



RADE DE TOULON - BILAN DE LA QUALITE DE L'AIR 2020 - 2022

Septembre 2023

Date de parution

Septembre 2023

Contact

Chargé d'action territoriale : Sylvain Mercier – sylvain.mercier@atmosud.org

Références

AFE-000027 / 01 / TAO-ASN-ERT

Résumé

► Une surveillance sur 3 ans

Entre juillet 2020 et octobre 2022, en partenariat avec la Région Sud / Provence-Alpes-Côte d'Azur, la Métropole Toulon-Provence-Méditerranée et la Chambre de Commerce et d'Industrie du Var, AtmoSud a mis en place un réseau de surveillance de la qualité de l'air autour de la rade de Toulon.

L'objectif principal de cette surveillance est de mieux évaluer l'impact de la pollution issue de l'activité portuaire autour de l'ensemble de la rade, afin d'accompagner les acteurs locaux dans un déploiement optimal de leur politique territoriale air.

► Un respect des valeurs réglementaires mais des dépassements des lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé

Les mesures en continu, réalisées avec des analyseurs de référence pour la surveillance réglementaire de la qualité de l'air, n'ont montré aucun dépassement des valeurs limites réglementaires pour les polluants mesurés (NO₂, PM2.5, SO₂).

Les concentrations moyennes en NO₂ et PM2.5 mesurées à Toulon / DDTM sont comparables aux niveaux de fond urbain mesurés à la station fixe d'AtmoSud située avenue de Claret à Toulon. Les valeurs mesurées à proximité du terminal des ferries sur le port de Toulon (Toulon / TCA) sont quant à eux comparables aux mesures réalisées à Toulon / Foch, en situation de trafic.

► Une influence maritime et urbaine identifiée

Pour les polluants gazeux, comme pour le nombre de particules ultrafines, les niveaux les plus élevés ont été observés sous l'influence de vents en provenance du centre de la rade ou des principaux quais accueillant les ferries. La comparaison des entrées/sorties de bateaux, des directions de vent et de l'évolution des concentrations en polluants a permis de mettre en évidence l'impact de l'activité maritime sur la qualité de l'air.

La station de Toulon / TCA est plus exposée aux vents provenant des quais des navires et à leur pollution associée que la station Toulon / DDTM, ce qui laisse penser que les principaux impacts maritimes, sous forme de panaches, sont au Nord-Est du terminal TCA. Sur ce site, positionné au niveau du quai et exposé à la pollution urbaine, il apparaît que la contribution de l'activité maritime à la pollution totale mesurée est estimée avec les ratios suivants : 1/3 le NO₂, 1/4 pour PM2.5, et 1/2 pour le SO₂.

Les émissions ponctuelles des panaches de navires s'accompagnent d'une forte production de particules ultrafines qui sont bien identifiées par les mesures en été 2021. En revanche, si on considère les mesures des particules fines en concentration massique, l'activité maritime n'apparaît pas prépondérante par rapport à l'activité urbaine en termes de contribution aux niveaux de pollution.

PARTENAIRES

Région Sud Provence-Alpes-Côte-d'Azur
Métropole Toulon Provence Méditerranée
Chambre de Commerce et d'Industrie du Var

AUTEUR DU DOCUMENT

Thomas ALEIXO – Rédaction
Alexis STEPANIAN – Vérification
Edwige REVELAT - Validation

SOMMAIRE

I	Contexte	5
II	Une surveillance accrue autour de la rade de toulon	8
II.1	Une surveillance pérenne sur Toulon depuis 1998.....	8
II.2	Une rade sous surveillance	10
II.3	Une aérologie complexe à l'échelle de la rade	11
III	Un respect de la réglementation mais une contribution maritime identifiée.....	15
III.1	Respect des normes réglementaires mais des dépassements des seuils OMS.....	15
III.2	Une pollution atmosphérique variable à l'échelle de la rade	16
III.3	Des influences urbaines et maritimes identifiées au niveau du centre urbain de Toulon	18
III.4	Des observations confirmées par les microcapteurs (projet Aer Nostrum).....	22
III.5	L'impact des navires identifié dans les concentrations.....	24
IV	Conclusion : Une connaissance plus fine de la pollution atmosphérique autour de la rade de toulon	31

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 – Photographie de la station de mesure Toulon (DDTM), devenue ensuite Toulon (TCA) et photographies des stations de mesure installées à La Seyne-sur-Mer (Brégaillon) et Saint-Mandrier-sur-Mer	35
Annexe 2 – Sources de pollution, effets sur la santé, réglementation et recommandations OMS.....	36
Annexe 3 – Lecture des boîtes à moustache	40
Annexe 4 – Statistiques descriptives des différents polluants mesurés autour de la rade de Toulon durant la campagne de mesures.....	41
Annexe 5 – Lecture des roses de pollution	57
Annexe 6 – roses de pollution en période estivale.....	58
Annexe 7 – profils horaires en période estivale.....	61
Annexe 8 – Evolutions dynamiques concentrations / mouvements ferries.....	64

I CONTEXTE

► Un contexte international, national et régional en mutation

Aujourd'hui, des solutions pour diminuer les impacts de la pollution maritime sur le littoral méditerranéen s'inscrivent dans une dynamique en synergie à toutes les échelles, régionale, nationale et internationale :

- Depuis le 1^{er} janvier 2020, l'Organisation Maritime Internationale impose une limitation à **0.5% de la teneur en soufre** des carburants utilisés par les navires.
- La Région Sud déploie depuis 2019 un plan de réduction des impacts de la pollution maritime ([plan Escales Zéro Fumée](#)).
- **Les communes de Nice et Toulon imposent depuis 2020 aux navires qui rentrent en rade de naviguer avec un carburant à 0,1% de teneur en soufre.**
- Trois Journées Méditerranéennes de l'Air, organisées par AtmoSud, consacrées aux sujets des ports et permettant de réunir tous les acteurs concernés (JMAP), ont eu lieu à Marseille en 2017, à Ajaccio en 2019 et à Toulon en 2022.
- Le projet européen de recherche SCIPPER¹ (programme H2020) vise à l'amélioration des connaissances concernant la caractérisation de la pollution maritime via des mesures menées par AtmoSud en 2019 et 2020 sur le port de Marseille, dont certaines directement dans les panaches des navires, grâce à l'intervention de drones.
- Le projet européen AER NOSTRUM 2020-2023² (programme MARITTIMO) vise à étudier l'impact d'aménagements ayant pour but d'améliorer la qualité de l'air sur les zones portuaires de PACA, Corse, Sardaigne, Toscane et Ligurie par la modélisation et des mesures en 2021 dans la rade de Toulon. La métropole TPM, la CCI du Var et AtmoSud sont partenaires du projet.

► Des émissions de polluants atmosphériques variées et influencées par les activités maritimes

Les trois grands ports de la région Sud se mobilisent pour un air plus sain. AtmoSud, dans le cadre de son programme Maritime 2017-2022, a réalisé de nombreuses mesures sur les ports de Nice, Toulon et Marseille.

Il en ressort que :

- La pollution maritime est une pollution dite « pollution de panache », en ce sens qu'elle impacte les riverains de manière ponctuelle, en fonction des régimes de vents, de la distance au port et de la forme du bâti. Les impacts durent quelques dizaines de minutes à quelques heures, aux cours desquelles les concentrations peuvent augmenter fortement, notamment sur les dioxydes d'azote (NO₂) et les particules fines (PM₁₀, PM_{2.5}). En revanche, les mesures montrent que la pollution maritime a un impact modéré sur les concentrations moyennes à l'échelle annuelle.
- La phase à quai des navires, plus proche des habitations et de durée plus longue que la phase manœuvre, est la phase la plus pénalisante pour les villes portuaires. La phase en mer a des impacts plus globaux : les émissions de CO₂ ont un impact à l'échelle mondiale et les particules les plus fines peuvent être transportées sur de longues distances.
- Le dioxyde de soufre (SO₂) est un traceur de la pollution maritime, mais n'est pas un enjeu sanitaire fort à l'échelle locale, contrairement au NO₂ et aux particules fines. Le travail mené sur la diminution de la teneur en soufre des carburants des navires reste positif, car il permet une baisse du taux de sulfate à l'échelle de la méditerranée.
- La concentration de particules fines en masse n'est pas un traceur des fumées, contrairement au nombre de particules qui est un indicateur plus pertinent.

¹ <https://www.atmosud.org/etude/scipper>

² <https://www.atmosud.org/etude/aernostrum>

► **Les émissions de polluants atmosphériques dans la rade de Toulon**

Les navires émettent des polluants issus de la combustion des carburants sous forme particulaire et sous forme gazeuse, tout comme le trafic routier.

Pour l'année 2019³, à Toulon, les émissions du secteur maritime représentent 8 % des émissions de particules fines PM2.5 et 44 % des émissions d'oxydes d'azote NO_x (Figure 1).

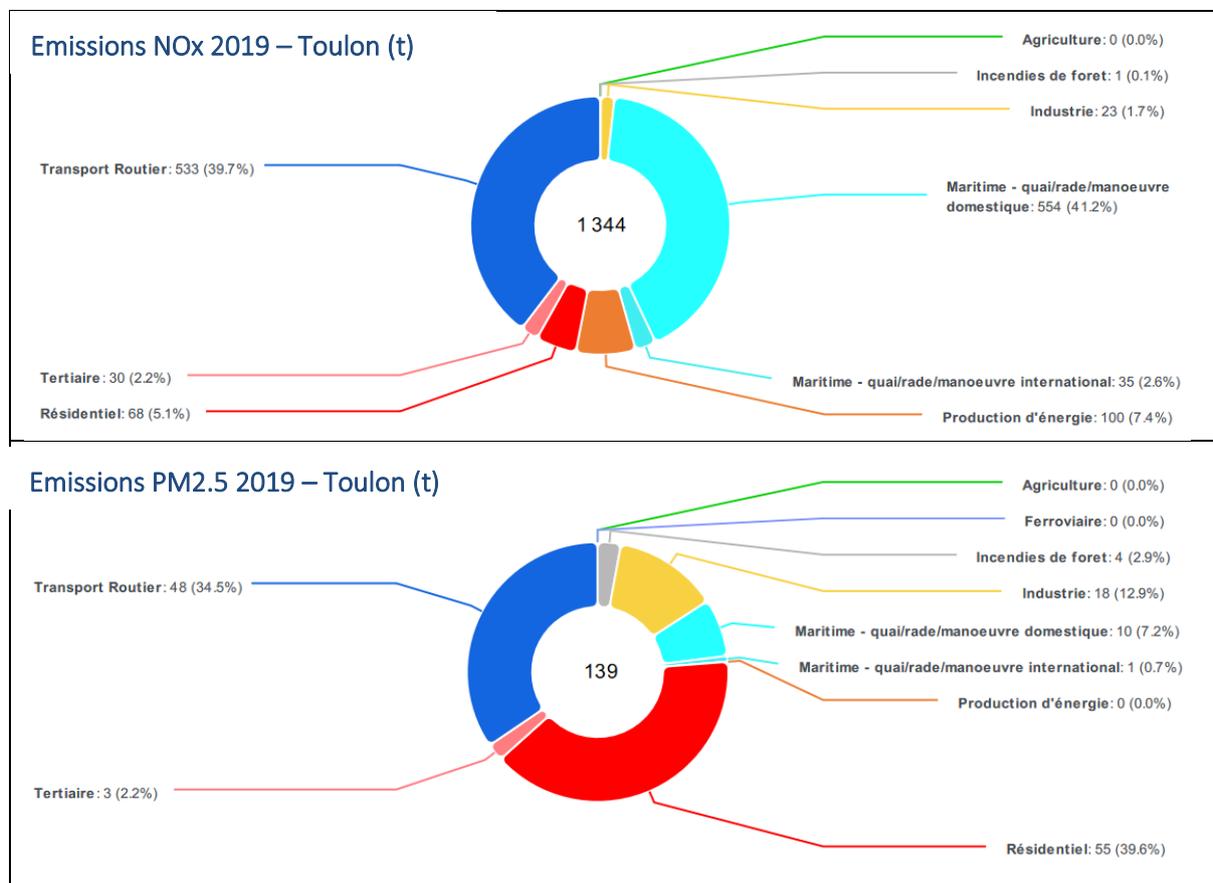


Figure 1 : Inventaire des émissions des NO_x et PM_{2.5} sur la commune de Toulon (AtmoSud inventaire 9.2 – bilan territorial)

A La Seyne-sur-Mer, commune située à l'ouest de la rade, les émissions du secteur maritime représentent 5 % des émissions de particules fines PM_{2.5} et 41 % des émissions de dioxyde d'azote (Figure 2).

³ <https://cigale.atmosud.org/extraction.php>

L'année 2020 est la plus récente dans l'inventaire des émissions d'AtmoSud. Cependant, cette année est atypique en raison de la crise sanitaire, l'année 2019 est donc considérée ici comme année de référence à comparer avec les années de surveillance 2021 et 2022.

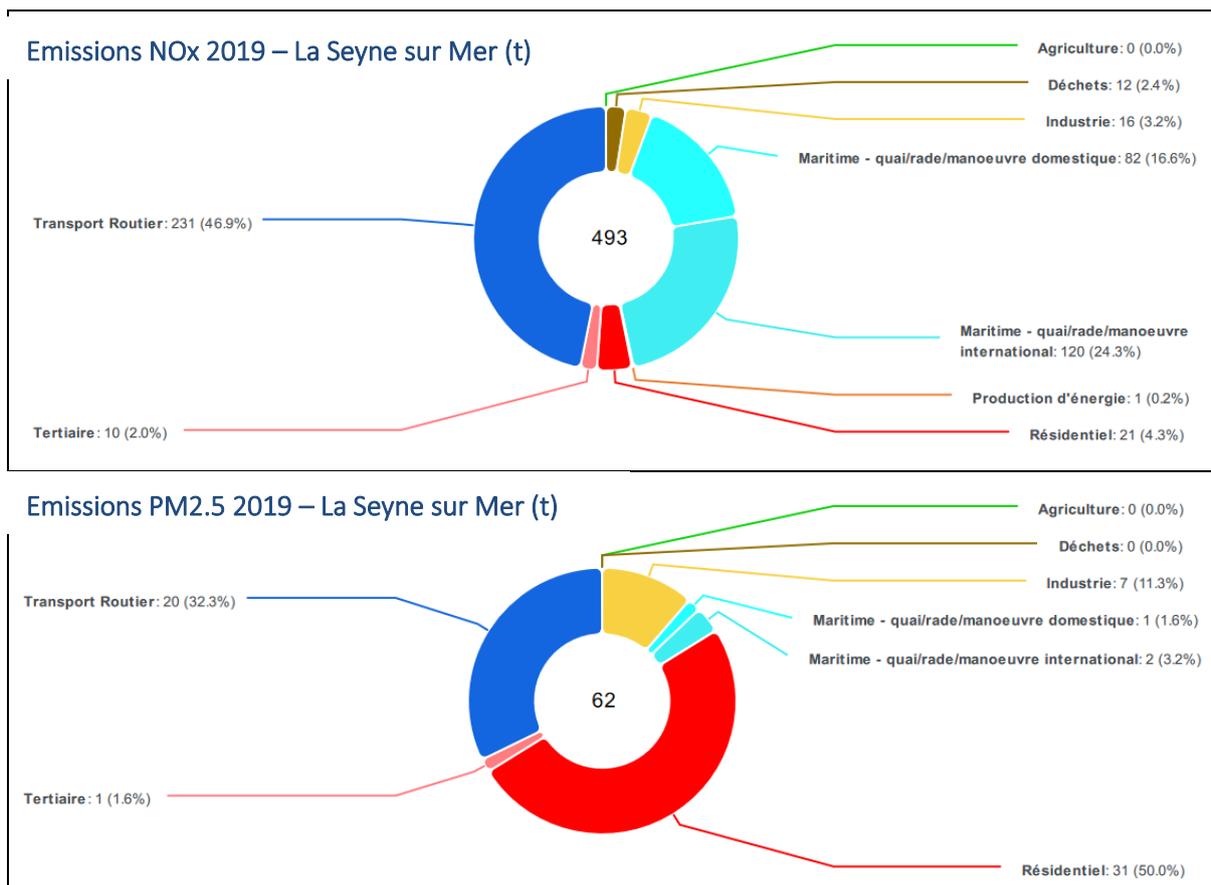


Figure 2 : Inventaire des émissions des NOx et PM2.5 sur la commune de Toulon (AtmoSud inventaire 9.2 – bilan territorial)

S'il est possible d'attribuer les émissions atmosphériques aux différents secteurs d'activité, c'est nettement plus complexe dès qu'il s'agit de la qualité de l'air ressentie sur un territoire.

Pour cela, l'analyse des concentrations avec les données d'activités (arrivées-départs des navires, caractéristiques techniques, ...) peut permettre de mieux caractériser la signature physico-chimique des bateaux.

Le présent document dresse le bilan de la qualité de l'air constaté au cours des trois années de mesures (2020, 2021 et 2022) autour de la rade de Toulon.

Ce bilan est établi par le biais des mesures réalisées par les différentes stations fixes et mobiles d'AtmoSud qui ont été déployées dans la zone durant cette période.

II UNE SURVEILLANCE ACCRUE AUTOUR DE LA RADE DE TOULON

II.1 Une surveillance pérenne sur Toulon depuis 1998

L'agglomération toulonnaise se caractérise par une large bande urbanisée contrainte par la mer Méditerranée au sud, et les monts toulonnais au nord. Elle est traversée par une autoroute (A50 divisée en A57 et A570 à l'Est), et par des voies de trafic importantes (boulevard de Strasbourg, avenue de la république...) au centre-ville de Toulon. Le port est composé de la base navale au nord de la rade entre Toulon et La Seyne-sur-Mer, du terminal Ferries à l'Est au centre-ville de Toulon (terminal Toulon Côte d'Azur - TCA), du terminal fret de Brégaillon à La Seyne-sur-Mer, et de plusieurs ports de plaisance autour de la rade.

Les principales zones à enjeux en termes de qualité de l'air se situent dans le cœur urbain et péri-urbain de la métropole, de La Garde à Ollioules, où les activités émettrices de polluants sont les plus concentrées (transports et résidentiel majoritairement), et où la densité urbaine est la plus forte limitant de fait la dispersion des polluants. En 2019, sur le territoire de la Métropole Toulon Provence Méditerranée, 2000 personnes résident dans une zone où les concentrations en NO₂ dépassent la valeur limite réglementaire.

AtmoSud surveille la qualité de l'air dans l'agglomération toulonnaise depuis 1998 avec une première station installée dans le quartier Chalucet à Toulon. D'autres stations sont depuis venues compléter le dispositif de surveillance sur la métropole.

Les concentrations en dioxydes d'azote (NO₂) et en particules fines diminuent depuis le début des mesures, suivant une tendance similaire à celle observée au niveau national (Figure 3 et Figure 4). L'amélioration technologique apportée aux véhicules et aux industries explique la majeure partie de cette diminution.

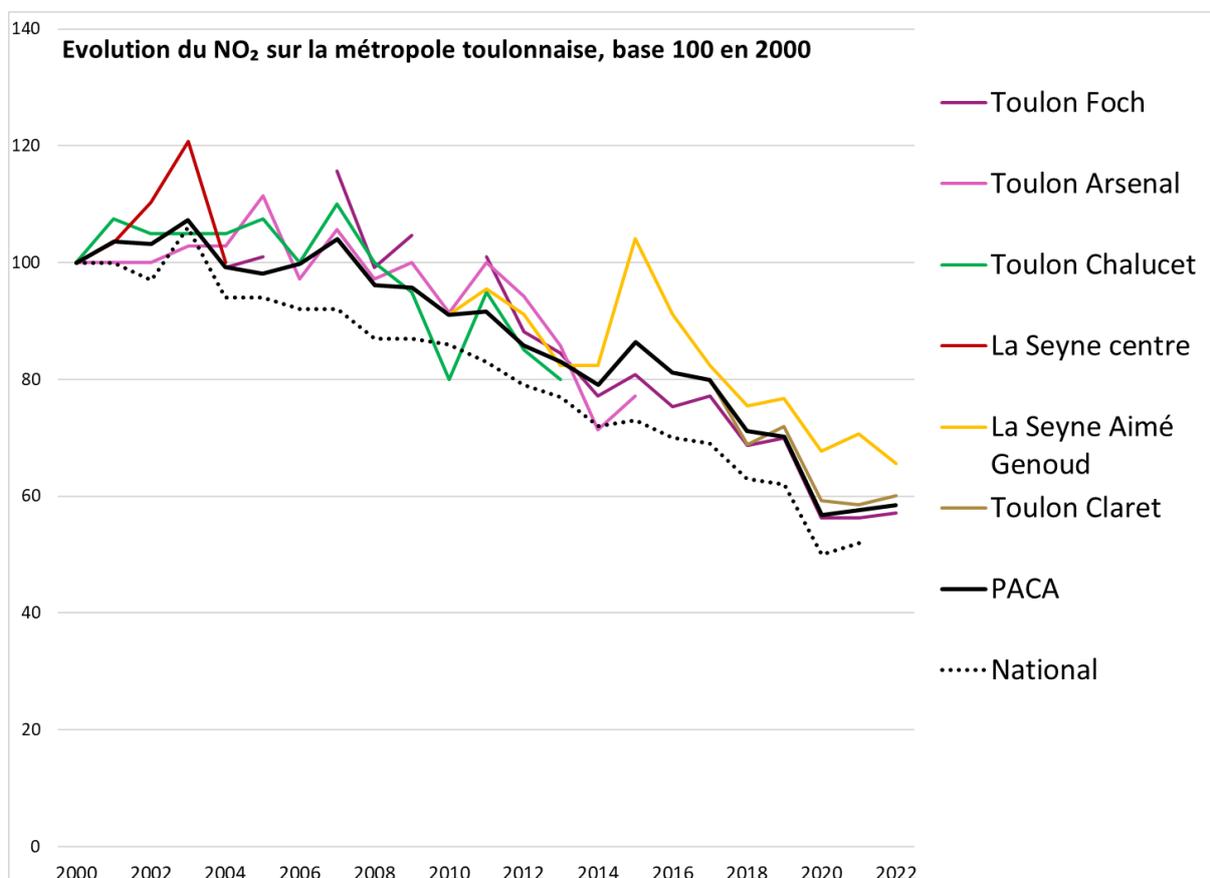


Figure 3 : Evolution 2000-2022 des concentrations en NO₂ mesures sur les stations AtmoSud

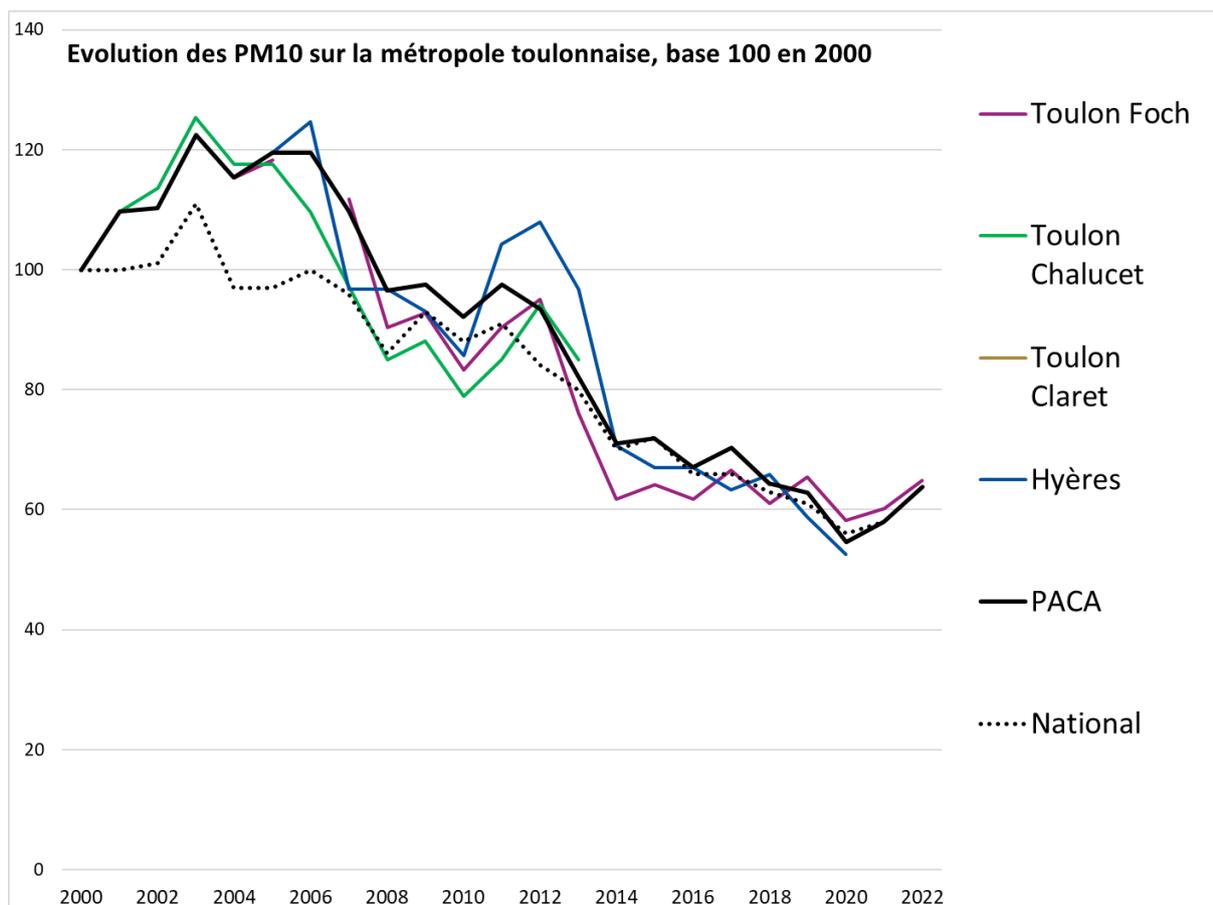


Figure 4 : Evolution 2000-2022 des concentrations en PM10 mesures sur les stations AtmoSud

Les trois stations permanentes actuelles d'AtmoSud sur l'aire toulonnaise sont de typologie urbaine, pour La Seyne-sur-mer / Genoud, Toulon / Claret et Toulon / Foch. Ces stations ne présentent toutefois pas les mêmes caractéristiques : deux sont d'influence de fond (La Seyne-sur-mer / Genoud et Toulon / Claret), et une d'influence trafic (Toulon / Foch).

