



ÉVALUATION DE L'INFLUENCE DES ÉMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIÈRE SUR LA QUALITÉ DE L'AIR À FORT-DE-FRANCE

FORT-DE-FRANCE

Décembre 2018 - Avril 2019



Parution : septembre 2019

Rédacteur : A. ALFRED

Ref : 09/19/BATEAUXCROISIERE2019




Evaluation de l'influence des émissions des bateaux de croisière sur la qualité de l'air à Fort-de-France

Décembre 2018 - Avril 2019

Madinair : Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air



Rapport édité sous système de management de la qualité certifié AFAQ ISO 9001 : 2008

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	A. ALFRED	C. BOULLANGER	S. GANDAR
Qualité		Responsable études	Directeur
Visa			

SOMMAIRE

I. Présentation de l'étude :	2
II. Contexte de l'étude	3
II.1 DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE	3
II.2 LES POLLUANTS MESURES	4
II.2.1 Le dioxyde de soufre SO ₂	4
II.2.2 Les oxydes d'azotes NOX (NO, NO ₂)	6
II.2.3 Les particules fines : PM10	8
III. Stratégie de mesure	10
III.1 CHOIX DES SITES DE MESURE	10
III.1.1 Etude de modélisation du rejet des cheminées des bateaux de croisière	10
III.1.2 Description des sites de mesure	17
III.1.3 Présence des bateaux de croisière 2018-2019	20
III.1.4 Période de mesure	20
IV. MATERIELS ET METHODE	21
IV.1 ECHANTILLONNAGE	21
IV.1.1 Par moyen mobile	21
IV.2 ANALYSE	22
IV.2.1 Par moyen mobile	22
IV.3 FIABILITE DE LA MESURE	23
V. Résultats	24
V.1 DONNEES METEOROLOGIQUES	24
V.2 RESULTATS DES MESURES	27
V.2.1 Le dioxyde de soufre SO ₂	27
V.2.2 Les oxydes d'azotes NOX (NO, NO ₂)	30
V.2.3 Les particules fines : PM10	35
VI. Discussion : influence des émissions des bateaux de croisière sur la qualité de l'air ...	38
VI.1 DONNEES D'ESCALES RELATIVES A LA PERIODE DE MESURES	38
VI.2 PROFIL HEBDOMADAIRE	39
VI.2.1 Dioxyde de soufre	39
VI.2.2 Les oxydes d'azote	40
VI.2.3 Particules fines	41
VI.3 ZOOM SUR LES CONCENTRATIONS MAXIMALES MEASUREES SUR LE SITE « FORT SAINT-LOUIS »	42
VII. Conclusion	49
VIII. Référence	51

I. Présentation de l'étude :

L'impact des émissions des navires et notamment des bateaux de croisière sur la qualité de l'air est une préoccupation grandissante dans les villes portuaires. Le port de Fort-de-France voit son activité touristique accroître depuis quatre années avec l'arrivée constante des bateaux de croisière. Ainsi par son activité portuaire touristique, à laquelle s'ajoute le trafic de marchandises, de passagers et la réparation navale, la ville de Fort-de-France est concernée par cette problématique.

Compte tenu de la nature et de la quantité de carburant utilisé, les paquebots sont des émetteurs importants de polluants de l'air, principalement de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote et de particules fines. Ces émissions peuvent avoir un impact sur la qualité de l'air au niveau des zones portuaires et des zones habitées les plus proches.

C'est pourquoi la CACEM, disposant de la compétence tourisme, a souhaité intégrer dans le cadre de son programme AIR, une étude pour évaluer la potentielle influence des émissions de bateaux de croisière sur la qualité de l'air de la Ville Capitale.

A la demande de la CACEM, Madininair met donc en place une évaluation de la qualité de l'air à Fort-de-France durant la saison de croisières 2018-2019. Deux unités mobiles de surveillance de la qualité de l'air ont été installées : la première à l'entrée du quartier Texaco et la seconde sur la Savane. Pour cette étude, le site de mesure du Fort Saint Louis sera également utilisé. Ces sites de mesure ont été définis comme étant les plus susceptibles d'être impactés par les émissions des paquebots amarrés dans la Baie des Tourelles ou à la Pointe Simon, grâce à une étude de modélisation des rejets des bateaux réalisée préalablement par Madininair.

Jusqu'en avril 2019, les concentrations en dioxyde de soufre, oxydes d'azote et particules fines inférieures à 10 micromètres (PM10) ont été mesurées en continu, à l'entrée du quartier Texaco, sur la Savane et au Fort Saint Louis.

Ce rapport présente les résultats de cette étude.

