

AtmoSud

Inspirer un air meilleur



Rade de Toulon

Bilan de la qualité de
l'air sur la période
estivale 2021

Juin 2022

RÉSUMÉ :

RADE DE TOULON

BILAN DE LA QUALITÉ DE L'AIR SUR LA PÉRIODE ESTIVALE 2021

► Une surveillance accrue autour de la rade de Toulon

En 2020, avec le soutien financier de la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur et le partenariat avec la Métropole Toulon Provence Méditerranée, AtmoSud a enrichi son action de surveillance et d'analyse de la qualité de l'air autour de la rade de Toulon. Une campagne de mesure a été réalisée, sur le toit de la DDTM83, afin de mieux évaluer l'impact de la pollution issue de l'activité maritime sur les riverains proches et accompagner les acteurs portuaires dans leur politique territoriale air. (cf. [rapport](#))

A partir de l'été 2021, avec le soutien financier de la Métropole Toulon Provence Méditerranée et de la Chambre de Commerce et d'Industrie du Var, AtmoSud améliore la représentativité des mesures en couvrant l'ensemble de la Rade avec 3 stations de mesure mobiles, mesurant en continu les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO₂), les particules en suspension de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM2.5) et la météo (vitesse et direction du vent) :

- Une station mobile est déployée à l'entrée du terminal TCA à Toulon, de juin 2021 à octobre 2022. Cette station accueille également des mesures de carbone suie et de particules ultrafines en nombre.
- Une station mobile est déployée sur le périmètre du terminal Fret de Brégaillon à La Seyne-sur-Mer d'août à septembre 2021.
- Une station mobile est déployée au Parc d'Activités Marines (PAM) de Saint-Mandrier, à l'entrée de la petite rade, d'août à septembre 2021.

Ce rapport intermédiaire de la campagne 2021/2022 met en avant les résultats de la période estivale 2021 (de juin à septembre).

Les résultats s'enrichissent des moyens de mesure mobilisés à l'été 2021 autour du terminal ferries du port de Toulon dans le cadre du projet Européen AerNostrum, dans lequel TPM et la CCI sont également partenaires associés.

Les premières mesures de l'été 2021 montrent que le site de Toulon TCA est plus représentatif de l'impact maximal de l'activité maritime sur la qualité de l'air que le site de la DDTM83 car mieux situé sous les vents des navires du port.

► Une influence maritime identifiée pour certaines substances, mais pas de dépassements réglementaires

Sur la période estivale, toutes les mesures réglementées enregistrées (NO₂, SO₂, PM2.5) respectent les valeurs réglementaires horaires ou journalières. En revanche, les nouvelles lignes directrices de l'OMS sur 24 heures sont dépassées sur la quasi-intégralité des sites de mesures pour le dioxyde d'azote et les PM2.5, comme dans les grands centres urbains de la région.

Concernant les dioxydes d'azote, le site de Toulon TCA présente des niveaux comparables à ceux enregistrés dans une situation de trafic routier important (station de Toulon Foch), alors que les stations de La Seyne Brégaillon et de Saint-Mandrier – PAM sont respectivement proches des niveaux de fond urbain (station de Toulon Claret) et de fond péri-urbain (station de La Seyne-sur-Mer). Toutefois, sur les trois sites, les maximums sont plus élevés et plus fréquents que sur les stations de référence associées.

Les niveaux de particules fines PM2.5 sont similaires sur les trois sites : les niveaux moyens sont comparables avec les niveaux de fond urbain mesurés à la station de Toulon/Claret, malgré des maximums ponctuellement plus élevés autour des ports et à l'entrée de la rade.

L'impact de l'activité maritime est identifié à partir du recoupement de la direction des vents, des dynamiques des niveaux de polluants, et des mouvements de navires :

- Une augmentation spécifique simultanée pour le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre et le nombre de particules ultrafines est observée en fin de journée à la station de Toulon TCA, sous les vents des navires
- Les maximums pour ces mêmes substances (dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, nombre de particules) sont observés sous les vents des navires présents à quai et ce sur les 3 points de mesures (Toulon, La Seyne-sur-Mer et Saint-Mandrier).

Partenaires

Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur

Métropole Toulon Provence Méditerranée

AUTEURS DU DOCUMENT

Thomas Aleixo

Eve-Agnès Fiorentino

Romain Boissat

Edwige Révélat

Sylvain Mercier

Contact

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

Pilote de projet : Romain Boissat – romain.boissat@atmosud.org

Références

Bilan Rade de Toulon été 2021

Date de parution

06/2022

SOMMAIRE

1. Contexte	5
1.1 Des émissions de polluants atmosphériques variées et influencées par les activités maritimes .	5
1.2 Un contexte international, national et régional en mouvement	5
1.3 Une mobilisation forte des villes portuaires en région Sud Provence-Alpes-Côte d’Azur	6
2. Description de la zone d’étude	7
2.1 Environnement	7
2.2 Conditions de vent.....	8
3. Bilan de la qualité de l’air en 2021	10
3.1 Dispositif de mesures	10
3.2 Résultats moyens sur la période estivale 2021	11
3.3 Étude des évolutions dynamiques.....	13
3.4 Étude des profils journaliers.....	17
3.5 Les roses de pollution.....	19
3.6 Comparaison avec les mesures réalisées en 2020	21
4. Relation entre présence de navires et concentrations	23
5. Conclusion	26
GLOSSAIRE	27
ANNEXE 1	30
ANNEXE 2	33
ANNEXE 3	35
ANNEXE 4	36

1. Contexte

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

Les navires émettent des polluants issus de la combustion des carburants :

- Sous forme particulaire : PM10, PM2.5, métaux, sulfates, carbone suie...
- Sous forme de gaz : oxydes d'azote (NO_x, dont le dioxyde d'azote NO₂), dioxyde de soufre (SO₂), monoxyde de carbone (CO), dioxyde de carbone (CO₂)

Une partie de ces polluants est similaire à celle produite par d'autres types d'activités, comme les transports routiers. Néanmoins, des analyses permettent de mieux caractériser la signature chimique des navires, comme le comptage des particules et l'interprétation de la diffusion des panaches.

Pour l'année 2019 (année actuellement la plus récente dans l'inventaire des émissions d'AtmoSud), à Toulon, les émissions du secteur maritime représentent 8% des émissions de particules fines PM2.5 et 42% des émissions d'oxydes d'azote NO_x. A La Seyne-sur-Mer, commune située à l'ouest de la rade, les émissions du secteur maritime représentent 8% des émissions de particules fines PM2.5 et 40% des émissions de dioxyde d'azote. ¹

1.2 Un contexte international, national et régional en mouvement

Aujourd'hui, des solutions pour diminuer les impacts de la pollution maritime s'inscrivent dans une dynamique internationale, nationale et régionale :

- Au 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 déploie depuis 2019 un plan à trois ans de réduction des impacts de la pollution maritime (plan Escales Zéro Fumée)
- Nice et Toulon imposent dès 2020 aux navires qui rentrent dans la rade de naviguer avec un carburant à 0,1% de teneur en soufre
- Deux Journées Méditerranéennes de l'Air consacrées aux sujets des ports (JMAP) et permettant de réunir tous les acteurs concernés ont eu lieu à Marseille en 2017 et à Ajaccio en 2019. Une troisième a lieu le 28 avril 2022 à Toulon.
- Le projet européen de recherche SCIPPER (programme H2020) vise à l'amélioration des connaissances sur 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 2020-2023 (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.

¹ <https://cigale.atmosud.org/extraction.php>

1.3 Une mobilisation forte des villes portuaires en région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur

Les trois grands ports de la région se mobilisent pour un air plus sain. AtmoSud, dans le cadre de son programme Ports 2017-2021, a réalisé de nombreuses mesures sur les ports de Nice, Toulon et Marseille. Il en ressort que :

- La pollution maritime est une pollution dite de panache, qui 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 et les particules fines. La pollution maritime a peu d'impact sur les concentrations moyennes.
- La phase à quai des navires, plus proche des habitations et 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.
- Le dioxyde de soufre est un traceur de la pollution maritime, mais n'est pas un enjeu sanitaire fort à l'échelle locale, contrairement au dioxyde d'azote 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 qui va impacter, in fine, le taux de particules fines.
- Le taux de particules fines en masse n'est pas un traceur caractéristique des fumées, contrairement au nombre.

Le présent document dresse le bilan de la qualité de l'air constaté au cours de la période estivale 2021 autour de la rade de Toulon. Ce bilan est établi par le biais des mesures réalisées par les différentes stations fixes et mobiles déployées dans la zone.

2. Description de la zone d'étude

2.1 Environnement

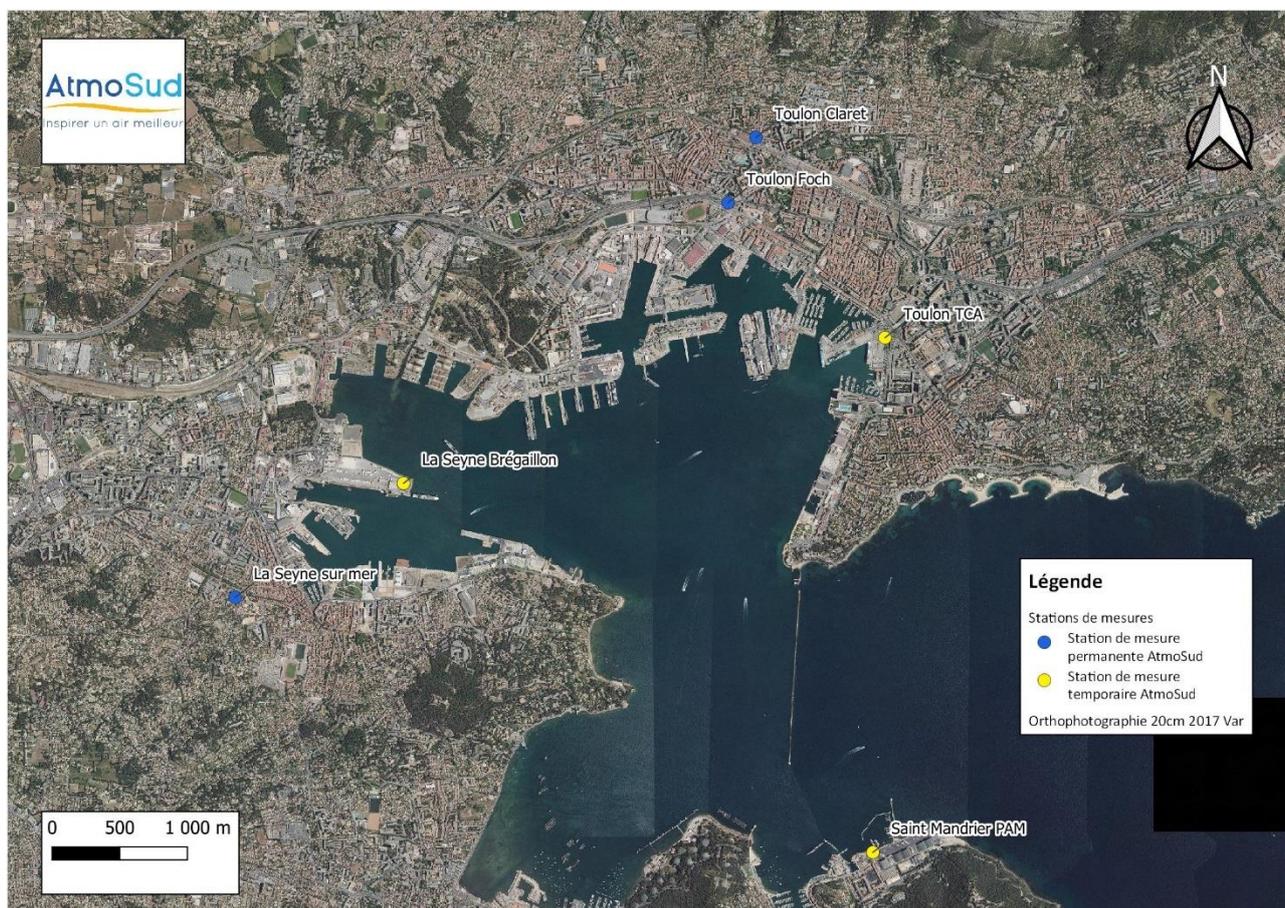
Les trois stations permanentes d'AtmoSud sur la carte ci-dessous sont de typologie urbaine (pour La Seyne/Genoud et Toulon/Claret) et trafic (pour Toulon/Foch). Elles ne permettent pas d'identifier uniquement l'impact de la pollution issue de l'activité portuaire et maritime.

