

# Évaluation de la qualité de l'air sur 5 sites dans l'environnement du Grand Port Maritime de La Réunion - Commune du Port

## Bilan final : Juin 2022 – Décembre 2023



Diffusion : 14/06/2024

**Atmo Réunion**  
7, rue Mahé, La Mare  
97438 Sainte-Marie  
Fax: 0262 28 97 08  
Tél.: 0262 28 39 40  
ora@atmo-reunion.net



Cofinancé par le mécanisme pour l'interconnexion en Europe de l'Union européenne



## Commanditaire de l'étude



### **Grand Port Maritime de La Réunion (GPMDLR)**

**M. Etienne NAUDE**, Directeur de l'Aménagement et du Développement Durable

☎ : 0262 42 91 41 ; GSM : 0693 11 07 55

E-mail : [etienne.naude@reunion.port.fr](mailto:etienne.naude@reunion.port.fr)

**Affaire suivie par : Mme Priscille LABARRERE**, Responsable Environnement - Risques Industriels

**GPMDLR**

E-mail : [priscille.labarrere@reunion.port.fr](mailto:priscille.labarrere@reunion.port.fr)

### Adresse de facturation :

**A l'attention de M. Etienne NAUDE**, Directeur

2 rue Evariste de Parny

97420 Le Port





---

**Référence de la demande :** DC 21 041

**Rapport :** RE PR 24 005 A

**Diffusion :** GPMDLR

## Conditions de diffusion :

-  Les données contenues dans ce document restent la propriété d'Atmo Réunion ou de ses partenaires.
-  Les rapports et données ne seront pas systématiquement rediffusés en cas de modification ultérieure.
-  Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit faire référence à Atmo Réunion en termes de « **Atmo Réunion** : nom du document ».
-  Atmo Réunion ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations, travaux intellectuels et/ou publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.



# Sommaire

1. Objectif de l'étude.....	4
2. Polluants surveillés.....	5
3. Plan de situation .....	6
4. Plan d'échantillonnage.....	7
5. Méthode de mesure.....	9
6. Taux de couverture des mesures.....	11
7. Normes réglementaires et recommandations O.M.S. ....	12
8. Résultats .....	14
8.1 Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ) .....	14
8.2 Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ).....	15
8.3 Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> ) .....	16
8.4 Particules fines en suspension (PM <sub>10</sub> ).....	17
8.5 Particules fines en suspension (PM <sub>2.5</sub> ) .....	18
8.6 Benzène (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> ) .....	19
9. Analyses des résultats.....	20
9.1 Évolution des concentrations horaires en SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> et PM <sub>2.5</sub> .....	20
9.2 Évolution des profils journaliers en NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> et PM <sub>2.5</sub> .....	21
9.3 Évolution des profils hebdomadaires en NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> et PM <sub>2.5</sub> .....	22
9.4 Roses des vents sur les sites O2, O4, E2, E4 et E09 .....	23
9.5 Roses des pollutions en SO <sub>2</sub> .....	27
9.6 Roses des pollutions en NO <sub>2</sub> .....	30
9.7 Roses des pollutions en PM <sub>10</sub> .....	33
9.8 Roses des pollutions en PM <sub>2.5</sub> .....	36
10. Retombées des panaches issus des bateaux.....	39
10.1 Caractéristique des panaches.....	39
10.2 Détection des panaches à 5 mètres d'altitude.....	40
10.3 Détermination d'une zone de détection de panaches à 30 mètres d'altitude.....	49
11. Conclusions et perspectives.....	52
12. Annexes .....	54
12.1 Évolution des concentrations horaires en SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> et PM <sub>2.5</sub> .....	54
12.2 Évolution des profils journaliers en NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> et PM <sub>2.5</sub> .....	60
12.3 Évolution des profils hebdomadaires en NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> et PM <sub>2.5</sub> .....	66

# 1. Objectif de l'étude

## Évaluation de la qualité de l'air sur 5 sites dans l'environnement proche du Grand Port Maritime de La Réunion (GPMDLR) sur la commune du Port (Phase 2).

Cette évaluation s'inscrit dans le cadre des démarches (qualité, ESI, document d'orientation ...) volontaires, sur le plan environnemental, engagées par le GPMDLR.

L'objectif de cette démarche est de caractériser l'impact des activités du « Port Est et Port Ouest » sur la qualité de l'air afin d'identifier le « site le plus représentatif » pour réaliser une surveillance pérenne, permettant de mieux les surveiller, les maîtriser et les réduire.

Dans ce contexte, la société GPMDLR a sollicité l'association Atmo Réunion pour la réalisation d'une seconde phase d'évaluation de la qualité de l'air sur 5 sites dans l'environnement de la zone des Port Est et Port Ouest. L'objectif de cette seconde phase consiste à :

- Comparer le niveau de concentration des polluants mesurés par rapport aux valeurs réglementaires et de référence ;
- Evaluer l'influence des émissions des activités au GPMDLR sur la qualité de l'environnement, en comparant notamment les mesures à celles réalisées sur d'autres sites, non influencés par ces activités ;
- Valider le site le plus pertinent (en termes d'impact) pour une surveillance pérenne dans l'environnement des deux ports à l'horizon 2024.

Cette seconde phase comporte deux périodes d'étude, la première a été réalisée de juin à décembre 2022 et a fait l'objet d'un rapport préliminaire diffusé le 24 avril 2023 « *Évaluation de la qualité de l'air sur 5 sites dans l'environnement du Grand Port Maritime de La Réunion - Commune du Port - Rapport préliminaire : juin 2022 à décembre 2022* ». Les résultats préliminaires de cette campagne de surveillance ont permis de distinguer les différentes sources de pollution atmosphérique (trafic routier, activités portuaire, embruns marins ...) impactant les 5 zones du Port Est et Ouest. Les normes réglementaires ont été respectées sur la période de mesure pour le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), les particules fines (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>) et le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>). Pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) les normes réglementaires ont été respectées sauf sur le site E4 implanté à l'Ouest du Port Est sur lequel des dépassements du seuil d'information et de recommandation pour le NO<sub>2</sub> ont été constatés le 10/09/2022 et le 11/09/2022 notamment en raison de la présence de groupes électrogènes à proximité immédiate du site de mesure.

La seconde période d'étude a été réalisée de janvier à décembre 2023. Le présent rapport traite les données collectées sur les deux périodes d'étude de juin 2022 à décembre 2023.

## 2. Polluants surveillés

Polluant	Origine	Impact sur l'environnement	Impact sur la santé
<b>DIOXYDE DE SOUFRE (SO<sub>2</sub>)</b>	<p><b>Origine anthropique</b> : Emission de dioxyde de soufre lors de la combustion de combustibles fossiles (fioul, charbon, lignite, gazole...) contenant du soufre.</p> <p><b>Origine naturelle</b> : Emission des composés soufrés lors d'éruption de volcans ...</p>	<p>→ Contribue aux pluies acides qui affectent les végétaux et les sols.</p> <p>→ Contribue également à la dégradation des matériaux de nombreux monuments.</p>	<p>→ Irritation des muqueuses de la peau et voies respiratoires supérieures (toux, gêne respiratoire, troubles asthmatiques).</p>
<b>DIOXYDE D'AZOTE (NO<sub>2</sub>)</b>	<p>Les oxydes d'azote (NOx) regroupent le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), ils proviennent essentiellement de la combustion de combustibles fossiles. En effet, le monoxyde d'azote (NO) rejeté par les pots d'échappements s'oxyde dans l'air et se transforme en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Mais une partie du dioxyde d'azote est également émise telle quelle dans l'atmosphère.</p>	<p>→ Rôle précurseur dans la formation de l'ozone dans la basse atmosphère.</p> <p>→ Contribue aux pluies acides qui affectent les végétaux et les sols.</p>	<p>→ Gaz irritant pour les bronches (augmente la fréquence et la gravité des crises chez les asthmatiques).</p>
<b>PARTICULES FINES (PM10)</b>	<p><b>Origine anthropique</b> : Combustions industrielles ou domestiques, transport routier (principalement par le</p> <p><b>Origine naturelle</b> : Volcanisme, érosion, embruns marins ...</p> <p><b>Classées en fonctions de leur taille</b> :</p> <p><b>PM10</b> : Particules de diamètre ≤10µm (retenues au niveau du nez et des voies aériennes supérieures).</p>	<p>→ Contribuent aux salissures des bâtiments et des monuments.</p>	<p>→ Polluants irritants, leur action dépend de leur diamètre: les particules les plus grosses sont retenues par les voies aériennes supérieures alors que les plus fines pénètrent profondément dans les voies respiratoires. Leur toxicité est accentuée du fait qu'elles peuvent transporter des composés nocifs et cancérigènes.</p>
<b>PARTICULES FINES (PM2.5)</b>	<p>Les PM2.5 proviennent surtout de la sidérurgie, des cimenteries, de l'incinération des déchets, de la circulation automobile.</p> <p><b>Classées en fonctions de leur taille</b> :</p> <p><b>PM2.5</b> : Particules de diamètre ≤ 2.5µm (pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire jusqu'aux alvéoles pulmonaires).</p>	<p>→ Les effets de salissure sont les plus évidents.</p>	<p>→ Les plus fines (inférieures à 2,5 microns), à des concentrations relativement basses, peuvent, surtout chez l'enfant, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble.</p>
<b>COV (composés organiques volatils) : Benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)</b>	<p><b>Origine anthropique</b> : Les composés organiques volatils entrent dans la composition de nombreux produits courants : peintures, encres, colles, solvants, dégraissants, cosmétiques, agent de nettoyage ... Des COV sont également émis lors de la combustion de carburants ou par évaporation lors de leur fabrication, stockage ou utilisation. Les hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) sont des composés organiques volatils non méthaniques (COVNM). Parmi ceux-ci, le benzène, qui fait l'objet de la réglementation européenne relative à l'air ambiant.</p> <p><b>Origine naturelle</b> : La végétation méditerranéenne et certaines cultures participent aux émissions naturelles des COV.</p>	<p>→ L'impact environnemental des COV est lié à leur réactivité chimique avec les composés gazeux de l'atmosphère. Ils jouent un rôle majeur dans la formation de l'ozone troposphérique et sont des précurseurs photochimiques. Les COV interviennent également dans les processus conduisant à la formation des gaz à effet de serre.</p>	<p>→ Les effets des COV sont très variables selon le polluant considéré. Ils sont à l'origine de la formation des photo-oxydants tels que l'ozone, lui-même responsable de gêne respiratoire chez l'homme. Les COV peuvent aussi directement provoquer des irritations sensorielles (hydrocarbures et aldéhydes). Des manifestations plus sévères telles que les troubles cardiaques (toluène, chloroforme ...) et digestifs ou les effets cancérigènes (benzène) et mutagènes, sont liés à des expositions chroniques ou intenses enregistrées dans le passé dans certaines ambiances de travail.</p>

Tableau 1: Origine et impacts (sanitaire et environnemental) des polluants surveillés

### 3. Plan de situation

La Figure 1 représente les zones portuaires des Port Est et Ouest et le positionnement des 5 sites de mesure.

La surveillance du Port Ouest est composée de deux sites de mesure, le premier est implanté dans la partie Nord du port (codé O2), le second site codé O4 est implanté à proximité immédiate du Port Ouest.

La surveillance du Port Est est constituée de trois sites implantés dans la zone du Port Ouest et sont codés E2, E4 et E9.



Figure 1 : En haut localisation des Ports Est et Ouest du GPMDLR  
En bas localisation des 5 sites de surveillance atmosphérique dans l'environnement  
(Source : GPMDLR ; © 2022 Maxar Technologies ; Google Earth)

# 4. Plan d'échantillonnage

La remorque a été déplacée successivement sur les 5 sites de mesure de l'étude sur les périodes détaillées dans le Tableau 2.

		Période de mesures (1 campagne : ~35 jours)			
		Campagne C01		Campagne C02	
Port	N° Site	Début	Fin	Début	Fin
Port Ouest	O4	08/06/2022	12/07/2022	17/01/2023	23/02/2023
	O2	13/07/2022	16/08/2022	01/08/2023	04/09/2023
Port Est	E4	17/08/2022	18/09/2022	18/10/2023	21/11/2023
	E2	21/09/2022	26/10/2022	05/09/2023	17/10/2023
	E9	01/11/2022	09/12/2022	21/11/2023	24/12/2023

Tableau 2: Planning de réalisation des campagnes de mesure sur les 5 sites dans l'environnement du GPMDLR.

Les Figure 2 et Figure 3 ci-dessous détaillent le positionnement des 5 sites de mesure sur les Port Ouest et Est accompagné d'une vue d'implantation de la remorque pour chacun des 5 sites.



Figure 2: Dispositif déployé sur le Port Ouest (Crédit Photo : © Atmo Réunion).



Figure 3: Dispositif déployé sur le Port Est (Crédit Photo : ©Atmo Réunion).

# 5. Méthode de mesure

La surveillance des polluants atmosphériques autour du GPMDLR a été réalisée à l'aide d'une remorque équipée d'analyseurs automatiques et d'échantillonneurs passifs.

## → Surveillance en continu réalisée à l'aide d'analyseurs automatiques :

Les méthodes de mesure des analyseurs automatiques sont détaillées dans le Tableau 3 ci-dessous.

Liste des polluants investigués		
Polluants mesurés	Principe de prélèvement	Norme
PM <sub>10</sub>	Mesure en continue à l'aide d'un analyseur automatique	Méthode équivalente à la NF EN 12341
PM <sub>2.5</sub>		NF EN 14212
SO <sub>2</sub>		NF EN 14211
NO <sub>2</sub>		NF EN 14662-4
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Tubes à échantillonnage passif - Analyse différée en laboratoire	NF EN 14662-4

Campagne de mesure réalisée sur les sites O2, O4, E2, E4 et E9

Tableau 3: : Surveillance des polluants atmosphériques sur les sites autour du GPMDLR en 2022 et 2023.

La Figure 4 ci-après, présente les analyseurs d'oxydes d'azote, de dioxyde de soufre, de particules fines PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> utilisés.



Figure 4: Analyseurs automatiques utilisés pour la mesure des NOx, du SO<sub>2</sub> et des PM<sub>10</sub> & PM<sub>2.5</sub> (Crédits : © Atmo Réunion).

### Techniques de mesures :

- Mesure des PM<sub>10</sub> & PM<sub>2.5</sub> par absorption du rayonnement Bêta à l'aide d'un analyseur PM101M ;
- Mesure du NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> par chimiluminescence à l'aide d'un analyseur 42i Thermo E.I ;
- Mesure du SO<sub>2</sub> par fluorescence UV à l'aide d'un analyseur 43i Thermo E.I.

### → Campagnes réalisées à l'aide de tubes à échantillonnage passif :

Prélèvement de C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> à l'aide de tubes à échantillonnage passifs (cf. Figure 5 ci-après).



Figure 5: Tube à échantillonnage passif de C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> (**Crédit Photo** : ©Atmo Réunion).

**Analyse différée des prélèvements** effectués à l'aide de tubes à échantillonnage passifs :

- Mesure de C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> avec la méthode d'analyse par chromatographie gazeuse.
- Laboratoire d'analyse pour le C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> : SynAirGIE LIC - 5 rue de Madrid - 67300 Schiltigheim - France.

## 6. Taux de couverture des mesures

➔ **Taux de couverture des données (cf. directive 2008/50/CE et guide d'agrégation des données - LCSQA, juin 2016) :**

D'après le calcul des "règles de la surveillance réglementaire", le taux de couverture des données minimal (TCDM) du dioxyde de soufre et des paramètres surveillés (vitesse et direction de vent) sur les sites O2, O4, E2, E4 et E9 est le suivant (cf. Tableau 4) :

**La campagne de mesure de 2022 est codée C01 et la campagne de 2023 est codée C02.**

<b>Site O2 :</b>							
<b>Polluant :</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>VV</b>	<b>DV</b>
<b>TCDM - Moyenne horaire C01 :</b>	100%	100%	100%	100%	99,8%	100%	100%
<b>TCDM - Moyenne horaire C02 :</b>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
<b>Site O4 :</b>							
<b>Polluant :</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>VV</b>	<b>DV</b>
<b>TCDM - Moyenne horaire C01 :</b>	97.9%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
<b>TCDM - Moyenne horaire C02 :</b>	98.5%	99.7%	99.7%	99.4%	99%	99.7%	99.7%
<b>Site E2 :</b>							
<b>Polluant :</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>VV</b>	<b>DV</b>
<b>TCDM - Moyenne horaire C01 :</b>	99.8%	99.5%	99.5%	99.9%	99.9%	99.9%	99.9%
<b>TCDM - Moyenne horaire C02 :</b>	99.7%	99.7%	99.7%	99.5%	99.5%	99.7%	99.7%
<b>Site E4 :</b>							
<b>Polluant :</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>VV</b>	<b>DV</b>
<b>TCDM - Moyenne horaire C01 :</b>	92.9%	98.7%	98.6%	100%	100%	100%	100%
<b>TCDM - Moyenne horaire C02 :</b>	91%	90.9%	90.8%	91.2%	91.2%	91.2%	91.2%
<b>Site E9 :</b>							
<b>Polluant :</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>PM<sub>2.5</sub></b>	<b>VV</b>	<b>DV</b>
<b>TCDM - Moyenne horaire C01 :</b>	100%	100%	100%	100%	98.9%	100%	100%
<b>TCDM - Moyenne horaire C02 :</b>	94.8%	96%	96%	99.4%	99.4%	99.6%	99.6%

Tableau 4: Taux de couverture des données du SO<sub>2</sub>, du NO<sub>2</sub>, du NO, des NO<sub>x</sub>, des PM<sub>10</sub> et des PM<sub>2.5</sub> ainsi que celui du vent (VV=vitesse de vent et DV= direction de vent) sur les sites O2, O4, E2, E4 et E9.

Les mesures effectuées sur les sites O2, O4, E2, E4 et E9 au cours des années 2022 et 2023 respectent le taux de couverture des données requis (>90% des données sur la période de mesure).

# 7. Normes réglementaires et recommandations O.M.S.

Les résultats obtenus à l'aide d'analyseurs automatiques, des prélèvements actifs et de tubes à échantillonnage passifs sont comparés à différentes références réglementaires définies dans le Tableau 5 ci-après.

<b>S.A.</b>	Seuil d'alerte défini dans le code de l'Environnement <sup>1</sup> et les Directives 2008/50/CE et 2004/107/CE
<b>S.I.R.</b>	Seuil d'information et de recommandation défini dans le code de l'Environnement <sup>1</sup> et les Directives 2008/50/CE et 2004/107/CE
<b>V.L.</b>	Valeur limite pour la protection de la santé humaine définie dans le code de l'Environnement <sup>1</sup> et les Directives 2008/50/CE et 2004/107/CE
<b>N.C.</b>	Niveau critique pour la protection de la végétation défini dans le code de l'Environnement <sup>1</sup> et les Directives 2008/50/CE et 2004/107/CE
<b>V.C.</b>	Valeur cible définie dans le code de l'Environnement <sup>1</sup> et les Directives 2008/50/CE et 2004/107/CE
<b>O.L.T.</b>	Objectif long terme défini dans le code de l'Environnement <sup>1</sup> et les Directives 2008/50/CE et 2004/107/CE
<b>O.Q.L.T.</b>	Objectif de qualité sur le long terme défini dans le code de l'Environnement <sup>1</sup> et les Directives 2008/50/CE et 2004/107/CE

<b>O.M.S.</b>	Seuils de référence O.M.S. - WHO 2021 Air quality guidelines : Global update 2021.
---------------	------------------------------------------------------------------------------------

1 : Article R221-1 du code de l'Environnement - Section 1 : Surveillance de la qualité de l'air ambiant

Décret 2010 - 1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air				
Polluant réglementé				
Cible à protéger	Objectif environnemental	Période d'agrégation	Statistique considérée	Valeur de l'objectif
<b>Dioxyde de soufre - SO<sub>2</sub></b>				
<b>Santé humaine</b>	<b>S.A.</b>	1 heure	Moyenne horaire	500 µg.m <sup>-3</sup> pendant 3 heures consécutives
	<b>S.I.R.</b>	1 heure	Moyenne horaire	300 µg.m <sup>-3</sup> *
	<b>V.L.</b>	1 heure	Moyenne horaire	350 µg.m <sup>-3</sup> , à ne pas dépasser plus de 24 fois par année civile
		1 jour	Moyenne journalière	125 µg.m <sup>-3</sup> , à ne pas dépasser plus de 3 fois par année civile
	<b>O.Q.L.T.</b>	1 année civile	Moyenne annuelle	50 µg.m <sup>-3</sup> *
<b>Végétation</b>	<b>N.C.</b>	1 année civile*	Moyenne annuelle	20 µg.m <sup>-3</sup>
<b>O.M.S.</b>		1 jour <sup>a</sup>	Moyenne journalière	40 µg.m <sup>-3</sup>

Dioxyde d'azote - NO <sub>2</sub>				
Santé humaine	S.A.	1 heure	Moyenne horaire	400 µg.m <sup>-3</sup> pendant 3 heures consécutives ; 200 µg.m <sup>-3</sup> en cas de persistance
	S.I.R.	1 heure	Moyenne horaire	200 µg.m <sup>-3</sup>
	V.L.	1 heure	Moyenne horaire	200 µg.m <sup>-3</sup> , à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile
		1 année civile	Moyenne annuelle	40 µg.m <sup>-3</sup>
O.Q.L.T.	1 année civile	Moyenne annuelle	40 µg.m <sup>-3</sup>	

O.M.S.	1 jour <sup>a</sup>	Moyenne journalière	25 µg.m <sup>-3</sup>
	1 année civile	Moyenne annuelle	10 µg.m <sup>-3</sup>

Particules fines en suspension - PM <sub>10</sub>				
Santé humaine	S.A.	1 jour	Moyenne journalière	80 µg.m <sup>-3</sup> , selon les modalités définies par arrêté ministériel*
	S.I.R.	1 jour	Moyenne journalière	50 µg.m <sup>-3</sup> , selon les modalités définies par arrêté ministériel*
	V.L.	1 jour	Moyenne journalière	50 µg.m <sup>-3</sup> , à ne pas dépasser plus de 35 fois par année civile
		1 année civile	Moyenne annuelle	40 µg.m <sup>-3</sup>
O.Q.L.T.	1 année civile	Moyenne annuelle	30 µg.m <sup>-3</sup>	

O.M.S.	1 jour <sup>a</sup>	Moyenne journalière	45 µg.m <sup>-3</sup>
	1 année civile	Moyenne annuelle	15 µg.m <sup>-3</sup>

Particules fines en suspension - PM <sub>2.5</sub>				
Santé humaine	V.L.	1 année civile	Moyenne annuelle	25 µg.m <sup>-3</sup>
	V.C.	1 année civile	Moyenne annuelle	20 µg.m <sup>-3</sup> *
	O.Q.L.T.	1 année civile	Moyenne annuelle	10 µg.m <sup>-3</sup> *

O.M.S.	1 jour <sup>a</sup>	Moyenne journalière	15 µg.m <sup>-3</sup>
	1 année civile	Moyenne annuelle	5 µg.m <sup>-3</sup>

Benzène- C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>				
Santé humaine	V.L.	1 année civile	Moyenne annuelle	5 µg.m <sup>-3</sup>
	O.Q.L.T.	1 année civile	Moyenne annuelle	2 µg.m <sup>-3</sup>

\* : Valeur seuil propre à la législation française ou qui, dans la législation française, est plus stricte que dans la législation européenne.

\*\* : Moyenne calculée sur l'année civile du contenu total de la fraction PM<sub>10</sub>.

<sup>a</sup> : 99<sup>ème</sup> percentile (3 à 4 jours de dépassement par an).

Tableau 5: Valeurs réglementaires des polluants surveillés applicables en 2022 et 2023 (Source : Décret n°2010-1250 du 21/10/2010).

# 8. Résultats

## 8.1 Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Les informations fournies dans le Tableau 6 : ci-après présentent l'analyse statistique et la synthèse des données pour le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) surveillé sur les sites du GPMDLR durant la période de surveillance du 08/06/2022 au 09/12/2022 (cf. *Tableau 2: Planning de réalisation des campagnes de mesure sur les 5 sites dans l'environnement du GPMDLR.*

À ce titre, une comparaison des relevés a été effectuée avec les seuils/normes réglementaires en vigueur ainsi que les seuils de l'O.M.S. de 2021.

### Dioxyde de soufre - SO<sub>2</sub>

		Campagne C01 (2022)				
		Site O2	Site O4	Site E4	Site E2	Site E9
S.A : 500 µg.m <sup>-3</sup>	Maximum de la moyenne horaire (µg.m <sup>-3</sup> ) (Date et Heure)	40	24	20	30	40
S.I.R : 300 µg.m <sup>-3</sup>		23/07/2022 11:00	16/06/2022 05:00	20/08/2022 04:00	16/10/2022 16:00	02/11/2022 13:00
V.L : 350 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes horaires > 350 µg.m <sup>-3</sup>	0	0	0	0	0
V.L : 125 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes journalières > 125 µg.m <sup>-3</sup>	0	0	0	0	0
O.Q.L.T : 50 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	2.3	1.4	2.4	2.0	1.9
O.M.S : 40 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes journalières > 40 µg.m <sup>-3</sup>	0	0	0	0	0

		Campagne C02 (2023)				
		Site O2	Site O4	Site E4	Site E2	Site E9
S.A : 500 µg.m <sup>-3</sup>	Maximum de la moyenne horaire (µg.m <sup>-3</sup> ) (Date et Heure)	5	6	3	10	2
S.I.R : 300 µg.m <sup>-3</sup>		24/08/2023 09:00	17/02/2023 23:00	18/11/2023 09:00	11/09/2023 16:00	01/12/2023 18:00
V.L : 350 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes horaires > 350 µg.m <sup>-3</sup>	0	0	0	0	0
V.L : 125 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes journalières > 125 µg.m <sup>-3</sup>	0	0	0	0	0
O.Q.L.T : 50 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	0.4	0.2	1.2	0.7	0.4
O.M.S : 40 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes journalières > 40 µg.m <sup>-3</sup>	0	0	0	0	0

Tableau 6: Résultats de mesures en SO<sub>2</sub> relevées sur les 5 sites autour du GPMDLR au cours des années 2022 et 2023.

D'après les données relevées à l'aide d'un analyseur automatique de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) sur les 5 sites autour du GPMDLR durant la période de surveillance en 2022 et 2023 :

- Aucun dépassement du seuil d'alerte n'a été constaté ;
- Aucun dépassement du seuil d'information et de recommandation n'a été constaté ;
- Aucune valeur limite pour la protection de la santé humaine n'a été dépassée ;
- L'objectif de qualité n'a pas été dépassé ;
- Aucun seuil de l'O.M.S. n'a été dépassé.

Pour information, deux éruptions volcaniques ont eu lieu en 2022 et une autre a eu lieu en 2023. La première éruption de 2022 a débuté le 22/12/2021 et s'est arrêté le 17/01/2022. La seconde éruption a eu lieu du 19/09/2022 au 05/10/2022. L'éruption volcanique de 2023 a eu lieu du 02/07/2023 au 10/08/2023.