Les stations rendent compte de la qualité de l'air dans son ensemble, mais ne peuvent pas mettre en évidence l'impact spécifique de l'activité maritime. Par conséquent, une campagne sur plus de 2 ans a été menée autour de la rade, en complément du projet européen Aer Nostrum, pour mieux documenter l'influence de l'activité maritime sur la qualité de l'air.

II.2 Une rade sous surveillance

Le dispositif de surveillance mis en œuvre par AtmoSud est résumé sur la Figure 5. Il est constitué des stations de mesures pérennes et de sites temporaires.



Figure 5 : Cartographie du dispositif de surveillance mis en œuvre par AtmoSud sur la rade de Toulon entre juillet 2020 et octobre 2022.

► Un site provisoire sur le port de Toulon de juillet 2020 à juin 2021 (site DDTM)

La campagne de mesures a démarré en juillet 2020 avec l'installation d'une station de mesures sur le toit du bâtiment accueillant la DDTM83. La station de mesures Toulon / DDTM était équipée d'analyseurs permettant le suivi des polluants réglementés suivants :

- Les oxydes d'azotes (NO_x) dont le dioxyde d'azote (NO₂) ;
- Les particules fines PM_{2.5} ;
- Le dioxyde de soufre (SO₂).

► Un site provisoire à l'entrée du terminal Ferries de juillet 2021 à octobre 2022 (site TCA)

En juin 2021, cette station a été déplacée à quelques centaines de mètres vers le nord, au niveau du sol, à l'entrée du terminal Ferries TCA. La station est alors renommée Toulon / TCA.

Entre août et septembre 2021, la station de mesures Toulon / TCA a accueilli des appareils de mesures spécifiques :

- Un aéthalomètre multi longueur d'onde (AE33) qui permet la mesure des concentrations en carbone suie (ou « black carbon ») émis par les sources de combustion, basée sur la mesure de l'atténuation de la lumière par un filtre chargé en aérosols pour plusieurs longueurs d'onde.
- Un compteur de particules ENVI-CPC qui permet le comptage du nombre de particules

ultrafines (PUF dont le diamètre est compris entre 7nm et 1 µm).

► **Deux sites de mesures provisoires à l'ouest de la rade en août et septembre 2021.**

Entre le 1^{er} août et de 30 septembre 2021, un renforcement de la surveillance à la Seyne-sur-Mer et à Saint-Mandrier-sur-Mer a été déployé avec deux stations de mesures installées :

- L'une à l'Est de La Seyne-sur-Mer, près du terminal de fret de Brégaillon
- L'autre au Nord de Saint-Mandrier-sur-Mer au Parc d'Activités Marines.

Elles permettent le suivi des polluants suivants :

- oxydes d'azote NOx ;
- particules PM2.5 ;
- dioxyde de soufre SO₂.

Les photographies des différentes implantations des stations de mesures sont disponibles en Annexe 1. Des informations détaillées sur les différents polluants (réglementation, effets sur la santé) sont disponibles en Annexe 2.

II.3 Une aérologie complexe à l'échelle de la rade

Les niveaux des concentrations des différents polluants et les paramètres du vent sont étroitement liés :

- la direction du vent oriente la dispersion des panaches de pollution ;
- la vitesse du vent contribue à la dilution des polluants et à leur transport.

Une absence de vent contribuera ainsi à l'accumulation de polluants près des sources et à l'inverse, un vent fort dispersera rapidement les polluants.

En concordance avec le dispositif de surveillance, quatre stations météorologiques ont été déployées et les données disponibles sur la rade pendant toute la durée de l'étude sont les suivantes (Tableau 1):

Tableau 1 : Données météorologiques disponibles sur la campagne de mesures

Site	Propriétaire	Période de mesures
Toulon / DDTM	AtmoSud	01/07/2020 au 10/06/2021
Toulon / TCA	AtmoSud	01/07/2021 au 30/10/2022
La Seyne-sur-Mer / Brégaillon	AtmoSud	01/08/2021 au 30/09/2021
Saint-Mandrier-sur-Mer	Météo France	01/08/2021 au 30/09/2021

La Figure 6 représente les roses des vents associées en chacune de ces stations.

► **Des conditions de vent non homogènes sur un territoire restreint en raison du relief, de l'occupation des sols et de la mer**

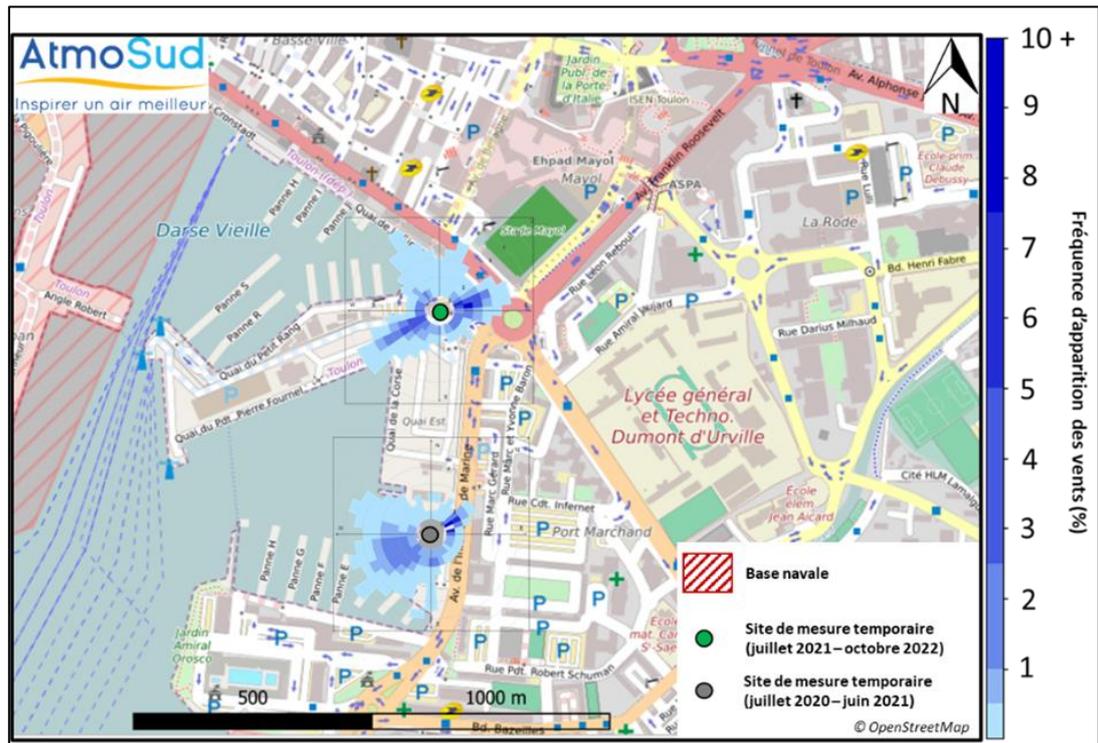
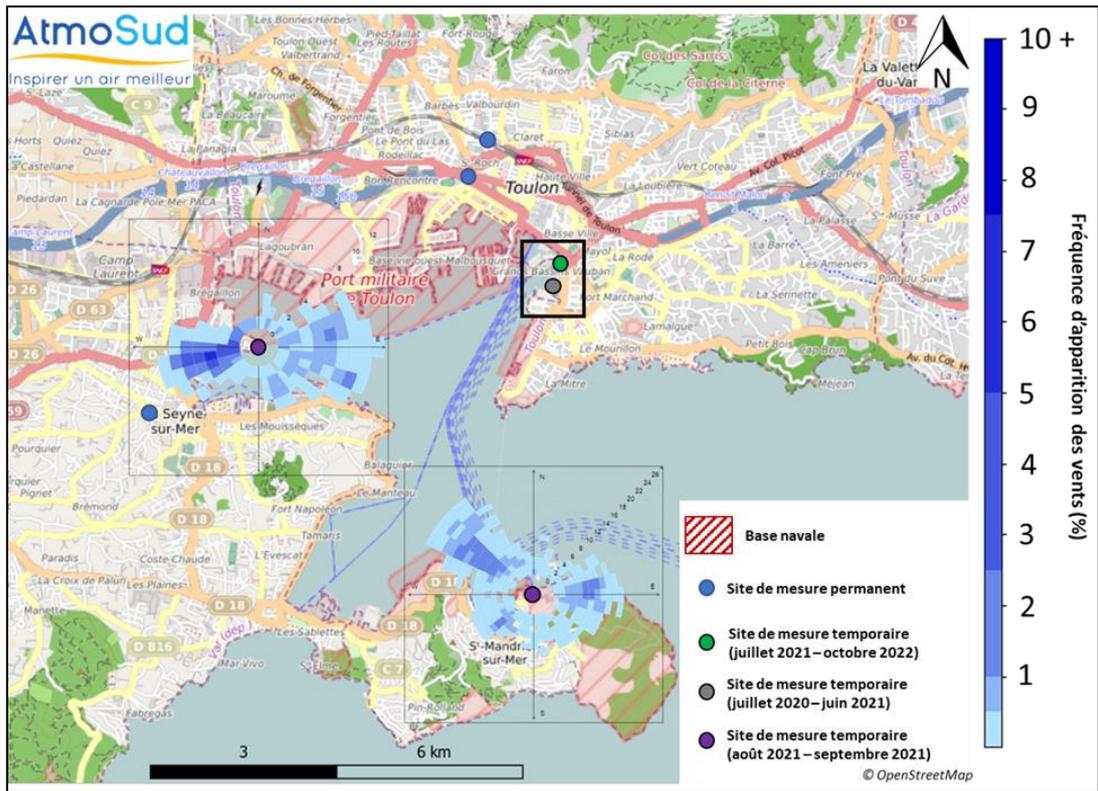


Figure 6 : Conditions de vent locales dans la rade de Toulon (juillet 2020-octobre 2022)

Au niveau des stations de mesures Toulon / DDTM et Toulon / TCA, les roses des vents montrent deux régimes de vents principaux :

- des vents de secteur Sud-Ouest, avec des vitesses modérées à élevées.
- des vents de secteur Nord-Est, provenant des zones urbaines, et avec des vitesses plus faibles, et moins fréquents.

En termes d'exposition, la **station Toulon / DDTM** est située pendant **10% du temps sous les vents en provenance des principaux quais du terminal TCA de Toulon** (Fournel, Corse, Minerve), alors que la station **Toulon / TCA** est située pendant **31% du temps sous les vents en provenance de ces principaux quais**.

Au niveau de la station de **La Seyne-sur-Mer / Brégaillon**, les vents sont majoritairement de secteur Ouest, avec des vitesses modérées à élevées. Cette position de la station est **en aval des vents qui se propagent depuis les zones urbaines de l'Ouest de l'aire toulonnaise**.

Au niveau de **Saint-Mandrier-sur-Mer**, les vents sont majoritairement de secteur Nord-Ouest et avec des vitesses élevées, liés à des épisodes de Mistral. Dans ces conditions, très dispersantes, la station est probablement peu exposée à des nuages de pollution importants, au regard de sa distance par rapport aux zones urbaines et à la localisation des escales des grosses unités.

► **Une variabilité journalière liée au régime de brises thermiques en zone littorale**

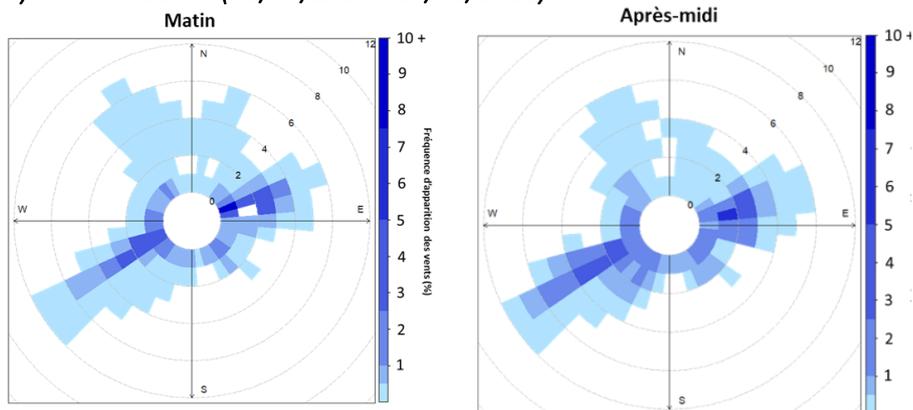
La variabilité journalière des régimes de vents met en évidence des phénomènes de brises thermiques qui se mettent en place au niveau du littoral.

La Figure 7 présente les roses des vents réalisées sur les heures du matin et de l'après-midi établies pour les différents sites de mesure.

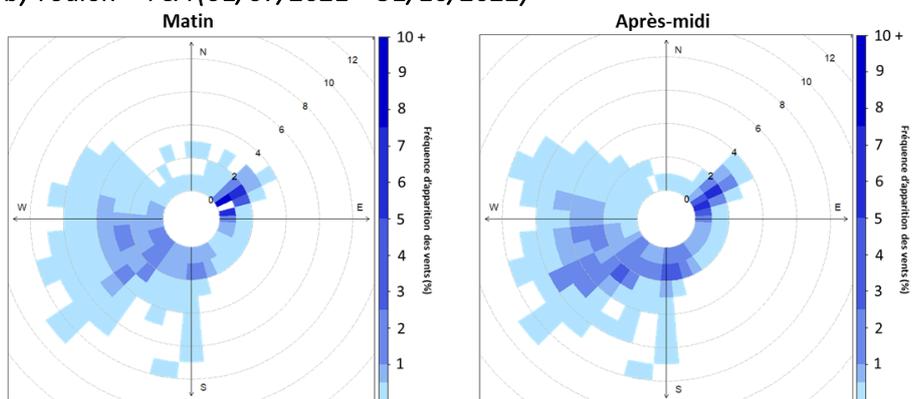
La variabilité journalière s'illustre particulièrement sur le site de **Toulon / TCA** (Figure 7b), un effet de brises thermiques est constaté avec une prédominance d'un vent de secteur Nord-Est tout au long de la matinée, puis la bascule de vent intervient à la mi-journée pour laisser place à des vents de secteur Sud-Ouest durant l'après-midi. Ce schéma est moins évident sur la station Toulon / DDTM (7a), mais les directions brise de mer/brise de terre restent bien marquées.

Concernant les sites de La Seyne-sur-Mer / Brégaillon et de Saint-Mandrier-sur-Mer, il n'y a pas d'effet de brise et de profil journalier particulier, du fait de la prédominance des directions de vent synoptique de secteur Ouest.

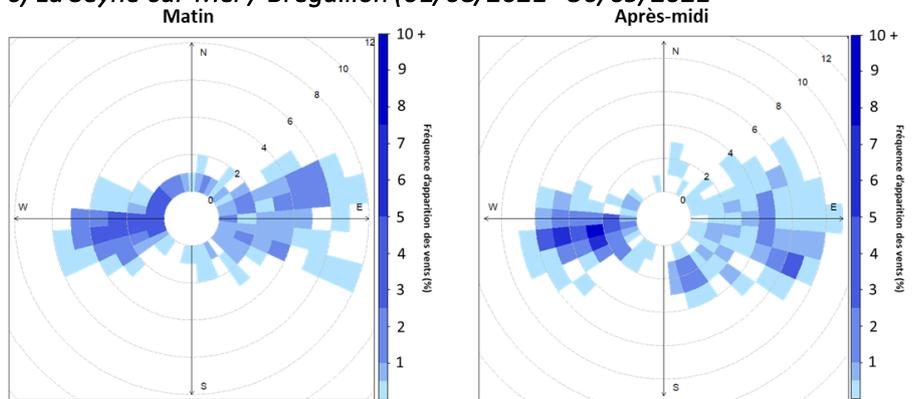
a) Toulon - DDTM (01/07/2020 - 15/06/2021)



b) Toulon - TCA (01/07/2021 - 31/10/2022)



c) La Seyne-sur-Mer / Brégaillon (01/08/2021 - 30/09/2021)



d) Saint-Mandrier (01/08/2021 - 30/09/2021)

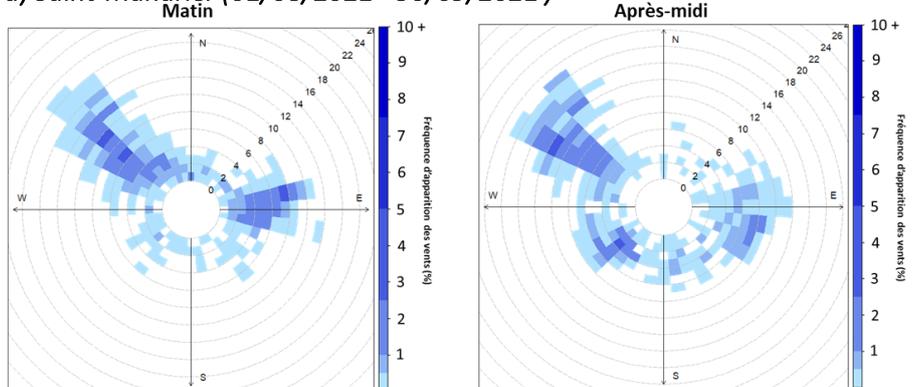


Figure 7 : Roses des vents matin/après-midi établies sur les différents sites de mesure autour de la rade de Toulon

III UN RESPECT DE LA REGLEMENTATION MAIS UNE CONTRIBUTION MARITIME IDENTIFIEE

III.1 Respect des normes réglementaires mais des dépassements des seuils OMS

L'ensemble des statistiques descriptives (annuelles, journalières, horaires) des mesures réalisées sur chaque station pour chacune des périodes est disponible en Annexe 4. Elle reprend également l'ensemble des données journalières, au regard des lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

La synthèse de ces données montre pour tous les polluants des valeurs inférieures aux seuils réglementaires mais des dépassements ponctuels des seuils fixés dans les lignes directrices de l'OMS.

► Respect des valeurs réglementaires

Pour tous les polluants atmosphériques réglementés (NO₂, SO₂, PM10), il n'a été observé aucun dépassement de valeur limite réglementaire horaire et journalière sur la période de mesure considérée.

Les niveaux moyens respectent les valeurs réglementaires horaires et journalières pour tous les polluants atmosphériques suivis.

Sur les différentes périodes de mesures considérées, aucun dépassement de valeur réglementaire n'a été mesuré.

► Des dépassements des lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

Les lignes directrices de l'OMS ne sont pas juridiquement contraignantes. Elles apportent un référentiel commun au niveau international et permettent des comparaisons malgré des réglementations nationales différentes.

Le tableau 1 rassemble les seuils de référence des lignes directrices de l'OMS pour le NO₂ et les PM2.5 (dernière édition 2021). Le SO₂ ne fait pas parti des polluants concernés par les lignes directrices OMS.

Tableau 2 : Seuils de référence de la dernière édition des lignes directrices de l'OMS pour le NO₂ et les PM2.5

Polluant	Seuil de référence 2021	
	NO ₂	Année
24 heures		25 µg/m ³
PM2.5	Année	5 µg/m ³
	24 heures	15 µg/m ³

Les lignes directrices annuelles de l'OMS en NO₂ et PM2.5 sont dépassées sur l'ensemble des sites fixes ainsi que sur les sites de Toulon / DDTM et Toulon / TCA. Plus généralement, c'est le cas dans tous les grands centres urbains de la région PACA.

La ligne directrice journalière en NO₂ est ponctuellement dépassée sur le site de Toulon / DDTM et régulièrement dépassée sur Toulon / TCA. Plus généralement, elle est ponctuellement dépassée par les sites en situation urbaine et régulièrement dépassée sous les sites sous influence trafic.

La ligne directrice journalière en PM2.5 est uniquement dépassée de manière ponctuelle sur les différents sites.

III.2 Une pollution atmosphérique variable à l'échelle de la rade

Pour une analyse de ce type de pollution, il est nécessaire de produire une analyse à haute résolution. A partir des données disponibles à une échelle quart-horaire, l'analyse est ainsi menée à partir des statistiques horaires.

III.2.1 Résultats

► Sur la totalité de la période de mesure

La Figure 8 montre les principales statistiques des concentrations horaires mesurées pour les polluants réglementés au niveau des stations de mesure sur les périodes concernées⁴.

