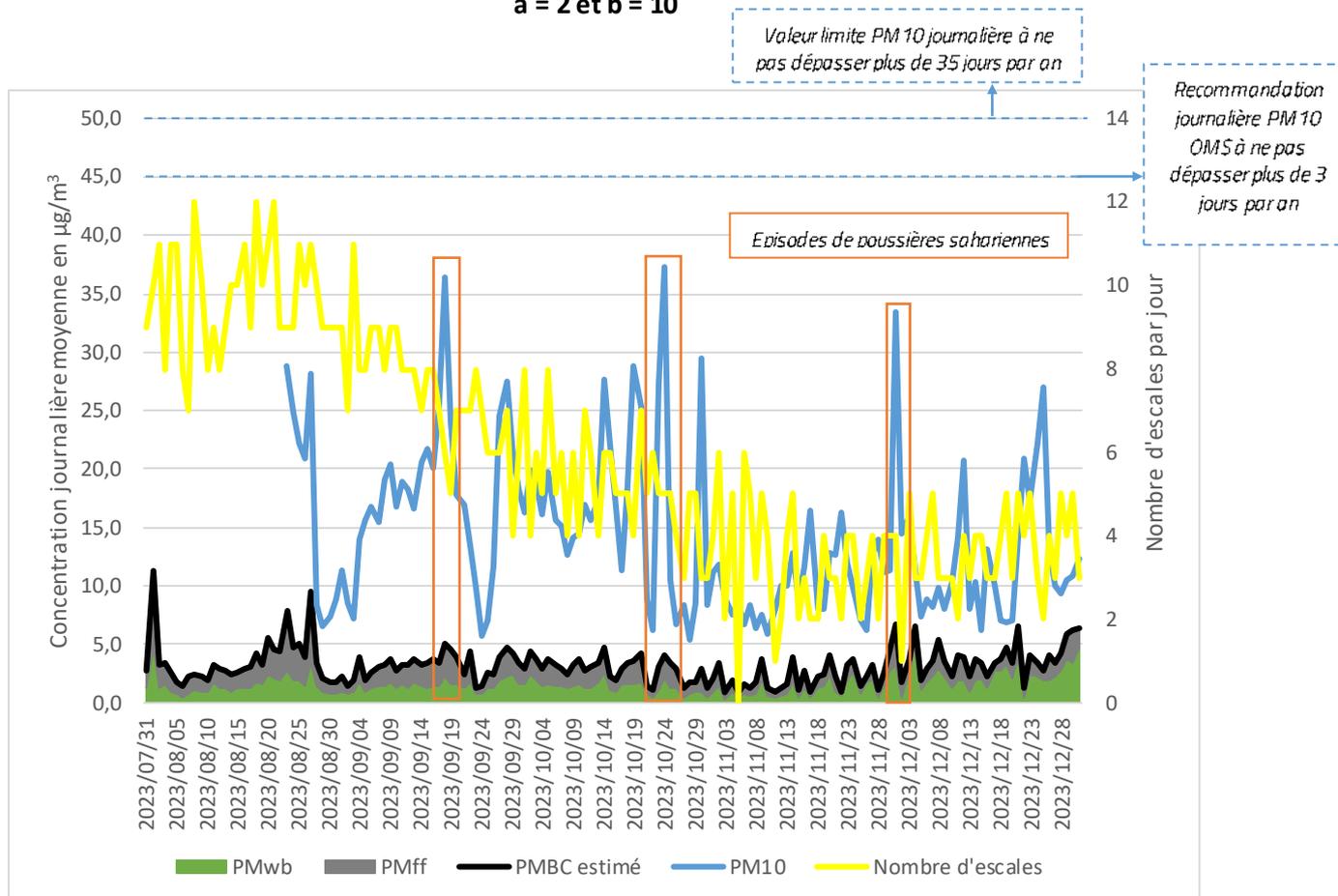


Figure 11 : Niveaux de concentration journaliers moyens en PMwb, PMff, PM10 et nombre d'escales au port de Bastia

L'estimation des PM depuis le BC permet de pouvoir comparer avec les valeurs limites existantes pour les particules fines qui ne sont pas dépassées. Un récapitulatif des dépassements des seuils réglementaires et des recommandations de l'OMS est disponible dans le tableau 1 de la partie 2.1.6.

L'activité portuaire (cf. Figure 11) est la plus intense pendant la période estivale avec environ 10 escales journalières, et perd peu à peu en intensité à partir du mois de septembre avec environ 4 escales par jour en fin d'année. La pollution en Black Carbon est caractérisée par une grande part d'origine fossil fuel en période estivale qui diminue en période hivernale pour donner place à du Black Carbon d'origine wood burning. Cependant, il ne semble pas y avoir de corrélation parfaite

⁶https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/LCSQA2019-Guide_mesure_BlackCarbon_par_AE33_VF03-Approuv%C3%A9CPS15122020.pdf

entre le nombre d'escales et le niveau de concentration en BCff, cette corrélation dépend en effet des conditions météorologiques.

A noter, les niveaux de concentration en Black Carbon relevés sur la station de Pascal Lota n'ont pas pu être comparés avec la station de Giraud car cette dernière station de mesure n'est pas équipée d'un aethalomètre AE33.

2.1.3. Nombre de particules

Le niveau de concentration en nombre de particules sur la station urbaine (Giraud) est légèrement supérieur à celui de la station portuaire (Pascal Lota) (figure 12).

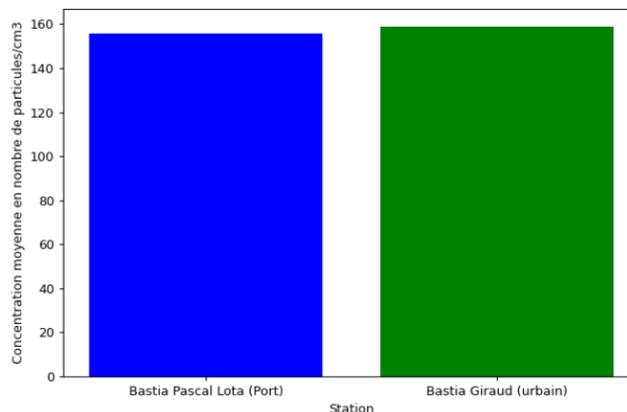


Figure 12 : Niveaux de concentration moyens en nombre de particules sur le d'aout à fin 2023 à Bastia

La figure 13 représente les roses de pollution du nombre de particules sur les stations de Bastia. Sur la station portuaire, les concentrations les plus fortes sont relevées avec un vent d'Ouest, c'est-à-dire en provenance de l'avenue Pascal Lota et sont donc très probablement dues au trafic routier. De fortes concentrations sont également relevées avec un vent venant du port. A Giraud, les niveaux élevés de concentration semblent plutôt venir des zones résidentielles.

Actuellement, il n'existe pas de seuils réglementaires ni de recommandations OMS pour le nombre de particules.

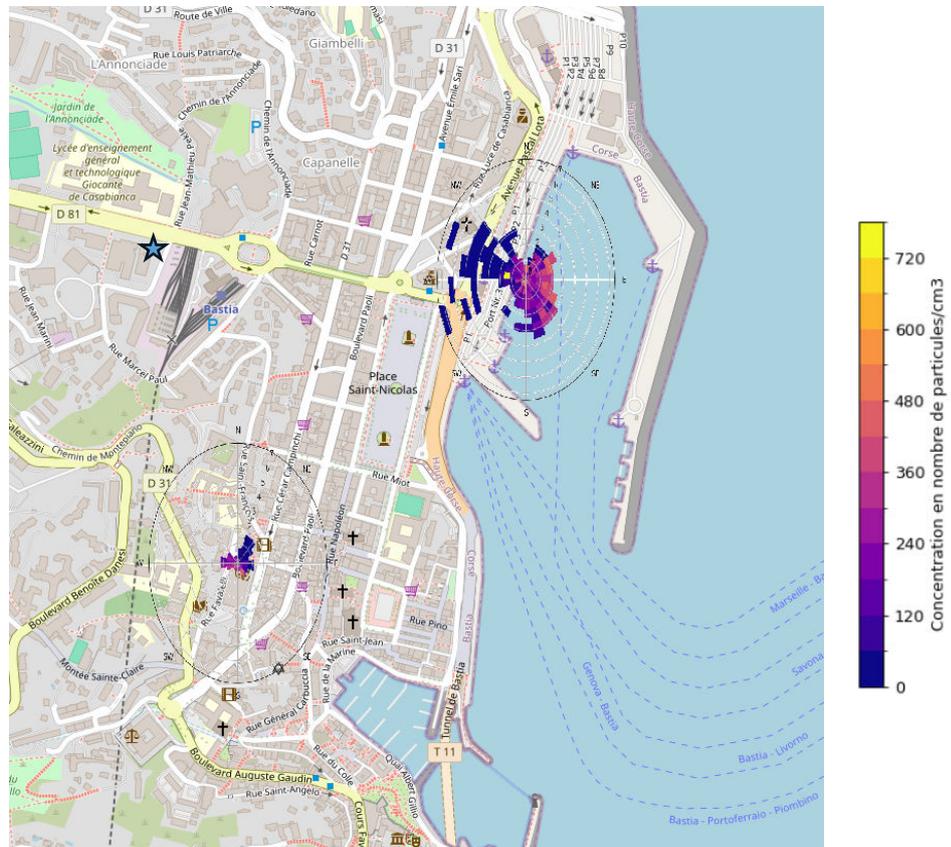


Figure 13 : Roses de pollution du nombre de particules à Bastia

(★ : station météo de référence pour la rose du port)

La figure 14 compare les profils journaliers du nombre de particules sur les stations de Giraud et Pascal Lota. Les deux profils journaliers sont très proches avec un pic de concentration dans la soirée de 18h à 20h. Les roses de pollution indiquant que les plus fortes concentrations viennent de l'Est, ces profils journaliers pourraient correspondre avec les pics d'activité portuaire.

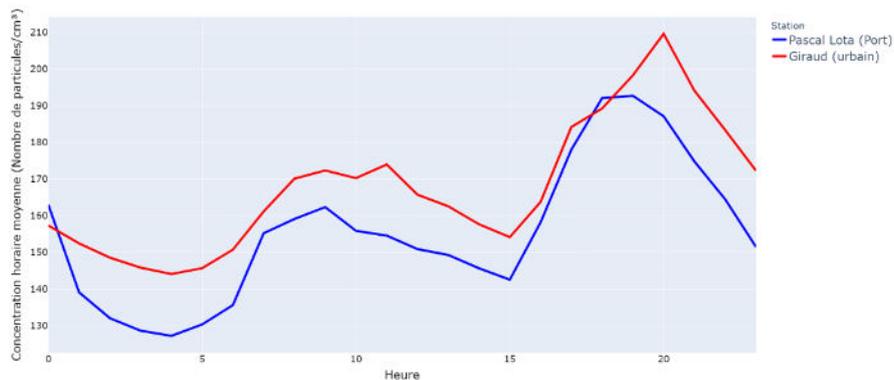


Figure 14 : Profils journaliers du nombre de particules à Bastia (Heure UTC)

Les « boîtes à moustaches » (cf. Figure15) sont également très proches, une médiane légèrement plus importante sur la station de Giraud. Cependant, les niveaux de concentration horaires individuels représentés par des points en dehors de la boîte à moustache, sont répartis sur une plus grande plage de valeurs, allant jusqu'à plus de 3000 particules/cm³, mais ces hausses de niveau de concentration ne correspondent pas avec des escales de navires. Le niveau de pollution en nombre de particules sur la station Pascal Lota n'est donc pas nécessairement plus important, mais est sujet à des pollutions ponctuelles plus importantes que ce qui est observable en situation de fond urbain.

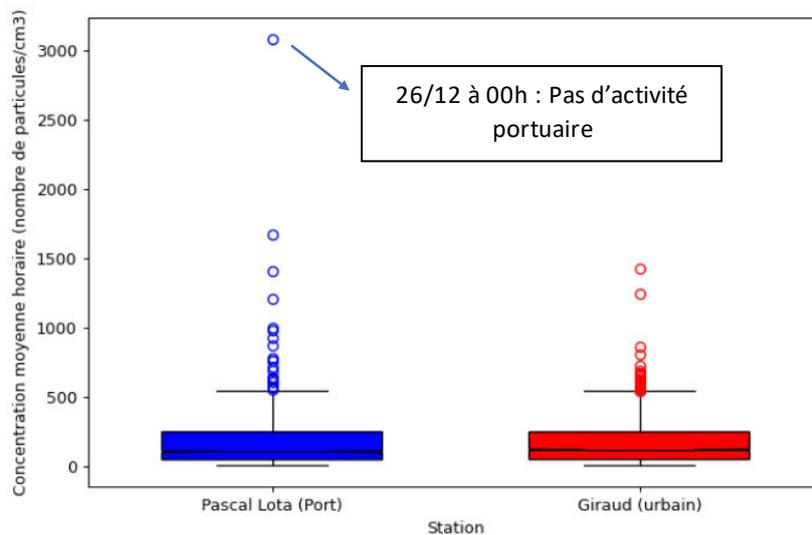


Figure 15 : Boîtes à moustache du nombre de particules d'aout à fin 2023 à Bastia

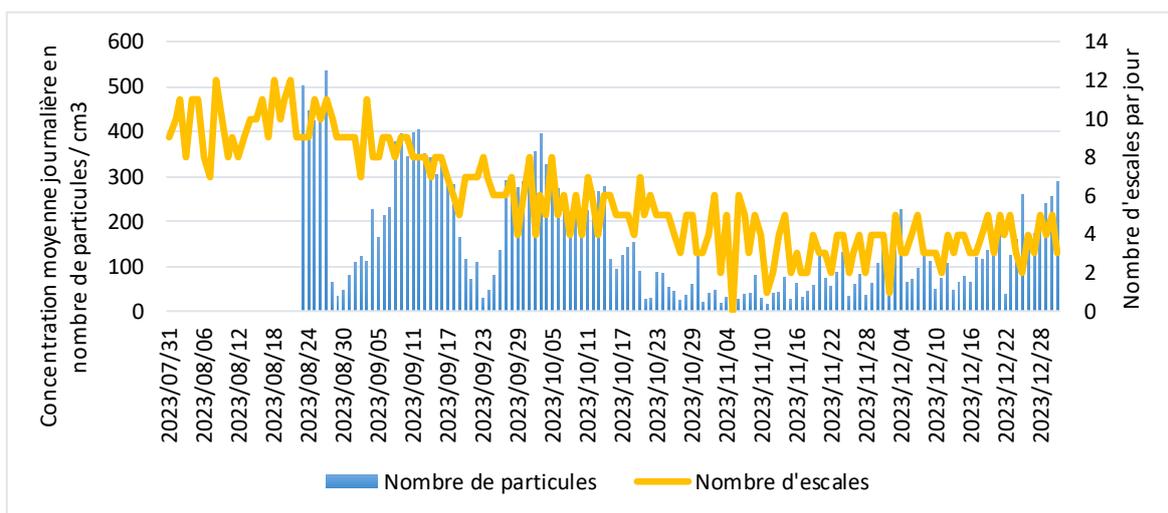


Figure 16 : Concentrations moyennes journalières en nombre de particules et nombre d'escales au port de Bastia

La figure 16 compare les concentrations journalières (bleu) avec le nombre d'escales au port de Bastia (orange). Si le nombre de particules est assez irrégulier, les concentrations sont de manière générale plus importantes en saison chaude, quand l'activité portuaire est encore soutenue.

Cependant, il ne semble pas y avoir de corrélation directe entre le nombre d'escales et le niveau de concentration en nombre de particules. Les niveaux de concentration augmentent à nouveau légèrement ensuite pendant l'hiver, probablement en raison du chauffage au bois avec l'arrivée des températures froides. Cette remontée des niveaux de concentration démontre la multitude de sources qui peut impacter la pollution en particules ultrafines.

2.1.4. Dioxyde d'azote

Pendant la seconde moitié de l'année 2023, le niveau de concentration moyen en dioxyde d'azote a été bien plus important sur le site de mesure portuaire de Pascal Lota avec plus de $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur cette période contre $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur la station de Giraud. La valeur limite en moyenne annuelle, donnée **à titre indicatif** car les mesures n'ont pas été réalisées sur une année complète, est très largement respectée. Cependant, la recommandation de l'OMS, également donnée **à titre indicatif**, est dépassée d'environ $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site portuaire Pascal Lota. Un récapitulatif des dépassements des seuils réglementaires et des recommandations de l'OMS est disponible dans le tableau 1 de la partie 2.1.6.