II. Contexte de l'étude

II.1 Description de la zone d'étude

La zone soumise à cette étude englobe essentiellement le Fort Saint Louis, le front de mer de Fort de France et les quartiers de la Pointe des Nègres et de la Pointe de la Vierge et Texaco. Des terminaux de croisières sont aussi présents : le quai de la Pointe Simon et celui de la Baie des Tourelles.



Figure 1 : Description de la zone d'étude

Ainsi, plusieurs sources potentielles de pollution atmosphérique sont présentes dans la zone :

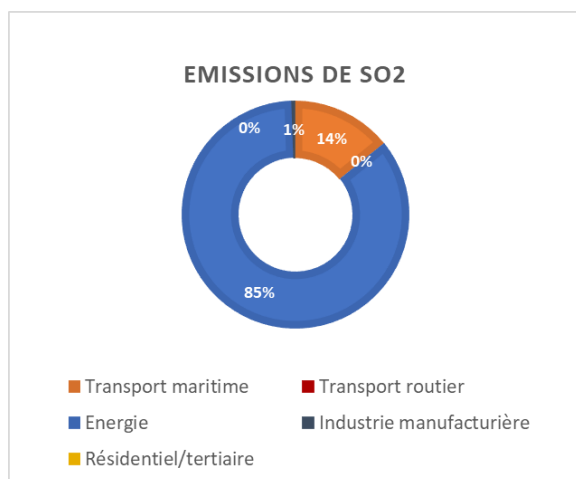
- La centrale thermique EDF Pointe des Carrières : centrale de production d'électricité fonctionnant au fioul, située à l'est du Fort Saint Louis
- Les routes nationales N1 et N2 où circulent respectivement 18 000 et 17 000 véhicules par jour
- Les routes départementales D42 et D59 qu'empruntent respectivement 10 330 et 20 270 véhicules chaque jour.
- La zone industrielle Pointe des Carrières et la zone d'activité commerciale Port de Fort de France

Toutes ces sources de pollutions sont susceptibles d'impacter, à différents niveaux, les concentrations des polluants mesurés en fonction des conditions météorologiques mais aussi de la dispersion du vent.

II.2 Les polluants mesurés

Les chiffres d'émissions ci-dessous proviennent de l'inventaire des émissions de polluants atmosphériques et gaz à effet de serre élaboré chaque année par Madinair. Les résultats ci-dessous sont les estimations pour les zones du centre de Fort-de-France, le centre-ville et les quartiers T.S.F, Sainte-Thérèse et Volga regroupées en grands secteurs d'activités. Ils sont issus de l'Inventaire 2018, qui recense les émissions de l'année 2016.

II.2.1 Le dioxyde de soufre SO₂



1270 tonnes de SO₂ ont été rejetées par le secteur de l'énergie en 2016. La production d'électricité est la source principale de ces rejets (85%). Le trafic maritime, 14% des rejets soit 211 tonnes est le second émetteur de la zone. Tandis que l'industrie complète les émissions, avec 7 tonnes, soit 1%.

La combustion de fioul lourd, carburant contenant généralement des niveaux plus élevés de soufre, est responsable de ces émissions.

Figure 2 : Répartition sectorielle des rejets de SO₂

Effet sur la santé

C'est un gaz irritant qui agit souvent en synergie avec d'autres substances, notamment avec les fines particules. Il provoque une altération de la fonction pulmonaire chez les enfants et une exacerbation des symptômes respiratoires aigus chez l'adulte (toux, gêne respiratoire...). Les personnes asthmatiques y sont particulièrement sensibles.

Unité de mesure

Le dioxyde de soufre est mesuré, dans l'air ambiant, en microgramme par mètre cube d'air prélevé ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Normes environnementales

L'arrêté du 19 avril 2017¹ définit les normes environnementales du SO₂. La directive européenne 2008/50/CE² précise que la norme annuelle est comparable à une

¹ Arrêté du 19 avril 2017 relatif au dispositif de surveillance de la qualité de l'air ambiant (NOR : DEVR1710772A)

² Directive 2008/50/CE du Parlement européen et du conseil du 21 mai 2008, concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, Journal officiel de l'Union européenne

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA
QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

concentration calculée sur la base d'une mesure effectuée pendant 14% du temps de l'année, répartie dans l'année.

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur de la norme SO ₂ (µg/m ³)
Horaire (Santé)	Valeur Limite horaire	350 (24 dépassements autorisés par an)
	Seuil d'information et de recommandation	300
	Seuil d'alerte	500 (3 h consécutives)
Journalier (Santé)	Valeur Limite journalière	125 (3 dépassements autorisés par an)
Année (Santé)	Objectif de qualité	50

Tableau 1 : Normes environnementales pour le dioxyde de soufre (Arrêté du 19 avril 2017)

De plus, l'arrêté du 19 avril 2017 et la directive européenne 2008/50/CE définissent des seuils d'évaluation inférieur et supérieur permettant d'évaluer le risque de dépassement des normes environnementales si la mesure était réalisée toute l'année.