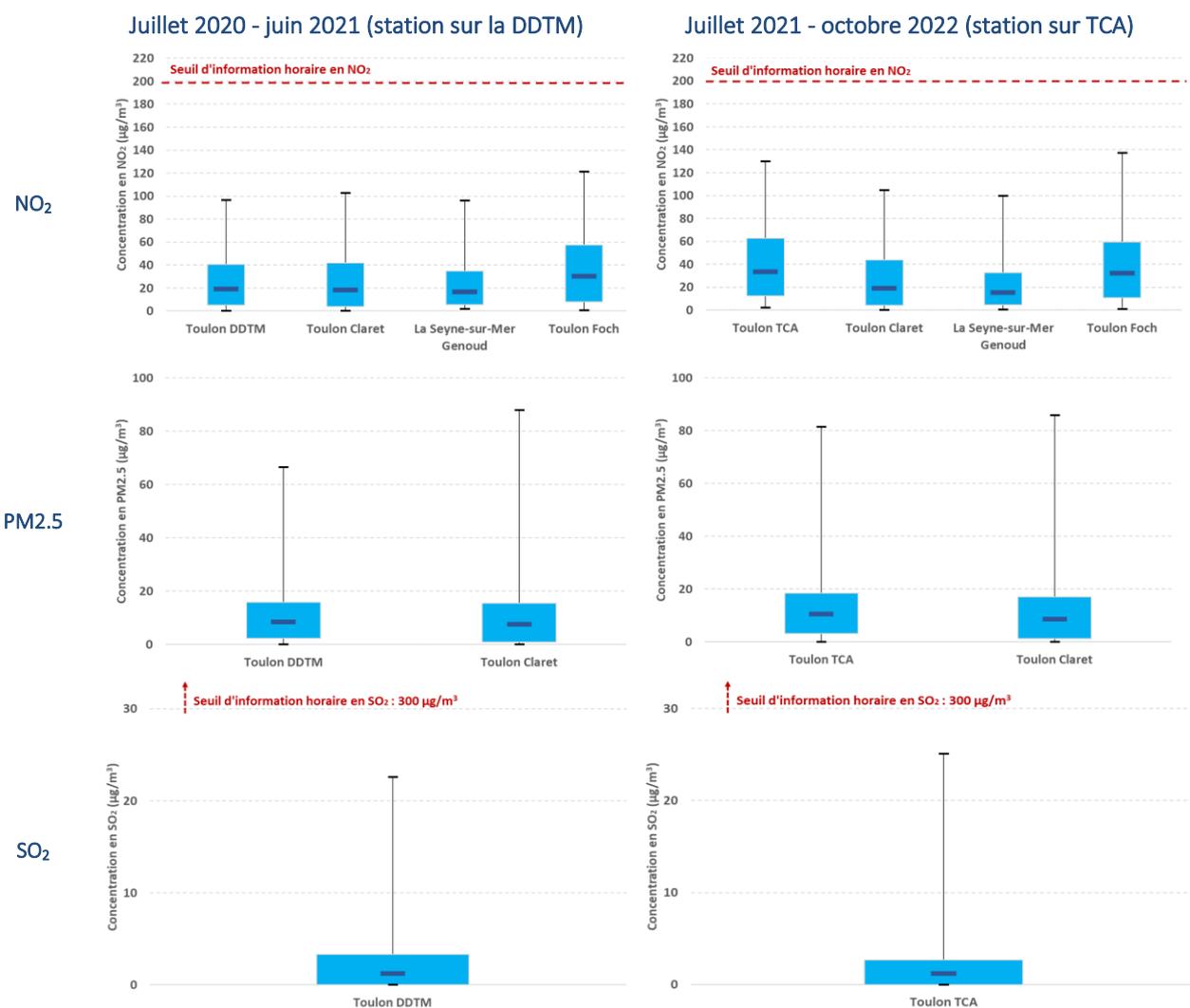


Figure 8 : Comparaison des concentrations horaires en NO_2 , en $\text{PM}_{2.5}$ et en SO_2 mesurées sur les différentes stations AtmoSud autour de la rade de Toulon

► Sur les périodes estivales (1^{er} aout-30 septembre) 2020, 2021 et 2022

La Figure 9 montre les principales statistiques des mesures aux stations pour les périodes estivales de 2 mois (du 1^{er} aout au 30 septembre) en cohérence avec la période d'installation des cabines de Saint-Mandrier-sur-Mer et La Seyne-sur-Mer Brégailhon durant l'été 2021.

⁴ Une aide à la lecture des diagrammes en box-plot (boute à moustaches) est disponible en Annexe 3.

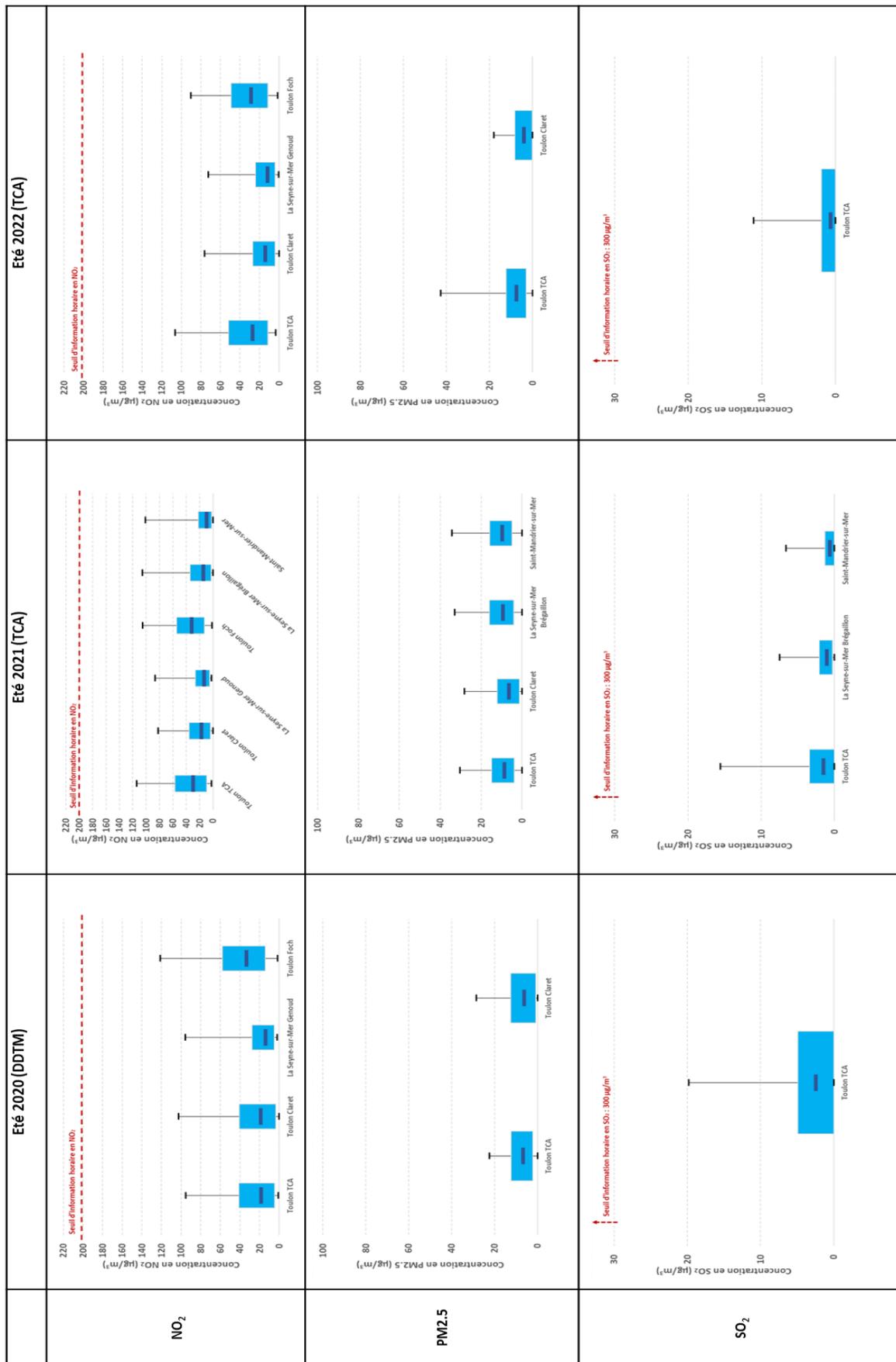


Figure 9 : Statistiques horaires des mesures réalisées en période estivale (2020, 2021, 2022)

III.2.2 Une exposition différenciée en centre urbain à proximité du terminal ferry

Les mesures à Toulon / DDTM montrent des niveaux comparables en NO₂ et PM2.5 par rapport aux sites en situation urbaine (Toulon / Claret, La Seyne-sur-Mer / Genoud) et nettement inférieurs, dans le cas du NO₂, aux niveaux mesurés en situation trafic (Toulon / Foch). Les mesures réalisées entre juillet 2020 et juillet 2021 ont montré que la station située sur le toit du bâtiment de la DDTM était peu influencée par la pollution d'origine maritime. Elle a donc été déplacée avant l'été 2021 à l'entrée du terminal TCA afin d'être plus régulièrement sous l'influence des vents en provenance du centre de la rade⁵.

Les mesures de l'été 2021 confirment bien que ce site de Toulon / TCA est bien plus représentatif de l'impact maximal de l'activité maritime sur la qualité de l'air. Au niveau de cette station, les niveaux en NO₂ sont comparables à ce qui est observé en situation trafic à Toulon / Foch, avec toutefois des niveaux maximums un peu plus élevés.

Les mesures réalisées à La Seyne-sur-Mer / Brégaillon et à Saint-Mandrier-sur-Mer sont, quant à elles, comparables à ce qui est observé en situation urbaine (Toulon / Claret), avec toutefois, là aussi des niveaux maximums un peu plus élevés.

Les niveaux moyens mesurés en PM2.5 sont légèrement plus élevés (environ +3 µg/m³) sur les sites de Toulon / TCA, La Seyne-sur-Mer / Brégaillon et Saint-Mandrier-sur-Mer par rapport au site urbain Toulon / Claret. Les niveaux maximums mesurés à Toulon / TCA et Saint-Mandrier-sur-Mer sont environ 2 fois supérieurs à ceux de Toulon / Claret.

Dans le cas du SO₂, les niveaux moyens mesurés à La Seyne-sur-Mer / Brégaillon et Saint-Mandrier-sur-Mer sont comparables, légèrement inférieurs à ce qui est observé à Toulon / TCA. Les niveaux maximums mesurés à Toulon / TCA sont supérieurs à ceux des deux autres sites mais très largement inférieurs au seuil d'information horaire.

La situation géographique de Toulon / TCA, par rapport à l'emplacement Toulon / DDTM, est plus influencée par le trafic routier et maritime alentour. De ce fait, les niveaux en NO₂ et PM2.5 mesurés à Toulon / TCA sont supérieurs à ceux mesurés à Toulon / DDTM. En revanche, bien que Toulon / TCA soit plus régulièrement placée sous les vents en provenance des principaux quais, les niveaux en SO₂ sont comparables à ceux mesurés à Toulon / DDTM.

III.3 Des influences urbaines et maritimes identifiées au niveau du centre urbain de Toulon

► Deux années de surveillance

La Figure 10 présente les roses de pollution établies à Toulon / DDTM et Toulon / TCA pendant leurs périodes de mesures respectives⁶. Elles représentent la provenance géographique des concentrations les plus élevées. La rose des pollutions permet ainsi d'explicitier l'origine des polluants : à chaque concentration mesurée correspond un couple « vitesse/direction » de vent. Il est ainsi attribué, pour chaque couple, la concentration maximale du polluant mesuré.

Concernant le dioxyde d'azote NO₂ et le dioxyde de soufre SO₂, les concentrations les plus élevées sont observées sous des vents de secteur Ouest/Nord-Ouest à Toulon / DDTM et sous des vents de secteurs Ouest/Sud-Ouest à Toulon / TCA. Ces observations sont en cohérence avec la localisation des principaux quais de la zone.

Dans le cas des particules fines PM2.5, les concentrations les plus élevées sont principalement observées sous des vents de secteur Est/Nord-Est et, dans une moindre mesure, sous des vents d'un large secteur Ouest. L'activité urbaine représente donc une source de pollution importante pour les

⁵ https://www.atmosud.org/sites/sud/files/medias/documents/2022-07/Bilan_Rade-de-Toulon_2021.pdf

⁶ Une aide à la lecture des roses de pollution est disponible en Annexe 5.

particules aux abords du port de Toulon.

Les roses de pollution établies par polluant sur les périodes estivales de 2020, 2021 et 2022 sont présentées en Annexe 6. Elles sont cohérentes avec celles établies sur les périodes DDTM et TCA pour chaque polluant. Les périodes estivales 2021 et 2022 sur le site de Toulon / TCA sont également similaires entre elles.

Le changement de positionnement de la station en juin 2021, entre le 7eme étage des bâtiments de DDTM 83 et le Terminal ferry au niveau du quai, a permis de mieux positionner la cabine de mesures au plus près des sources potentielles de pollution. Cela se traduit dans les roses de pollution par une prépondérance des apports de secteur Sud-Ouest, bien marqué en particulier sur le NO₂ et le SO₂.

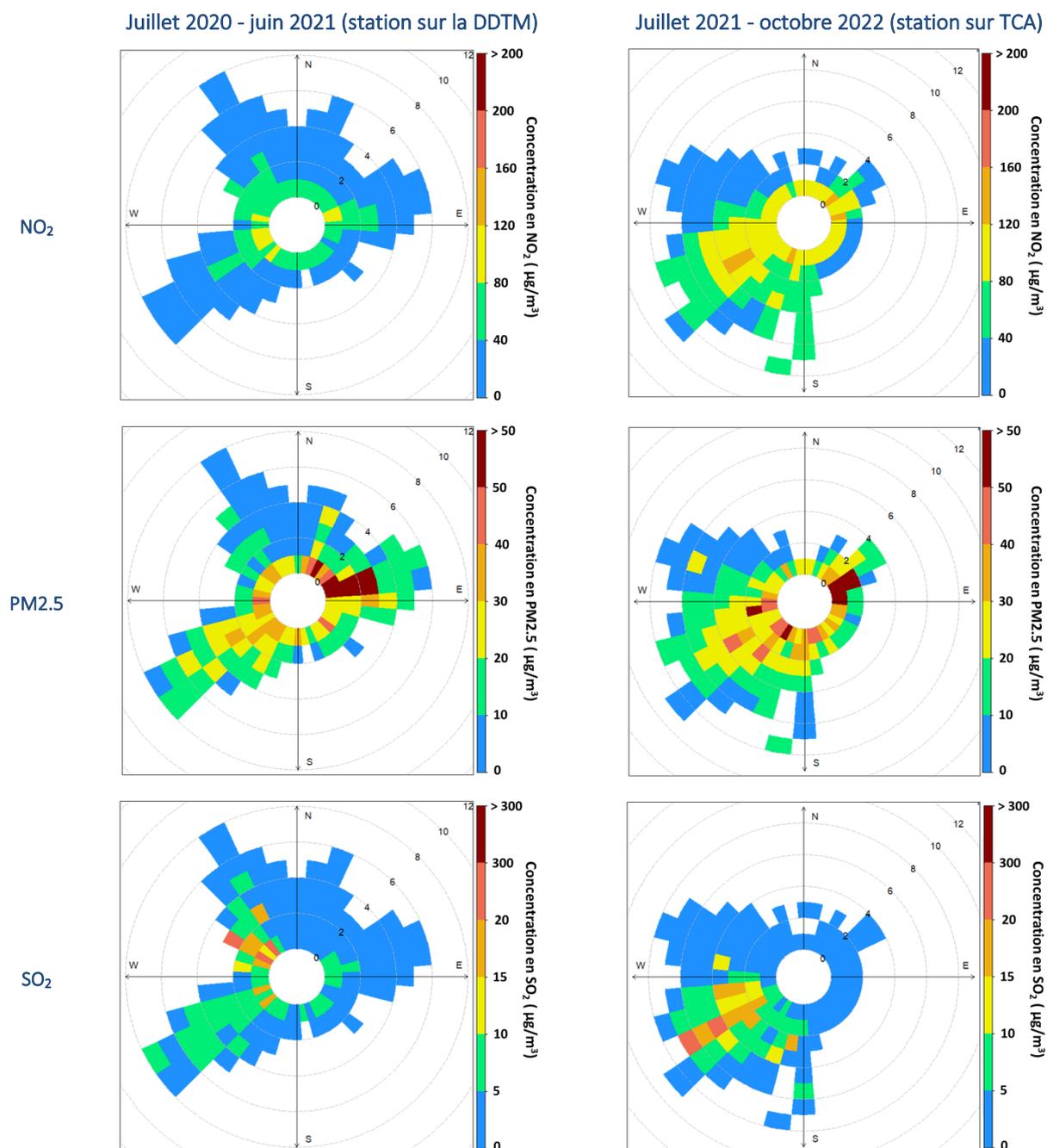


Figure 10 : Roses de pollution établies à partir des concentrations horaires en NO₂, en PM_{2.5} et en SO₂ et des données horaires de direction et de vitesse du vent mesurées à Toulon / DDTM et à Toulon / TCA pendant leurs périodes de mesure respectives

► **Trois points de mesures en continu dans la rade de Toulon durant l'été 2021**

La Figure 11 présente les roses de pollution établies, au pas de temps horaire, sur la période estivale 2021 (01/08/2021 au 30/09/2021). Au cours de cette période, trois points de mesures continues de la qualité de l'air étaient opérationnels dans la rade de Toulon : Toulon / TCA, La Seyne-sur-Mer / Brégailhon et Saint-Mandrier-sur-Mer.

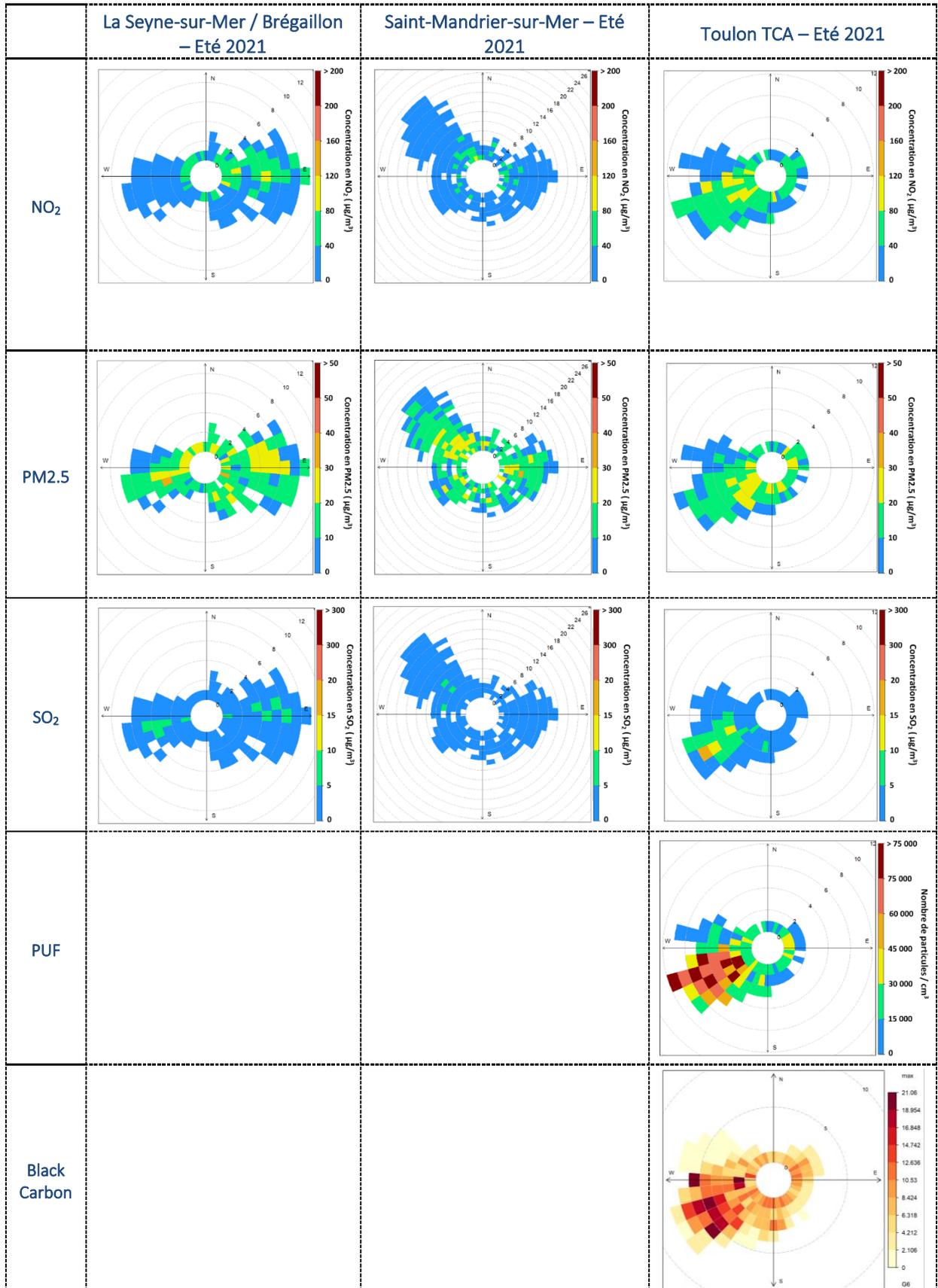


Figure 11 : Roses de pollution établies à partir des concentrations horaires en NO₂, PM2.5, SO₂, PUF et Black Carbon (données horaires de direction et de vitesse du vent) pour toutes les stations pour la période estivale 2021 (du 01/08/2021 au 30/09/2021).

Le constat est similaire sur les sites de mesure de La Seyne-sur-Mer / Brégaillon et de Saint-Mandrier-sur-Mer par rapport aux observations sur Toulon / TCA et Toulon / DDTM : les niveaux les plus élevés en NO₂ et SO₂ proviennent du centre de la rade et donc résultent variablement de la pollution issue des navires, et dispersée en fonction des vents locaux. La provenance des niveaux les plus élevés en particules fines est partagée entre le centre de la rade et le centre urbain de chaque zone.

Les mesures réalisées à l'été 2021 sur la station Toulon / TCA montrent une répartition principale des sources de secteur Sud-Ouest pour tous les polluants, ce qui indique clairement une composante portuaire. Cependant, les roses de pollution du NO₂, des PM_{2.5} et du Black Carbon montrent une contribution secondaire du tissu urbain (secteur de provenance au Nord-Est), probablement en lien avec le transport routier. A l'inverse, les nombres les plus élevés de PUF sont clairement identifiés en provenance du secteur Sud-Ouest, soit des principaux quais accueillant les navires, indiquant la source d'émission des panaches.

La comparaison des roses de pollution entre les PUF (nombre de particules dont le diamètre est entre 7nm et 1 µm) et les PM_{2.5} (masse des particules inférieure à 2,5 µm) montre bien l'intérêt de cette mesure par compteur de particules.

En effet, les particules ultra-fines, de faible masse, bien qu'en grand nombre, ne comptent que pour peu dans la concentration massique des PM_{2.5}, alors que leur impact sanitaire est très important du fait de leur capacité à pénétrer les alvéoles pulmonaires et le système sanguin.

Les mesures réalisées durant l'été 2021, sur le pourtour de la rade de Toulon (La Seyne-sur-mer, Saint-Mandrier-sur-Mer, Toulon) montrent bien une contribution des polluants atmosphériques depuis le centre de la rade, en lien avec les navires. Sur Toulon / TCA, la concomitance des pics de concentrations significatives en NO₂, SO₂, PM_{2.5}, PUF et Black Carbon atteste d'une origine de la pollution issue de l'activité portuaire liée au terminal ferry (navires et trafic automobile).

La poursuite des mesures à Toulon / TCA en 2022 montre la persistance au cours du temps de cette distribution des sources de pollution, qui est particulièrement bien marquée sur le SO₂, bon traceur des émissions des panaches des navires.

III.4 Des observations confirmées par les microcapteurs (projet Aer Nostrum⁷)

Dans le cadre du projet européen Aer Nostrum⁸ (Programme MARITIMO 2017-2022) des simulations numériques de la dispersion des panaches des navires ont été réalisées et un réseau de 8 microcapteurs autonomes a été installé chez des riverains de la rade. Les microcapteurs ont été installés sur l'est du port de Toulon à proximité de la station Toulon / TCA, entre le 10/08/2021 et le 20/10/2021.

La mise en œuvre de microcapteurs permet de caractériser la pollution atmosphérique de manière dynamique, de prendre en compte sa dispersion dans l'espace et de contraindre ainsi sa représentativité sur la zone. Bien que ces données présentent une incertitude de mesure plus importante que les analyseurs de référence d'AtmoSud, la variabilité de leur signal fournit une information semi-quantitative, qui permet de détecter l'occurrence d'événements ponctuels et de contraindre les phénomènes de pollution épisodiques.

