

# Étude de l'impact du port de Bordeaux sur les concentrations en polluants atmosphériques

## Campagne 2022

Période de mesure : du 15/02/2022 au 14/02/2023

Commune et département d'étude : Bordeaux, Gironde (33)

**Référence : URB\_EXT\_21\_274**  
**Version finale du : 22/09/2023**

---

Auteur(s) : Emilie PALKA, ingénieure d'études  
Vérification du rapport : Rémi FEUILLADE, directeur délégué production & exploitation  
Validation du rapport : Rémi FEUILLADE, directeur délégué production & exploitation

# Avant-Propos

**Titre** : Étude de l'impact du port de Bordeaux sur les concentrations en polluants atmosphériques

**Reference** : URB\_EXT\_21\_274

**Version** : finale du 22/09/2023

**Délivré à** : Bordeaux Métropole, Esplanade Charles-de-Gaulle - 33000 Bordeaux

**Selon offre n°** : URB\_EXT\_21\_274 version 2 du 19/11/2021

**Nombre de pages** : 53 (couverture comprise)

## Conditions d'utilisation

**Atmo Nouvelle-Aquitaine fait partie du dispositif français de surveillance et d'information sur la qualité de l'air. Sa mission s'exerce dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application.**

À ce titre et compte tenu de ses statuts, Atmo Nouvelle-Aquitaine est garant de la transparence de l'information sur les résultats de ces travaux selon les règles suivantes :

- Atmo Nouvelle-Aquitaine est libre de leur diffusion selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site internet ([www.atmo-nouvelleaquitaine.org](http://www.atmo-nouvelleaquitaine.org))
- les données contenues dans ce rapport restent la propriété d'Atmo Nouvelle-Aquitaine. En cas de modification de ce rapport, seul le client sera informé d'une nouvelle version. Tout autre destinataire de ce rapport devra s'assurer de la version à jour sur le site Internet de l'association.
- en cas d'évolution de normes utilisées pour la mesure des paramètres entrant dans le champ d'accréditation d'Atmo Nouvelle-Aquitaine, nous nous engageons à être conforme à ces normes dans un délai de 6 mois à partir de leur date de parution
- toute utilisation de ce document doit faire référence à Atmo Nouvelle-Aquitaine et au titre complet du rapport.

Atmo Nouvelle-Aquitaine ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations, travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux pour lesquels l'association n'aurait pas donné d'accord préalable. Dans ce rapport, les incertitudes de mesures ne sont pas prises en compte lors de comparaison à un seuil réglementaire

En cas de remarques sur les informations ou leurs conditions d'utilisation, prenez contact avec Atmo Nouvelle-Aquitaine :

- depuis le [formulaire de contact](#) de notre site Web
- par mail : [contact@atmo-na.org](mailto:contact@atmo-na.org)
- par téléphone : 09 84 200 100

Validation numérique du rapport, le

# Sommaire

<b>1. Introduction et contexte</b>	<b>11</b>
<b>2. Polluants suivis et méthodes de mesure</b>	<b>12</b>
2.1. Polluants suivis	12
2.1.1. Les oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> )	12
2.1.2. Le dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	13
2.1.3. Les particules	13
2.1.4. Le carbone suie (Black Carbon)	14
2.2. Règlementation et valeurs de référence	14
2.3. Méthodes de mesure	16
<b>3. Dispositif de mesures</b>	<b>17</b>
<b>4. Conditions environnementales</b>	<b>21</b>
<b>5. Présentation des résultats de prélèvements et analyses</b>	<b>22</b>
5.1. Le dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	22
5.1.1. Mesures automatiques	22
5.1.2. Mesures par tubes passifs	24
5.2. Le dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	26
5.2.1. Mesures automatiques	26
5.2.2. Mesures par tubes passifs	28
5.3. Les particules	29
5.3.1. Les particules grossières PM <sub>10</sub>	29
5.3.2. Les particules fines PM <sub>2,5</sub>	31
5.3.3. Le carbone suie (black carbon)	33
5.3.4. Les particules fines PM <sub>1</sub>	35
5.3.5. Comptage des particules fines et ultrafines	36
5.4. Comparaison à l'étude de 2018	38
5.4.1. Conditions environnementales des deux périodes 2018 et 2022	38
5.4.2. Mesures automatiques	38
5.4.3. Mesures par tubes passifs	39
<b>6. Conclusion</b>	<b>41</b>

# Annexes

<b>Annexe 1 : Plan partiel du terminal de Bordeaux</b>	<b>46</b>
<b>Annexe 2 : Bilan des émissions de Bordeaux Métropole</b>	<b>47</b>
<b>Annexe 3 : Comparaison des données météorologiques entre les études 2018 et 2022</b>	<b>52</b>

# Table des figures

Figure 1 : Les 7 terminaux du Port de Bordeaux .....	11
Figure 2 : localisation des points de mesure .....	17
Figure 3 : localisation des stations fixes de Bordeaux du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine .....	18
Figure 4 : localisation des stations fixes du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine .....	19
Figure 5 : laboratoires mobiles installées sur le quai Louis XVIII .....	19
Figure 6 : tubes à diffusion passive (SO <sub>2</sub> à gauche, NO <sub>2</sub> à droite) .....	20
Figure 7 : boîte de protection contre les intempéries .....	20
Figure 8 : rose des vents moyenne à Bordeaux-Mérignac du 15/02/2022 au 14/02/2023 .....	21
Figure 9 : évolution de la température et des précipitations (données Météo France Bordeaux-Mérignac) du 15/02/2022 au 14/02/2023 .....	21
Figure 10 : distribution des concentrations en NO <sub>2</sub> sur le Port de Bordeaux et deux stations de référence .....	22
Figure 11 : concentrations en NO <sub>2</sub> en moyennes horaires sur le Port de Bordeaux et les stations de référence .....	22
Figure 12 : concentrations en NO <sub>2</sub> en moyennes journalières sur le Port de Bordeaux et les stations de référence .....	22
Figure 13 : profil journalier du NO <sub>2</sub> .....	23
Figure 14 : rose de pollution moyenne en NO <sub>2</sub> sur le Port de Bordeaux (en µg/m <sup>3</sup> ) .....	24
Figure 15 : concentrations horaires en NO <sub>2</sub> comparées aux escales sur les quais P124 et P127 et aux directions de vents .....	24
Figure 16 : concentrations en NO <sub>2</sub> mesurées par tubes passifs en période d'escales et sans escale .....	25
Figure 17 : cartographie des concentrations en NO <sub>2</sub> autour du port de Bordeaux, en période d'escale entre le 20/04 et le 02/11/2022 .....	25
Figure 18 : distribution des concentrations en SO <sub>2</sub> sur le Port de Bordeaux et deux stations de référence .....	26
Figure 19 : concentrations en SO <sub>2</sub> en moyennes horaires sur le Port de Bordeaux et les stations de référence .....	26
Figure 20 : concentrations en SO <sub>2</sub> en moyennes journalières sur le Port de Bordeaux et les stations de référence .....	26
Figure 21 : rose de pollution moyenne en SO <sub>2</sub> sur le Port de Bordeaux (en µg/m <sup>3</sup> ) .....	27
Figure 22 : concentrations horaires en SO <sub>2</sub> comparées aux escales sur les quais P124 et P127 et aux directions de vents .....	28
Figure 23 : concentrations en SO <sub>2</sub> mesurées par tubes passifs en période d'escales et sans escale .....	28
Figure 24 : distribution des concentrations en PM <sub>10</sub> sur le Port de Bordeaux et deux stations de référence .....	29
Figure 25 : concentrations en PM <sub>10</sub> en moyennes journalières sur le Port de Bordeaux et les stations de référence .....	29
Figure 26 : rose de pollution moyenne en PM <sub>10</sub> sur le Port de Bordeaux (en µg/m <sup>3</sup> ) .....	30
Figure 27 : concentrations horaires en PM <sub>10</sub> comparées aux escales sur les quais P124 et P127 et aux directions de vents .....	31
Figure 28 : distribution des concentrations en PM <sub>2,5</sub> sur le Port de Bordeaux et deux stations de référence .....	31
Figure 29 : concentrations en PM <sub>2,5</sub> en moyennes journalières sur le Port de Bordeaux et les stations de référence .....	31
Figure 30 : rose de pollution moyenne en PM <sub>2,5</sub> sur le Port de Bordeaux (en µg/m <sup>3</sup> ) .....	32
Figure 31 : concentrations horaires en PM <sub>2,5</sub> comparées aux escales sur les quais P124 et P127 et aux directions de vents .....	33
Figure 32 : distribution des concentrations en PM <sub>ff</sub> et PM <sub>wb</sub> sur le Port de Bordeaux et deux stations de référence .....	33
Figure 33 : évolution temporelle des concentrations en moyennes journalières de PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> et des fractions issues de la combustion de biomasse (PM <sub>wb</sub> ) et de la combustion de fuel fossile (PM <sub>ff</sub> ) .....	34
Figure 34 : rose de pollution moyenne en BC <sub>ff</sub> sur le Port de Bordeaux (en µg/m <sup>3</sup> ) .....	34
Figure 35 : distribution des concentrations en PM <sub>1</sub> sur le Port de Bordeaux et deux stations de référence .....	35

Figure 36 : concentrations en PM <sub>1</sub> en moyennes journalières sur le Port de Bordeaux et les stations de référence .....	35
Figure 37 : distribution du nombre de particules fines et ultrafines sur le Port de Bordeaux et une station de référence .....	36
Figure 38 : nombre de particules fines et ultrafines en moyennes journalières sur le Port de Bordeaux et une station de référence.....	36
Figure 39 : profil journalier des particules fines et ultrafines .....	37
Figure 40 : rose de pollution moyenne des particules fines et ultrafines sur le Port de Bordeaux (en nb/cm <sup>3</sup> )	37
Figure 41 : nombre moyen horaire de particules fines et ultrafines comparées aux escales sur les quais P124 et P127 et aux directions de vents.....	38
Figure 42 : distribution des concentrations en PM <sub>10</sub> entre le 28/03 et le 01/06 de 2018 et 2022 .....	39
Figure 43 : distribution des concentrations en NO <sub>2</sub> entre le 28/03 et le 01/06 de 2018 et 2022 .....	39
Figure 44 : distribution des concentrations en SO <sub>2</sub> entre le 28/03 et le 01/06 de 2018 et 2022 .....	39
Figure 45 : comparaison des mesures de NO <sub>2</sub> par tubes passifs entre 2018 et 2022.....	40

## Tables des tableaux

Tableau 1 : valeurs de référence .....	15
Tableau 2 : Matériel et méthodes de mesure.....	16
Tableau 3 : nombre d'escales enregistrées pendant la campagne de mesure .....	17
Tableau 4 : comparaison des concentrations en NO <sub>2</sub> aux seuils de référence .....	23
Tableau 5 : comparaison des concentrations en SO <sub>2</sub> aux seuils de référence .....	27
Tableau 6 : Comparaisons des concentrations en PM <sub>10</sub> aux seuils de référence .....	30
Tableau 7 : Comparaisons des concentrations en PM <sub>2,5</sub> aux seuils de référence .....	32
Tableau 8 : comparaison des mesures de SO <sub>2</sub> par tubes passifs entre 2018 et 2022 (LQ : Limite de Quantification = 0.2) .....	40

# Lexique

## Polluants

→ BC	Black Carbon ou carbone suie
→ CO <sub>2</sub>	dioxyde de carbone
→ HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
→ NO	monoxyde d'azote
→ NO <sub>2</sub>	dioxyde d'azote
→ NO <sub>x</sub>	oxydes d'azote
→ PM <sub>10</sub>	Particules grossières de diamètre aérodynamique inférieure à 10 µm
→ PM <sub>2,5</sub>	particules fines de diamètre aérodynamique inférieur à 2,5 µm
→ PM <sub>1</sub>	particules fines de diamètre aérodynamique inférieure à 1 µm
→ PM <sub>0,1</sub>	particules ultra fines de diamètre aérodynamique inférieur à 0,1 µm
→ SO <sub>2</sub>	dioxyde de soufre
→ SO <sub>x</sub>	oxydes de soufre

## Unités de mesure

→ µg	microgramme (= 1 millionième de gramme = 10 <sup>-6</sup> g)
→ m <sup>3</sup>	mètre cube

## Abréviations

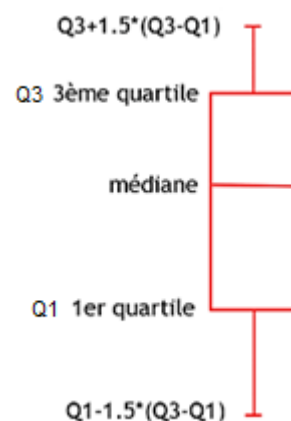
→ COFRAC	Comité Français d'Accréditation
→ GPMB	Grand Port Maritime de Bordeaux
→ HFO	fioul lourd
→ LCSQA	Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air
→ MDO	diesel marin
→ MGO	essence marine
→ OMS/WHO	Organisation Mondiale pour la Santé / World Health Organization
→ PM	Particulate Matter

## Définitions :

Boxplot (ou boîte à moustache) : La médiane est la valeur qui partage l'échantillon en deux : 50 % des concentrations sont inférieures à cette valeur et 50 % sont supérieures. Le 1<sup>er</sup> quartile indique qu'un quart, soit 25%, des concentrations mesurées sont inférieures à cette valeur. Trois quarts, soit 75%, des concentrations mesurées sont donc supérieures à cette même valeur. Le 3<sup>ème</sup> quartile indique que trois quarts, soit 75%, des concentrations mesurées sont inférieures à cette valeur et donc qu'un quart, soit 25%, sont supérieures à celle-ci.

Lignes directrices OMS : \_présentent des recommandations, fondées sur des données scientifiques, qui éclairent les autorités du monde entier dans leurs actions visant à réduire l'exposition humaine à la pollution atmosphérique et ses effets néfastes.

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



Rose des vents : une rose des vents est une figure représentant la fréquence des directions d'où vient le vent durant une période donnée, aux points cardinaux (nord, est, sud et ouest) et aux directions intermédiaires. Strictement en dessous de 1 m/s on parle de vents faibles. Ces vents ne sont pas pris en compte dans les roses des vents présentées dans ce rapport car leur direction n'est pas bien établie.

Station d'influence de fond : station de mesure fixe qui permet le suivi du niveau d'exposition de la majorité de la population aux phénomènes de pollution dits de « fond » dans les centres urbains, périurbains ou en milieu rural. Les mesures sont représentatives de l'air respiré par la majorité des habitants de ces zones.

Station d'influence industrielle : représente l'exposition maximale sur les zones soumises directement à une pollution d'origine industrielle.

Station d'influence trafic : représente l'exposition maximale sur les zones soumises à une forte circulation urbaine et routière.

Valeur limite : valeur à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser. Cette valeur est fixée sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Valeur cible : niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné. Cette valeur est fixée afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.

Conversion entre l'heure locale et l'heure universelle (UTC) :

- D'octobre à avril (hiver) : heure locale = heure UTC + 1h
- D'avril à octobre (été) : heure locale = heure UTC + 2h.

# Résumé

En 2018, Bordeaux Métropole avait sollicité Atmo Nouvelle-Aquitaine afin d'étudier l'impact de l'activité maritime et fluviale du port de Bordeaux sur la qualité de l'air (1). Des mesures de NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> et PM<sub>10</sub> avaient été réalisées pendant une période de 2 mois. Suite au retour d'expérience, une campagne plus longue a été mise en œuvre et plusieurs polluants d'intérêt ont été mesurés.

Deux laboratoires mobiles ont été installés pendant 1 an sur le quai Louis XVIII, à proximité des quais P124 et P127 qui accueillent des paquebots maritimes, et ont mesuré le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>, le dioxyde de soufre SO<sub>2</sub>, les particules grossières, fines et ultrafines (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>1</sub>, PM<sub>0,1</sub>) et le Black Carbon. Des tubes passifs NO<sub>2</sub> et SO<sub>2</sub> ont également été déployés, pendant 8 mois, sur 12 sites en rive droite et rive gauche de la Garonne.

Les objectifs de l'étude sont les suivants :

- ✓ Comparer les mesures à des seuils de référence (réglementaires et recommandés par l'Organisation Mondiale de la Santé),
- ✓ Comparer les mesures à des stations fixes du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine,
- ✓ Comparer les mesures à la campagne menée par Atmo Nouvelle-Aquitaine en 2018 (1),
- ✓ Documenter les niveaux d'exposition des populations à la pollution liée aux activités du port.

Les principales conclusions de l'étude sont les suivantes :

## Dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>

### Mesures automatiques

- Les concentrations mesurées sur le Port de Bordeaux sont très légèrement supérieures à celles de la station de fond « Grand Parc » (33) mais bien inférieures à celles de la station d'influence trafic « Gautier » (33).
- Le profil journalier démontre deux pics : un le matin et un le soir, qui correspondent aux trajets domicile-travail, montrant l'influence du trafic routier.
- Les différents seuils réglementaires sont respectés (200 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire et 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle).
- Les recommandations OMS (25 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière et 10 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle), ne sont pas respectées, mais elles ne le sont pas non plus sur les stations fixes du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.
- Quelques pics sont concomitants à une période d'escale avec des vents provenant des quais P124 et P127. Ils restent toutefois très ponctuels, bien inférieurs au seuil horaire réglementaire et les concentrations diminuent rapidement. La plupart des pics apparaissent en dehors des périodes d'escales et sont donc engendrés par d'autres sources.
- Les concentrations sont inférieures à celles relevées pendant la campagne 2018, sur la même période. Cette diminution de la pollution s'explique par une baisse de pollution en NO<sub>2</sub> observée globalement sur Bordeaux Métropole, liée pour partie à une baisse du trafic routier et au renouvellement du parc automobile. L'électrification des embarcadères Albert Londres et Ponton Ariane, accueillant les croisières fluviales, ont pu participer à diminuer la pollution en NO<sub>2</sub>.

### Mesures par tubes passifs

- A titre indicatif, les concentrations en période sans escales sont, sur la majorité des sites, du même ordre de grandeur ou supérieures à celles mesurées en période avec escales, le trafic routier étant la principale source de NO<sub>2</sub> dans ces zones.
- Les concentrations les plus élevées sont retrouvées au niveau des sites « Place de la Bourse », « Albert Londres » et « Hangar 14 ». Les niveaux restent toutefois bien inférieurs au seuil réglementaire en moyenne annuelle de 40 µg/m<sup>3</sup>.



- A titre indicatif, pendant la période d'escale, 9 des 12 sites dépassent le seuil annuel recommandé par l'OMS de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Les mesures par tubes passifs ont également montré une diminution de la pollution en  $\text{NO}_2$  depuis 2018.

## Dioxyde de soufre

### Mesures automatiques

- Les concentrations mesurées sur le port de Bordeaux sont bien inférieures à celles des stations « Bassens » (33) et « Lacq » (64).
- Les différents seuils réglementaires sont respectés ( $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne horaire,  $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière et  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle).
- La recommandation OMS est également respectée ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière).
- Quelques pics sont concomitants à une période d'escale avec des vents provenant des quais P124 et P127. Ils restent toutefois très ponctuels, largement inférieurs au seuil horaire réglementaire et les concentrations diminuent rapidement.
- Les concentrations sont légèrement supérieures à celles relevées pendant la campagne 2018, sur la même période, mais restent très faibles.

### Mesures par tubes passifs

- Les concentrations sont globalement très faibles, ne permettant pas de dégager de tendance particulière entre la période avec escale et sans escale.
- Les concentrations sont du même ordre de grandeur que celles relevées pendant la campagne 2018, sur la même période, et restent très faibles.

## Particules

- Globalement, les feux de forêts ayant eu lieu en été 2022 (entre juillet et septembre) en Gironde ont pu impacter ponctuellement les mesures de la station du port de Bordeaux mais aussi les stations de référence.
- De plus, les concentrations sont plus élevées en hiver en raison notamment de l'utilisation de dispositifs de chauffage au bois non performants, qui entraînent l'émission de particules dans l'atmosphère.

### Particules grossières $\text{PM}_{10}$

- Les concentrations sont du même ordre de grandeur que la station de fond « Grand Parc » (33) et inférieures à la station trafic « Gautier » (33).
- Les différents seuils réglementaires sont respectés ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière et  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle).
- Les recommandations OMS ( $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière et  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle) ne sont pas respectées, mais elles ne le sont pas non plus sur les stations fixes du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.
- Aucune corrélation n'apparaît entre les concentrations, les dates d'escales et les directions de vent.
- Les concentrations sont similaires à celles relevées pendant la campagne 2018, sur la même période.

### Particules fines $\text{PM}_{2,5}$

- Les concentrations sont du même ordre de grandeur que la station de fond « Bassens » (33) et inférieures à la station trafic « Gautier » (33).
- Les différents seuils réglementaires sont respectés (en moyenne annuelle :  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la valeur limite,  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la valeur cible et  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour l'objectif de qualité).
- Les recommandations OMS ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne journalière et  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle) ne sont pas respectées, mais elles ne le sont pas non plus sur les stations fixes du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.
- Aucune corrélation n'apparaît entre les concentrations, les dates d'escales et les directions de vent.