Les panaches de SO<sub>2</sub> émis lors de ces éruptions n'ont pas impacté les concentrations du SO<sub>2</sub> relevées sur les sites investigués durant les années 2022 et 2023.

## 8.2 Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

Les informations fournies dans le Tableau 7 ci-après présentent l'analyse statistique et la synthèse des données pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) surveillé sur les 5 sites du GPMDLR durant la période de surveillance de 2022 à 2023. À ce titre, une comparaison des relevés a été effectuée avec les seuils réglementaires ainsi que les seuils de l'O.M.S. de 2021.

Dioxyde d'azote - NO <sub>2</sub>						
Campagne C01 (2022)						
		Site O2	Site O4	Site E4	Site E2	Site E9
S.A : 400 µg.m <sup>-3</sup>	Maximum de la moyenne horaire (µg.m <sup>-3</sup> ) (Date et Heure)	70	58	236	59	39
S.I.R : 200 µg.m <sup>-3</sup>		27/07/2022 08:00	11/07/2022 08:00	10/09/2023 19:00	22/09/2022 08:00	02/12/2022 07:00
V.L : 200 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes horaires > 200 µg.m <sup>-3</sup>	0	0	3	0	0
V.L : 40 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	14.3	15.8	28.6	13.0	9.2
O.Q.L.T : 40 µg.m <sup>-3</sup>						
O.M.S : 25 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes journalières > 25 µg.m <sup>-3</sup>	0	0	21	0	0
O.M.S : 10 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	14.3	15.8	28.6	13.0	9.2
Campagne C02 (2023)						
		Site O2	Site O4	Site E4	Site E2	Site E9
S.A : 400 µg.m <sup>-3</sup>	Maximum de la moyenne horaire (µg.m <sup>-3</sup> ) (Date et Heure)	59	40	38	71	47
S.I.R : 200 µg.m <sup>-3</sup>		25/08/2023 08:00	23/01/2023 09:00	18/10/2023 07:00	09/10/2023 07:00	27/11/2023 07:00
V.L : 200 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes horaires > 200 µg.m <sup>-3</sup>	0	0	0	0	0
V.L : 40 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	12.5	10.8	8.1	13.4	8.7
O.Q.L.T : 40 µg.m <sup>-3</sup>						
O.M.S : 25 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes journalières > 25 µg.m <sup>-3</sup>	1	0	0	0	0
O.M.S : 10 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	12.5	10.8	8.1	13.4	8.7

Tableau 7: Résultats de mesures en NO<sub>2</sub> relevées sur les 5 sites autour du GPMDLR au cours des années 2022 et 2023.  
Les seuils O.M.S. ne doivent pas être dépassés plus de 3 fois par an.

D'après les données relevées à l'aide d'un analyseur automatique de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) sur les 5 sites du GPMDLR durant la période de surveillance en 2022 et en 2023 :

- Aucun dépassement du seuil d'alerte n'a été constaté ;
- Aucun dépassement du seuil d'information et de recommandation n'a été constaté sur les sites O2, O4, E2 et E9 ;
- ➔ • **Des dépassements du seuil d'information et de recommandation ont été constatés sur le site E4 :**
  - le 10/09/2022, avec une concentration horaire de 218 µg.m<sup>-3</sup> enregistrée à 17h00 et une concentration horaire de 236 µg.m<sup>-3</sup> enregistrée à 19h00
  - le 11/09/2022, avec une concentration horaire de 201 µg.m<sup>-3</sup> enregistrée à 17h00 ;
- Aucune valeur limite pour la protection de la santé humaine n'a été dépassée ;
- L'objectif de qualité n'a pas été dépassé ;
- ➔ • **Le seuil O.M.S. concernant le nombre de moyennes journalières supérieures à 25 µg.m<sup>-3</sup> a été dépassé 21 fois sur une campagne de 32 jours sur le site E4.**
- ➔ • **Le seuil O.M.S. concernant la moyenne sur la période de surveillance à 10 µg.m<sup>-3</sup> a été dépassé sur les sites O2, O4 et E2 pour 2022 et 2023 ainsi que sur le site E4 pour 2022 uniquement.**

**En 2022 sur le site E4**, un groupe électrogène était en fonctionnement tout au long de la campagne de mesure. Ce groupe a été supprimé par le GPMDLR suite à la remontée des résultats de la 1<sup>ère</sup> campagne par ATMORéunion. Les résultats obtenus en 2023 confirment que les dépassements en 2022 étaient bien dus à ce groupe électrogène.

## 8.3 Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)

Les informations fournies dans le Tableau 8 ci-après présentent l'analyse statistique et la synthèse des données pour les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) surveillés sur les 5 sites du GPMDLR durant la période de surveillance de 2022 à 2023. À ce titre, une comparaison des relevés a été effectuée avec les seuils réglementaires.

Oxydes d'azote - NO <sub>x</sub>						
Campagne C01 (2022)						
		Site O2	Site O4	Site E4	Site E2	Site E9
N.C.P.V : 30 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	20.1	25.1	<b>73.6</b>	20.0	14.3
Campagne C02 (2023)						
		Site O2	Site O4	Site E4	Site E2	Site E9
N.C.P.V : 30 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	14.9	20.1	12.1	19.2	15.4

Tableau 8: Résultats de mesures en NO<sub>x</sub> relevées sur les 5 sites autour du GPMDLR au cours des années 2022 et 2023.

D'après les données relevées à l'aide d'un analyseur automatique d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) sur les 5 sites du GPMDLR durant la période de surveillance en 2022 et 2023 :

- ➔ **Le niveau critique pour la protection de la végétation n'a pas été dépassé sur 4 sites (O2, O4, E2 et E9), mais a été dépassé sur le site E4 en 2022, sur lequel une concentration moyenne de 73.6 µg.m<sup>-3</sup> a été enregistrée sur la période.**

La présence d'un groupe électrogène à proximité du site E4 cité au chapitre traitant le NO<sub>2</sub> est également à l'origine des dépassements observés en 2022 sur le site E4.

## 8.4 Particules fines en suspension (PM<sub>10</sub>)

Les informations fournies dans le Tableau 9 ci-après présentent l'analyse statistique et la synthèse des données pour les particules fines en suspension (PM<sub>10</sub>) surveillées sur les 5 sites du GPMDLR durant la période de surveillance de 2022 à 2023. À ce titre, une comparaison des relevés a été effectuée avec les seuils réglementaires ainsi que les seuils de l'O.M.S. de 2021.

Particules fines en suspension - PM <sub>10</sub>						
Campagne C01 (2022)						
		Site O2	Site O4	Site E4	Site E2	Site E9
S.A : 80 µg.m <sup>-3</sup>	Maximum de la moyenne journalière (µg.m <sup>-3</sup> ) (Date et Heure)	30	29	35	42	24
S.I.R : 50 µg.m <sup>-3</sup>		28/06/2022	20/07/2022	02/09/2022	13/10/2022	03/11/2022
V.L : 50 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes journalières > 50 µg.m <sup>-3</sup>	0	0	0	0	0
V.L : 40 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	17.4	16.5	20.2	21.1	14.9
O.Q.L.T : 30 µg.m <sup>-3</sup>						
O.M.S : 25 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes journalières > 25 µg.m <sup>-3</sup>	2	1	5	8	0
O.M.S : 15 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	17.4	16.5	20.2	21.1	14.9
Campagne C02 (2023)						
		Site O2	Site O4	Site E4	Site E2	Site E9
S.A : 80 µg.m <sup>-3</sup>	Maximum de la moyenne journalière (µg.m <sup>-3</sup> ) (Date et Heure)	37	31	31	24	22
S.I.R : 50 µg.m <sup>-3</sup>		19/01/2023	18/08/2023	03/11/2023	19/09/2023	19/12/2023
V.L : 50 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes journalières > 50 µg.m <sup>-3</sup>	0	0	0	0	0
V.L : 40 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	19.3	18.3	16.6	15.5	13.3
O.Q.L.T : 30 µg.m <sup>-3</sup>						
O.M.S : 25 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes journalières > 25 µg.m <sup>-3</sup>	3	3	2	0	0
O.M.S : 15 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	19.3	18.3	16.6	15.5	13.3

Tableau 9: Résultats de mesures en PM<sub>10</sub> relevées sur les 5 sites autour du GPMDLR de 2022 à 2023.

D'après les données relevées à l'aide d'un analyseur automatique des particules fines (PM<sub>10</sub>) sur les 5 sites du GPMDLR durant la période de surveillance :

- Aucun dépassement du seuil d'alerte n'a été constaté ;
  - Aucun dépassement du seuil d'information et de recommandation n'a été constaté ;
  - Aucune valeur limite pour la protection de la santé humaine n'a été dépassée ;
  - L'objectif de qualité n'a pas été dépassé.
- • **Le seuil O.M.S. concernant le nombre de moyennes journalières supérieures à 25 µg.m<sup>-3</sup> a été dépassé en 2022 sur les sites E4 et E2.**
- • **Le seuil O.M.S. concernant la moyenne sur la période de surveillance à 10 µg.m<sup>-3</sup> a été dépassé sur les sites O2, O4, E4 et E2 pour 2022 et 2023.**

## 8.5 Particules fines en suspension (PM<sub>2.5</sub>)

Les informations fournies dans le Tableau 10 ci-après présentent l'analyse statistique et la synthèse des données pour les particules fines en suspension (PM<sub>2.5</sub>) surveillées sur les 5 sites autour du GPMDLR durant la période de surveillance de 2022 à 2023. À ce titre, une comparaison des relevés a été effectuée avec les seuils réglementaires ainsi que les seuils de l'O.M.S. de 2021.

Particules fines en suspension - PM <sub>2.5</sub>						
Campagne C01 (2022)						
		Site O2	Site O4	Site E4	Site E2	Site E9
V.L : 25 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	4.6	5.5	6.1	6.0	5.1
V.L : 20 µg.m <sup>-3</sup>						
O.Q.L.T : 10 µg.m <sup>-3</sup>						
O.M.S : 15 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes journalières > 15 µg.m <sup>-3</sup>	0	0	0	0	0
O.M.S : 5 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	4.6	5.5	6.1	6.0	5.1
Campagne C02 (2023)						
		Site O2	Site O4	Site E4	Site E2	Site E9
V.L : 25 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	5.1	6.4	6.1	4.5	4.1
V.L : 20 µg.m <sup>-3</sup>						
O.Q.L.T : 10 µg.m <sup>-3</sup>						
O.M.S : 15 µg.m <sup>-3</sup>	Nombre de moyennes journalières > 15 µg.m <sup>-3</sup>	0	0	0	0	0
O.M.S : 5 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	5.1	6.4	6.1	4.5	4.1

Tableau 10: Résultats de mesures en PM<sub>2.5</sub> relevées sur les 5 sites autour du GPMDLR de 2022 et 2023.

D'après les données relevées à l'aide d'un analyseur automatique des particules fines (PM<sub>2.5</sub>) sur les 5 sites du GPMDLR durant la période de surveillance :

- Aucune valeur limite pour la protection de la santé humaine n'a été dépassée ;
- L'objectif de qualité n'a pas été dépassé ;
- ➔ **Le seuil O.M.S. concernant la moyenne sur la période de surveillance à 10 µg.m<sup>-3</sup> a été dépassé sur les sites O4 et E4 pour 2022 et 2023, sur les sites E2 et E9 uniquement en 2022 et sur le site O2 uniquement en 2023.**

## 8.6 Benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)

Les informations fournies dans le Tableau 11 ci-après présentent l'analyse statistique et la synthèse des données pour le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) surveillé sur les 5 sites autour du GPMDLR durant la période de surveillance de 2022 à 2023. À ce titre, une comparaison des relevés a été effectuée avec les seuils réglementaires.

Benzène - C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>						
Campagne C01 (2022)						
		Site O2	Site O4	Site E4	Site E2	Site E9
V.L : 5 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4
O.Q.L.T : 2 µg.m <sup>-3</sup>						
Campagne C02 (2023)						
		Site O2	Site O4	Site E4	Site E2	Site E9
V.L : 5 µg.m <sup>-3</sup>	Moyenne sur la période de surveillance (µg.m <sup>-3</sup> )	0.3	0.5	0.2	0.3	0.3
O.Q.L.T : 2 µg.m <sup>-3</sup>						

Tableau 11: Résultats de concentrations en C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> relevées sur les 5 sites autour du GPMDLR de 2022 à 2023.

D'après les données relevées à l'aide de tubes à échantillonnage passifs de benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) sur les sites du GPMDLR durant la période de surveillance :

- L'objectif de qualité n'a pas été dépassé ;
- La valeur limite pour la protection de la santé humaine n'a pas été dépassée.

# 9. Analyses des résultats

## 9.1 Évolution des concentrations horaires en SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>

La Figure 29 (Cf Annexes 12.1) présente l'évolution des concentrations horaires du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et des particules fines (PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>) mesurées sur les 5 sites autour du GPMDLR à l'aide d'analyseurs automatiques sur les campagnes de 2022 et 2023. Le Tableau 12 (Cf Annexes 12.1) est un récapitulatif statistique des données mesurées par site, par campagne et par polluant.

D'après la Figure 29, **l'évolution des concentrations horaires du NO<sub>2</sub>** montre que les plus élevées sont globalement enregistrées sur le site E04 (Port Est) sur lequel on révèle des concentrations moyennes maximales en septembre 2022, avec des dépassements du SIR (seuil d'information et de recommandation) enregistré le 10/09/2022 et le 11/09/2022 (cf. 8.2 et commentaires associés).

Les principales sources du NO<sub>2</sub> sur la zone du Port (Est et Ouest) sont les activités du Port (activités portuaires : bateaux amarrés, chargement/déchargement des navires...) ainsi que les activités du trafic routier environnant. Néanmoins, les valeurs importantes relevées à cette période-là sur ce site E4 sont dues à la présence d'un groupe électrogène en fonctionnement durant l'intégralité de la campagne implanté à proximité immédiate du site de mesure. Celui-ci n'était pas présent lors de la campagne de mesure de 2023.

**Pour le SO<sub>2</sub>, les concentrations en moyennes horaires** mesurées sur les 5 sites investigués sont relativement faibles même si l'on détecte quelques pics comme les 23/07/2022 à 11:00 sur le site O2 ou le 02/11/2022 à 13:00 sur le site E9 (40 µg.m<sup>-3</sup>). Les principales sources du dioxyde de soufre sur la zone du Port (Est et Ouest) sont les activités du Port (bateaux amarrés) ainsi que la centrale thermique EDF du Port Est.

**Concernant les PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>, les concentrations horaires** mesurées, on a détecté plusieurs pics PM<sub>10</sub> dépassant les 70 µg.m<sup>-3</sup> comme le 19/01/2023 à 03:00 sur le site O4, le 02/11/2023 à 16:00 sur le site E4 ou le 13/10/2022 à 14:00 et 18:00 sur le site E2. L'évolution des concentrations en PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sur les Port Est et Ouest sont liées aux activités du Port (activités portuaires : bateaux amarrés, chargement/déchargement des navires...), les activités du trafic routier environnant ainsi qu'une contribution des embruns marins.

Les variations saisonnières ont également une certaine influence sur la variabilité de la concentration des polluants investigués.

## 9.2 Évolution des profils journaliers en NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>

---

Les Figure 30 à Figure 32 (Cf. Annexes 12.2) présentent l'évolution **du profil journalier des concentrations moyennes horaires** en NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sur les 5 sites du GPMDLR durant les campagnes de mesures, effectuées du 08/06/2022 au 09/12/2022. La zone de couleur autour des lignes représente l'intervalle de confiance à 95% de la moyenne.

Les profils journaliers en NO<sub>2</sub> sur l'ensemble des sites de mesure (hormis le site E4 en 2022) montrent un profil à deux bosses caractéristiques de l'impact de la circulation automobile : un le matin entre 06h00 et 09h00 en fonction des sites et un second, plus faible, le soir à partir de 19h00. Ces pics sont attribuables aux pics de circulation automobile et, en partie, aux activités sur la zone portuaire.

Le profil journalier en NO<sub>2</sub> sur le site E4 en 2022 montre quant à lui des concentrations plus élevées de 07h00 à 19h00 qui correspondent à la période de fonctionnement du groupe électrogène pendant la période d'activité de la zone portuaire.

Les profils journaliers en SO<sub>2</sub> des différents sites présentent des niveaux moyens de faible amplitude, 8 µg.m<sup>-3</sup> maximum en 2022 et 2 µg.m<sup>-3</sup> en 2023.

En 2022 sur l'ensemble des sites de mesure on constate une augmentation des concentrations en particules fines PM<sub>10</sub> dès 6h du matin. En 2023 cette fluctuation n'est visible que sur les sites E2 et O2.

Les mesures de PM<sub>2.5</sub> présentent des variations similaires aux PM<sub>10</sub> mais avec une amplitude moindre. Les variations entre le jour et la nuit peuvent être impactées en partie par les embruns marins (notamment lors des phénomènes de brises terre/mer) surtout sur les mesures de PM<sub>10</sub>.

## 9.3 Évolution des profils hebdomadaires en NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>

Les Figure 33 à Figure 35 (Cf. Annexes 12.3) présentent l'évolution des profils hebdomadaires en NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sur les 5 sites du GPMDLR. La zone de couleur autour des lignes représente l'intervalle de confiance à 95% de la moyenne.

L'évolution des concentrations journalières en NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> relevées sur les 5 sites du Port Est et Port Ouest permettent d'étudier assez finement l'impact potentiel des différentes sources et activités (trafic maritime et routier, activité portuaire, site industriel proche : EDF, embruns marins ...) autour du GPMDLR, sur ces mesures.

On constate une baisse systématique des niveaux moyens de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) le week-end, sauf pour le site E4 en 2022 où les niveaux de concentrations ne baissent pas. Le site E4 en 2022 est impacté par les émissions issues d'un groupe électrogène positionné à proximité, on constate en 2023 en l'absence de ce groupe que les niveaux baissent le week-end. La baisse des niveaux de concentrations de NO<sub>2</sub> le week-end peut par conséquent être attribuée en partie à la baisse du trafic routier dans l'environnement des deux ports.

L'utilisation d'un groupe électrogène sur le site E4 pendant l'intégralité de la campagne de 2022 a pour conséquences une élévation significative des concentrations journalières mesurées tout au long de la semaine (week-ends inclus) ainsi que le **dépassement des seuils O.M.S. 2021** (les concentrations journalières en NO<sub>2</sub> ne doivent pas dépasser plus de 3 fois le seuil de 25 µg.m<sup>-3</sup> sur l'année).

L'évolution des concentrations journalières de SO<sub>2</sub> sur l'ensemble des sites montre des concentrations moyennes relativement faibles durant la semaine et les week-ends.

L'évolution des concentrations en PM<sub>10</sub> montre une baisse le week-end, baisse à mettre en partie en relation avec la baisse du trafic routier le samedi et le dimanche. Les concentrations en PM<sub>10</sub> restent relativement soutenues tout au long de la semaine avec un niveau moyen qui reste majoritairement au-dessus des 15 µg.m<sup>-3</sup>.

Les concentrations journalières en PM<sub>2.5</sub> présentent des profils journaliers avec peu de dynamique.

## 9.4 Roses des vents sur les sites O2, O4, E2, E4 et E09

La Figure 6 présente les **roses des vents du Port Ouest**, réalisées à partir des mesures des sites O2 et O4 durant les campagnes de mesure en 2022 et 2023.

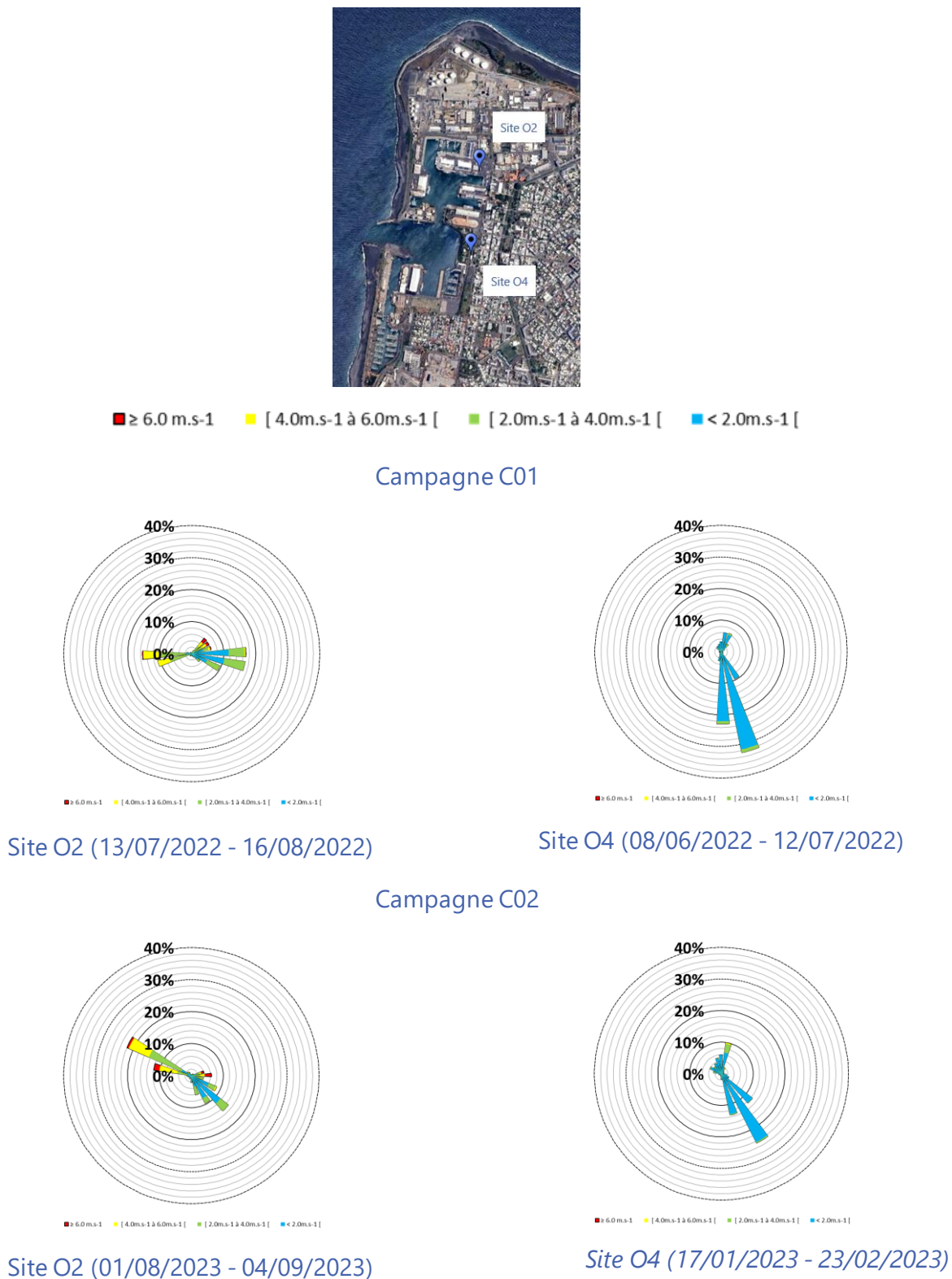
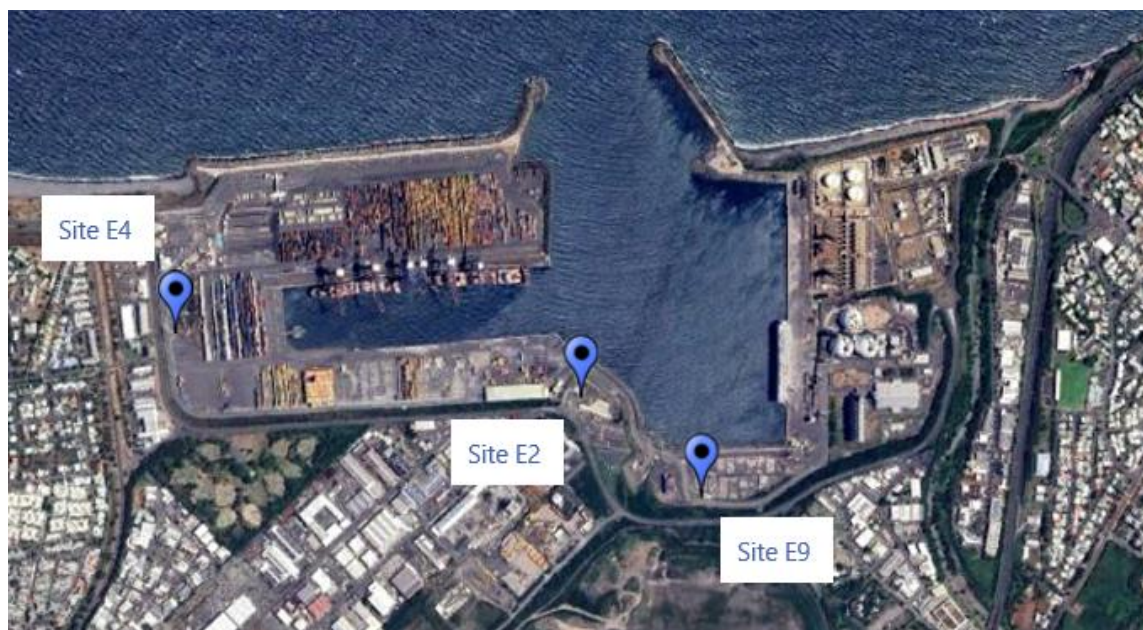


Figure 6: Roses des vents du Port Ouest, sites O2 et O4.

Sur le site O2, on constate que les vents de terre en provenance de l'Ouest sont majoritairement des vents faibles. Les vents de mer sont quant à eux majoritairement modérés à fort.

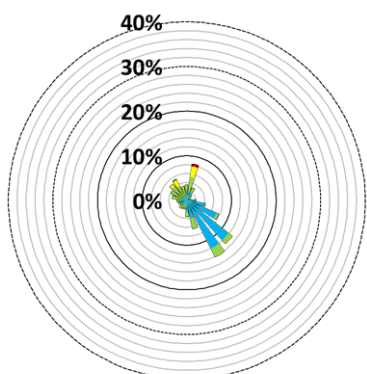
Les vents mesurés sur le site O4 présentent pour les deux campagnes de mesure des vents canalisés par les bâtiments qui longent l'axe routier où est implanté le site de mesure, cela se traduit par une majorité de vents de secteur Nord et Sud à Sud Est.

La Figure 7 présente les **roses des vents du Port Est**, réalisées à partir des mesures des sites E2, E4 et E9 durant les campagnes de mesure en 2022 et 2023.