Les valeurs des données des microcapteurs ont été comparées aux valeurs de la station de référence Toulon / TCA pour une évaluation qualitative : le calcul de l'écart moyen entre microcapteurs et cabine permet d'harmoniser les niveaux des concentrations enregistrées, de façon à pouvoir représenter les roses de pollution de la cabine et des microcapteurs sur une même carte, sans chercher à les comparer en valeur absolue, et à se concentrer sur l'origine spatiale des pics de concentration détectés.

⁷ <https://www.atmosud.org/etude/aernostrum>

⁸ <https://interreg-maritime.eu/web/aer-nostrum/>

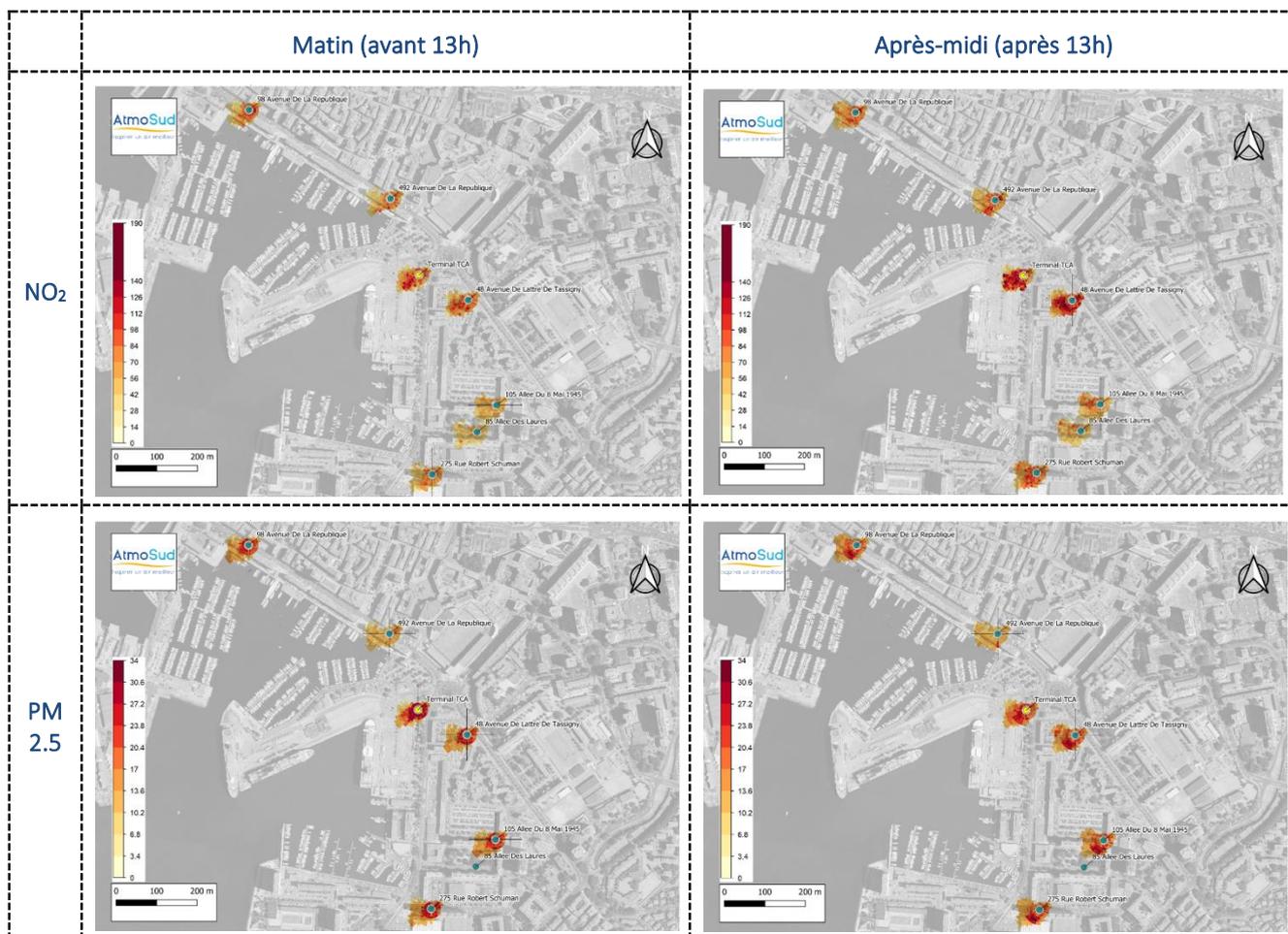


Figure 12 : Roses des pollutions des maxima de concentrations en NO₂ et PM_{2.5}, enregistrés à la cabine Toulon / TCA et aux microcapteurs (données du 01/08/2021 au 30/09/2021).

Les roses de pollution des maxima de concentration en NO₂ et PM_{2.5} sont représentées sur la Figure 12 en utilisant les données du matin et de l'après-midi (avant et après 13h TU).

Alors que le matin les maxima de concentration en NO₂ et de PM_{2.5} se trouvent être équirépartis autour des capteurs et en champ proche (apportés par des vents faibles), on constate qu'ils se décalent l'après-midi du côté du terminal ferry, apportés par des vents modérés à élevés (brises de mer), en particulier au niveau de la cabine Toulon / TCA et des microcapteurs les plus au sud.

Ces observations sont cohérentes avec les régimes de vents locaux : les effets de brises thermiques placent le site de Toulon / TCA plus régulièrement sous les vents en provenance des quais durant l'après-midi.

Intégré au projet Aer Norstrum, le déploiement au cours de l'été 2021 chez des riverains volontaires, d'un réseau de microcapteurs installés à des hauteurs différentes, a fourni une information semi-quantitative, qui vient compléter les données acquises grâce aux cabines, en améliorant la caractérisation spatiale de la pollution.

L'analyse des données de ces microcapteurs permet de confirmer la dynamique de pollution propre à la rade de Toulon (au point Toulon / TCA), plutôt de type urbain le matin sous l'effet de la brise de terre, puis passant sous l'influence des navires en deuxième partie de journée, sous l'action de la rotation des vents et du régime de brises thermiques.

III.5 L'impact des navires identifié dans les concentrations

III.5.1 Un impact plus important en soirée

Le port de Toulon a fourni à AtmoSud la liste des navires ayant fait escale sur l'ensemble de la période de mesure. Les données ont été traitées pour permettre l'extraction des informations pertinentes à l'étude. En établissant le profil horaire du nombre de mouvements de ferries sur les quais de Toulon lors des différentes périodes de mesures, les périodes d'importante activité sont bien marquées par des pics de concentration tôt le matin et en début de soirée.

Le recouplement de ces informations avec les directions de vents confirme, à Toulon / TCA et Toulon / DDTM, l'influence des navires sur les niveaux de dioxyde d'azote en soirée. La Figure 13 présente les profils horaires des concentrations mesurées pour les différents polluants en parallèle des mouvements de navire.

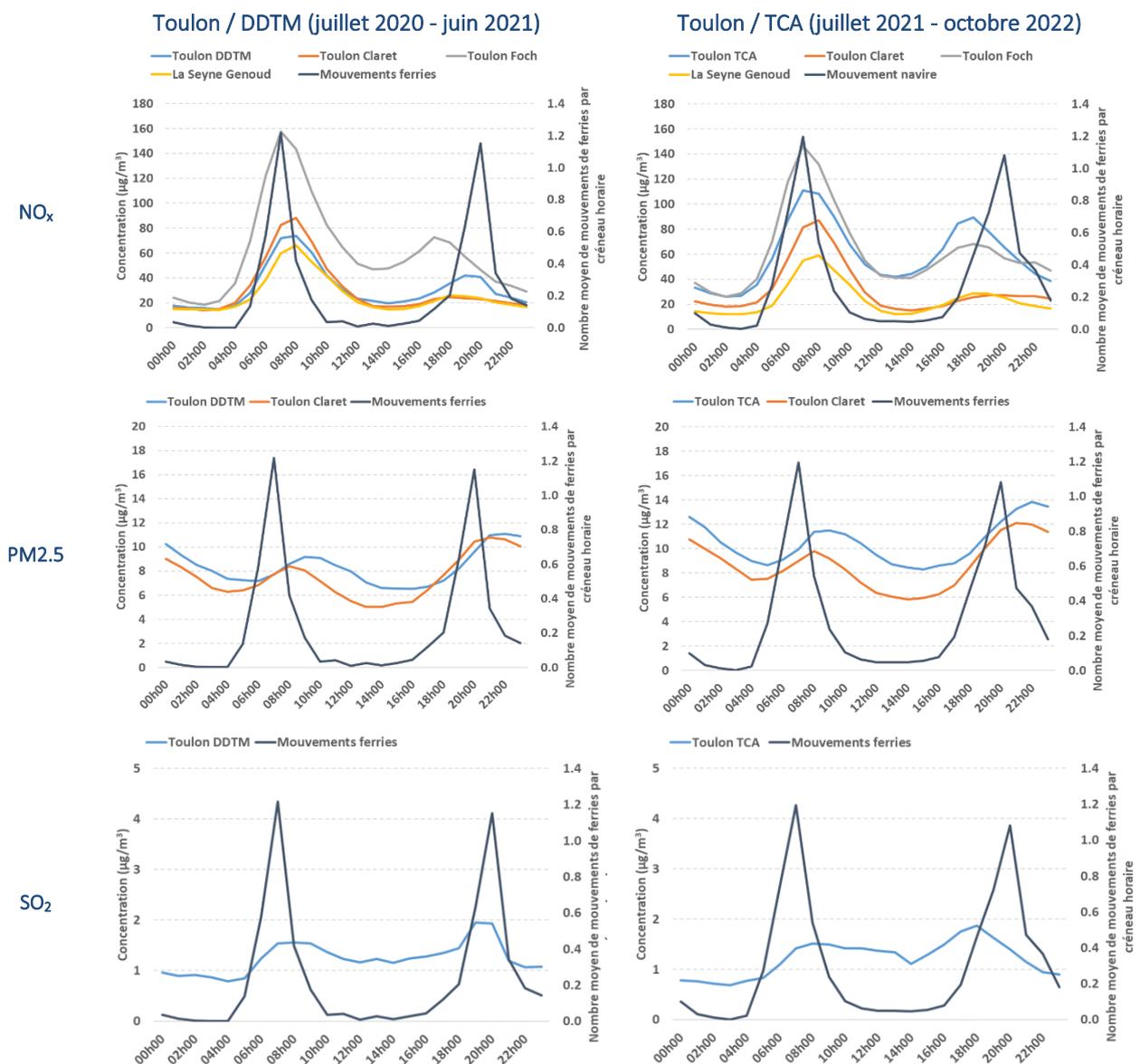


Figure 13 : Profils horaires des concentrations pour le NO_x, les PM_{2.5} et le SO₂ et mouvements de navires sur les différentes périodes.

Pour les oxydes d'azote, il existe, pour toutes les stations de mesures, une augmentation matinale de la concentration caractérisant **l'impact de la circulation routière correspondant au trajet domicile-travail**. En soirée, on retrouve également un pic de concentration d'origine similaire.

Sur la station de Toulon / DDTM et Toulon / TCA, ce profil de concentration de NO₂ est couplé à une augmentation simultanée des concentrations en SO₂ (plus marqué en fin d'après-midi) et du nombre de mouvements de ferries. Les vents proviennent des quais à ce moment de la journée. L'activité liée aux navires explique ainsi cette spécificité dans les profils observés pour les NO_x et le SO₂ qu'elle soit liée aux véhicules venant prendre le navire ou aux navires eux-mêmes.

En revanche, pour les PM_{2.5}, l'absence de profil spécifique confirme la difficulté d'observer un impact de l'activité du port sur ce paramètre. Les profils horaires établis par polluant sur les périodes estivales de 2020, 2021 et 2022 sont présentés en Annexe 7. Ils sont cohérents avec ceux établis sur les périodes Toulon / DDTM (2020) et Toulon / TCA (2021 – 2022). Les périodes estivales 2021 et 2022 sur le site de Toulon / TCA sont également similaires.

En ce qui concerne les pics observés pour le black carbon⁹ et le nombre de particules ultrafines (Figure 14), ils sont parfaitement cohérents avec les augmentations des concentrations en NO_x et en SO₂, et ce ceci sur les mêmes créneaux horaires. Ceci confirme ainsi un impact de l'activité portuaire (véhicules ou navires) sur ces paramètres à ces heures de la journée.

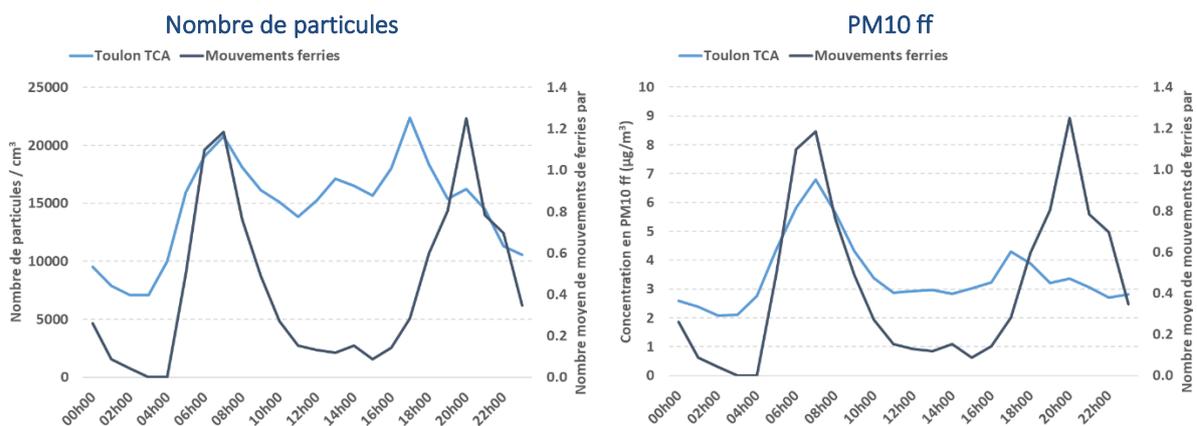


Figure 14 : Profils horaires des concentrations en nombre de particules et en PM_{10 ff} et mouvements de navires sur la période du 01/08/2021 au 30/09/2021

⁹ Le black carbone est ici exprimé en équivalent PM_{10ff}, c'est-à-dire en équivalent de concentration massique de PM₁₀ issues de la combustion de carburants fossiles.

III.5.2 Une corrélation activité maritime / pollution bien visible

La Figure 15 présente l'évolution du nombre de mouvements de ferries à Toulon en moyenne sur 3 ans (2020, 2021, 2022).

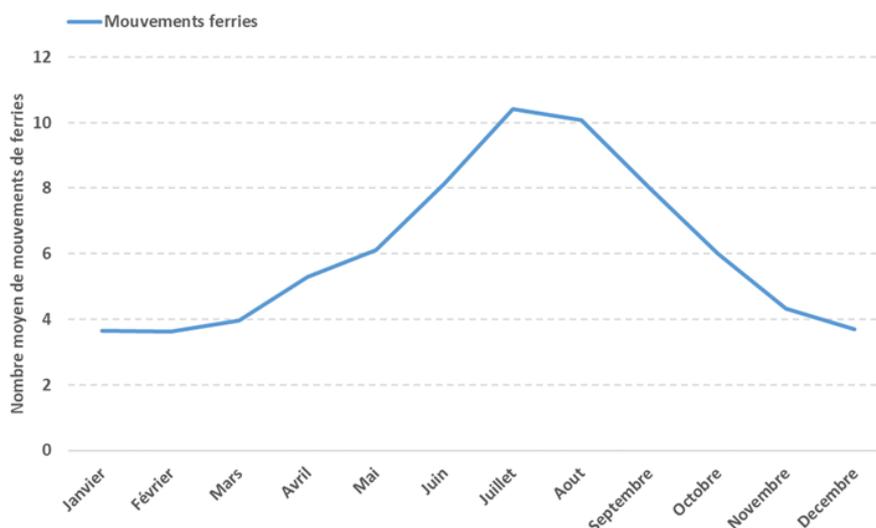


Figure 15 : Evolution mensuelle du nombre de mouvements de ferries à Toulon (calculé en moyenne sur les années 2020, 2021 et 2022)

Comme attendu, le nombre moyen de mouvements de ferries à Toulon est le plus élevé durant les mois de juillet et d'août en saison touristique estivale. Les évolutions dynamiques des concentrations, en relation avec les mouvements des ferries, sont étudiées sur les mois de juillet, août et septembre pour les années 2020, 2021 et 2022.

A titre d'exemple, la Figure 16 et la Figure 17 présente les évolutions dynamiques des concentrations horaires pour les différents polluants les périodes estivales 2021 et 2022, périodes estivales avec la plus forte affluence des navires. L'information du nombre de mouvements de ferries est affichée uniquement lorsque la station de mesure est située sous les vents des navires, et est représentée par des marques violettes. En 2020, en lien avec la crise sanitaire, moins de mouvements de ferries ont été comptabilisés par rapport aux deux autres années¹⁰

Les quelques périodes, sans présence de navire ou de vent, permettant le suivi de l'impact de ces derniers sur les mesures à la station sont représentées par l'intervalle entre deux traits en pointillés verts. Sur ces périodes, il est nettement visible que les concentrations des différents polluants mesurées sont bien plus faibles que durant les autres périodes. A l'inverse, sur certaines périodes (représentées par l'intervalle entre deux traits en pointillés rouges, durant lesquelles plusieurs mouvements de ferries surviennent lorsque la station de mesure est située sous les vents de ces derniers, les concentrations des différents polluants mesurées augmentent significativement.

La corrélation entre la présence des navires et des hausses de concentration des différents polluants est attestée par les mesures réalisées depuis 2020 et en particulier lors de la saison estivale 2021 et 2022, où les pics de concentration sont associés à la présence de navires aux vents de la station. En 2021, les pics de concentration concernent tous les polluants réglementaires, mais également les PUF et le Black Carbon.

¹⁰ Période estivale 2020 disponible en Annexe 8.

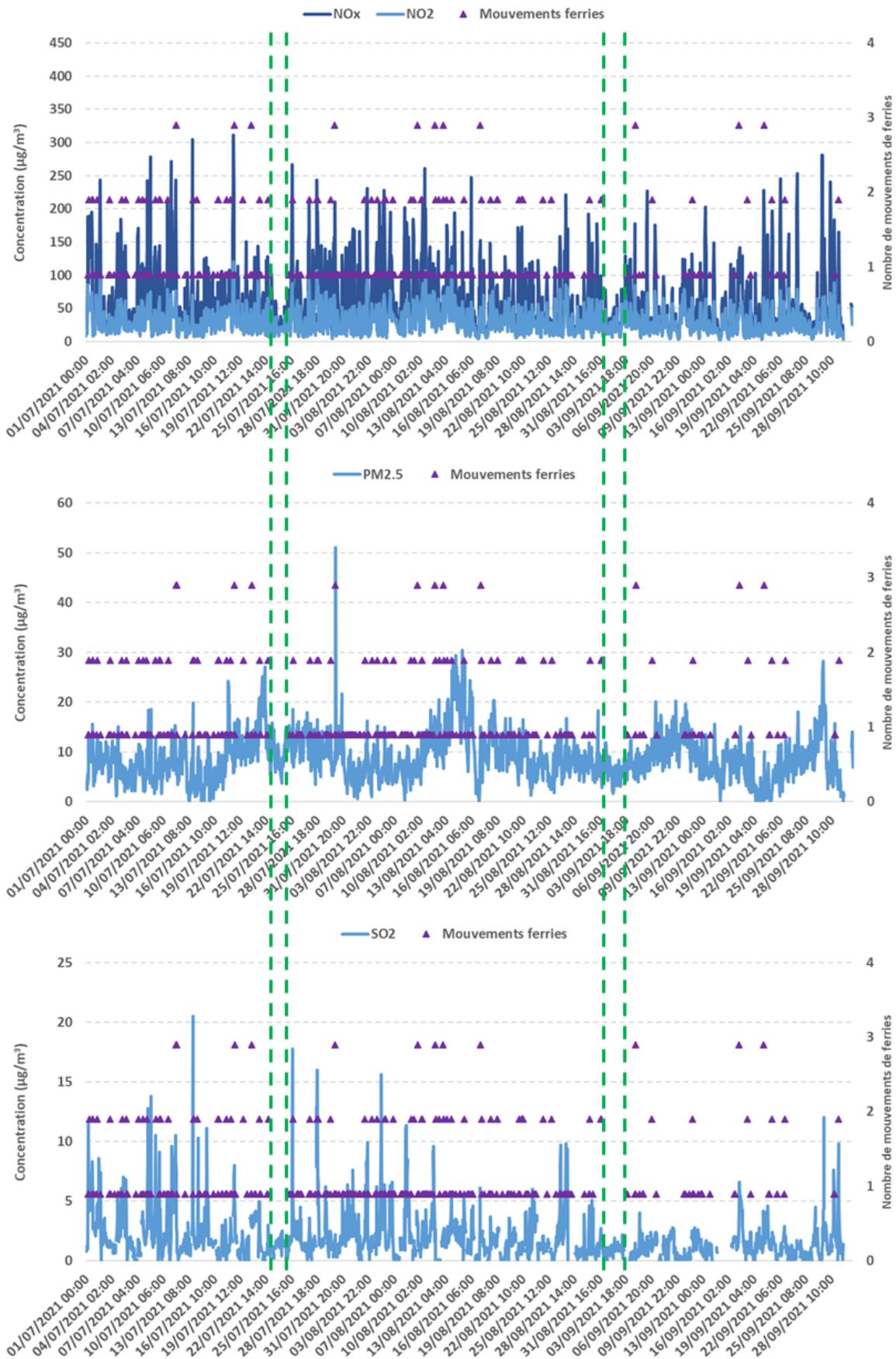


Figure 16 : Evolution des concentrations horaires en NOx, NO2, PM2.5 et SO2 à Toulon / TCA en parallèle du nombre de mouvements de ferrés sur les principaux quais sur la période 01/07/2021 – 30/09/2021

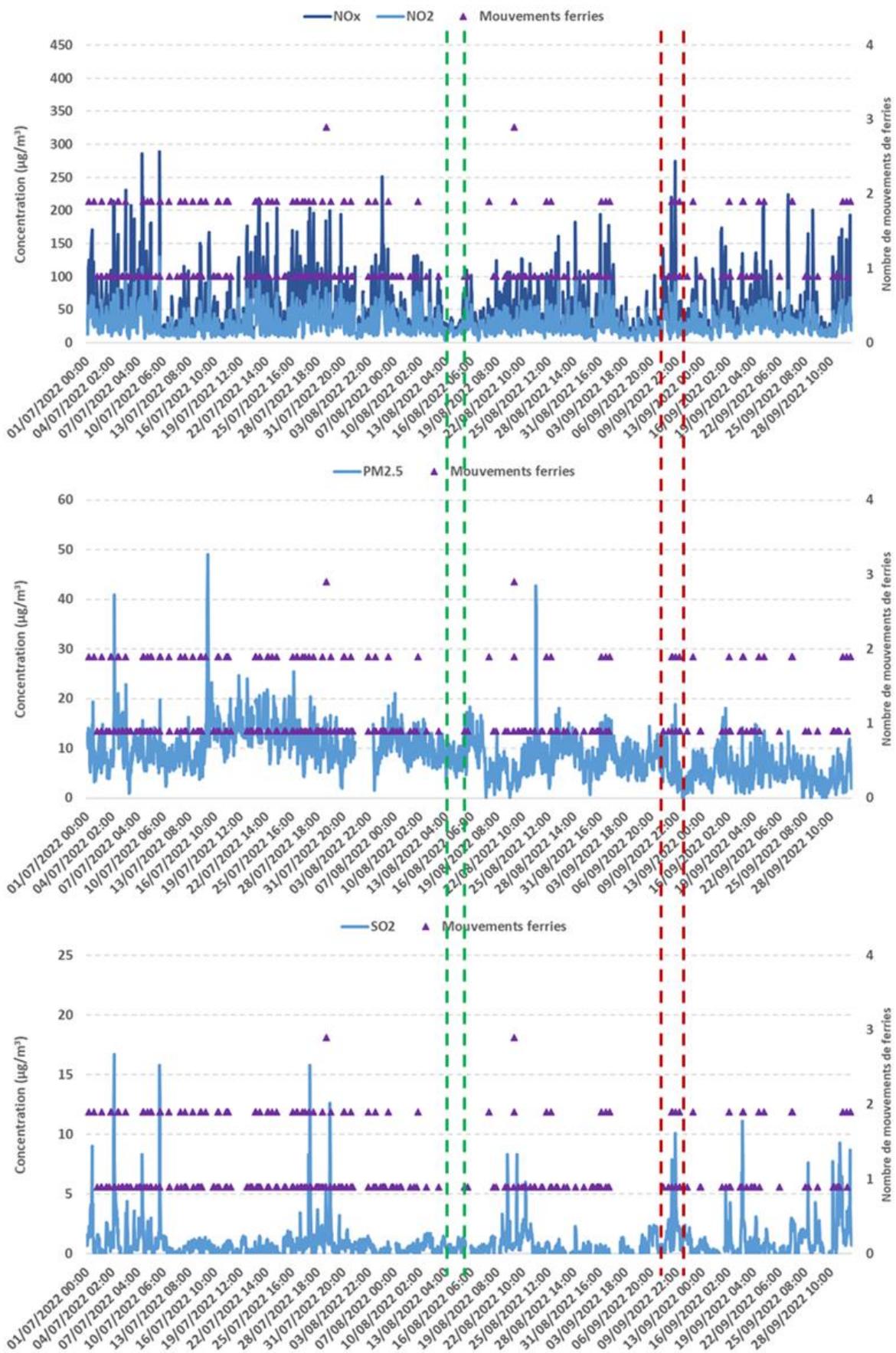


Figure 17 : Evolution des concentrations horaires en NOx, NO2, PM2.5 et SO2 à Toulon / TCA en parallèle du nombre de mouvements de ferries sur les principaux quais sur la période 01/07/2022 – 30/09/2022.