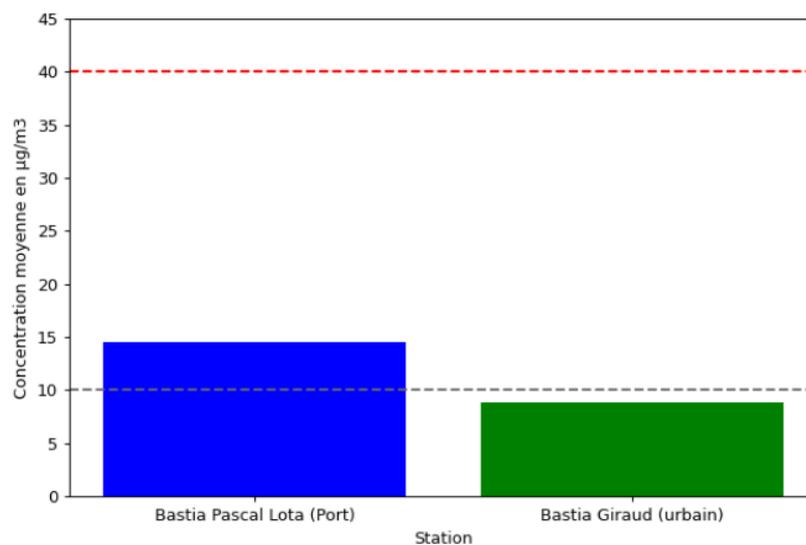


Figure 17 : Niveaux de concentration moyens en NO_2 d'août à fin 2023 à Bastia

(- - valeur limite en moyenne annuelle
 - - recommandation OMS en moyenne annuelle)

La figure 18 représente les roses de pollution du dioxyde d'azote sur les stations de Pascal Lota et Giraud à Bastia. La rose de pollution de Giraud, indique que les plus fortes concentrations horaires ont été relevées avec un vent d'Ouest, en provenance des zones résidentielles. Celle de la station portuaire, où les concentrations les plus élevées ont été observées, indique que le dioxyde d'azote peut venir de toutes les directions, mais les plus fortes concentrations ont été observées avec un vent venant du port.

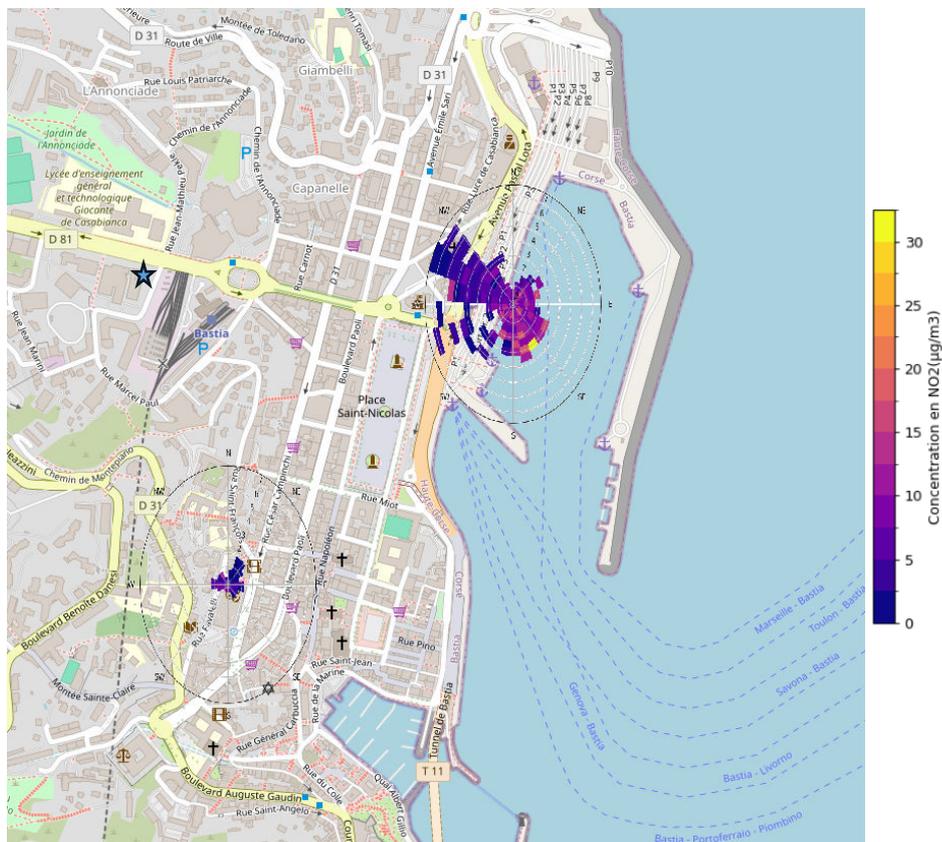


Figure 18 : Roses de pollutions du NO₂ à Bastia

(★ : station de référence pour la rose du port)

Les profils journaliers ont une allure similaire sur les deux sites bastiais, mais avec des niveaux de concentration supérieurs sur la station de Pascal Lota ainsi que des pics plus importants (cf. Figure 19). Le profil journalier sur la station portuaire présente une légère augmentation en milieu de journée, qui correspond bien avec le profil moyen de l'activité portuaire (annexe 4).

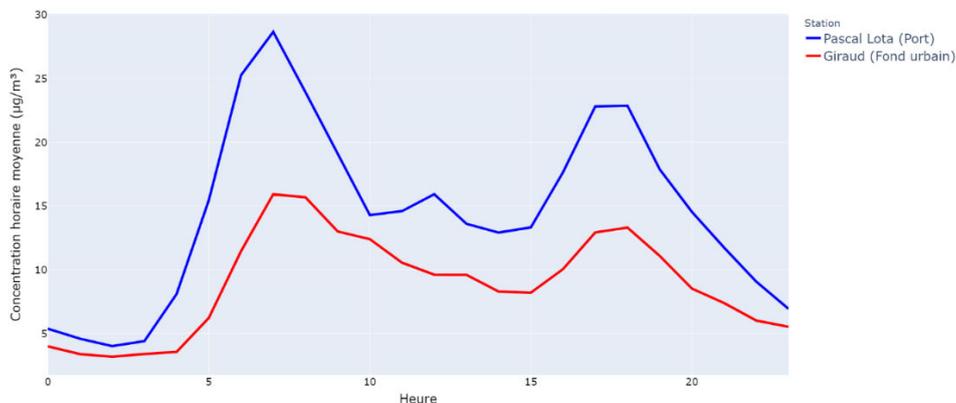


Figure 19 : profils journaliers moyen du NO₂ à Bastia

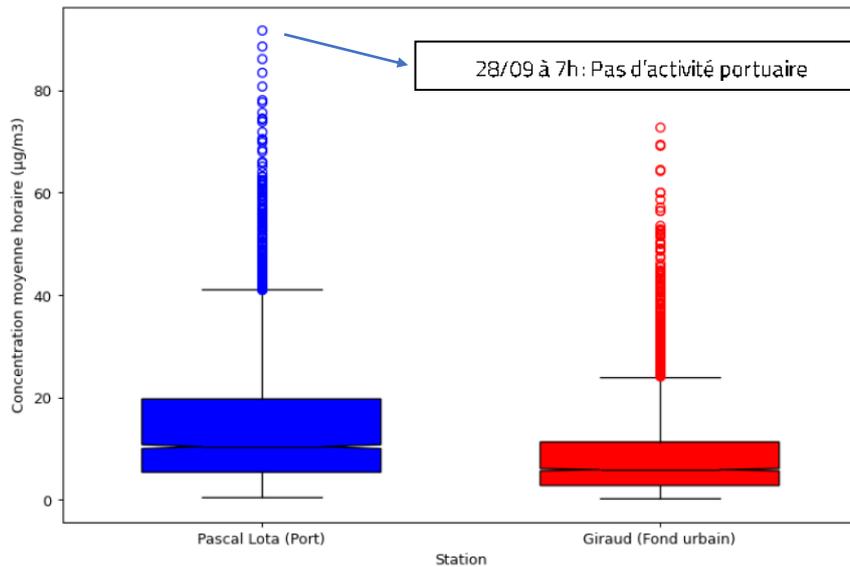


Figure 20 : Boîte à moustache des concentrations horaires de NO₂ d'août à fin 2023 à Bastia

La répartition des niveaux de concentration horaires est plus importante sur le site portuaire avec une médiane de 50% plus haute que sur le site de fond urbain (15.5 contre 10 µg/m³). Les niveaux de concentration horaires individuels représentés par des points en dehors de la boîte à moustache, sont également plus nombreuses sur le site de Pascal Lota, avec des valeurs allant jusqu'à plus de 90 µg/m³ (cf. Figure 20).

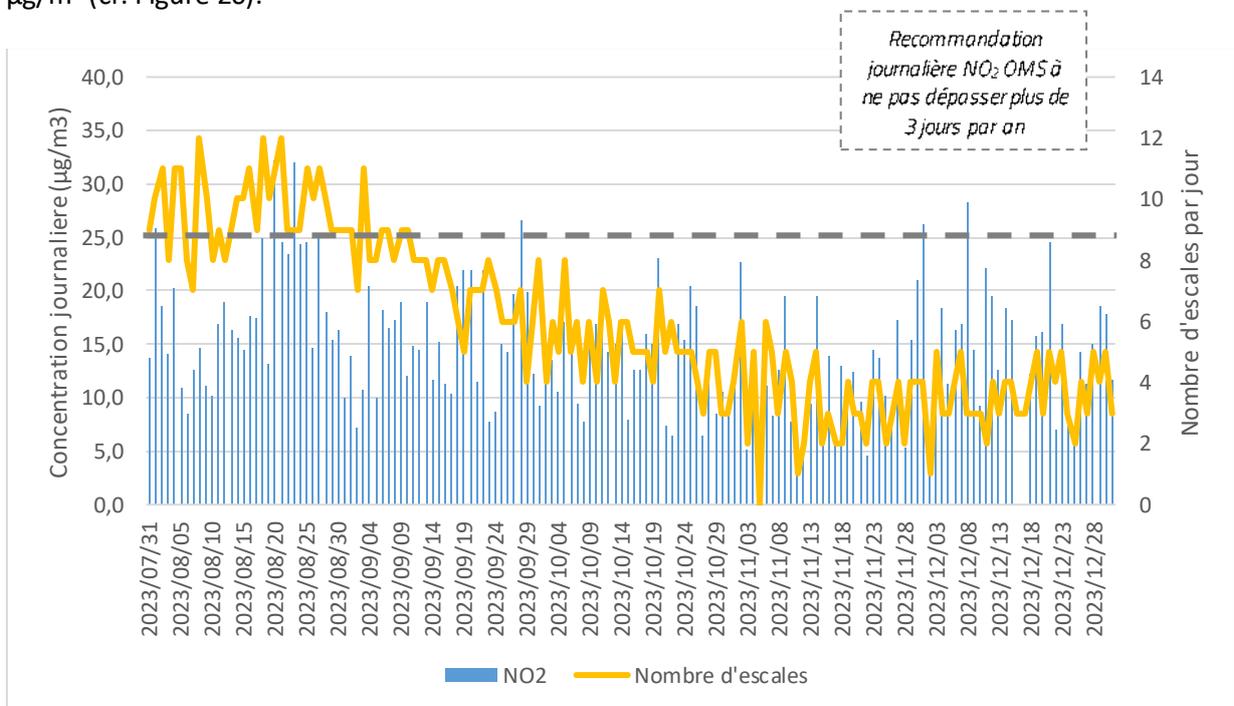


Figure 21 : Niveaux de concentration moyens journaliers en dioxyde d'azote et nombre d'escales par jour

La figure 21 met en comparaison les niveaux de concentration journaliers avec le nombre d'escales enregistrées par la capitainerie du port de Bastia. Il n'y pas de corrélation flagrante entre ces deux paramètres mais en été, les niveaux de concentration relevés sont légèrement plus élevés. Cependant, des niveaux de concentration élevés sont également relevés en hiver, alors que l'activité portuaire est au plus bas, cette pollution est en conséquence plutôt imputable au trafic routier. Cependant, il ne semble pas y avoir de corrélation parfaite entre le nombre d'escales et le niveau de concentration en NO_2 , cette corrélation dépend en effet des conditions météorologiques. La recommandation journalière de l'OMS ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) à ne pas dépasser 3 jours par an, a été dépassée 7 fois sur la période de mesure. Un récapitulatif des dépassements des seuils règlementaires et des recommandations de l'OMS est disponible dans le tableau 1 de la partie 2.1.6.

2.1.5. Dioxyde de soufre

Malgré la forte baisse de la teneur en soufre dans les carburants, le transport maritime demeure un émetteur de dioxyde de soufre majeur. Le transport routier est également un émetteur de ce polluant et exerce une influence sur la station de Pascal Lota.

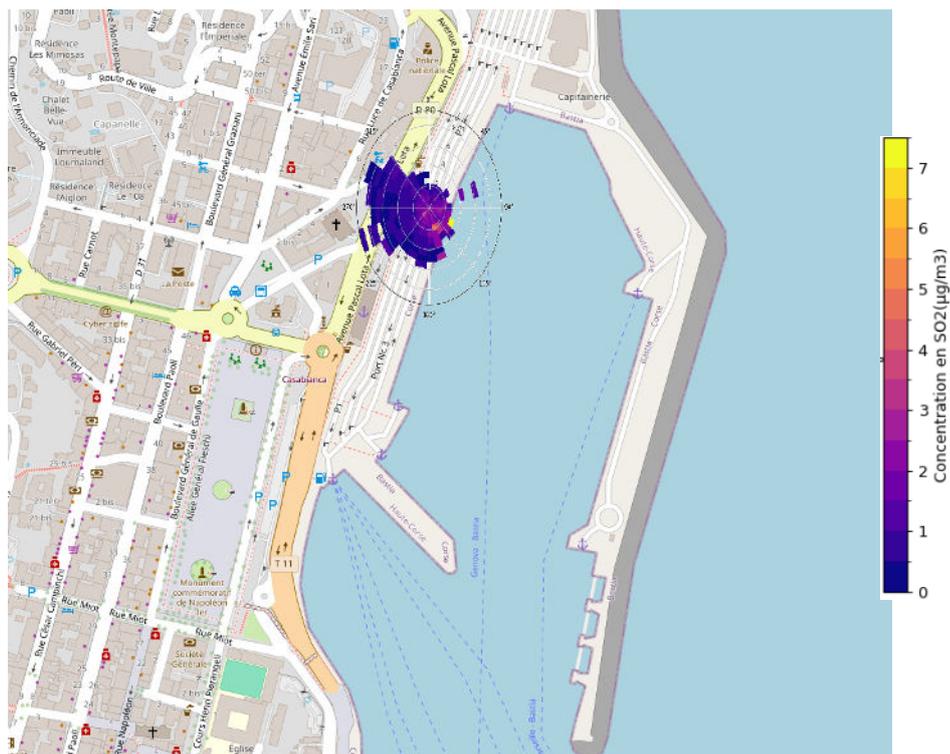


Figure 22 : Rose de pollution du dioxyde de soufre au port de Bastia

(Rose réalisée avec les données météo de la station du Fango)

La figure 22 représente la rose de pollution en SO_2 sur le site de Bastia Pascal Lota. Les plus fortes concentrations ont été mesurées avec un vent d'Est, venant du port, démontrant que les navires sont les principaux contributeurs de la pollution en dioxyde de soufre dans le port. A noter que les niveaux observés sont très bas au regard des normes sanitaires pour ce polluant.