En 2020, une station de mesure temporaire a été déployée sur le toit du bâtiment accueillant la DDTM83. Elle a été déplacée à partir du 15/06/2021 à l'entrée du terminal TCA à Toulon afin d'être plus régulièrement sous les vents en provenance de la rade. Un rapport relatif aux observations de cette station est disponible sur notre site internet².

Au début du mois d'août 2021, 2 stations de mesures temporaires complémentaires sont venues renforcer le dispositif de surveillance autour de la rade :

- L'une a été installée près du terminal Fret de la Seyne-sur-Mer (La Seyne/Brégaillon)
- L'autre a été installée dans le Parc d'Activités Marines de Saint-Mandrier

Carte 1 : Cartographie de la zone d'étude



² <https://www.atmosud.org/actualite/qualite-de-lair-autour-de-la-rade-de-toulon-bilan-2020-poursuite-2021>

2.2 Conditions de vent

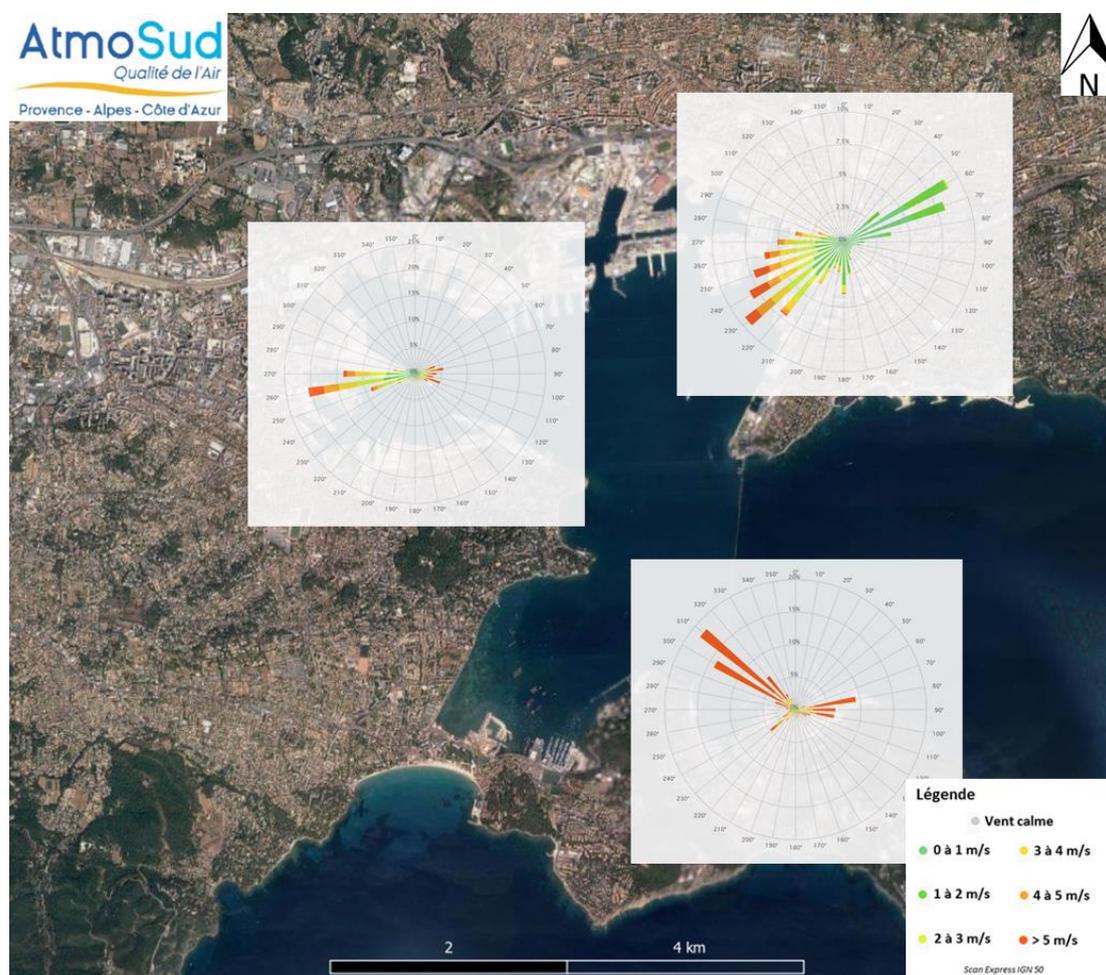
Les niveaux de concentration des différents polluants et les paramètres du vent sont étroitement liés. Le vent intervient tant par sa direction pour orienter les panaches de pollution que par sa vitesse pour diluer et transporter les polluants. Une absence de vent contribuera à l'accumulation de polluants près des sources et inversement.

La figure ci-dessous permet de localiser les stations météorologiques présentes sur la zone d'étude et les roses des vents associées :

- Toulon/TCA : Station météorologique AtmoSud (période du 15/06/2021 au 30/09/2021)
- La Seyne/Brégaillon : Station météorologique AtmoSud (période du 01/08/2021 au 30/09/2021)
- Saint-Mandrier (Cap Cépet) : Station météorologique Météo France (période du 01/08/2021 au 30/09/2021)

La dispersion des polluants atmosphériques se fait principalement dans le sens de ces vents dominants.

Figure 1 : Conditions de vent locales dans la rade de Toulon



Pour Toulon/TCA, 2 régimes de vents apparaissent :

- Le principal étant d'origine Sud-Ouest, l'après-midi, avec des vitesses de vents principalement modérées à élevées. La station est alors exposée aux vents provenant des bateaux.
- Dans une moindre mesure, il est observé des vents de secteur Nord-Est, provenant des zones urbaines, surtout le matin.

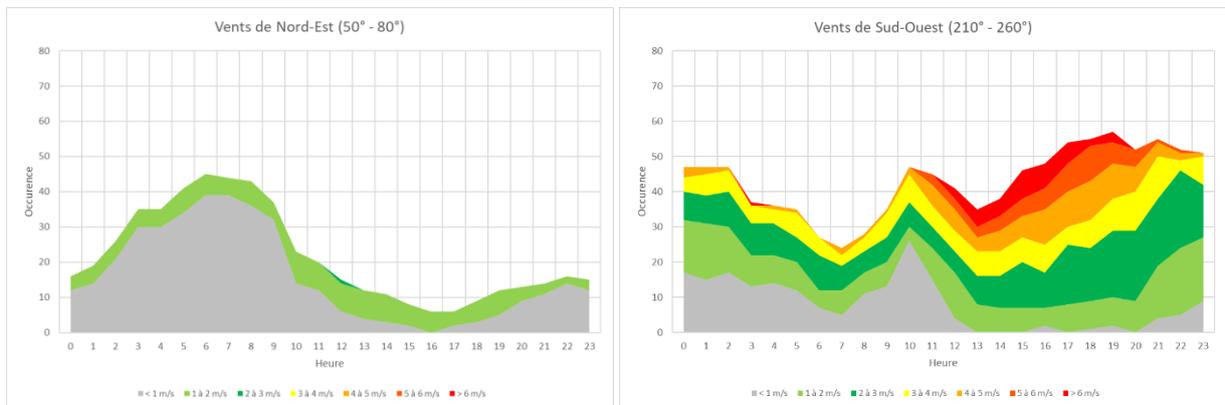
Dans le cas de la station de La Seyne/Brégaillon, il est très majoritairement observé des vents de secteur Ouest et de vitesses modérées à élevées, donc en provenance des zones urbaines.

Enfin, du côté de Saint-Mandrier, il a été mesuré très majoritairement des vents de secteur Nord-Ouest et de vitesses élevées, donc en provenance du centre de la rade de Toulon.

Les graphes ci-après présentent les profils de vents :

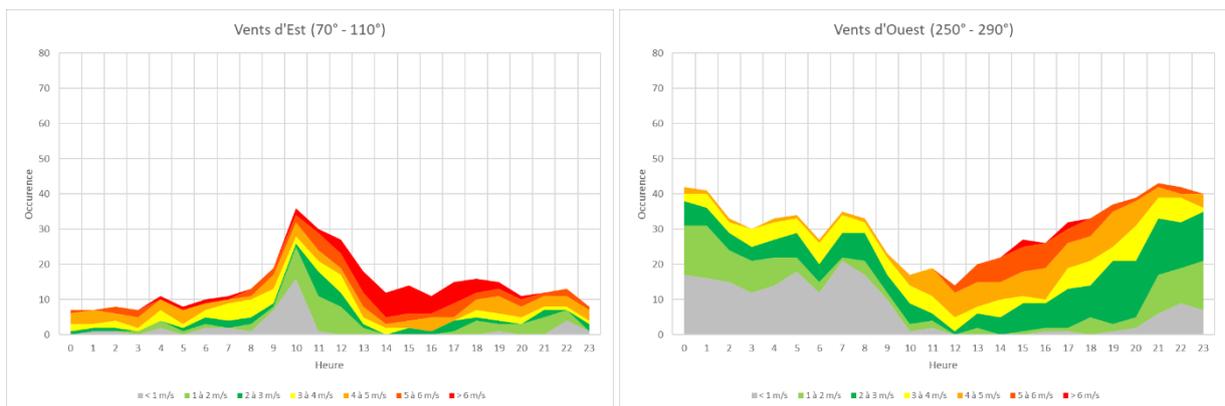
Figure 2 : Profil journalier des directions de vents mesurées autour de la rade de Toulon

- Toulon/TCA (du 01/07 au 30/09) :

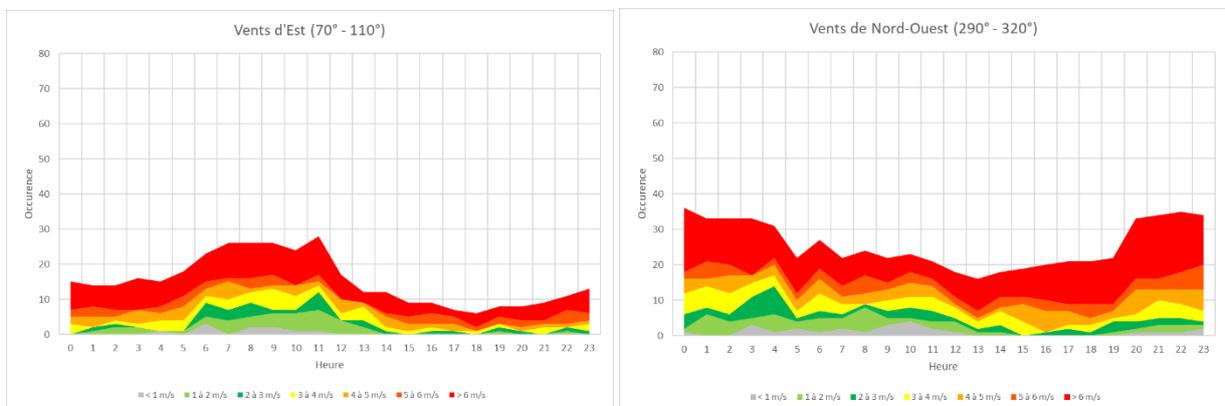


Sur le site de Toulon/TCA, un effet de brise est constaté avec une prédominance d'un vent de secteur Nord-Est tout au long de la matinée, puis la bascule de vent intervient à la mi-journée pour laisser place à des vents de secteur Sud-Ouest durant l'après-midi. Pour information, la cabine de mesures située à TCA était présente **plus de 40% du temps sous les vents provenant de l'activité portuaire**, soit pour un secteur 210°/260°.

- La Seyne/Brégaillon (du 01/08 au 30/09) :



- Saint-Mandrier (du 01/08 au 30/09) :



Concernant les sites de La Seyne/Brégaillon et de Saint-Mandrier, il n'y a pas d'effet de brise marqué du fait de la prédominance des directions Ouest (pour La Seyne/Brégaillon) et Nord-Ouest (pour Saint-Mandrier).

3. Bilan de la qualité de l'air à l'été 2021

3.1 Dispositif de mesures

Les trois stations mobiles déployées autour de la rade de Toulon accueillent des mesures de polluants réglementés :

- Les **oxydes d'azotes** (NO_x) dont le **dioxyde d'azote** (NO₂),
- Les **particules fines PM2.5**,
- Le **dioxyde de soufre** (SO₂)

Des informations détaillées sur ces différents polluants réglementés (valeurs mesurées, réglementation, effets sur la santé) sont disponibles en Annexe 1 et 2.