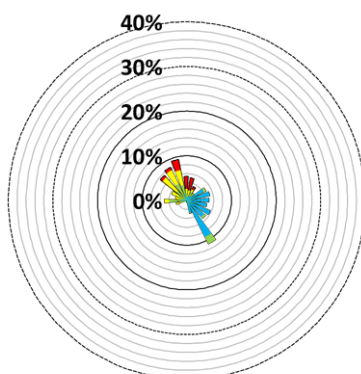
■  $\geq 6.0 \text{ m.s}^{-1}$    ■  $[4.0\text{m.s}^{-1} \text{ à } 6.0\text{m.s}^{-1}]$    ■  $[2.0\text{m.s}^{-1} \text{ à } 4.0\text{m.s}^{-1}]$    ■  $< 2.0\text{m.s}^{-1}$

### Campagne C01



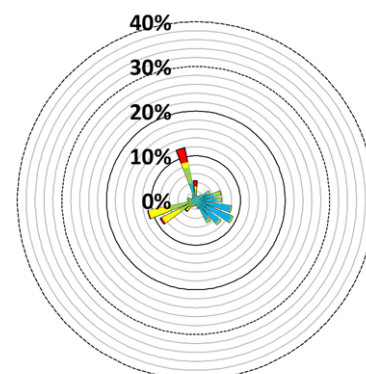
■  $\geq 6.0 \text{ m.s}^{-1}$    ■  $[4.0\text{m.s}^{-1} \text{ à } 6.0\text{m.s}^{-1}]$    ■  $[2.0\text{m.s}^{-1} \text{ à } 4.0\text{m.s}^{-1}]$    ■  $< 2.0\text{m.s}^{-1}$

Site E4 (17/08/2022 - 18/09/2022)



■  $\geq 6.0 \text{ m.s}^{-1}$    ■  $[4.0\text{m.s}^{-1} \text{ à } 6.0\text{m.s}^{-1}]$    ■  $[2.0\text{m.s}^{-1} \text{ à } 4.0\text{m.s}^{-1}]$    ■  $< 2.0\text{m.s}^{-1}$

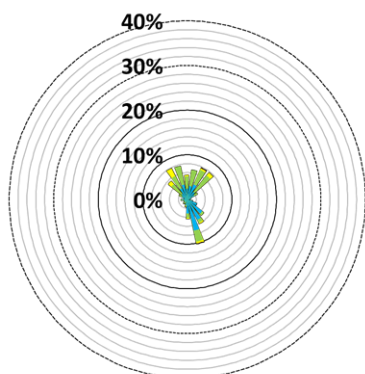
Site E2 (21/09/2022 - 26/10/2022)



■  $\geq 6.0 \text{ m.s}^{-1}$    ■  $[4.0\text{m.s}^{-1} \text{ à } 6.0\text{m.s}^{-1}]$    ■  $[2.0\text{m.s}^{-1} \text{ à } 4.0\text{m.s}^{-1}]$    ■  $< 2.0\text{m.s}^{-1}$

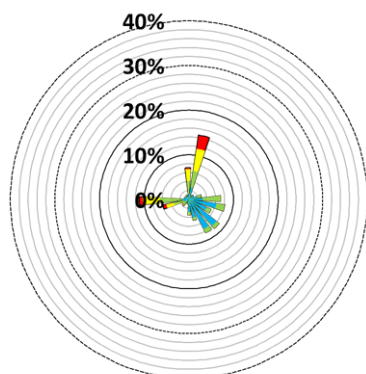
Site E9 (01/11/2022 - 09/12/2022)

### Campagne C02



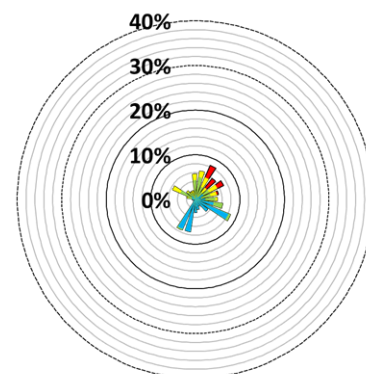
■  $\geq 6.0 \text{ m.s}^{-1}$    ■  $[4.0\text{m.s}^{-1} \text{ à } 6.0\text{m.s}^{-1}]$    ■  $[2.0\text{m.s}^{-1} \text{ à } 4.0\text{m.s}^{-1}]$    ■  $< 2.0\text{m.s}^{-1}$

Site E4 (18/10/2023 - 21/11/2023)



■  $\geq 6.0 \text{ m.s}^{-1}$    ■  $[4.0\text{m.s}^{-1} \text{ à } 6.0\text{m.s}^{-1}]$    ■  $[2.0\text{m.s}^{-1} \text{ à } 4.0\text{m.s}^{-1}]$    ■  $< 2.0\text{m.s}^{-1}$

Site E2 (05/09/2023 - 17/10/2023)



■  $\geq 6.0 \text{ m.s}^{-1}$    ■  $[4.0\text{m.s}^{-1} \text{ à } 6.0\text{m.s}^{-1}]$    ■  $[2.0\text{m.s}^{-1} \text{ à } 4.0\text{m.s}^{-1}]$    ■  $< 2.0\text{m.s}^{-1}$

Site E9 (21/11/2023 - 24/12/2023)

Figure 7: Roses des vents du Port Est, sites E2, E4 et E9.

Le profil des vents sur les sites E2 et E9 présentent des vents plus soutenus que sur le site E4. En dehors du fait que les mesures ont été réalisées à différentes périodes de l'année on peut tout de même expliquer cette différence par la configuration du site de mesure E4 qui est plus « encaissé » que les autres sites de mesures.

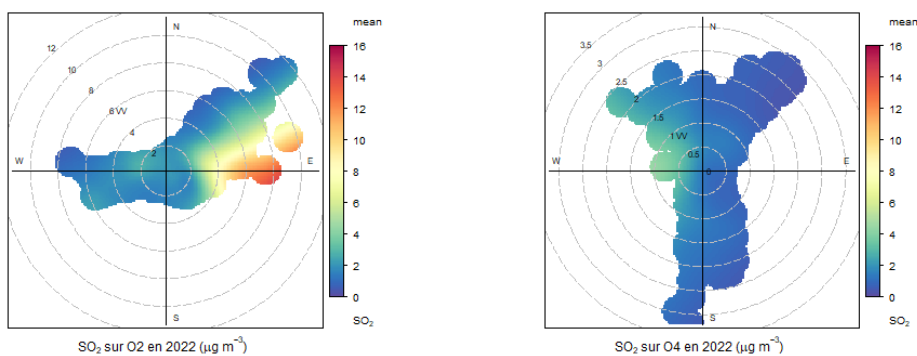
## 9.5 Roses des pollutions en SO<sub>2</sub>

Le traitement des concentrations de SO<sub>2</sub> en fonction de la vitesse et de la direction du vent permet de représenter graphiquement le ou les secteurs de vent où les concentrations sont les plus élevées, le tout en fonction de la vitesse du vent.

La Figure 8 présente les roses des pollutions de concentrations horaires moyennes en dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) sur les sites O2 et O4 au cours des années 2022 et 2023.



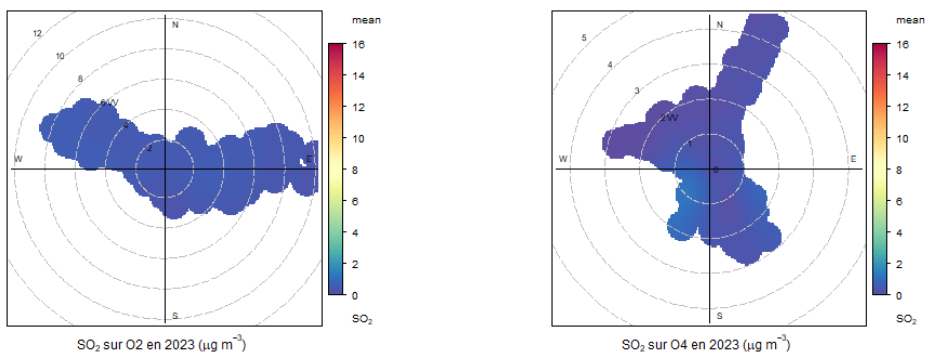
### Campagne C01



Site O2 (13/07/2022 - 16/08/2022)

Site O4 (08/06/2022 - 12/07/2022)

### Campagne C02



Site O2 (01/08/2023 - 04/09/2023)

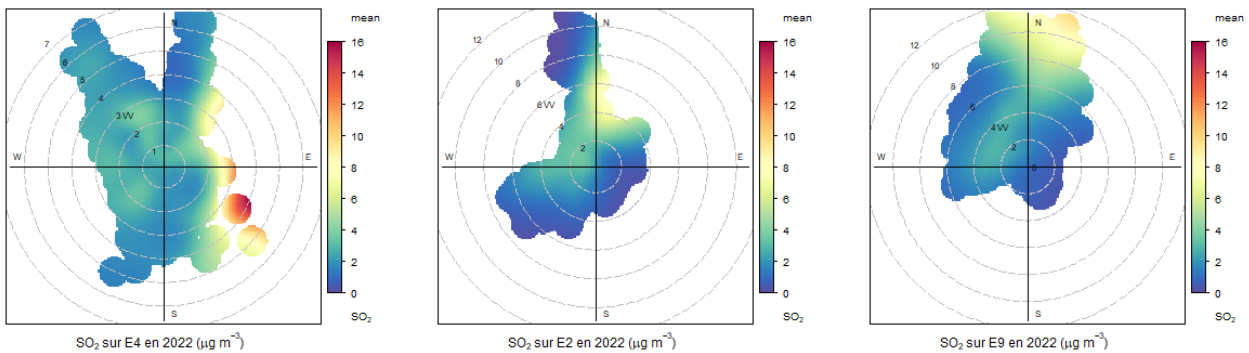
Site O4 (17/01/2023 - 23/02/2023)

Figure 8: Roses des pollutions en SO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) du Port Ouest sur les sites O2 et O4.

La Figure 9 présente les roses des pollutions de concentrations horaires moyennes en dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) sur les sites E2, E4 et E9 au cours des années 2022 et 2023.

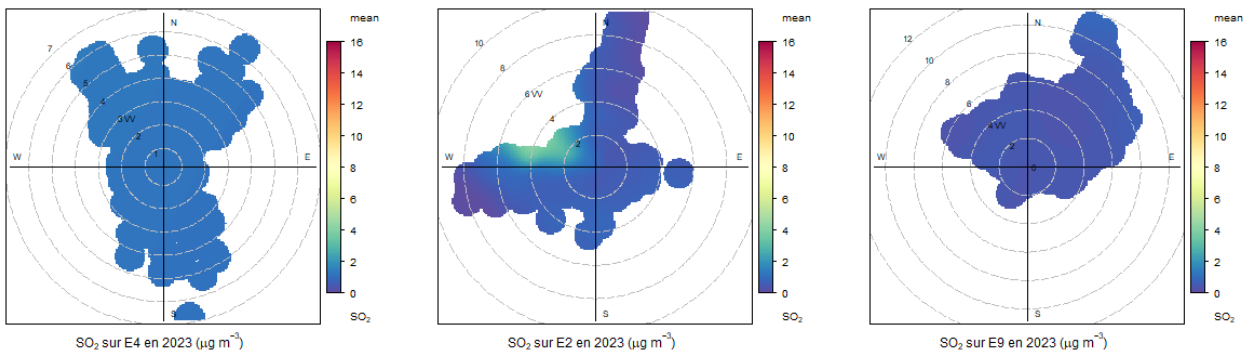


### Campagne C01



Site E4 (17/08/2022 - 18/09/2022)    Site E2 (21/09/2022 - 26/10/2022)    Site E9 (01/11/2022 - 09/12/2022)

### Campagne C02



Site E4 (18/10/2023 - 21/11/2023)    Site E2 (05/09/2023 - 17/10/2023)    Site E9 (21/11/2023 - 24/12/2023)

Figure 9: Roses des pollutions en  $\text{SO}_2$  ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) du Port Est sur les sites E2, E4 et E9.

**Sur le Port Ouest**, les concentrations horaires moyennes en SO<sub>2</sub> les plus élevées en fonction de la vitesse et de la direction du vent sont mesurées sur le site O2 au cours de l'année 2022. Elles proviennent du secteur Est / Est-Nord-Est par vents modérés à forts ce qui **indique un impact potentiel de l'activité portuaire du Port Est sur ces mesures et potentiellement de la centrale EDF PEI.**

**Sur le Port Est**, les concentrations horaires moyennes les plus élevées pour le site E4 indiquent une source d'émission en provenance de l'Est soit de l'activité portuaire du Port Est. Les site E2 et E9 indiquent une **source en provenance de l'embouchure du Port Est, ce qui peut correspondre aux émissions des navires qui entrent et sortent du Port Est et potentiellement de la centrale EDF PEI.**

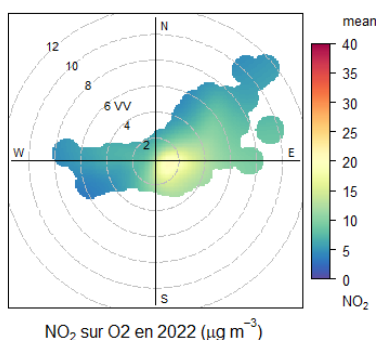
## 9.6 Roses des pollutions en NO<sub>2</sub>

Le traitement des concentrations de NO<sub>2</sub> en fonction de la vitesse et de la direction du vent permet de représenter graphiquement le ou les secteurs de vent où les concentrations sont les plus élevées, le tout en fonction de la vitesse du vent.

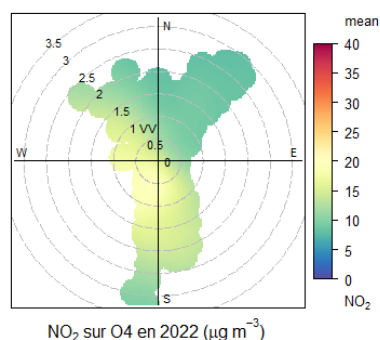
La Figure 10 présente, pour le Port Est, les roses des pollutions de concentrations horaires moyennes en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) sur les sites O2 et O4 au cours des années 2022 et 2023.



Campagne C01



NO<sub>2</sub> sur O2 en 2022 ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

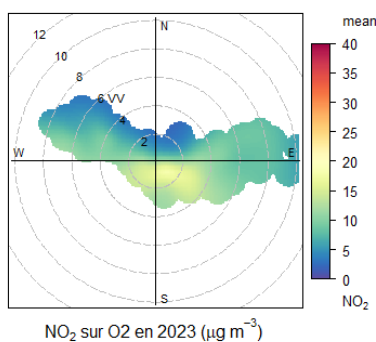


NO<sub>2</sub> sur O4 en 2022 ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

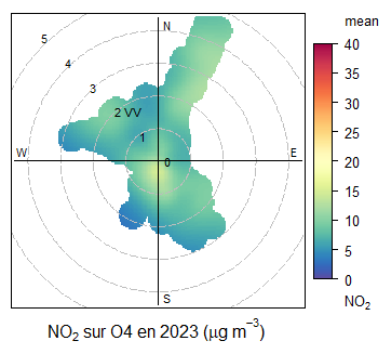
Site O2 (13/07/2022 - 16/08/2022)

Site O4 (08/06/2022 - 12/07/2022)

Campagne C02



NO<sub>2</sub> sur O2 en 2023 ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )



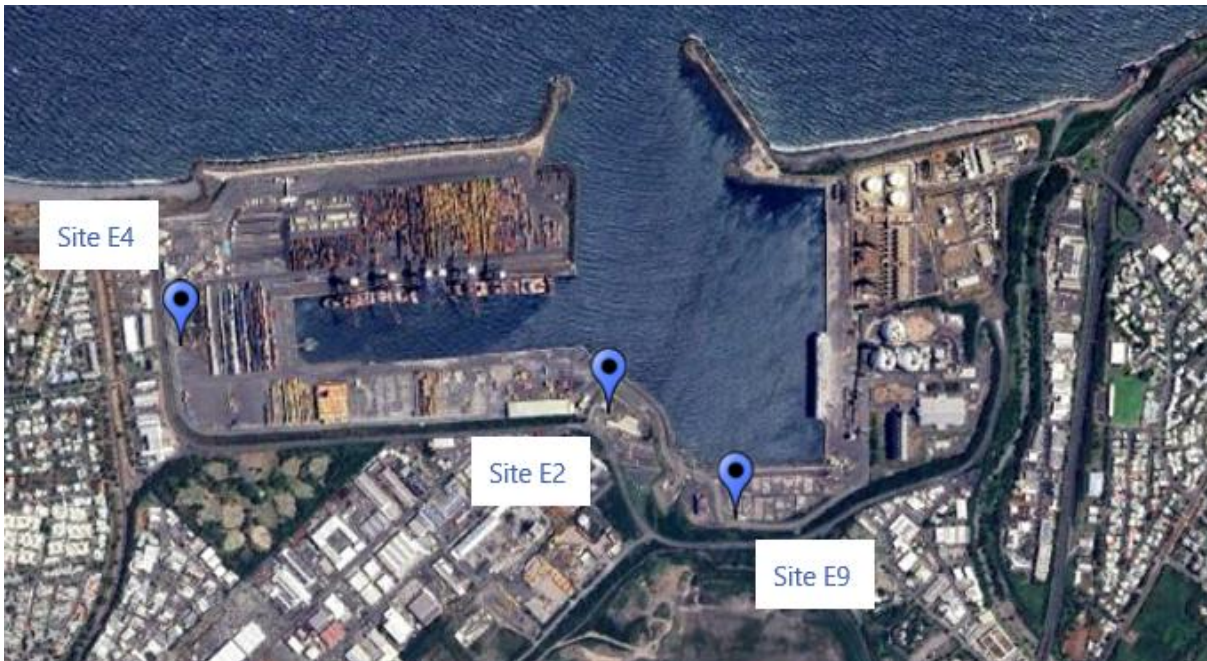
NO<sub>2</sub> sur O4 en 2023 ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

Site O2 (01/08/2023 - 04/09/2023)

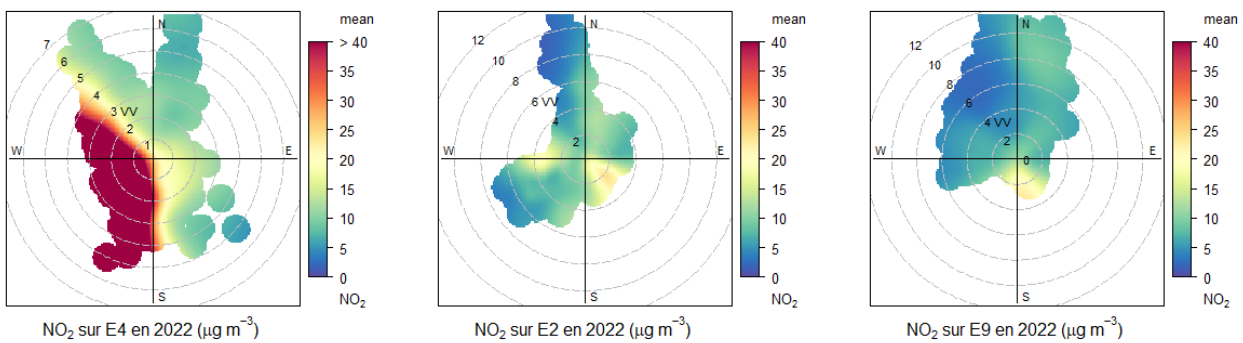
Site O4 (17/01/2023 - 23/02/2023)

Figure 10: Roses des pollutions en NO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) du Port Ouest sur les sites O2 et O4.

La Figure 11 présente, pour le Port Est, les roses des pollutions de concentrations horaires moyennes en dioxyde de d'azote (NO<sub>2</sub>) sur les sites E4, E2 et E9 en 2022 et 2023.



### Campagne C01

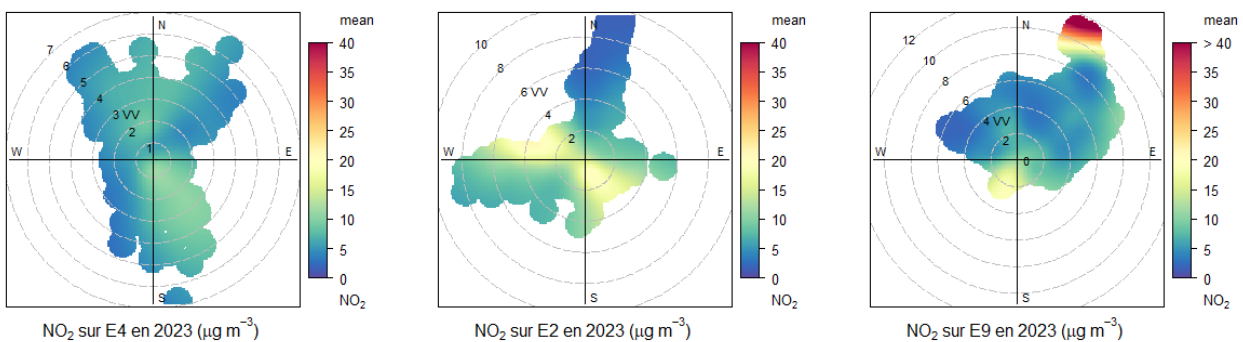


Site E4 (17/08/2022 - 18/09/2022)

Site E2 (21/09/2022 - 26/10/2022)

Site E9 (01/11/2022 - 09/12/2022)

### Campagne C02



Site E4 (18/10/2023 - 21/11/2023)

Site E2 (05/09/2023 - 17/10/2023)

Site E9 (21/11/2023 - 24/12/2023)

Figure 11: Roses des pollutions en NO<sub>2</sub> (µg.m<sup>-3</sup>) du Port Est sur les sites E2, E4 et E9.

**Port Ouest :**

Les concentrations moyennes les plus élevées sont observées par vents faibles (2m/s). Vitesses de vents correspondant à une stabilité de l'atmosphère et par conséquent une accumulation des émissions locales.

**Port Est :**

Comme pour le Port Ouest on constate une augmentation du niveau de concentrations en NO<sub>2</sub> lorsque l'atmosphère est stable (vents faibles autour de 2m/s).

Les maximums de concentrations en NO<sub>2</sub> sont observés sur le site E4 2022, que l'on peut attribuer aux émissions issues du groupe électrogène.

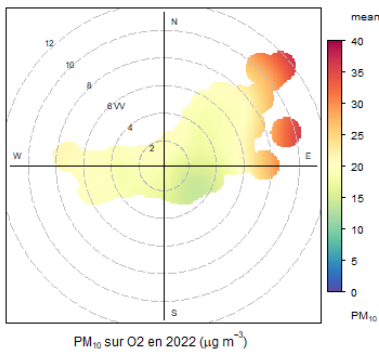
Des niveaux soutenus sont également constatés site E9 avec des concentrations moyennes de NO<sub>2</sub> par vents forts >40 µg.m<sup>-3</sup> Pour un secteur de vent Nord Est. Ce secteur correspond à la fois aux émissions des navires qui transitent dans le port et aux émissions potentielles de la centrale EDF.

## 9.7 Roses des pollutions en PM<sub>10</sub>

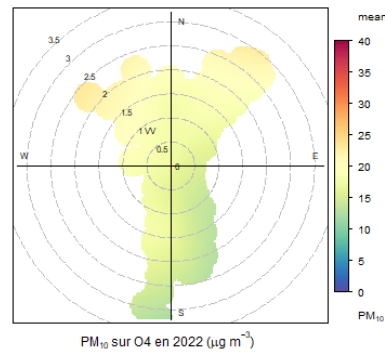
La Figure 12 présente, pour le Port Est, les roses des pollutions de concentrations horaires moyennes en PM<sub>10</sub> sur les sites O2 et O4 en 2022 et 2023.



### Campagne C01

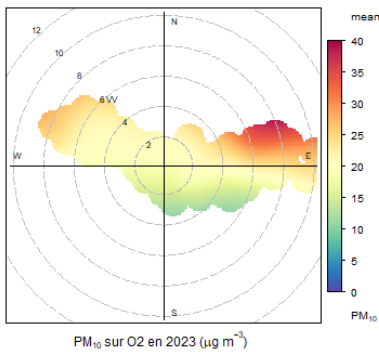


Site O2 (13/07/2022 - 16/08/2022)

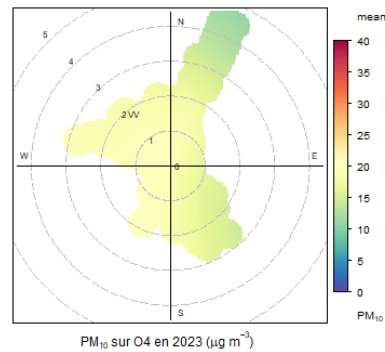


Site O4 (08/06/2022 - 12/07/2022)

### Campagne C02



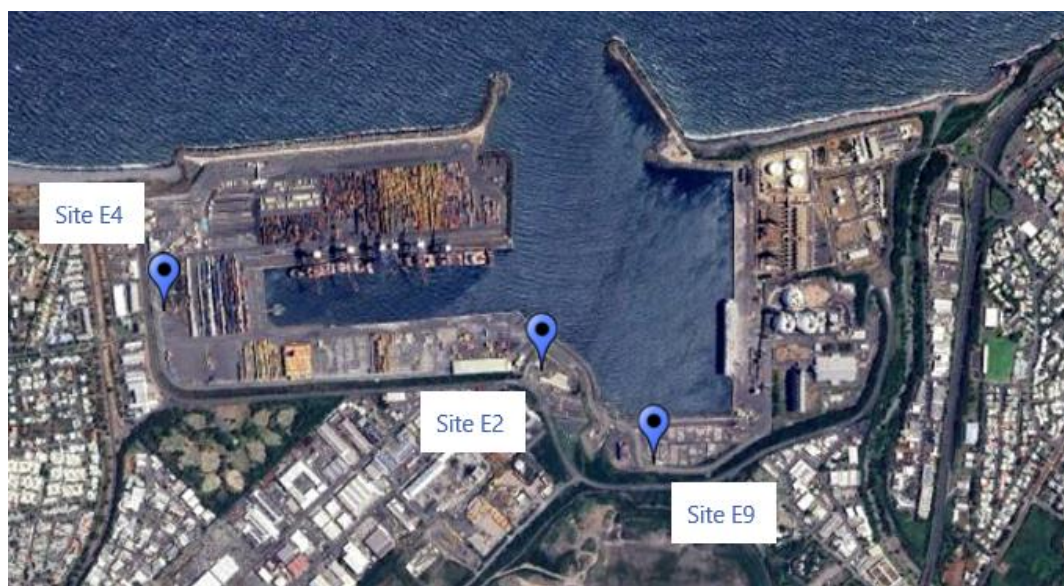
Site O2 (01/08/2023 - 04/09/2023)



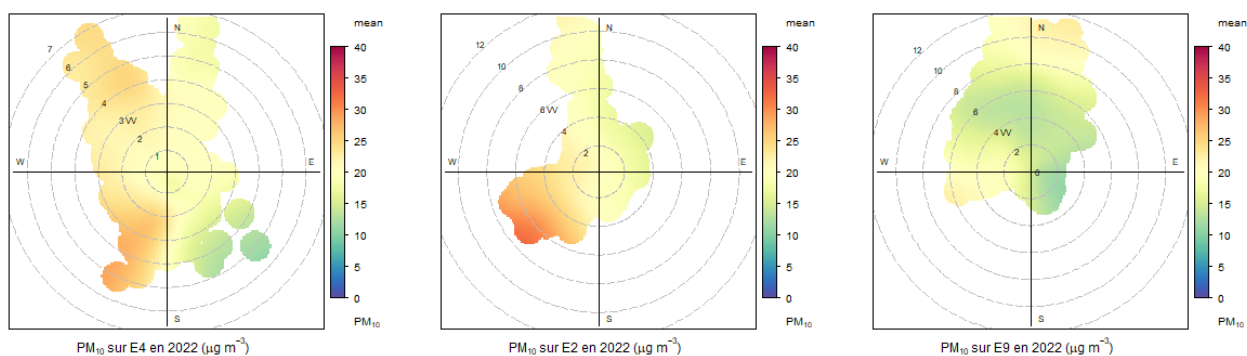
Site O4 (17/01/2023 - 23/02/2023)

Figure 12: Roses des pollutions en PM<sub>10</sub> (µg.m<sup>-3</sup>) du Port Ouest sur les sites O2 et O4.