III.5.3 Quelle est la part de contribution de la rade de Toulon dans la pollution mesurée ?

Il est difficile d'identifier précisément la part de la pollution mesurée issue de l'activité maritime. Cependant, au vu des différentes mesures réalisées, il est envisageable d'estimer la part de la pollution mesurée issue de l'activité de la rade de Toulon par rapport au reste de la zone. Pour cela, il s'agit de différencier la part de la pollution mesurée sous les vents des principaux quais, de la part de la pollution mesurée le reste du temps.

Cette méthode se base sur l'hypothèse que la pollution mesurée sous les vents des principaux quais provient exclusivement de la rade de Toulon. Pour rappel, les stations Toulon / DDTM et Toulon / TCA étaient situées sous les vents des principaux quais respectivement **10%** et **31%** du temps.

Le calcul de la part de la pollution liée aux activités portuaires se fait à partir de la formule ci-dessous :

$$\text{Part de la pollution issue des activités portuaires (\%)} = (A*B) / ((A*B)+(C*D))$$

avec :

- *A = Concentration moyenne mesurée uniquement lorsque la station est sous l'influence des vents en provenance de la rade,*
- *B = Pourcentage du temps pour lequel la station est située sous l'influence des vents en provenance de la rade,*
- *C = Concentration moyenne mesurée uniquement lorsque la station n'est pas sous l'influence des vents en provenance de la rade,*
- *D = Pourcentage du temps pour lequel la station n'est pas sous l'influence des vents en provenance de la rade.*

Tableau 3 : Station Toulon / DDTM, pendant l'intégralité de sa période de mesures

	Concentration moyenne sous les vents des navires ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pourcentage du temps sous les vents des navires (%)	Concentration moyenne autres vents ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pourcentage du temps sous les autres vents (%)	Part de la pollution liée à l'activité de la rade de Toulon (%)
NO₂	28	10	18	90	15
PM2.5	6	10	9	90	8
SO₂	2	10	1	90	18

Tableau 4 : Station Toulon / TCA, pendant l'intégralité de sa période de mesures

	Concentration moyenne sous les vents des navires ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pourcentage du temps sous les vents des navires (%)	Concentration moyenne autres vents ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pourcentage du temps sous les autres vents (%)	Part de la pollution liée à l'activité de la rade de Toulon (%)
NO₂	37	31	33	69	33
PM2.5	9	31	11	69	27
SO₂	2	31	1	69	46

Les résultats varient selon l'emplacement de la station de mesure. Le site de Toulon / DDTM est 10% du temps sous l'influence des vents en provenance des quais (contre 31% pour le site de Toulon / TCA). De ce fait, Toulon / TCA, située au Nord-Est du terminal, est plus marquée par la pollution issue de l'activité portuaire que Toulon DDTM, située au Sud-Est du terminal.

Concernant le SO₂, les concentrations moyennes mesurées sous les vents en provenance des quais et sous les autres vents sont très faibles dans les deux cas. De ce fait, l'estimation calculée de la part du SO₂ liée à l'activité portuaire est à appréhender avec plus que précaution que les autres polluants.

Au niveau de la station Toulon / TCA, qui est située au niveau du quai et qui est également exposée à la pollution urbaine, il apparaît que la composante de la pollution issue de l'activité portuaire varie entre un quart et la moitié, en fonction des polluants réglementés, de la pollution totale mesurée.

IV CONCLUSION : UNE CONNAISSANCE PLUS FINE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE AUTOUR DE LA RADE DE TOULON

► Une surveillance étendue sur 3 ans

En partenariat avec la Région Sud Provence-Alpes-Côte-d'Azur, la Métropole Toulon Provence Méditerranée et la Chambre de Commerce et d'Industrie du Var, AtmoSud a déployé des moyens de mesures spécifiques autour de la rade de Toulon entre juillet 2020 et octobre 2022.

Ces moyens de mesures ont permis d'investiguer les concentrations dans l'air, autour de la rade de Toulon, pour les polluants suivants :

- le dioxyde d'azote NO₂ ;
- le dioxyde de soufre SO₂ ;
- les particules fines PM2.5 ;
- le « black carbon », qui discrimine les particules PM10 issues de la combustion de fioul (PM10 ff) et combustion de bois (PM10 wb) ;
- le nombre de particules ultrafines (diamètre compris entre 7 nm et 7.5 µm).

L'ensemble des mesures déployées a permis d'améliorer les connaissances sur l'origine et la dispersion de la pollution atmosphérique présent autour de la rade de Toulon.

► Respect des valeurs réglementaires sur la période de mesures mais des lignes de l'OMS dépassées

Sur l'ensemble de la période de mesures, toutes les mesures enregistrées respectent les valeurs réglementaires horaires et journalières. Les mesures réalisées à La Seyne-sur-Mer / Brégaillon et à Saint-Mandrier-sur-Mer sont similaires entre elles et du même ordre que celles mesurées en situation urbaine. Les mesures réalisées à Toulon / TCA sont quant à elles similaires à celles mesurées à Toulon / Foch, en situation trafic. En effet, la station de Toulon / TCA est proche des voies de circulation, notamment des voies d'embarquement/débarquement des ferries, et en est donc influencée par l'activité portuaire en général et les émissions des panaches des navires en particulier.

► Une influence maritime et urbaine identifiée

La comparaison des entrées/sorties de bateaux, des directions de vent et de l'évolution des concentrations en polluants a permis de mettre en évidence l'impact de l'activité maritime sur la qualité de l'air. Sur la période de mesure, les concentrations les plus élevées pour les polluants gazeux, ainsi que pour les particules ultrafines, proviennent du centre de la rade de Toulon ou des quais de TCA, ce qui confirme l'influence de l'activité maritime. La station de Toulon / TCA est plus exposée aux vents provenant des quais des navires et à leur pollution associée que la station Toulon / DDTM (position originelle), ce qui laisse penser que les principaux impacts maritimes, sous forme de panaches, sont au Nord-Est du terminal TCA. Le constat est différent pour la pollution particulaire en masse (PM2.5 et carbone suie). Celle-ci est plus diffuse et n'est pas favorisée par une direction de vent en particulier.

► Impact de l'activité maritime sur les concentrations des polluants à Toulon / TCA

Une analyse des périodes durant lesquelles les stations sont sous les vents en provenance des principaux quais montre que la contribution de l'activité maritime apparaît assez nettement dans l'évolution des concentrations mesurées, notamment pour les polluants gazeux et le nombre de particules. En fonction des polluants, sa contribution à la pollution totale mesurée est ainsi estimée à Toulon / TCA avec les ratios suivants : 1/3 pour le NO₂, 1/4 pour les PM2.5, et 1/2 pour le SO₂.

GLOSSAIRE

Définitions

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

Maximum journalier de la moyenne sur huit heures : Il est sélectionné après examen des moyennes glissantes sur huit heures, calculées à partir des données horaires et actualisées toutes les heures. Chaque moyenne ainsi calculée sur huit heures est attribuée au jour où elle s'achève ; autrement dit, la première période considérée pour le calcul sur un jour donné sera la période comprise entre 17 h la veille et 1 h le jour même ; la dernière période considérée pour un jour donné sera la période comprise entre 16 h et minuit le même jour.

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.

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.

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

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

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

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

AOT 40 : Égal à la somme des différences entre les concentrations horaires d'ozone supérieures à 80 µg/m³ (mesurés quotidiennement entre 8 h et 20 h, heure d'Europe Centrale) et la valeur 80 µg/m³ pour la période du 1^{er} mai au 31 juillet de l'année N. La valeur cible de protection de la végétation est calculée à partir de la moyenne sur 5 ans de l'AOT40. Elle s'applique en dehors des zones urbanisées, sur les Parcs Nationaux, sur les Parcs Naturels Régionaux, sur les réserves Naturelles Nationales et sur les zones arrêtées de Protection de Biotope.

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

Sigles

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

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

ANTS : Association Nationale des Techniques Sanitaires

ARS : Agence Régionale de Santé

CSA : Carte Stratégique Air

CERC : Cellule Économique Régionale du BTP PACA

DRAAF : Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt de la région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale

EQAIR : Réseau Expert Qualité de l'Air intérieur en région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

IARC : International Agency for Research on Cancer

ISA : Indice Synthétique Air

LCSQA : Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ORP PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR : Observatoire des résidus de Pesticides en région PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR

PCAET : Plan climat air énergie territorial

PDU : Plan de Déplacements Urbains

PLU : Plan local d'Urbanisme

PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

PRSA : Plan Régional de Surveillance de la qualité de l'Air

SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale

ZAS : Zone Administrative de Surveillance

Unité de mesures

mg/m³ : milligramme par mètre cube d'air
(1 mg = 10⁻³ g = 0,001 g)

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

ng/m³ : nanogramme par mètre cube d'air
(1 ng = 10⁻⁹ g = 0,000000001 g)

TU : Temps Universel

Polluants

As : Arsenic

B(a)P : Benzo(a)Pyrène

BTEX : Benzène - Toluène - Éthylbenzène - Xylènes

C₆H₆ : Benzène

Cd : Cadmium

CO : Monoxyde de carbone

CO₂ : Dioxyde de carbone

COV : Composés Organiques Volatils

COVNM : Composés Organiques Volatils Non Méthaniques

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

ML : Métaux lourds (Ni, Cd, Pb, As)

Ni : Nickel

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

NOx : Oxydes d'azote

O₃ : Ozone

Pb : Plomb

PM non volatile : Fraction des particules en suspension présente dans l'air ambiant qui ne s'évapore pas à 50°C.

PM volatile : Fraction des particules en suspension qui s'évaporent entre 30°C et 50°C. Cette fraction des particules est mesurée depuis 2007.

PM 10 : Particules d'un diamètre < 10 µm

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

SO₂ : Dioxyde de soufre

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 – PHOTOGRAPHIE DE LA STATION DE MESURE TOULON (DDTM),
DEVENUE ENSUITE TOULON (TCA) ET PHOTOGRAPHIES DES STATIONS DE
MESURE INSTALLEES A LA SEYNE-SUR-MER (BREGAILLON) ET SAINT-
MANDRIER-SUR-MER**



ANNEXE 2 – SOURCES DE POLLUTION, EFFETS SUR LA SANTE, REGLEMENTATION ET RECOMMANDATIONS OMS

Sources de pollution

Les polluants atmosphériques ont diverses origines.

Polluants	Sources principales
O₃ Ozone	L'ozone (O ₃) n'est pas directement rejeté par une source de pollution. C'est un polluant secondaire formé à partir des NO _x et des COV.
Particules en suspension (PM)	Les particules proviennent en majorité de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), du transport routier (imbrûlés à l'échappement, usure des pièces mécaniques par frottement, des pneumatiques...), d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, chaufferie) et du brûlage de la biomasse (incendie, déchets verts).
NO_x Oxydes d'azote	Les sources principales sont les véhicules et les installations de combustion.
SO₂ Dioxyde de soufre	Le dioxyde de soufre (SO ₂) est un polluant essentiellement industriel. Les sources principales sont les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles, le trafic maritime, l'automobile et les unités de chauffage individuel et collectif.
COV dont le benzène Composés organiques volatils	Les COV proviennent de sources mobiles (transports), de procédés industriels (industries chimiques, raffinage de pétrole, stockage et distribution de carburants et combustibles liquides, stockages de solvants). Certains COV, comme les aldéhydes, sont émis par l'utilisation de produits d'usage courant : panneaux de bois en aggloméré, certaines mousses pour l'isolation, certains vernis, les colles, les peintures, les moquettes, les rideaux, les désinfectants... D'autres COV sont également émis naturellement par les plantes.
HAP Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Les HAP se forment par évaporation mais sont principalement rejetés lors de la combustion de matière organique. La combustion domestique du bois et du charbon s'effectue souvent dans des conditions mal maîtrisées (en foyer ouvert notamment), qui entraînent la formation de HAP.
CO Monoxyde de carbone	Combustion incomplète (mauvais fonctionnement de tous les appareils de combustion, mauvaise installation, absence de ventilation), et ce quel que soit le combustible utilisé (bois, butane, charbon, essence, fuel, gaz naturel, pétrole, propane).

Effets sur la santé

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

Polluants	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
O ₃ Ozone	Irritation des yeux Diminution de la fonction respiratoire	Agression des végétaux Dégradation de certains matériaux Altération de la photosynthèse et de la respiration des végétaux
Particules en suspension	Irritation des voies respiratoires Dans certains cas, altération des fonctions pulmonaires	Effets de salissures sur les bâtiments Altération de la photosynthèse
NO _x Oxydes d'azote		Pluies acides Précurseur de la formation d'ozone Effet de serre Déséquilibre les sols sur le plan nutritif
SO ₂ Dioxyde de soufre		Pluies acides Dégradation de certains matériaux Dégradation des sols
COV dont le benzène Composés organiques volatils		Formation de l'ozone
HAP Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	Toxicité et risques d'effets cancérigènes ou mutagènes, en fonction du composé concerné	Peu dégradables Déplacement sur de longues distances
Métaux lourds	Toxicité par bioaccumulation Effets cancérigènes	Contamination des sols et des eaux
CO Monoxyde de carbone	Prend la place de l'oxygène Provoque des maux de tête Létal à concentration élevée	Formation de l'ozone Effet de serre

Réglementation

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

La directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe,

La directive 2004/107/CE concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant,

L'article R221-1 du Code de l'Environnement.

Les valeurs réglementaires sont exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Durée d'exposition
O ₃ Ozone	Seuil d'information- recommandations	180	Heure
	Seuil d'alerte	240	Heure
	Valeur cible		Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures (maximum 25 j / an)
	Objectif de qualité	120	8 heures
PM10 Particules	Seuil d'information- recommandations	50	Jour
	Seuil d'alerte	80	Jour
	Valeurs limites	50	Jour (maximum 35 j / an)
		40	Année
Objectif de qualité	30	Année	
PM2.5 Particules	Valeur limite	25	Année
	Valeurs cibles	20	Année
	Objectif de qualité	10	Année
NO ₂ Dioxyde d'azote	Seuil d'information- recommandations	200	Heure
	Seuil d'alerte	400	Heure
	Valeurs limites	200	Heure (maximum 18h / an)
		40	Année
SO ₂ Dioxyde de soufre	Seuil d'information- recommandations	300	Heure
	Seuil d'alerte	500	Heure (pendant 3h)
	Valeurs limites	350	Heure (maximum 24h / an)
		125	Jour (maximum 3 j / an)
Objectif de qualité	50	Année	
C ₆ H ₆ Benzène	Valeur limite	5	Année
	Objectif de qualité	2	Année
Pb Plomb	Valeur limite	0,5	Année
	Objectif de qualité	0,25	Année
CO Monoxyde de carbone	Valeur limite	10 000	8 heures
BaP Benzo(a)pyrène	Valeur cible	0,001	Année
As Arsenic	Valeur cible	0,006	Année
Cd Cadmium	Valeur cible	0,005	Année
Ni Nickel	Valeur cible	0,02	Année

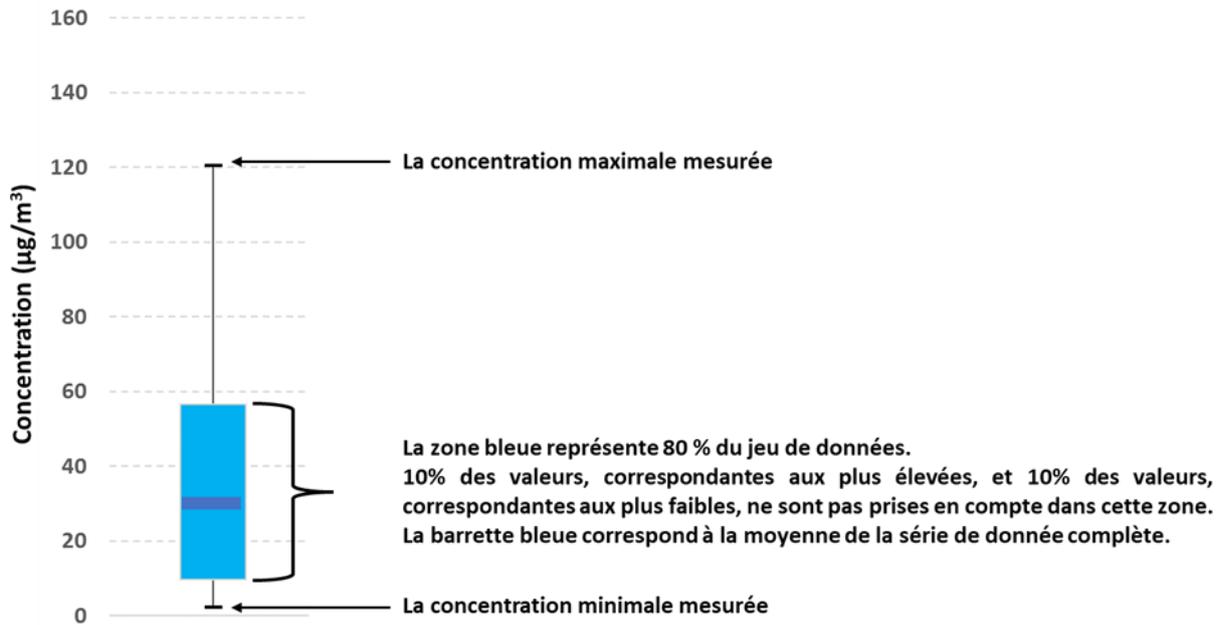
Recommandations de l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS)

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

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

Polluants	Effets considérés sur la santé	Valeur recommandée par l'OMS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Durée moyenne d'exposition
O ₃ Ozone	Impact sur la fonction respiratoire	100	8 heures
PM10 Particules	Affection des systèmes respiratoire et cardiovasculaire	50	24 heures
PM2.5 Particules		20	1 an
NO ₂ Dioxyde d'azote	Faible altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	25	24 heures
		10	1 an
NO ₂ Dioxyde d'azote	Faible altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	200	1 heure
		40	1 an
SO ₂ Dioxyde de soufre	Altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	500	10 minutes
	Exacerbation des voies respiratoires (individus sensibles)	20	24 heures
Pb Plomb	Niveau critique de plomb dans le sang < 10 – 150 g/l	0,5	1 an
Cd Cadmium	Impact sur la fonction rénale	0,005	1 an
CO Monoxyde de carbone	Niveau critique de CO Hb < 2,5 % Hb : hémoglobine	100 000	15 minutes

ANNEXE 3 – LECTURE DES BOITES A MOUSTACHE



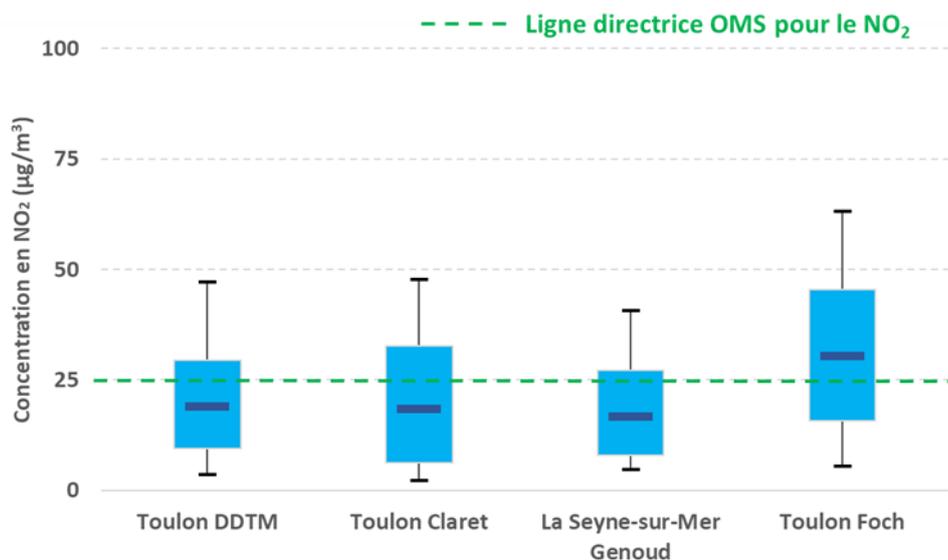
Les boîtes à moustache permettent d’avoir une bonne visualisation du jeu de données considéré.