### Black Carbon

- La part des particules provenant de la combustion de la biomasse ( $PM_{wb}$ ) et de celles provenant de la combustion de fuel fossile ( $PM_{ff}$ ) sont similaires aux stations de fond de référence « Poitiers Augouard » (86) et « Limoges Berland » (87).
- Une légère surconcentration de Black Carbon issu de la combustion du fuel fossile est observée pour des directions de vent entre l'Est et l'Ouest-Sud-Ouest (sens horaire), ne permettant pas d'isoler une source particulière.

### Particules fines $PM_{10}$

- Les concentrations mesurées sur le Port de Bordeaux sont similaires à celles mesurées sur les stations de fond de référence « Poitiers Augouard » (86) et « Limoges Berland » (87).

### Comptage des particules fines et ultrafines

- Les données sont légèrement plus élevées sur le port de Bordeaux que la station « Poitiers Augouard » (86).
- On observe une augmentation du nombre de particules selon les heures des trajets domicile-travail, ce qui démontre un impact important du trafic routier.
- Aucune corrélation n'apparaît entre le nombre de particules, les dates d'escales et les directions de vent.

**Globalement, l'impact des paquebots maritimes et fluviaux est faible sur la qualité de l'air dans les quartiers aux abords du port. Les émissions urbaines, notamment le trafic routier et le chauffage au bois, sont les principales sources de pollution auxquelles sont exposées les populations.**

# 1. Introduction et contexte

Depuis plusieurs années, la qualité de l'air en proximité des zones portuaires est au cœur des préoccupations. En effet, les émissions par le transport maritime peuvent avoir un impact environnemental avec des effets potentiels sur la santé humaine et le climat.

Les carburants utilisés sont à l'origine de l'émission de divers composés tels que le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), le Black Carbon (ou carbone suie (BC)), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), les oxydes de soufre (SO<sub>x</sub>) ou encore les particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm (PM<sub>10</sub>). Les moteurs des navires, fonctionnant en régime lent, permettent l'utilisation des produits résiduels du raffinage du pétrole brut. Le fioul lourd (HFO), contenant une forte teneur en soufre, est le principal carburant utilisé dans le transport maritime international (2). D'autres carburants tels que le MGO/MDO (essence marine/diesel marin) et l'essence automobile sont également utilisés mais dans une moindre mesure.

La réglementation impose aux navires d'utiliser un carburant allégé en soufre, à un taux de 0,1% lorsqu'ils sont à quai (3). De plus, la Ville de Bordeaux, Bordeaux Métropole, le Pilotage de la Gironde et le Grand Port Maritime de Bordeaux ont adopté en 2020 une charte des bonnes pratiques environnementales pour la croisière (4). Cette charte impose, entre autres, d'utiliser un carburant à 0,1% de soufre dès l'entrée de la zone de pilotage obligatoire et pas uniquement à quai, comme l'exige la réglementation.

Le Grand Port Maritime de Bordeaux (GPMB) compte 7 ports répartis le long de l'estuaire de la Garonne : Le Verdon, Pauillac, Blaye, Ambès, Grattequina, Bassens et Bordeaux (cf. Figure 1). Un plan partiel du terminal de Bordeaux est disponible en annexe 1.



Figure 1 : Les 7 terminaux du Port de Bordeaux

Il est à noter que le Port de Bordeaux représente une faible part des sources d'émissions annuelles d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et des particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>, sur Bordeaux Métropole. Ces polluants sont émis en majorité par d'autres secteurs comme le transport routier pour les NO<sub>x</sub> et les particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>, le résidentiel pour les PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> également, ainsi que les industries pour le SO<sub>2</sub>. Le bilan des émissions sur Bordeaux Métropole est disponible en annexe 2.

En 2018, Bordeaux Métropole avait sollicité Atmo Nouvelle-Aquitaine afin d'étudier l'impact de l'activité maritime et fluviale du port de Bordeaux sur la qualité de l'air (1). Des mesures de NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> et PM<sub>10</sub> avaient été réalisées pendant une période de 2 mois, entre avril et juin 2018.

L'étude a montré que le trafic de paquebots maritimes avait un impact négligeable sur les concentrations d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et de particules PM<sub>10</sub> sur les quais de Bordeaux. En effet, sur le Quai Louis XVIII, même si l'arrivée et le départ d'un paquebot maritime ont pu être caractérisés par une hausse ponctuelle des concentrations en NO<sub>x</sub> et PM<sub>10</sub> (lors de vents issus d'un secteur est), le trafic routier et le fond urbain ont été les sources majoritaires influençant respectivement les concentrations en NO<sub>x</sub> et PM<sub>10</sub>.

Un pic de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), très inférieur à la valeur limite réglementaire, lié aux paquebots maritimes a été observé sur le Quai Louis XVIII, mais globalement les concentrations demeurent très faibles et nettement inférieures aux valeurs limites réglementaires et aux recommandations de l'OMS.

En outre, la rive droite de la Garonne n'a pas été impactée par les activités fluviale et maritime.

Enfin, il a été montré que les paquebots fluviaux représentaient une source supplémentaire d'oxydes d'azote aux abords de leurs quais.

Suite au retour d'expérience de la campagne menée en 2018, Bordeaux Métropole a à nouveau fait appel à Atmo Nouvelle-Aquitaine afin de réaliser une campagne plus longue, d'une durée d'1 an, et de mesurer plusieurs polluants d'intérêt. Cette campagne était initialement prévue en 2020, mais la crise COVID a entraîné un décalage à 2022.

Les objectifs de l'étude sont les suivants :

- Comparer les mesures à des seuils de référence (réglementaires et recommandés par l'Organisation Mondiale de la Santé),
- Comparer les mesures à des stations fixes du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine,
- Comparer les mesures à la campagne menée par Atmo Nouvelle-Aquitaine en 2018 (1),
- Documenter les niveaux d'exposition des populations à la pollution liée aux activités du port.

## 2. Polluants suivis et méthodes de mesure

### 2.1. Polluants suivis

#### 2.1.1. Les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)

##### Origines

Les oxydes d'azote NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub>), principalement émis par les véhicules et les installations de combustion, jouent un rôle majeur dans le cycle de formation et de destruction de l'ozone. Le NO<sub>2</sub>, formé à partir du NO et d'oxydants tels que l'ozone ou le dioxygène est aussi détruit par l'action du rayonnement solaire.

##### Effets sur la santé

Le NO<sub>2</sub> est un gaz irritant pour les bronches. Il peut, dès 200 µg/m<sup>3</sup>, entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyper-réactivité bronchique chez l'asthmatique et un accroissement de la sensibilité aux infections des bronches chez l'enfant.

##### Effets sur l'environnement

Les NO<sub>x</sub> sont des gaz à effet de serre et interviennent dans le processus de formation de l'ozone dans la troposphère. Ils contribuent également au phénomène des pluies acides ainsi qu'à l'eutrophisation des cours d'eau et des lacs.

## 2.1.2. Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

### Origines

Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) est émis lors de la combustion des matières fossiles telles que charbons et fiouls. Les sources principales sont les centrales thermiques, les grosses installations de combustion industrielles et les unités de chauffage individuel et collectif.

### Effets sur la santé

Le SO<sub>2</sub> est un irritant des muqueuses, de la peau, et des voies respiratoires supérieures (toux, gêne respiratoire). Il agit en synergie avec d'autres substances, notamment avec les fines particules. Les personnes asthmatiques y sont particulièrement sensibles.

### Effets sur l'environnement

Le SO<sub>2</sub> se transforme en acide sulfurique au contact de l'humidité de l'air et participe au phénomène des pluies acides. Il contribue également à la dégradation de la pierre et des matériaux de nombreux monuments.

## 2.1.3. Les particules

### Origines

Les sources de particules ou "aérosols" sont nombreuses et variées, d'autant qu'il existe différents processus de formation. Les méthodes de classification des sources sont basées sur les origines (anthropiques, marines, biogéniques, volcaniques) ou sur les modes de formation. Deux types d'aérosols peuvent être distingués :

- Les aérosols primaires : émis directement dans l'atmosphère sous forme solide ou liquide. Les particules liées à l'activité humaine proviennent majoritairement de la combustion de combustibles pour le chauffage des particuliers, principalement biomasse, du transport automobile (échappement, usure, frottements...) ainsi que des activités agricoles (labourage des terres...) et industrielles très diverses (fonderies, verreries, silos céréaliers, incinération, exploitation de carrières, BTP...). Leur taille et leur composition sont très variables.
- Les aérosols secondaires : directement formés dans l'atmosphère par des processus de transformation des gaz en particules par exemple sulfates d'ammonium et nitrates d'ammonium. La majorité des particules organiques sont des aérosols secondaires.

Les particules atmosphériques présentent une très grande variabilité, en termes de composition chimique et de taille. Les particules sont classées en différentes catégories :

- Les particules totales en suspension (TSP), composées principalement de poussière, de sel de mer, de pollen mais aussi d'autres sources diverses. La durée de vie est relativement courte puisqu'elles tombent rapidement par la sédimentation.
- Les particules grossières (PM<sub>10</sub>), de diamètre inférieur à 10 µm
- Les particules fines (PM<sub>2,5</sub>), de diamètre inférieur à 2,5 µm
- Les particules submicroniques (PM<sub>1</sub>), de diamètre inférieur à 1 µm
- Les particules ultrafines (PUF), définies comme l'ensemble des particules ayant un diamètre aérodynamique égal ou inférieur à 100 nm (0,1 µm).

### Effets sur la santé

Selon leur taille (granulométrie), les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les plus grosses sont retenues par les voies aériennes supérieures. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérigènes : c'est le cas de celles qui véhiculent certains Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

### Effets sur l'environnement

Les effets de salissure des bâtiments et des monuments sont les atteintes à l'environnement les plus évidentes.

## 2.1.4. Le carbone suie (Black Carbon)

La combustion de matière carbonée (gaz, pétrole, charbon et biomasse) émet de nombreux polluants atmosphériques gazeux ou particulaires. Une grande partie de ces aérosols carbonés, dont le carbone suie appelé « Black Carbon » (BC), absorbent la lumière. Ce composé est un traceur primaire issu exclusivement d'une combustion incomplète de ces combustibles carbonés. Il est également inerte dans l'atmosphère et peut ainsi parcourir de très longues distances (6–8).

L'aéthalomètre modèle AE33 permet de différencier deux sources de BC par mesure optique grâce à l'utilisation des caractéristiques d'absorption de ces sources de combustion : la combustion de la biomasse (wb) et les sources de combustion de fuel fossile (ff), toutes deux émettrices de BC (9–12). En effet, les aérosols provenant majoritairement de la combustion de biomasse, aussi appelés « Brown Carbon », sont constitués de certaines molécules organiques absorbant les longueurs d'onde proches de l'ultraviolet (400 nm) (13,14), tandis que les aérosols provenant de combustions fossiles, purement graphitiques, absorbent dans le proche infrarouge (850 - 900 nm) (15).

La concentration totale en Black Carbon est alors donnée suivant l'expression :

$$BC = BC_{ff} + BC_{wb}$$

où BC est la concentration en Black Carbon total (mesurée à 880 nm),  $BC_{ff}$  est la concentration en BC issu de la combustion de fuel fossile (essentiellement du trafic routier) et  $BC_{wb}$  est la concentration en BC issu de la combustion de la biomasse (chauffage au bois, brûlage de déchets verts et feux de forêt).

Il est non seulement important de connaître la contribution de ces deux sources sur la concentration en BC mais également leur contribution sur la masse des  $PM_{10}$ .

Des études, précédemment menées, ont montré qu'il était possible d'estimer un ratio permettant de passer d'une concentration en BC à une concentration en  $PM_{10}$  des deux sources de combustion identifiées par l'aéthalomètre (16,17).

Pour la combustion de fuel fossile, l'expression suivante est utilisée quel que soit le site de mesure (18,19) :

$$PM_{ff} = 2 \times BC_{ff}$$

Pour la combustion de la biomasse, il a été montré qu'un ratio unique ne pouvait être utilisé pour l'ensemble des sites de mesure. En effet, il varie suivant les caractéristiques des sites. En utilisant la méthodologie donnée par le LCSQA en 2015, basée sur l'utilisation des concentrations en lévoglucosan, traceur organique univoque de la combustion de la biomasse, il est possible de déterminer des ratios spécifiques. Afin d'avoir une meilleure fiabilité pour ces ratios, la prise en compte de plusieurs hivers est recommandée. Ce travail d'estimation des ratios est actuellement en cours à Atmo Nouvelle-Aquitaine.

Jusqu'à maintenant, un ratio unique est utilisé pour tous les sites de Nouvelle-Aquitaine :

$$PM_{wb} = 10 \times BC_{wb}$$

Les valeurs de  $PM_{ff}$  et  $PM_{wb}$  doivent être vues comme des ordres de grandeurs entachés d'une forte incertitude associée aux coefficients de conversion moyens utilisés. Elles permettent néanmoins d'appréhender de manière plus concrète la contribution des sources de combustion aux concentrations de particules présentes dans l'air.

## 2.2. Règlementation et valeurs de référence

Les seuils réglementaires sont définis au niveau européen dans des directives puis déclinées en droit français par des décrets et des arrêtés. Ils peuvent être définis en moyenne horaire, en moyenne journalière, en moyenne annuelle, etc.

Les différents seuils sont :

- **Valeur limite** : un niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.
- **Valeur cible** : un niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
- **Objectif de qualité** : un niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Les lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) sont des recommandations, fondées sur des données scientifiques, qui éclairent les autorités du monde entier dans leurs actions visant à réduire l'exposition humaine à la pollution atmosphérique et ses effets néfastes.


Le tableau suivant regroupe les seuils pour chaque polluant surveillé, dans l'air ambiant, au cours de cette étude :

Polluants	Recommandations OMS (2021)	Valeurs réglementaires en vigueur en air ambiant		
		Valeurs limites	Valeurs cibles (en moyenne annuelle)	Objectifs de qualité (en moyenne annuelle)
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	<p><b>10 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p> <p><b>25 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an</p>	<p><b>40 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p> <p><b>200 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 18 heures/an</p>	-	-
Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )	<p><b>40 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 3 jours par an</p>	<p><b>125 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours/an</p> <p><b>350 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 24 heures/an</p>	-	<b>50 µg/m<sup>3</sup></b>
Particules en suspension (PM <sub>10</sub> )	<p><b>45 µg/m<sup>3</sup></b> à ne pas dépasser plus de 3 jours par an</p> <p><b>15 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>	<p><b>40 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p> <p><b>50 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 35 jours/an</p>	-	<b>30 µg/m<sup>3</sup></b>
Particules en suspension (PM <sub>2,5</sub> )	<p><b>15 µg/m<sup>3</sup></b> à ne pas dépasser plus de 3 jours par an</p> <p><b>5 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>	<p><b>25 µg/m<sup>3</sup></b> en moyenne annuelle</p>	<b>20 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>10 µg/m<sup>3</sup></b>

Tableau 1 : valeurs de référence

## 2.3. Méthodes de mesure

### Mesures automatiques

Caractéristique mesurée	Matériel	Référence et/ou principe de la méthode	Accréditation
Concentration en oxydes d'azote (NOx)	Analyseurs automatiques	NF EN 14211 - Dosage du dioxyde d'azote et du monoxyde d'azote par chimiluminescence	 ACCREDITATION COFRAC N° 1-6354* Portée disponible sur <a href="http://www.cofrac.fr">www.cofrac.fr</a>
Concentration en dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )		NF EN 14212 - Dosage du dioxyde de soufre par fluorescence UV	
Concentration en particules PM <sub>10</sub> et PM <sub>2,5</sub>		NF EN 16450 - Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM <sub>10</sub> ; PM <sub>2,5</sub> )	
Concentration en particules PM <sub>1</sub>		Mesure optique via un appareil FIDAS : mesure de diffusion de lumière blanche par les particules. Cette méthode permet une indication du niveau de PM <sub>1</sub> (hors équivalence de méthode de référence validée par la directive européenne)	Pas d'accréditation
Concentration en Black Carbon		Mesure via un aethalomètre : Atténuation de l'intensité d'un faisceau lumineux à travers un échantillon de poussières déposées sur filtre	
Comptage de particules		Mesure via un compteur CPC (Condensation Particule Counter) : compteur de particules à condensation	

### Mesures par prélèvement suivi d'une analyse chimique

Caractéristique mesurée	Matériel	Référence et/ou principe de la méthode de prélèvement	Référence et / ou principe de la méthode d'analyse
Concentration en dioxydes d'azote (NO <sub>2</sub> )	Préleveur	NF EN 16339 - Méthode pour la détermination de la concentration du dioxyde d'azote au moyen d'échantillonneurs par diffusion	Méthode interne au laboratoire : analyse par chromatographie ionique
Concentration en dioxydes de soufre (SO <sub>2</sub> )		Prélèvement par tube passif	

Tableau 2 : Matériel et méthodes de mesure

\* Les avis et interprétations ne sont pas couverts par l'accréditation COFRAC d'Atmo Nouvelle-Aquitaine. Toute utilisation des données d'Atmo Nouvelle-Aquitaine, couvertes par l'accréditation doit faire mention : "Ces essais ont été réalisés par Atmo Nouvelle-Aquitaine – Accréditation n°1-6354, portée disponible sous [www.cofrac.fr](http://www.cofrac.fr)", sans y associer le logo COFRAC et préciser que les rapports d'Atmo Nouvelle-Aquitaine sont disponibles sur demande ou joindre ces derniers dans leur intégralité au document rapportant ces résultats.



### 3. Dispositif de mesures

Le détail des escales est présenté sur le tableau suivant.

Date	Nombre d'escales		
	Quais paquebots maritimes		Quais paquebots fluviaux
	P124	P127	
Février 2022			
Mars 2022			15
Avril 2022	1	3	53
Mai 2022	1	4	69
Juin 2022		3	66
Juillet 2022		2	66
Août 2022		1	61
Septembre 2022		5	72
Octobre 2022		5	58
Novembre 2022			21
Décembre 2022			
Janvier 2023			
Février 2023			

Tableau 3 : nombre d'escales enregistrées pendant la campagne de mesure

Le dispositif de mesure déployé dans le cadre de cette étude est multiple. Les sites de mesure tiennent compte du plan d'échantillonnage de la campagne de 2018, c'est-à-dire dans des secteurs potentiellement exposés aux rejets des paquebots, en tenant compte des contraintes techniques et de sécurité.



Figure 2 : localisation des points de mesure

Deux **laboratoires mobiles** ont été installés sur le Quai Louis XVIII (cf. Figure 2 et Figure 5) à environ 30 mètres de la route et à proximité du quai 127 (quai prioritaire des paquebots maritimes).

La première remorque a accueilli les analyseurs mesurant en continu (pas de temps de 15 minutes) plusieurs polluants règlementés : les particules PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, les oxydes d'azotes (NO<sub>x</sub>) et le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>). Elle a mesuré la qualité de l'air pendant 12 mois, du 15/02/2022 au 14/02/2023.

La seconde a abrité les analyseurs permettant la mesure des autres polluants : les particules PM<sub>1</sub>, le carbone suie/Black Carbon (ce dernier permettant d'identifier la part de la combustion de matière fossile) et un compteur de particules. Suite à un problème d'alimentation électrique, les mesures avec la seconde remorque ont commencé plus tard, en avril 2022.

Les données automatiques seront, dans la mesure du possible comparées à des stations de référence du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine. Les stations de l'agglomération bordelaise seront privilégiées (cf. Figure 3). Cependant, ces stations ne sont pas toujours équipées des mêmes appareils de mesure que ceux qui ont été déployés. Les données pourront donc être comparées à des stations plus éloignées mais disposant de matériel similaire, comme les stations fixes de Limoges (87), Poitiers (86) ou Lacq (64) (cf. Figure 4).