En complément des mesures de ces polluants réglementés, la station mobile de Toulon/TCA accueille des mesures de **carbone suie** (ou « **black carbon** ») et du **nombre de particules ultrafines**, non sujet à la réglementation. Les mesures de carbone suie à l'aide d'un aethalomètre multi longueur d'onde (AE33) permettent, à la suite de la réalisation de calculs spécifiques³, d'estimer la part de carbone suie provenant de la **combustion d'énergie fossile** (« Black Carbon Fossil Fuel ») de celle provenant de la **combustion de bois** (« Black Carbon Wood Burning »).

Photo 1 : Photographies des stations mobiles installées à Toulon/TCA, La Seyne/Brégaillon et Saint-Mandrier

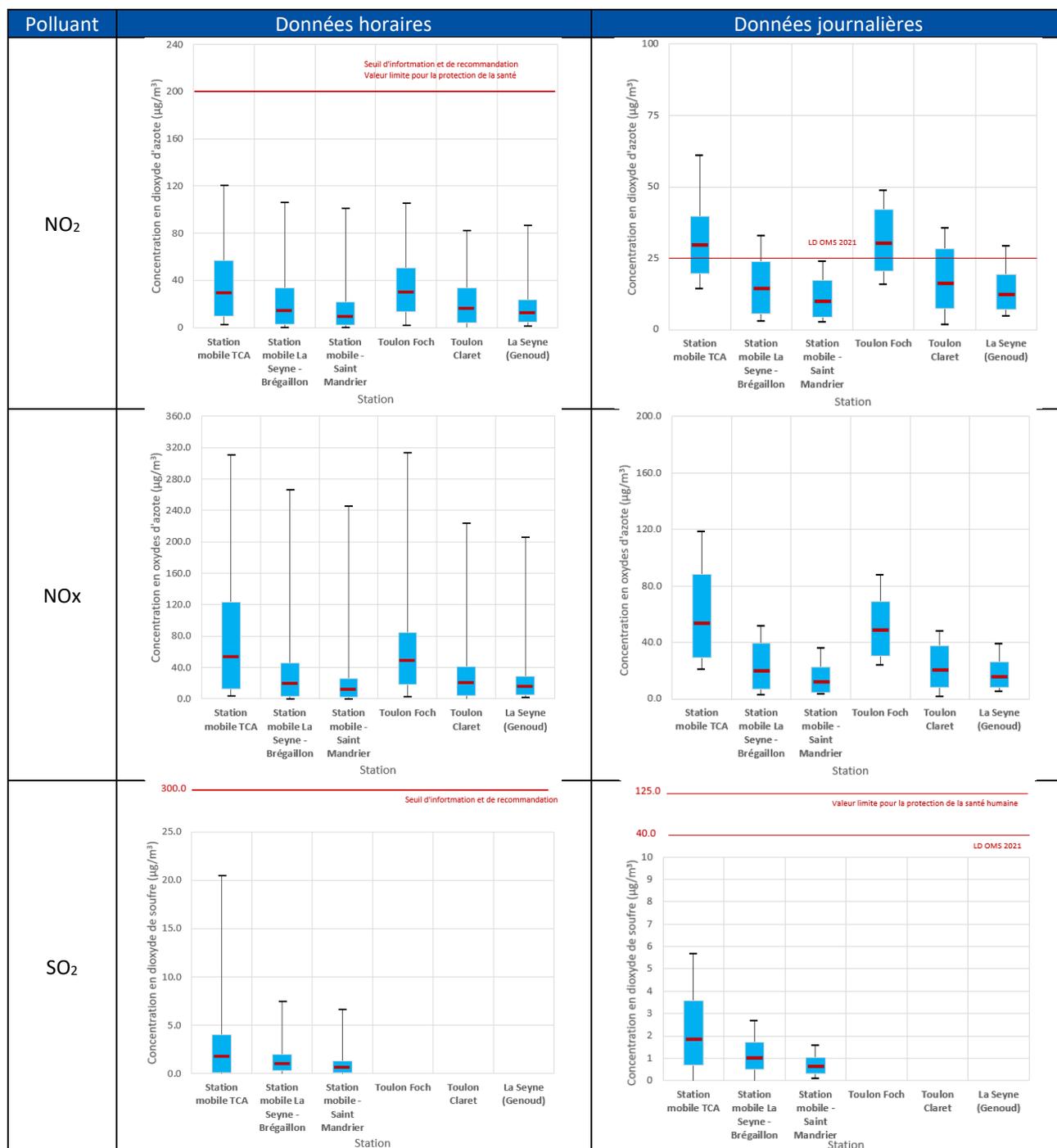


³ Voir guide du LCSQA : https://www.lcsqa.org/system/files/media/documents/LCSQA2019-Guide_mesure_BlackCarbon_par_AE33_VF03-Approuv%C3%A9CPS15122020.pdf

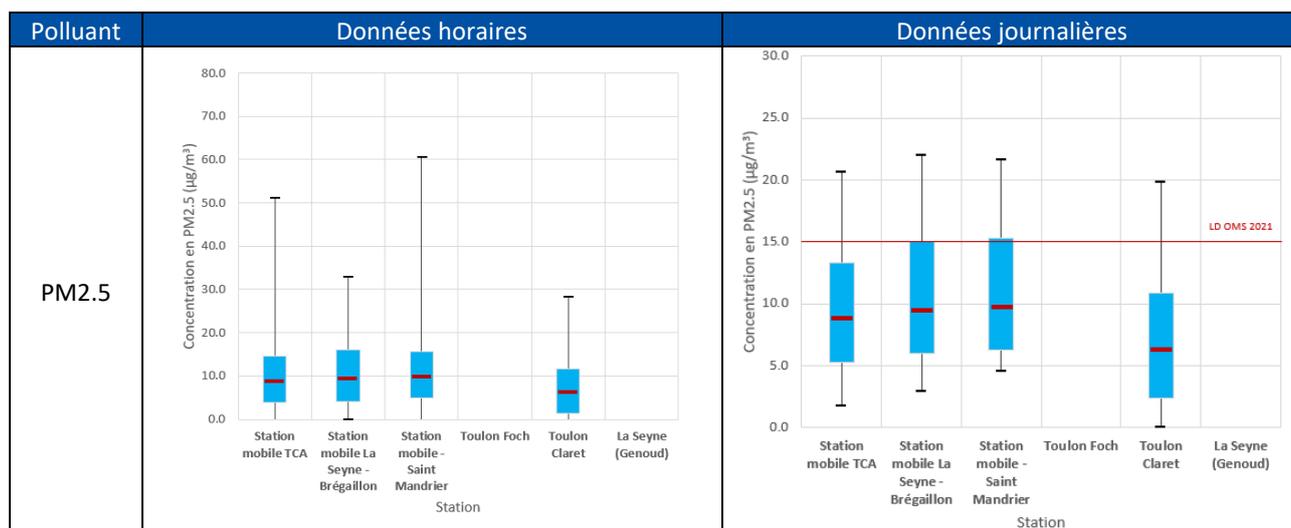
3.2 Résultats moyens sur la période estivale 2021

Les figures ci-après permettent de représenter les principales concentrations mesurées pour les polluants réglementés au niveau des stations de mesure sur la période concernée par la surveillance à l'aide d'un diagramme de Tukey, dont une aide à la lecture est disponible en Annexe 3.

Figure 3 : Diagramme de Tukey⁴ des concentrations horaires en NO_x, NO₂, PM_{2.5} et SO₂ mesurées sur les différentes stations aux abords de la rade de Toulon sur la période du 15/06/2021 au 30/09/2021



⁴ Pour chaque série de données, la barrette rouge situe la moyenne de la série ; la zone bleue intègre 80 % des données (du percentile 10 au percentile 90) ; le maximum et le minimum sont représentés respectivement par les barrettes noires supérieures et inférieures.



* : La période de mesure pour les stations de La Seyne / Brégaillon et Saint-Mandrier s'étend uniquement du 01/08/2021 au 30/09/2021.

Pour tous les polluants atmosphériques réglementés et surveillés sur les différentes stations de mesures autour de la rade de Toulon, il n'a été observé aucun dépassement de **valeur limite réglementaire horaire et journalière** sur la période de mesure considérée, lorsque celle-ci était disponible.

Cependant, des dépassements des lignes directrices journalières de l'OMS sont observés pour les PM2.5 et le dioxyde d'azote. Ces dépassements ne sont cependant pas spécifiques au port de Toulon mais sont observés sur la quasi-totalité des stations de mesures sur Toulon (Toulon/Foch, Toulon/Claret, La Seyne/Genoud), quelle que soit leur influence, au cours de la période de mesures.

Concernant les niveaux en dioxyde d'azote (NO₂), les mesures réalisées à Toulon/TCA sont comparables à ce qui est observé en situation trafic à Toulon/Foch (station trafic), avec toutefois des niveaux maximums ponctuellement plus élevés. Quant aux mesures réalisées à La Seyne/Brégaillon et à Saint-Mandrier, elles sont quant à elles comparables à ce qui est observé respectivement en situation urbaine et péri-urbaine (Toulon/Claret et la Seyne-Genoud), avec toutefois, là aussi des niveaux maximums ponctuellement plus élevés.

Les niveaux maximums mesurés en PM2.5 sont également ponctuellement plus élevés sur les sites de mesure autour de la rade que sur le site urbain Toulon/Claret. Cependant, les niveaux moyens sont du même ordre de grandeur (inférieurs ou de l'ordre de 10 µg/m³).

Dans le cas du SO₂, si les niveaux moyens mesurés sur l'ensemble des points de mesures sont faibles, des valeurs ponctuelles plus importantes (mais largement inférieurs aux seuils réglementaires) sont bien observées au niveau de la station mobile du Port de Toulon (« TCA ») en comparaison des deux autres.

Remarque : Il est à noter que la période de mesure ne permet pas de rendre compte du respect des valeurs réglementaires annuelles.

3.3 Étude des évolutions dynamiques

Les graphes ci-après présentent l'évolution horaire des différents polluants mesurés autour de la rade de Toulon :

► Oxydes d'azote

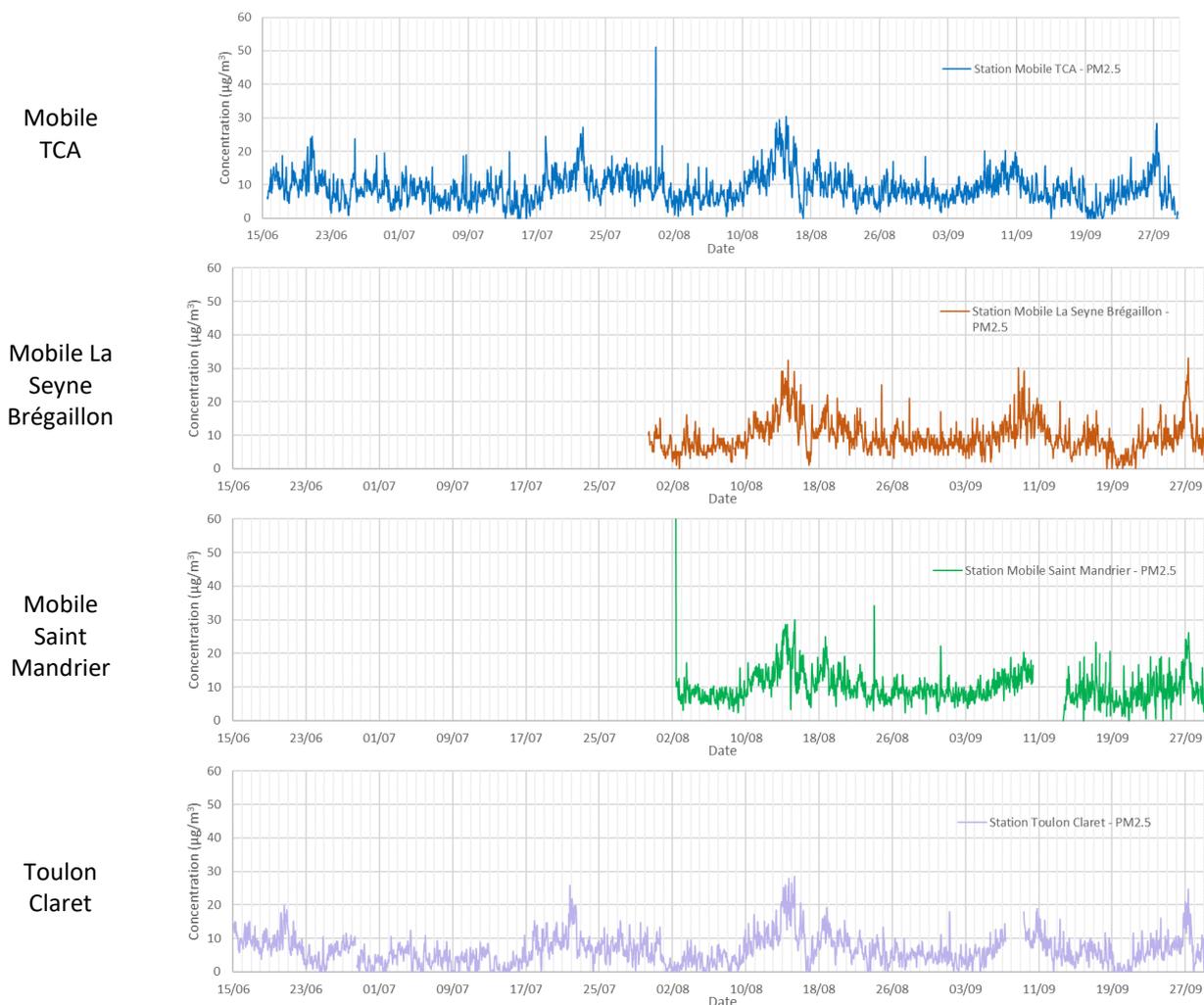
Figure 4 : Dynamique des concentrations en NOx et en NO₂ sur les différentes stations aux abords de la rade de Toulon sur la période du 15/06/2021 au 30/09/2021



L'observation des dynamiques horaires permet de faire apparaître que la station mobile Toulon/TCA mesure des concentrations horaires maximales en oxydes d'azote généralement bien supérieures à celles des autres stations (dont celle de Toulon/Foch sous influence du trafic routier, ce qui a été observé précédemment à l'aide des boxplot), mais qu'elles sont également bien plus fréquentes et réparties sur l'ensemble de la période de mesures.