La Figure 13 présente, pour le Port Ouest, les roses des pollutions de concentrations horaires moyennes en  $PM_{10}$  sur les sites E2, E4 et E9, en 2022 et 2023.



### Campagne C01

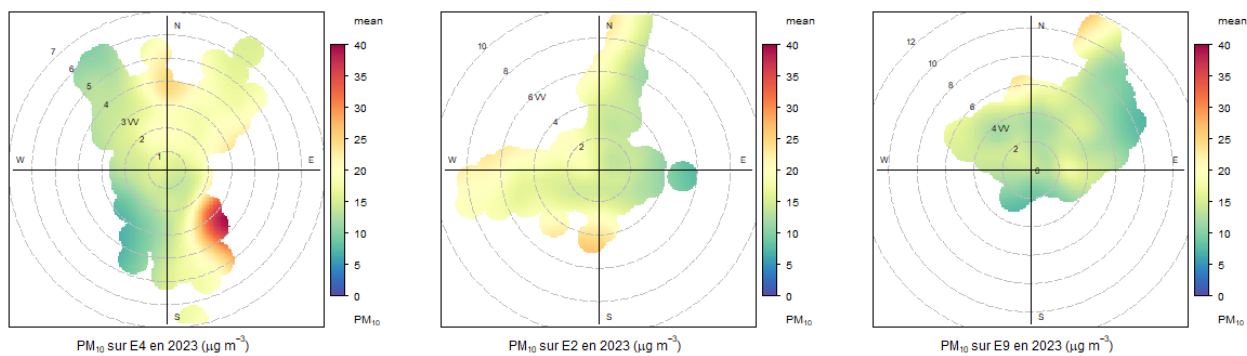


Site E4 (17/08/2022 - 18/09/2022)

Site E2 (21/09/2022 - 26/10/2022)

Site E9 (01/11/2022 - 09/12/2022)

### Campagne C02



Site E4 (18/10/2023 - 21/11/2023)

Site E2 (05/09/2023 - 17/10/2023)

Site E9 (21/11/2023 - 24/12/2023)

Figure 13: Roses des pollutions en  $PM_{10}$  ( $\mu g \cdot m^{-3}$ ) du Port Est sur les sites E2, E4 et E9.

**Port Ouest :**

Les concentrations horaires moyennes en  $PM_{10}$  les plus élevées en fonction de la vitesse et de la direction du vent sont mesurées sur le site O2. Elles proviennent du secteur Est / Est-Nord-Est par vents modérés à forts ce qui **indique un impact potentiel de l'activité portuaire du Port.**

**Port Est :**

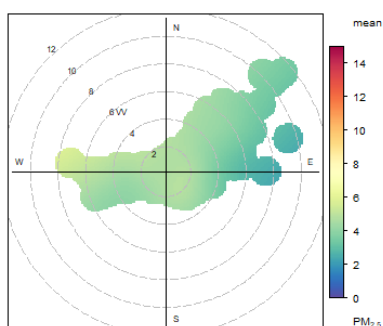
Les concentrations horaires moyennes en  $PM_{10}$  les plus élevées en fonction de la vitesse et de la direction du vent sont mesurées sur le site E4 en 2023 et E2 en 2022. Difficile d'attribuer une origine de la source pour le site E4. Le site E2 quant à lui pointe une origine des sources en provenance du trafic routier. Le site E9 indique des niveaux plus soutenus par vents modérés à fort de secteur Nord à Nord Est. Ces secteurs correspondent aux émissions des navires qui transitent dans le Port Est.

## 9.8 Roses des pollutions en PM<sub>2.5</sub>

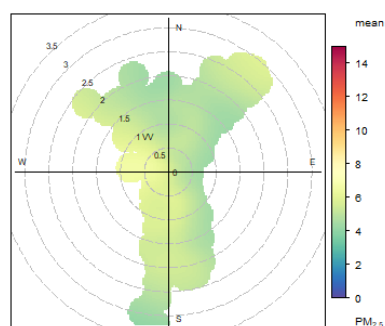
La Figure 14 présente, pour le Port Ouest, les roses des pollutions de concentrations horaires moyennes en PM<sub>2.5</sub> sur les sites O2 et O4, en 2022 et 2023.



Campagne C01



PM<sub>2.5</sub> sur O2 en 2022 ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

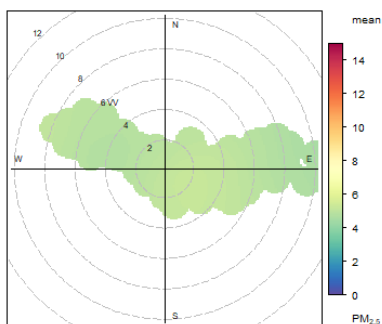


PM<sub>2.5</sub> sur O4 en 2022 ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

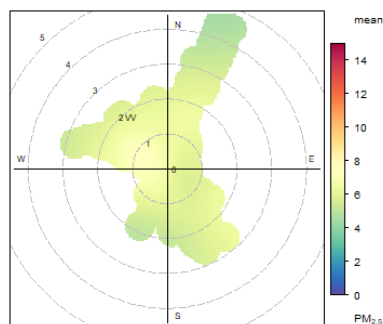
Site O2 (13/07/2022 - 16/08/2022)

Site O4 (08/06/2022 - 12/07/2022)

Campagne C02



PM<sub>2.5</sub> sur O2 en 2023 ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )



PM<sub>2.5</sub> sur O4 en 2023 ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )

Site O2 (01/08/2023 - 04/09/2023)

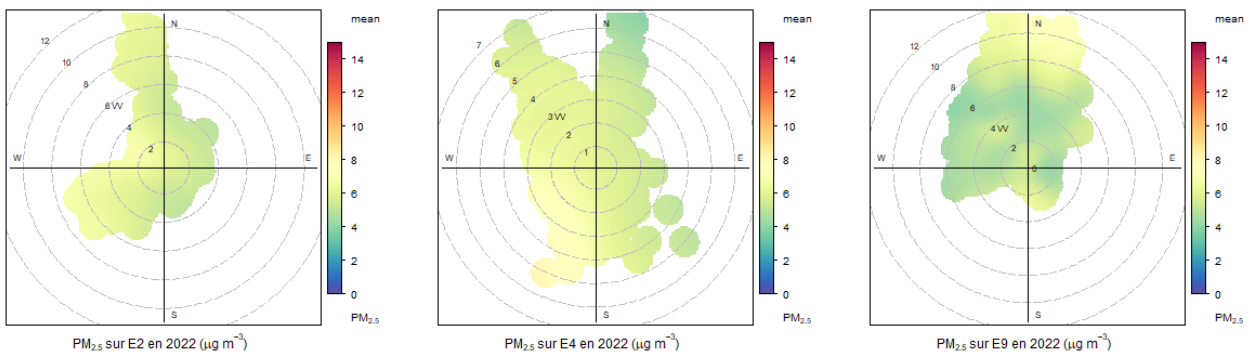
Site O4 (17/01/2023 - 23/02/2023)

Figure 14: Roses des pollutions en PM<sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g.m}^{-3}$ ) du Port Ouest sur les sites O2 et O4.

La Figure 15 présente, pour le Port Ouest, les roses des pollutions de concentrations horaires moyennes en  $PM_{2.5}$  sur les sites E2, E4 et E9, en 2022 et 2023.



### Campagne C01

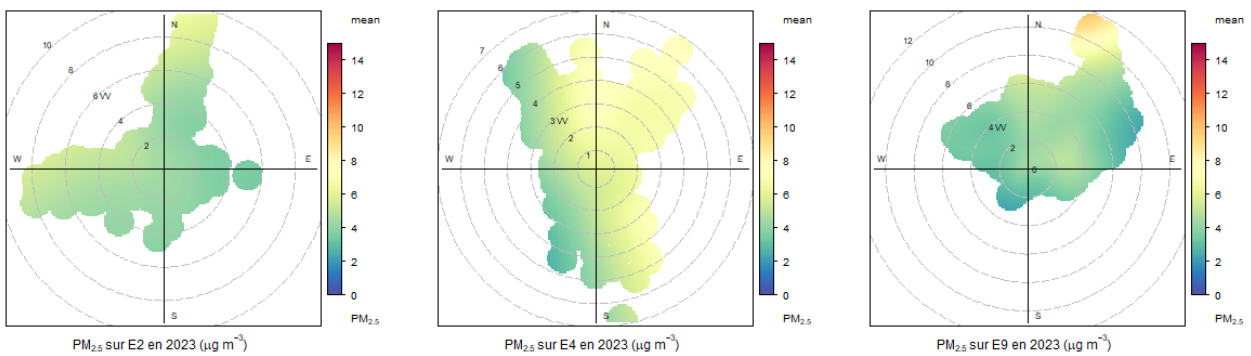


Site E4 (17/08/2022 - 18/09/2022)

Site E2 (21/09/2022 - 26/10/2022)

Site E9 (01/11/2022 - 09/12/2022)

### Campagne C02



Site E4 (18/10/2023 - 21/11/2023)

Site E2 (05/09/2023 - 17/10/2023)

Site E9 (21/11/2023 - 24/12/2023)

Figure 15: Roses des pollutions en  $PM_{2.5}$  ( $\mu g \cdot m^{-3}$ ) du Port Ouest sur les sites E2, E4 et E9.

**Port Ouest :**

Les concentrations horaires moyennes en  $PM_{2.5}$  les plus élevées en fonction de la vitesse et de la direction du vent sont mesurées sur le site O4. Les niveaux observés sont à mettre en relation avec celles de l'axe routier située à proximité du site de mesure.

**Port Est :**

Les concentrations horaires moyennes en  $PM_{2.5}$  sont plus homogène. Seul le site E9 permet de mettre en évidence une source d'émission en provenance du secteur Nord à Nord Est par vent forts. Ce secteur correspond aux émissions des navires qui transitent dans le Port Est.

# 10. Retombées des panaches issus des bateaux

Les précédents chapitres traitent les données sous l'angle de moyennes et par conséquent ne permettent pas de mettre clairement en évidence l'impact d'un navire sur les concentrations mesurées. Le présent chapitre se focalise sur le plus petit pas de temps de mesure disponible, à savoir le quart horaire. Cette mesure correspond à la moyenne des concentrations mesurées pendant 15 minutes. Elle est disponible pour les mesures de SO<sub>2</sub> et de NO<sub>2</sub>.

## 10.1 Caractéristique des panaches

Des études ont été réalisées par d'autres Associations agréées pour la surveillance de la qualité de l'air (AASQA) et ont permis de mettre en lumière les caractéristiques des panaches et de comprendre l'intérêt d'utiliser des données avec un pas de temps le plus court possible. Ainsi, les retours d'expérience de Qualitair Corse et de Atmo Sud nous permettent d'en lister les caractéristiques.

**Un panache est une « nuée de polluants » émis par une source (ici les cheminées des bateaux), qui se disperse selon la direction du vent. Ce panache peut s'étendre à plus de 1,5 km de la source avec une largeur allant de 10 à 100 mètres. Le relief et les bâtiments jouent également un rôle sur l'étendue de leur impact en interceptant, déviant le panache.**

L'interception des panaches peut être plus ou moins forte et rapide en fonction de la hauteur des cheminées des navires. En effet, le retour d'expérience de Qualitair Corse permet de dégager des situations où **les panaches restent limités dans la zone portuaire lorsque les cheminées ont une hauteur de 5 mètres alors qu'ils peuvent impacter une partie des zones habitées en ville avec des cheminées hautes de 35 mètres<sup>1</sup>.**

Le phénomène de brise est impactant sur la direction de propagation des panaches. En effet, il s'agit d'un régime de temps où la direction du vent vient de la terre pendant la nuit et de la mer en journée engendrant des bascules de vent rapide. Ainsi, les panaches peuvent changer brutalement de direction de dispersion et impacter une zone sur une faible période. Il est ainsi possible de détecter un panache pendant un court moment. C'est pour cela qu'il est nécessaire d'utiliser des données avec le plus petit pas de temps possible.

---

<sup>1</sup> [Conférence "qualité de l'air et activité maritime" du 22 mai 2023. https://www.youtube.com/watch?v=-9-8kDWD-38.](https://www.youtube.com/watch?v=-9-8kDWD-38)

## 10.2 Détection des panaches à 5 mètres d'altitude

Lors des campagnes de mesures de 2022 et de 2023, des pics en polluants ont été constatés au pas de temps quart-horaire. Une analyse fine de certains de ces pics pour les polluants SO<sub>2</sub> puis en NO<sub>2</sub> est réalisée, pour une majorité de sites, par comparaison des données de polluants mesurées avec les données météorologiques de vent (vitesse et direction).

### Port Ouest - panache SO<sub>2</sub> :

Sur le site de mesure du Port Ouest O2, un pic de SO<sub>2</sub> (57.6 µg.m<sup>-3</sup>) a été enregistré le 23 Juillet 2022 pendant la campagne de mesure n°1 (cf. Figure 16).

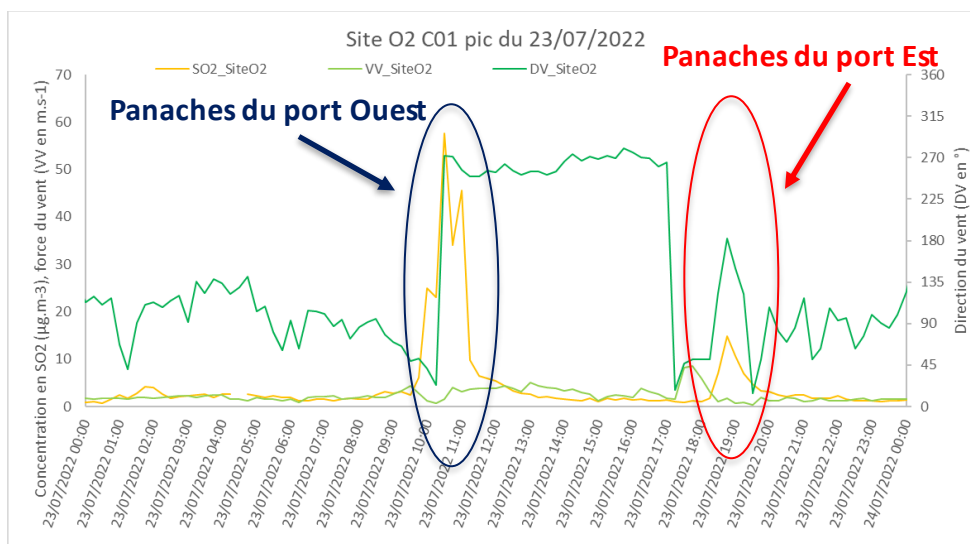


Figure 16: Plan de situation du site de mesure O2 et évolution temporelle des concentrations quart-horaire en SO<sub>2</sub>, de la direction et de la vitesse de vent sur la journée du 23 Juillet 2022 sur le site O2.

Sur la Figure 16, on constate deux pics qui surviennent lors d'une bascule de vent vers 10h15 et à 19h. La bascule de vent passe par un angle de 180° pointant une source d'émission directement en provenance du bassin Nord du Port Ouest. Dans notre cas de figure deux panaches sont détectés. Pendant la période de mesure, quelques bateaux de pêche sont présents dans le port

Ouest. Aucune information n'est disponible quant à la présence de navires militaires dans le port Ouest.

Sur le site de mesure du port Ouest O4, un pic et des niveaux de concentrations relativement élevés de SO<sub>2</sub> ont été enregistrés (max 39.2 µg.m<sup>-3</sup>) entre 0h et 7h le 16 Juin 2022 pendant la campagne de mesure n°1 (cf. Figure 17).

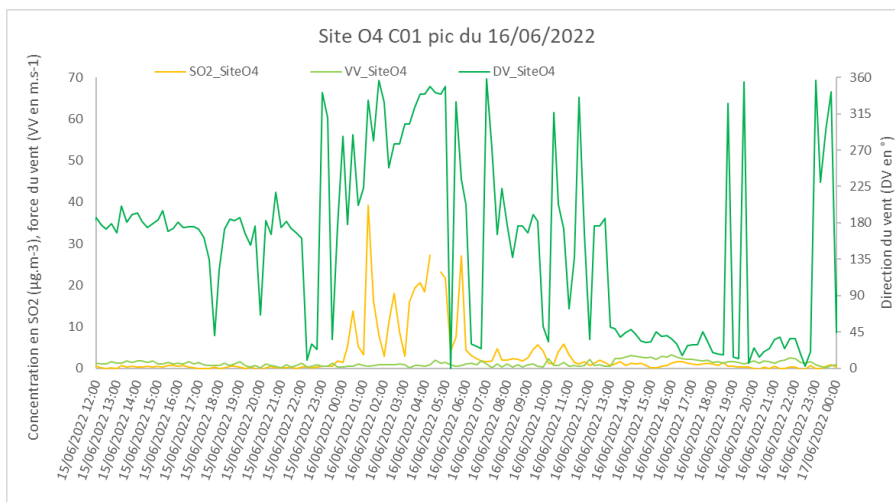


Figure 17: Plan de situation du site de mesure O4 et Evolution temporelle des concentrations quart-horaire en SO<sub>2</sub>, de la vitesse et direction du vent le 16 Juin 2022 sur le site O4.

Sur la Figure 17, lors du pic de SO<sub>2</sub> le vent présente une vitesse relativement stable une direction de vent de secteur Ouest à Nord. Au regard de la position du site de mesure et des directions de vents lors du pic, de 0h à 7h le 16 Juin 2022, la mesure détecte les panaches en provenance de la direction de l'entrée du port Ouest ainsi que la partie Nord de ce port.

## Port Est - panache SO<sub>2</sub> :

Sur le site de mesure du port Est E2, plusieurs événements ont été enregistrés (max 13.4 µg.m<sup>-3</sup>) aux alentours de 9h, 12h30 et entre 15 et 17h le 11 Septembre 2023 pendant la campagne de mesure n°2 (cf. Figure 18).

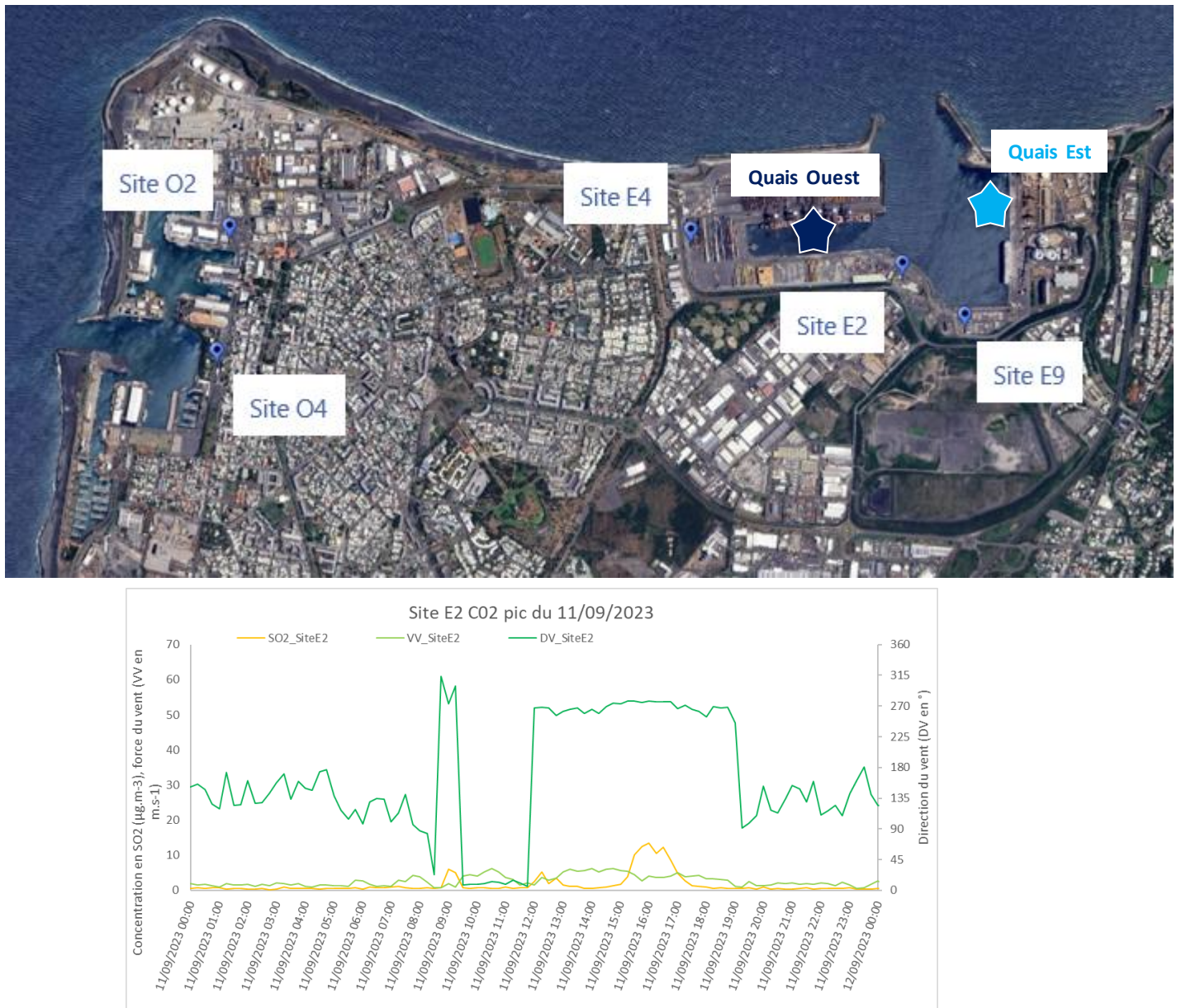


Figure 18: Plan de situation du site de mesure E2 et Evolution temporelle des concentrations quart-horaire en SO<sub>2</sub>, de la vitesse et de la direction de vent le 11 Septembre 2023 sur le site E2.

Sur la Figure 18, un premier événement (9h) intervient alors que le vent se trouve au secteur Nord-Ouest (inclinaison de vent 300°, secteur de vent Ouest). Les deux événements suivants interviennent alors que le vent se trouve au secteur Ouest (inclinaisons de vent 270-280°).

La position du site de mesure et les directions de vent pendant ces événements montrent que la mesure détecte les panaches en provenance de la direction des quais Ouest du port Est. En effet, deux cargos sont présents dans cette zone du port Est pendant la période de mesures.

Sur le site de mesure du port Est E9, plusieurs pics ont été enregistrés (pics max  $64.1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  et  $61.1 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) en journée du 2 Novembre 2022 pendant la campagne de mesure n°1 (cf. Figure 19).

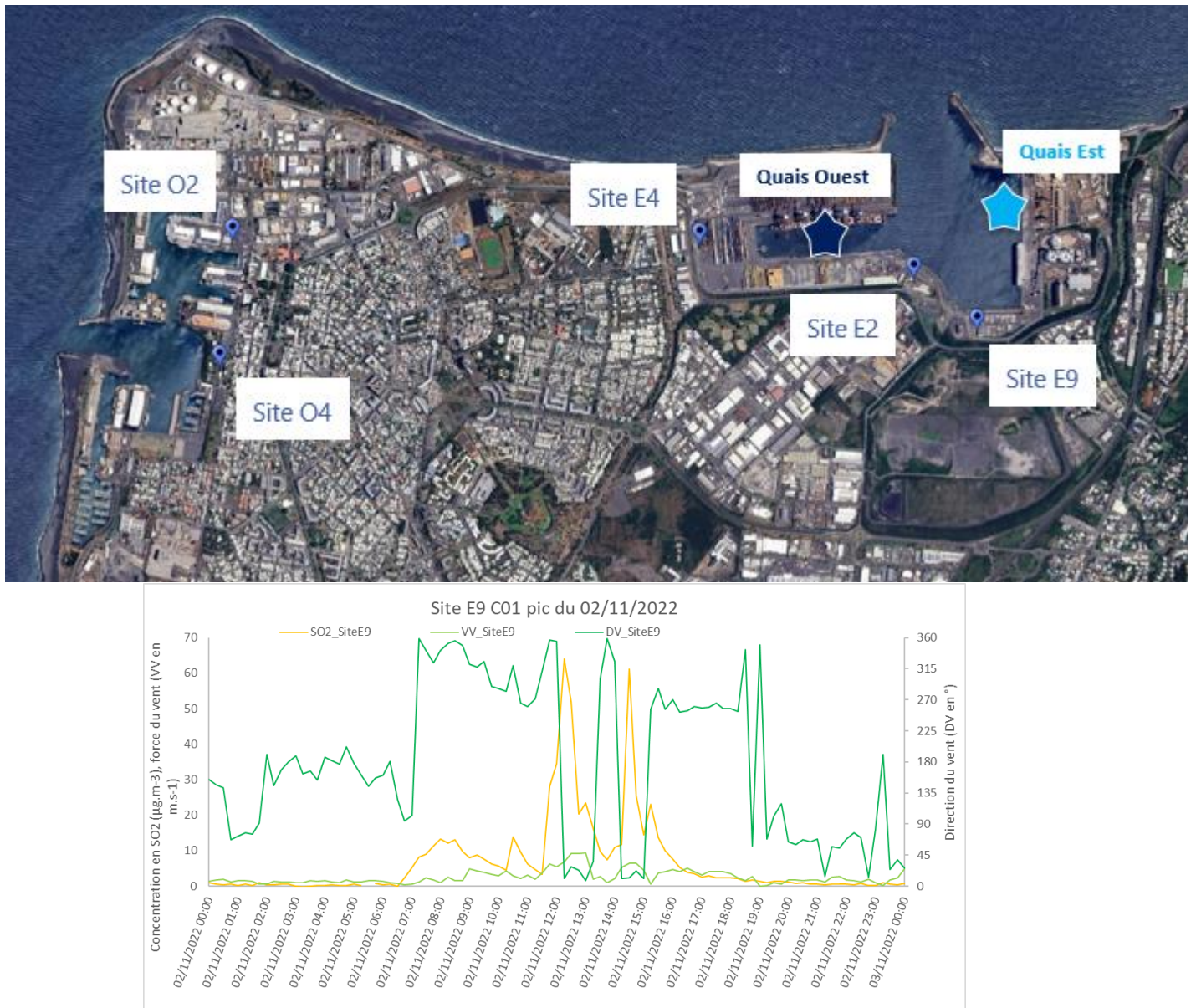


Figure 19: Plan de situation du site de mesure E9 et Evolution temporelle des concentrations quart-heure en  $\text{SO}_2$ , de la vitesse et de la direction du vent sur le site E9 le 2 Novembre 2022.