ANNEXE 4 – STATISTIQUES DESCRIPTIVES DES DIFFERENTS POLLUANTS MESURES AUTOUR DE LA RADE DE TOULON DURANT LA CAMPAGNE DE MESURE

Période DDTM (juillet 2020 - juin 2021)

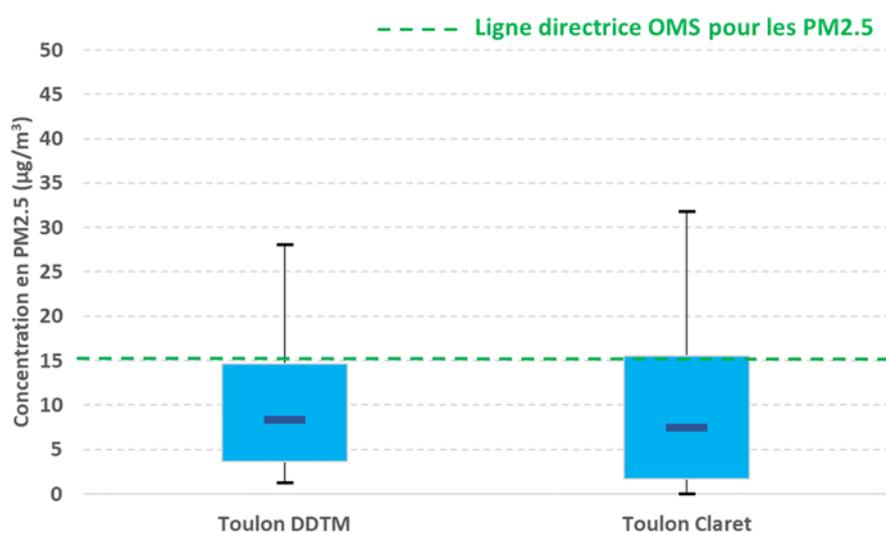
- ▶ Statistiques des concentrations en dioxyde d'azote NO₂ mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période DDTM

NO ₂ (en µg/m ³)	Port de Toulon (DDTM) Observation	La Seyne (Génoud) Urbain	Toulon Claret Urbain	Toulon Foch Trafic
Moyenne	19	17	18	30
Maximum horaire (seuil d'information-recommandations : 200 µg/m ³ /h)	96	96	103	121
Date du maximum (en heure locale)	<i>16/09/2020 10:00</i>	<i>15/09/2020 10:00</i>	<i>07/08/2020 10:00</i>	<i>18/09/2020 09:00</i>
Nombre de dépassements du seuil d'information horaire en NO₂ sur la période considérée	0	0	0	0
Maximum journalier	47	41	48	63
Date du maximum journalier	<i>10/12/2020</i>	<i>26/11/2020</i>	<i>10/12/2020</i>	<i>11/12/2020</i>



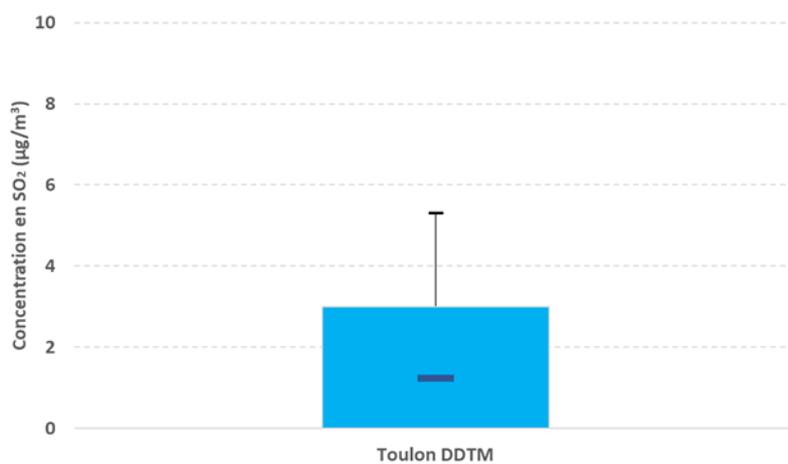
- Statistiques des concentrations en particules en suspension PM2.5 mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période DDTM

PM2.5 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Port de Toulon (DDTM) Observation	Toulon Claret Urbain
Moyenne	8	7
Maximum journalier	28	32
Date du maximum journalier	07/01/2021	07/01/2021
Maximum horaire	67	88
Date du maximum horaire (en heure locale)	21/11/2020 23:00	07/01/2021 23:00



- Statistiques des concentrations en dioxyde de soufre SO₂ mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période DDTM

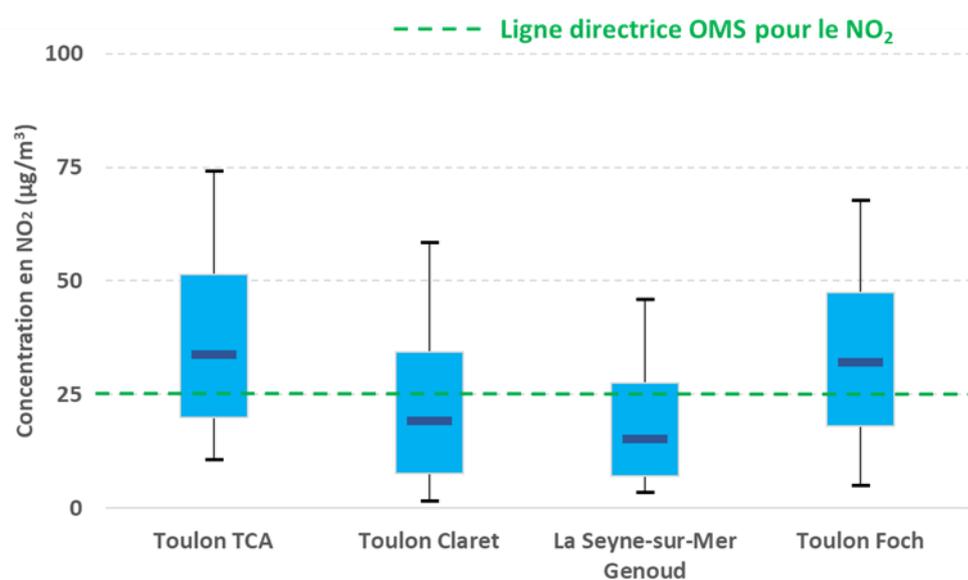
SO ₂ (en µg/m ³)	Port de Toulon (DDTM) Observation
Moyenne	1
Nombre de jour de dépassement du seuil 125 µg/m³/j (VL jour : 3 j autorisés de dépassement par an)	0
Maximum horaire (seuil d'information-recommandations : 300 µg/m ³ /h – seuil d'alerte : 500 µg/m ³ /3h)	23
Date du maximum horaire (en heure locale)	<i>16/03/2021 21:00</i>
Maximum journalier	5
Date du maximum journalier	<i>03/08/2020</i>



Période TCA (juillet 2021 - octobre 2022)

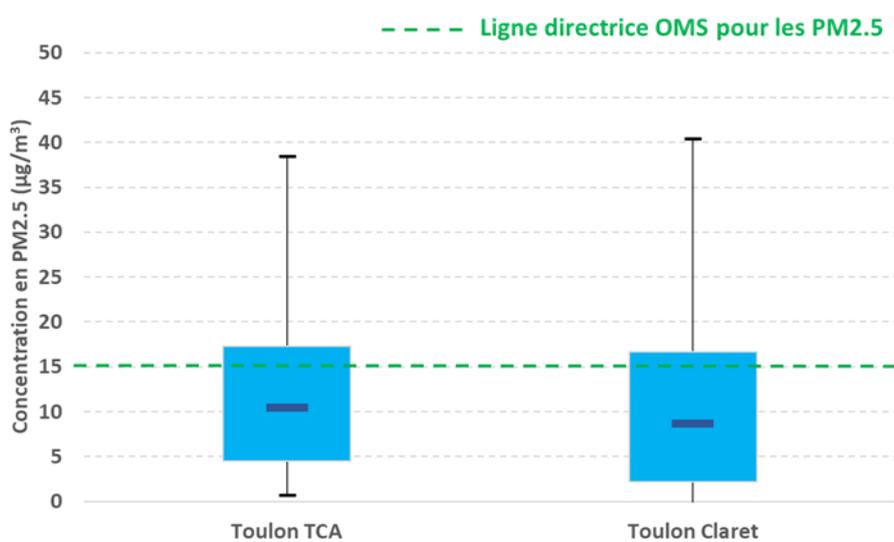
- Statistiques des concentrations en dioxyde d'azote NO₂ mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période TCA

NO ₂ (en µg/m ³)	Port de Toulon (TCA) Observation	La Seyne (Génoud) Urbain	Toulon Claret Urbain	Toulon Foch Trafic
Moyenne	34	15	19	32
Maximum horaire (seuil d'information-recommandations : 200 µg/m ³ /h)	130	100	105	137
Date du maximum (en heure locale)	09/07/2022 21:00	28/03/2022 10:00	28/03/2022 10:00	14/01/2022 08:00
Nombre de dépassements du seuil d'information horaire en NO₂ sur la période considérée	0	0	0	0
Maximum journalier	74	46	58	68
Date du maximum journalier	14/01/2022	17/01/2022	11/01/2022	13/07/2022



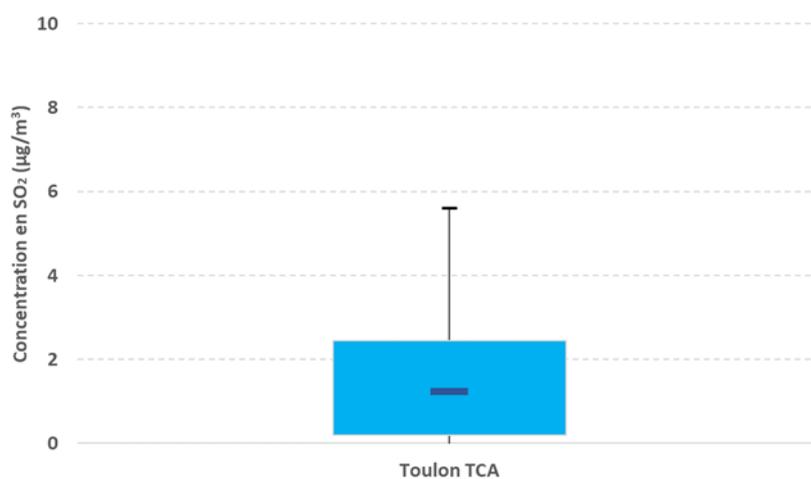
- Statistiques des concentrations en particules en suspension PM2.5 mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période TCA

PM2.5 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Port de Toulon (TCA)	Toulon Claret
	Observation	Urbain
Moyenne	10	9
Maximum journalier	38	40
Date du maximum journalier	<i>15/12/2021</i>	<i>15/12/2021</i>
Maximum horaire	81	86
Date du maximum horaire (en heure locale)	<i>17/01/2022 01:00</i>	<i>12/12/2021 23:00</i>



- Statistiques des concentrations en dioxyde de soufre SO₂ mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période TCA

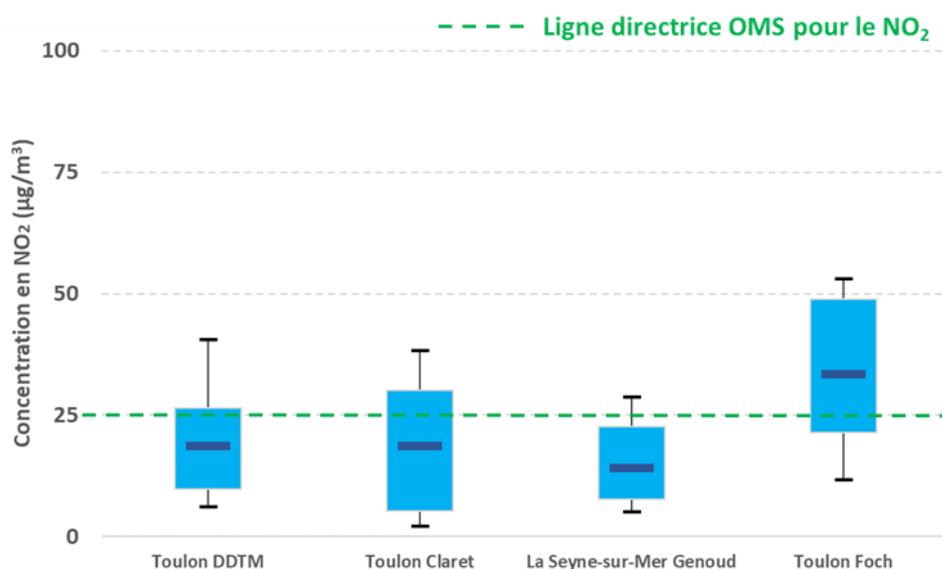
SO ₂ (en µg/m ³)	Port de Toulon (TCA) Observation
Moyenne	1
Nombre de jour de dépassement du seuil 125 µg/m³/j (VL jour : 3 j autorisés de dépassement par an)	0
Maximum horaire (seuil d'information-recommandations : 300 µg/m ³ /h – seuil d'alerte : 500 µg/m ³ /3h)	25
Date du maximum horaire (en heure locale)	<i>07/02/2022 08:00</i>
Maximum journalier	6
Date du maximum journalier	<i>08/06/2022</i>



Période du 01/08/2020 au 30/09/2020

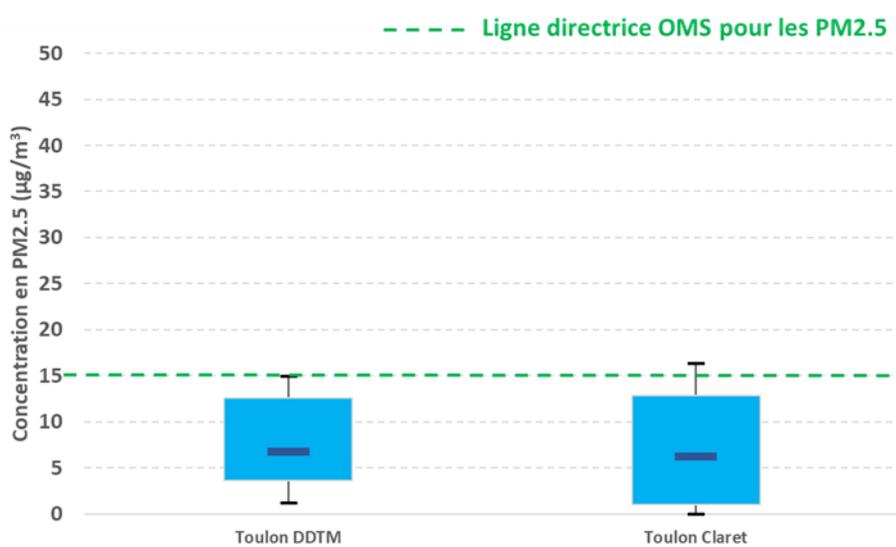
- Statistiques des concentrations en dioxyde d'azote NO₂ mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période du 01/08/2020 au 30/09/2020

NO ₂ (en µg/m ³)	Port de Toulon (DDTM) Observation	La Seyne (Génoud) Urbain	Toulon Claret Urbain	Toulon Foch Trafic
Moyenne	19	14	19	34
Maximum horaire (seuil d'information-recommandations : 200 µg/m ³ /h)	95	96	103	121
Date du maximum (en heure locale)	16/09/2020 10:00	15/09/2020 10:00	07/08/2020 10:00	18/09/2020 09:00
Nombre de dépassements du seuil d'information horaire en NO₂ sur la période considérée	0	0	0	0
Maximum journalier	41	29	38	53
Date du maximum journalier	11/09/2020	22/09/2020	11/09/2020	11/09/2020



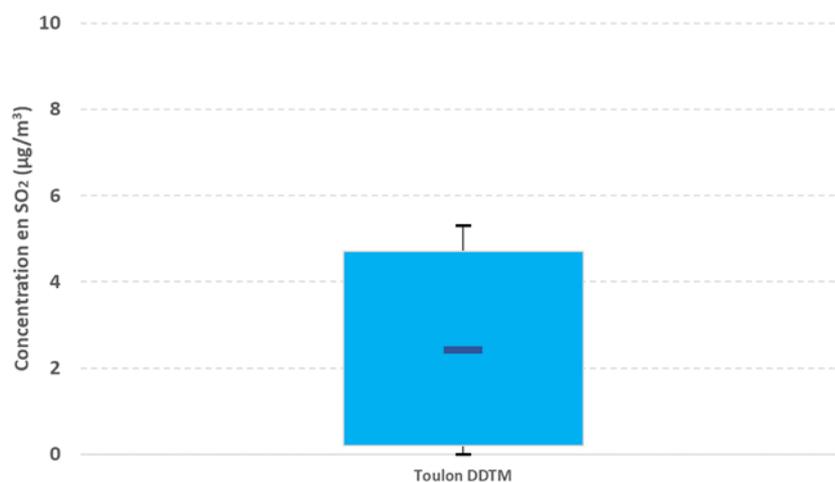
- Statistiques des concentrations en particules en suspension PM2.5 mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période du 01/08/2020 au 30/09/2020

PM2.5 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Port de Toulon (DDTM)	Toulon Claret
	Observation	Urbain
Moyenne	7	6
Maximum journalier	15	16
Date du maximum journalier	<i>15/09/2020</i>	<i>18/09/2020</i>
Maximum horaire	22	28
Date du maximum horaire (en heure locale)	<i>18/09/2020 01:00</i>	<i>18/08/2020 09:00</i>



- Statistiques des concentrations en dioxyde de soufre SO₂ mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période 01/08/2020 au 30/09/2020

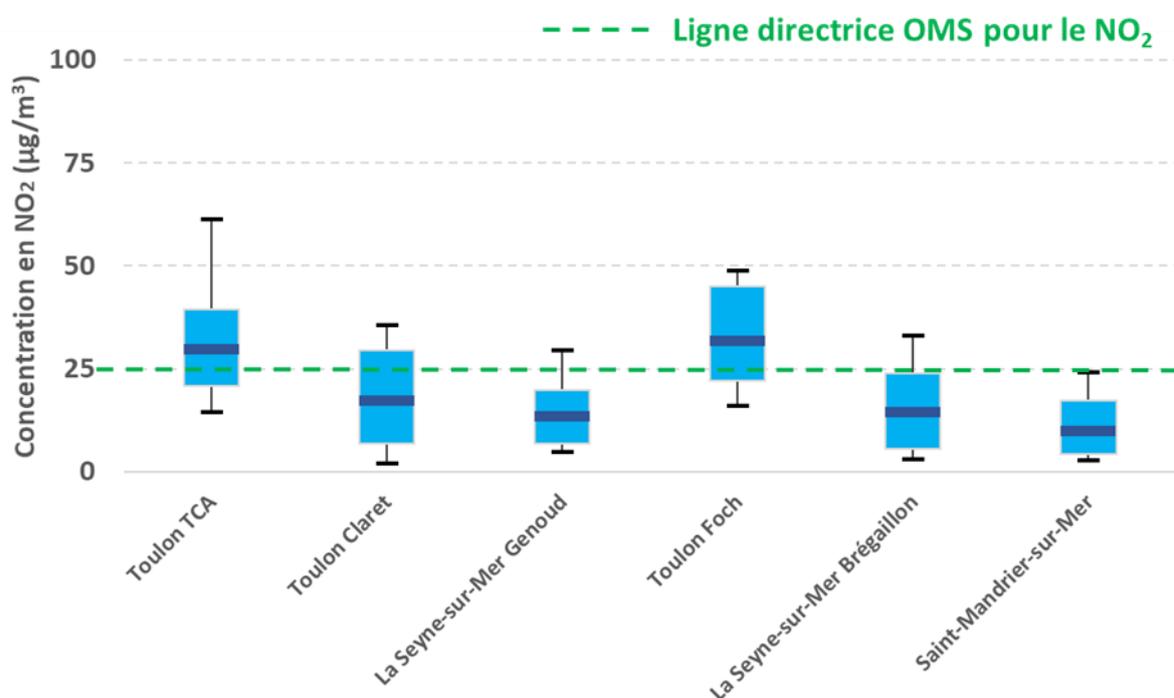
SO ₂ (en µg/m ³)	Port de Toulon (DDTM) Observation
Moyenne	2
Nombre de jour de dépassement du seuil 125 µg/m³/j (VL jour : 3 j autorisés de dépassement par an)	0
Maximum horaire (seuil d'information-recommandations : 300 µg/m ³ /h – seuil d'alerte : 500 µg/m ³ /3h)	20
Date du maximum horaire (en heure locale)	<i>25/09/2020 18:00</i>
Maximum journalier	5
Date du maximum journalier	<i>03/08/2020</i>



Période du 01/08/2021 au 30/09/2021

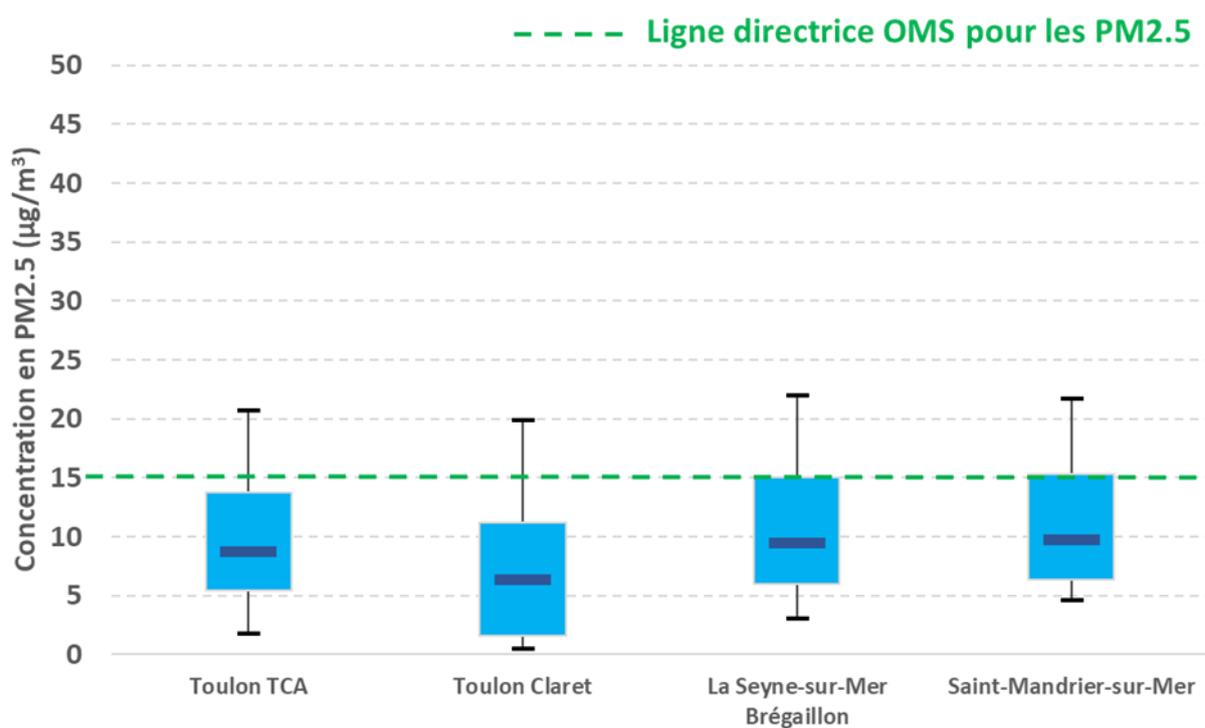
- ▶ Statistiques des concentrations en dioxyde d'azote NO₂ mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période du 01/08/2021 au 30/09/2021

NO ₂ (en µg/m ³)	Port de Toulon (TCA) Observation	La Seyne (Génoud) Urbain	Toulon Claret Urbain	Toulon Foch Trafic	La Seyne (Brégaillon) Observation	Saint-Mandrier-sur-Mer Observation
Moyenne	30	13	17	32	14	10
Maximum horaire (seuil d'information-recommandations : 200 µg/m ³ /h)	114	87	82	105	106	101
Date du maximum (en heure locale)	13/08/2021 23:00	13/08/2021 11:00	22/09/2021 10:00	08/09/2021 08:00	08/09/2021 21:00	09/08/2021 11:00
Nombre de dépassements du seuil d'information horaire en NO₂ sur la période considérée	0	0	0	0	0	0
Maximum journalier	61	29	36	49	33	24
Date du maximum journalier	13/08/2021	10/09/2021	13/08/2021	13/08/2021	13/08/2021	13/08/2021