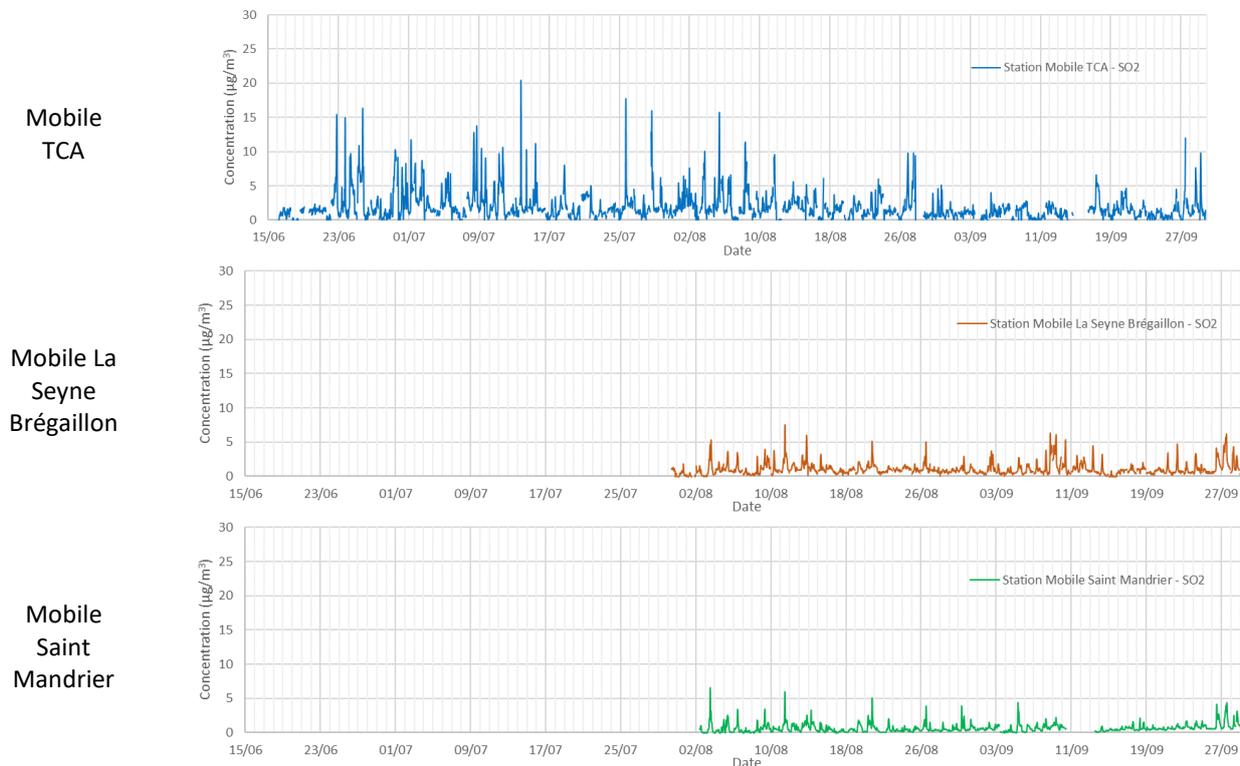
► **PM2.5**

Figure 5 : Dynamique des concentrations en PM2.5 sur les différentes stations aux abords de la rade de Toulon sur la période du 15/06/2021 au 30/09/2021



En ce qui concerne les PM2.5, à l'exception de très rares valeurs maximales très ponctuelles, il n'apparaît pas de dynamique spécifique et d'influence visible du port sur les appareils mobiles à proximité, les courbes obtenues étant très proches de celle de la station urbaine de Toulon/Claret. Sur ce paramètre, comme précédemment identifié avec les boxplot, l'impact du port sur son environnement n'est que très peu voire pas visible.

Figure 6 : Dynamique des concentrations en SO₂ sur les différentes stations aux abords de la rade de Toulon sur la période du 15/06/2021 au 30/09/2021



En ce qui concerne le SO₂, malgré l'absence de mesure en dehors des stations mobiles, il apparaît que les concentrations maximales horaires observées à Toulon/TCA sont bien plus fréquentes entre fin juin et fin août, soit lors de l'activité maximale du port, pour diminuer à partir de septembre, même si l'influence de la météorologie est également primordiale avec une diminution de la fréquence des vents provenant de la rade sur ce mois de mesures. De plus, ces valeurs maximales restent cependant faibles (moins de 30 µg/m³).

Pour les mesures de dioxyde de soufre sur les stations mobiles de la Seyne et de Saint-Mandrier, les concentrations horaires maximales observées sont très faibles (de l'ordre de 5 µg/m³).

▶ Autres substances mesurées

En ce qui concerne le « black carbon », l'appareil de mesures utilisé est 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.

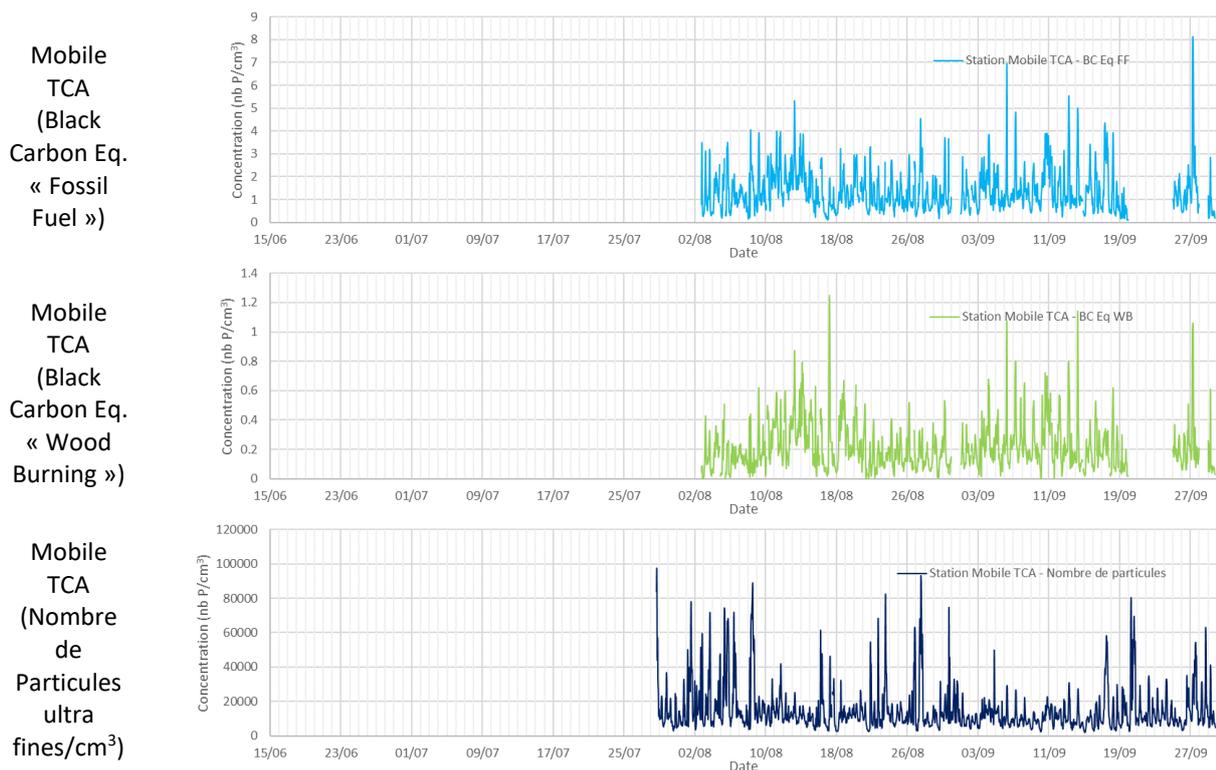
Par convention, la mesure par absorption optique pour la concentration massique du black carbon total à l'aide de l'AE33 s'effectue pour une seule longueur d'onde (880 nm), les autres longueurs d'onde permettant d'obtenir des informations sur la répartition des sources d'émission. L'appareil de mesures va ainsi permettre, à l'aide des mesures pour les différentes longueurs d'onde et d'un modèle de répartition basé sur des équations spécifiques, de proposer une répartition de la concentration totale en black carbon en :

- « black carbon » issu de la combustion de la biomasse (intitulé « Black Carbon Eq Wood Burning »),
- « black carbon » issu de la combustion d'hydrocarbures (intitulé « Black carbon Eq Fossil Fuel »).

Cette répartition est basée sur des équations mathématiques et des coefficients d'absorption spécifiques issus de la littérature pour des particules émises par la combustion de la biomasse et d'hydrocarbures (rattaché principalement au transport routier)

En ce qui concerne les particules ultrafines, l'appareil de mesures utilisé est un ENVI-CPC qui permet le comptage du nombre de particules dont le diamètre est compris entre 7 nm et 7.5 µm par cm³.

Figure 7 : Dynamique des concentrations en équivalent Black Carbon (« fossil fuel » en bleu et « wood burning » en vert) et en nombre de particules sur les différentes stations à la station Toulon/TCA sur la période du 15/06/2021 au 30/09/2021

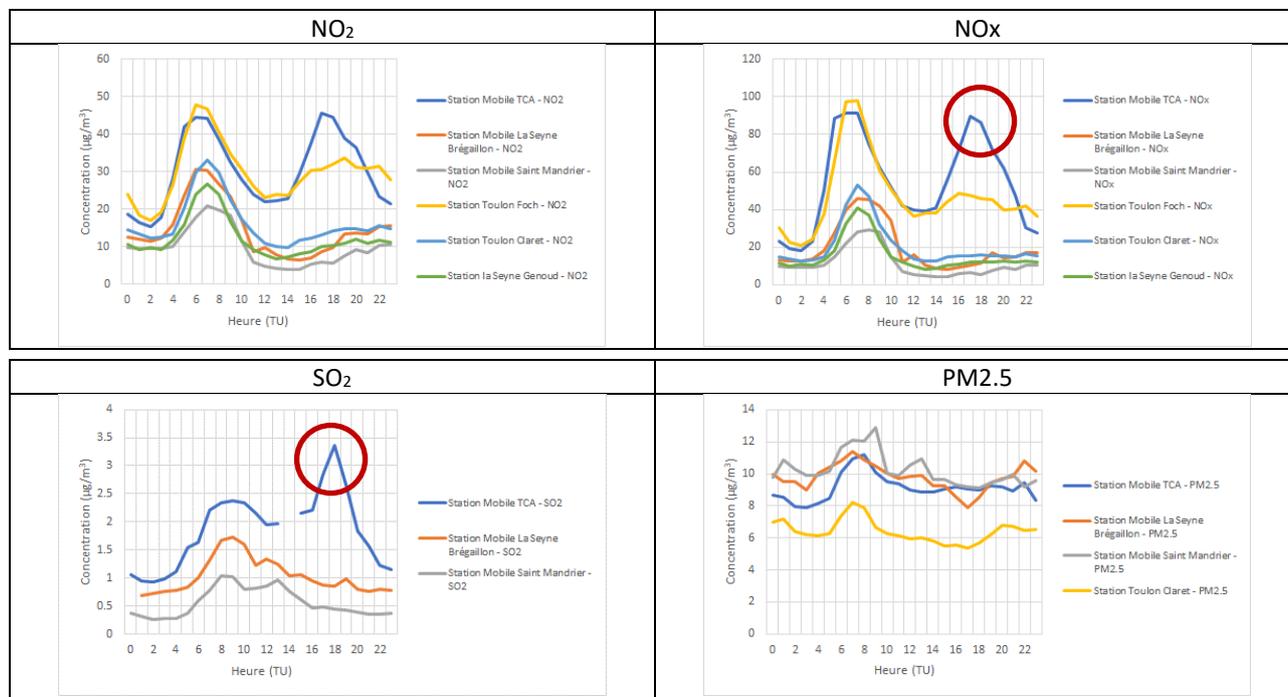


Pour les autres substances, dont la seule mesure disponible concerne la station mobile « TCA », seul le nombre de particules ultrafines présente des variations importantes au cours de la période de mesures.