Sur la Figure 19, deux pics de  $\text{SO}_2$  d'amplitudes modérées similaires interviennent entre 7h et 12h et entre 13h et 14h avec des concentrations comprises entre  $5$  et  $15 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  alors que le vent se trouve au secteur Nord-Ouest. Selon la position du site de mesure E9, la mesure détecte les panaches provenant de la direction des quais Ouest du port Est. En effet, trois cargos sont présents dans cette partie du port Est pendant la période de mesures.

Sur cette même figure, **deux pics de concentrations élevées en  $\text{SO}_2$**  (supérieur à  $60 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ) interviennent entre 12 et 13h et entre 14 et 16h. Pendant ces pics, le vent se trouve au secteur Nord-Nord-Est. Selon la position du site de mesure E9, il s'agit de la détection des panaches en provenance de la direction des quais Est du port Est. En effet, deux transporteurs de pellets de bois et deux cimentiers sont à quais sur cette zone du port Est pendant la période évoquée.

## Comparaison des données de concentrations en NO<sub>2</sub> avec les données météorologiques.

### Port Ouest - panache NO<sub>2</sub> :

Sur le Port Ouest, le site de mesure O2 a enregistré plusieurs pics pendant la campagne 1. La période du 25 au 30 Juillet 2022 est la période où les pics sont les plus intenses (pics max 76µg.m<sup>-3</sup>) (cf. Figure 20).

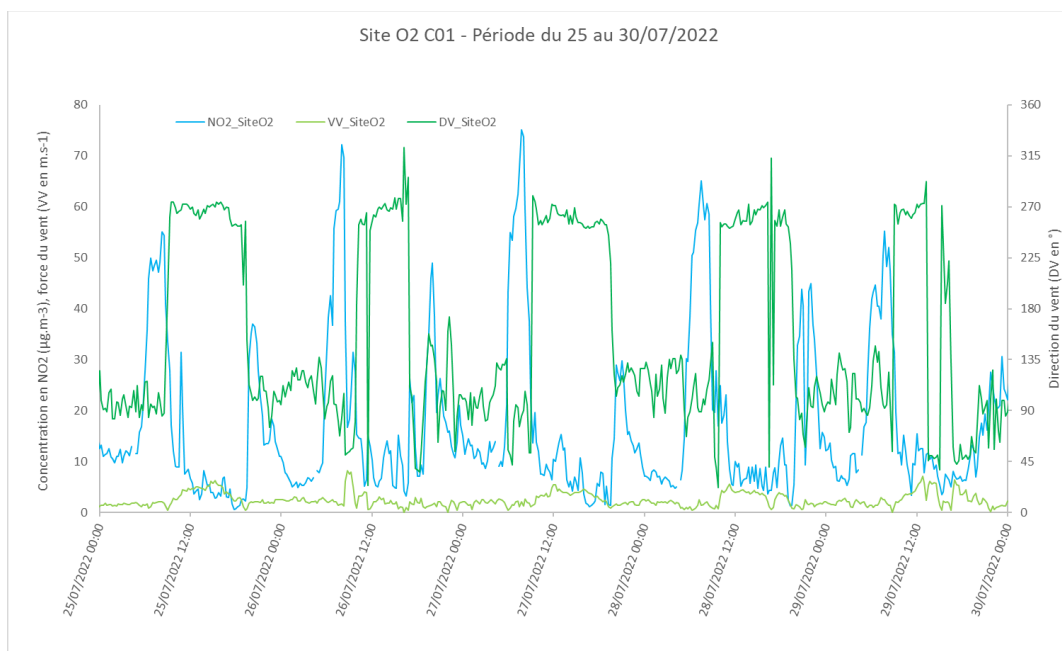


Figure 20: Plan de situation du site de mesure O2 et Evolution temporelle des concentrations quart-horaire en NO<sub>2</sub>, de la vitesse et de la direction du vent sur le site O2 sur la période du 25 au 30 Juillet 2022.

Sur la Figure 20, le vent présent durant la période est soumis à un régime de brises. Les pics de NO<sub>2</sub> interviennent lors des brises de terre en début et fin de journée lorsque le vent est au secteur Est-Sud-Est (entre 90 et 135°). Compte tenu de la position du site O2, il s'agit de l'impact du trafic routier présent dans le secteur.

Lorsque le vent est au secteur Ouest (c.a.d. brise de mer) en journée, des niveaux de concentrations bien plus faibles sont observés (entre 4 et 10  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Il s'agit là de l'impact de l'activité portuaire. En effet, durant la période illustrée, quelques bateaux de pêche sont présents. Aucune information concernant les navires militaires n'est disponible.

Sur le port Ouest, le trafic routier est également une source d'émission de  $\text{NO}_2$  qui impacte le niveau de concentration mesuré à laquelle viennent s'ajouter les émissions issues de l'activité portuaire mais dans une moindre mesure.

### Port Est - panache $\text{NO}_2$ :

Lors de l'étude des roses de pollution  $\text{NO}_2$  (cf Chapitre 9.6), il a été constaté que, sur la campagne n°2 réalisée du 21 Novembre au 24 Décembre 2023 sur le site E9, des concentrations élevées étaient mesurées lorsque le vent était fort et de secteur Nord-Est (cf Figure 21).

Une analyse fine des données quart-heure a été réalisée afin d'identifier les périodes où les maximums de concentrations ont été mesurés. Il en ressort deux périodes, du 29 Novembre au 1<sup>er</sup> Décembre et le 14 Décembre 2023.

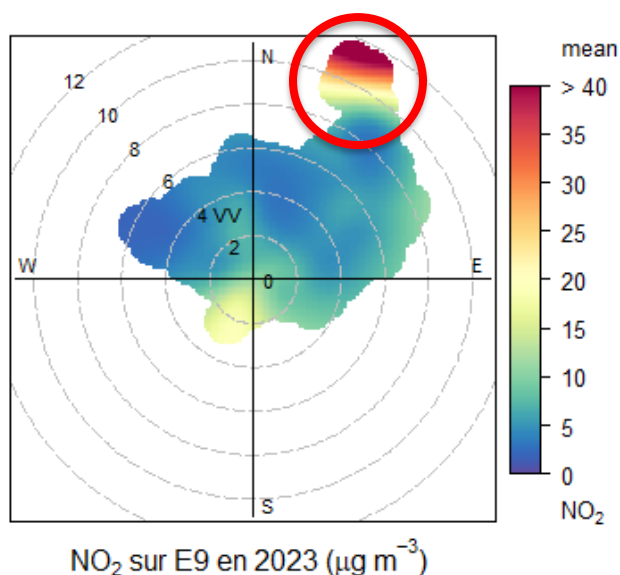


Figure 21: Rose de pollution du  $\text{NO}_2$  pendant la campagne 2 (données horaires).

## Port Est - panache NO<sub>2</sub> : Analyse des journées du 29 novembre au 1<sup>er</sup> décembre 2023

La première période concernée s'étale du 29 Novembre au 1<sup>er</sup> Décembre. Les concentrations en NO<sub>2</sub>, les directions et vitesses de vent mesurées sont présentées dans la Figure 22.

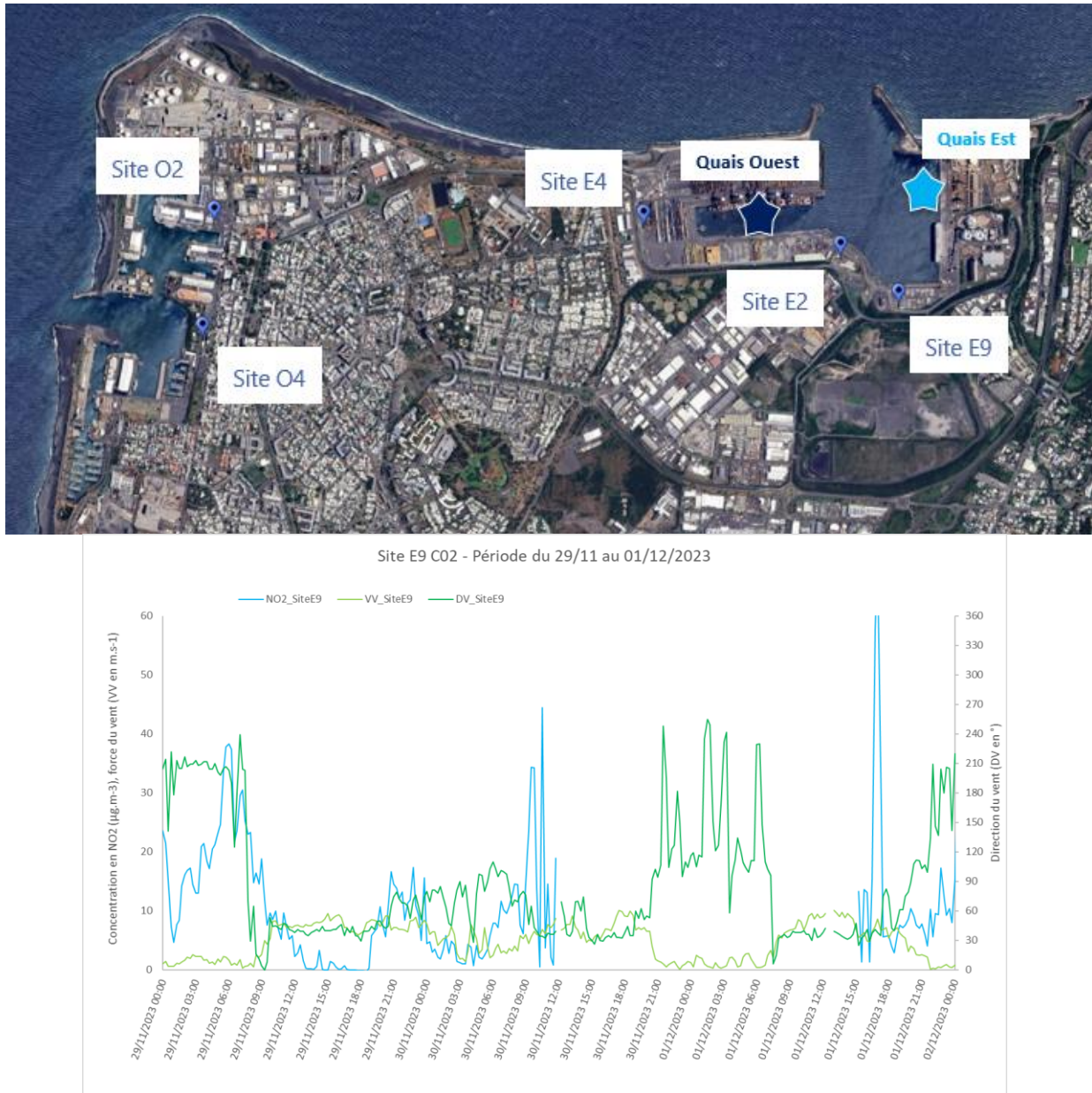


Figure 22: Plan de situation du site de mesure E9 et Evolution temporelle des concentrations quart-horaire en NO<sub>2</sub>, de la vitesse et de la direction du vent sur le site de mesure E9 pendant la période du 29 Novembre au 1<sup>er</sup> Décembre 2023.

Le 29 novembre de 19h à 0h, le vent est fort et orienté Est (70-100°), des niveaux de concentrations autour de 10 à 15 µg.m<sup>-3</sup> sont mesurés. Compte tenu de la position de la station E9, le secteur de vent indique un impact du trafic routier sur le niveau de concentration mesuré (rue du cimetière voir RN1).

Au cours de cette période, deux pics intenses sont détectés le premier autour du 30 Novembre à 11h avec 45 µg.m<sup>-3</sup> de NO<sub>2</sub> et le second autour du 1<sup>er</sup> Décembre 2023 à 17h avec 60 µg.m<sup>-3</sup> de NO<sub>2</sub> lorsque le vent est fort. Les directions de vent associées sont 30 à 40° d'inclinaison (secteur Nord-Est). Ces directions de vent correspondent à celles des quais Est où sont déchargés les Pellets de bois, le charbon ou encore le pétrole pendant la période concernée. Les directions de vent correspondent également à celle de la centrale thermique d'EDF PEI. Avec les informations

disponibles, il n'est pas possible de déterminer l'origine exacte de la source d'émission de ces pics.

A noter qu'un autre pic, assez long, intervient en début de matinée du 29 Novembre mais lorsque le vent est faible cette fois-ci et avec des directions de secteur Sud-Ouest (200-210° d'inclinaison). Ce pic correspond aux émissions du trafic routier (rue Jesse Owens).

La deuxième période concernée est la journée du 14 décembre. Les concentrations en NO<sub>2</sub>, les directions et vitesses de vent mesurées sont présentées dans la Figure 23.

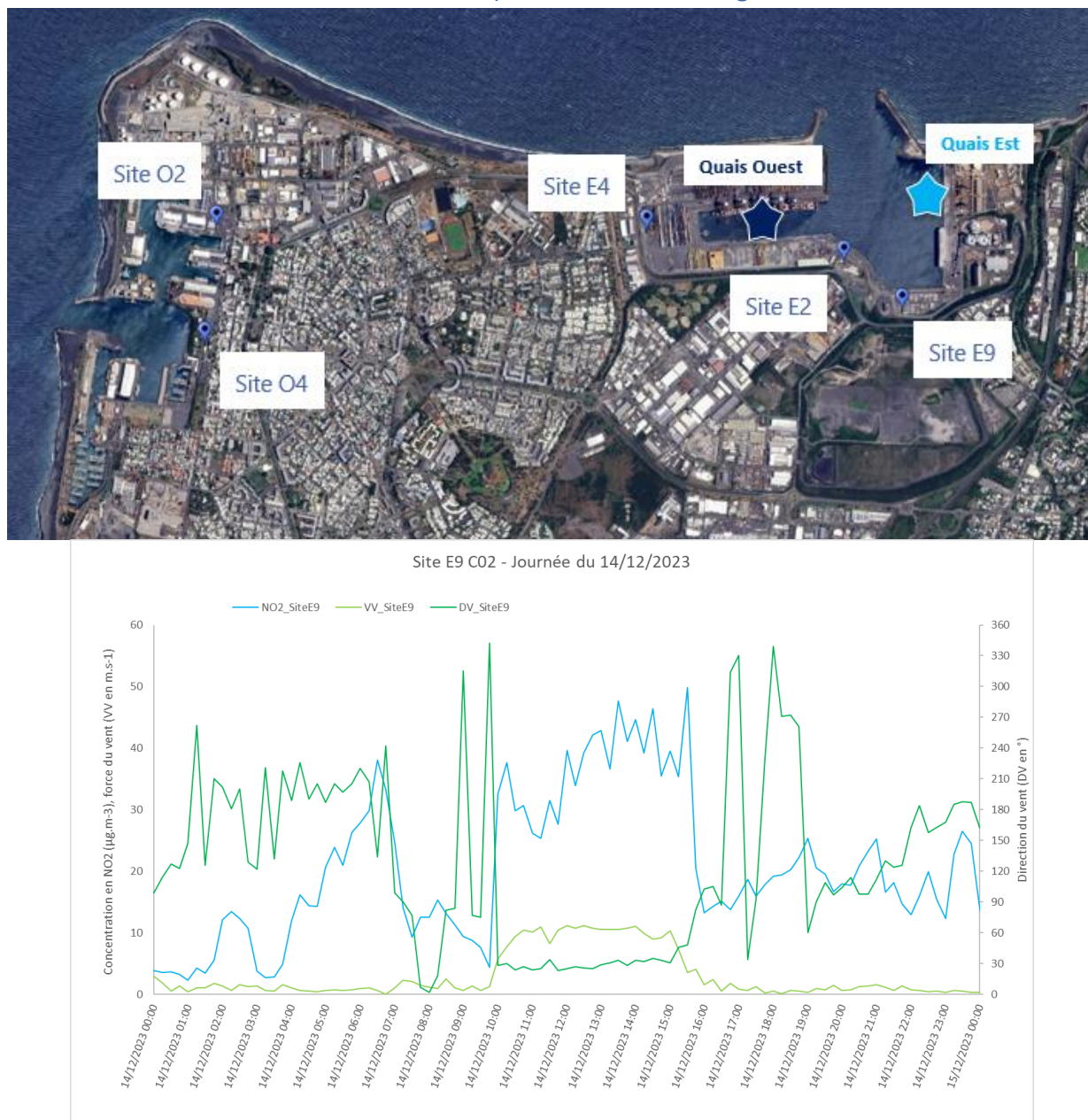


Figure 23: Plan de situation du site de mesure E9 et Evolution temporelle des concentrations quart-horaire en NO<sub>2</sub>, de la vitesse et de la direction du vent sur le site de mesure E9 pendant la journée du 14 Décembre 2023.

En cours de journée, soit de 10h à 16h, des niveaux de concentrations compris entre 25 et 45 µg.m<sup>-3</sup> sont observés. Le vent est fort et constant. Sa direction est inclinée au secteur Nord-Est (25-35°) soit en direction des quais Est et de la centrale thermique d'EDF PEI. Sur cette journée

aucun bateau n'est accosté sur les quais Est. Il est fort probable que les niveaux de concentrations de NO<sub>2</sub> observés proviennent de la centrale thermique d'EDF PEI.

A noter qu'avant 7h et après 19h, des niveaux de concentrations non négligeables sont constatés. Le vent est faible et les masses d'air proviennent soit du secteur Sud-Ouest soit d'Est à Sud. Compte tenu de la position du site E9, ces niveaux de concentrations sont attribuables au trafic routier.

**En conclusion**, les sites de mesure au sol ont permis de détecter la présence de panaches de SO<sub>2</sub> et de NO<sub>2</sub> issus de bateaux, en croisant les mesures des concentrations de polluants au pas de temps quart horaires avec les données de direction et de vitesse de vent avec les informations de présence de bateaux dans la zone concernée.

Le déploiement d'un site de mesure automatique au sol permettra donc de détecter la présence d'un panache dans la zone mesurée si l'on descend au moins au pas de temps de mesure de 15 minutes.

Pour aller plus loin dans l'identification des sources et de leurs zones d'impacts (zone de dispersion des panaches) qui dépendent des caractéristiques du bateau, de sa position, de sa vitesse des conditions météorologiques, l'utilisation d'un outil de modélisation s'avère nécessaire. Le panache pouvant se retrouver à différentes altitudes en fonction de la topographie et de la météorologie.

Cela permettrait de décrire plus finement la zone d'impact des panaches à partir de la localisation précise des bateaux et de leurs caractéristiques (hauteur de cheminée...) et des conditions météorologiques.

## 10.3 Détermination d'une zone de détection de panaches à 30 mètres d'altitude.

Le chapitre précédent s'est focalisé sur des retombées de panaches situées à une hauteur de 5m par rapport au sol dans la zone à proximité immédiate des Ports Est et Ouest.

Le présent chapitre a pour objectif d'identifier l'étendue potentielle de retombée des panaches des émissions de bateaux autour des Ports Est et Ouest, pour des bateaux équipés de cheminée de 30 m.

En se basant sur des critères évoqués dans les différents retours d'expériences d'autres AASQA (Atmo Sud et de Qualitair Corse), une zone d'impact des retombées de panaches pour des cheminées de bateau de l'ordre de 30 mètres de hauteur a pu être identifiée. L'hypothèse est que la retombée de panache des émissions d'un bateau équipée d'une cheminée d'environ 30m s'étend sur 2km autour de la zone d'émission et peut se s'étaler sur une hauteur de 0 à 40m d'altitude.

Ces critères sont appliqués sur le Grand Port Maritime et sont regroupés sur la carte en Figure 24 pour chacun des ports Est et Ouest.

Les points en rouge et jaune présents sur les ports respectifs correspondent aux zones d'activités du Grand Port Maritime.



Figure 24: Carte avec la représentation des critères de détermination des impacts de panaches autour des ports Est et Ouest. Les points représentent les zones d'activités de chaque port.

La zone globale respectant l'ensemble des critères pour l'ensemble des deux ports est illustrée en Figure 25. Il s'agit de la zone non grisée correspondant à la zone où les retombées de panaches des bateaux peuvent impacter les populations.



Figure 25: Carte représentant la zone globale d'impact des retombées de panaches issue de l'ensemble du Grand Port Maritime.

Enfin, la carte représentée en Figure 26 représente (en zone non grisée) la zone commune d'impact des retombées de panaches provenant des bassins portuaires Est et Ouest où la probabilité de les détecter est la plus importante. Il s'agit de l'intersection des zones d'impact des retombées issus des ports Est et Ouest.

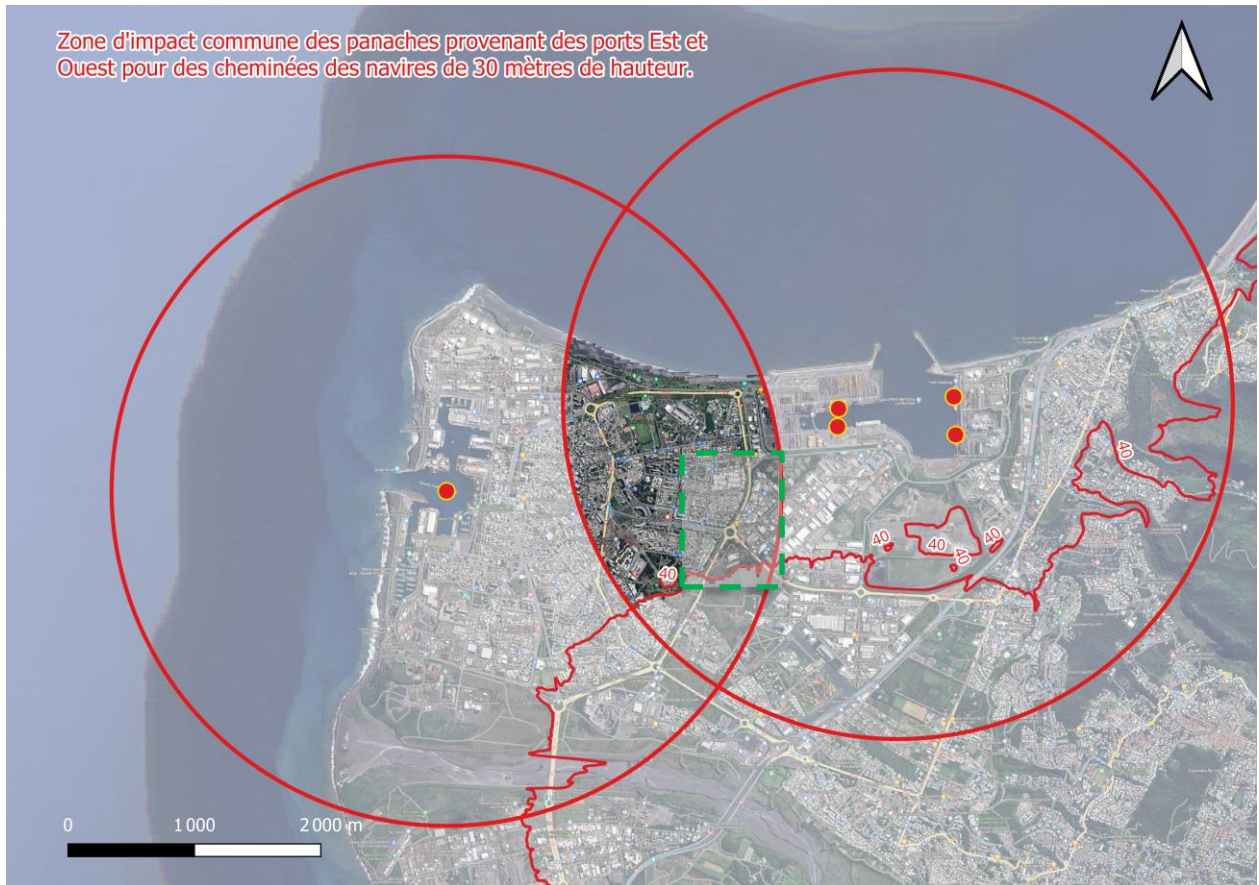


Figure 26: Carte représentant la zone commune d'impact des retombées de panaches des ports Est et Ouest.

La zone non grisée représentée en Figure 26 est donc la zone où il serait pertinent d'implanter une station de surveillance de la qualité de l'air. En nous appuyant sur la Figure 27 qui est la rose des vents des données fournies par Météo France sur la ville du Port pour les années 2022 et 2023, on peut identifier plus précisément une zone dans laquelle l'implantation serait optimale (Cf. Figure 28). L'implantation finale devra tenir compte des bâtiments du secteur qui peuvent influencer très localement la dispersion des panaches.

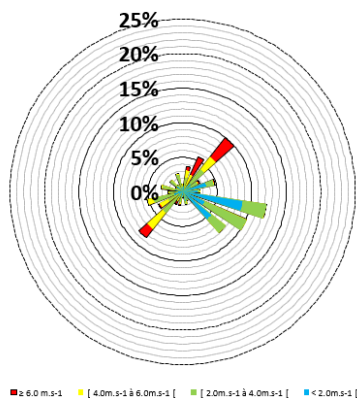


Figure 27: Rose des vents 2022-2023 sur la ville du Port (source Météo France)



Figure 28: Zone optimale d'implantation d'une station de surveillance

# 11. Conclusions et perspectives

L'objectif de cette étude est de caractériser l'impact des activités du « Port Est et Port Ouest » sur la qualité de l'air de la zone portuaire afin d'identifier le « site le plus représentatif » pour réaliser une surveillance pérenne, permettant de mieux les surveiller, les maîtriser et les réduire.

Cinq sites ont été investigués en 2022 et 2023 dans les deux zones portuaires, 2 au niveau du port Ouest (1 dans la zone nord du port et un second en limite de la zone portuaire à l'ouest) et 3 sites dans la zone du port Est.

**Le bilan des niveaux de concentrations mesurés en NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, Benzène, particules fines PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> au regard des seuils réglementaires est le suivant :**

En NO<sub>2</sub> :

- Sur le port Est, en 2022, la présence d'un groupe électrogène a généré des dépassements du seuil d'information et de recommandation en NO<sub>2</sub>. Non constaté en 2023 en l'absence de groupe électrogène

En SO<sub>2</sub>, Benzène et en PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub> :

- Aucun dépassement des seuils réglementaires n'a été détecté lors des campagnes de mesure.

**A titre informatif :** Le bilan des niveaux de concentrations mesurés en NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, particules fines PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> au regard des seuils recommandés par l'OMS est le suivant :

En NO<sub>2</sub> :

- Le seuil O.M.S. concernant le nombre de moyennes journalières supérieures à 25 µg.m<sup>-3</sup> a été dépassé 21 fois sur une campagne de 32 jours sur le site E4.
- Le seuil O.M.S. concernant la moyenne sur la période de surveillance à 10 µg.m<sup>-3</sup> a été dépassé sur les sites O2, O4 et E2 pour 2022 et 2023 ainsi que sur le site E4 pour 2022 uniquement.