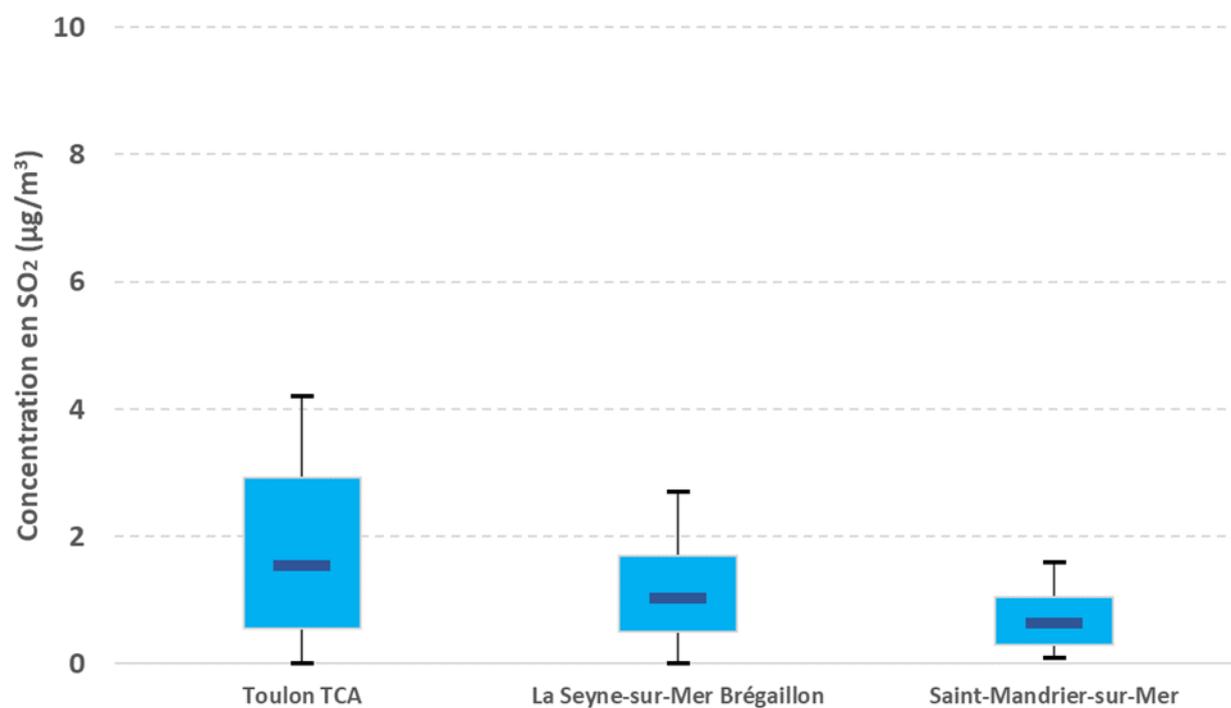
- ▶ Statistiques des concentrations en particules en suspension PM2.5 mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période du 01/08/2021 au 30/09/2021

PM2.5 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Port de Toulon (TCA) Observation	Toulon Claret Urbain	La Seyne (Brégaillon) Observation	Saint-Mandrier-sur-Mer Observation
Moyenne	9	6	9	10
Maximum journalier	21	20	22	22
Date du maximum journalier	14/08/2021	14/08/2021	14/08/2021	14/08/2021
Maximum horaire	30	28	33	34
Date du maximum horaire (en heure locale)	15/08/2021 05:00	15/08/2021 10:00	27/09/2021 10:00	24/08/2021 03:00



- Statistiques des concentrations en dioxyde de soufre SO₂ mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période 01/08/2021 au 30/09/2021

SO ₂ (en µg/m ³)	Port de Toulon (TCA)	La Seyne (Brégaillon)	Saint-Mandrier-sur-Mer
	Observation	Observation	Observation
Moyenne	2	1	1
Nombre de jour de dépassement du seuil 125 µg/m³/j (VL jour : 3 j autorisés de dépassement par an)	0	0	0
Maximum horaire (seuil d'information-recommandations : 300 µg/m ³ /h – seuil d'alerte : 500 µg/m ³ /3h)	16	8	7
Date du maximum horaire (en heure locale)	<i>05/08/2021 12:00</i>	<i>11/08/2021 14:00</i>	<i>03/08/2021 15:00</i>
Maximum journalier	4	3	2
Date du maximum journalier	<i>05/08/2021</i>	<i>27/09/2021</i>	<i>27/09/2021</i>



- Statistiques des concentrations en PM10 fossil fuel et en PM10 wood burning mesurées à Toulon TCA sur la période du 01/08/2021 au 30/09/2021

PM10 ff (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Port de Toulon (TCA) Observation
Moyenne	4
Maximum journalier	6
Date du maximum journalier	27/09/2021
Maximum horaire	20
Date du maximum horaire (en heure locale)	27/09/2021 09 :00

PM10 wb (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Port de Toulon (TCA) Observation
Moyenne	4
Maximum journalier	7
Date du maximum journalier	13/08/2021
Maximum horaire	21
Date du maximum horaire (en heure locale)	17/08/2021 08 :00

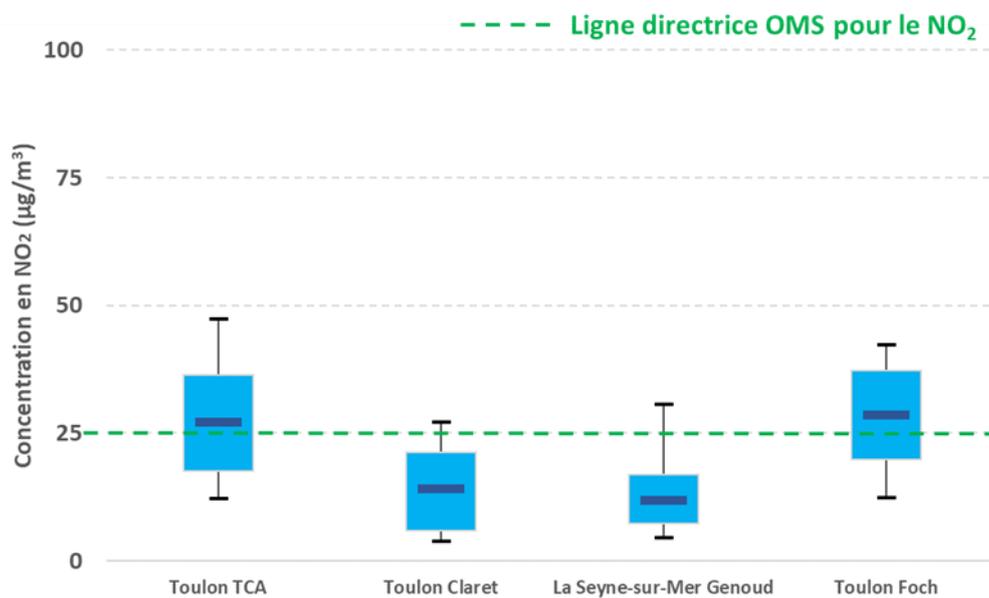
- Statistiques des concentrations en nombre de particules ultrafines mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période du 01/08/2021 au 30/09/2021

Nombre de particules / cm^3	Port de Toulon (TCA) Observation
Moyenne	14 663
Minimum journalier	7 774
Maximum journalier	35 286
Date du maximum journalier	08/08/2021
Minimum horaire	1 834
Maximum horaire	92 649
Date du maximum horaire (en heure locale)	27/08/2021 15 :00

Période du 01/08/2022 au 30/09/2022

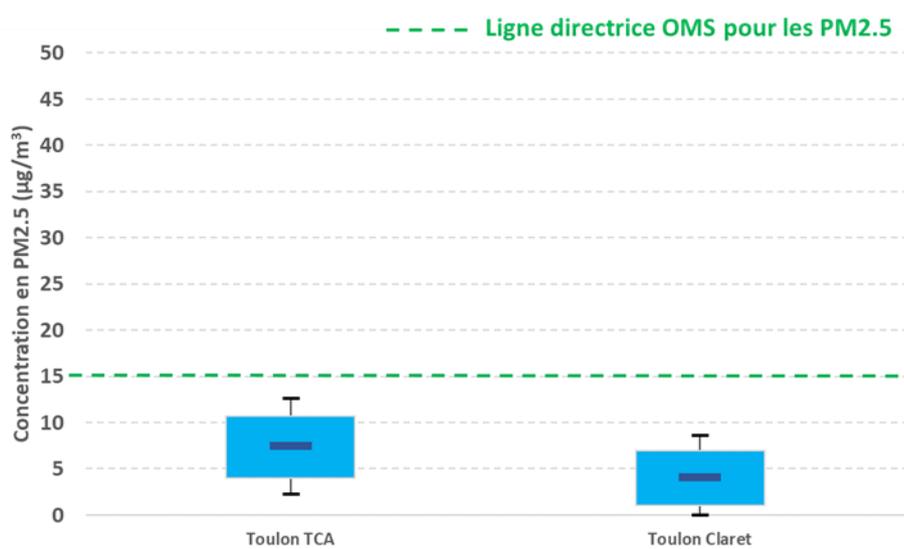
- Statistiques des concentrations en dioxyde d'azote NO₂ mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période du 01/08/2022 au 30/09/2022

NO ₂ (en µg/m ³)	Port de Toulon (TCA) Observation	La Seyne (Génoud) Urbain	Toulon Claret Urbain	Toulon Foch Trafic
Moyenne	27	12	14	29
Maximum horaire (seuil d'information-recommandations : 200 µg/m ³ /h)	107	73	76	90
Date du maximum (en heure locale)	05/08/2022 15:00	20/09/2022 11:00	09/08/2022 10:00	02/09/2022 09:00
Nombre de dépassements du seuil d'information horaire en NO₂ sur la période considérée	0	0	0	0
Maximum journalier	47	31	27	42
Date du maximum journalier	05/08/2022	23/09/2022	19/09/2022	19/09/2022



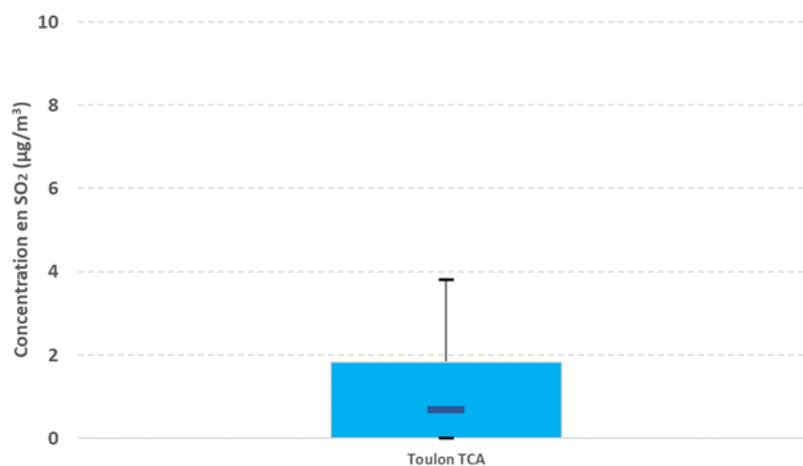
- Statistiques des concentrations en particules en suspension PM2.5 mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période du 01/08/2022 au 30/09/2022

PM2.5 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Port de Toulon (TCA) Observation	Toulon Claret Urbain
Moyenne	7	4
Maximum journalier	13	9
Date du maximum journalier	<i>06/08/2022</i>	<i>07/08/2022</i>
Maximum horaire	43	18
Date du maximum horaire (en heure locale)	<i>24/08/2022 02:00</i>	<i>24/08/2022 01:00</i>

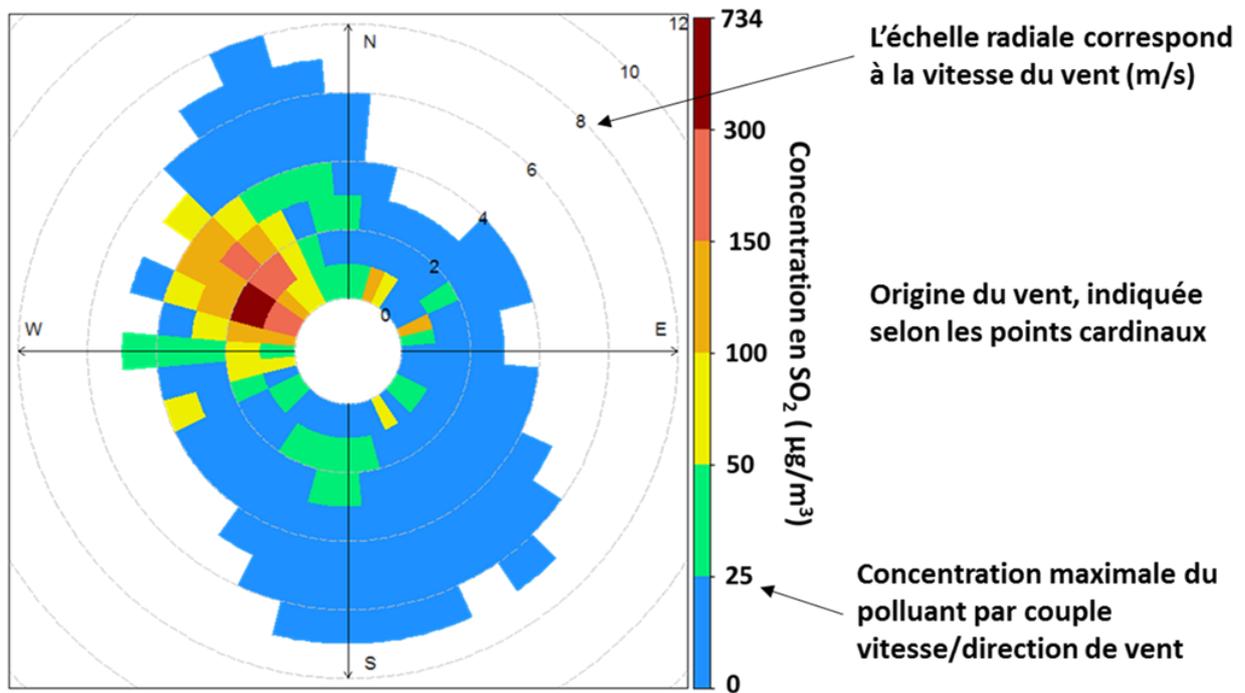


- Statistiques des concentrations en dioxyde de soufre SO₂ mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période 01/08/2022 au 30/09/2022

SO ₂ (en µg/m ³)	Port de Toulon (TCA) Observation
Moyenne	1
Nombre de jour de dépassement du seuil 125 µg/m³/j (VL jour : 3 j autorisés de dépassement par an)	0
Maximum horaire (seuil d'information-recommandations : 300 µg/m ³ /h – seuil d'alerte : 500 µg/m ³ /3h)	11
Date du maximum horaire (en heure locale)	17/09/2022 22:00
Maximum journalier	4
Date du maximum journalier	29/09/2022



ANNEXE 5 – LECTURE DES ROSES DE POLLUTION



La rose des pollutions permet d'explicitier l'origine des polluants. Pour cela, une mesure du vent (direction et vitesse) suivant le même pas de temps que la mesure de la concentration du polluant d'intérêt est nécessaire.

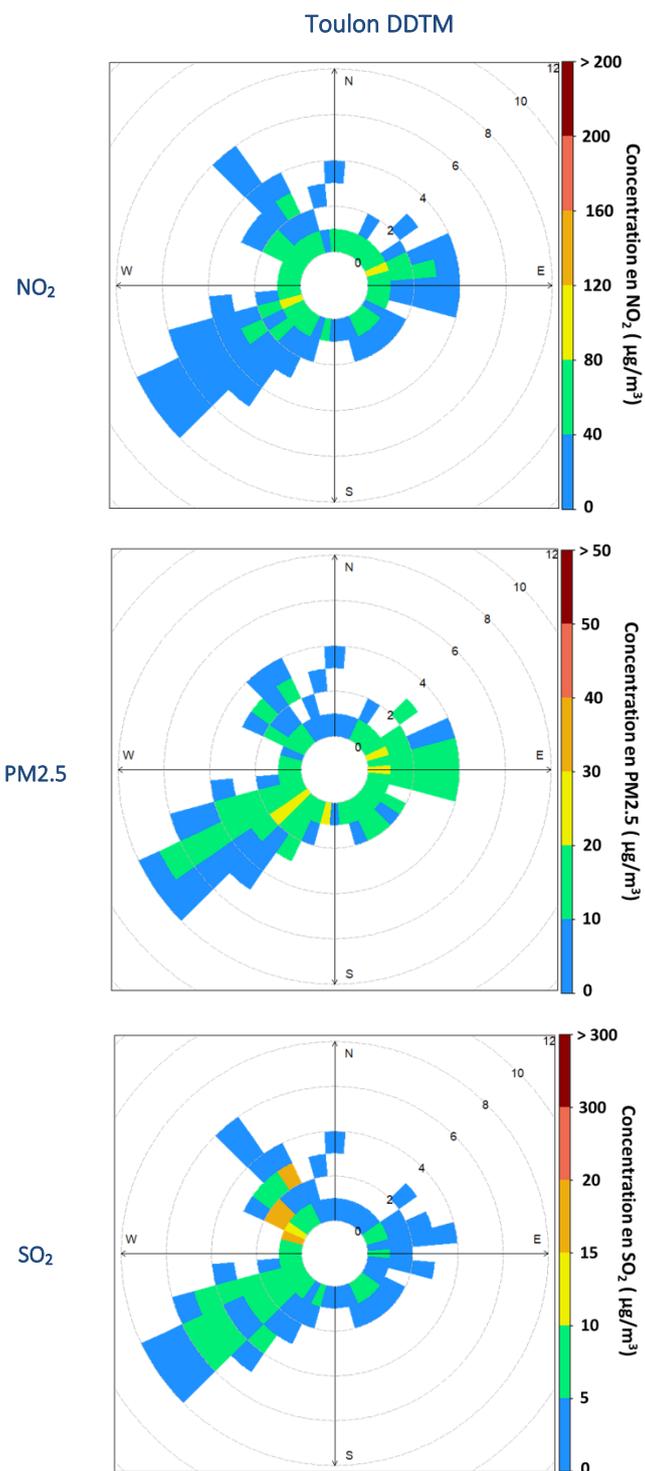
Afin de réaliser ce type de graphe, des couples « vitesse/direction » de vent sont définis (mesurés aux stations).

A chaque concentration mesurée correspond un couple « vitesse/direction » de vent.

Sur la rose de pollution, il est attribué, pour chaque couple, la concentration maximale du polluant mesuré.

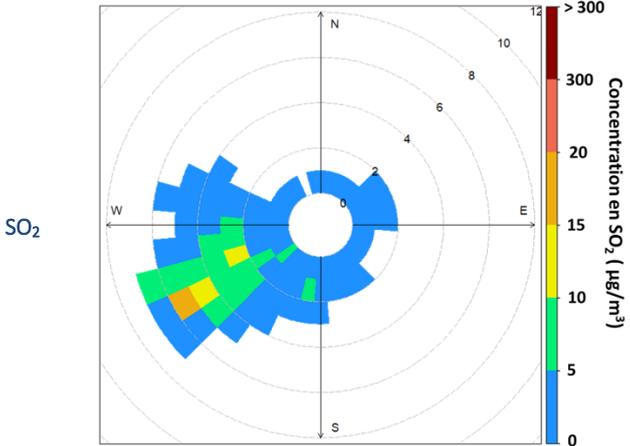
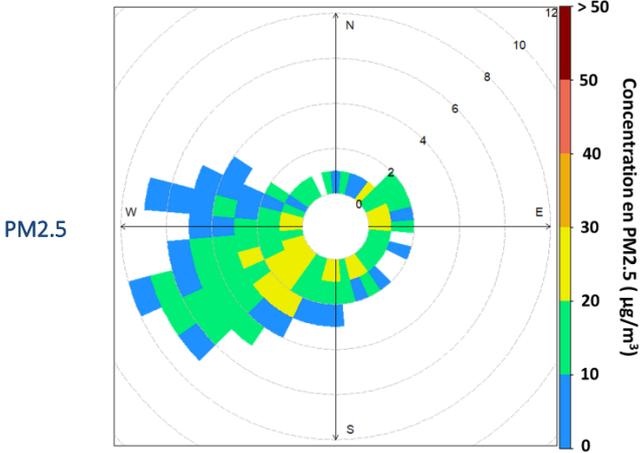
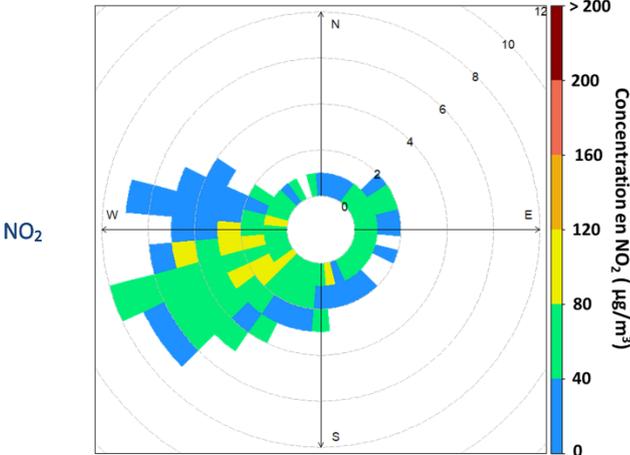
ANNEXE 6 – ROSES DE POLLUTION EN PERIODE ESTIVALE

Période du 01/08/2020 au 30/09/2020



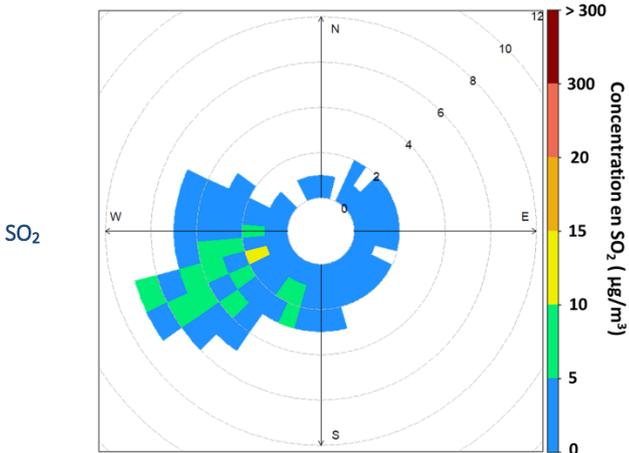
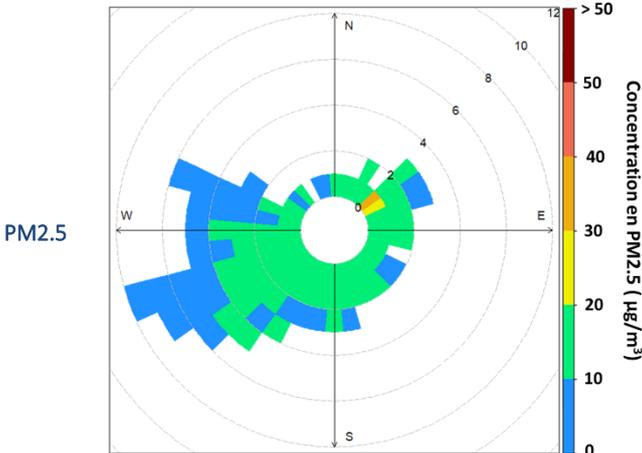
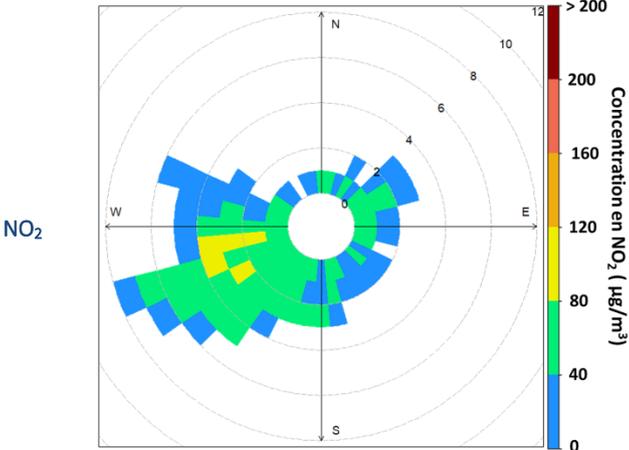
Période du 01/08/2021 au 30/09/2021