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur du seuil SO ₂ (µg/m ³)
Journalier (Santé)	Seuil d'évaluation supérieur	75 (3 dépassements autorisés par an)
	Seuil d'évaluation inférieur	50 (3 dépassements autorisés par an)

Tableau 2 : Seuils d'évaluation pour le dioxyde de soufre (Arrêté du 19 avril 2017)

II.2.2 Les oxydes d'azotes NOX (NO, NO2)

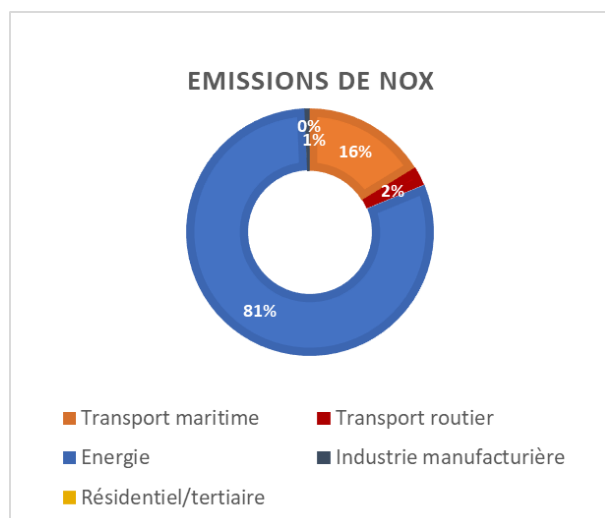


Figure 3 : Répartition sectorielle des rejets de NOx

81% des rejets de NO_x dans la zone considérée proviennent du secteur énergétique et particulièrement de la production d'électricité. La centrale thermique a émis 2463 tonnes de NO_x en 2016.

Le transport maritime (498 tonnes) et le transport routier (76 tonnes) complètent les émissions. Pour ces trois secteurs, la combustion de carburants fossiles est à l'origine des rejets de NO_x.

Effet sur la santé

C'est un gaz irritant qui pénètre dans les fines ramifications des voies respiratoires. Une exposition à long terme engendre l'altération de la fonction pulmonaire et des risques de troubles respiratoires.

Unité de mesure

Les oxydes d'azote sont mesurés, dans l'air ambiant, en microgramme par mètre cube d'air prélevé ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Normes environnementales

L'arrêté du 19 avril 2017 définit les normes environnementales du NO₂. La directive européenne 2008/50/CE précise que la norme annuelle est comparable à une concentration calculée sur la base d'une mesure effectuée pendant 14% du temps de l'année, répartie dans l'année.

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur de la norme NO ₂ (µg/m ³)
Horaire (Santé)	Valeur Limite horaire	200 (18 dépassements autorisés par an)
	Seuil d'information et de recommandation	200
	Seuil d'alerte	400
Année (Santé)	Valeur Limite annuelle	40

Tableau 3: Normes environnementales pour le dioxyde d'azote (Arrêté du 19 avril 2017).

De plus, l'arrêté du 19 avril 2017 et la directive européenne 2008/50/CE définissent des seuils d'évaluation inférieur et supérieur permettant d'évaluer le risque de dépassement des normes environnementales si la mesure était réalisée toute l'année.

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur du seuil NO ₂ (µg/m ³)
Horaire (Santé)	Seuil d'évaluation supérieur	140 (18 dépassements autorisés par an)
	Seuil d'évaluation inférieur	100 (18 dépassements autorisés par an)
Année (Santé)	Seuil d'évaluation supérieur	32
	Seuil d'évaluation inférieur	26

Tableau 4: Seuils d'évaluation pour le dioxyde d'azote (Arrêté du 19 avril 2017).