3.4 Étude des profils journaliers

Les graphes ci-après présentent les profils journaliers des concentrations horaires pour les différents polluants mesurés autour de la rade de Toulon :

Figure 8 : Profils journaliers des concentrations en NOx, NO₂, PM_{2.5} et SO₂ mesurées sur les différentes stations aux abords de la rade de Toulon sur la période du 15/06/2021 au 30/09/2021



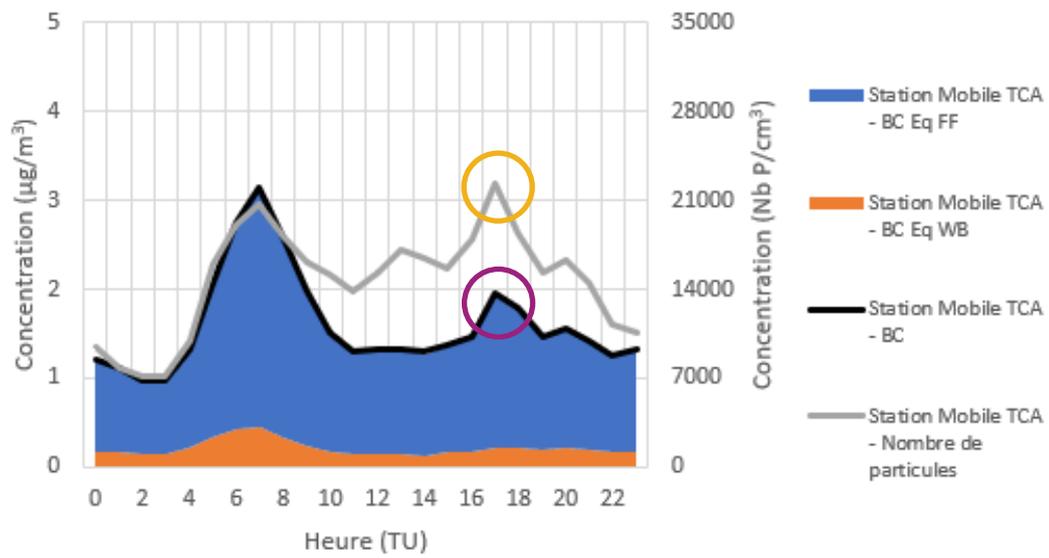
Pour les oxydes d'azote, il est nettement visible qu'il existe, pour toutes les stations de mesures, une augmentation matinale de la concentration caractérisant **l'impact de la circulation routière correspondant au trajet domicile-travail**.

Après ce pic matinal atteint, sur la période de mesures, un plateau aux alentours de midi sur l'ensemble des stations. En revanche, pour la station mobile « TCA », située à l'entrée du port de Toulon, un nouveau pic de même intensité et de même durée est identifié, couplé à une augmentation simultanée du SO₂. **L'activité liée aux navires explique cette spécificité dans les profils observés pour les oxydes d'azote et le dioxyde de soufre, 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.

En ce qui concerne les pics observés en fin de journée pour les oxydes d'azote et le dioxyde de soufre, ils sont parfaitement cohérents avec les augmentations de black carbon « fossil fuel » (cercle violet sur la figure ci-dessous) et du nombre de particules ultrafines (cercle jaune) observées sur les mêmes créneaux horaires, ce qui permet de confirmer un impact de l'activité portuaire (véhicules ou navires) sur ces paramètres à ces heures de la journée.

Figure 9 : Profils journaliers des concentrations en black carbon « Fossil Fuel » et « Wood Burning » et nombre de particules mesurés sur la station Mobile TCA du 15/06/2021 au 30/09/2021



3.5 Les roses de pollution

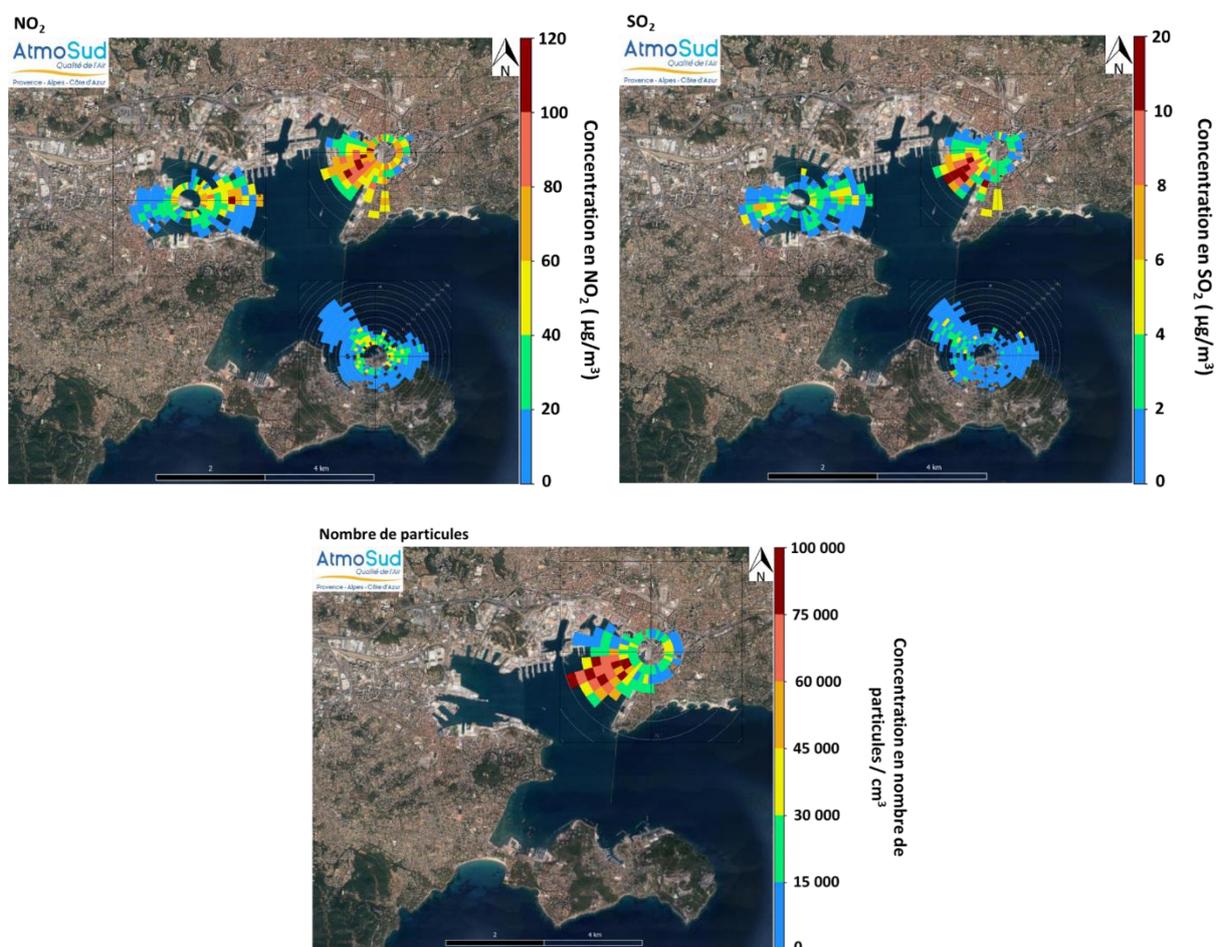
Les roses de pollution ci-après sont réalisées à partir des concentrations maximales horaires des différents polluants ainsi que des données horaires de direction et de vitesse de vent relevées aux stations correspondantes. Une aide à la lecture de ces roses de pollution est disponible en Annexe 4.

► Dioxyde d'azote, dioxyde de soufre et nombre de particules

Il a été vu précédemment que les oxydes d'azote et le dioxyde de soufre sont des paramètres permettant d'observer théoriquement une influence du port au travers des niveaux mesurés et des profils journaliers. L'établissement d'une rose de pollution permettant de faire apparaître les **concentrations maximales mesurées en fonction de la condition météorologique (force et direction du vent)** permet de confirmer cette influence, comme le montre les cartes ci-dessous, avec des roses de pollution qui « pointent » préférentiellement vers les zones d'emplacements des navires :

- Sud-Ouest pour la station « Toulon/TCA » : quais d'embarquement des ferries
- Nord-Ouest pour la station « Saint-Mandrier - PAM » : zone de passage des navires entrant et sortant de la rade de Toulon, au plus proche de la station au passage de la digue,
- Est pour la station « La Seyne/Brégaillon » : zone d'arrivée des navires et centre de la rade de Toulon.

Figure 10 : Roses de pollution établies à partir des concentrations horaires en NO_2 , SO_2 , nombre de particules et du couple vitesse-direction de vent pour chaque station – 15/06/2021-30/09/2021*

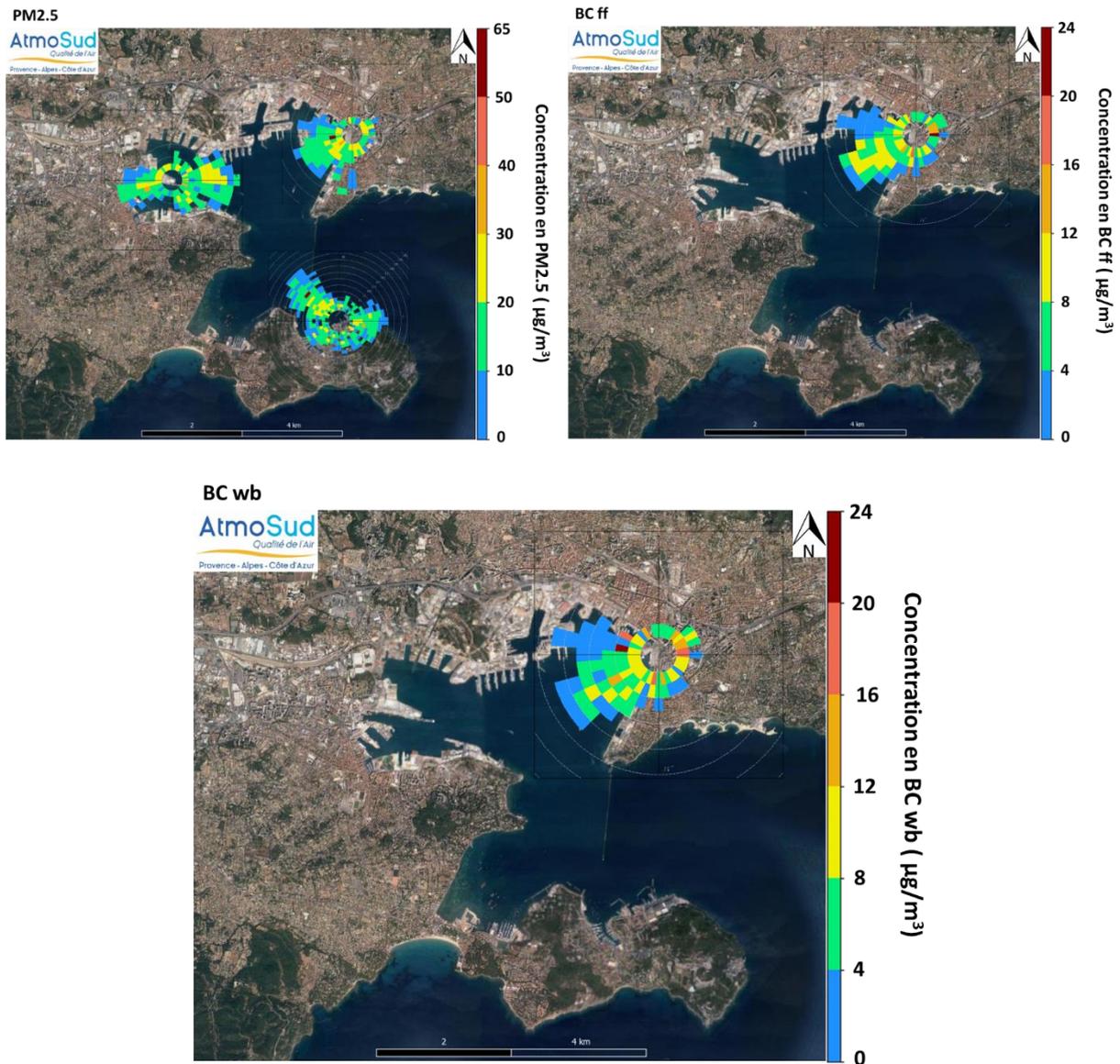


Il est cependant à noter que quelques concentrations plus importantes en dioxyde de soufre sont mesurées par vent d'ouest sur la station de la Seyne/Bregailon. Cependant, il n'a pu être déterminé avec précision l'origine de ces légères concentrations.