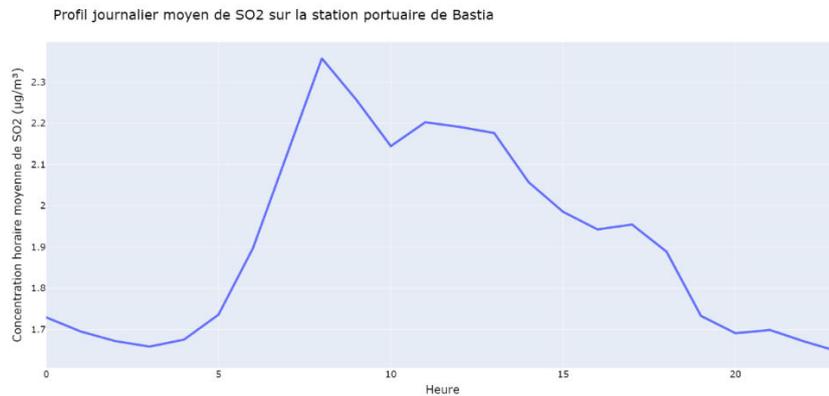


Figure 23 : Profil journalier du niveau de concentration en SO_2 au port de Bastia (Heure UTC)

Le profil journalier (figure 23) montre un premier pic à 7h UTC qui correspond bien avec le nombre important de navires à cette heure-ci (voir Annexe 4). Le niveau de concentration diminue ensuite progressivement dans l'après-midi jusqu'à environ $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la nuit, avec des plus petits pics à midi et 17h. L'objectif de qualité en moyenne annuelle, donné à **titre indicatif** car les mesures n'ont pas été réalisées sur une année complète, est très largement respecté.

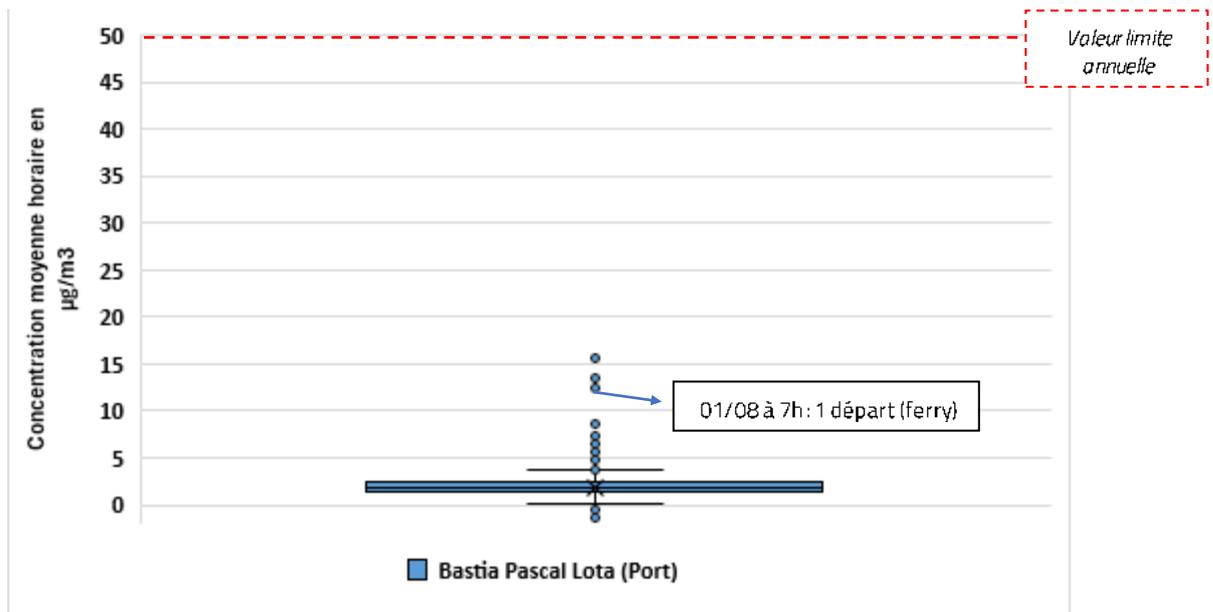


Figure 24 : Répartition des concentrations horaires en SO_2 d'août à fin 2023 à Bastia Pascal Lota

Les niveaux de concentration horaires (figure 24) sont pour la grande majorité des cas situés entre 0 et $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (environ 95% des mesures) mais des niveaux de concentration horaires individuels, représentés par des points en dehors de la boîte à moustache, peuvent dépasser ponctuellement les $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Toutes ces mesures sont très largement situées en dessous de la valeur limite réglementaire ainsi que de la recommandation de l'OMS sur la période mesurée.

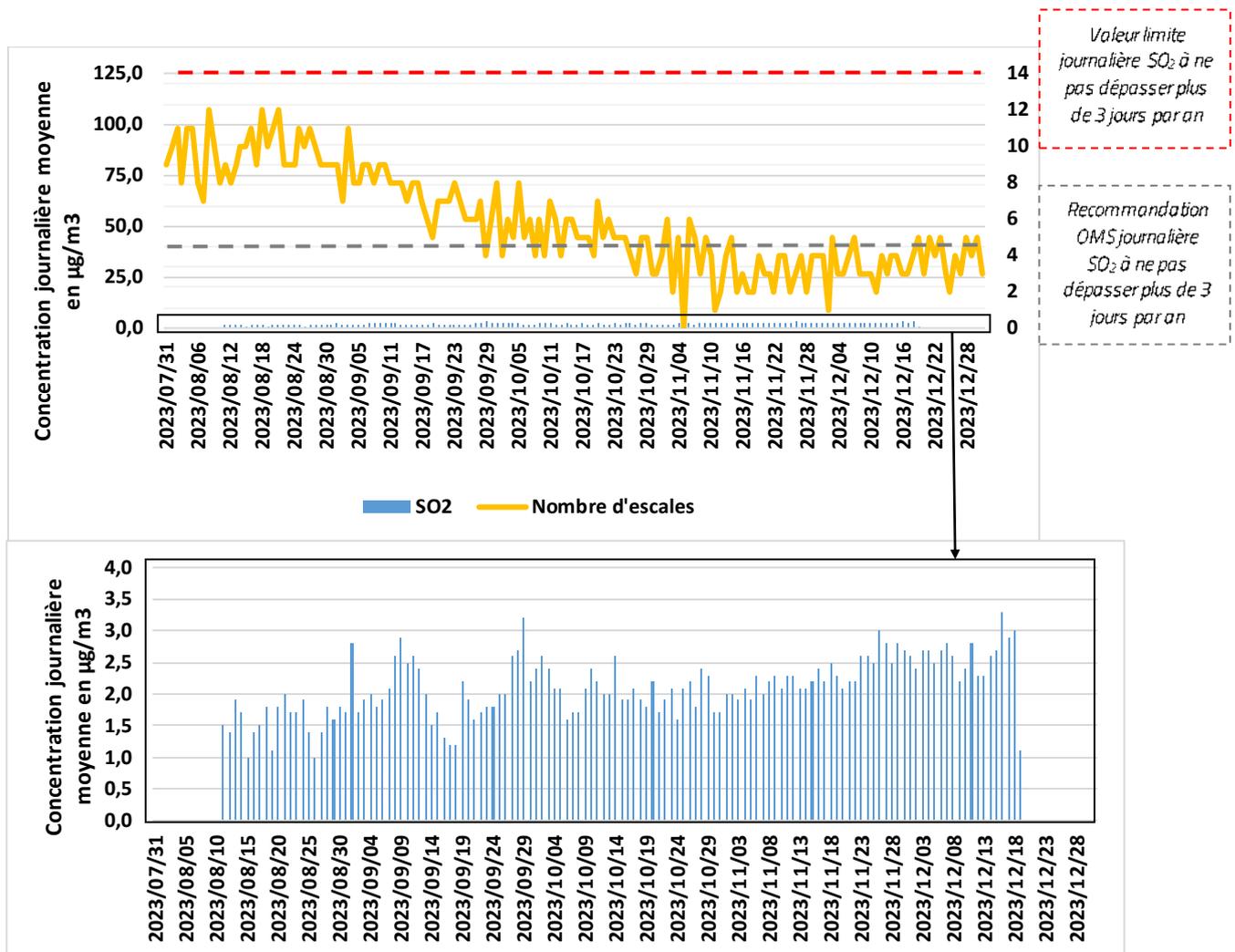


Figure 25 : Comparaison de niveaux de concentration journaliers en SO_2 avec le nombre d'escales au port de Bastia

La figure 25 compare les concentrations moyennes journalières en SO_2 et le nombre d'escales au port de Bastia. Les niveaux de concentrations étant tellement en dessous des seuils règlementaires, un agrandissement est présenté (figure du bas) afin de pouvoir observer les variabilités. Les niveaux de concentration sont globalement plus élevés en hiver bien que le nombre d'escales soit au plus bas. Certaines augmentations ont également lieu pendant la saison estivale et durent plusieurs jours. Les concentrations en SO_2 semblent dépendre de la stabilité de l'atmosphère plus importante en hiver. Tous les niveaux de concentration journaliers moyens sont très en dessous de la valeur limite tout comme des recommandations de l'OMS.

2.1.6. Bilan des mesures 2023

Le tableau 1 récapitule les mesures effectuées sur la station portuaire de Bastia, et présente également l'aspect règlementaire des polluants concernés. Pour rappel, les mesures en 2023 n'ont eu lieu que sur une période de moins de 6 mois, la comparaison avec la valeur limite en moyenne annuelle n'est donc donnée qu'à titre indicatif.

Aucun dépassement de valeur limite n'est observé sur la période de mesure, que ce soit comparé à la valeur limite annuelle, journalière ou horaire. Pour les polluants concernés par une valeur limite annuelle, la moyenne sur la période de mesure représente environ un tiers de cette valeur, en fonction du polluant.

Concernant les recommandations de l'OMS, elles sont respectées en moyenne annuelle pour les PM10 pour lesquels la recommandation est de 15 µg/m³. Cependant, elles ne sont pas respectées pour les PM2.5 ni pour le NO₂ en moyenne annuelle pour lesquels les recommandations sont de 5 µg/m³ et 10 µg/m³ respectivement. La recommandation journalière est dépassée 5 fois pour les PM2.5 (recommandation journalière = 15 µg/m³) et 7 fois pour le NO₂ (recommandation journalière = 25 µg/m³) contre 3 dépassements maximum recommandés.

Toutes les réglementations en vigueur pour les polluants faisant l'objet de ce rapport sont présentées en annexe 1.

Polluant	Moyenne	Max horaire	Max journalier	Nombre de dépassements horaires de la valeur limite	Nombres de dépassements journaliers de la valeur limite	Nombres de dépassements journaliers des recommandations de l'OMS
PM10 (µg/m ³)	14.5	274.3	37.3	-	0	0
PM2.5 (µg/m ³)	7.5	222.3	19.3	-	-	5
Nombre de particules (Particules/cm ³)	156	3084	533.9	-	-	-
BCff (µg/m ³)	0.8	14.9	3.2	-	-	-
NO ₂ (µg/m ³)	14.6	91.7	32.2	0	-	7
SO ₂ (µg/m ³)	1.8	15.7	3.3	0	0	0

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des mesures de la station Bastia Pascal Lota pendant la période de mesure : d'août à fin 2023

2.2. Ajaccio

2.2.1. Particules en suspension

Les niveaux de concentration moyens en particules en suspension sont légèrement supérieurs sur la station portuaire du parking Marconajo, mais restent très comparables à ceux de la station urbaine. Pour rappel, les valeurs limites en moyenne annuelle sont de 40 µg/m³ pour les PM10 et de 25 µg/m³ pour les PM2.5 et ne sont donc pas atteints sur aucune des deux stations, même si les histogrammes ci-dessous ne représente que la moyenne sur 5 mois. Le site temporaire « DMLC » présente des niveaux plus élevés que les autres sites toutefois elle n'a été en fonction que 3 mois et seulement pendant la période estivale. La valeur limite en moyenne annuelle, donnée à titre indicatif car les mesures n'ont pas été réalisées sur une année complète, est très largement respectée. Cependant, les recommandations de l'OMS, également données à titre indicatif ne sont pas respectées,

particulièrement pour les PM2.5 pour lesquels les niveaux de concentrations atteignent plus de 2 fois la recommandation de l'OMS. Pour les PM10, la recommandation est dépassée de plus de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à Canetto et au parking Marconajo, et de plus de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à la station DMLC. Un récapitulatif des dépassements des seuils réglementaires et des recommandations de l'OMS est disponible dans le tableau 2 de la partie 2.2.6.

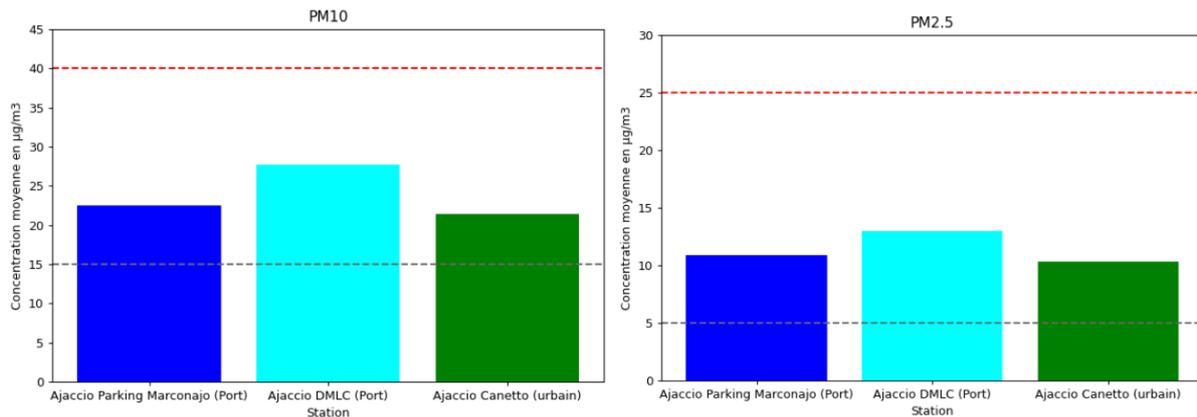


Figure 26 : Niveaux de concentrations moyennes en particules en suspension d'août à fin 2023 à Ajaccio

(- - valeur limite en moyenne annuelle
 - - recommandation OMS en moyenne annuelle)

Les roses de pollution des particules en suspension indiquent que les fortes concentrations ont été relevées avec les mêmes directions de vent sur toutes les stations de mesure (voir annexe 6). Ainsi, les sources de pollution majeures semblent être éloignées des stations de mesures (trois épisodes de particules désertiques notamment), même si des sources plus locales sont également visibles, en particulier en provenance du centre-ville.

2.2.2. Black Carbon Fuel Fossil (BCff)

Le niveau de concentration en BCff sur la station portuaire est presque 50% plus élevé que sur la station urbaine de Canetto.

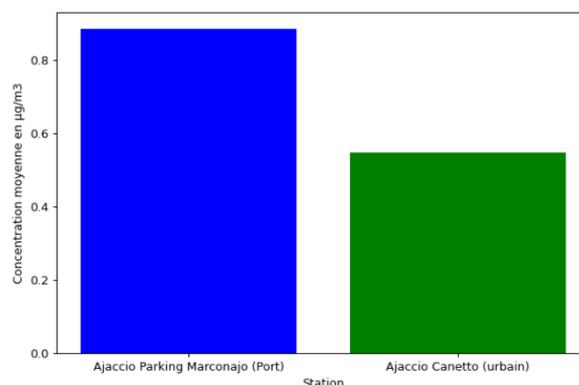


Figure 27 : Niveaux de concentration moyens en BCff d'août à fin 2023 à Ajaccio

La figure 28 représente les roses de pollution du BCff sur les stations du parking Marconajo et Canetto. Sur la station de Canetto, les fortes concentrations sont mesurées avec des vents de Nord et de Sud-Est, qui semblent plutôt provenir des zones résidentielles au Nord et du trafic routier du cours Napoléon et du port à l'Est.

Sur la station portuaire, les plus hauts niveaux de concentration sont observés avec des vents de Sud-Sud-Est, c'est-à-dire du port.