En PM<sub>10</sub> :

- Le seuil O.M.S. concernant le nombre de moyennes journalières supérieures à 25 µg.m<sup>-3</sup> a été dépassé en 2022 sur les sites E4 et E2.
- Le seuil O.M.S. concernant la moyenne sur la période de surveillance à 10 µg.m<sup>-3</sup> a été dépassé sur les sites O2, O4, E4 et E2 pour 2022 et 2023.

En PM<sub>2.5</sub> :

- Le seuil O.M.S. concernant la moyenne sur la période de surveillance à 10 µg.m<sup>-3</sup> a été dépassé sur les sites O4 et E4 pour 2022 et 2023, sur les sites E2 et E9 uniquement en 2022 et sur le site O2 uniquement en 2023.

**Les appareils utilisés ont également permis de détecter sur les moyennes quart horaire en NO<sub>2</sub> et SO<sub>2</sub> des retombées de panaches importantes** en provenance des émissions des bateaux et cela dans les deux zones portuaires. Le site le plus impacté étant le site E9 du port Est.

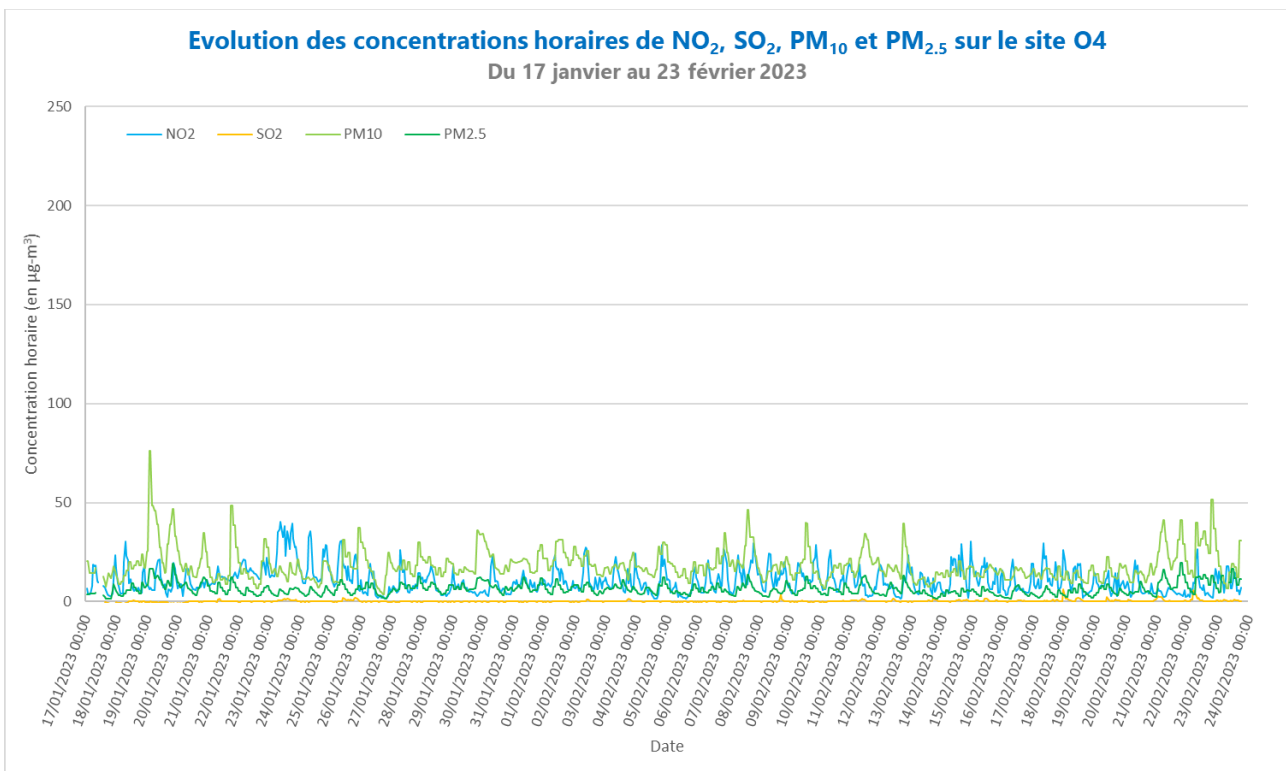
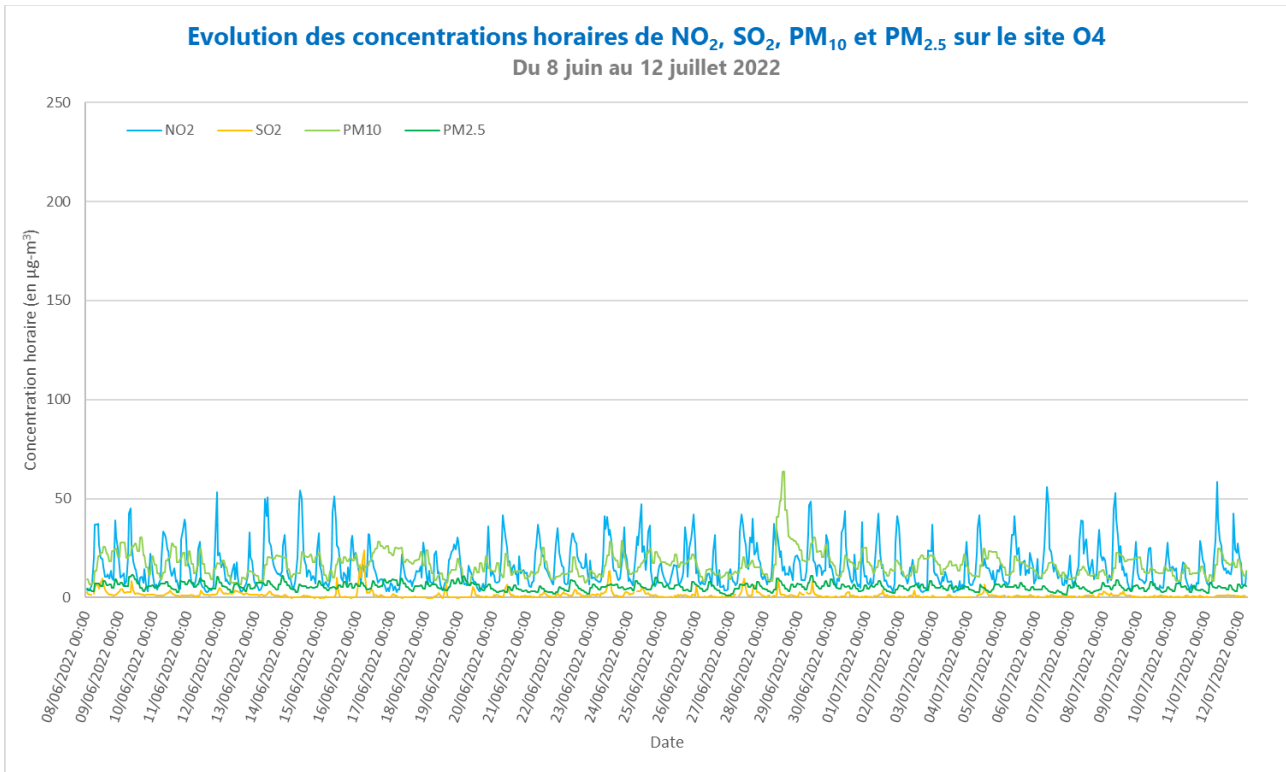
Atmo Réunion a également identifié la zone où des retombées de panaches peuvent se retrouver (entre 0 et 2 km autour de chaque port sur une hauteur de 0 à 40m d'altitude).

**Atmo Réunion propose d'installer le site fixe de surveillance de la qualité de l'air dans la zone où les panaches issus de sources en provenance des deux ports peuvent être détectés (un secteur précis est identifié dans le présent rapport).**

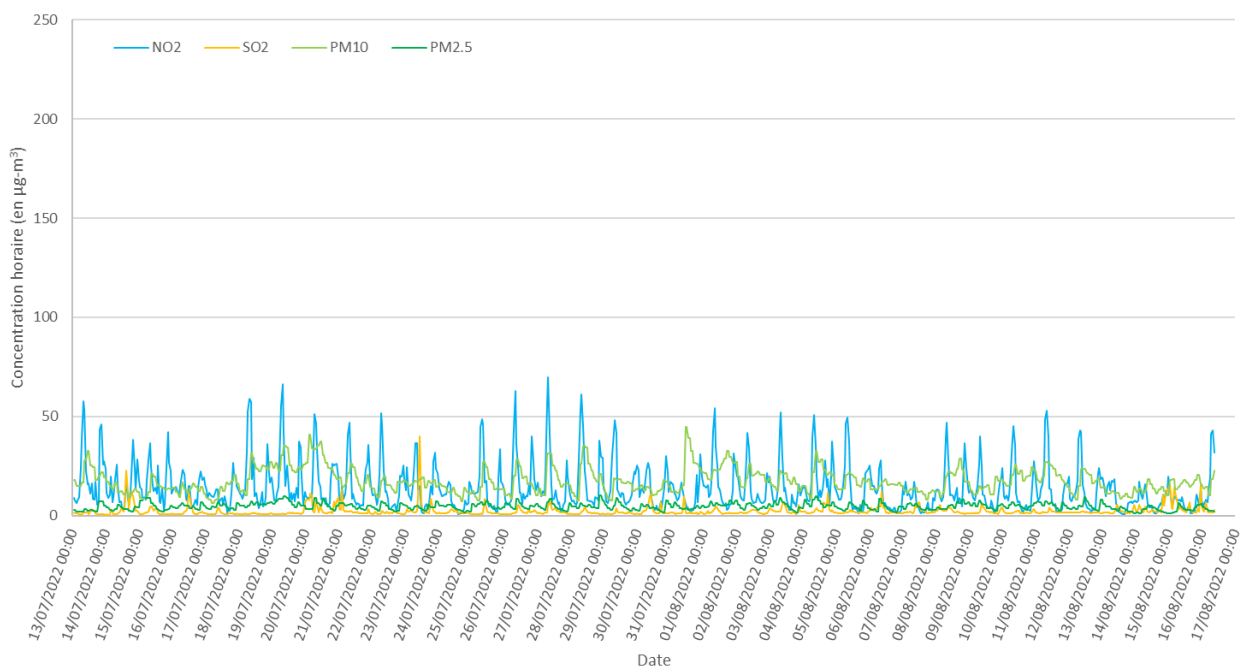
**Atmo Réunion propose de compléter ce dispositif de surveillance fixe de mesure de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> et PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>, par un outil de modélisation en trois dimensions qui permettra de gagner en précision sur la connaissance des retombées de panaches** en ciblant des profils de bateaux types tels que les porte-conteneurs, vraquiers, rouliers, cimentiers ou croisiéristes ou des bateaux en particulier comme le Queen Mary 2 par exemple. Il a pour but de reproduire leur dispersion par le biais de la prise en compte de sources émettrices (localisation exacte, quantification des émissions, nombre de sources, etc.) et des champs de vents en trois dimensions. Ces divers facteurs jouent sur la quantité de polluants émis, la direction de propagation, la dispersion ainsi que sur la retombée des panaches.

# 12. Annexes

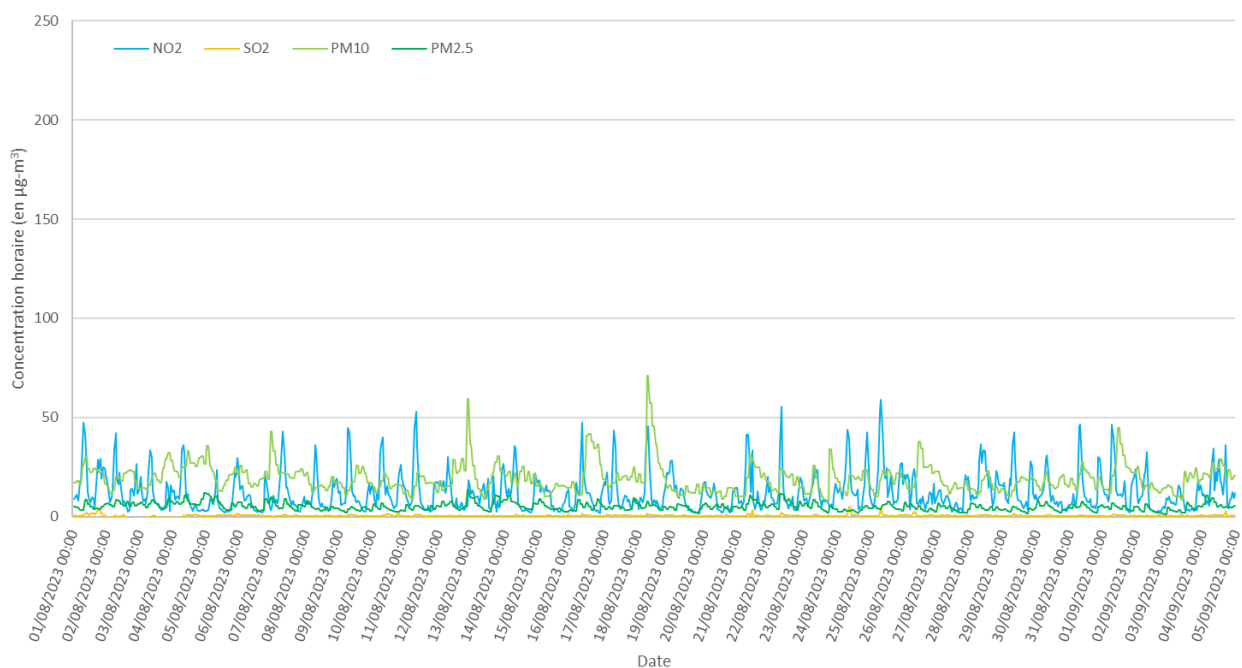
## 12.1 Évolution des concentrations horaires en SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>



### Evolution des concentrations horaires de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sur le site O2 Du 13 juillet au 16 août 2022

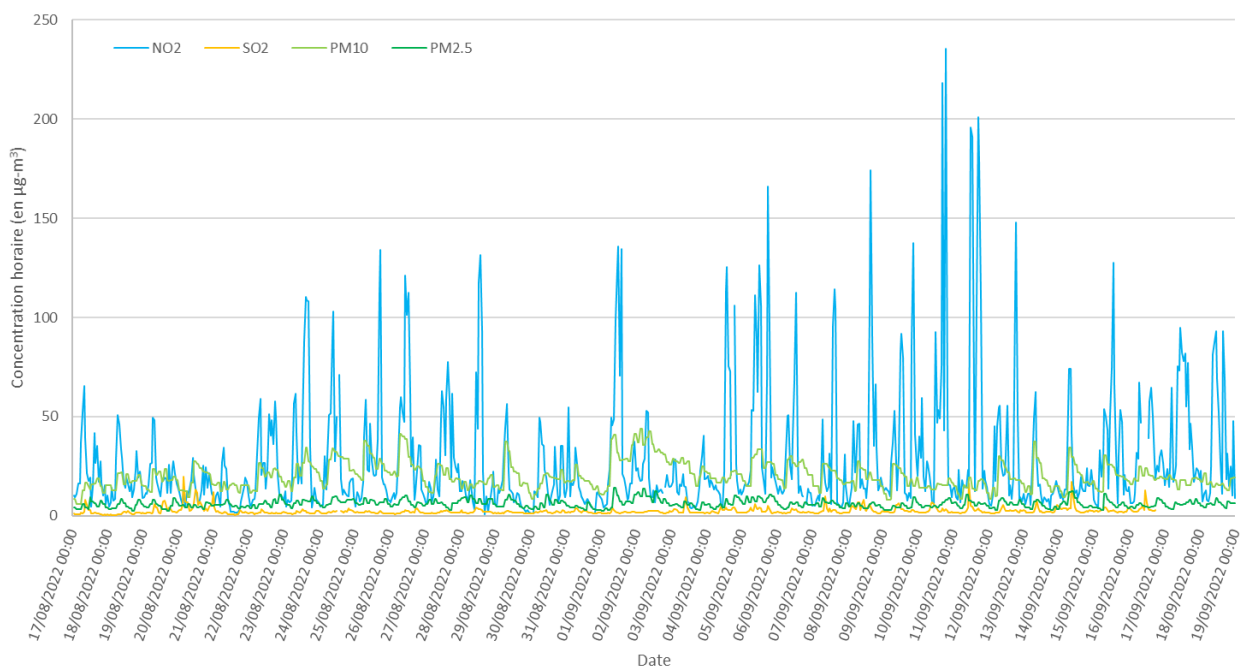


### Evolution des concentrations horaires de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sur le site O2 Du 1<sup>er</sup> août au 4 septembre 2023



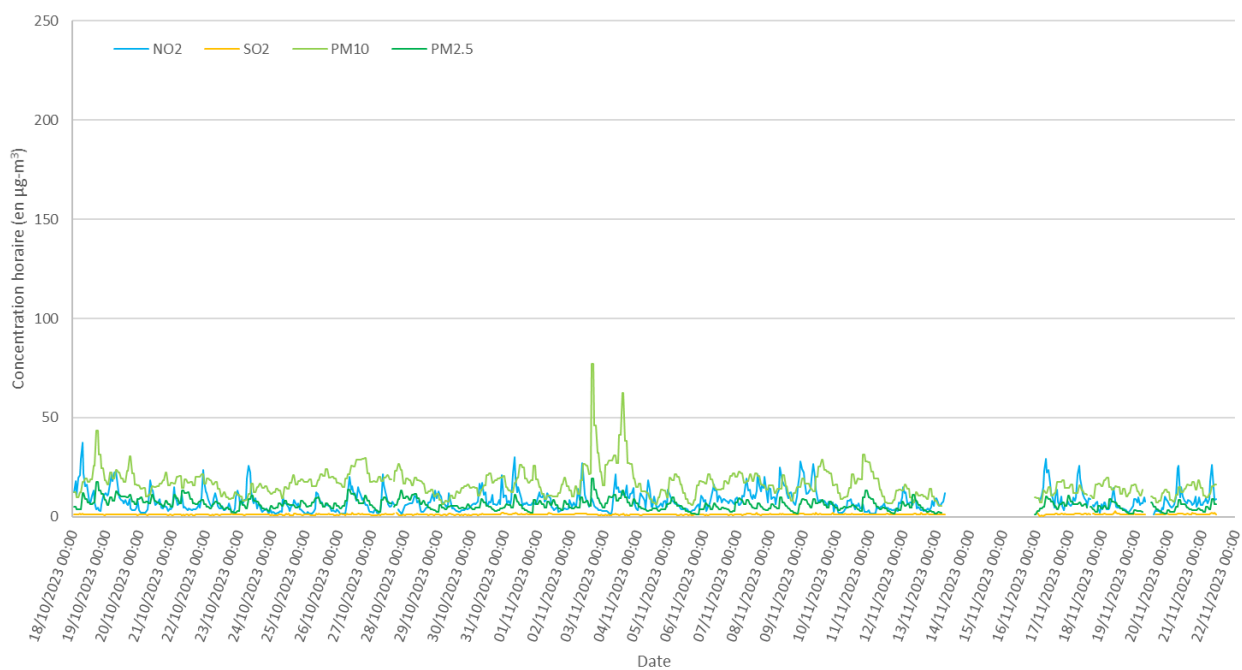
### Evolution des concentrations horaires de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sur le site E4

Du 17 août au 18 septembre 2022



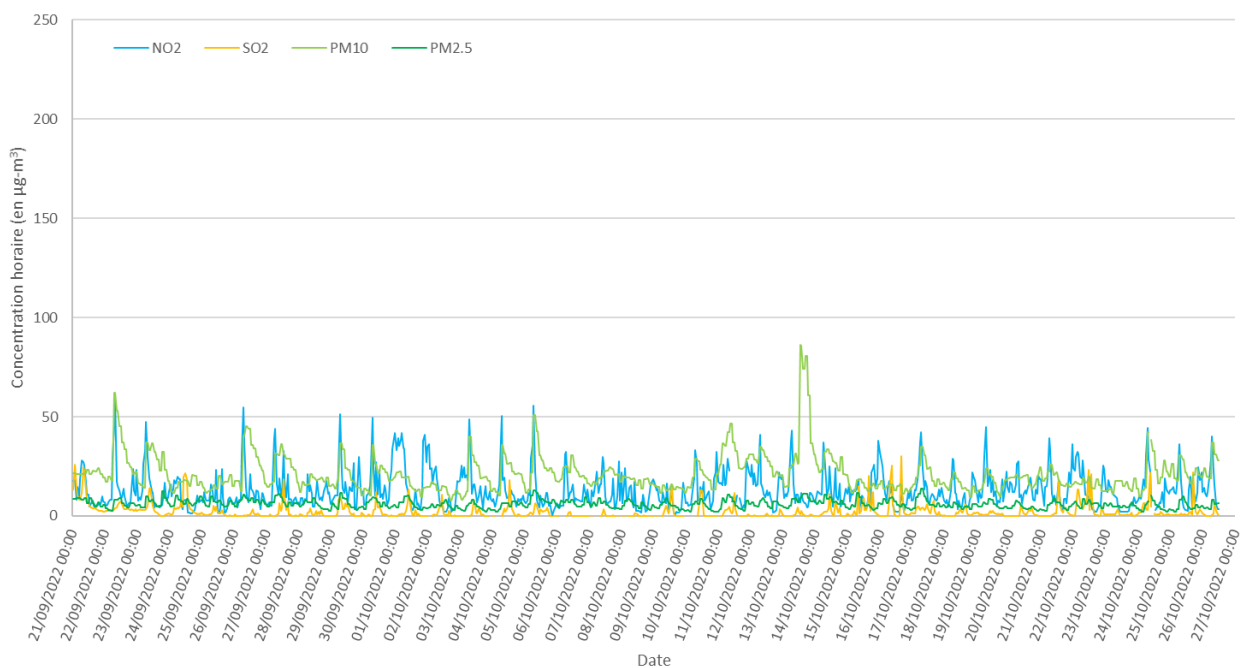
### Evolution des concentrations horaires de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sur le site E4

Du 18 octobre au 21 novembre 2023



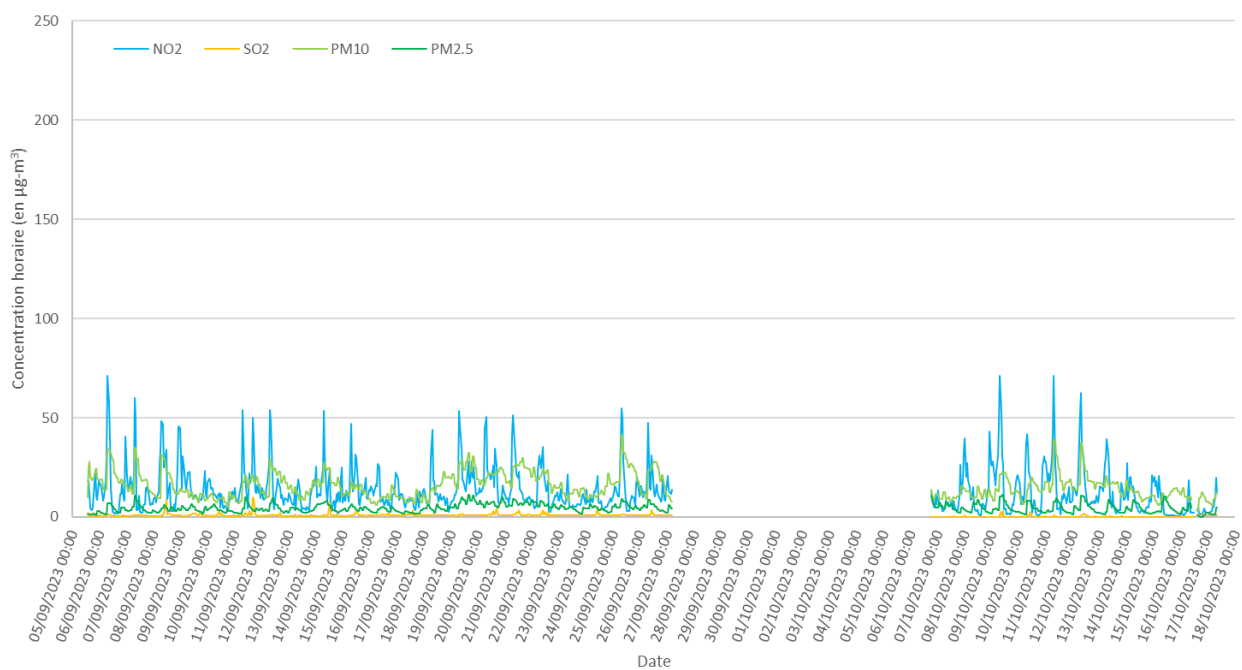
### Evolution des concentrations horaires de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sur le site E2