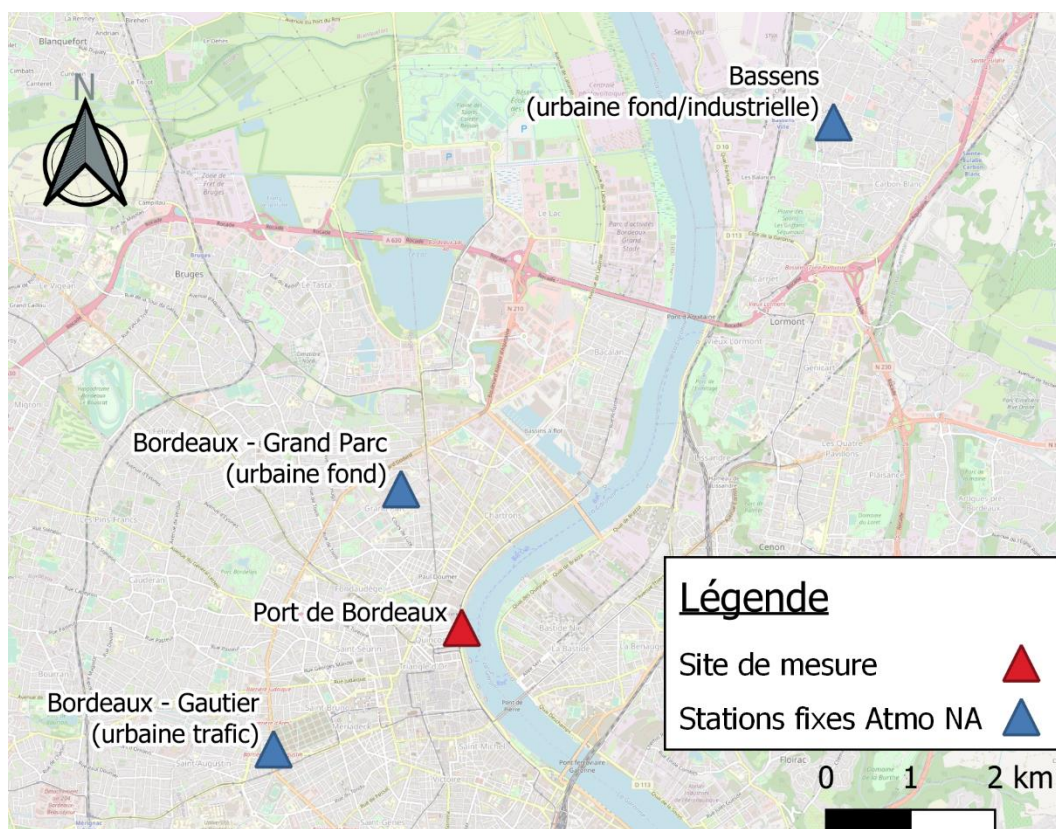


Figure 3 : localisation des stations fixes de Bordeaux du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine

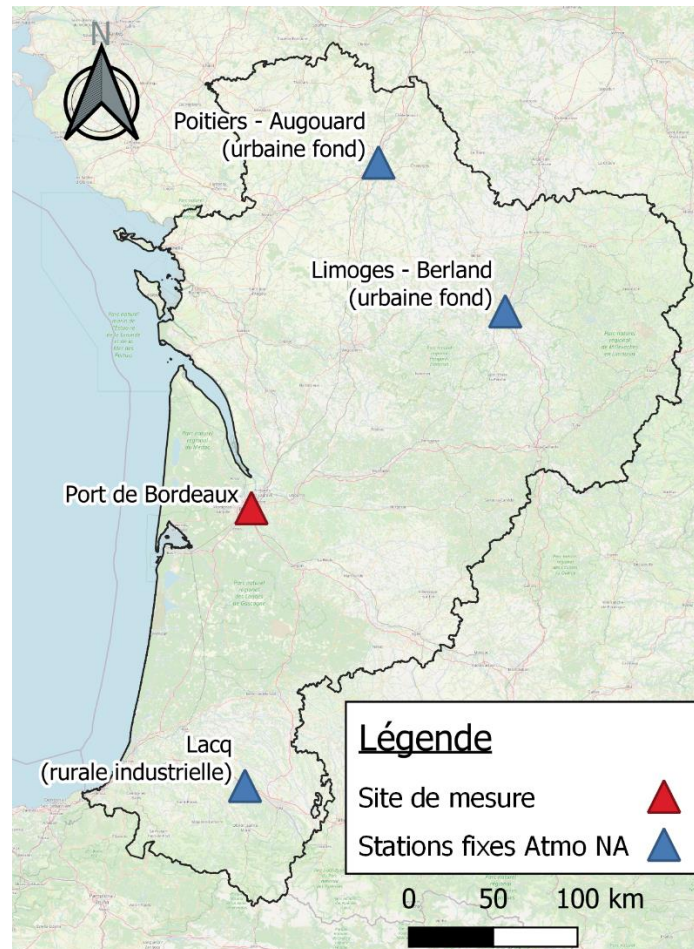


Figure 4 : localisation des stations fixes du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine



Figure 5 : laboratoires mobiles installées sur le quai Louis XVIII

Des **tubes passifs** (cf. Figure 6) mesurant les concentrations en  $\text{NO}_2$  et en  $\text{SO}_2$  ont été répartis autour du port maritime (quais des paquebots maritimes et fluviaux) afin d'avoir une répartition spatiale des concentrations mesurées. Comme lors de la campagne 2018, 12 points de prélèvements ont permis la mesure de ces polluants (Figure 2). Le tube Montesquieu ayant enregistré les concentrations les plus faibles lors de la campagne de 2018, a été déplacé plus en aval sur la rive droite de la Garonne, entre le pont Chaban-Delmas et le site Guinguette Alriq (site « Jeux Enfants »), afin de mesurer les émissions polluantes des navires lorsque les vents proviennent du secteur nord-ouest. Les tubes sont placés dans une boîte de protection contre les intempéries (cf. Figure 7).

Les prélèvements par tubes passifs ont eu lieu pendant la saison des croisières, entre avril et octobre 2022, à raison d'un prélèvement sur chaque site toutes les 2 semaines. Des prélèvements ont également été réalisés pendant le mois de novembre 2022, constituant une période « témoin » puisqu'il n'y a pas eu d'escale.



Figure 6 : tubes à diffusion passive ( $\text{SO}_2$  à gauche,  $\text{NO}_2$  à droite)



Figure 7 : boîte de protection contre les intempéries

Au-delà de problèmes techniques spécifiques, les tubes passifs étant assez visibles et situés dans des endroits très passants, beaucoup ont été vandalisés ou volés, ne permettant pas d'obtenir une concentration pour chaque quinzaine.

# 4. Conditions environnementales

La rose des vents moyenne de la période de mesures est présentée en Figure 8. Toutes les données météorologiques de ce rapport proviennent de la station Météo France de Bordeaux-Mérignac.

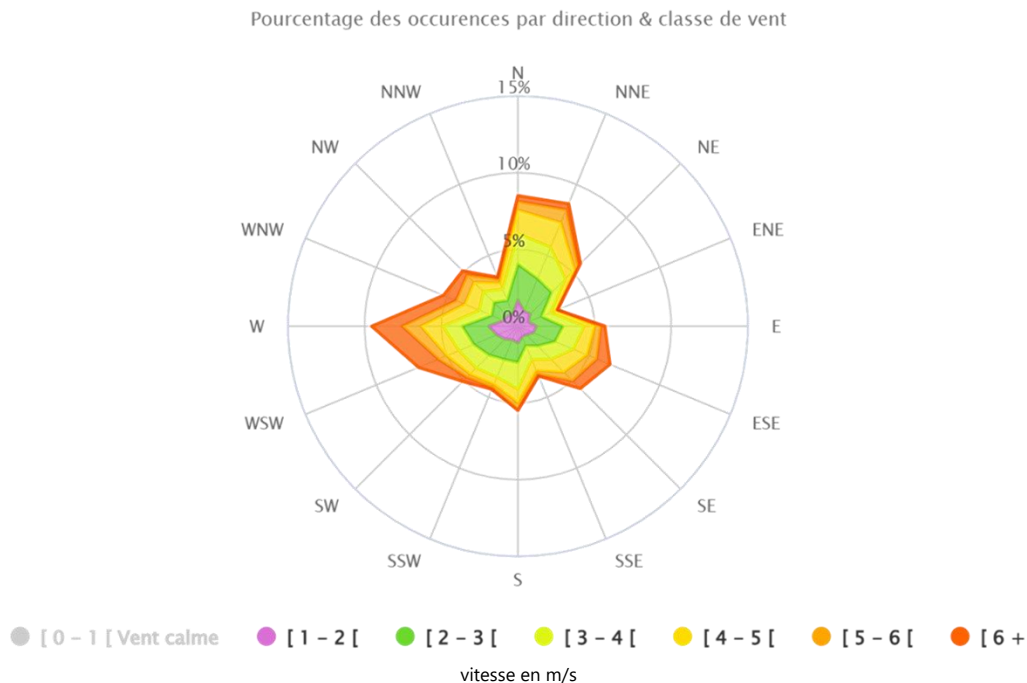


Figure 8 : rose des vents moyenne à Bordeaux-Mérignac du 15/02/2022 au 14/02/2023

**Rose des vents** : une rose des vents est une figure représentant la fréquence des directions d'où vient le vent durant une période donnée, aux points cardinaux (Nord, Est, Sud et Ouest) et aux directions intermédiaires. En dessous de 1 m/s on parle de vents faibles. Ces vents ne sont pas pris en compte dans les roses des vents présentées dans ce rapport car leur direction n'est pas bien établie.

Sur la période du 15/02/2022 au 14/02/2023, les vents dominants provenaient des différents secteurs : Ouest, Ouest-Sud-Ouest, Nord, Nord-Est, Est-Sud-Est et Sud.

Les températures et précipitations mesurées sur la station Bordeaux-Mérignac de Météo-France, pendant la campagne de mesure, sont présentées ci-dessous.

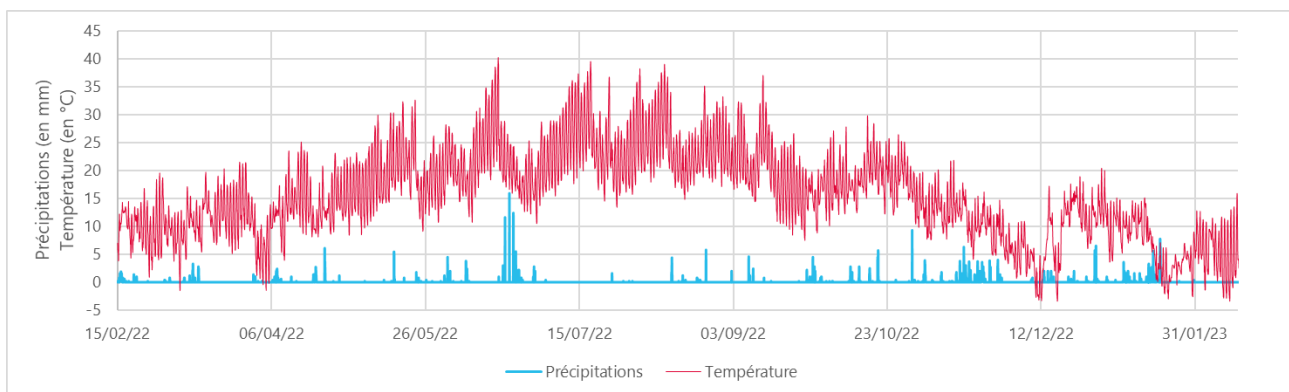


Figure 9 : évolution de la température et des précipitations (données Météo France Bordeaux-Mérignac) du 15/02/2022 au 14/02/2023

Pendant la période de mesure, la température moyenne a été de 16°C. Les températures minimales et maximales atteintes ont été respectivement de -3°C et de 40°C. Le cumul des précipitations a été de 710 mm.

# 5. Présentation des résultats de prélèvements et analyses

## 5.1. Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

### 5.1.1. Mesures automatiques

Les résultats pour le dioxyde d'azote sont comparés à 2 stations de référence du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine (« Grand Parc » et « Gautier » situées sur Bordeaux Métropole) sur les figures suivantes.

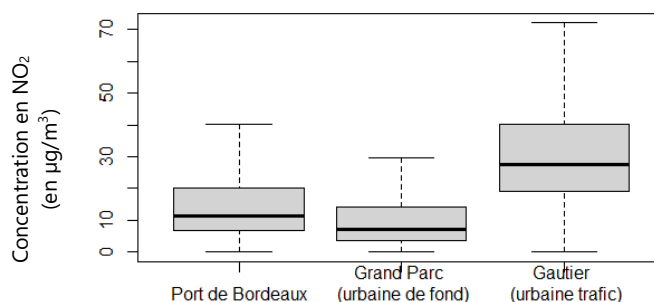


Figure 10 : distribution des concentrations en NO<sub>2</sub> sur le Port de Bordeaux et deux stations de référence<sup>1</sup>

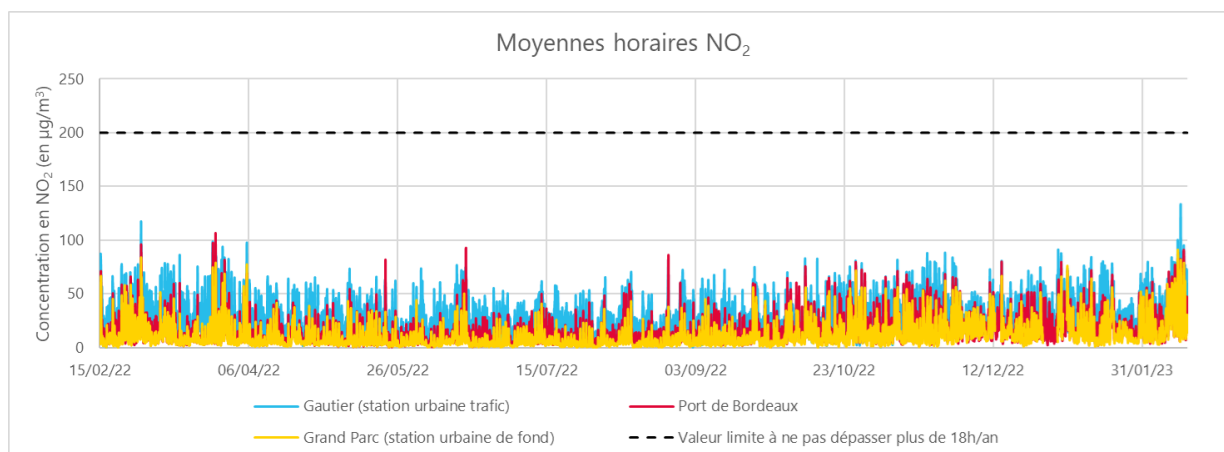


Figure 11 : concentrations en NO<sub>2</sub> en moyennes horaires sur le Port de Bordeaux et les stations de référence

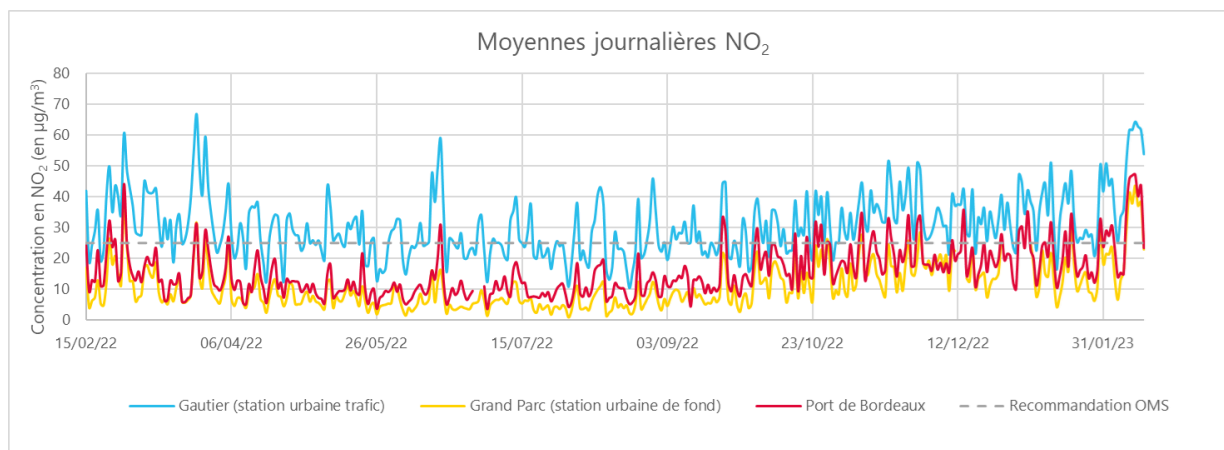


Figure 12 : concentrations en NO<sub>2</sub> en moyennes journalières sur le Port de Bordeaux et les stations de référence

<sup>1</sup> Une aide à la lecture des graphiques de type boîte à moustache/boxplot est disponible dans le lexique en page 6.

Les concentrations mesurées sur la station mobile « Port de Bordeaux » sont très légèrement supérieures à celles de la station de fond « Grand Parc » mais bien inférieures à celles de la station d'influence trafic « Gautier ».

Le profil journalier du NO<sub>2</sub> est présenté ci-dessous.

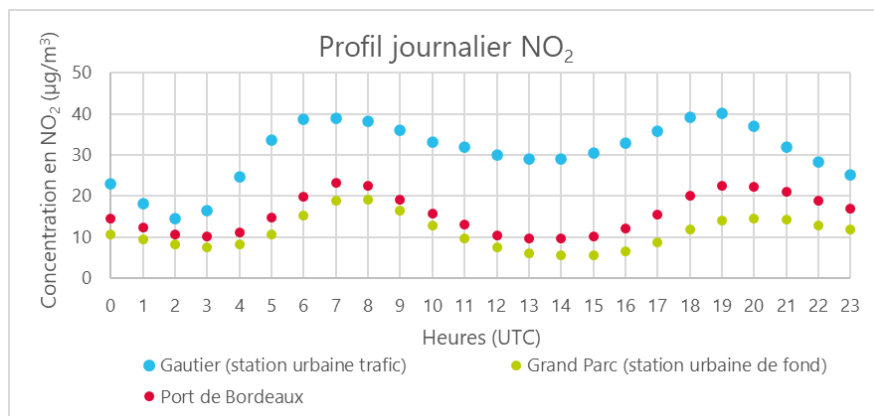


Figure 13 : profil journalier du NO<sub>2</sub>

Deux pics sont observés : un le matin et un le soir, qui correspondent aux trajets domicile-travail, montrant l'influence du trafic routier. Ils sont plus marqués sur la station « Gautier » qui est une station d'influence trafic.

Le tableau ci-dessous présente la comparaison avec les seuils réglementaires ainsi qu'avec les recommandations de l'OMS.

	Port de Bordeaux	Grand Parc (station urbaine de fond)	Gautier (station urbaine trafic)
<b>Moyenne</b>	16	11	31
<b>Maximum horaire</b>	106	91	134
<b>Minimum horaire</b>	0	0	0
<b>Comparaison aux seuils réglementaires</b>			
<b>Nombre de dépassements du seuil limite horaire</b> (200 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser + de 18h/an)	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Respect du seuil limite annuel ?</b> (40 µg/m <sup>3</sup> )	<b>oui</b>	<b>oui</b>	<b>oui</b>
<b>Comparaison aux recommandations OMS</b>			
<b>Nombre de jours de dépassement du seuil journalier recommandé par l'OMS</b> (25 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser + de 3 j/an)	<b>45</b>	<b>18</b>	<b>250</b>
<b>Respect de seuil annuel recommandé par l'OMS ?</b> (10 µg/m <sup>3</sup> )	<b>non</b>	<b>non</b>	<b>non</b>

Tableau 4 : comparaison des concentrations en NO<sub>2</sub> aux seuils de référence

Les différents seuils réglementaires concernant le dioxyde d'azote sont respectés sur le site étudié.

Les recommandations OMS ne sont pas respectées, mais elles ne le sont pas non plus sur les stations fixes du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.

A partir des données horaires de NO<sub>2</sub> et des données météorologiques, une rose de pollution moyenne sur la période est générée (cf. Figure 14). Les roses de pollution permettent de localiser les différences de concentrations d'un polluant en fonction de la direction et de la force du vent.

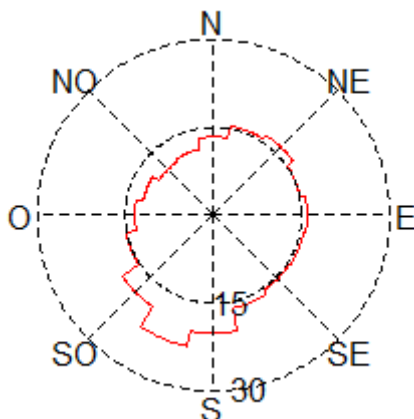


Figure 14 : rose de pollution moyenne en NO<sub>2</sub> sur le Port de Bordeaux (en µg/m<sup>3</sup>)

Le NO<sub>2</sub> est apporté en majorité par des vents de Sud et Sud-Ouest, soit par les émissions du trafic routier sur les quais.

La Figure 15 présente les concentrations en NO<sub>2</sub> entre la première escale (19/04/2022) et la dernière escale (28/10/2022) sur les quais des paquebots maritimes P124 et P127 (situés à côté de la station de mesure), ainsi que les dates d'escales de paquebots lorsque les vents provenaient du P124 et P127 (entre 15° et 170° et vents faibles < 1 m/s).