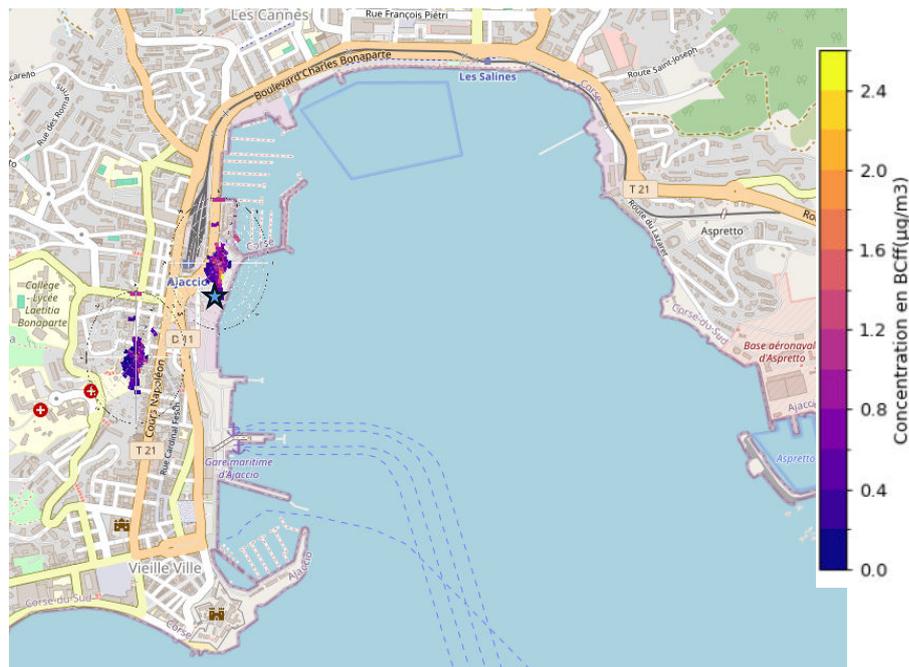


Figure 28 : Roses de pollution du BCff à Ajaccio

(★ : Station météo de référence)

La figure 29 représente les profils journaliers du BCff sur les stations de Canetto (urbain) et parking Marconajo (port). Les deux profils journaliers ont des allures très comparables avec un pic en matinée et un dans la soirée, avec des concentrations moins élevées à Canetto. Ces pics correspondent au profil journalier de l'activité du port d' Ajaccio (voir annexe 5), mais également à un profil journalier type de trafic routier.

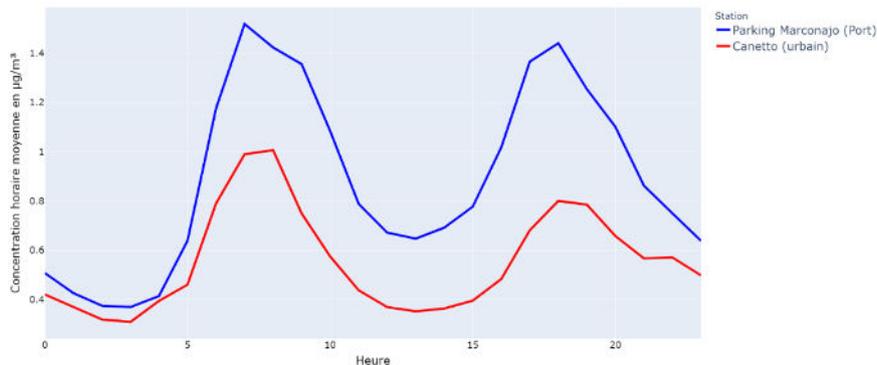


Figure 29 : Profil journalier du BCff à Ajaccio

Les aethalomètres employés pour mesurer les concentrations de carbone suie permettent de discriminer la part provenant de la combustion de biomasse (BCwb) de celle émise par la combustion de combustibles fossiles (BCff).

Actuellement il n'existe pas de réglementation qui concerne le Black Carbon en tant que tel. C'est pourquoi à partir des deux fractions de carbone suie, il est possible d'estimer les concentrations massiques en particules en suspension (PM10) attribuables à la combustion de combustibles fossiles (PMff) et celles liées à la combustion de biomasse (PMwb). Le passage des fractions BCff et BCwb aux concentrations en particules, PMff et PMwb, se calcule en appliquant des coefficients (a et b) :

$$\text{PMff} = a \times \text{BCff}$$

$$\text{PMwb} = b \times \text{BCwb}$$

$$\text{PMBC estimé} = \text{PMff} + \text{PMwb}$$

Dans l'attente d'une étude permettant d'évaluer ces coefficients pour les sites ciblés par cette étude, des valeurs issues de la littérature et d'études menées par le LCSQA⁷ seront employées :

$$a = 2 \text{ et } b = 10$$

⁷https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/LCSQA2019-Guide_mesure_BlackCarbon_par_AE33_VF03-Approuv%C3%A9CPS15122020.pdf

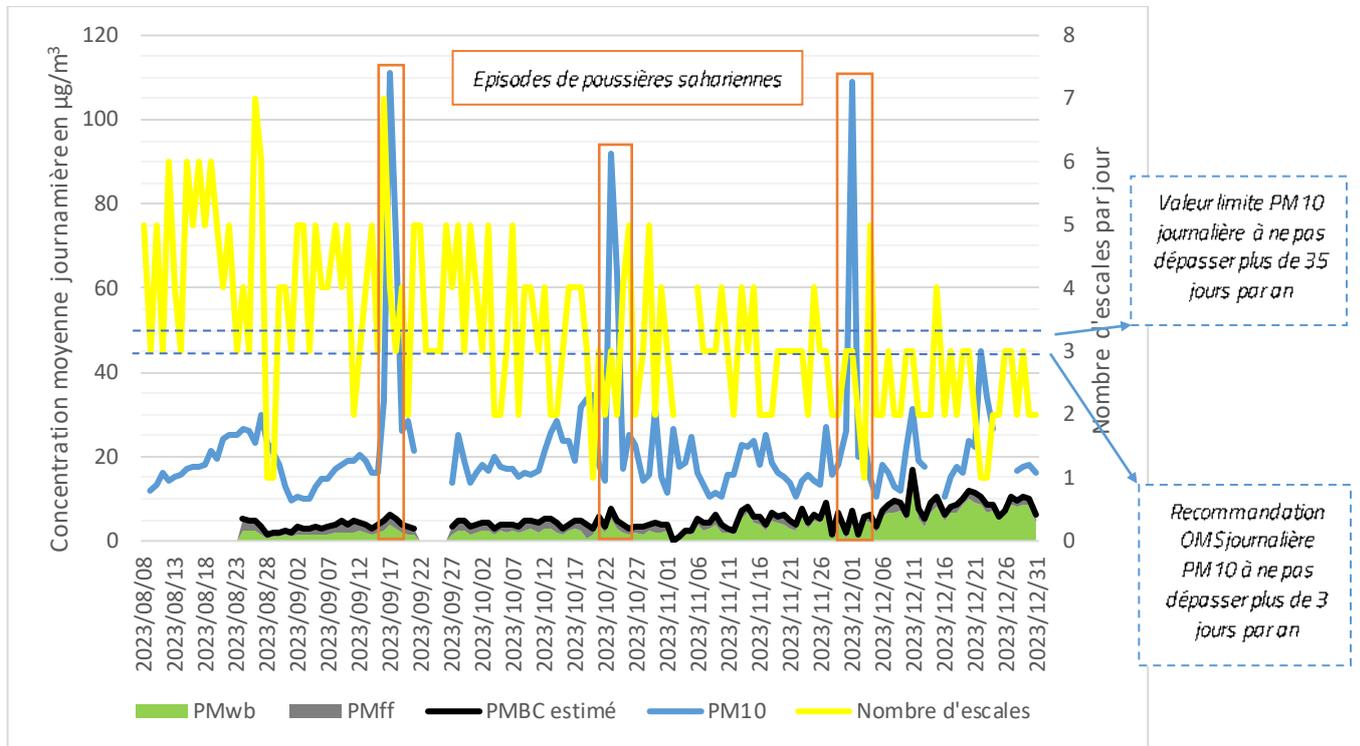


Figure 30 : Niveaux de concentration journaliers moyens en PMwb, PMff, PM10 et nombre d'escales au port d'Ajaccio

L'estimation des PM depuis le BC permet de pouvoir comparer avec les valeurs limites existantes pour les particules fines. Un récapitulatif des dépassements des seuils réglementaires et des recommandations de l'OMS est disponible dans le tableau 2 de la partie 2.2.6.

L'activité portuaire (cf. Figure 30) est la plus intense pendant la période estivale, et perd en intensité à partir du mois de septembre. La pollution en Black Carbon est caractérisée par une grande part d'origine fossile en période estivale, mais pas majoritaire, qui diminue en période hivernale pour donner place à du Black Carbon d'origine wood burning. Cependant, il ne semble pas y avoir de corrélation parfaite entre le nombre d'escales et le niveau de concentration en BCff, cette corrélation dépend en effet des conditions météorologiques.

2.2.3. Nombre de particules

Le niveau de concentration en nombre de particules est plus élevé sur les stations portuaires par rapport à la station urbaine de Canetto. Pour le moment, aucune réglementation à caractère sanitaire définit un seuil à ne pas dépasser pour le nombre de particules.

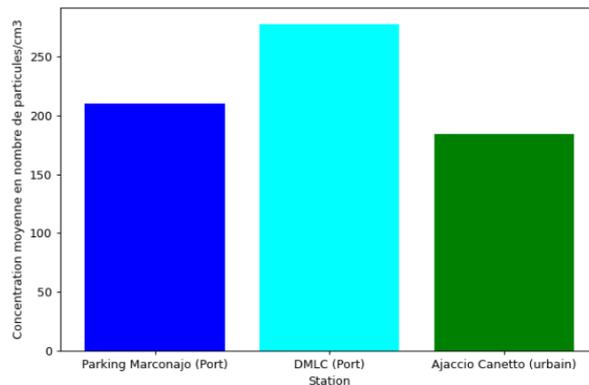


Figure 31 : Niveaux de concentration moyens en nombre de particules d'août à fin 2023 à Ajaccio

Les roses de pollution indiquent que les fortes concentrations viennent plutôt de la direction Sud, c'est-à-dire du centre-ville ainsi que les trajectoires des navires lors de leurs entrées et sorties dans le golfe d'Ajaccio. Les plus hauts niveaux de concentration sont relevés sur la station du parking Marconajo avec un vent de Sud-Est, et sur la station DMLC avec un vent de Sud. Ces fortes concentrations semblent donc venir de l'activité portuaire. Quelques hauts niveaux de concentration viennent également au Nord de la station portuaire, probablement dus au trafic routier sur le boulevard Charles Bonaparte (cf. Figure 32). La centrale du Vazzio peut également impacter les mesures avec un vent d'Est.

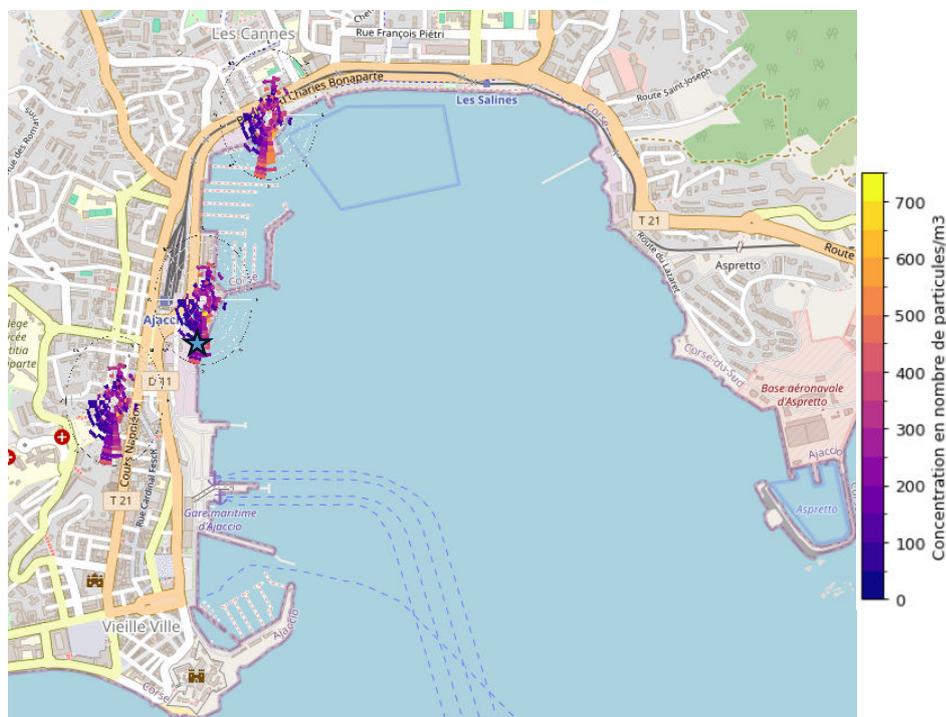


Figure 32 : Roses de pollution du nombre de particules à Ajaccio

(★ : Station météo de référence)

Les profils journaliers (figure 33) indiquent les mêmes pics de concentration dans la matinée et en soirée, mais avec des niveaux de concentration inférieurs sur la station urbaine de Canetto. Le profil journalier de la station DMLC est beaucoup plus lisse que ceux des autres stations, ces pics sont ainsi moins marqués. Ces pics correspondent à l'activité journalière du port d'Ajaccio (Annexe 5), mais aussi aux profils journaliers typiques du trafic routier et du chauffage. Les niveaux de concentrations supérieurs sur les stations portuaires indiquent quant à eux une source de particules à proximité, qui pourrait être l'activité portuaire et le trafic routier.



Figure 33 : Profils journaliers du nombre de particules à Ajaccio (heure UTC)

Les boîtes à moustache (figure 34) indiquent que les niveaux de concentration médian en nombre de particules sont équivalents sur les deux stations. Cependant, les niveaux de concentration horaires individuels représentés par des points en dehors de la boîte à moustache, sont répartis sur une plus grande plage de valeurs, allant jusqu'à plus de 1700 particules/cm³, mais ces hausses de niveau de concentration ne correspondent pas avec des escales de navires. Le niveau de pollution en nombre de particules sur la station du Parking Marconajo n'est donc pas nécessairement plus important, mais est sujet à des pollutions ponctuelles plus importantes que ce qui est observable en situation urbaine.

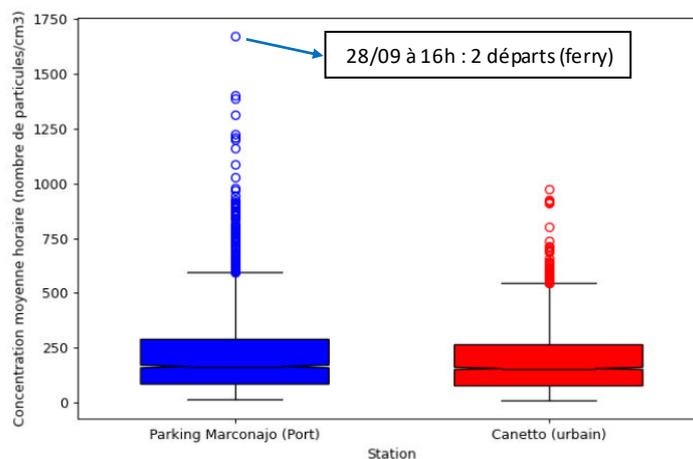


Figure 34 : Boîtes à moustache du nombre de particules d'août à fin 2023 à Ajaccio

La figure 35 compare les concentrations journalières (bleu) avec le nombre d'escales au port d'Ajaccio (orange). Si le nombre de particules est assez irrégulier, les concentrations sont de manière générale plus importantes en été, lorsque l'activité portuaire est au maximum de son intensité. Les niveaux de concentration augmentent à nouveau légèrement ensuite pendant l'hiver, probablement en raison du chauffage au bois avec l'arrivée des températures froides. Cette remontée des niveaux de concentration démontre la multitude de sources qui peut impacter la pollution en particules ultrafines.

Actuellement, il n'existe pas de seuils règlementaires ni de recommandations OMS pour le nombre de particules.