Du 21 septembre au 26 octobre 2022



### Evolution des concentrations horaires de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> sur le site E2

Du 5 septembre au 17 octobre 2023



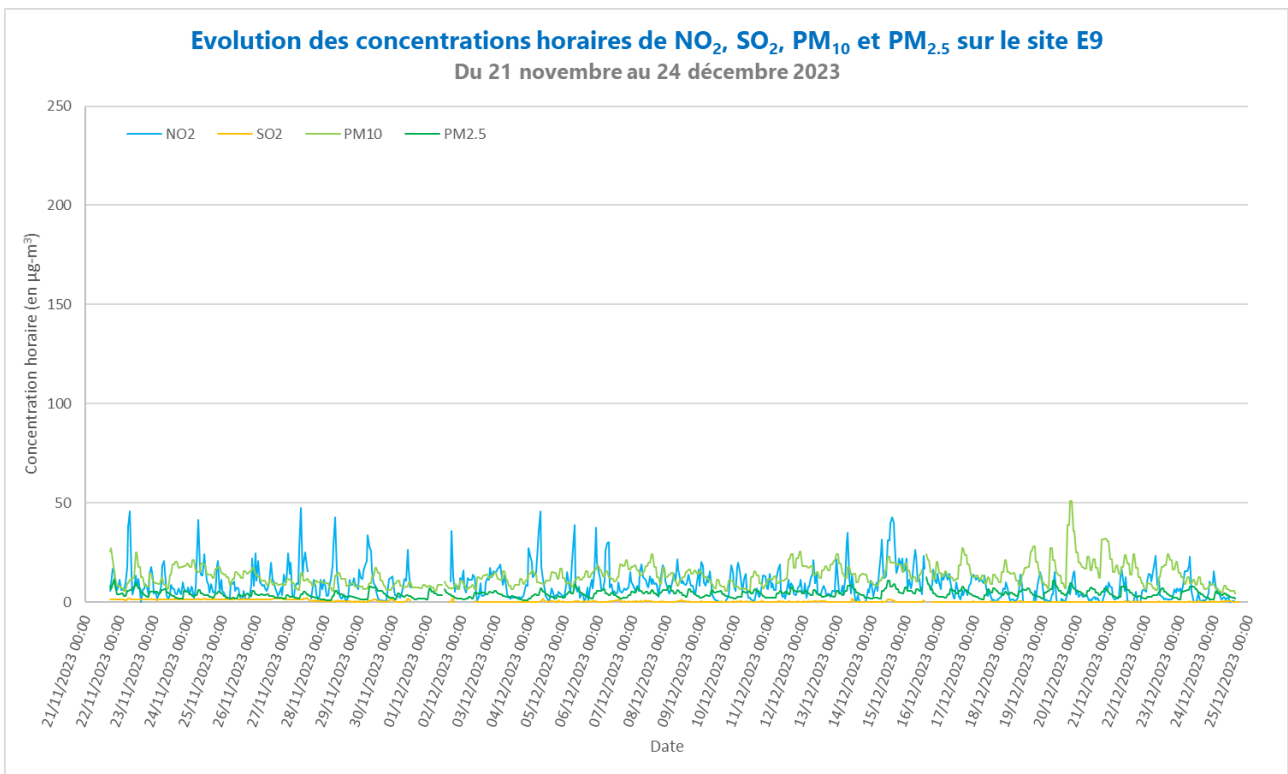
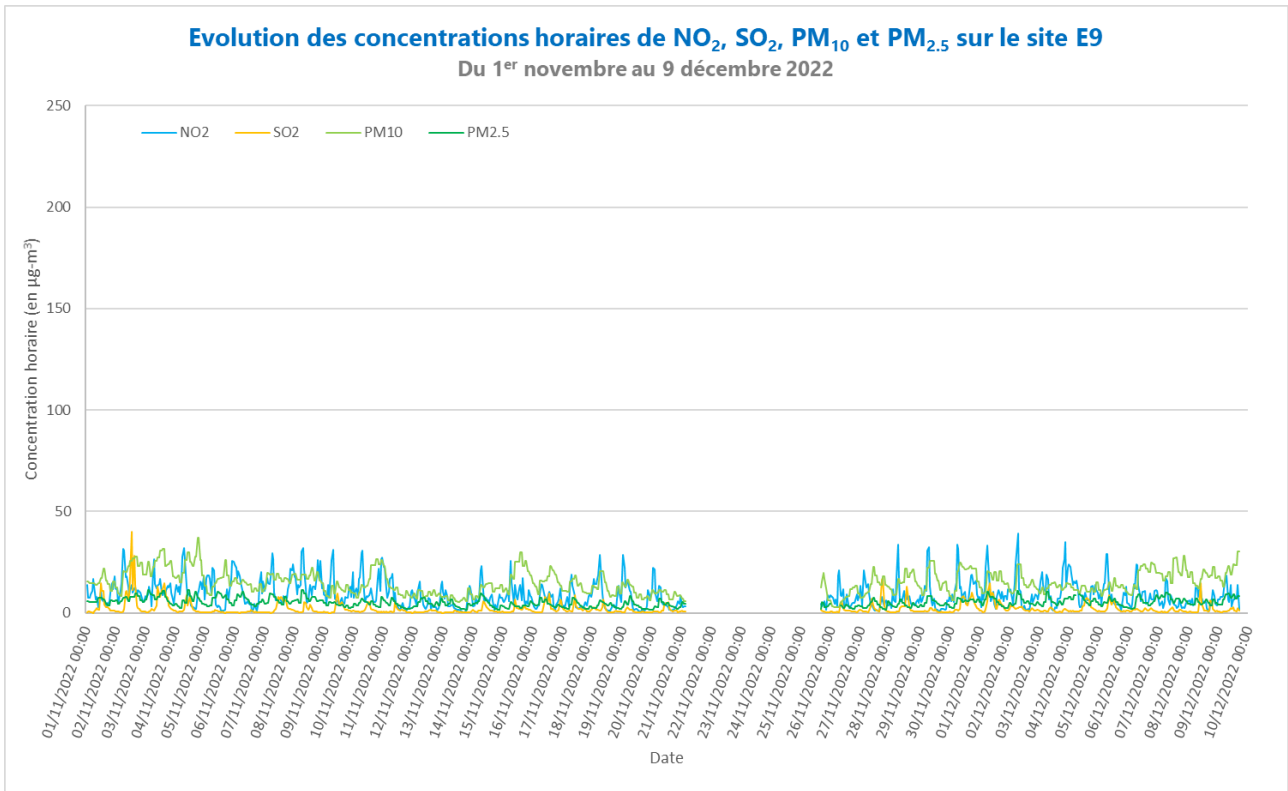


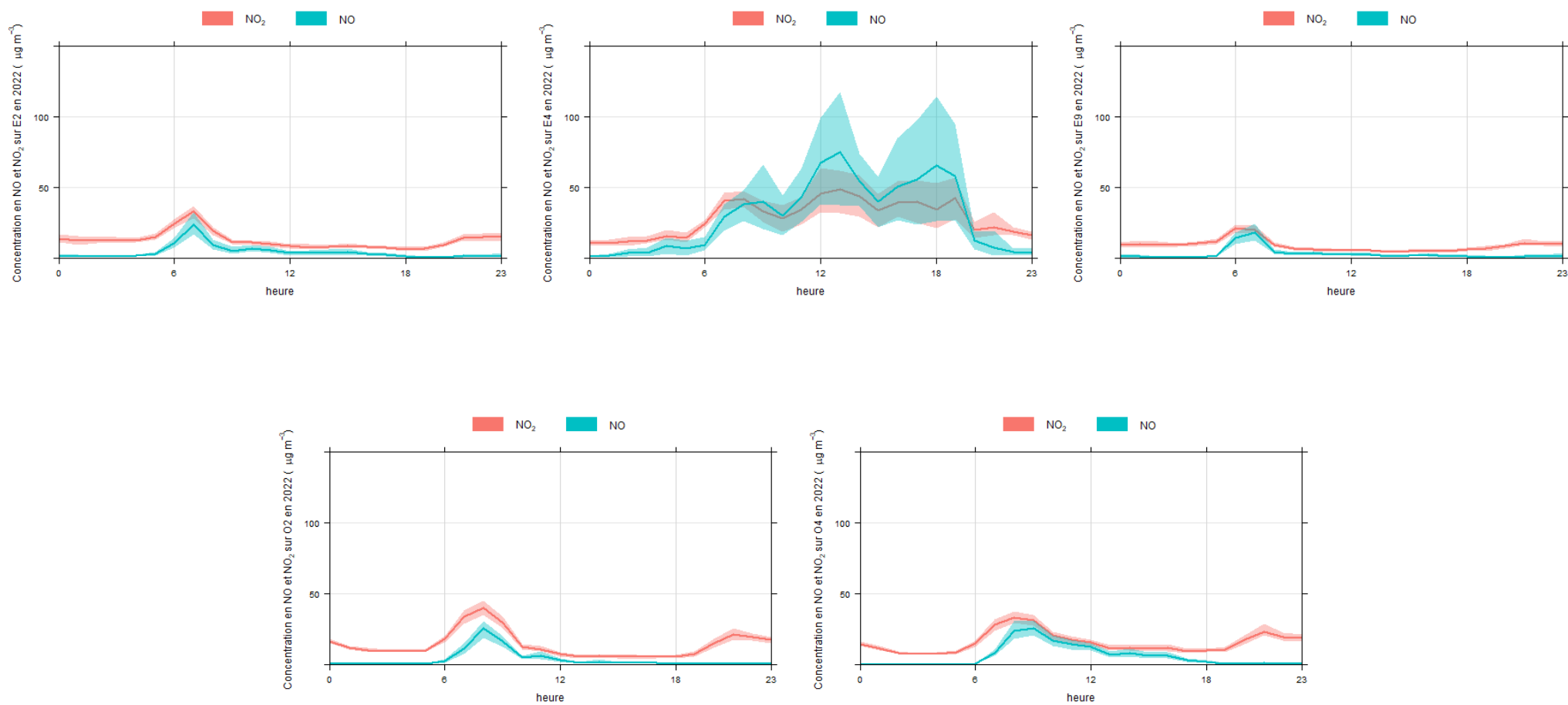
Figure 29: Evolution des concentrations horaires en SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> en (µg·m<sup>-3</sup>) sur les 5 sites autour du GPMDLR.

Site	Campagne	SO <sub>2</sub>			NO <sub>2</sub>			PM <sub>10</sub>			PM <sub>2.5</sub>		
		Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
O2	C01	0.3	40.0	2.3	0.9	69.6	14.3	6.1	44.8	17.4	1.1	10.3	4.6
	C02	0.0	5.0	0.4	1.4	58.8	12.5	7.9	70.9	19.3	1.3	13.8	5.1
O4	C01	0.0	24.0	1.4	2.6	58.3	15.8	6.5	63.7	16.5	0.9	11.3	5.5
	C02	0.0	6.2	0.2	1.3	40.2	10.8	3.7	76.2	18.3	1.3	19.5	6.4
E4	C01	0.4	19.7	2.4	0.8	235.5	28.6	5.8	43.7	20.2	2.4	14.3	6.1
	C02	0.5	2.7	1.2	1.0	37.6	8.1	5.5	77.1	16.6	1.1	19.4	6.1
E2	C01	0.0	30.0	2.0	0.5	58.5	13.0	7.6	86.1	21.1	2.0	13.8	6.0
	C02	0.0	10.0	0.7	0.4	71.2	13.4	3.0	41.3	15.5	0.0	11.3	4.5
E9	C01	0.0	40.0	1.9	0.1	39.1	9.2	2.6	37.2	14.9	1.4	11.2	5.1
	C02	0.0	2.2	0.4	0.0	47.3	8.7	4.5	50.8	13.3	0.7	12.3	4.1

Tableau 12: Récapitulatif statistique des données mesurées par site, par campagne et par polluant.

## 12.2 Évolution des profils journaliers en NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>

### Campagne C01 NO<sub>2</sub>- NO



## Campagne C02 NO<sub>2</sub> - NO

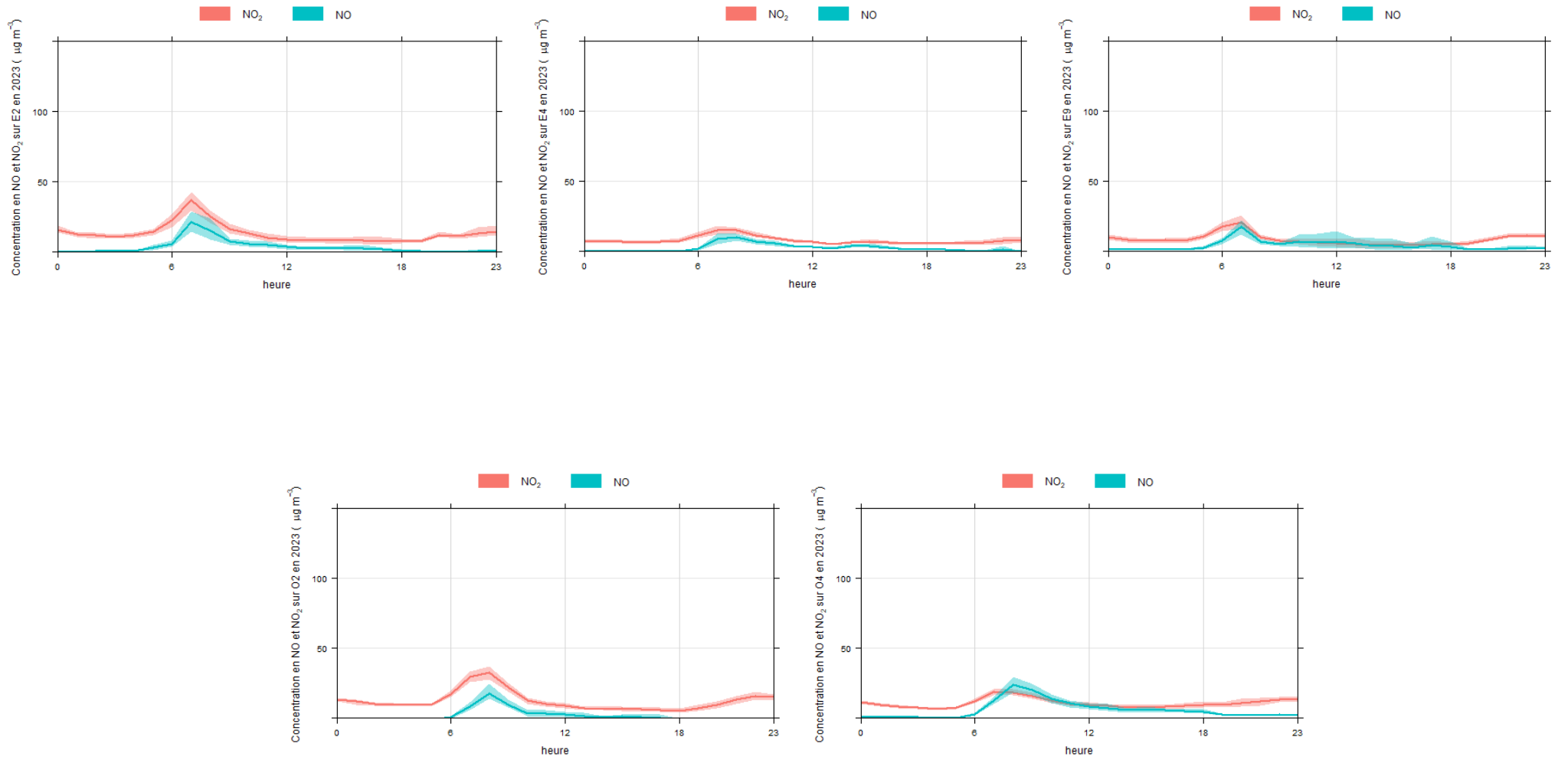
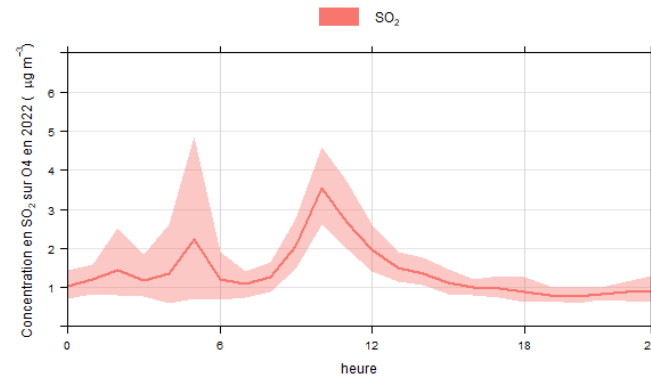
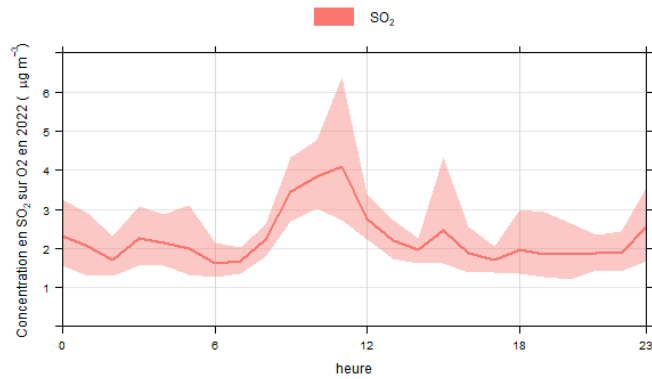
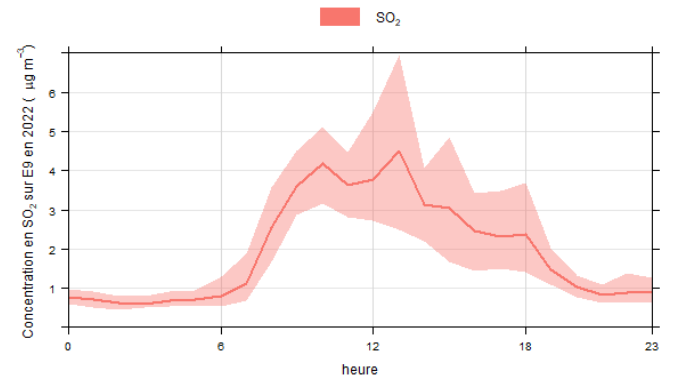
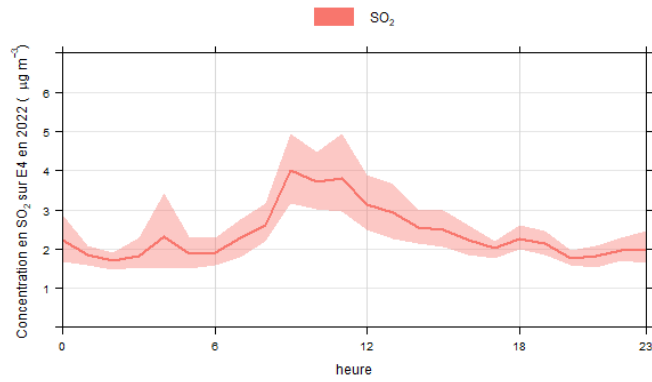
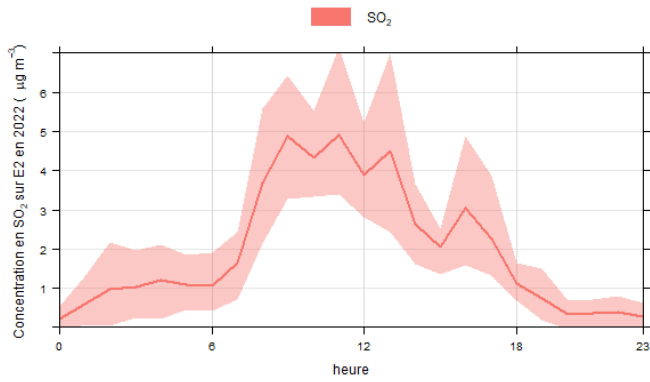


Figure 30: Evolution des profils journaliers en NO<sub>2</sub> et NO en 2022 et 2023.

## Campagne C01 SO<sub>2</sub>



## Campagne C02 SO<sub>2</sub>

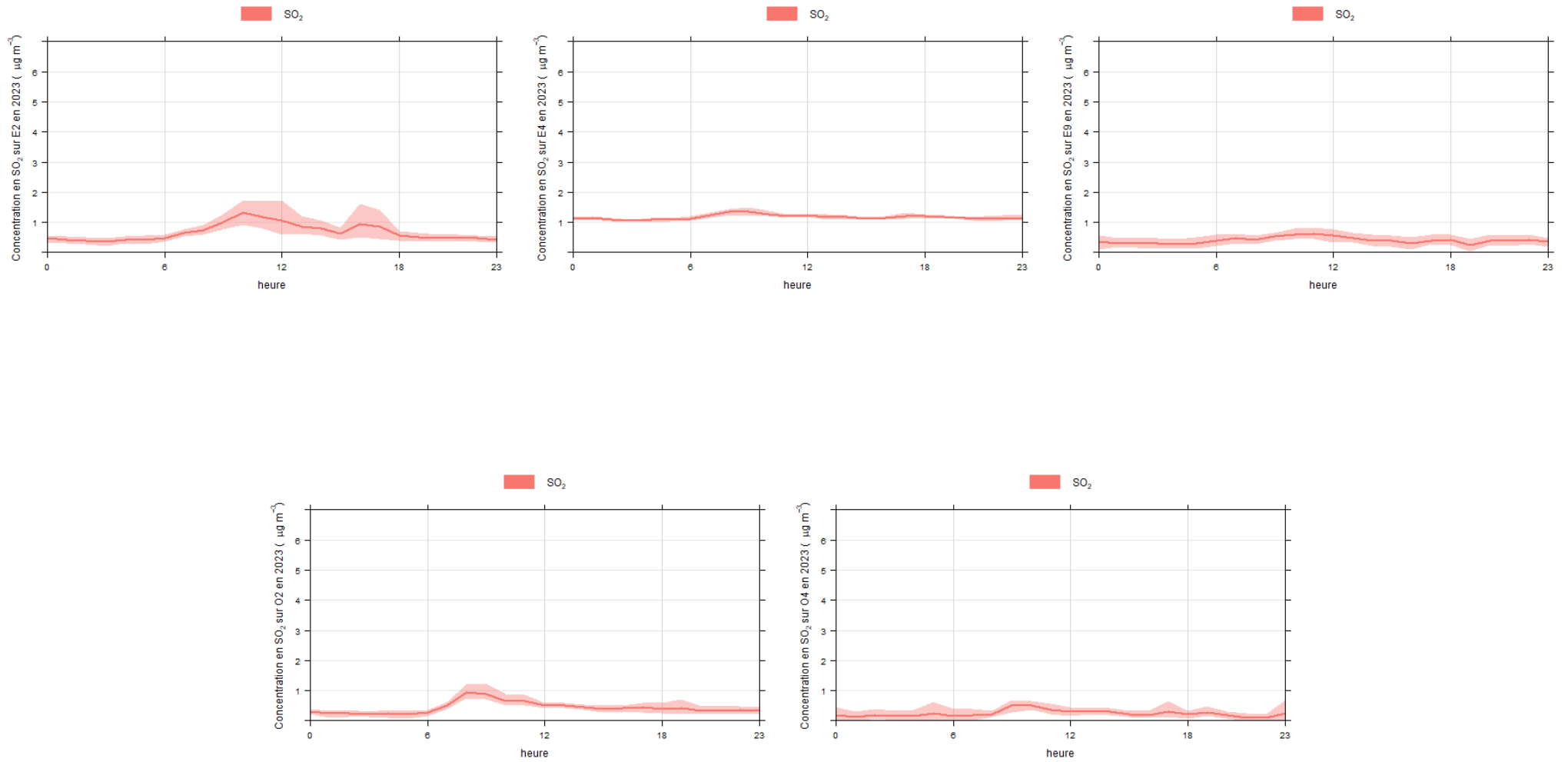
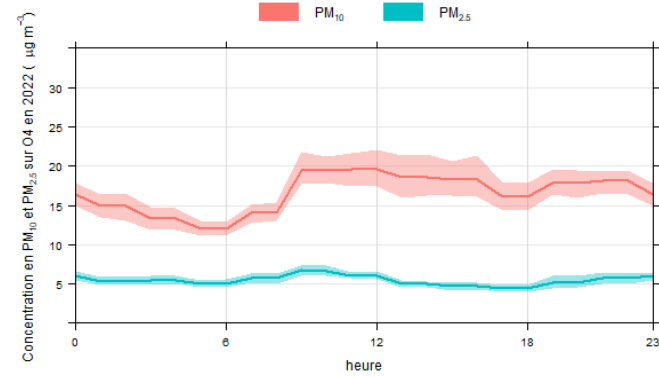
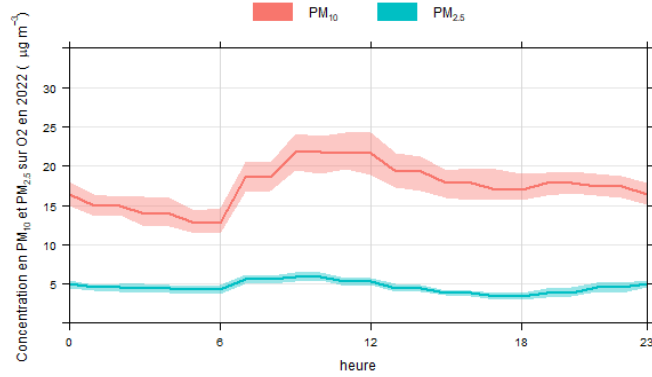
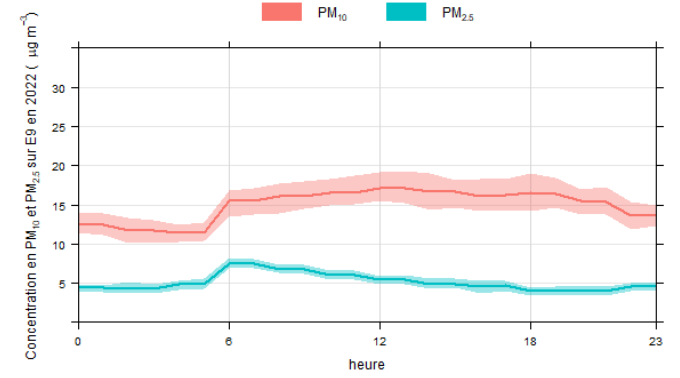
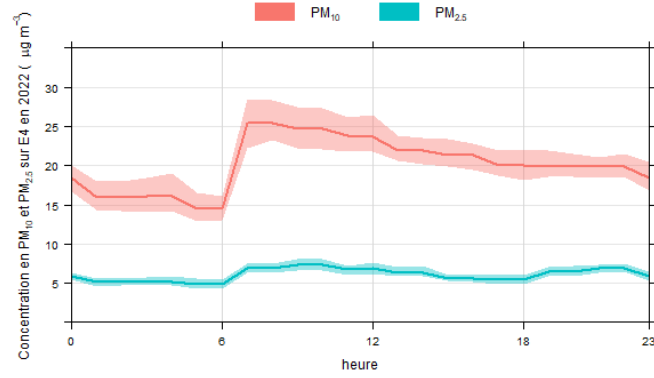
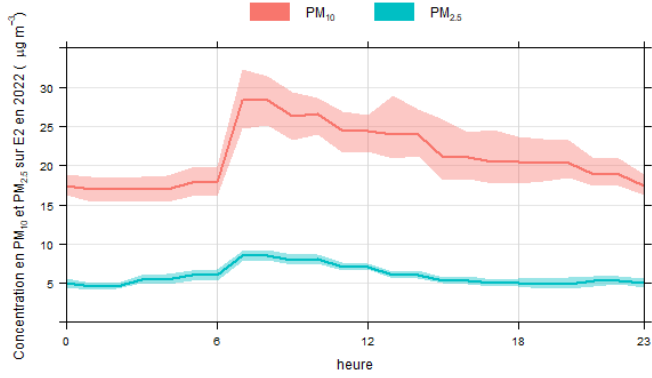


Figure 31: Evolution des profils journaliers en SO<sub>2</sub> en 2022 et 2023.