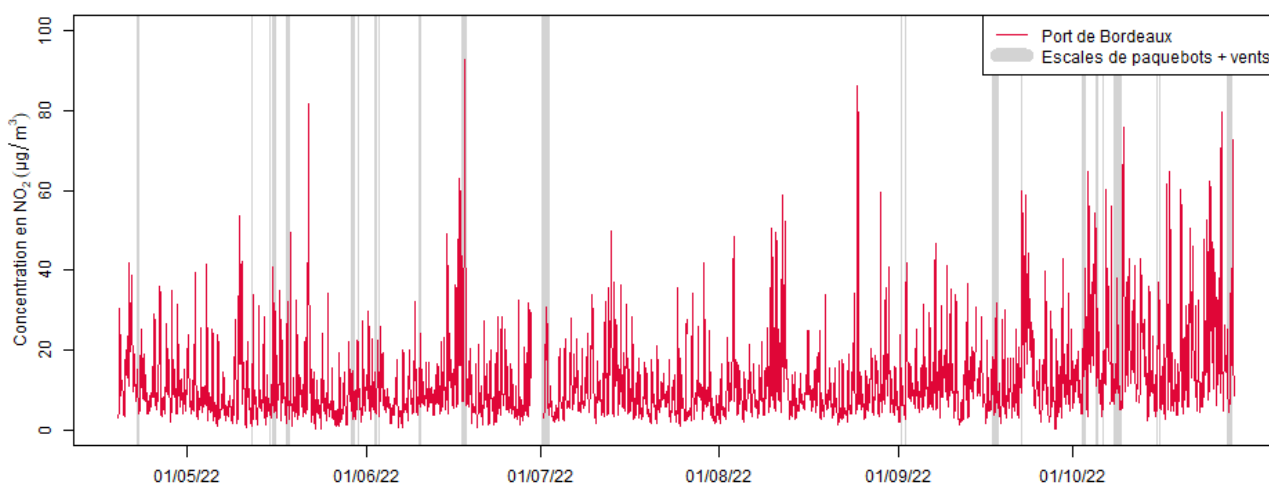


Figure 15 : concentrations horaires en NO<sub>2</sub> comparées aux escales sur les quais P124 et P127 et aux directions de vents

Quelques pics sont concomitants à une période d'escale avec des vents provenant des quais P124 et P127, notamment celui du 17 au 18/06/2022. Ces pics restent toutefois très ponctuels et bien inférieurs au seuil horaire règlementaire (200 µg/m<sup>3</sup>) et les concentrations diminuent rapidement. La plupart des pics apparaissent en dehors des périodes d'escales et sont donc engendrés par d'autres sources.

### 5.1.2. Mesures par tubes passifs

Les mesures par tubes passifs ont été réalisés sur 12 sites, situés en rive droite et en rive gauche de la Garonne.

Les concentrations en période d'escales (du 20/04 au 02/11/2022) et sans escales (du 02 au 30/11/2022) sont présentées sur la Figure 16. Les deux périodes comparées étant différentes, la comparaison est faite à titre indicatif.



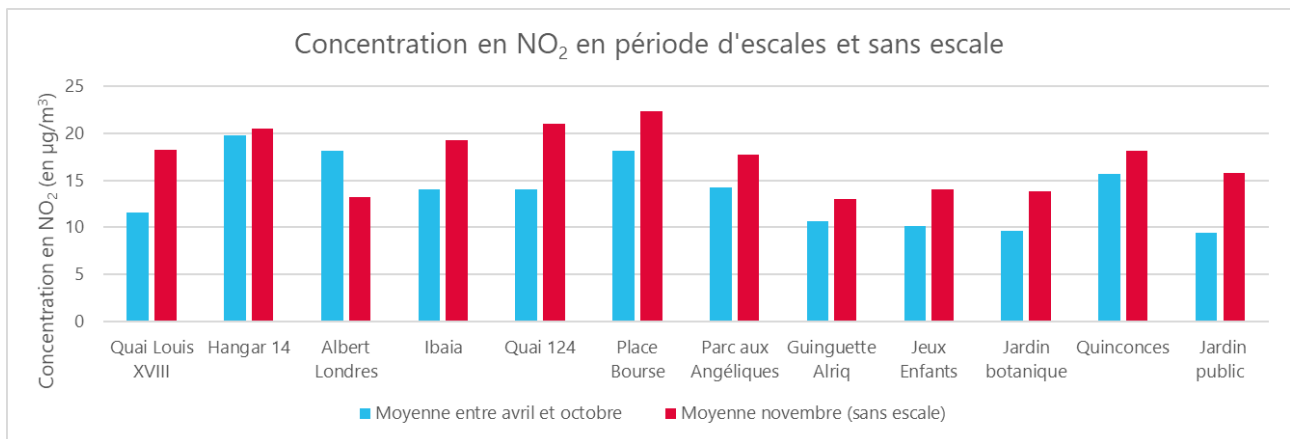


Figure 16 : concentrations en NO<sub>2</sub> mesurées par tubes passifs en période d'escales et sans escale

A titre indicatif, les concentrations en période sans escales sont du même ordre de grandeur ou supérieures à celles mesurées en période avec escales, sauf sur le site « Albert Londres ». Ceci peut s'expliquer par le fait que le trafic routier est la principale source de NO<sub>2</sub> dans ces zones. Pour le site « Albert Londres », les concentrations mesurées pendant la période d'escales sont supérieures à celles mesurées pendant la période sans escale, pouvant évoquer une influence des croisières fluviales. Cependant, les autres sites à proximité des navires fluviaux ont montré des concentrations inférieures pendant la période d'escales.

La cartographie présentée en Figure 17 présente les concentrations en NO<sub>2</sub> mesurées sur les différents sites entre le 20/04 et le 02/11/2022, soit en période d'escale.

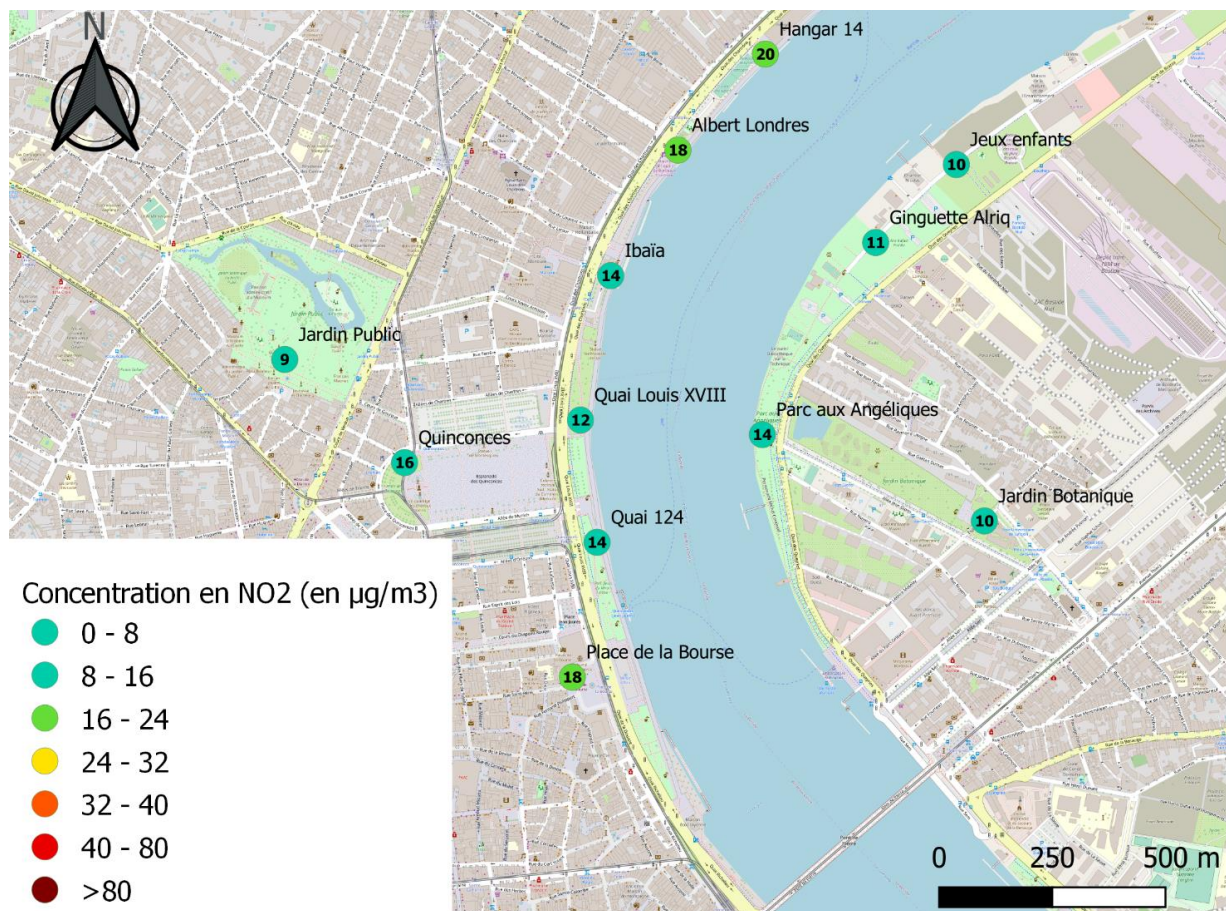


Figure 17 : cartographie des concentrations en NO<sub>2</sub> autour du port de Bordeaux, en période d'escale entre le 20/04 et le 02/11/2022

Les concentrations les plus élevées sont retrouvées au niveau des sites « Place de la Bourse », « Albert Londres » et « Hangar 14 ». Les niveaux restent toutefois bien inférieurs au seuil réglementaire en moyenne

annuelle de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A titre indicatif, pendant la période d'escale du 20/04 au 02/11/2022, 9 des 12 sites dépassent le seuil annuel recommandé par l'OMS de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 5.2. Le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ )

### 5.2.1. Mesures automatiques

Les résultats pour le dioxyde de soufre sont comparés à 2 stations de référence du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine (« Bassens » située sur Bordeaux Métropole et « Lacq » située dans la plateforme industrielle de Lacq (64)) sur les figures suivantes.

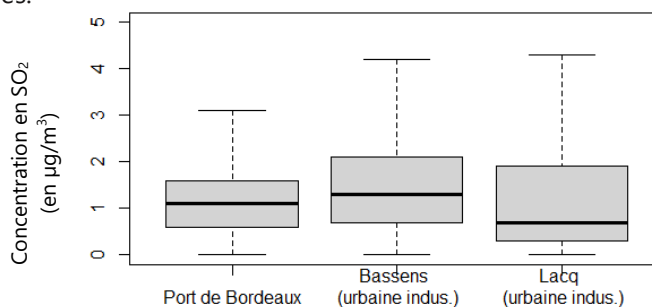


Figure 18 : distribution des concentrations en  $\text{SO}_2$  sur le Port de Bordeaux et deux stations de référence<sup>2</sup>

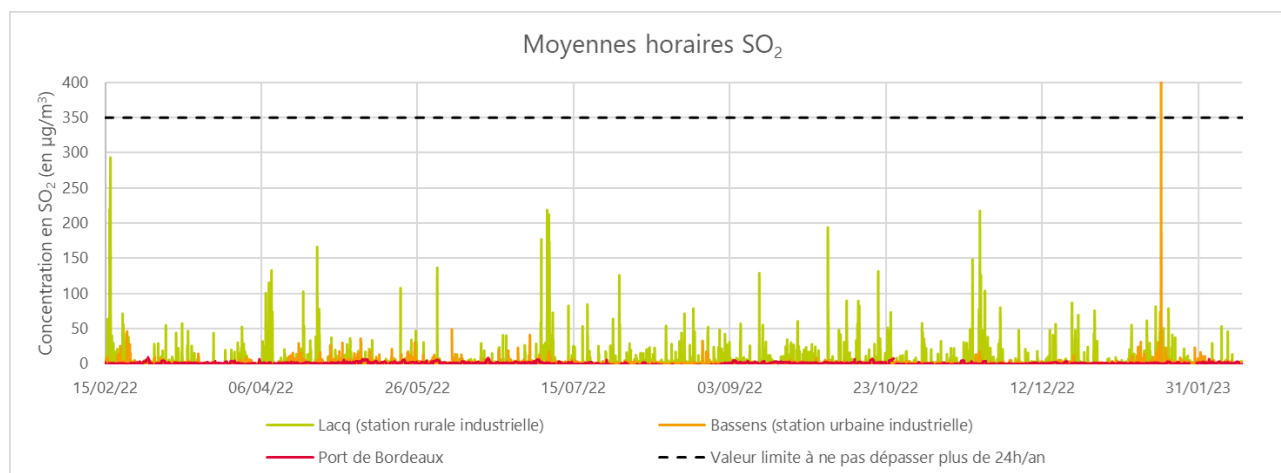


Figure 19 : concentrations en  $\text{SO}_2$  en moyennes horaires sur le Port de Bordeaux et les stations de référence

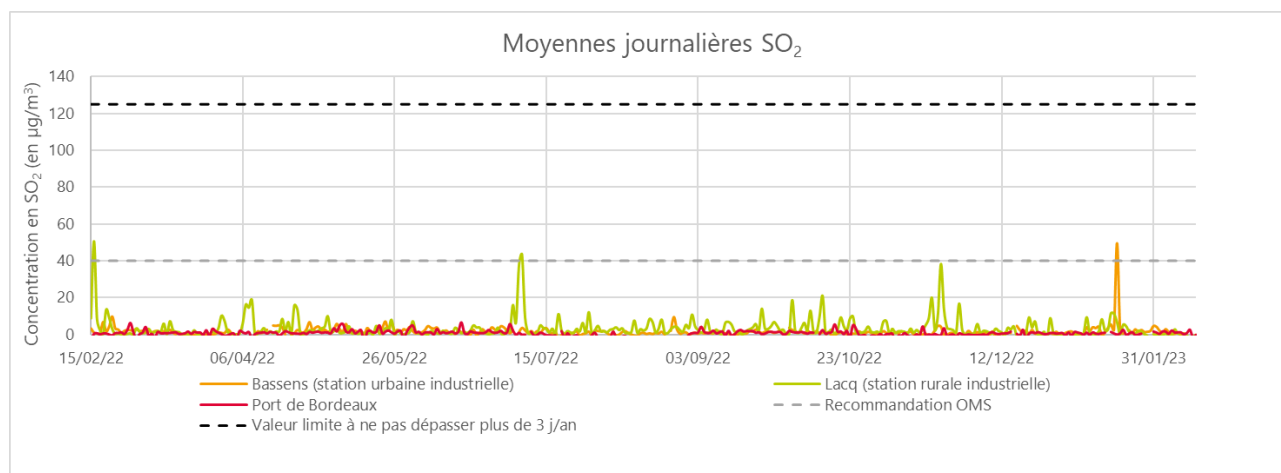


Figure 20 : concentrations en  $\text{SO}_2$  en moyennes journalières sur le Port de Bordeaux et les stations de référence

Les concentrations mesurées sur la station mobile « Port de Bordeaux » sont bien inférieures à celles des stations « Bassens » et « Lacq ».

<sup>2</sup> Une aide à la lecture des graphiques de type boîte à moustache/boxplot est disponible dans le lexique en page 6.

Le tableau ci-dessous présente la comparaison avec les seuils réglementaires ainsi qu'avec les recommandations OMS.

	<b>Port de Bordeaux</b>	<b>Bassens</b> (station urbaine industrielle)	<b>Lacq</b> (station rurale industrielle)
<b>Moyenne</b>	1	2	3
<b>Maximum horaire</b>	9	988	293
<b>Minimum horaire</b>	0	0	0
<b>Comparaison aux seuils réglementaires</b>			
<b>Nombre de dépassements du seuil limite horaire</b> (350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser + de 24h/an)	0	1	0
<b>Nombre de dépassements du seuil limite journalier</b> (125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser + de 3 j/an)	0	0	0
<b>Respect de l'objectif de qualité annuel ?</b> (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	oui	oui	oui
<b>Comparaison aux recommandations l'OMS</b>			
<b>Nombre de dépassements du seuil journalier recommandé par l'OMS</b> (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser + de 3 j/an)	0	1	2

Tableau 5 : comparaison des concentrations en  $\text{SO}_2$  aux seuils de référence

Les différents seuils réglementaires concernant le dioxyde de soufre sont respectés sur le site étudié.

La recommandation OMS est également respectée.

A partir des données horaires de  $\text{SO}_2$  et des données météorologiques, une rose de pollution moyenne sur la période est générée (cf. Figure 21).

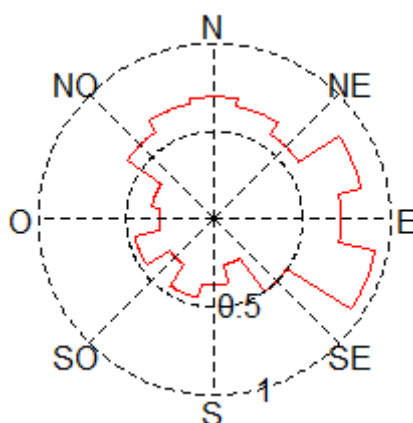


Figure 21 : rose de pollution moyenne en  $\text{SO}_2$  sur le Port de Bordeaux (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Le  $\text{SO}_2$  est apporté principalement par des vents du secteur Nord à Est-Sud-Est (sens horaire), soit en provenance de la direction des quais P124 et P127. Les concentrations sont cependant très faibles (inférieures à  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne).

La Figure 22 présente les concentrations en  $\text{SO}_2$  entre la première escale (19/04/2022) et la dernière escale (28/10/2022) sur les quais des paquebots maritimes P124 et P127 (situés à côté de la station de mesure), ainsi

que les dates d'escales de paquebots lorsque les vents provenaient du P124 et P127 (entre 15° et 170° et vents faibles < 1 m/s).

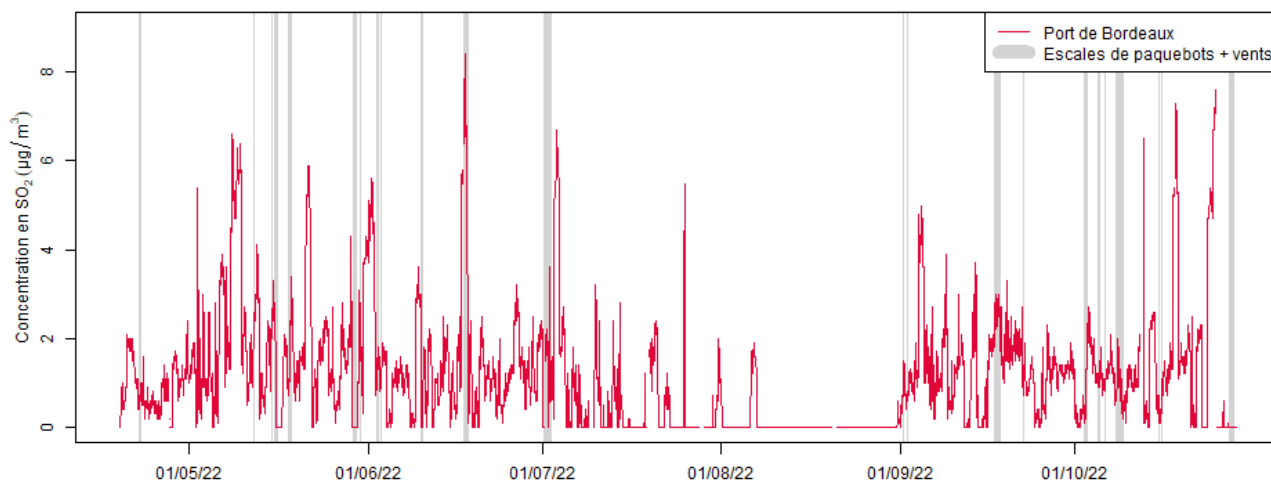


Figure 22 : concentrations horaires en SO<sub>2</sub> comparées aux escales sur les quais P124 et P127 et aux directions de vents

Quelques pics sont concomitants à une période d'escale avec des vents provenant des quais P124 et P127, notamment celui du 17 au 18/06/2022. Ces pics restent toutefois très ponctuels et largement inférieurs au seuil horaire réglementaire (350 µg/m<sup>3</sup>) et les concentrations diminuent rapidement.

## 5.2.2. Mesures par tubes passifs

Les mesures par tubes passifs ont été réalisées sur 12 sites, situés en rive droite et en rive gauche. Les concentrations en période d'escale (du 20/04 au 02/11/2022) et sans escales (du 02 au 30/11/2022) sont présentées sur la Figure 23. Les deux périodes comparées étant différentes, la comparaison est faite à titre indicatif.

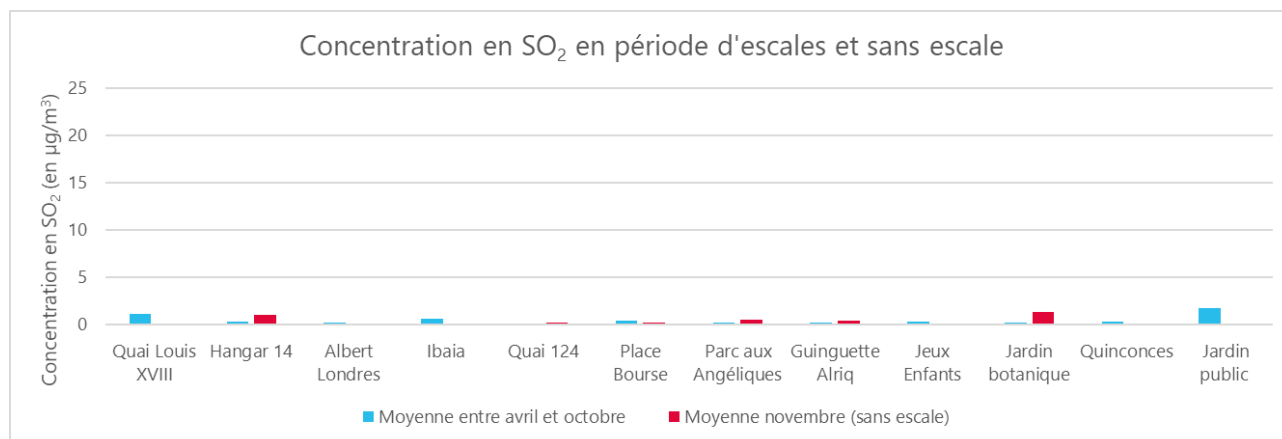


Figure 23 : concentrations en SO<sub>2</sub> mesurées par tubes passifs en période d'escales et sans escale

Pour les sites « Quai Louis XVIII », « Jeux Enfants » et « Quinconces » pendant la période sans escale, le SO<sub>2</sub> n'a pas pu être quantifiée par le laboratoire, il est donc présent en très faible quantité ou absent.