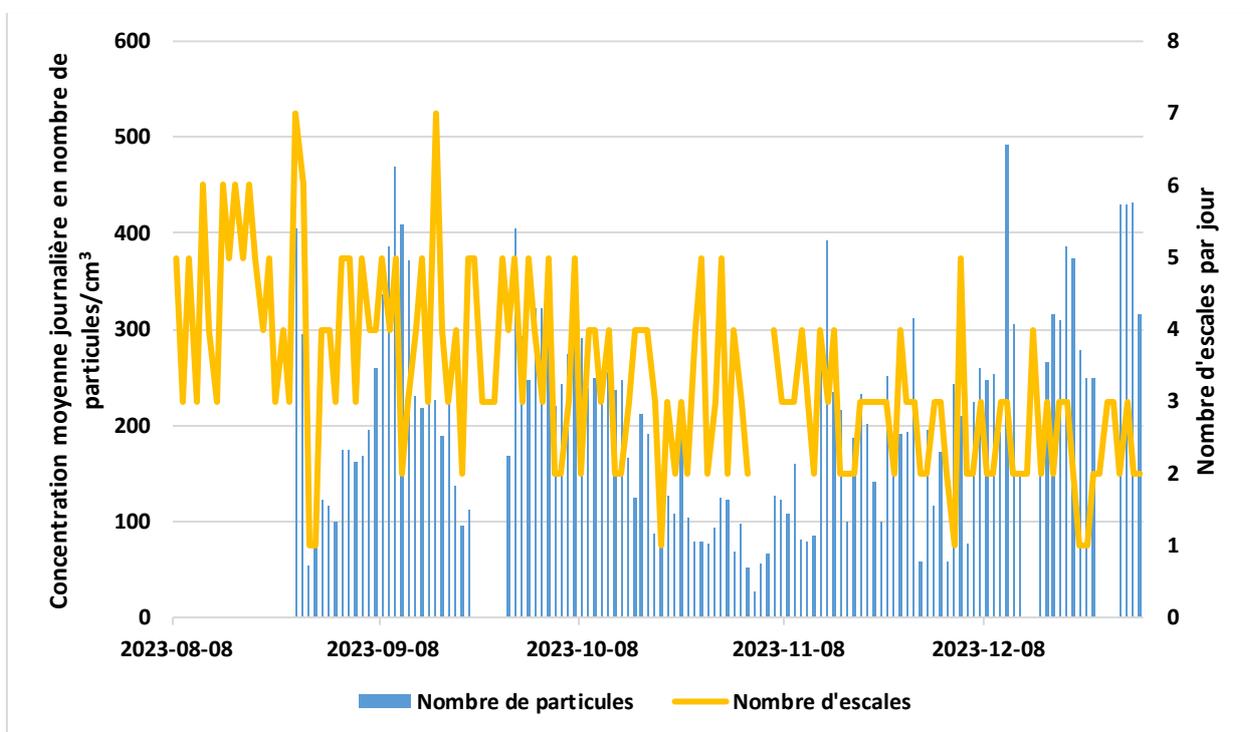


Figure 35 : Niveaux de concentration journaliers en nombre de particules et nombre d'escales à Ajaccio

2.2.4. Dioxyde d'azote

Le niveau de concentration en dioxyde d'azote est nettement plus important sur les stations portuaires, mais cette différence entre les stations portuaires et la station urbaine est moins importante qu'à Bastia avec environ $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Canetto et un peu moins de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au parking Marconajo et $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à DMLC (cf. Figure 36). La valeur limite en moyenne annuelle, donnée à titre **indicatif** car les mesures n'ont pas été réalisées sur une année complète, est très largement respectée. Cependant, la recommandation de l'OMS, également donnée à titre **indicatif** n'est pas respectée. Cette recommandation est dépassée de près de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les stations de Canetto et Parking Marconajo, et de plus de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site DMLC. Un récapitulatif des dépassements des seuils règlementaires et des recommandations de l'OMS est disponible dans le tableau 2 de la partie 2.2.6.

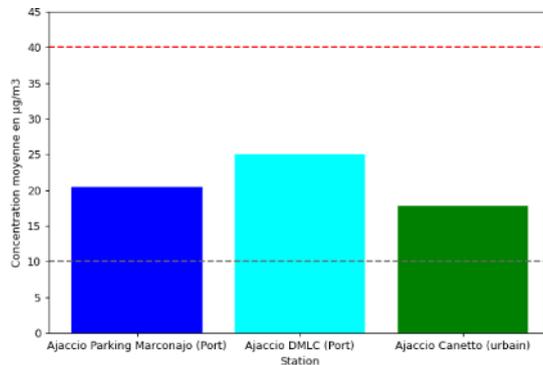


Figure 36 : Niveaux de concentration en NO₂ d'août à fin 2023 à Ajaccio

(- - valeur limite en moyenne annuelle
 - - recommandation OMS en moyenne annuelle)

Les roses de pollution (figure 37) indiquent sur toutes les stations que les hauts niveaux de concentration sont amenés avec des vents provenant du port. La rose de pollution de Canetto est un peu plus homogène en raison de son éloignement du port et des axes routiers à proximité. Sur les stations portuaires, l'influence du trafic routier est également visible avec des vents de Nord-Ouest au parking Marconajo et de Nord à DMLC. La centrale thermique du Vazio pourrait également avoir un impact sur les mesures avec un vent d'Est.

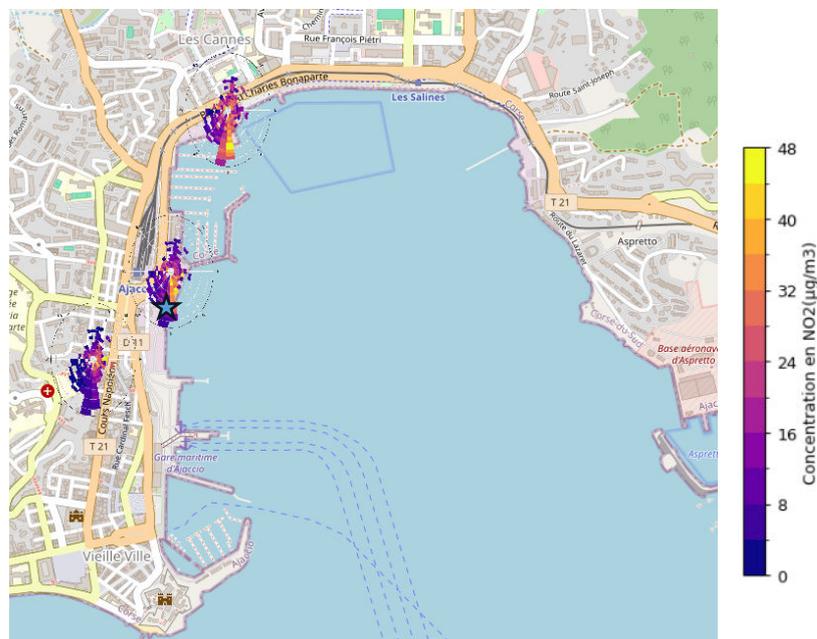


Figure 37 : Roses de pollution du NO₂ à Ajaccio

(★ : Station météo de référence)

Les profils journaliers (figure 38) ont une allure similaire sur les trois sites avec des niveaux de concentration supérieurs sur les sites portuaires. On retrouve des pics typiques des trajets domicile-travail et également de l'activité journalière typique du port (annexe 5). Sur les stations portuaires, les niveaux de concentration diminuent moins en milieu de journée, ce qui indique une exposition plus directe aux sources d'émissions qui peuvent être les navires à quai, le trafic routier ou encore la centrale électrique du Vaggio.

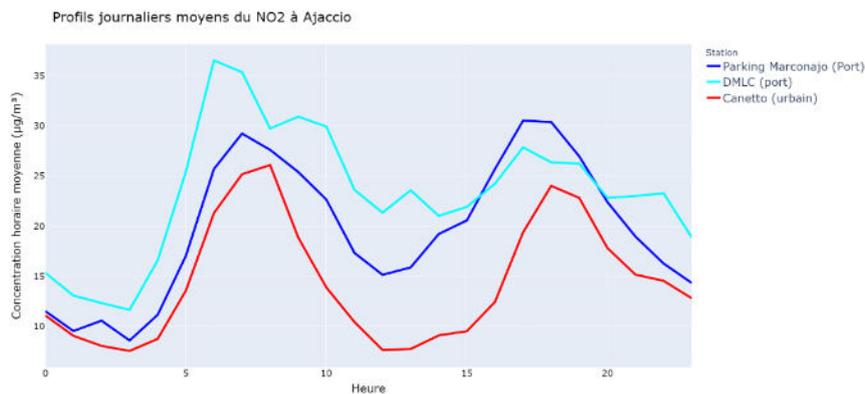


Figure 38 : profils journaliers du NO₂ à Ajaccio

La répartition des concentrations horaires (figure 39) montre que la médiane et le troisième quartile sur la station portuaire et le site temporaire DLMC sont bien supérieurs à ceux de la station urbaine, donc le port est davantage sujet à des niveaux de concentration élevés. Les niveaux de concentration horaires individuels représentés par des points en dehors de la boîte à moustache, atteignent un pic de concentration à 131 µg/m³ au parking Marconajo le 28/09 à 16h, ce qui correspond au départ de deux navires. Un pic à 113 µg/m³ est relevé à Canetto le même jour à 14h, mais aucune arrivée ni aucune arrivée n'est recensée par la capitainerie à ce moment. Pas de pic de cette ampleur n'a été mesuré sur la station DMLC, mais la période de mesure sur cette station est moins longue.

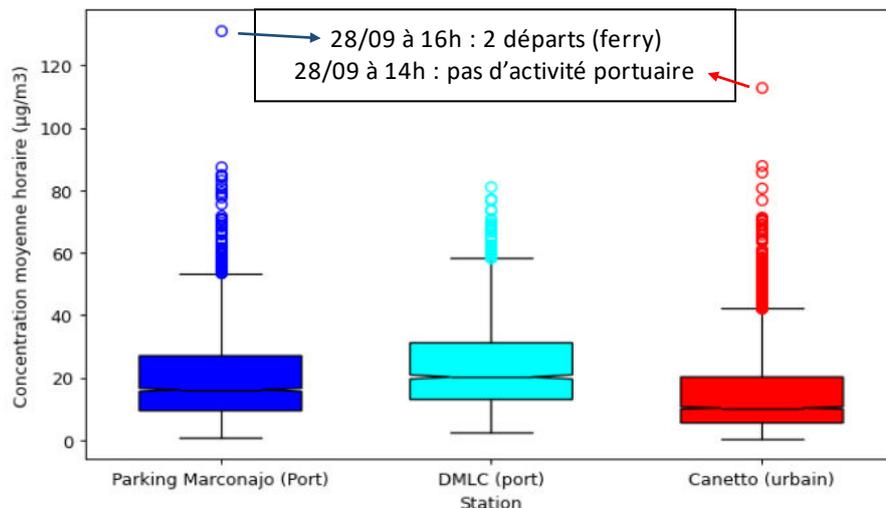


Figure 39 : Répartition des niveaux de concentration horaires en NO₂ d'août à fin 2023 à Ajaccio

La figure 40 compare les niveaux de concentration journaliers avec le nombre d'escales au port d'Ajaccio. La pollution en dioxyde d'azote est en moyenne légèrement plus importante pendant la période estivale, comme le nombre d'escales, et les pics de NO₂ atteignent des niveaux plus importants. Cependant des niveaux de concentration élevés sont relevés tout au long de l'année, la plupart des émissions étant probablement imputables au trafic routier. La recommandation journalière de l'OMS (25 µg/m³) à ne pas dépasser plus de 3 jours par an a été dépassée 28 fois sur la station du parking Marconajo. Un récapitulatif des dépassements des seuils réglementaires et des recommandations de l'OMS est disponible dans le tableau 2 de la partie 2.2.6.

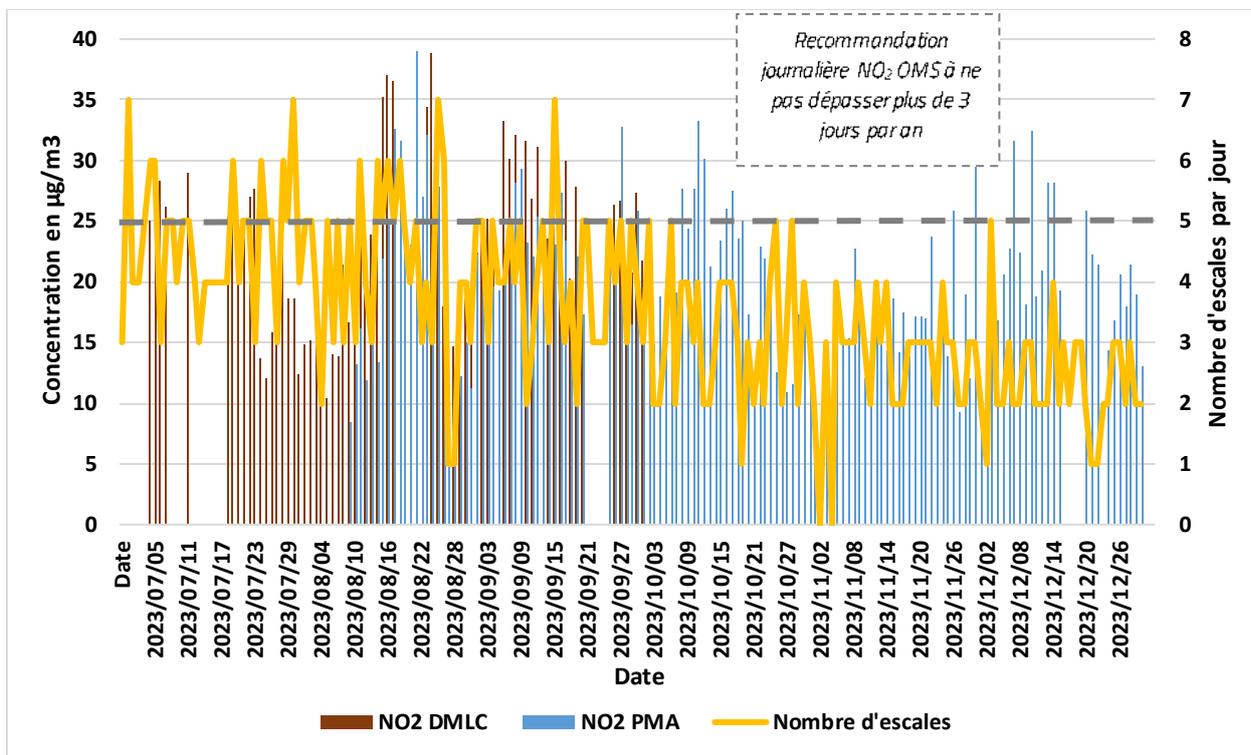


Figure 40 : Niveaux de concentration journaliers en NO₂ et nombre d'escales à Ajaccio

2.2.5. Dioxyde de soufre

La rose de pollution du SO₂ au port d'Ajaccio (figure 41) indique que les fortes concentrations en SO₂ sont advectées par les vents de Sud-Sud-Est, donc en provenance du port. L'activité portuaire est la seule émettrice de dioxyde de soufre dans cette direction.

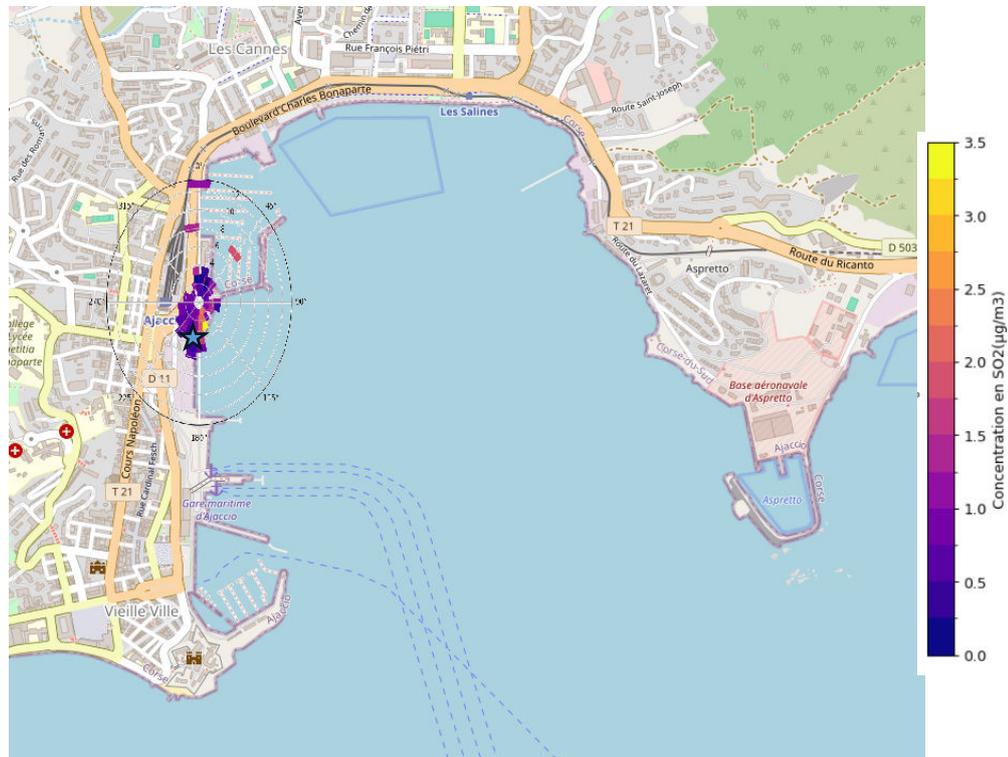


Figure 41 : Rose de pollution du SO₂ à Ajaccio parking Marconajo

(★ : station météo de référence)

Le profil journalier du dioxyde de soufre indique que les plus hauts niveaux de concentration ont lieu pendant la journée, avec un pic dans la matinée à 10h UTC, avant de redescendre progressivement dans l'après-midi. Ce pic matinal correspond avec un nombre important d'entrées de navire dans le port à cette heure-ci (Annexe 5), le port étant le seul émetteur de SO₂ à proximité. La stagnation en cours de journée vient probablement des navires qui restent à quai. Le nombre important de départs de navires en soirée ne semblent pas déclencher de pic comparable à celui du matin.