## Campagne C01 PM<sub>10</sub> – PM<sub>2,5</sub>



## Campagne C02 PM<sub>10</sub> – PM<sub>2.5</sub>

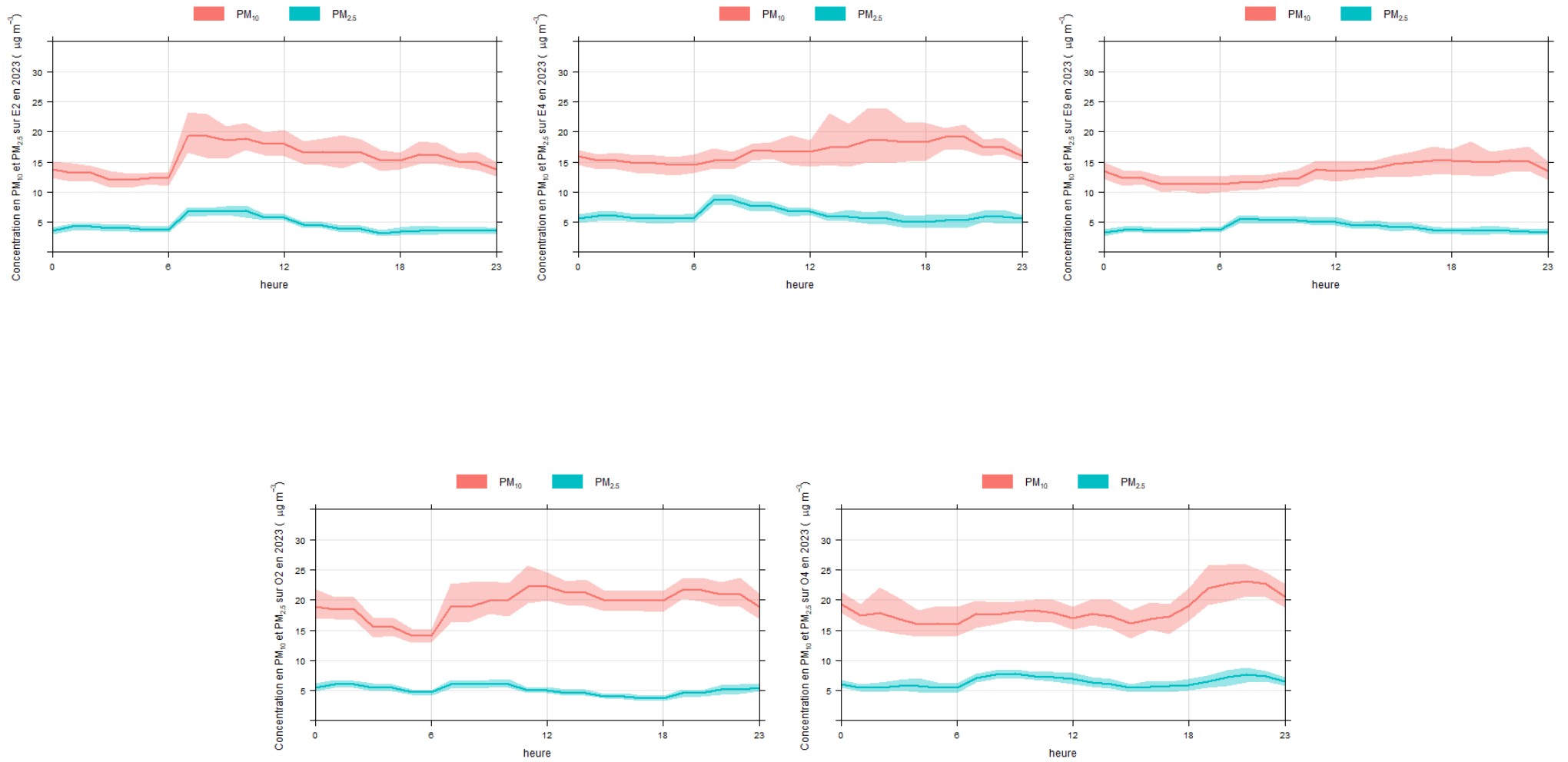
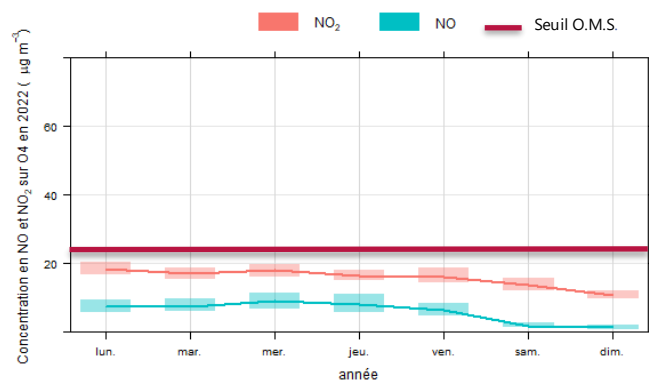
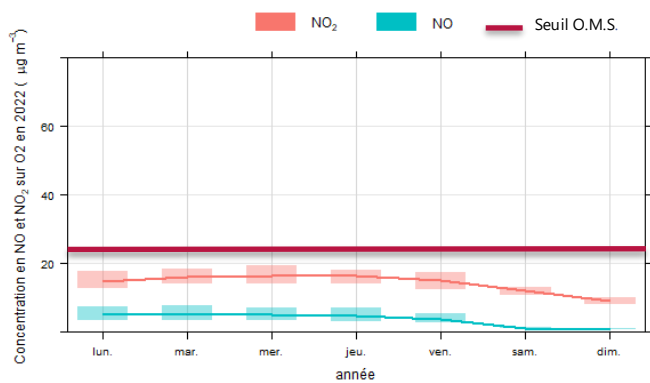
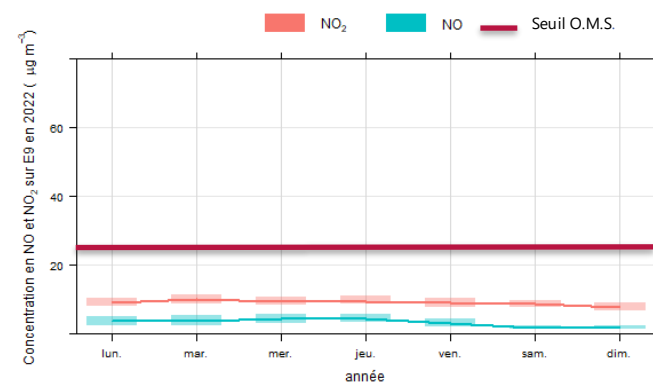
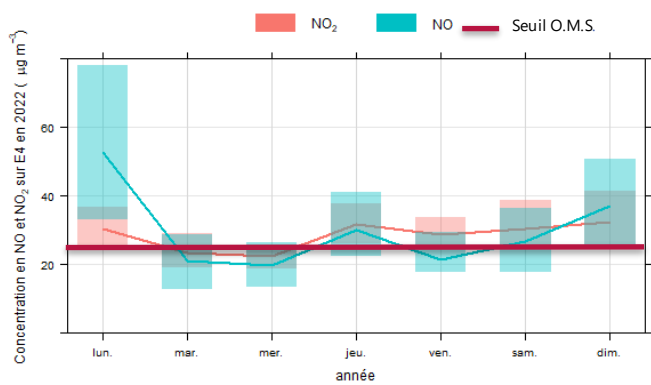
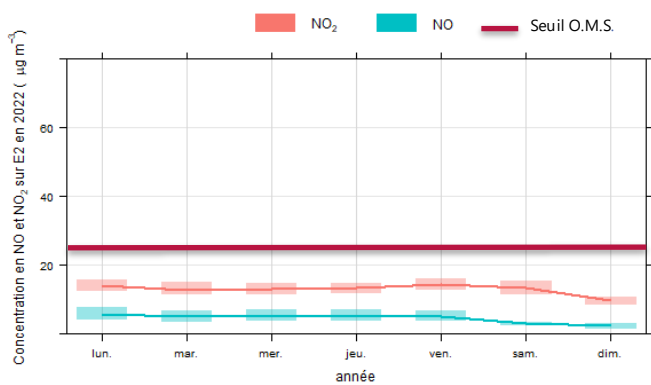


Figure 32: Evolution des profils journaliers en PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> en 2022 et 2023.

## 12.3 Évolution des profils hebdomadaires en NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>

### Campagne C01 NO<sub>2</sub>- NO



## Campagne C02 NO<sub>2</sub> – NO

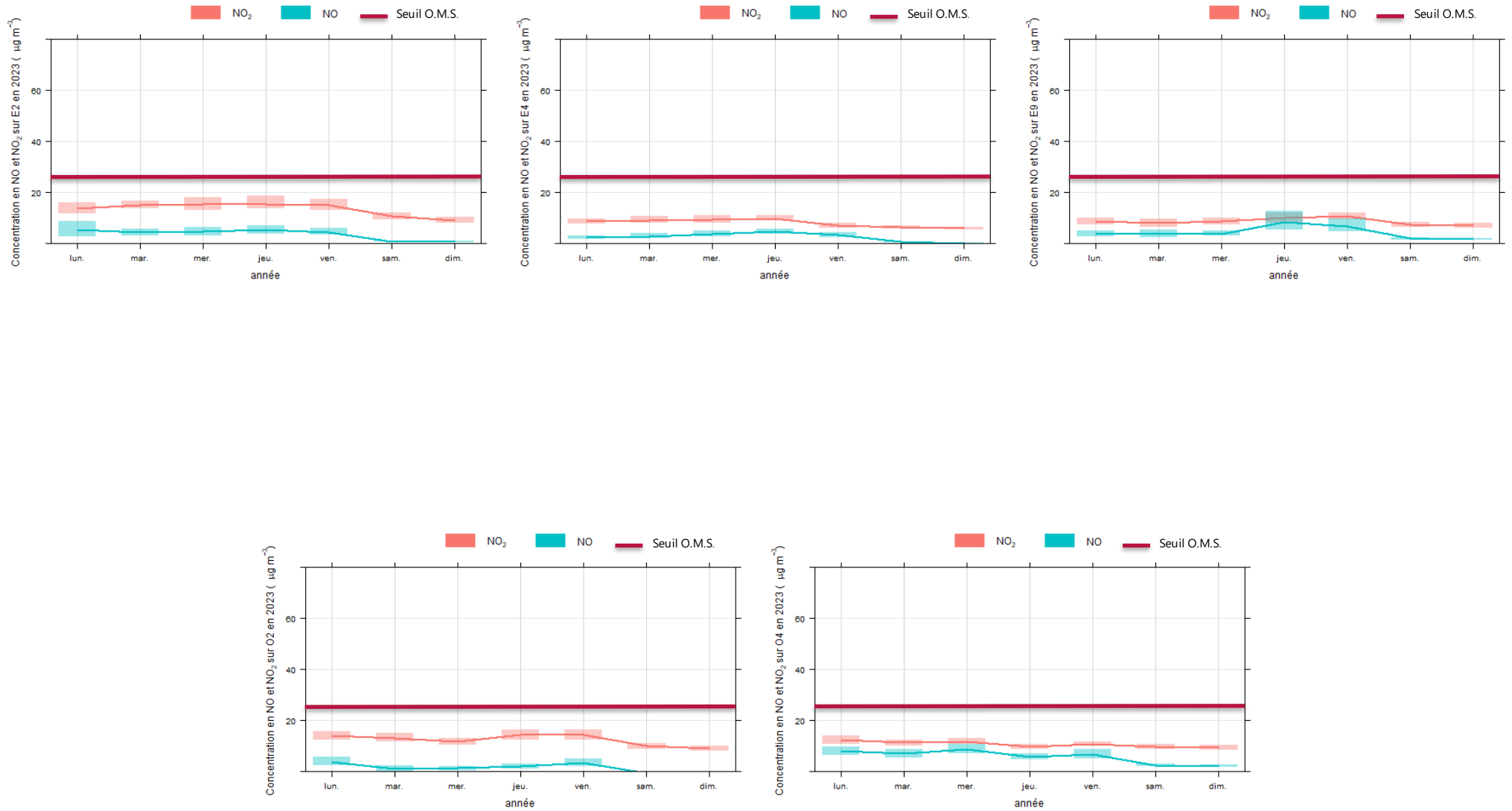
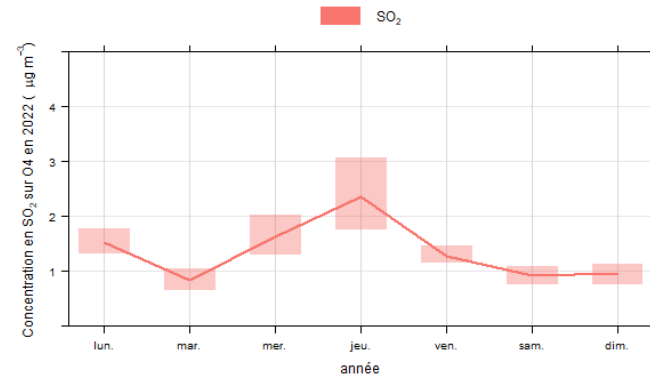
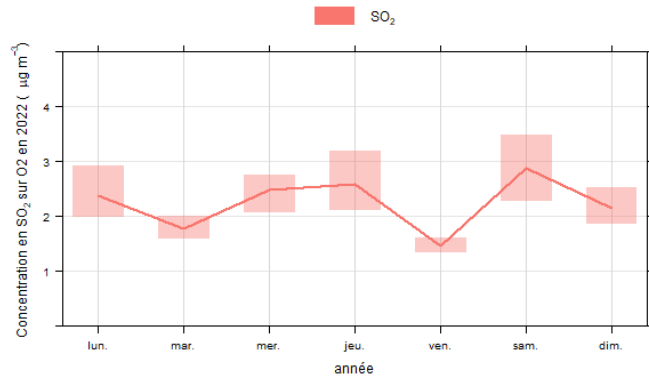
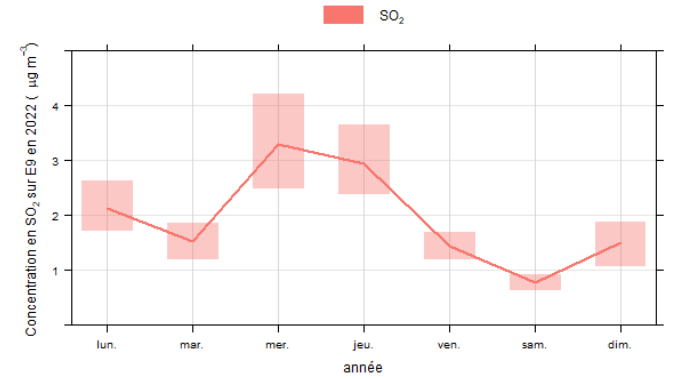
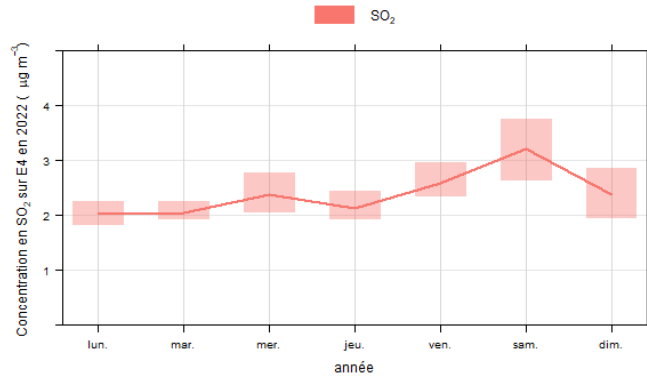
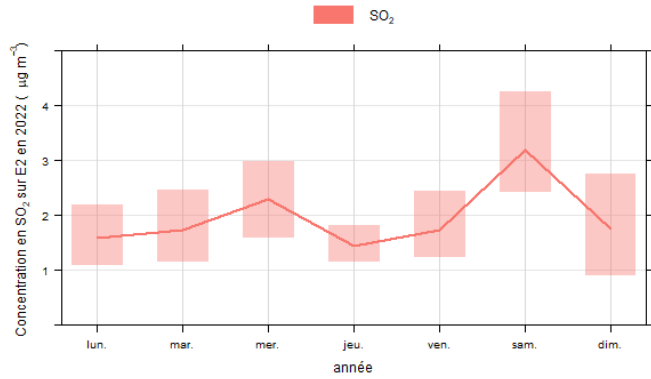


Figure 33: Evolution des profils hebdomadaires en NO<sub>2</sub> et NO en 2022 et 2023.

## Campagne C01 SO<sub>2</sub>



## Campagne C02 SO<sub>2</sub>

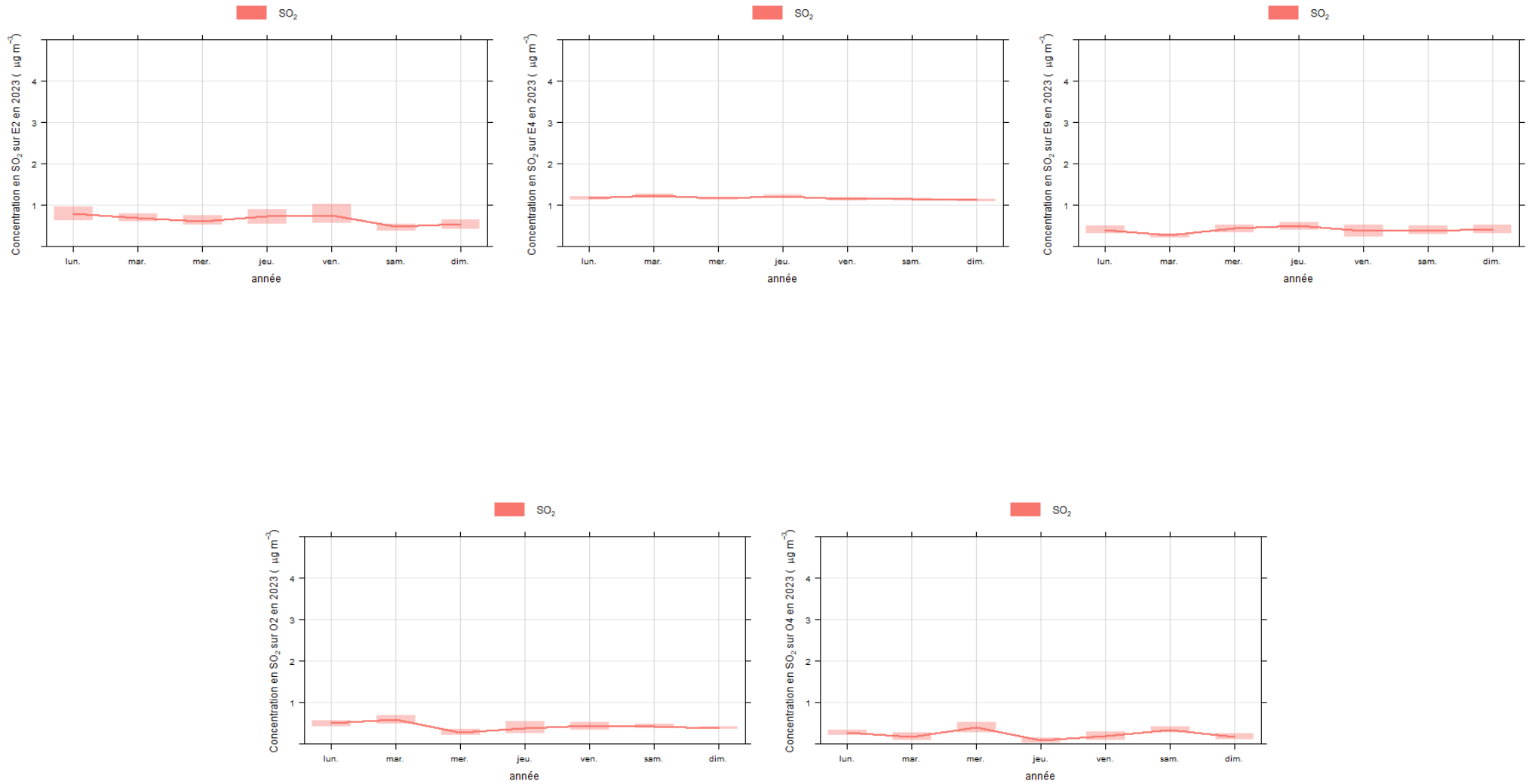
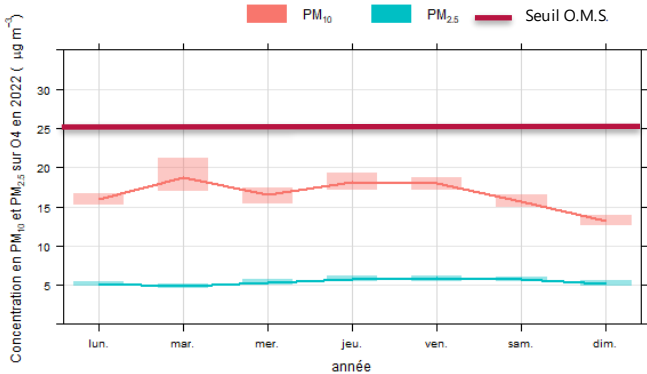
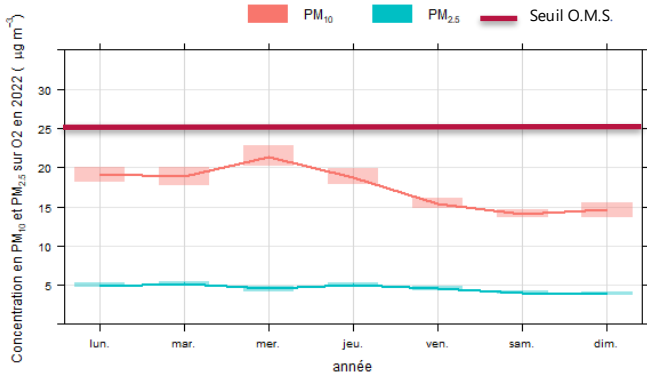
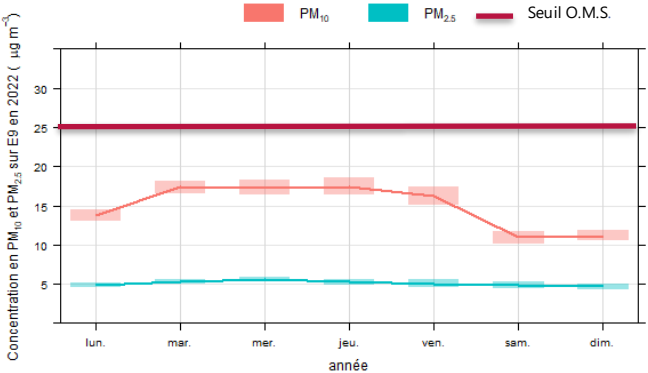
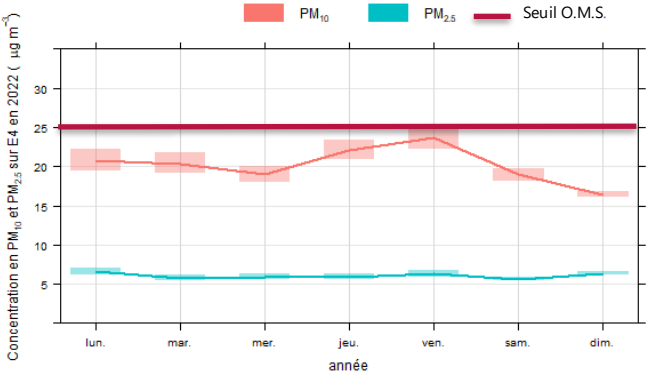
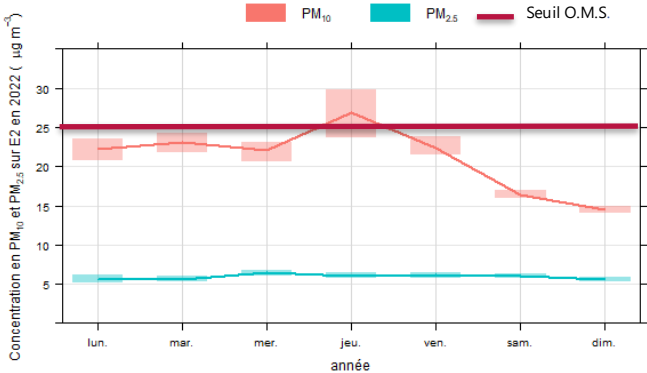


Figure 34: Evolution des profils hebdomadaires en SO<sub>2</sub> en 2022 et 2023.

# Campagne C01 PM<sub>10</sub> – PM<sub>2.5</sub>



### Campagne C02 PM<sub>10</sub> – PM<sub>2.5</sub>

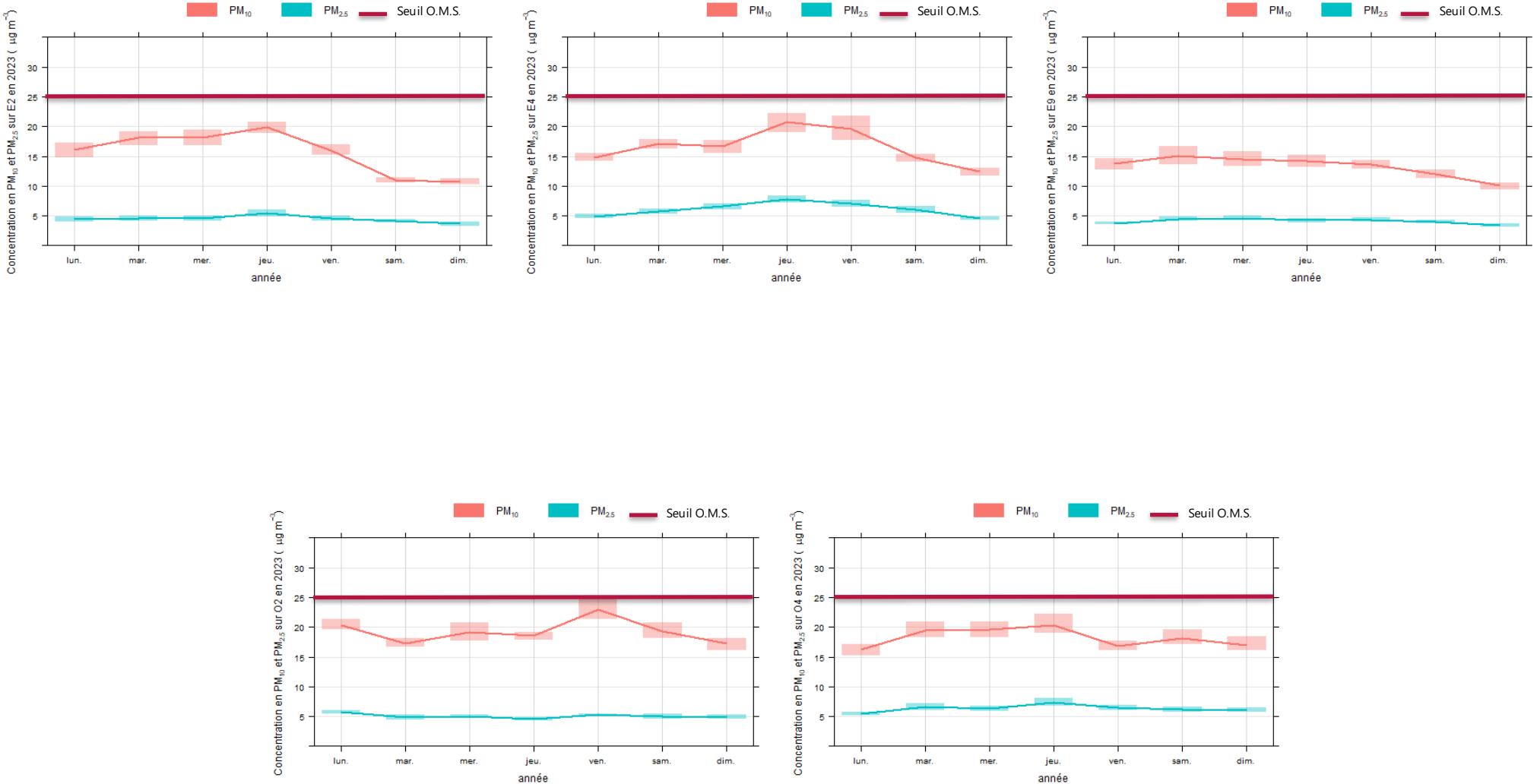


Figure 35: Evolution des profils hebdomadaires en PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> en 2022 et 2023.

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

**Atmo Réunion**

7, rue Mahé, La Mare,  
97438 Sainte-Marie

Fax : 0262 28 97 08

Tél. : 0262 28 39 40

[ora@atmo-reunion.net](mailto:ora@atmo-reunion.net)