Les concentrations sont globalement très faibles, ne permettant pas de dégager de tendance particulière entre la période avec escale et sans escale.

## 5.3. Les particules

### 5.3.1. Les particules grossières PM<sub>10</sub>

Les résultats pour les particules grossières PM<sub>10</sub> (de diamètre inférieur à 10 µm) sont comparés à 2 stations de référence du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine (« Grand Parc » et « Gautier » situées sur Bordeaux Métropole) sur les figures suivantes.

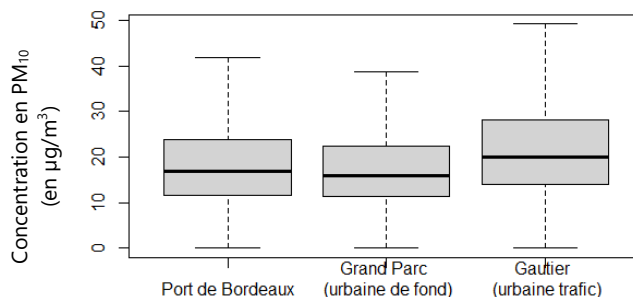


Figure 24 : distribution des concentrations en PM<sub>10</sub> sur le Port de Bordeaux et deux stations de référence<sup>3</sup>

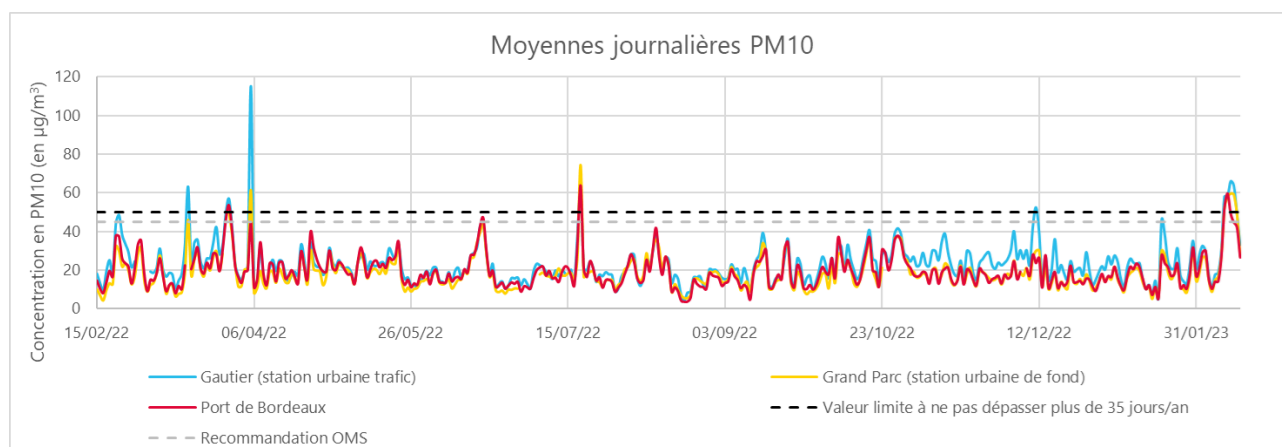


Figure 25 : concentrations en PM<sub>10</sub> en moyennes journalières sur le Port de Bordeaux et les stations de référence

Les concentrations mesurées sur le site « Port de Bordeaux » sont du même ordre de grandeur que la station de fond « Grand Parc » et inférieures à la station trafic « Gautier ». Les feux de forêts ayant eu lieu en été 2022 (entre juillet et septembre) en Gironde ont pu impacter ponctuellement les mesures de la station du Port de Bordeaux mais aussi les stations fixes de « Gautier » et « Grand Parc ». C'est le cas notamment du 19/07/2022, où les vents ont transporté le panache de fumée, contenant des particules jusqu'à la métropole bordelaise. Les concentrations en PM<sub>10</sub> sont plus élevées en hiver en raison de l'utilisation, notamment, de dispositifs de chauffage au bois non performants.

<sup>3</sup> Une aide à la lecture des graphiques de type boîte à moustache/boxplot est disponible dans le lexique en page 6.

Le tableau ci-dessous présente la comparaison avec les seuils réglementaires ainsi qu'avec les recommandations OMS.

	<b>Port de Bordeaux</b>	<b>Grand Parc</b> (station urbaine de fond)	<b>Gautier</b> (station urbaine trafic)
<b>Moyenne</b>	20	19	23
<b>Maximum journalier</b>	64	74	115
<b>Minimum journalier</b>	4	4	4
<b>Comparaison aux seuils réglementaires</b>			
<b>Nombre de dépassements du seuil limite journalier</b> (50 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser + de 35 j/an)	2	6	9
<b>Respect du seuil limite annuel ?</b> (40 µg/m <sup>3</sup> )	oui	oui	oui
<b>Comparaison aux recommandations OMS</b>			
<b>Nombre de dépassements du seuil journalier recommandé par l'OMS</b> (45 µg/m <sup>3</sup> à ne pas dépasser + de 3 j/an)	7	9	13
<b>Respect de seuil annuel recommandé par l'OMS ?</b> (15 µg/m <sup>3</sup> )	non	non	non

Tableau 6 : Comparaisons des concentrations en PM<sub>10</sub> aux seuils de référence

Les différents seuils réglementaires concernant les PM<sub>10</sub> sont respectés sur le site étudié.

Les recommandations OMS ne sont pas respectées, mais elles ne le sont pas non plus sur les stations fixes du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.

A partir des données horaires de PM<sub>10</sub> et des données météorologiques, une rose de pollution moyenne sur la période est générée (cf. Figure 26).

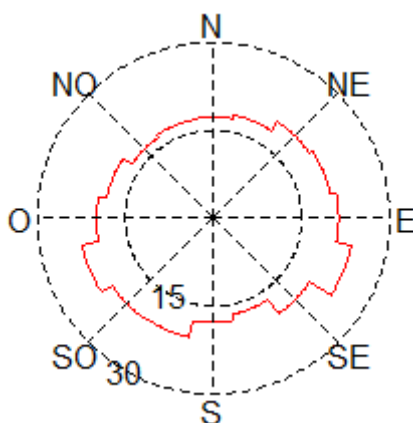


Figure 26 : rose de pollution moyenne en PM<sub>10</sub> sur le Port de Bordeaux (en µg/m<sup>3</sup>)

Aucune direction de vent tranchée n'apparaît. Les PM<sub>10</sub> sont globalement apportées par toutes les directions de vent.

La Figure 27 présente les concentrations en PM<sub>10</sub> entre la première escale (19/04/2022) et la dernière escale (28/10/2022) sur les quais des paquebots maritimes P124 et P127 (situés à côté de la station de mesure), ainsi que les dates d'escalas de paquebots lorsque les vents provenaient du P124 et P127 (entre 15° et 170° et vents faibles < 1 m/s).

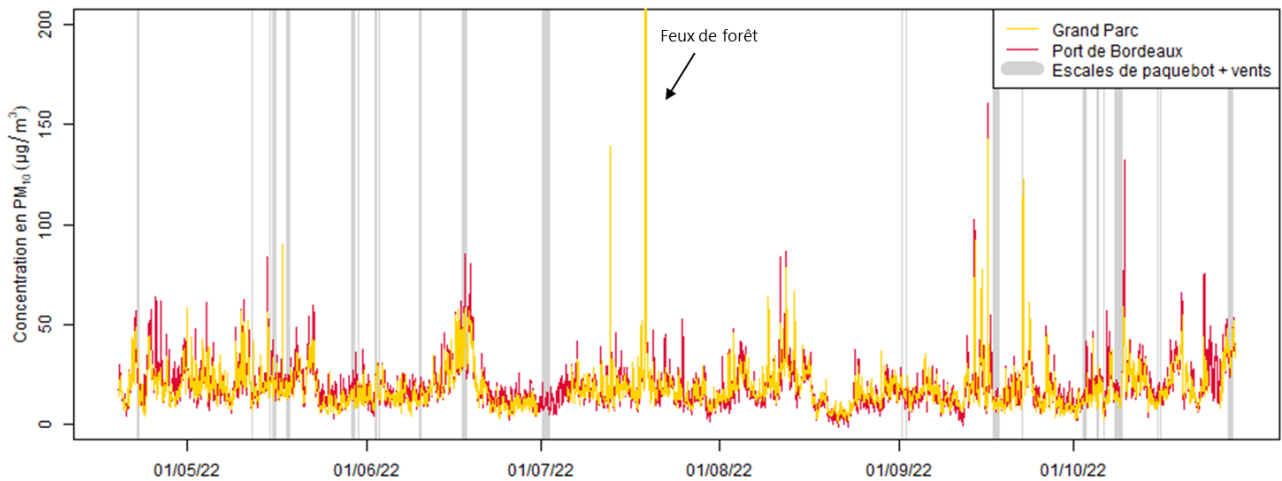


Figure 27 : concentrations horaires en  $PM_{10}$  comparées aux escales sur les quais P124 et P127 et aux directions de vents

Aucune corrélation n'apparaît entre les concentrations, les dates d'escales et les directions de vent.

### 5.3.2. Les particules fines $PM_{2,5}$

Les résultats pour les particules fines  $PM_{2,5}$  (de diamètre inférieur à  $2,5 \mu m$ ) sont comparés à 2 stations de référence du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine (« Bassens » et « Gautier » situées sur Bordeaux Métropole) sur les figures suivantes.

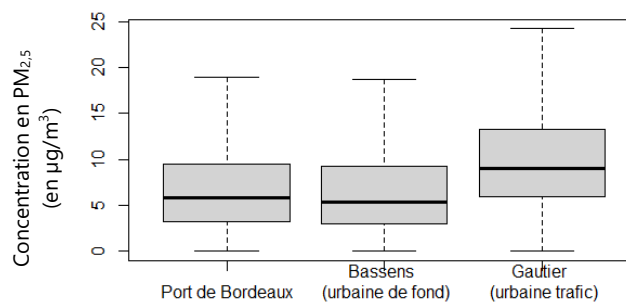


Figure 28 : distribution des concentrations en  $PM_{2,5}$  sur le Port de Bordeaux et deux stations de référence<sup>4</sup>

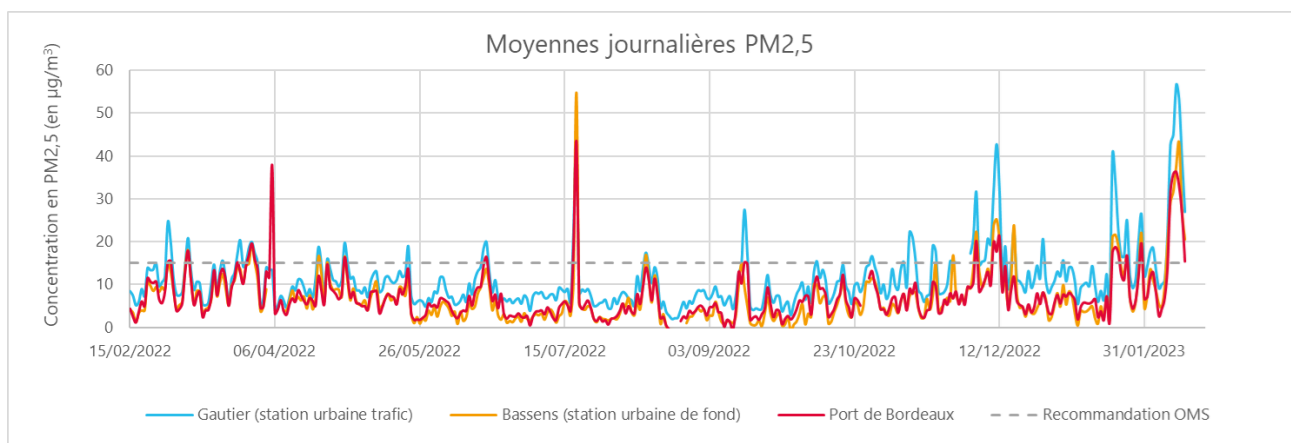


Figure 29 : concentrations en  $PM_{2,5}$  en moyennes journalières sur le Port de Bordeaux et les stations de référence

Les concentrations mesurées sur le site « Port de Bordeaux » sont du même ordre de grandeur que la station de fond « Bassens » et inférieures à la station trafic « Gautier ». Comme pour les  $PM_{10}$ , les feux de forêts ayant eu lieu en été 2022 (entre juillet et septembre) en Gironde ont pu impacter ponctuellement les mesures de la station du Port de Bordeaux mais aussi les stations fixes de « Gautier » et « Bassens ». C'est le cas notamment

<sup>4</sup> Une aide à la lecture des graphiques de type boîte à moustache/boxplot est disponible dans le lexique en page 6.

du 19/07/2022, où les vents ont transporté le panache de fumée, contenant des particules, jusqu'à la métropole bordelaise. Les concentrations en  $PM_{2,5}$  sont plus élevées en hiver en raison, notamment, de l'utilisation de dispositifs de chauffage au bois non performants.

Le tableau ci-dessous présente la comparaison avec les seuils réglementaires ainsi qu'avec les seuils recommandés par l'OMS.

	<b>Port de Bordeaux</b>	<b>Bassens</b> (station urbaine de fond)	<b>Gautier</b> (station urbaine trafic)
<b>Moyenne</b>	7	7	11
<b>Maximum journalier</b>	43	55	57
<b>Minimum journalier</b>	0	0	0
<b>Comparaison aux seuils réglementaires</b>			
<b>Respect du seuil limite annuel ?</b> (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	<b>oui</b>	<b>oui</b>	<b>oui</b>
<b>Respect de la valeur cible annuelle ?</b> (20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	<b>oui</b>	<b>oui</b>	<b>oui</b>
<b>Respect de l'objectif de qualité annuel ?</b> (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	<b>oui</b>	<b>oui</b>	<b>oui</b>
<b>Comparaison aux recommandations OMS</b>			
<b>Nombre de dépassements du seuil journalier recommandé par l'OMS</b> (15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser + de 3 j/an)	<b>28</b>	<b>26</b>	<b>65</b>
<b>Respect de seuil annuel recommandé par l'OMS ?</b> (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	<b>non</b>	<b>non</b>	<b>non</b>

Tableau 7 : Comparaisons des concentrations en  $PM_{2,5}$  aux seuils de référence

Les différents seuils réglementaires concernant les  $PM_{2,5}$  sont respectés sur le site étudié.

Les recommandations OMS ne sont pas respectées, mais elles ne le sont pas non plus sur les stations fixes du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.

A partir des données horaires de  $PM_{2,5}$  et des données météorologiques, une rose de pollution moyenne sur la période est générée (cf. Figure 26).

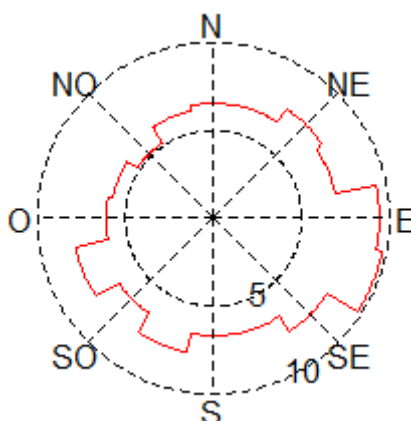


Figure 30 : rose de pollution moyenne en  $PM_{2,5}$  sur le Port de Bordeaux (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Une légère surconcentration en  $PM_{2,5}$  est apportée par des vents d'Est et d'Est-Sud-Est.



La Figure 27 présente les concentrations en  $PM_{2.5}$  entre la première escale (19/04/2022) et la dernière escale (28/10/2022) sur les quais des paquebots maritimes P124 et P127 (situés à côté de la station de mesure), ainsi que les dates d’escales de paquebots lorsque les vents provenaient du P124 et P127 (entre  $15^\circ$  et  $170^\circ$ ).

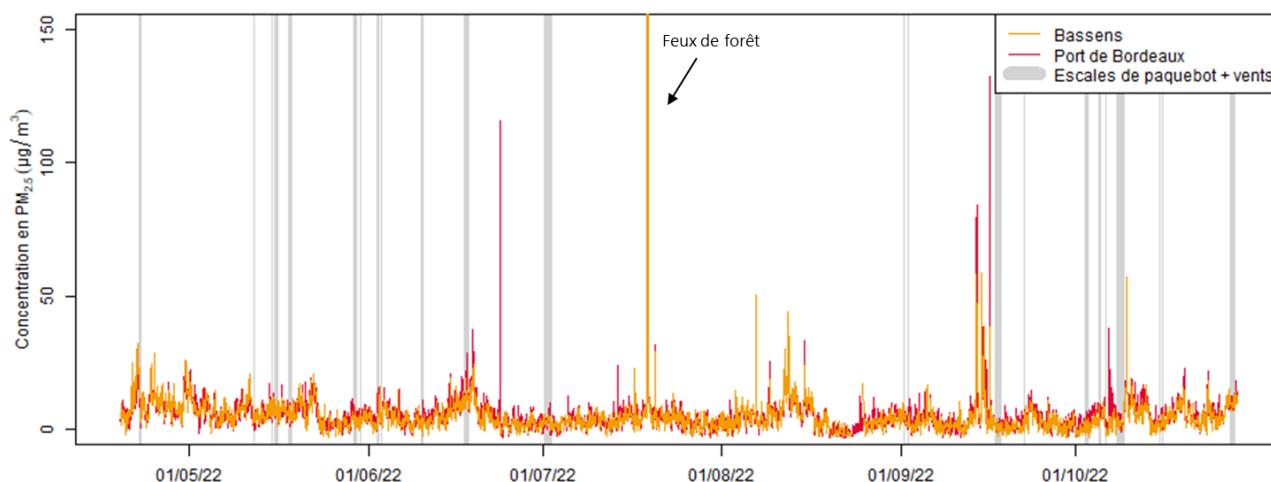


Figure 31 : concentrations horaires en  $PM_{2.5}$  comparées aux escales sur les quais P124 et P127 et aux directions de vents

Aucune corrélation n’apparaît entre les concentrations, les dates d’escales et les directions de vent.

### 5.3.3. Le carbone suie (black carbon)

La mesure du Black Carbon permet de différencier la contribution de la combustion de la biomasse et de fuel fossile sur la masse des  $PM_{10}$ . La part des particules provenant de la combustion de la biomasse est notée  $PM_{wb}$  et de celles provenant de la combustion de fuel fossile  $PM_{ff}$ . Les mesures de Black Carbon n’ont pu commencer qu’à partir du 15/04/2022, suite à un problème d’alimentation électrique, et ont duré jusqu’au 14/02/2023.

Les résultats pour les particules  $PM_{ff}$  et  $PM_{wb}$  sont comparés à 2 stations de référence du réseau d’Atmo Nouvelle-Aquitaine (« Augouard » située à Poitiers (86) et « Berland » située à Limoges (87)) sur la figure suivante.

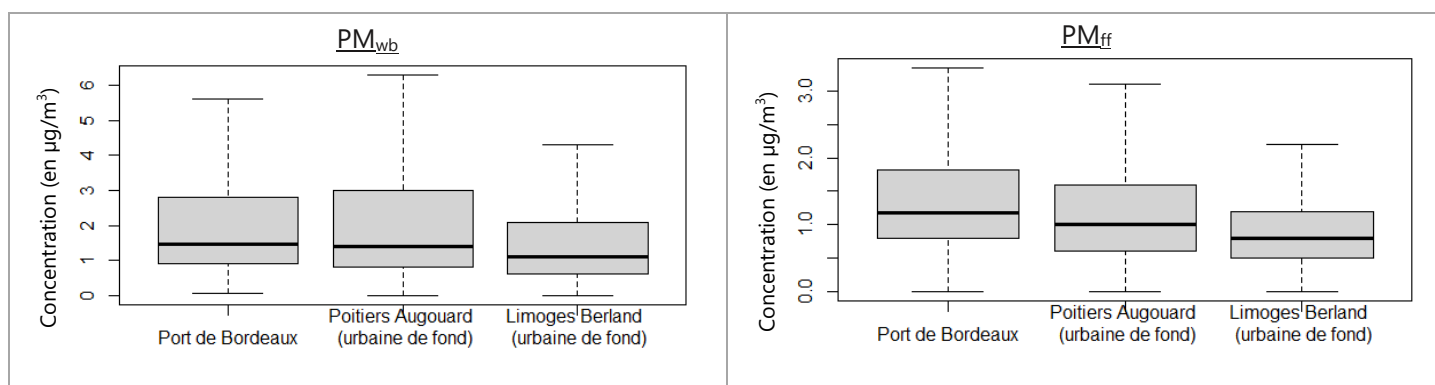


Figure 32 : distribution des concentrations en  $PM_{ff}$  et  $PM_{wb}$  sur le Port de Bordeaux et deux stations de référence<sup>5</sup>

Les concentrations sur le Port de Bordeaux sont du même ordre de grandeur que celles retrouvées sur les deux stations de fond de référence.