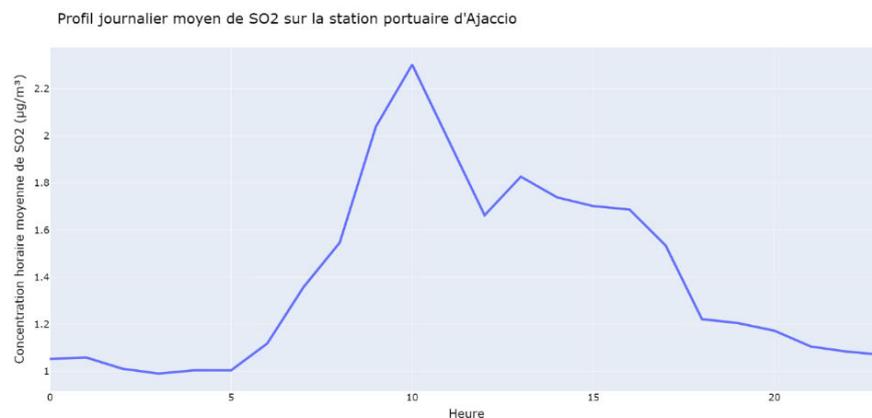


Figure 42 : Profil journalier du dioxyde de soufre sur la station du parking Marconajo (Heure UTC)

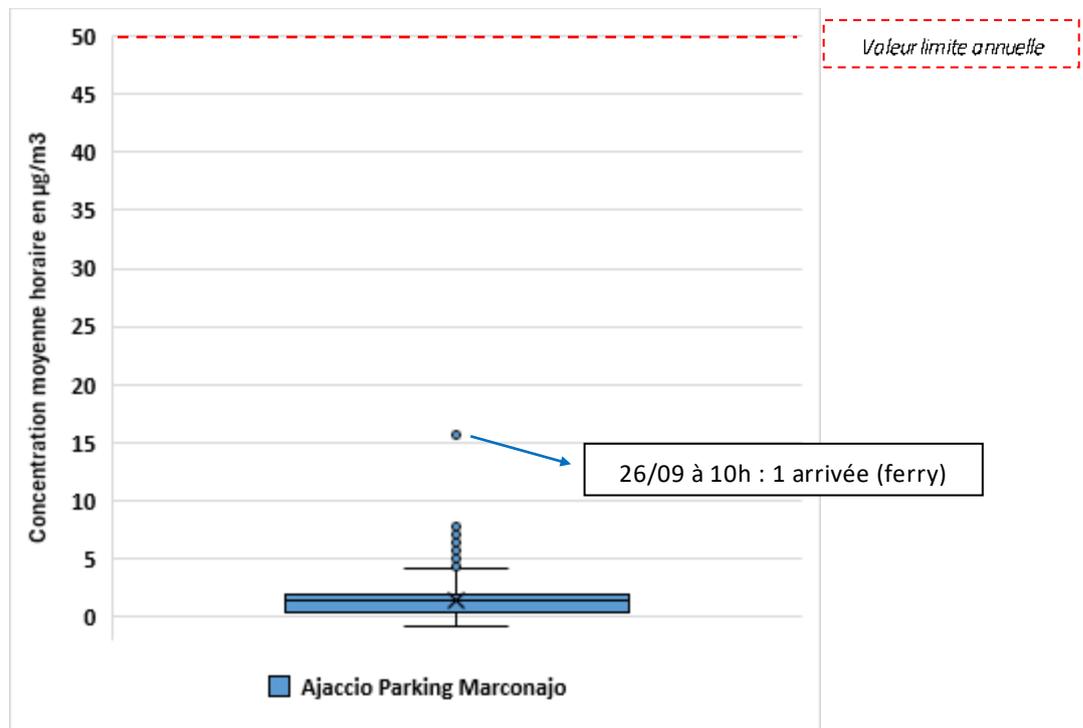


Figure 43 : Répartition des concentrations horaires en SO₂ d'août à fin 2023 à Ajaccio

La boîte à moustache du dioxyde de soufre de la station du parking Marconajo indique que les niveaux de concentration en SO₂ sont tous situés entre 0 et 10 µg/m³ (un peu plus de 95% des mesures sont inférieures à 5 µg/m³), excepté une moyenne horaire mesurée le 26 septembre à 10h UTC qui dépasse les 15 µg/m³. Cinq navires se trouvaient à quai à ce moment-là et un navire est parti du port. Le vent venait de l'Est, donc en direction du port. Ce pic est probablement dû au départ de ce navire et à un vent favorable à la mesure des panaches. L'objectif de qualité en moyenne annuelle, donné à titre indicatif car les mesures n'ont pas été réalisées sur une année complète, est très largement respecté.

La figure 44 compare les concentrations moyennes journalières en SO₂ et le nombre d'escales au port d'Ajaccio. Les niveaux de concentrations étant tellement en dessous des seuils réglementaires, un agrandissement est présenté (figure du bas) afin de pouvoir observer les variabilités. Les niveaux de concentration sont globalement plus élevés en hiver bien que le nombre d'escales soit au plus bas. Certaines augmentations ont également lieu pendant la saison estivale et durent plusieurs jours. Les concentrations en SO₂ semblent dépendre de la stabilité de l'atmosphère plus importante en hiver. La valeur limite journalière, donnée à titre indicatif, de 125 µg/m³ à ne pas dépasser plus de 3 jours par an est très largement respectée, tout comme la recommandation OMS, puisque la concentration journalière maximale est de 3,6 µg/m³.

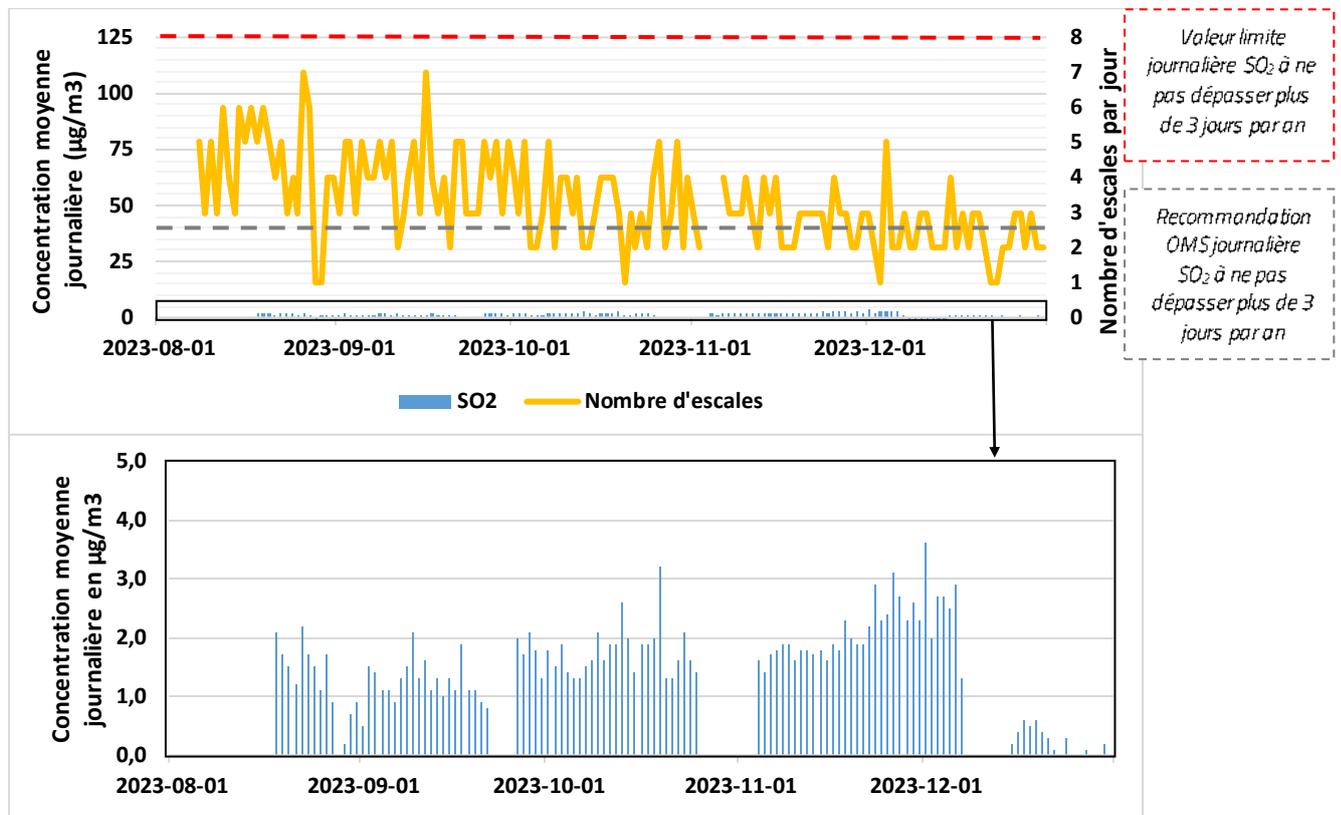


Figure 44 : Niveaux de concentration journalier en SO_2 et nombre d'escales à Ajaccio

2.2.6. Bilan des mesures 2023

Le tableau 2 récapitule les mesures effectuées sur la station portuaire d'Ajaccio, et présente également l'aspect réglementaire des polluants concernés. Pour rappel, les mesures en 2023 n'ont eu lieu que sur une période de moins de 6 mois, la comparaison avec la valeur limite en moyenne annuelle n'est donc donnée qu'à titre indicatif.

Aucun dépassement de valeur limite n'est observé sur la période de mesure, que ce soit comparément à la valeur limite annuelle, journalière ou horaire. Pour les polluants concernés par une valeur limite annuelle, la moyenne sur la période de mesure représente environ la moitié de cette valeur, en fonction du polluant. Toutes les réglementations en vigueur pour les polluants faisant l'objet de ce rapport sont présentées en annexe 1.

Concernant les recommandations de l'OMS, elles ne sont pas respectées pour les PM_{10} , les $PM_{2.5}$ ni pour le NO_2 en moyenne annuelle pour lesquels les recommandations sont de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivement. La recommandation journalière est dépassée 6 fois pour les PM_{10} (recommandation journalière = $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 17 fois pour les $PM_{2.5}$ (recommandation journalière = $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et 28 fois pour le NO_2 (recommandation journalière = $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$) contre 3 dépassements maximum recommandés.

Toutes les réglementations en vigueur pour les polluants faisant l'objet de ce rapport sont présentées en annexe 1.

Polluant	Moyenne	Max horaire	Max journalier	Nombre de dépassements horaires de la valeur limite	Nombres de dépassements journaliers de la valeur limite	Nombres de dépassements journaliers de la recommandation de l'OMS
PM10 µg/m ³	21.7	286.2	111.1	-	0	6 dont 3 épisodes sahariens
PM2.5 µg/m ³	11.0	79.5	38.7	-	-	17 dont 3 épisodes sahariens
Nombre de particules (Particules/cm ³)	210	1676	492.3	-	-	-
BCff µg/m ³	0.9	7.3	1.8	-	-	-
NO ₂ µg/m ³	19.6	131.3	39.0	0	-	28
SO ₂ µg/m ³	1.4	15.7	3.6	0	0	0

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des mesures de la station Ajaccio Parking Marconajo pendant la période de mesure : d'août à fin 2023

En moyenne, les niveaux de concentration sont plus élevés à Ajaccio Parking Marconajo qu'à Bastia Pascal Lota. Le nombre de dépassements des recommandations journalières de l'OMS sont également plus nombreux à Ajaccio, mais les valeurs limites sont respectées sur les deux sites pour toutes les références temporelles. Cependant, les valeurs maximales sont plus élevées à Bastia, sauf pour le NO₂, particulièrement pour les particules mais ces valeurs maximales ne sont pas attribuables à l'activité portuaire.

3. Description de journées avec une forte activité portuaire

Deux journées avec un nombre d'escales important, une pour chaque site, ont été choisies pour décrire l'impact d'une forte activité portuaire sur la qualité de l'air. Ces dates ont été sélectionnées en raison de niveaux de concentration élevés en polluant potentiellement émis par les navires, et en raison d'une affluence portuaire importante. Il s'agit du 18 août 2023 à Bastia pendant laquelle 12 escales ont eu lieu, et du 26 août avec 7 escales à Ajaccio. Les niveaux de concentration présentés sont comparés avec le nombre de navires à quai, une variation de ce nombre signifiant des départs ou des arrivées de navires. Tous les horaires seront en UTC (heure locale – 2h en été).

3.1. 18 août à Bastia

Le 18 août, 12 escales ont eu lieu au port de Bastia, avec 4 navires au maximum à quai. Les conditions météorologiques étaient plutôt favorables pour la mesure des émissions portuaires avec des vents venant du Sud-Est, avec la station de mesure située à l'Ouest du port.

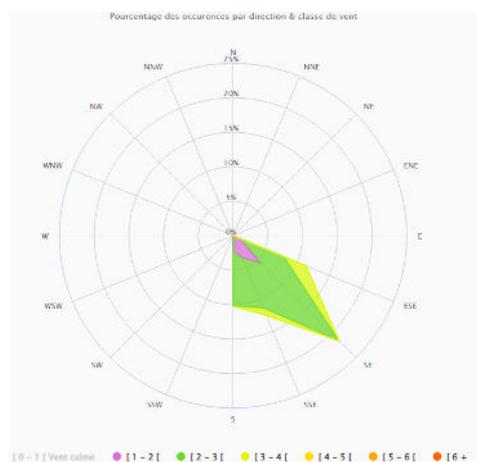


Figure 45 : Roses des vents sur à Bastia Fango les 18 août 2023

De hauts niveaux de concentration ont été mesurés ce jour-là, comparativement à la moyenne sur la période de mesure (voir partie 2.1). Le trafic maritime dans le port de Bastia ce jour-là est caractérisé par trois plages horaires pendant lesquelles l'activité maritime s'intensifie : en matinée, en milieu de journée et en soirée.