► PM2.5 et Black Carbon

L'utilisation de cette représentation est également utile pour confirmer l'absence d'impact préférentiel du port sur les autres paramètres (PM2.5 et black carbon « Fossil Fuel » ou « Wood Burning »), pour lesquels l'origine apparaît comme plus diffuse.

Figure 11 : Roses de pollution établies à partir des concentrations horaires en PM2.5, Black Carbon Wood Burning et Black Carbon Fossil Fuel et du couple vitesse-direction de vent pour chaque station – 15/06/2021-30/09/2021*



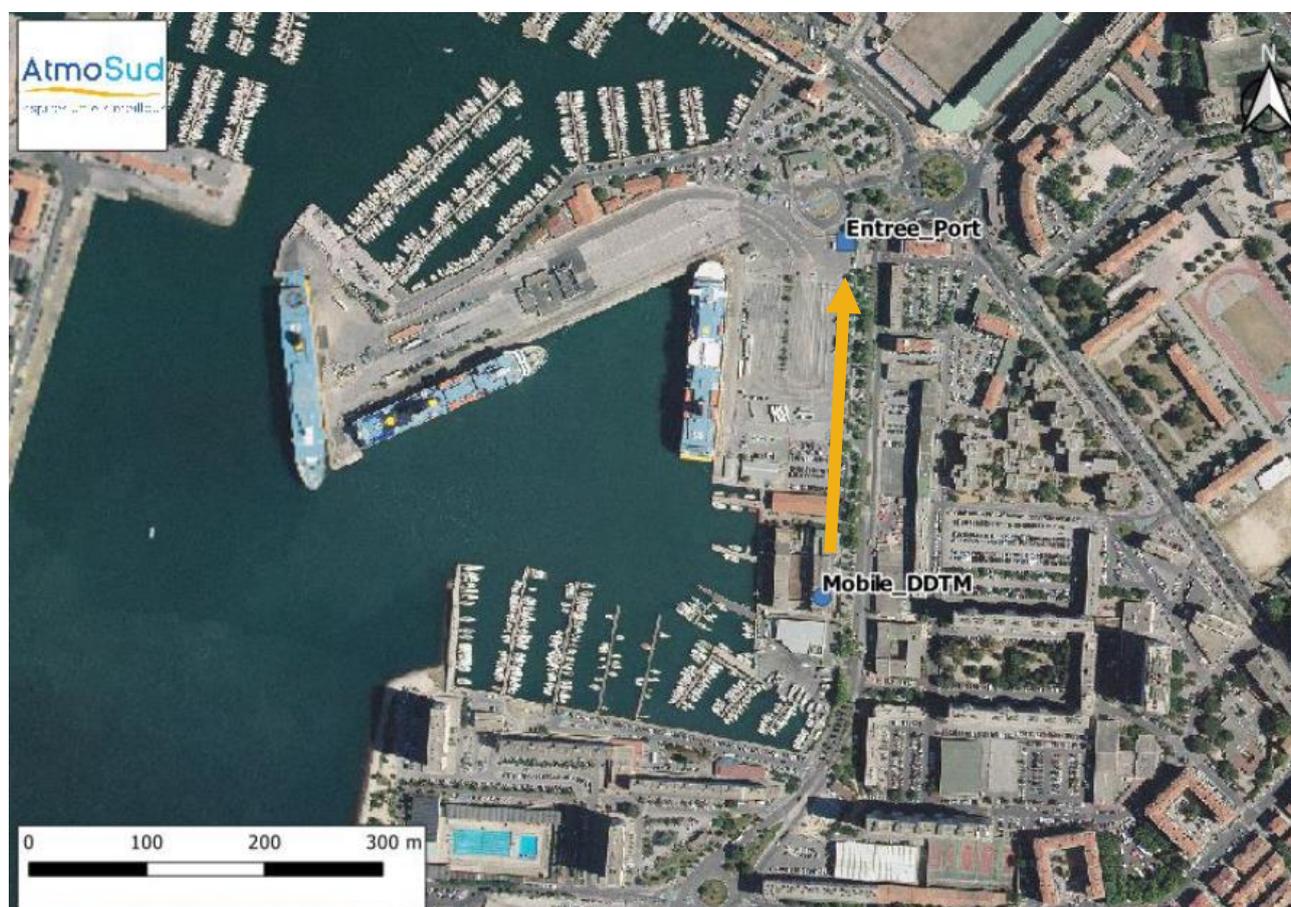
* : La période de mesure pour les stations de La Seyne/Brégaillon et Saint-Mandrier s'étend uniquement du 01/08/2021 au 30/09/2021.

3.6 Comparaison avec les mesures réalisées en 2020

Les mesures de 2020 ont fait apparaître que l'influence des ports n'est pas significative en moyenne dans la zone urbaine, dont les niveaux sont comparables aux niveaux urbains et de fond de l'ensemble de la région, mais que des phénomènes de pics, d'influence maritime, existent dans la zone autour du port de commerce de Toulon. La qualité de l'air à la station installée sur le toit de la DDTM83, avenue de l'infanterie de marine, est comparable à celle mesurée à la station de Toulon, avenue de Claret, représentative des niveaux de fond urbain. Par ailleurs, aucun paramètre mesuré sur le site ne dépasse la valeur réglementaire horaire ou journalière, et les niveaux de dioxyde de soufre sont faibles. Cependant, même si la station mesure des phénomènes de pics ponctuels provenant des quais du port de commerce de Toulon, elle n'est placée sous les vents provenant de cette direction que 7% du temps.

En 2020, la station de mesures était positionnée à moins de 300 mètres de son emplacement de 2021. L'analyse des conditions météorologiques et des résultats obtenus a permis de valider le déplacement de la station au niveau de l'entrée du port, qui semble justifié pour « capter » une plus grande quantité de panaches issus des navires.

Figure 12 : Déplacement du point de mesures entre 2020 et 2021



En 2020, AtmoSud a réalisé sur la période estivale (du 1^{er} juillet au 9 septembre) des bilans permettant de caractériser les résultats obtenus pour le dioxyde d'azote, les PM2.5 et le dioxyde de soufre.

Si la période n'est pas exactement identique, il apparaît pertinent de mettre en relation les résultats de ces deux campagnes afin de pouvoir comparer les résultats obtenus et confirmer l'intérêt du déplacement de la cabine de mesures.

Tableau 1 : Comparaison des résultats estivaux entre 2020 et 2021

Période	Substance	Paramètre	Toulon Foch	Toulon Claret	La Seyne Genoud	Mobile DDTM 83
Du 01/07 au 09/09 2020	NO ₂	Concentration moyenne (µg/m ³)	32	18	12	17
		Concentration maximale horaire (µg/m ³)	105	110	92	82
		Concentration maximale journalière (µg/m ³)	48	31	23	31
	PM2.5	Concentration moyenne (µg/m ³)	-	6	-	7
		Concentration maximale horaire (µg/m ³)	-	24	-	21
		Concentration maximale journalière (µg/m ³)	-	14	-	14
	SO ₂	Concentration moyenne (µg/m ³)	-	-	-	3
		Concentration maximale horaire (µg/m ³)	-	-	-	19
		Concentration maximale journalière (µg/m ³)	-	-	-	5
Période	Substance	Paramètre	Toulon Foch	Toulon Claret	La Seyne Genoud	Toulon TCA
Du 15/06 au 30/09 2021	NO ₂	Concentration moyenne (µg/m ³)	30	17	13	30
		Concentration maximale horaire (µg/m ³)	105	82	87	121
		Concentration maximale journalière (µg/m ³)	49	36	29	61
	PM2.5	Concentration moyenne (µg/m ³)	-	6	-	9
		Concentration maximale horaire (µg/m ³)	-	28	-	51
		Concentration maximale journalière (µg/m ³)	-	20	-	21
	SO ₂	Concentration moyenne (µg/m ³)	-	-	-	2
		Concentration maximale horaire (µg/m ³)	-	-	-	21
		Concentration maximale journalière (µg/m ³)	-	-	-	6

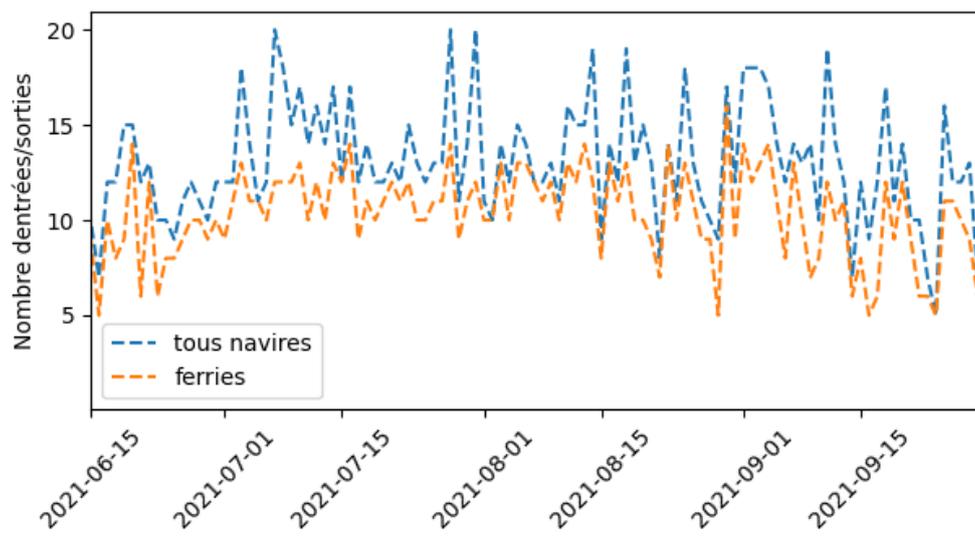
L'analyse de ce tableau confirme que le déplacement de la cabine du toit de la DDTM83 vers l'entrée du terminal TCA a permis de mesurer une plus grande quantité de « panaches » issus des navires, avec notamment une augmentation de la concentration moyenne en lien notamment avec une plus grande fréquence de présence sous les panaches, ainsi qu'une augmentation des maximums permettant de mieux caractériser les concentrations d'exposition maximale des populations.

4. Relation entre présence de navires et concentrations

Le port de Toulon a fourni, à l'attention d'AtmoSud, la liste des navires ayant fait escale au port de Toulon-La Seyne-Brégailion entre le 1^{er} janvier et le 25 octobre 2021. Ces données brutes ont été traitées pour permettre l'extraction des informations pertinentes à l'étude, et notamment :

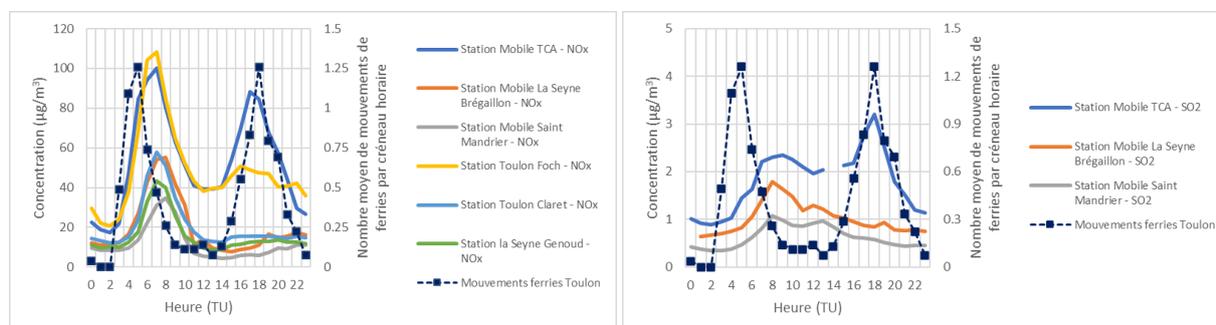
- le nombre de navires entrant ou sortant du port de Toulon : d'après les données traitées, si **en moyenne** le nombre de passages moyen sur l'année est de 9 pour tous les types de navires, il atteint 13 passages par jour (entrée ou sortie) sur la période estivale concernée, dont 10 uniquement pour ferries.