L’évolution journalière est présentée sur la figure ci-dessous et mise en perspective des concentrations en  $PM_{10}$  et  $PM_{2.5}$ .

<sup>5</sup> Une aide à la lecture des graphiques de type boîte à moustache/boxplot est disponible dans le lexique en page 6.

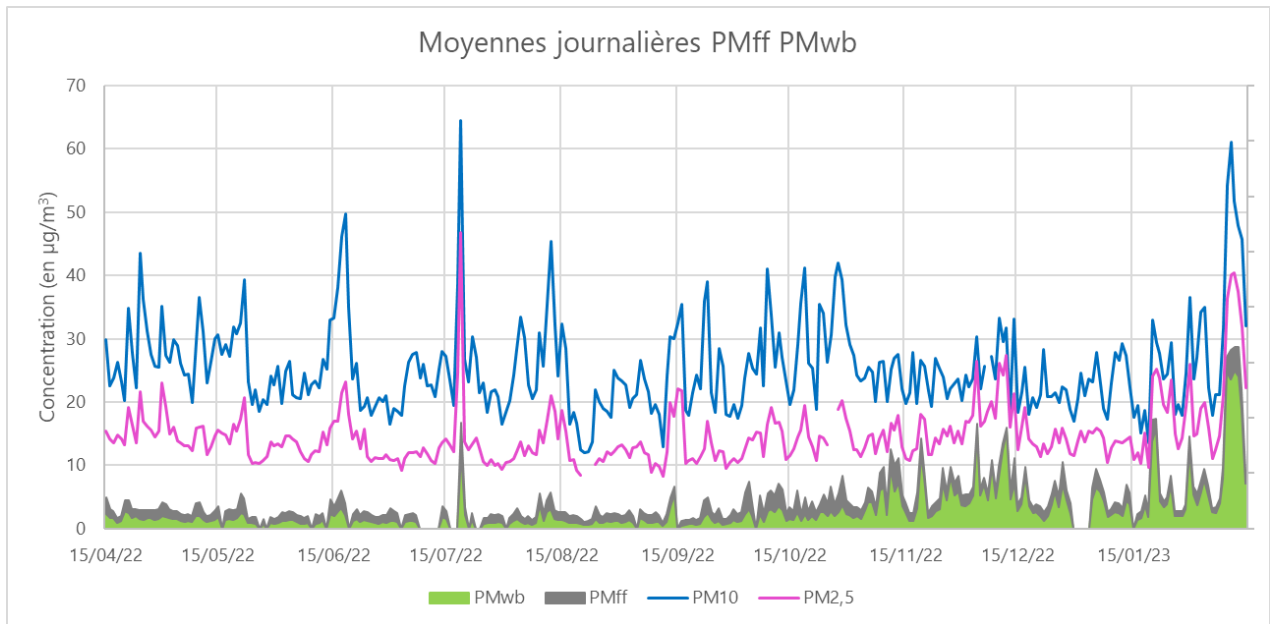


Figure 33 : évolution temporelle des concentrations en moyennes journalières de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  et des fractions issues de la combustion de biomasse ( $PM_{wb}$ ) et de la combustion de fuel fossile ( $PM_{ff}$ )

Globalement, les  $PM_{wb}$  sont plus importantes et prépondérantes par rapport aux  $PM_{ff}$  pendant les mois d'hiver, entre octobre et d'avril. Cela s'explique par l'utilisation de dispositifs de chauffage au bois non performants, qui émettent des particules dans l'air. Le reste de l'année, c'est les  $PM_{ff}$  qui sont prépondérantes, en lien avec le secteur des transports, puisque ces dispositifs ne sont pas utilisés. Les feux de forêts ayant eu lieu en été 2022 (entre juillet et septembre) en Gironde ont pu impacter ponctuellement les mesures. C'est le cas notamment du 19/07/2022, où les vents ont transporté le panache de fumée, contenant des particules, jusqu'à la métropole bordelaise : les  $PM_{wb}$  étaient prépondérantes puisque les particules venaient en majorité de la combustion des arbres.

A partir des données horaires de Black Carbon issues de la combustion de fuel fossile  $BC_{ff}$  et des données météorologiques, une rose de pollution moyenne sur la période est générée (cf. Figure 34).

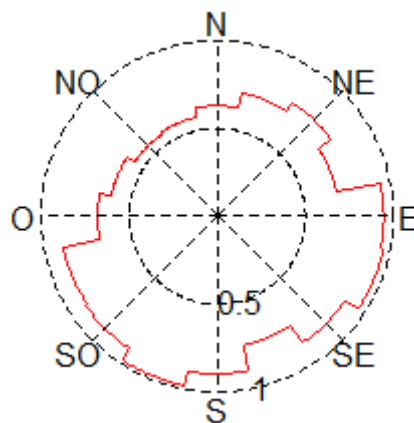


Figure 34 : rose de pollution moyenne en  $BC_{ff}$  sur le Port de Bordeaux (en  $\mu g/m^3$ )

Une légère surconcentration de Black Carbon issue de la combustion du fuel fossile est observée pour des directions de vent entre l'Est et l'Ouest-Sud-Ouest (sens horaire), ne permettant pas d'isoler une source particulière.

### 5.3.4. Les particules fines PM<sub>1</sub>

**Remarque** : Les mesures de particules fines PM<sub>1</sub> ont été effectuées par un appareil FIDAS à mesure optique. Ce matériel permet la mesure des PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> dans un cadre réglementé. La mesure des PM<sub>1</sub> n'est pas à ce jour confirmée par des équivalences de méthodes nationales. Les résultats sont donc donnés uniquement à titre informatif.

Les résultats pour les particules fines PM<sub>1</sub> (de diamètre inférieur à 1 µm) sont comparés à 2 stations de référence du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine (« Augouard » située à Poitiers (86) et « Berland » située à Limoges (87)) sur les figures suivantes. Les mesures de PM<sub>1</sub> n'ont pu commencer qu'à partir du 15/04/2022, suite à un problème d'alimentation électrique, et ont duré jusqu'au 14/02/2023.

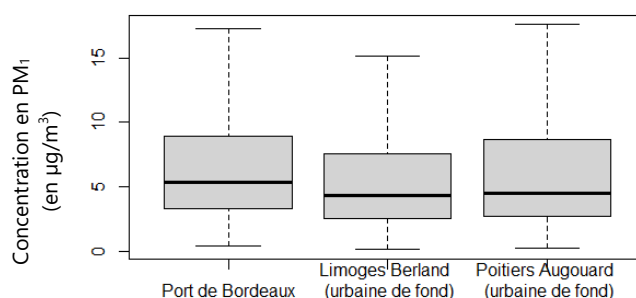


Figure 35 : distribution des concentrations en PM<sub>1</sub> sur le Port de Bordeaux et deux stations de référence<sup>6</sup>

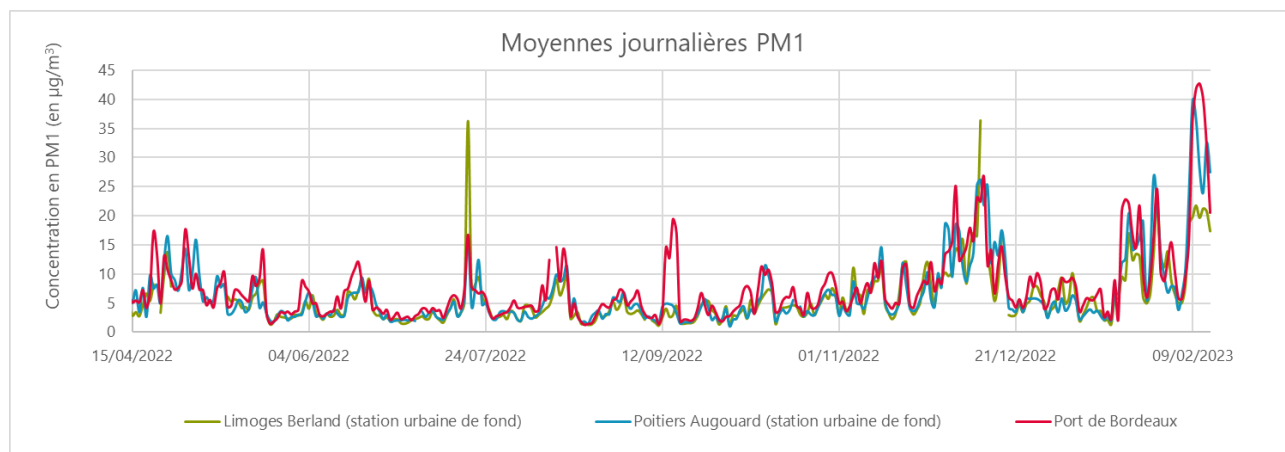


Figure 36 : concentrations en PM<sub>1</sub> en moyennes journalières sur le Port de Bordeaux et les stations de référence

Les concentrations mesurées sur le Port de Bordeaux sont similaires à celles mesurées sur les stations de référence. Comme pour les PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>, les feux de forêts ayant eu lieu en été 2022 (entre juillet et septembre) en Gironde ont pu impacter ponctuellement les mesures de la station du Port de Bordeaux mais aussi les stations fixes. C'est le cas notamment du 19/07/2022, où les vents ont transporté le panache de fumée, contenant des particules jusqu'à la métropole bordelaise mais aussi jusqu'à Limoges et Poitiers. Les concentrations en PM<sub>1</sub> sont plus élevées en hiver en raison de l'utilisation de dispositifs de chauffage au bois non performants.

<sup>6</sup> Une aide à la lecture des graphiques de type boîte à moustache/boxplot est disponible dans le lexique en page 6.

### 5.3.5. Comptage des particules fines et ultrafines

**Remarque** : les particules ultrafines ( $PM_{0,1}$ ) ont une concentration massique ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) trop faible pour baser leur mesure sur ce critère. C'est pourquoi leur concentration est donnée par rapport à leur nombre (particules/ $\text{cm}^3$ ). En effet, les particules les plus grosses ( $PM_{10}$ ) sont les plus lourdes tandis que les particules fines et ultrafines ( $PM_1$  et  $PM_{0,1}$ ) sont plus petites et ainsi plus légères (pas plus de quelques pourcents de la masse totale des particules) mais plus importantes en nombre.

Le comptage des particules fines et ultrafines a été réalisé à l'aide d'un compteur CPC (Condensation Particle Counter) : compteur de particules à condensation. Ce dernier permet de déterminer le nombre de particules par  $\text{cm}^3$  (nb/ $\text{cm}^3$ ) ayant une taille comprise entre 7 nm et 1  $\mu\text{m}$ .

Les résultats sont comparés à la station de référence du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine « Augouard » située à Poitiers (86), sur les figures suivantes. Les mesures ont eu lieu du 28/04/2022 au 18/01/2023.

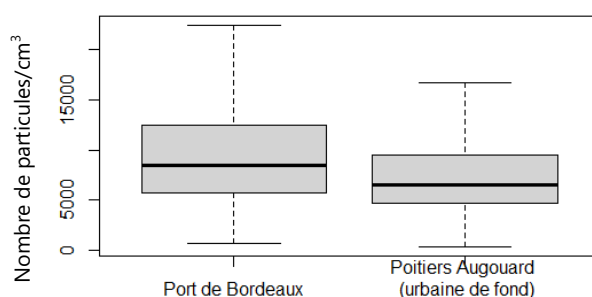


Figure 37 : distribution du nombre de particules fines et ultrafines sur le Port de Bordeaux et une station de référence<sup>7</sup>

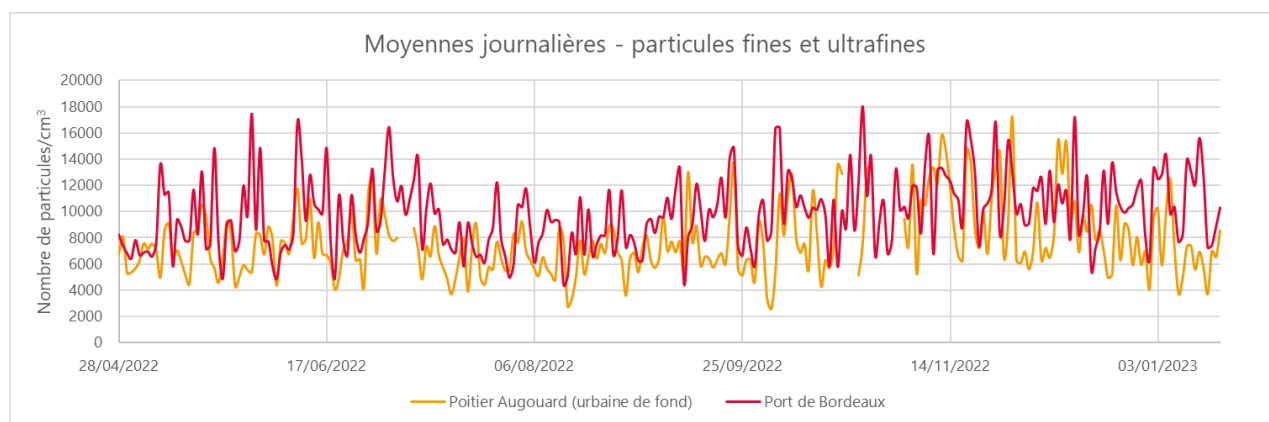


Figure 38 : nombre de particules fines et ultrafines en moyennes journalières sur le Port de Bordeaux et une station de référence

Les données sont légèrement plus élevées sur le port de Bordeaux que sur la station « Poitiers Augouard ».

<sup>7</sup> Une aide à la lecture des graphiques de type boîte à moustache/boxplot est disponible dans le lexique en page 6.

Le profil journalier est présenté ci-dessous.

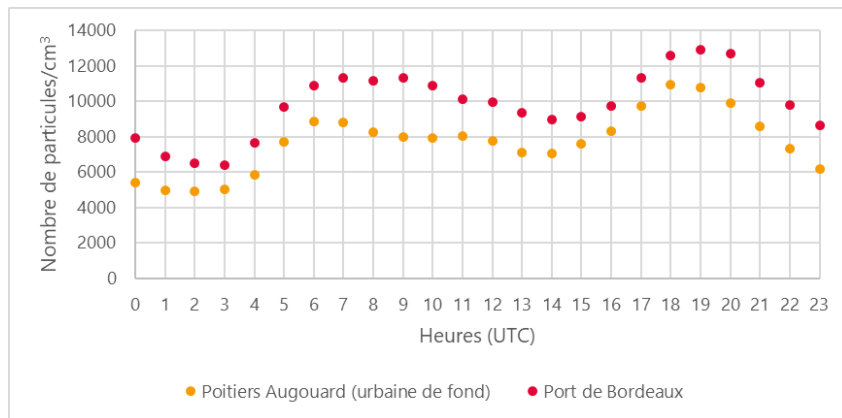


Figure 39 : profil journalier des particules fines et ultrafines

On observe une augmentation du nombre de particules selon les heures des trajets domicile-travail, ce qui démontre un impact important du trafic routier.

A partir des données horaires et des données météorologiques, une rose de pollution moyenne sur la période est générée (cf. figure ci-dessous)

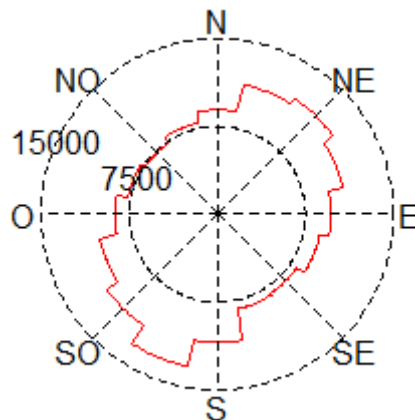


Figure 40 : rose de pollution moyenne des particules fines et ultrafines sur le Port de Bordeaux (en nb/cm³)

Les particules fines et ultrafines proviennent majoritairement des secteurs Nord-Nord-Est à Est-Nord-Est et Sud à Ouest-Sud-Ouest (sens horaire).

La Figure 41 présente le nombre de particules fines et ultrafines entre la première escale (19/04/2022) et la dernière escale (28/10/2022) sur les quais des paquebots maritimes P124 et P127 (situés à côté de la station de mesure), ainsi que les dates d'escales de paquebots lorsque les vents provenaient du P124 et P127 (entre 15° et 170° et vents faibles < 1 m/s).

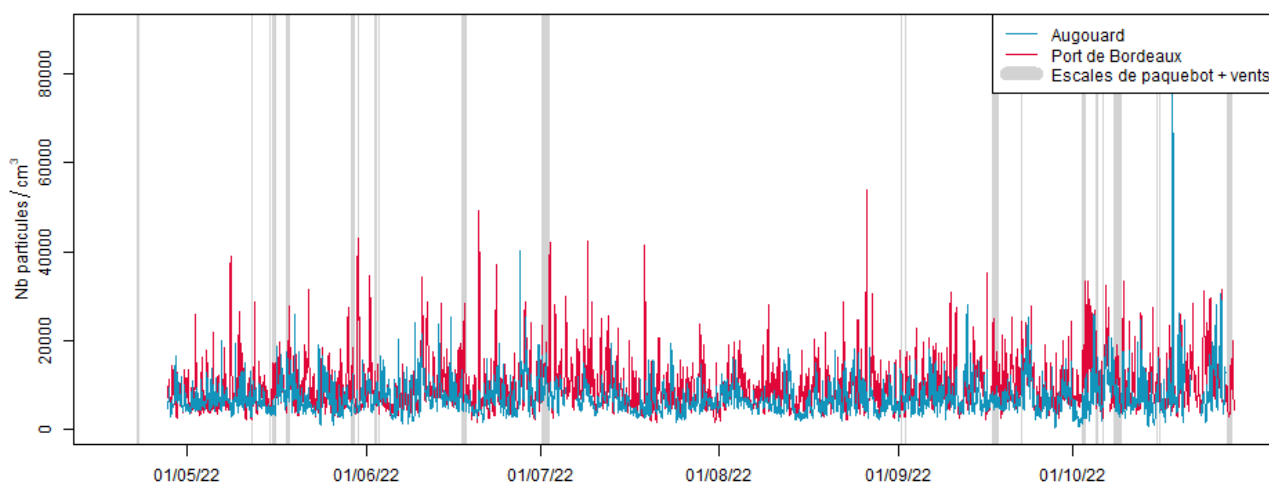


Figure 41 : nombre moyen horaire de particules fines et ultrafines comparées aux escales sur les quais P124 et P127 et aux directions de vents

Des augmentations ont pu apparaître quelques fois lors d'une période d'escale et de vents provenant des quais maritimes, mais la plupart des pics a eu lieu en dehors des périodes d'escales, et avec des valeurs plus fortes, ce qui signifie qu'elles sont apportées par d'autres sources. Aucune corrélation n'apparaît entre le nombre de particules, les dates d'escales et les directions de vent.

## 5.4. Comparaison à l'étude de 2018

### 5.4.1. Conditions environnementales des deux périodes 2018 et 2022

La comparaison des mesures est faite, dans la mesure du possible, sur la même période entre les deux campagnes. Pour les mesures automatiques, la période s'étend du 28/03 au 01/06 pour les années 2018 et 2022. Pour les mesures par tubes passifs, les résultats du 05/04 au 31/05/2018 sont comparées à ceux du 20/04 au 15/06/2022, les prélèvements ayant commencé un peu plus tard. Cela correspond à 4 prélèvements d'une durée de 2 semaines.

Entre le 28/03 et le 01/06/2018, les quais P127 et P124 ont accueilli respectivement 9 et 2 escales de paquebots maritimes, soit 11 au total. Entre le 28/03 et le 01/06/2022, ces mêmes quais ont accueilli 7 et 2 escales de paquebots maritimes, soit 9 au total.

Les données météorologiques peuvent influencer sur la concentration en polluants dans l'air. Les conditions météorologiques n'étant jamais identiques entre deux périodes, la comparaison est faite à titre indicatif. La comparaison des données météorologiques des différentes périodes de mesures est présentée en annexe 3. Les conditions de vents et de température sont similaires entre les périodes 2018 et 2022. En 2018, il y a eu environ 2 fois plus de précipitations qu'en 2022. Les précipitations, entraînant le lessivage des polluants vers le sol, peuvent induire une amélioration de la qualité de l'air (2018), mais ce n'est pas le seul critère.

### 5.4.2. Mesures automatiques

Les concentrations mesurées par données automatiques pendant l'étude 2022 sont comparées à celles mesurées en 2018 (cf. Figure 42 à Figure 44). Seuls les PM<sub>10</sub>, le NO<sub>2</sub> et le SO<sub>2</sub> avaient été mesurés lors de cette précédente étude. Les dates utilisées pour la comparaison sont du 28/03 au 01/06 des deux années 2018 et 2022.