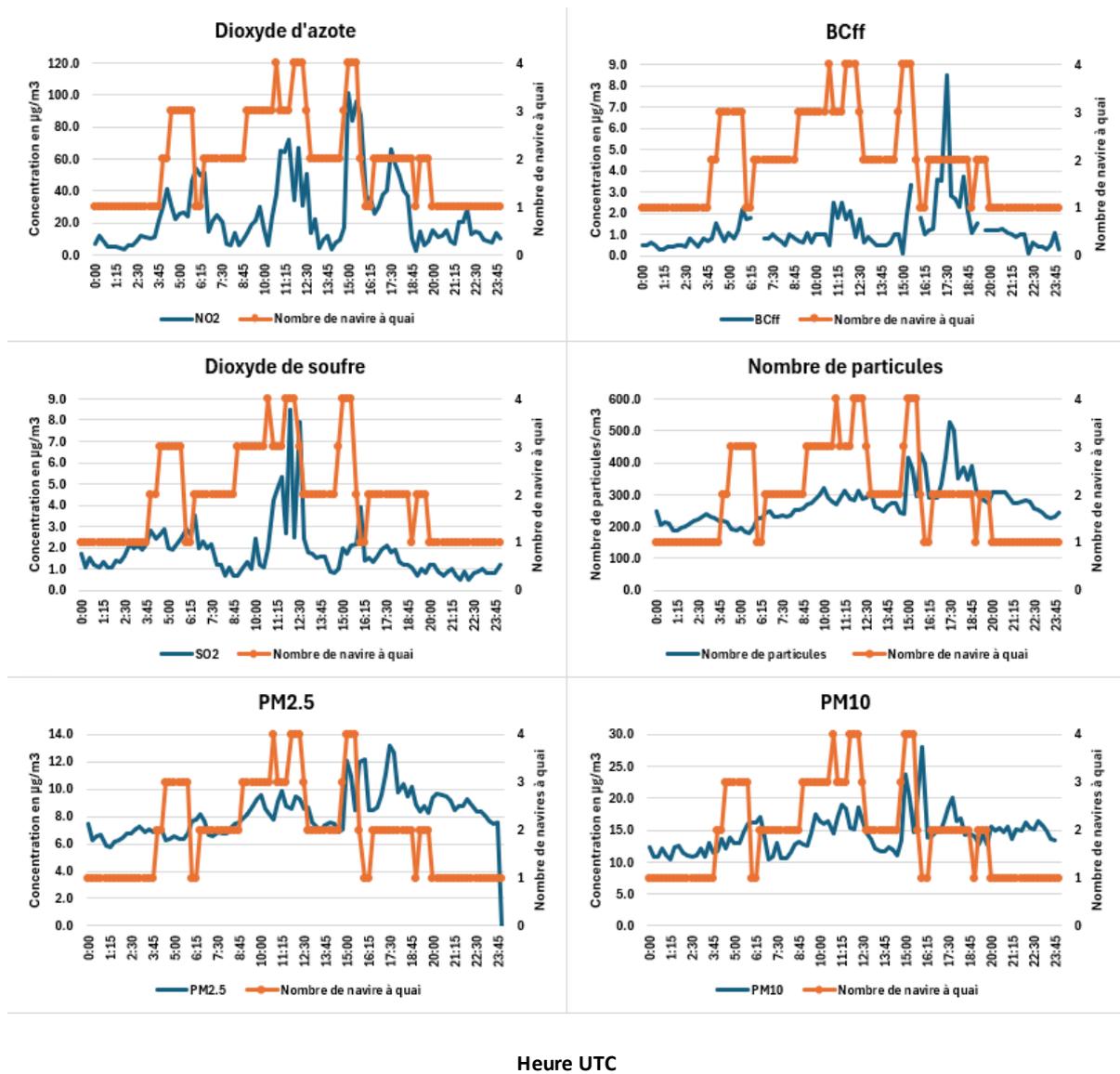


Figure 46 : Evolution du nombre de navires à quai et des niveaux de concentration quart-heures en NO_2 , SO_2 , BCff, nombre de particules, PM_{10} et $\text{PM}_{2.5}$ à la station de Bastia Pascal Lota pendant la journée du 18 août 2023

La première hausse des niveaux de concentration en dioxyde d'azote à 4h UTC coïncide avec les premières arrivées de navires dans le port, mais également avec l'heure de pointe du trafic routier. Deux départs et une arrivée à 6 et 7h UTC semblent responsables de la montée du niveau de concentration en NO_2 à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'activité portuaire est la plus intense entre 10h et 13h avec 3 départs et 4 arrivées simultanées, puis de 15h à 16h. C'est également sur ces plages horaires que les niveaux de concentration en NO_2 sont les plus élevés, atteignant $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à 15h. La valeur limite de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, à ne pas dépasser plus de 18 heures par an, n'est pas dépassée pendant cette journée.

Concernant le dioxyde de soufre, les niveaux de concentration évoluent de manière similaire au dioxyde d'azote avec une hausse des concentrations dans la matinée, en milieu de journée et en fin

de journée, correspondant avec les arrivées et départs de navires. Les pics sont cependant d'une intensité différente que ceux observés pour le NO₂, le pic du milieu de journée étant plus accentué. Ces différences sont probablement dues à la différence de carburant utilisé entre les navires, et à la qualité de la combustion. La valeur limite de 350 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 24 heures par an, n'est pas dépassée pendant cette journée.

Pour le BCff, de petites hausses ont lieu en matinée et milieu de journée, mais les niveaux de concentration les plus élevés sont ceux mesurés à 17h avec 9,1 µg/m³. Ce grand pic ne semble pas lié seulement à l'activité portuaire, puisque cette dernière atteint la même densité plus tôt dans la journée, sans que la pollution en BCff ne suive. Ces hauts niveaux de concentration sont donc probablement liés au trafic routier.

L'évolution du niveau de concentration du nombre de particules est comparable avec celle du BCff, avec des niveaux de concentration contenus pendant la journée, et deux hausses ponctuelles en soirée, qui semblent en partie attribuables à d'autres sources comme le trafic routier.

3.2. 26 août à Ajaccio

Le 26 août, 7 escales ont eu lieu dans le port d'Ajaccio, avec 4 navires à quai au maximum. Cette journée est caractérisée par un grand nombre de navires restés à quai sur la journée, avec les départs et arrivées de navires concentrés en début et fin de journée.

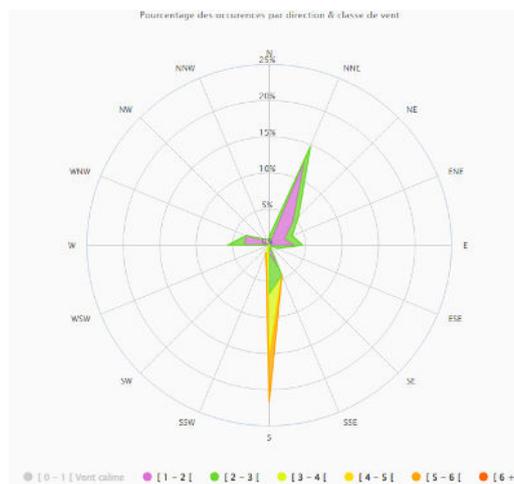


Figure 47 : Rose des vents à Ajaccio pylône Nord

D'importants niveaux de concentration ont été mesurés ce jour-là, comparativement à la moyenne sur la période de mesure (voir partie 2.2). Le trafic maritime dans le port d'Ajaccio ce jour-là est caractérisé par deux plages horaires pendant lesquelles l'activité maritime s'intensifie : en matinée avec beaucoup d'arrivées de navires et en fin de journée avec un nombre important de départs. Un grand nombre de navires sont restés à quai au cours de la journée, dont deux navires de croisière.

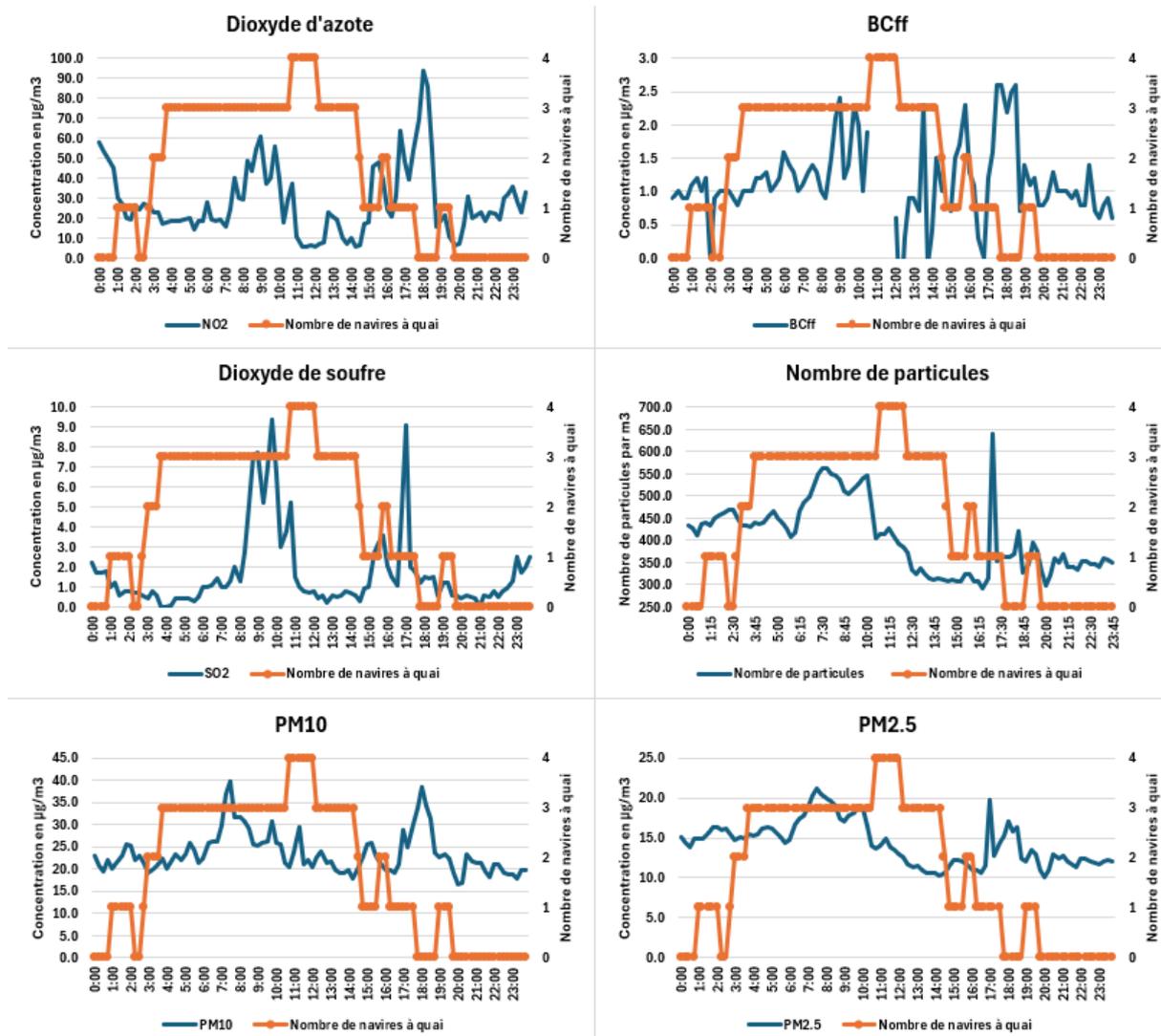


Figure 48 : Evolution du nombre de navires à quai et des niveaux de concentration quart-heures en NO₂, SO₂, BCff et en nombre de particules à la station d'Ajaccio parking Marconajo pendant la journée du 26 août 2023

L'arrivée matinale des navires est suivie d'une hausse du niveau de concentration en NO₂, qui semble être surtout influencée par l'augmentation du trafic routier à ce moment de la journée. En journée, ces niveaux baissent malgré un nombre important de navires à quai, avant de remonter vers un pic qui dépasse les 90 µg/m³, qui correspond avec les nombreux départs de fin de journée. La valeur limite de 200 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 18 heures par an, n'est pas dépassée pendant cette journée.

L'évolution du niveau de concentration en SO₂ est proche de celle du NO₂ avec deux pics très marqués en début et fin de journée. Le pic du début de journée est davantage marqué que pour le NO₂. Ces pics très ponctuels sont probablement dus à des effets de panache des navires. Un navire de croisière était à quai pendant les deux pics. La valeur limite de 350 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 24 heures par an, n'est pas dépassée pendant cette journée.

Concernant le BCff, les pics de début et fin de journée sont également visibles mais se démarquent moins des niveaux observés durant le reste de la journée qui connaissent davantage de variations. Ceci s'explique par un nombre plus important de sources émettrices pour ce polluant.

Le constat est le même pour le nombre de particules, pour lequel les niveaux de concentration varient moins au cours de la journée, et semblent moins impactés par l'activité portuaire.

Conclusion

Les nouveaux sites de surveillance Bastia Pascal Lota et Ajaccio parking Marconajo, installés en août 2023, permettent de renforcer la surveillance de la qualité de l'air dans les deux principaux ports de Corse.

- Des niveaux de concentration généralement plus élevés qu'en zone urbaine

En moyenne, les niveaux de concentration de tous les polluants étaient plus élevés sur la station portuaire que sur la station urbaine. L'écart est particulièrement important pour le dioxyde d'azote (NO₂), et peu important pour les particules PM10 et PM2.5.

- Une pollution de panache

En régime de brise de mer (vent de la mer vers la terre), les fumées des navires peuvent ponctuellement augmenter la pollution de l'air sans que celle-ci ne dure dans le temps, généralement moins d'une heure.

- Le dioxyde de soufre SO₂, un bon traceur de l'activité portuaire avec des niveaux très bas

En raison du soufre contenu dans le carburant des navires, le dioxyde de soufre (SO₂) est un bon traceur de l'activité portuaire. Pendant la période de mesure, les niveaux de concentration en 2023 étaient très en dessous des seuils réglementaires, tout comme des recommandations de l'OMS.

- Le dioxyde d'azote NO₂ est également un bon traceur de l'activité portuaire

Le NO₂ est également un marqueur de cette activité, mais il peut être confondu avec le trafic routier qui reste la source principale de ce polluant en milieu urbain. Ainsi, les dépassements des recommandations de l'OMS ne sont pas directement liés à l'activité portuaire, même si cette elle en est un contributeur.

- La masse des particules en suspension n'est pas un bon traceur de l'activité portuaire

La masse des particules n'est pas un bon indicateur car les sources sont nombreuses et les niveaux de concentration mesurés dans le port sont proches de ceux mesurés sur d'autres typologies de station. Quelques dépassements des recommandations de l'OMS sont mesurés, mais ces dépassements ne sont pas dus à l'activité portuaire. Le nombre de particules semble être un meilleur traceur de l'activité portuaire, mais en milieu urbain les sources sont nombreuses

En 2024, les mesures sur ces stations portuaires vont être poursuivies et permettront une analyse sur une année complète.