Figure 13 : Évolution du nombre d'entrées et de sorties journalières de navires dans la rade de Toulon du 15/06/2021 au 30/09/2021



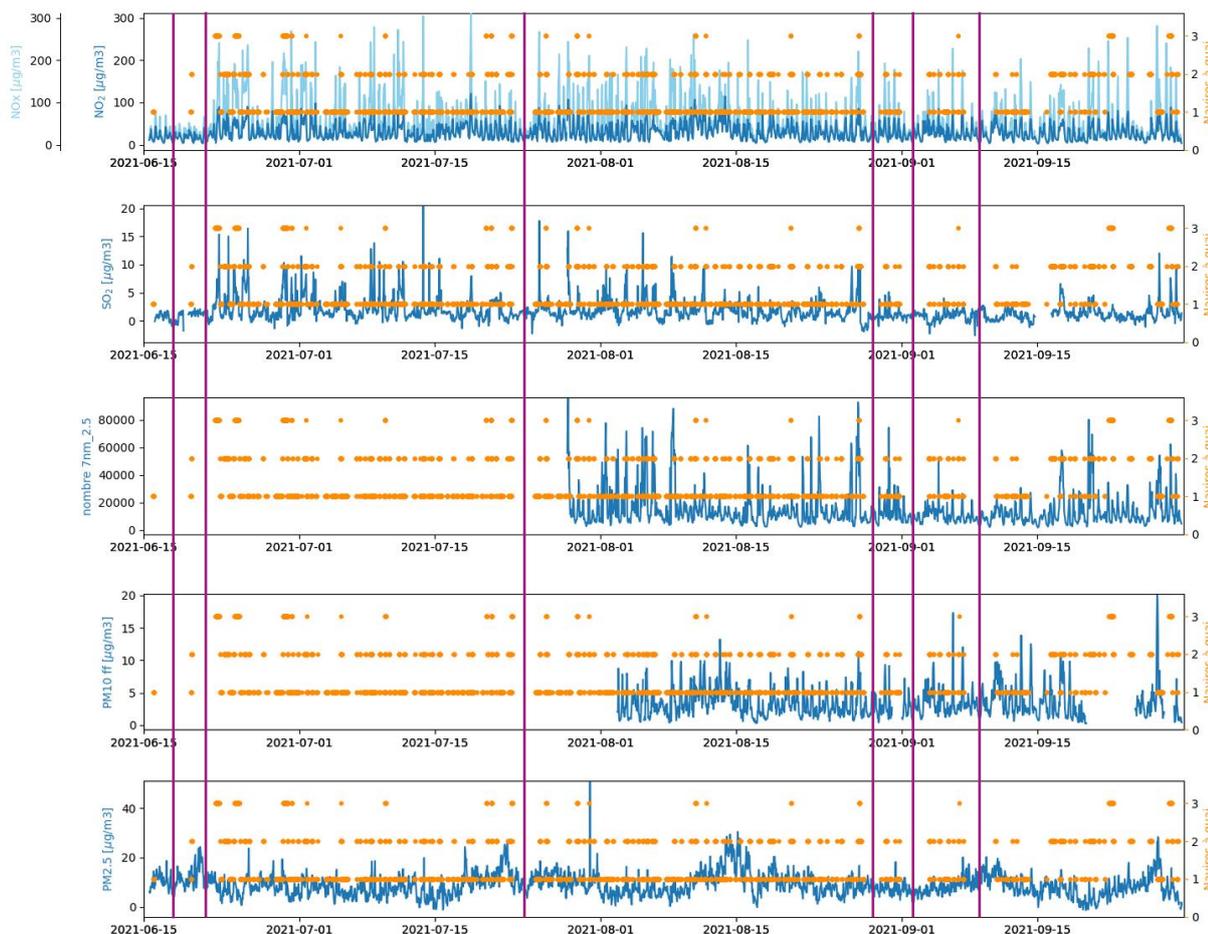
De plus, en établissant le profil horaire du nombre de mouvements de ferries sur les quais de Toulon/TCA lors de la période de mesures, les périodes d'importante activité sont bien visibles tôt le matin et en début de soirée, et confirment notamment l'influence des navires sur le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote en fin de journée, les pics étant simultanés. En revanche, le matin, l'absence de valeur plus importante de dioxyde de soufre et les niveaux plus tardifs en oxydes d'azote laissent à penser que le trafic routier est principalement responsable des niveaux mesurés pour cette substance en ce point.

Figure 14 : Profil horaire des mouvements de ferries sur les quais de Toulon/TCA et relation avec le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote du 15/06/2021 au 30/09/2021



- le nombre de navires et les heures de présence de navires sur les différents quais du port, pour l'intégralité de la période et pour des conditions météorologiques spécifiques (force et direction du vent) peuvent être mises en relation avec les mesures réalisées. Ces données permettent de représenter au cours du temps la présence d'un bateau au quai et l'évolution de la concentration. Le graphique ci-dessous se focalise sur le point de mesure « Toulon/TCA » au niveau du terminal des ferries et permet de visualiser, pour les polluants :
 - la présence et le nombre de ferries à quai lorsque les vents sont favorables pour un impact sur le point de mesures, soit compris entre 200° et 260°
 - l'évolution des concentrations des différents polluants (oxydes d'azote, dioxyde de soufre, PM2.5, nombre de particules et Black Carbon « Fossil Fuel »)

Figure 15 : Évolution du nombre d'entrées et de sorties journalières de navires dans la rade de Toulon du 15/06/2021 au 30/09/2021

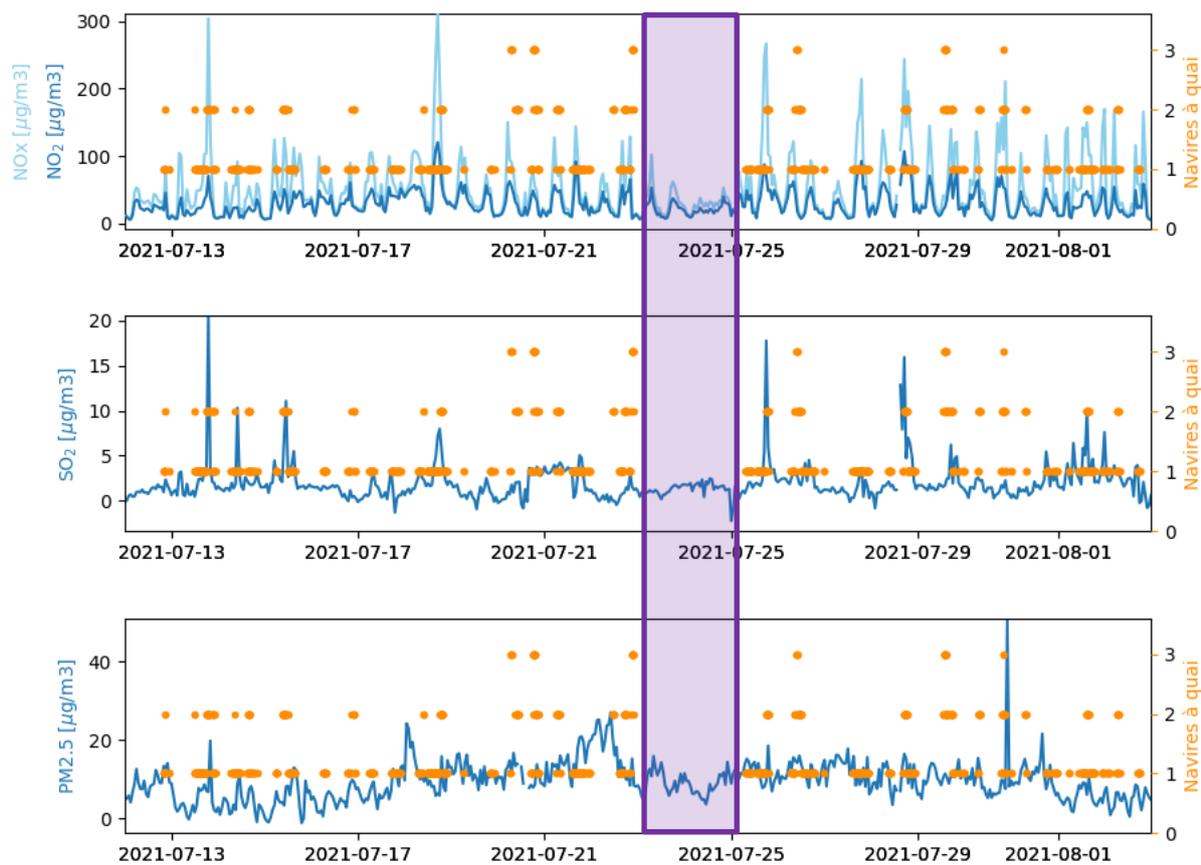


Tout d'abord, sur Toulon, une grande quantité de navires à quai a pu être surveillée sur l'intégralité de la période de surveillance, pour lesquels les vents observés ont permis de disposer d'une station de mesures sous leur impact théorique.

Quelques périodes ne présentant pas de présence de navire ou de vent permettant le suivi de l'impact de ces derniers sur la station sont présentes, et sont représentées par un trait violet. Sur ces périodes, il est nettement visible que les concentrations en dioxyde d'azote, en dioxyde de soufre et en nombre de particules sont bien plus faibles que sur les autres périodes. **La corrélation entre navire et concentration est ainsi bien visible grâce à cette représentation.**

Et comme mentionné précédemment, cette diminution n'est pas visible pour les PM2.5 et le black carbon « Fossil Fuel ».

Un zoom sur la période du 12/07 au 03/08 sur la station de Toulon pour le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre et les PM2.5 est proposé ci-dessous afin de permettre une meilleure lecture.



5. Conclusion

► Une surveillance accentuée lors de la période estivale 2021

AtmoSud a déployé des moyens de mesures spécifiques autour de la rade de Toulon à partir de 2020. Celles-ci se sont poursuivies et ont été complétées au cours de l'été 2021, par du matériel et des emplacements supplémentaires avec notamment le déploiement de deux stations, l'une près du terminal Ferry à La Seyne/Brégaillon et l'autre dans le Parc d'Activités Marines de Saint-Mandrier.

A Toulon, la station située en 2020 sur le toit du bâtiment accueillant les services de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer du Var a été déplacée à l'entrée du terminal TCA afin d'être plus régulièrement sous l'influence des vents en provenance du centre de la rade, au vu des premières observations réalisées. Les premières mesures de l'été 2021 montrent que le site de Toulon/TCA est plus représentatif de l'impact maximal de l'activité maritime sur la qualité de l'air que le site de la DDTM83.

Sur la période estivale, toutes les mesures enregistrées respectent les valeurs réglementaires horaires et journalières. En revanche, les nouvelles lignes directrices de l'OMS sur 24 heures sont dépassées sur la quasi-intégralité des sites de mesures pour le dioxyde d'azote et les PM2.5, comme dans les grands centres urbains de la région.

Concernant le dioxyde d'azote, le site de Toulon/TCA présente des niveaux comparables à ceux enregistrés dans une situation de trafic routier important (station de Toulon/Foch), alors les stations de La Seyne/Brégaillon et de Saint-Mandrier – PAM sont respectivement proches des niveaux de fond urbain (station de Toulon/Claret) et de fond périurbain (station de La Seyne-sur-Mer). Toutefois, sur les trois sites, les maximums plus élevés et plus fréquents que sur les stations de référence associées.

► Une influence maritime visible pour certaines substances

L'impact de l'influence maritime est principalement visible à partir du recoupement de la direction des vents, des dynamiques des niveaux de polluants, et des mouvements de navires, qui indiquent notamment :

- Une augmentation spécifique simultanée pour le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre et le nombre de particules ultrafines en fin de journée à la station de Toulon/TCA
- Une origine géographique marquée des maximums observés pour ces mêmes substances (dioxyde d'azote, dioxyde de soufre, nombre de particules) provenant des zones de présence des navires et ce pour les 3 points de mesures (Toulon, La Seyne et Saint-Mandrier).