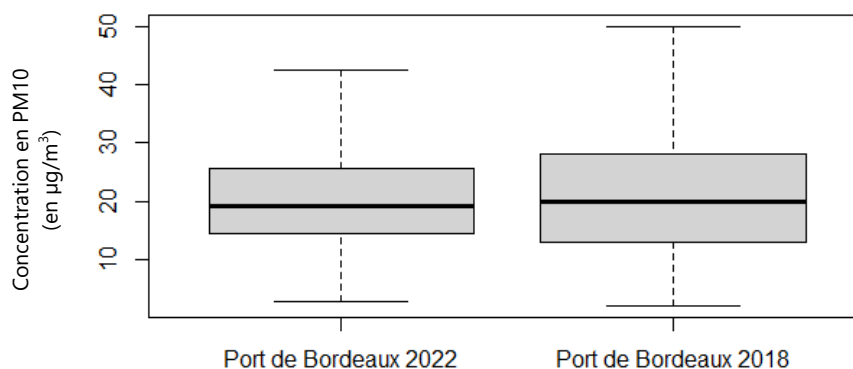


Figure 42 : distribution des concentrations en PM10 entre le 28/03 et le 01/06 de 2018 et 2022<sup>8</sup>

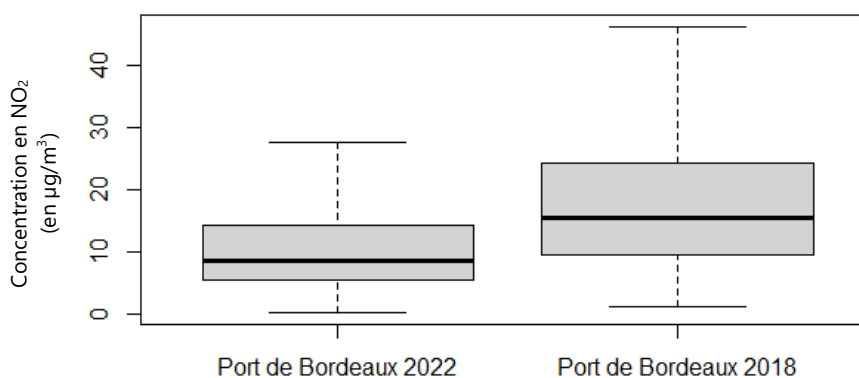


Figure 43 : distribution des concentrations en NO<sub>2</sub> entre le 28/03 et le 01/06 de 2018 et 2022

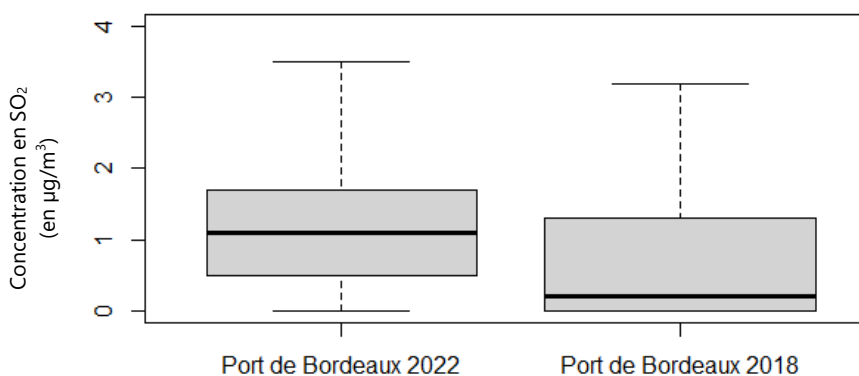


Figure 44 : distribution des concentrations en SO<sub>2</sub> entre le 28/03 et le 01/06 de 2018 et 2022

Les concentrations en PM10 sont similaires entre les deux campagnes.

Les concentrations en NO<sub>2</sub> sont inférieures en 2022, par rapport à la période de 2018. Cela peut notamment s'expliquer par une baisse de pollution en NO<sub>2</sub> observée globalement sur Bordeaux Métropole. Cette dernière est liée en partie à la baisse du trafic routier (développement des mobilités douces et du télétravail) et au renouvellement du parc automobile par des véhicules plus récents et moins polluants.

Les concentrations en SO<sub>2</sub> sont légèrement supérieures en 2022 mais restent très faibles.

### 5.4.3. Mesures par tubes passifs

Les concentrations mesurées par tubes passifs sont présentées dans la Figure 45 et le Tableau 8.

Les résultats du 05/04 au 31/05/2018 sont comparées à ceux du 20/04 au 15/06/2022, les prélèvements ayant commencé un peu plus tard.

<sup>8</sup> Une aide à la lecture des graphiques de type boîte à moustache/boxplot est disponible dans le lexique en page 6.

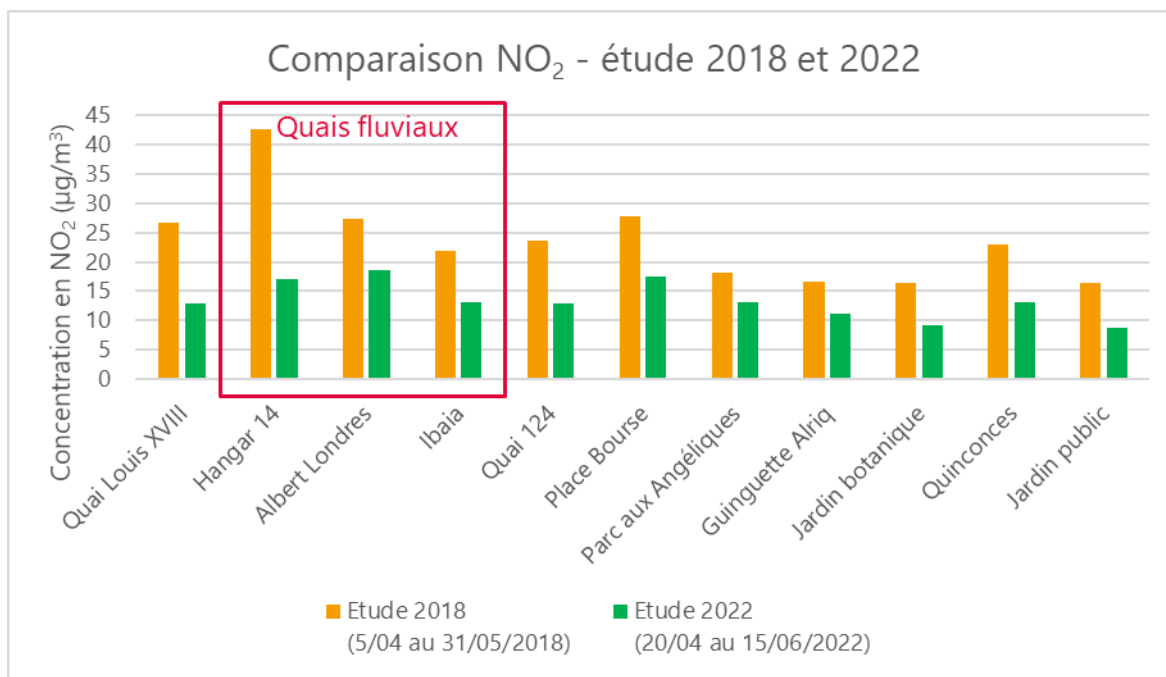


Figure 45 : comparaison des mesures de NO<sub>2</sub> par tubes passifs entre 2018 et 2022

Site	Concentration en SO <sub>2</sub> (en µg/m <sup>3</sup> )	
	Etude 2018 (5/04 au 31/05/2018)	Etude 2022 (20/04 au 15/06/2022)
Quai Louis XVIII	0.6	0.3
Hangar 14	< LQ	0.3
Albert Londres	0.5	0.2
Ibaia	< LQ	0.3
Quai 124	0.3	0.1
Place Bourse	0.3	0.2
Parc aux Angéliques	< LQ	0.3
Guinguette Alriq	< LQ	0.2
Jardin botanique	0.4	0.1
Quinconces	0.5	0.2
Jardin public	0.3	0.7

Tableau 8 : comparaison des mesures de SO<sub>2</sub> par tubes passifs entre 2018 et 2022 (LQ : Limite de Quantification = 0.2)

Les concentrations en NO<sub>2</sub> ont diminué entre 2018 et 2022. Cela s'explique, comme évoqué au paragraphe 5.4.2, par une baisse globale des émissions de ce polluant sur la métropole bordelaise liée en partie à une diminution du trafic routier et au renouvellement du parc automobile.

L'électrification des embarcadères Albert Londres et Ponton Ariane, accueillant les croisières fluviales, ont pu participer à diminuer la pollution en NO<sub>2</sub> et en SO<sub>2</sub>. En effet, cette installation permet de limiter les rejets de polluants des bateaux lorsqu'ils sont à quai. L'électrification des deux autres embarcadères Jefferson et Lafayette sera opérationnelle dans un futur proche, selon Bordeaux Métropole.

Les concentrations en SO<sub>2</sub> sont très faibles pour les deux périodes 2018 et 2022.



# 6. Conclusion

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

## Dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>

### Mesures automatiques

- Les concentrations mesurées sur le Port de Bordeaux sont très légèrement supérieures à celles de la station de fond « Grand Parc » (33) mais bien inférieures à celles de la station d'influence trafic « Gautier » (33).
- Le profil journalier démontre deux pics : un le matin et un le soir, qui correspondent aux trajets domicile-travail, montrant l'influence du trafic routier.
- Les différents seuils réglementaires sont respectés (200 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire et 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle).
- Les recommandations OMS (25 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière et 10 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle) ne sont pas respectées, mais elles ne le sont pas non plus sur les stations fixes du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.
- Quelques pics sont concomitants à une période d'escale avec des vents provenant des quais P124 et P127. Ils restent toutefois très ponctuels, bien inférieurs au seuil horaire réglementaire et les concentrations diminuent rapidement. La plupart des pics apparaissent en dehors des périodes d'escales et sont donc engendrés par d'autres sources.
- Les concentrations sont inférieures à celles relevées pendant la campagne 2018, sur la même période. Cette diminution de la pollution s'explique par une baisse de pollution en NO<sub>2</sub> observée globalement sur Bordeaux Métropole, liée pour partie à une baisse du trafic routier et au renouvellement du parc automobile. L'électrification des embarcadères Albert Londres et Ponton Ariane, accueillant les croisières fluviales, ont pu participer à diminuer la pollution en NO<sub>2</sub>.

### Mesures par tubes passifs

- A titre indicatif, les concentrations en période sans escales sont, sur la majorité des sites, du même ordre de grandeur ou supérieures à celles mesurées en période avec escales, le trafic routier étant la principale source de NO<sub>2</sub> dans ces zones.
- Les concentrations les plus élevées sont retrouvées au niveau des sites « Place de la Bourse », « Albert Londres » et « Hangar 14 ». Les niveaux restent toutefois bien inférieurs au seuil réglementaire en moyenne annuelle de 40 µg/m<sup>3</sup>.
- A titre indicatif, pendant la période d'escale, 9 des 12 sites dépassent le seuil annuel recommandé par l'OMS de 10 µg/m<sup>3</sup>.
- Les mesures par tubes passifs ont également montré une diminution de la pollution en NO<sub>2</sub> depuis 2018.

## Dioxyde de soufre

### Mesures automatiques

- Les concentrations mesurées sur le port de Bordeaux sont bien inférieures à celles des stations « Bassens » (33) et « Lacq » (64).
- Les différents seuils réglementaires sont respectés sur le site étudié (350 µg/m<sup>3</sup> en moyenne horaire, 125 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière et 50 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle).
- La recommandation OMS est également respectée (40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière).
- Quelques pics sont concomitants à une période d'escale avec des vents provenant des quais P124 et P127. Ces pics restent toutefois très ponctuels, largement inférieurs au seuil horaire réglementaire et les concentrations diminuent rapidement.

- Les concentrations sont légèrement supérieures à celles relevées pendant la campagne 2018, sur la même période, mais restent très faibles.

#### **Mesures par tubes passifs**

- Les concentrations sont globalement très faibles, ne permettant pas de dégager de tendance particulière entre la période avec escale et sans escale.
- Les concentrations sont du même ordre de grandeur que celles relevées pendant la campagne 2018, sur la même période, et restent très faibles.

#### **Particules**

- Globalement, les feux de forêts ayant eu lieu en été 2022 (entre juillet et septembre) en Gironde ont pu impacter ponctuellement les mesures de la station du port de Bordeaux mais aussi les stations de référence.
- De plus, les concentrations sont plus élevées en hiver en raison notamment de l'utilisation de dispositifs de chauffage au bois non performants, qui entraînent l'émission de particules dans l'atmosphère.

#### **Particules grossières PM<sub>10</sub>**

- Les concentrations sont du même ordre de grandeur que la station de fond « Grand Parc » (33) et inférieures à la station trafic « Gautier » (33).
- Les différents seuils réglementaires concernant les PM<sub>10</sub> sont respectés sur le site étudié (50 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière et 40 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle).
- Les recommandations OMS (45 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière et 15 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle) ne sont pas respectées, mais elles ne le sont pas non plus sur les stations fixes du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.
- Aucune corrélation n'apparaît entre les concentrations, les dates d'escales et les directions de vent.
- Les concentrations sont similaires à celles relevées pendant la campagne 2018, sur la même période.

#### **Particules fines PM<sub>2,5</sub>**

- Les concentrations sont du même ordre de grandeur que la station de fond « Bassens » (33) et inférieures à la station trafic « Gautier » (33).
- Les différents seuils réglementaires concernant les PM<sub>2,5</sub> sont respectés sur le site étudié (en moyenne annuelle : 25 µg/m<sup>3</sup> pour la valeur limite, 20 µg/m<sup>3</sup> pour la valeur cible et µg/m<sup>3</sup> pour l'objectif de qualité).
- Les recommandations OMS (15 µg/m<sup>3</sup> en moyenne journalière et 5 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle) ne sont pas respectées, mais elles ne le sont pas non plus sur les stations fixes du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.
- Aucune corrélation n'apparaît entre les concentrations, les dates d'escales et les directions de vent.

#### **Black Carbon**

- La part des particules provenant de la combustion de la biomasse (PM<sub>wb</sub>) et de celles provenant de la combustion de fuel fossile (PM<sub>ff</sub>) sont similaires aux stations de fond de référence « Poitiers Augouard » (86) et « Limoges Berland » (87).
- Une légère surconcentration de Black Carbon issu de la combustion du fuel fossile est observée pour des directions de vent entre l'Est et l'Ouest-Sud-Ouest (sens horaire), ne permettant pas d'isoler une source particulière.

### Particules fines PM<sub>1</sub>

- Les concentrations mesurées sur le Port de Bordeaux sont similaires à celles mesurées sur les stations de fond de référence « Poitiers Augouard » (86) et « Limoges Berland » (87).

### Comptage des particules fines et ultrafines

- Les données sont légèrement plus élevées sur le port de Bordeaux que la station « Poitiers Augouard » (86).
- On observe une augmentation du nombre de particules selon les heures des trajets domicile-travail, ce qui démontre un impact important du trafic routier.
- Aucune corrélation n'apparaît entre le nombre de particules, les dates d'escales et les directions de vent.

**Globalement, l'impact des paquebots maritimes et fluviaux est faible sur la qualité de l'air dans les quartiers aux abords du port. Les émissions urbaines, notamment le trafic routier et le chauffage au bois, sont les principales sources de pollution auxquelles sont exposées les populations.**

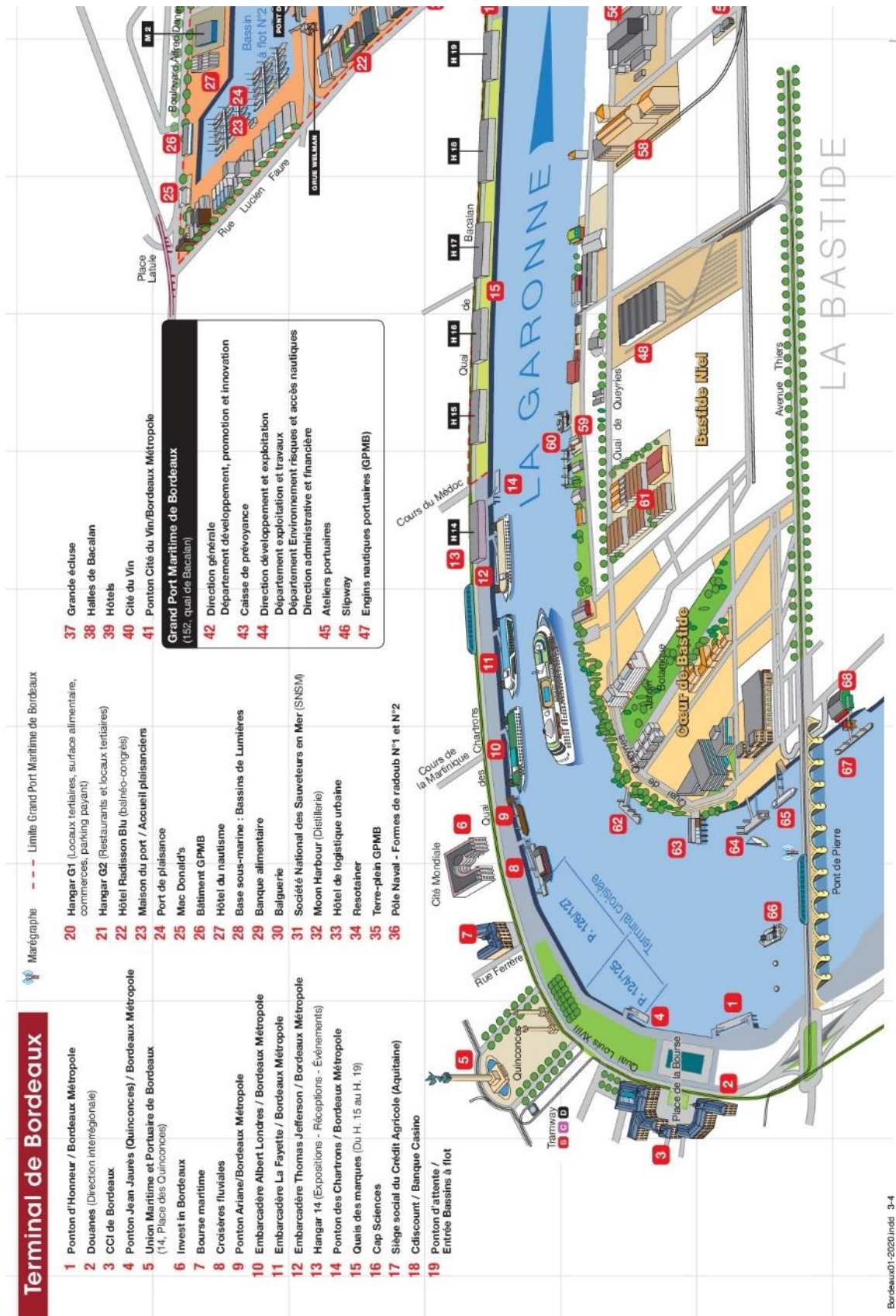
# Bibliographie

1. Étude de l'impact du port de Bordeaux sur les concentrations en polluants atmosphériques | Atmo Nouvelle-Aquitaine [Internet]. [cité 5 juin 2023]. Disponible sur: <https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/publications/etude-de-limpact-du-port-de-bordeaux-sur-les-concentrations-en-polluants>
2. European Environment Agency (EU body or agency), Aardenne J van, Vlieger I de, Viana M, Colette A, Hammings P, et al. The impact of international shipping on European air quality and climate forcing [Internet]. LU: Publications Office of the European Union; 2013 [cité 23 juin 2023]. Disponible sur: <https://data.europa.eu/doi/10.2800/75763>
3. Directive (UE) n° 2016/802 du 11/05/16 concernant une réduction de la teneur en soufre de certains combustibles liquides | AIDA [Internet]. [cité 21 août 2023]. Disponible sur: <https://aida.ineris.fr/reglementation/directive-ue-ndeg-2016802-110516-concernant-reduction-teneur-soufre-certains>
4. Signature d'une charte des bonnes pratiques environnementales pour la croisière | Port de Bordeaux [Internet]. [cité 21 août 2023]. Disponible sur: <https://www.bordeaux-port.fr/fr/article/signature-d-une-charte-des-bonnes-pratiques-environnementales-pour-la-croisiere>
5. PCAET de Bordeaux Métropole (33) - Diagnostic qualité de l'air | Atmo Nouvelle-Aquitaine [Internet]. [cité 19 juin 2023]. Disponible sur: <https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/publications/pcaet-de-bordeaux-metropole-33-diagnostic-qualite-de-lair-0>
6. Bodhaine BA. Aerosol absorption measurements at Barrow, Mauna Loa and the south pole. *J Geophys Res Atmospheres*. 1995;100(D5):8967-75.
7. Hansen ADA, Conway TJ, Strele LP, Bodhaine BA, Thoning KW, Tans P, et al. Correlations among combustion effluent species at Barrow, Alaska: Aerosol black carbon, carbon dioxide, and methane. *J Atmospheric Chem*. 1989;9(1-3):283-99.
8. Sciare J, Favez O, Sarda-Estève R, Oikonomou K, Cachier H, Kazan V. Long-term observations of carbonaceous aerosols in the Austral Ocean atmosphere: Evidence of a biogenic marine organic source. *J Geophys Res Atmospheres*. 2009;114(D15).
9. Favez O, Haddad IE, Piot C, Boréave A, Abidi E, Marchand N, et al. Inter-comparison of source apportionment models for the estimation of wood burning aerosols during wintertime in an Alpine city (Grenoble, France). *Atmospheric Chem Phys*. 2010;10(12):5295-314.
10. Herich H, Hueglin C, Buchmann B. A 2.5 year's source apportionment study of black carbon from wood burning and fossil fuel combustion at urban and rural sites in Switzerland. *Atmospheric Meas Tech*. 2011;4(7):1409-20.
11. Sandradewi J, Prévôt ASH, Weingartner E, Schmidhauser R, Gysel M, Baltensperger U. A study of wood burning and traffic aerosols in an Alpine valley using a multi-wavelength Aethalometer. *Atmos Environ*. 2008;42(1):101-12.
12. Sandradewi J, Prévôt ASH, Szidat S, Perron N, Alfarra MR, Lanz VA, et al. Using aerosol light absorption measurements for the quantitative determination of wood burning and traffic emission contributions to particulate matter. *Environ Sci Technol*. 2008;42(9):3316-23.