Toulon TCA



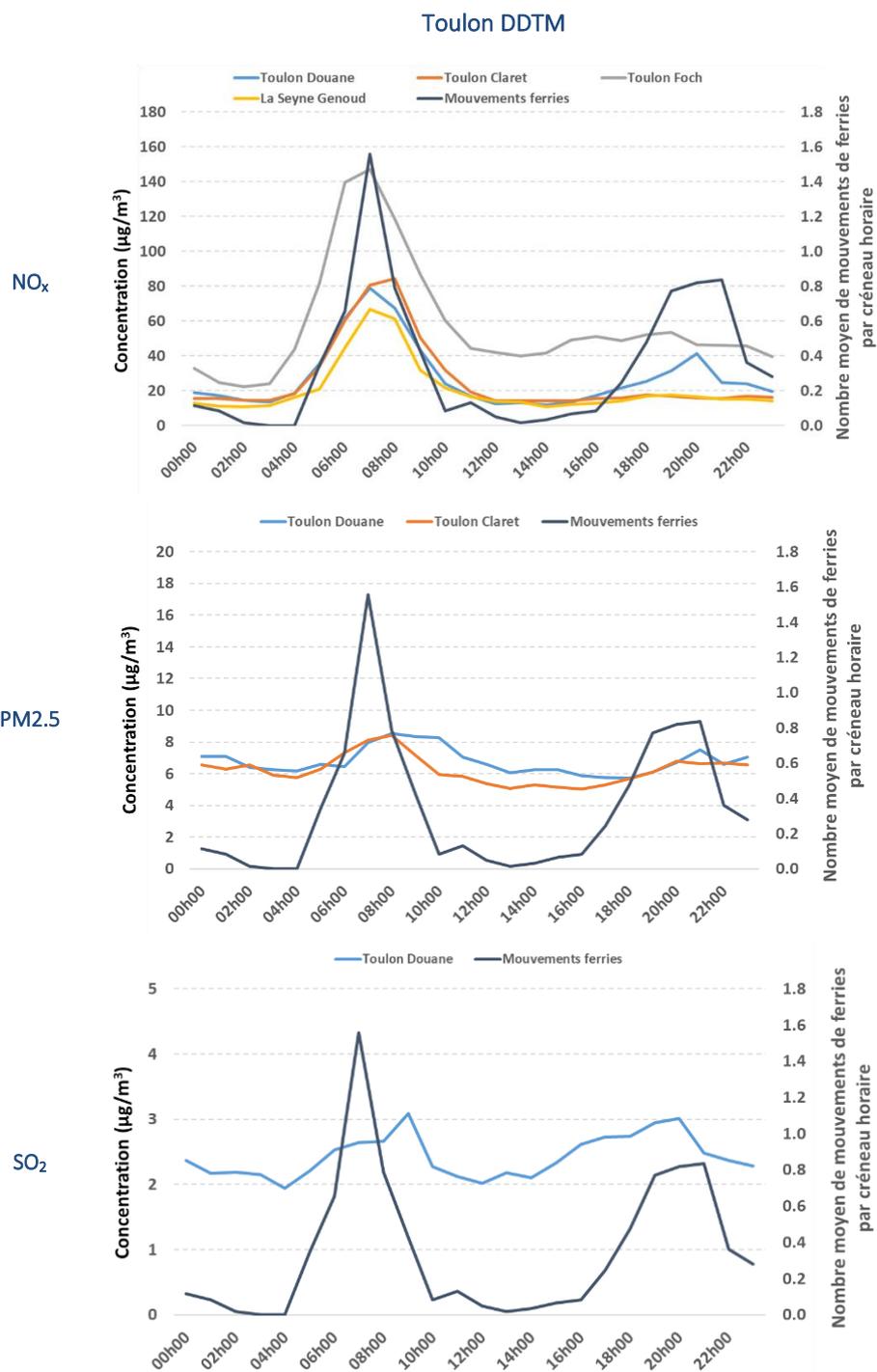
Période du 01/08/2022 au 30/09/2022

Toulon TCA

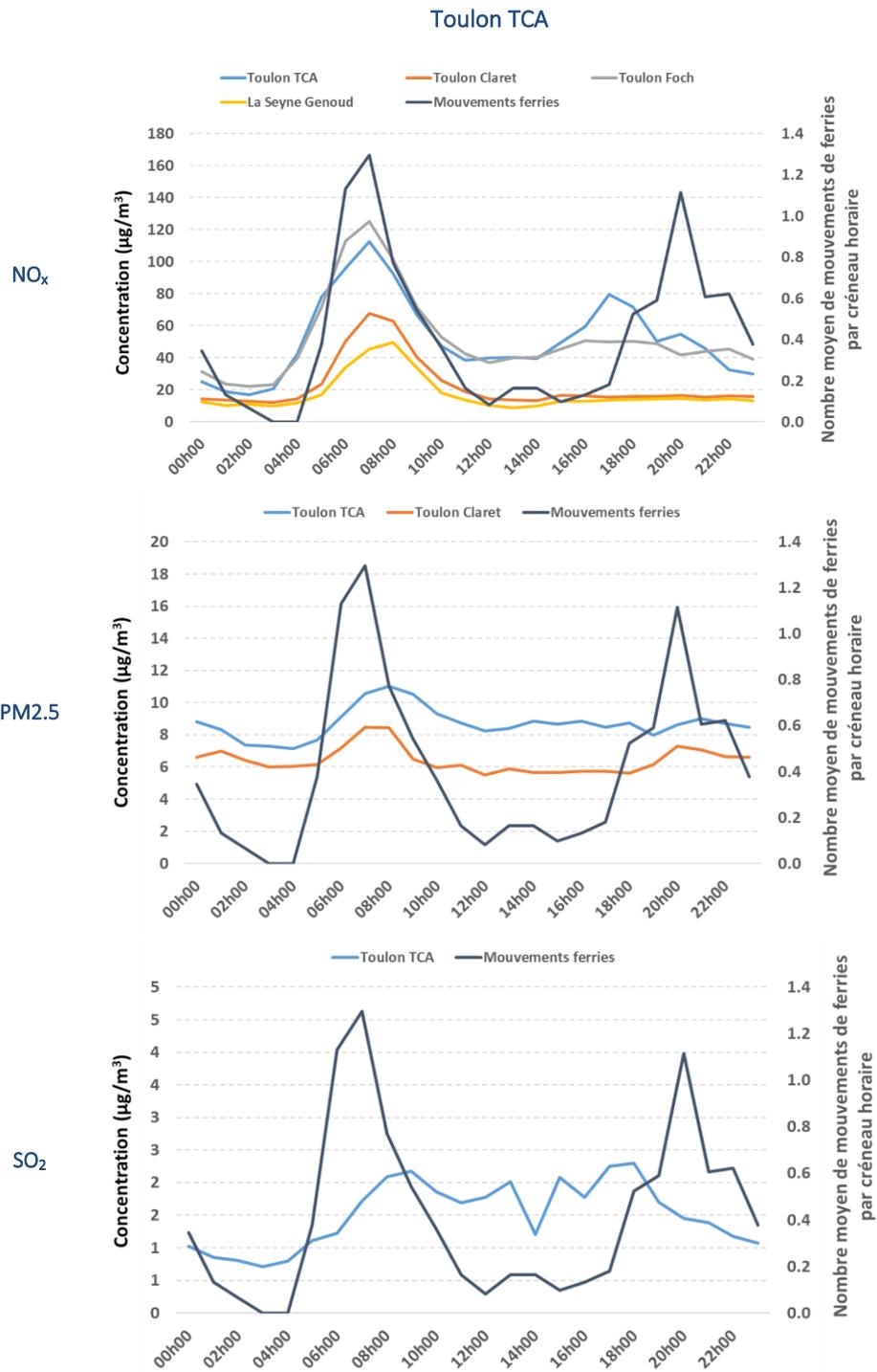


ANNEXE 7 – PROFILS HORAIRES EN PERIODE ESTIVALE

Période du 01/08/2020 au 30/09/2020



Période du 01/08/2021 au 30/09/2021

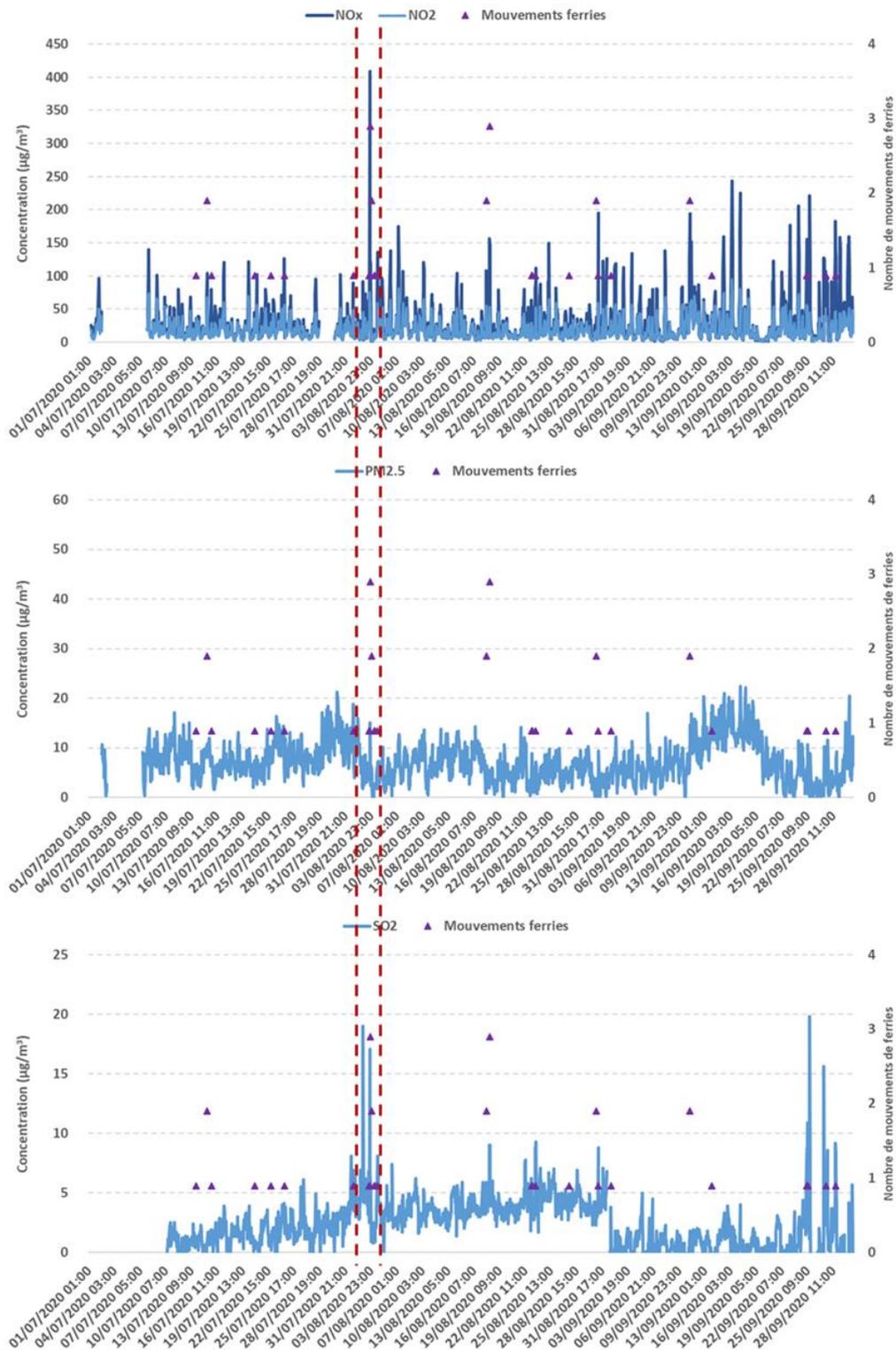


Période du 01/08/2022 au 30/09/2022

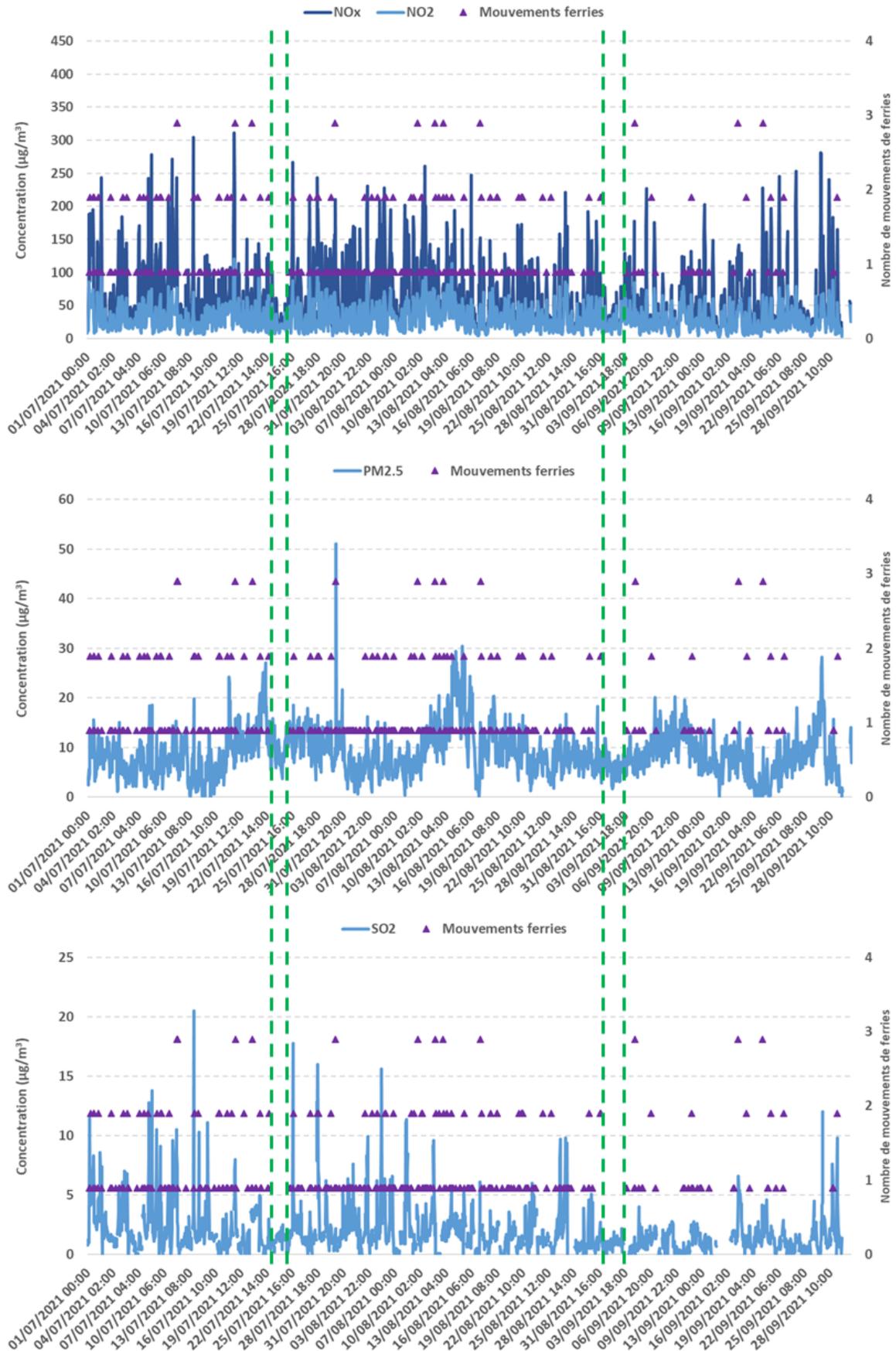


ANNEXE 8 – EVOLUTIONS DYNAMIQUES CONCENTRATIONS / MOUVEMENTS FERRIES

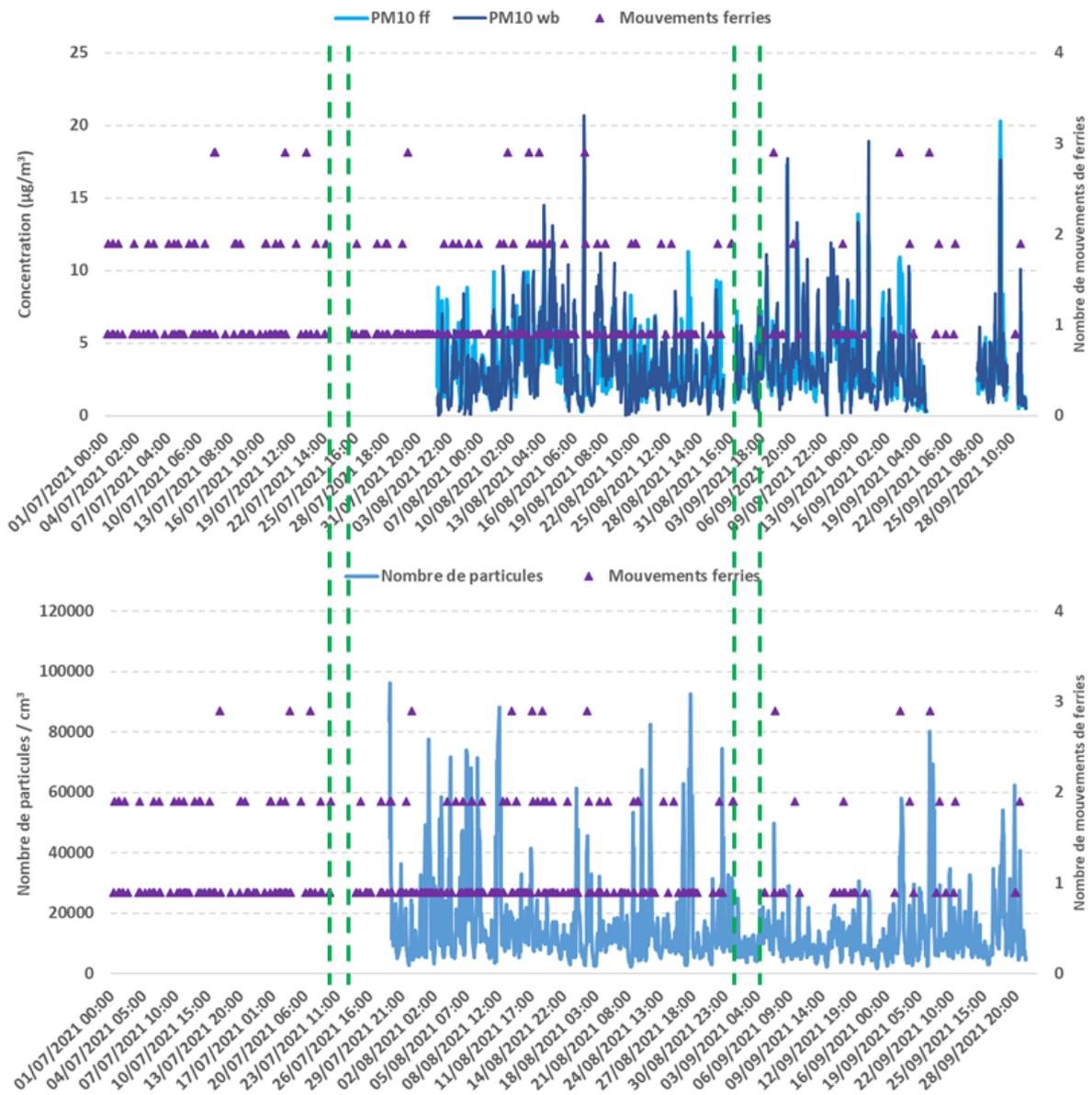
Evolution des concentrations horaires en NO_x, NO₂, PM_{2.5} et SO₂ à Toulon DDTM en parallèle du nombre de mouvements de ferries sur les principaux quais sur la période 01/07/2020 – 30/09/2020



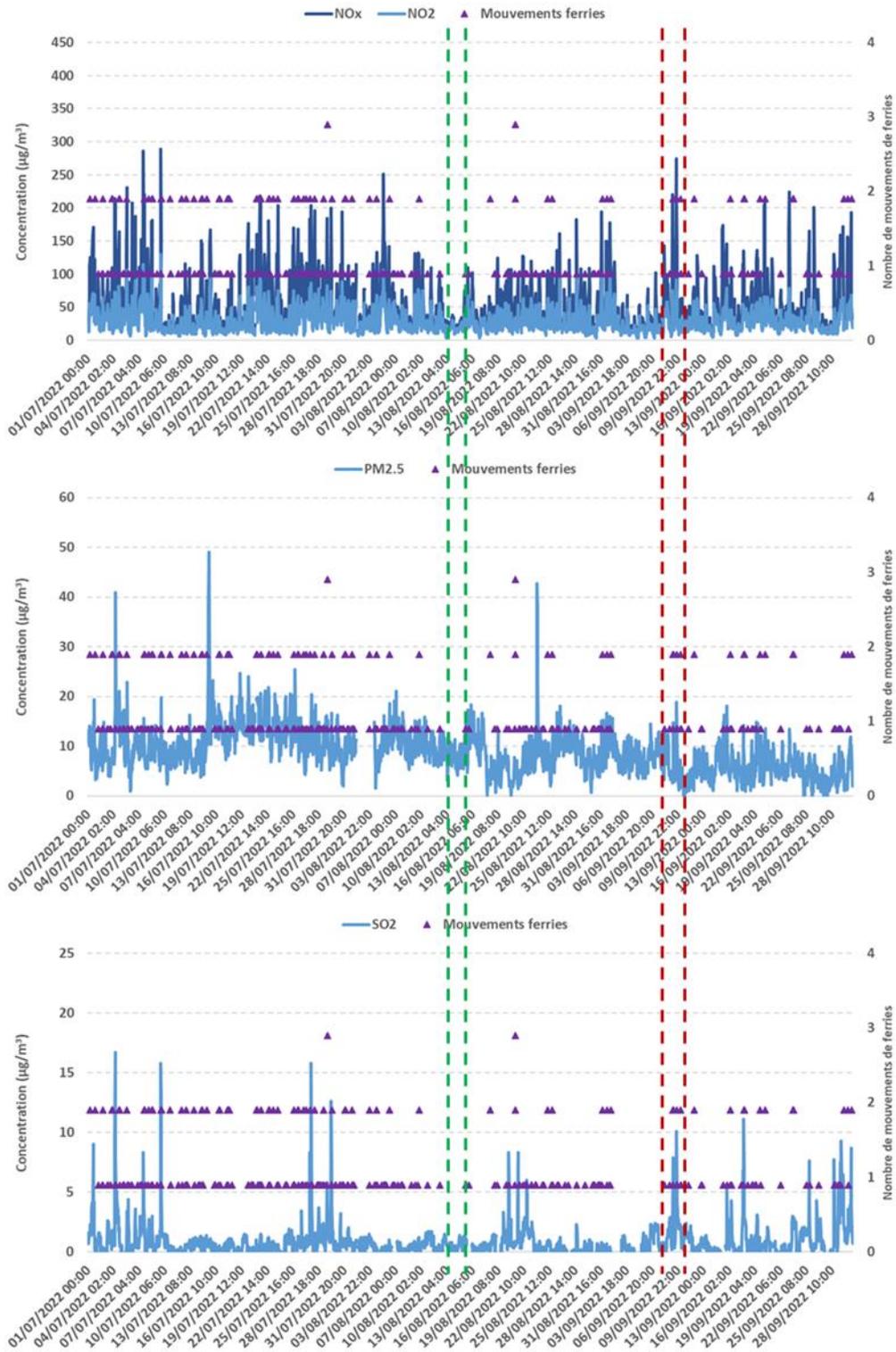
Evolution des concentrations horaires en NOx, NO2, PM2.5 et SO2 à Toulon / TCA en parallèle du nombre de mouvements de ferries sur les principaux quais sur la période 01/07/2021 – 30/09/2021



Evolution des concentrations horaires en PM10 ff, PM10 wb et nombre de particules à Toulon TCA en parallèle du nombre de mouvements de ferries sur les principaux quais sur la période 01/07/2021 – 30/09/2021



Evolution des concentrations horaires en NOx, NO₂, PM_{2.5} et SO₂ à Toulon TCA en parallèle du nombre de mouvements de ferries sur les principaux quais sur la période 01/07/2022 – 30/09/2022



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
Contact.air@atmosud.org

Etablissement de Martigues

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

Etablissement de Nive

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

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