Les niveaux de particules fines PM2.5 sont similaires sur les trois sites, dont les niveaux moyens sont comparables avec les niveaux de fond urbain mesurés à la station de Toulon/Claret, malgré des maximums ponctuellement plus élevés autour des ports et à l'entrée de la rade.

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 (NO_x 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

NO_x : 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

Statistiques descriptives des différents polluants mesurés autour de la rade de Toulon durant la période estivale 2021

► **Statistiques des concentrations en dioxyde d'azote mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période du 15/06/2021 au 30/09/2021**

NO ₂ (en µg/m ³)	Port de Toulon (TCA) Observation	La Seyne (Brégaillon) * Observation	Saint Mandrier * Observation	La Seyne (Génoud) Urbain	Toulon/Claret Urbain	Toulon/Foch Trafic
Moyenne	30	14	10	12	16	30
Maximum journalier	61	33	24	29	36	49
Date du maximum journalier	13/08/2021	13/08/2021	13/08/2021	10/09/2021	13/08/2021	13/08/2021
Maximum horaire (seuil d'information-recommandations : 200 µg/m ³ /h)	121	106	101	87	82	105
Date du maximum (en heure locale)	18/07/2021 19:00	08/09/2021 21:00	09/08/2021 11:00	13/08/2021 11:00	22/09/2021 10:00	08/09/2021 08:00
Nombre de dépassements du seuil d'information horaire en NO₂ sur la période considérée	0	0	0	0	0	0

► **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 01/07/2021 au 30/09/2021**

PM2.5 (en µg/m ³)	Port de Toulon (TCA) Observation	La Seyne (Brégaillon) * Observation	Saint-Mandrier * Observation	Toulon/Claret Urbain
Moyenne	9	9	10	6
Maximum journalier	21	22	22	20
Date du maximum journalier	14/08/2021	14/08/2021	14/08/2021	14/08/2021
Maximum horaire	51	22	61	28
Date du maximum horaire (en heure locale)	31/07/2021 00:00	27/09/2021 10:00	02/08/2021 11:00	15/08/2021 10:00

► **Statistiques des concentrations en dioxyde de soufre mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période du 01/07/2021 au 30/09/2021**

SO ₂ (en µg/m ³)	Port de Toulon (TCA)	La Seyne (Brégaillon) *	Saint-Mandrier *
	Observation	Observation	Observation
Moyenne	1.8	1.0	0.6
Maximum journalier	5.7	2.7	1.6
Date du maximum journalier	25/06/2021	27/09/2021	27/09/2021
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)	20.5	7.5	6.6
Date du maximum (en heure locale)	13/07/2021 21:00	11/08/2021 14:00	03/08/2021 15:00

* : Pour les stations de La Seyne (Brégaillon) et de Saint-Mandrier, la période de mesure considérée s'étend uniquement du 01/08/2021 au 30/09/2021.

► **Statistiques des concentrations en PM10 fossil fuel et en PM10 wood burning mesurées par les différentes stations situées autour de la rade de Toulon sur la période du 01/08/2021 au 30/09/2021**

PM10 ff (en µg/m ³)	Port de Toulon (TCA)
	Observation
Moyenne	1.4
Maximum journalier	2.4
Date du maximum journalier	13/08/2021
Maximum horaire	8.1
Date du maximum horaire (en heure locale)	27/09/2021 09 :00

PM10 wb (en µg/m ³)	Port de Toulon (TCA)
	Observation
Moyenne	0.2
Maximum journalier	0.4
Date du maximum journalier	13/08/2021
Maximum horaire	1.3
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
Maximum journalier	35 286
Date du maximum journalier	08/08/2021
Maximum horaire	96 153
Date du maximum horaire (en heure locale)	28/07/2021 19 :00

ANNEXE 2

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

Sources de pollution

Les polluants atmosphériques ont diverses origines.

Polluants	Sources principales
Particules en suspension (PM)	Les particules proviennent en majorité de la combustion à des fins énergétiques de différents matériaux (bois, charbon, pétrole), 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.

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
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
SO₂ Dioxyde de soufre		- Pluies acides - Dégradation de certains matériaux - Dégradation des sols

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
PM2.5 Particules	Valeur limite	25	Année
	Valeurs cibles	20	Année
	Objectif de qualité	10	Année
NO₂ Dioxyde d'azote	Seuil d'information- recommandations	200	Heure
	Seuil d'alerte	400	Heure
	Valeurs limites	200	Heure (maximum 18h / an)
		40	Année
SO₂ 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

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

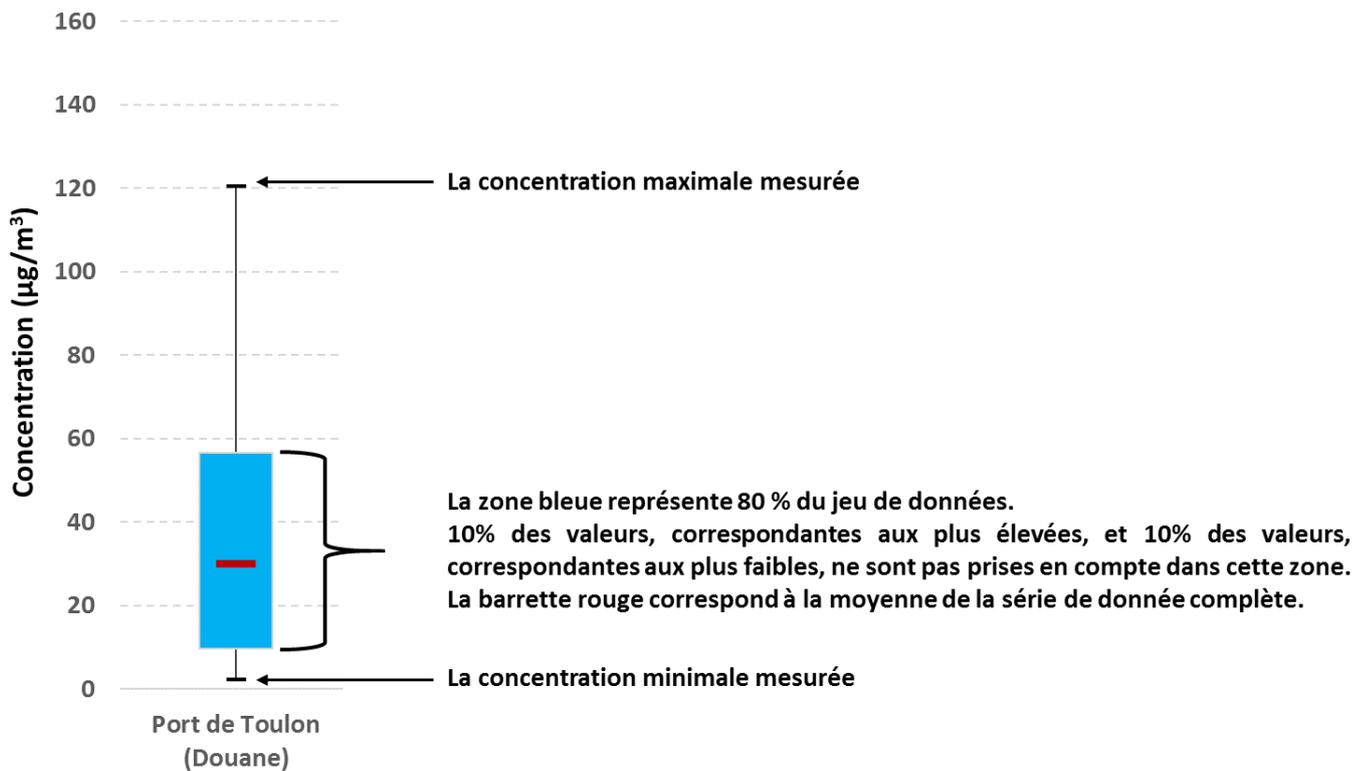
Les valeurs recommandées par l'OMS (éditées en 2005 et mises à jour en 2021) sont fondées sur des études épidémiologiques et toxicologiques publiées en Europe et en Amérique du Nord. Elles ont pour principal objectif d'être des références pour l'élaboration des réglementations internationales.

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 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) recommandée par l'OMS	Durée moyenne d'exposition
PM2.5 Particules	- Affection des systèmes respiratoire et cardiovasculaire	25	24 heures (seuil 2005)
		15	24 heures (seuil 2021)
		10	1 an (seuil 2005)
		5	1 an (seuil 2021)
NO₂ Dioxyde d'azote	- Faible altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques)	200	1 heure (seuil 2005)
		25	24 heures (seuil 2021)
		40	1 an (seuil 2005)
		10	1 an (seuil 2021)
SO₂ Dioxyde de soufre	- Altération de la fonction pulmonaire (asthmatiques) - Exacerbation des voies respiratoires (individus sensibles)	500	10 minutes
		20	24 heures (seuil 2005)
		40	24 heures (seuil 2021)

ANNEXE 3

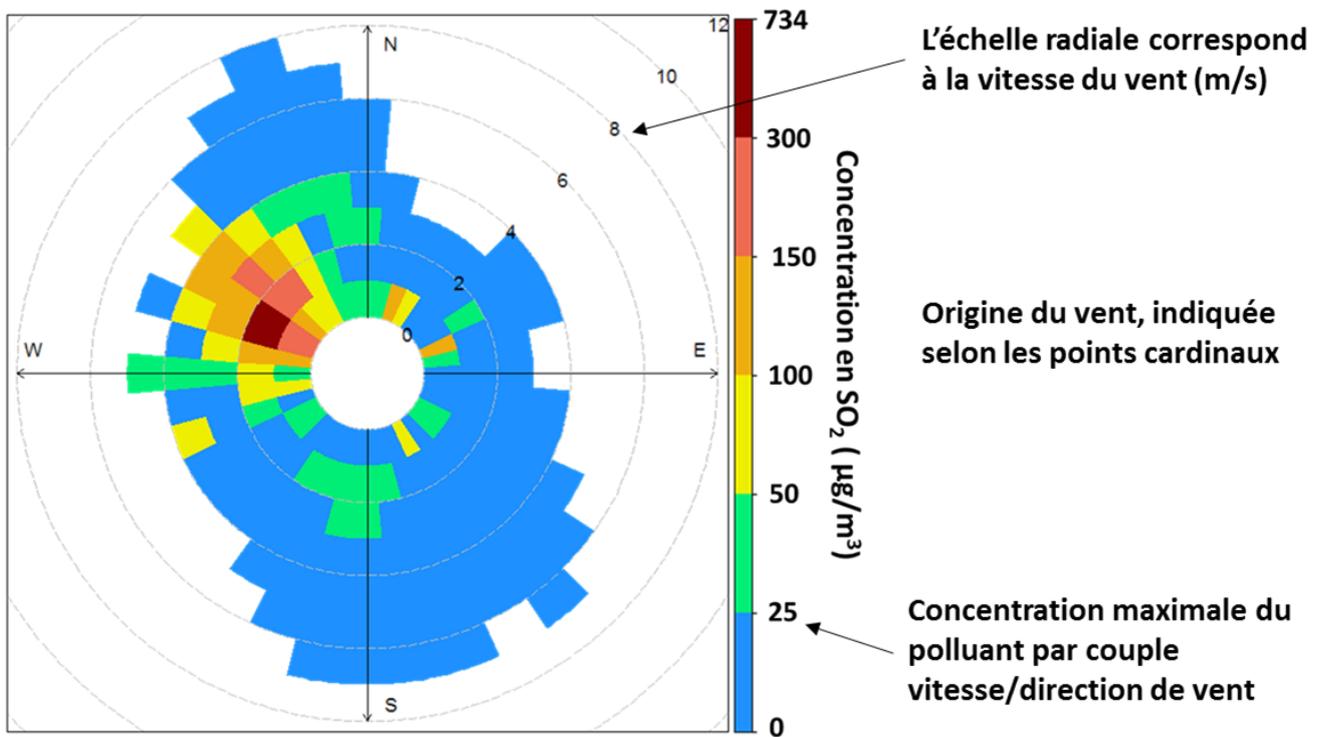
Lecture des boîtes à moustache



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

ANNEXE 4

Lecture des roses de pollution



La rose des pollutions permet d'expliciter 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.

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



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

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

Des missions d'intérêt général

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

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

Recevez nos bulletins

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

Conditions de diffusion

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

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



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



Suivez-nous sur