Annexe 1 : Tableau des seuils réglementaires et recommandations OMS

Polluant	Référence temporelle	Recommandations OMS	Valeurs réglementaires en vigueur en air ambiant		
			Valeurs limites	Valeurs cibles	Objectif de qualité
Dioxyde d'azote (NO ₂)	Moyenne annuelle	10 µg/m ³	40 µg/m ³	-	40 µg/m ³
	Moyenne journalière	25 µg/m ³ plus de 3 jours/an	-	-	-
	Moyenne horaire	-	200 µg/m ³ plus de 18h/an	-	-
Dioxyde de soufre (SO ₂)	Moyenne annuelle	-	-	-	50 µg/m ³
	Moyenne journalière	40 µg/m ³ plus de 3 jours/an	125 µg/m ³ plus de 3 jours/an	-	-
	Moyenne horaire	-	350 µg/m ³ plus de 24h/an	-	-
Particules en suspension (PM ₁₀)	Moyenne annuelle	15 µg/m ³	40 µg/m ³	-	30 µg/m ³
	Moyenne journalière	45 µg/m ³ plus de 3 jours/an	50 µg/m ³ plus de 35 jours/an	-	-
	Moyenne horaire	-	-	-	-
Particules en suspension (PM _{2.5})	Moyenne annuelle	5 µg/m ³	25 µg/m ³	25 µg/m ³	10 µg/m ³
	Moyenne journalière	15 µg/m ³ plus de 3 jours/an	-	-	-
	Moyenne horaire	-	-	-	-

Définitions des normes Qualité de l'Air

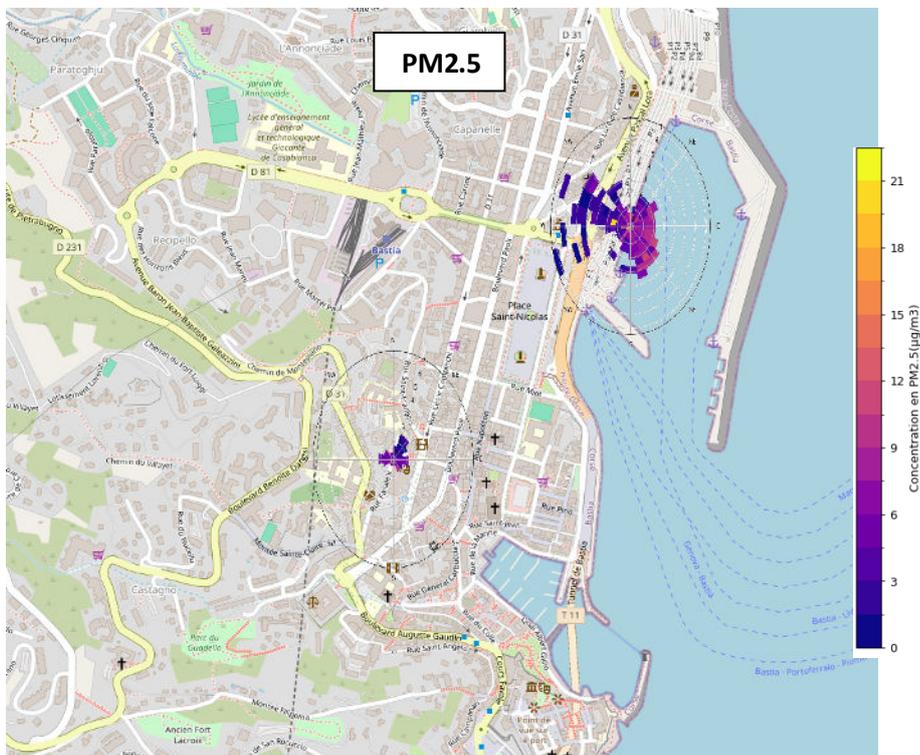
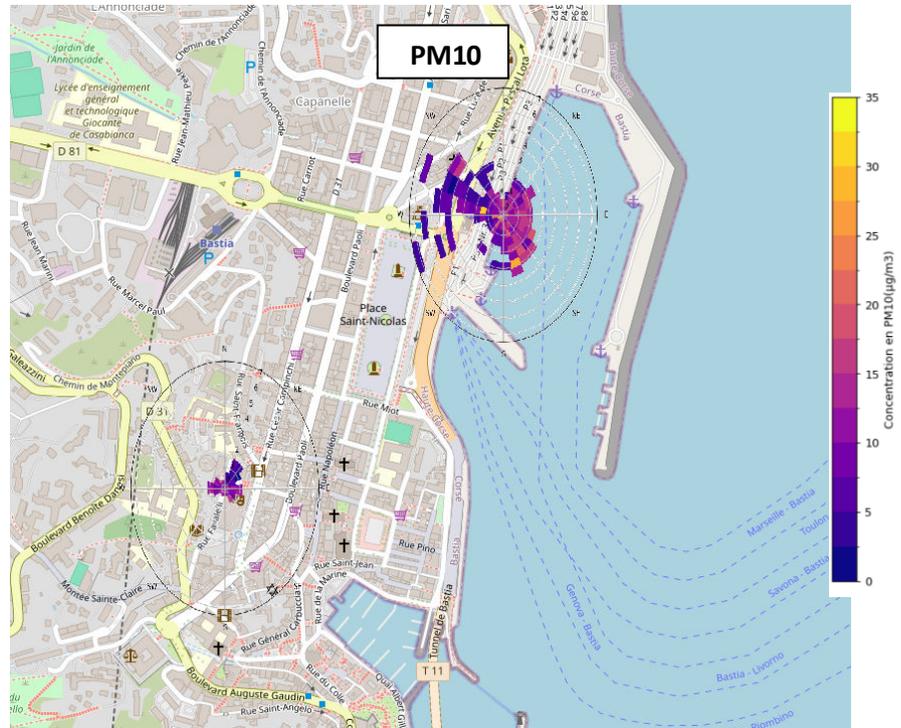
Valeur limite : un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé sur la base des connaissances scientifiques à ne pas dépasser dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Objectif de qualité : un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère 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 dans son ensemble.

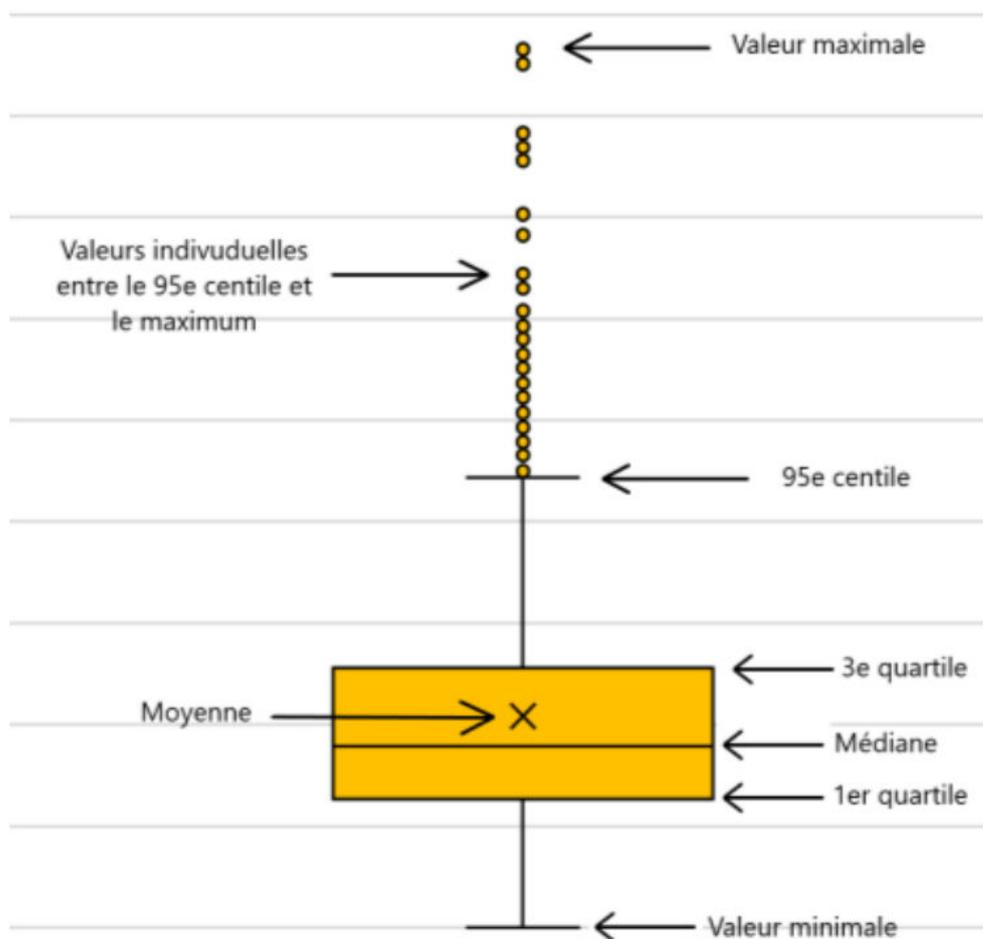
Valeur cible : un niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble, à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné.

Recommandations de l'OMS : L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) recommande des niveaux d'exposition (concentrations et durées) au-dessous desquels il n'a pas été observé d'effets nuisibles sur la santé humaine ou sur la végétation. Ce sont les niveaux d'exposition (concentrations d'un polluant dans l'air ambiant pendant une durée déterminée) auxquels ou en dessous desquels les effets sont considérés comme acceptables.

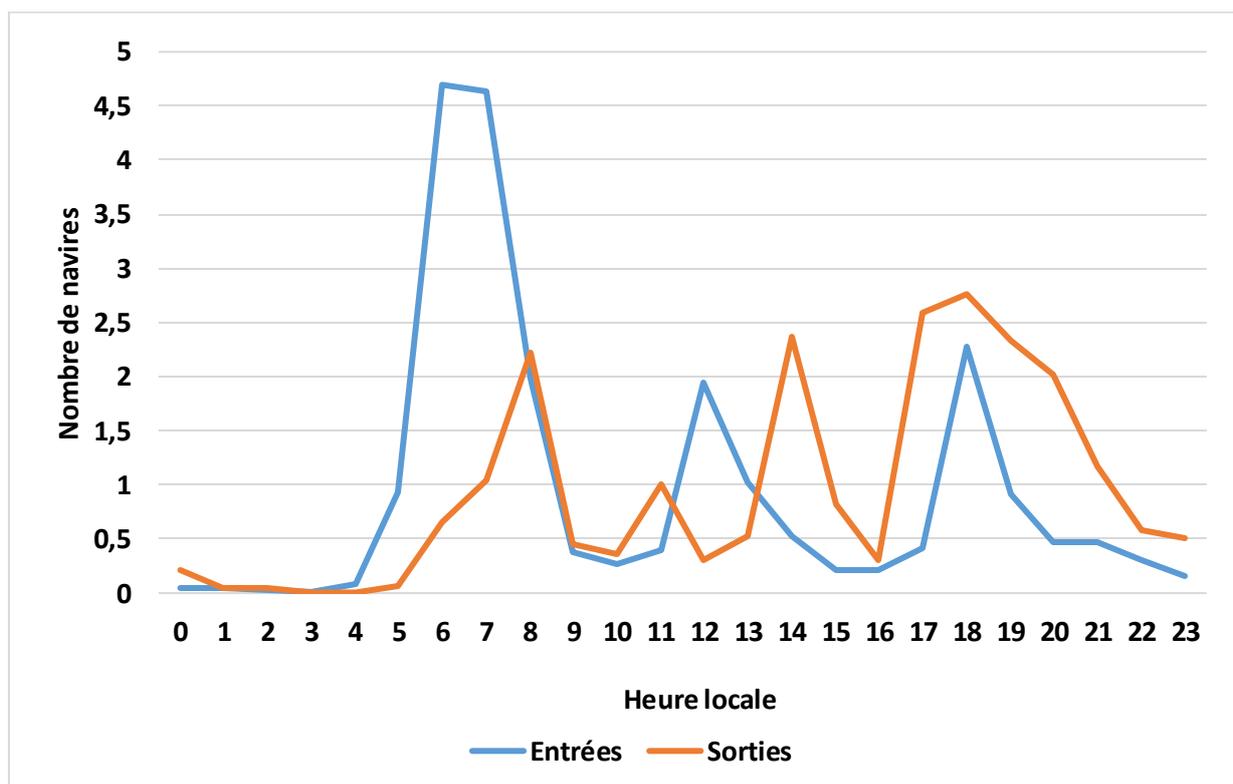
Annexe 2 : Roses de pollution des particules en suspension à Bastia



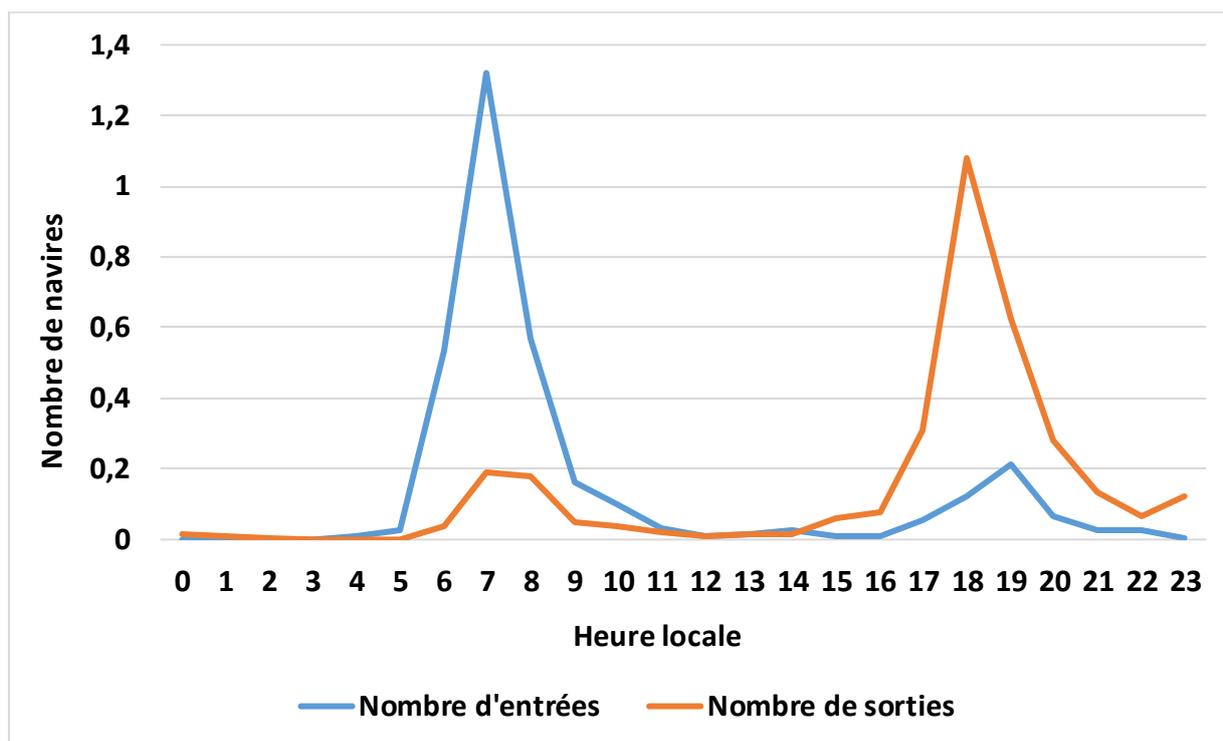
Annexe 3 : Guide de lecture des boîtes à moustache



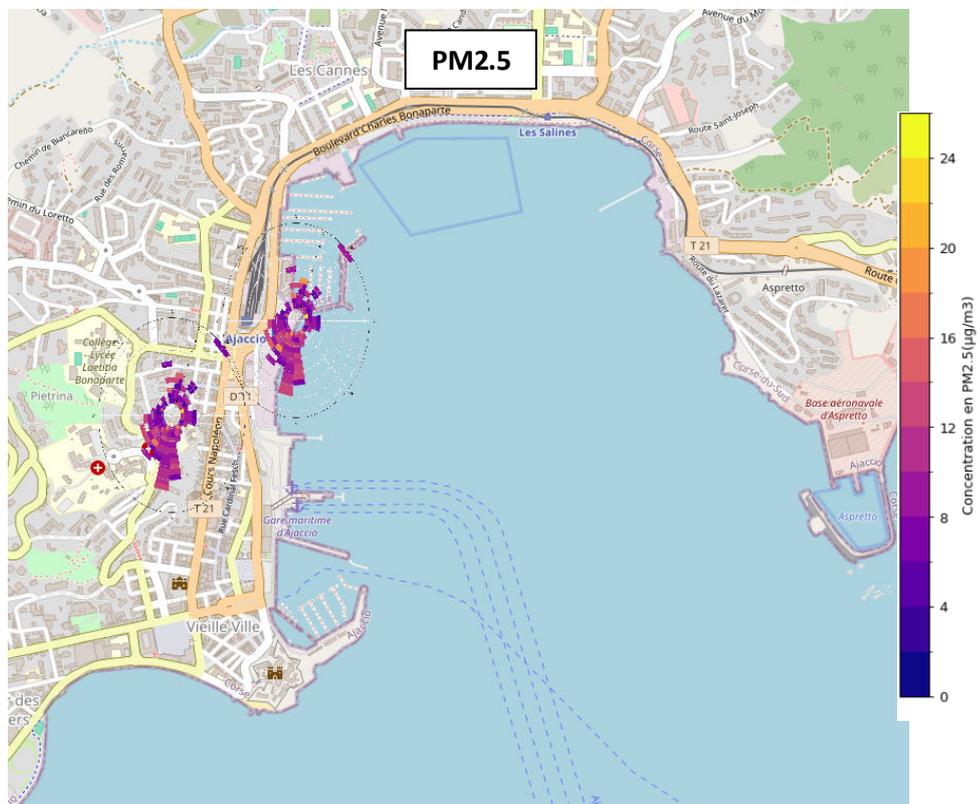
Annexe 4 : Profil journalier de l'activité portuaire à Bastia



Annexe 5 : Profil journalier de l'activité portuaire à Ajaccio



Annexe 6 : Roses de pollution des particules en suspension à Ajaccio





Mesurer · Accompagner · Informer