13. Kocbach A, Li Y, Yttri KE, Cassee FR, Schwarze PE, Namork E. Physicochemical characterisation of combustion particles from vehicle exhaust and residential wood smoke. *Part Fibre Toxicol.* 2006;3(1):1.
14. Sun H, Biedermann L, Bond TC. Color of brown carbon: A model for ultraviolet and visible light absorption by organic carbon aerosol. *Geophys Res Lett* [Internet]. 2007;34(17). Disponible sur: <http://dx.doi.org/10.1029/2007GL029797>
15. Kirchstetter TW, Novakov T, Hobbs PV. Evidence that the spectral dependence of light absorption by aerosols is affected by organic carbon. *J Geophys Res Atmospheres* [Internet]. 2004;109(D21). Disponible sur: <http://dx.doi.org/10.1029/2004JD004999>
16. Chevrier F. Chauffage au bois et qualité de l'air en Vallée de l'Arve: définition d'un système de surveillance et impact d'une politique de rénovation du parc des appareils anciens [Thèse]. [Grenoble]: Université Grenoble Alpes; 2016.
17. LCSQA. Impact de la combustion de la biomasse sur les concentrations de PM10 dans les 10 agglomérations du programme CARA au cours de l'hiver 2014-2015. 2015.
18. El Haddad I, Marchand N, Dron J, Temime-Roussel B, Quivet E, Wortham H, et al. Comprehensive primary particulate organic characterization of vehicular exhaust emissions in France. *Atmos Environ.* 2009;43(39):6190-8.
19. Laschober C, Limbeck A, Rendl J, Puxbaum H. Particulate emissions from on-road vehicles in the Kaisermühlen-tunnel (Vienna, Austria). *Atmos Environ.* 2004;38(14):2187-95.

# Annexes

## Annexe 1 : Plan partiel du terminal de Bordeaux



Bordeaux01-2020.indd 3-4

## Annexe 2 : Bilan des émissions de Bordeaux Métropole

Les données présentées dans cette partie sont issues de l'inventaire des émissions 2018 réalisé par Atmo Nouvelle-Aquitaine, le plus récent disponible. Le détail des données, ainsi que la méthodologie associée, sont consultables dans le rapport d'Atmo Nouvelle-Aquitaine *PLAN\_EXT\_21\_444 : PCAET de Bordeaux Métropole (Gironde, 33) - Diagnostic qualité de l'air*. (5)

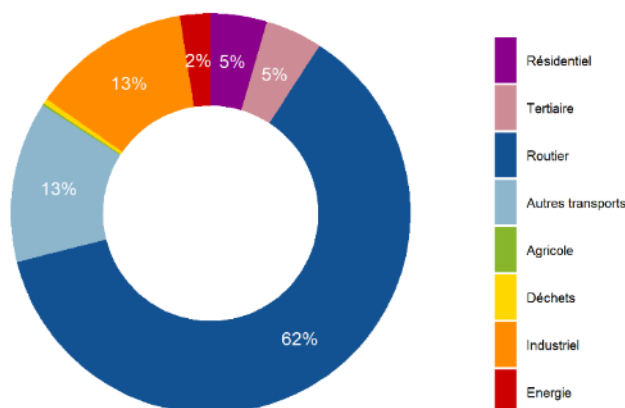
La qualité de l'air résulte d'un équilibre complexe entre les apports directs de polluants émis dans l'air, les émissions polluantes et les phénomènes auxquels ces polluants vont être soumis une fois dans l'atmosphère : transport, dispersion, dépôt ou réactions chimiques. C'est pourquoi il ne faut pas confondre les concentrations dans l'air ambiant, caractérisant la qualité de l'air respiré, avec les émissions de polluants rejetées par une source donnée (une cheminée, un pot d'échappement, un volcan).

Même sans lien direct avec les émissions de polluants, la qualité de l'air en dépend fortement. C'est pourquoi, au-delà du réseau de mesure, la surveillance de la qualité de l'air s'appuie également sur la connaissance de ces émissions.

### Émissions d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)

La répartition sectorielle des émissions montre une contribution majeure du secteur des transports avec 75 % des émissions totales de NO<sub>x</sub>. Viennent ensuite les secteurs de l'énergie, de l'industrie et des déchets et le secteur résidentiel/tertiaire avec, respectivement, 16 % et 9 % des émissions totales de NO<sub>x</sub> (cf. ci-dessous).

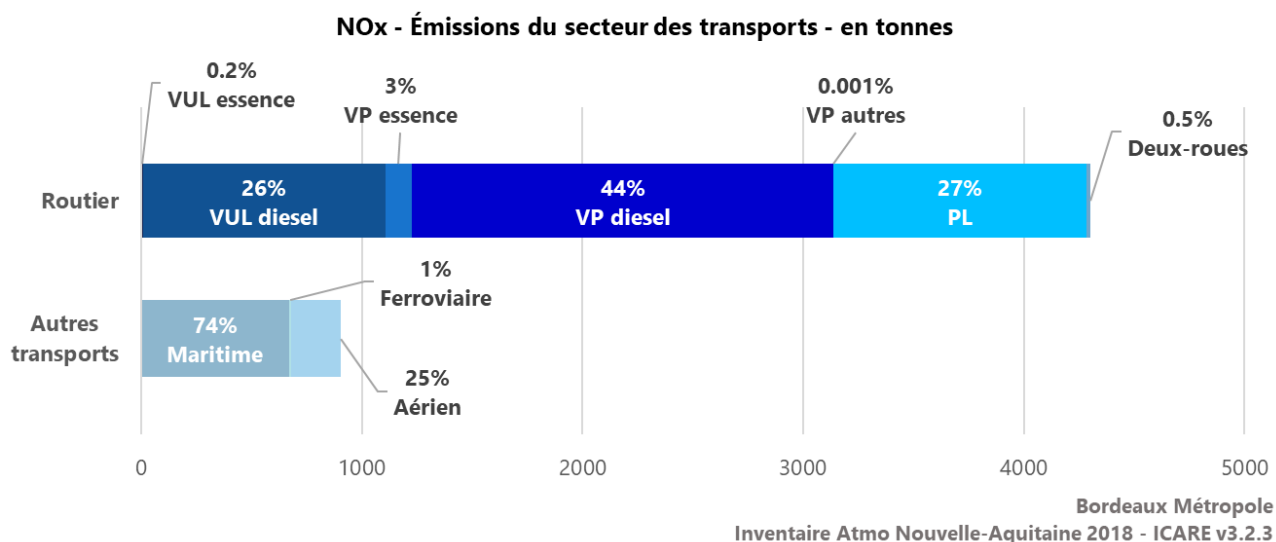
NO<sub>x</sub> - Répartition des émissions par secteur



Bordeaux Métropole  
Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 - ICARE v3.2.3

Bordeaux Métropole – NO<sub>x</sub>, répartition des émissions par secteur

Les émissions du secteur maritime représentent 74 % des émissions de NO<sub>x</sub> du secteur des autres transports. Le port de Bordeaux représente 10 % des émissions de NO<sub>x</sub> du secteur maritime dont 39 % liées aux paquebots (cf. figure ci-après).

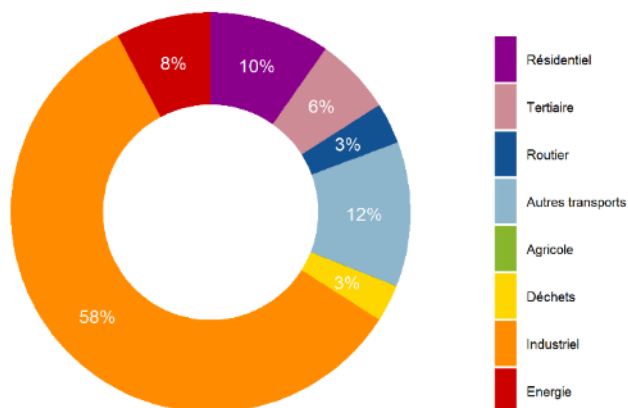


Bordeaux Métropole – NOx, émissions du secteur des transports, en tonnes

### Émissions de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

La répartition sectorielle des émissions de SO<sub>2</sub> montre une contribution majeure des secteurs de l'énergie, de l'industrie et des déchets (69 %) suivie par les secteurs résidentiel/tertiaire (16 %) et transports (15 %) (cf. figure ci-dessous).

SO<sub>2</sub> - Répartition des émissions par secteur

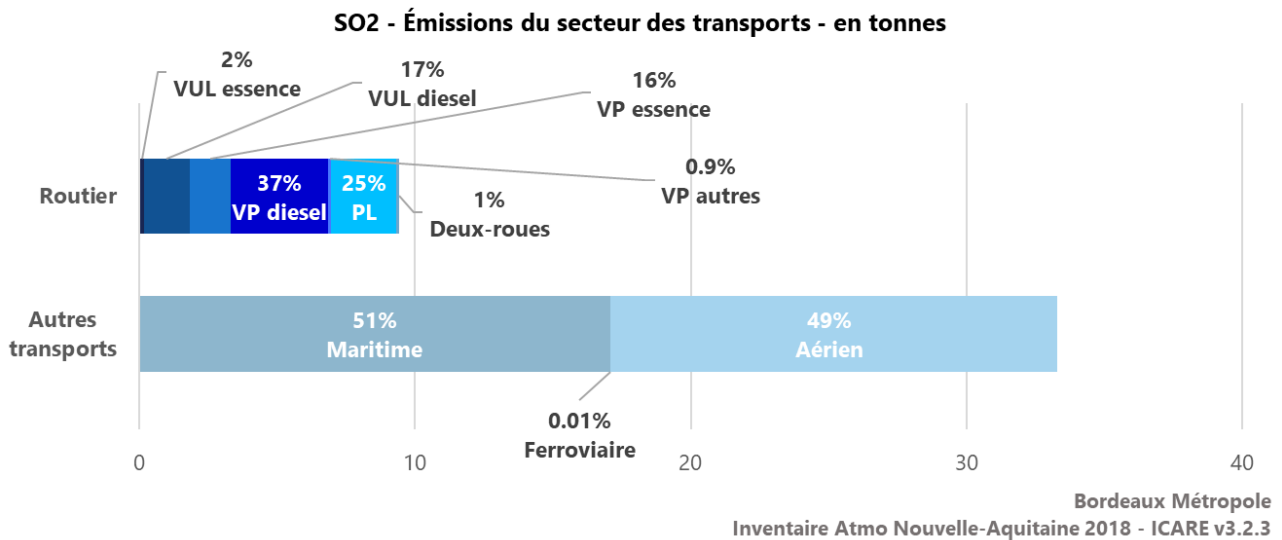


Bordeaux Métropole  
Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 - ICARE v3.2.3

Bordeaux Métropole – SO<sub>2</sub>, répartition des émissions par secteur

Les émissions du secteur maritime représentent 51 % des émissions de SO<sub>2</sub> du secteur des autres transports. Le port de Bordeaux représente 10 % des émissions de SO<sub>2</sub> du secteur maritime dont 39 % liées aux paquebots (cf. figure ci-après).





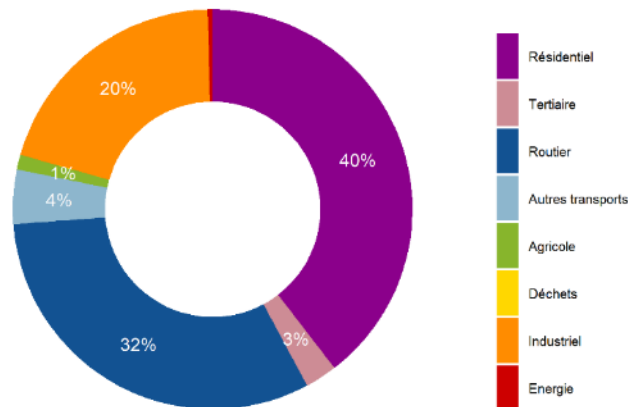
Bordeaux Métropole – SO<sub>2</sub>, émissions du secteur des transports, en tonnes

### Les particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>

Les sources de particules sont multiples et leur répartition dépend de leur granulométrie. Globalement sur ce territoire, trois secteurs d'activité se partagent les émissions de particules : résidentiel/tertiaire, transports, et énergie, industrie, déchets, dans des proportions pouvant varier.

Les particules émises par le secteur résidentiel/tertiaire sont plus fines que celles émises par les secteurs énergie, industrie et déchets où elles sont plus grossières. Le secteur des transports est, quant à lui, aussi bien émetteur de particules fines que de particules grossières (cf. figures ci-après).

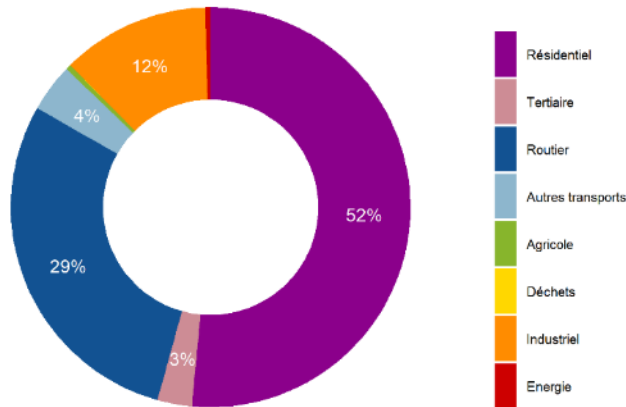
PM<sub>10</sub> - Répartition des émissions par secteur



Bordeaux Métropole  
Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 - ICARE v3.2.3

Bordeaux Métropole – PM<sub>10</sub>, répartition des émissions par secteur

**PM<sub>2,5</sub> - Répartition des émissions par secteur**

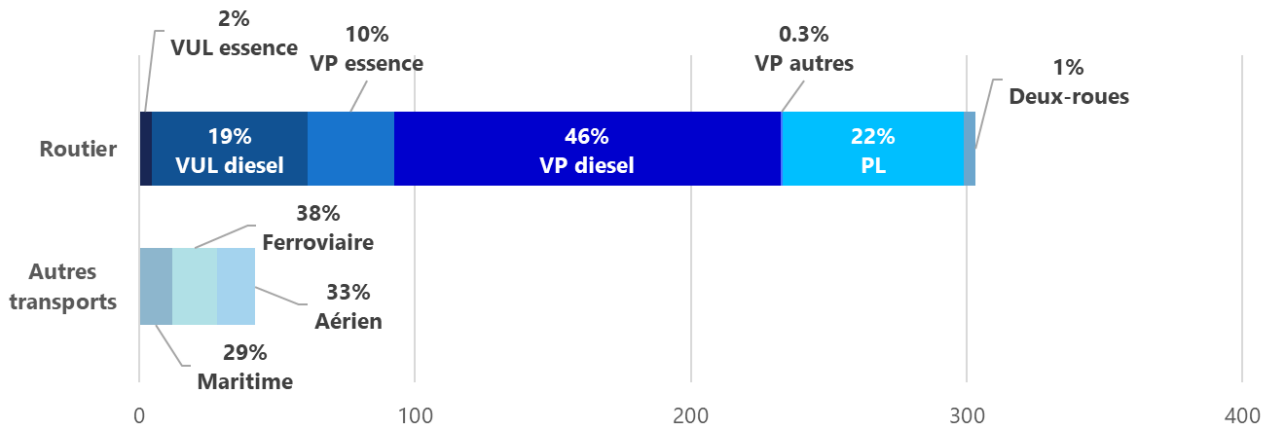


Bordeaux Métropole  
Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 - ICARE v3.2.3

*Bordeaux Métropole – PM<sub>2,5</sub>, Répartition des émissions par secteur*

Les émissions du secteur maritime représentent 29 % des émissions de PM<sub>10</sub> du secteur des autres transports. Le port de Bordeaux représente 10 % des émissions de PM<sub>10</sub> du secteur maritime dont 39 % liées aux paquebots (cf. figure ci-dessous).

**PM<sub>10</sub> - Émissions du secteur des transports - en tonnes**

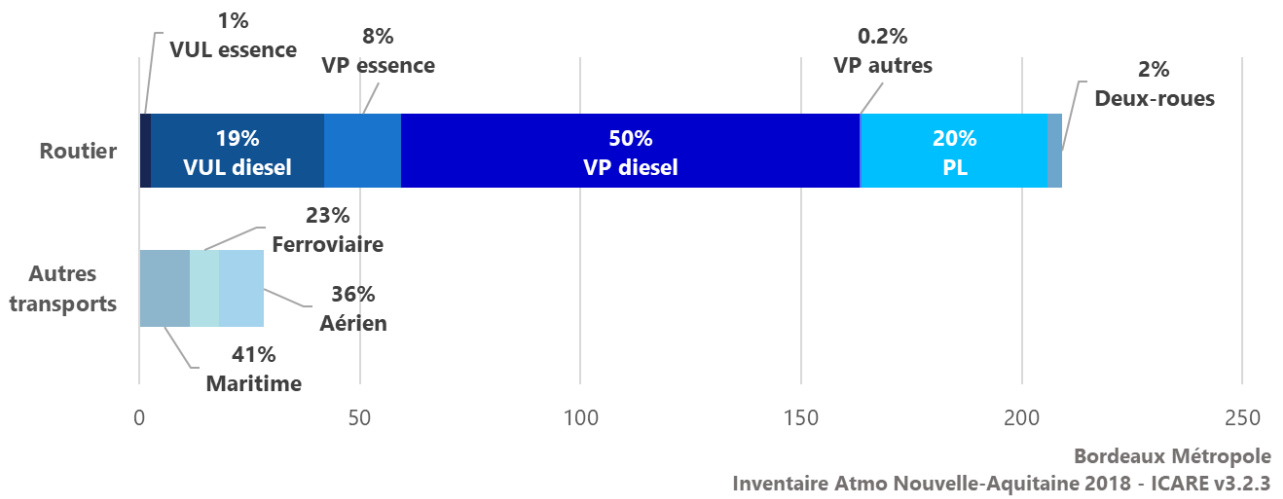


Bordeaux Métropole  
Inventaire Atmo Nouvelle-Aquitaine 2018 - ICARE v3.2.3

*Bordeaux Métropole – PM<sub>10</sub>, émissions du secteur des transports, en tonnes*

Les émissions du secteur maritime représentent 41 % des émissions de PM<sub>2,5</sub> du secteur des autres transports. Le port de Bordeaux représente 10 % des émissions de PM<sub>2,5</sub> du secteur maritime dont 39 % liées aux paquebots (cf. figure ci-après).

**PM2,5 - Émissions du secteur des transports - en tonnes**



Bordeaux Métropole – PM<sub>2,5</sub>, émissions du secteur des transports, en tonnes

### Annexe 3 : Comparaison des données météorologiques entre les études 2018 et 2022

Mesures automatiques		
Période	28/03 au 01/06/2022	28/03 au 01/06/2018
Rose des vents		
	● [0 - 1 [ Vent calme    ● [1 - 2 [    ● [2 - 3 [    ● [3 - 4 [    ● [4 - 5 [    ● [5 - 6 [    ● [6 +	
Température moyenne (°C)	16	15
Température minimale (°C)	-1	3
Température maximale (°C)	33	28
Cumul des précipitations (mm)	88	154
Tubes passifs		
Période	20/04 au 15/06/2022	05/04 au 31/05/2018
Rose des vents		
	● [0 - 1 [ Vent calme    ● [1 - 2 [    ● [2 - 3 [    ● [3 - 4 [    ● [4 - 5 [    ● [5 - 6 [    ● [6 +	
Température moyenne (°C)	19	15
Température minimale (°C)	8	3
Température maximale (°C)	35	28
Cumul des précipitations (mm)	73	123

RETROUVEZ TOUTES  
NOS **PUBLICATIONS** SUR :  
[www.atmo-nouvelleaquitaine.org](http://www.atmo-nouvelleaquitaine.org)

## Contacts

---

**[contact@atmo-na.org](mailto:contact@atmo-na.org)**

**Tél. : 09 84 200 100**

Pôle Bordeaux (siège social) - ZA Chemin Long  
13 allée James Watt - 33 692 Mérignac Cedex

Pôle La Rochelle (adresse postale-facturation)  
ZI Périgny/La Rochelle - 12 rue Augustin Fresnel  
17 180 Périgny

Pôle Limoges  
Parc Ester Technopole - 35 rue Soyouz  
87 068 Limoges Cedex