II.2.3 Les particules fines : PM10

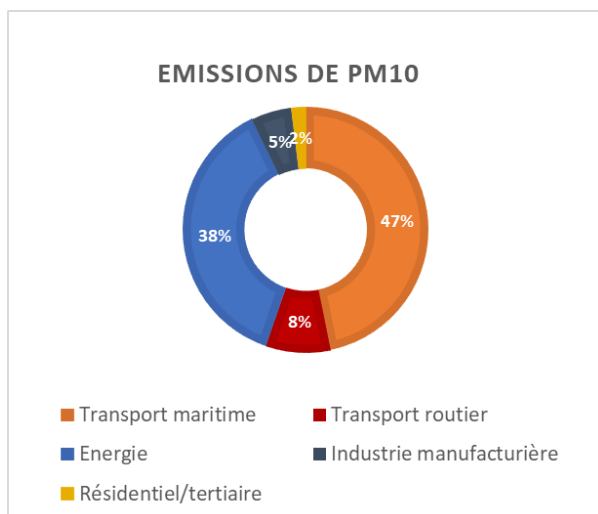


Figure 4 : Répartition sectorielle des rejets de PM10

47% des rejets de PM10 proviennent du secteur du transport maritime. Ce secteur est responsable de 35 tonnes de particules fines émises en 2016. Le secteur de l'énergie arrive en seconde position avec 28 tonnes de PM10 émises, soit 38% des rejets de la zone ciblée. Enfin, les secteurs du Transport routier et de l'industrie complètent les émissions avec respectivement 6 tonnes (8%) et 4 tonnes (5%) des rejets en particules fines. Au-delà de l'activité humaine, la présence de brumes de sable désertiques est aussi une source de présence de particules fines dans l'air. La Martinique est

concernée par ces brumes de sable, principalement lors de la saison sèche, soit de Février à Juin.

Effet sur la santé

Les particules dont le diamètre est supérieur à 10 μ m sont retenues par les voies respiratoires contrairement aux particules fines (diamètre inférieur à 10 μ m) qui pénètrent dans l'organisme. Dans l'ensemble, elles irritent les voies respiratoires inférieures et peuvent altérer la fonction respiratoire.

Unité de mesure

Les particules fines PM10 sont mesurées, dans l'air ambiant, en microgramme par mètre cube d'air prélevé (μ g/m³).

Normes environnementales

L'arrêté du 19 avril 2017 définit les normes environnementales pour les PM10. La directive européenne 2008/50/CE précise que la norme annuelle est comparable à une concentration calculée sur la base d'une mesure effectuée pendant 14% du temps de l'année, répartie dans l'année.

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur de la norme PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Journalier (Santé)	Valeur Limite journalière	50 (35 dépassements autorisés/an)
	Seuil d'information et de recommandation	50
	Seuil d'alerte	80
Année (Santé)	Valeur Limite annuelle	40
	Objectif de qualité annuel	30

Tableau 5 : Normes environnementales pour les particules fines, PM10 (Décret 2010-1250 du 21/10/10)

De plus, l'arrêté du 19 avril 2017 et la directive européenne 2008/50/CE définissent des seuils d'évaluation inférieur et supérieur permettant d'évaluer le risque de dépassement des normes environnementales si la mesure était réalisée toute l'année.

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur du seuil PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Journalier (Santé)	Seuil d'évaluation supérieur	35 (35 dépassements autorisés par an)
	Seuil d'évaluation inférieur	25 (35 dépassements autorisés par an)
Année (Santé)	Seuil d'évaluation supérieur	28
	Seuil d'évaluation inférieur	20

Tableau 6 : Seuils d'évaluation pour les particules fines, PM10 (Directive européenne 2008/50/CE).

III. Stratégie de mesure

III.1 Choix des sites de mesure

III.1.1 Etude de modélisation du rejet des cheminées des bateaux de croisière

Préalablement à cette étude, une étude de modélisation de la dispersion du dioxyde d'azote émis par les bateaux de croisière a été réalisée.

III.1.1.1 Méthodologie

- Le modèle ADMS-Urban

Depuis 2013, Madinair utilise le système ADMS-Urban pour ses études de dispersion de la pollution atmosphérique et d'estimation des populations impactées.

ADMS-Urban dans sa version 4.0 permet de prendre en compte la dispersion simultanée de plusieurs polluants (NO_x, SO₂, COV, particules...) émis par plus de 7500 sources différentes telles que :

- Les routes et les trafics associés (jusqu'à 150 000 brins peuvent être considérés) ;
- Les sources industrielles ponctuelles ;
- Les sources diffuses (modélisées sous la forme de volumes ou de surfaces).

- Paramètres météorologiques : Vitesse et Direction du vent

Les paramètres météorologiques ont une importance primordiale sur la manière dont les polluants vont se disperser à l'émission. En particulier, la vitesse et la direction du vent ont un impact direct sur le déplacement de la pollution et ses concentrations au niveau du sol.

Pour cette étude, ont été utilisées les données météorologiques de la station « Lamentin-Aéroport » de Météo-France située à environ 5 km de la zone d'étude, sur le site de l'aéroport international Aimé Césaire. Ce choix s'explique par l'absence de bâtiments importants et de relief prononcé entre la station météo et la zone d'étude. A défaut de station météo strictement dans la zone d'étude, on estimera que les paramètres météo sont les mêmes que sur le site de l'aéroport.

Les concentrations horaires de NO₂ induites par la présence de bateaux de croisière dans la baie de Fort-de-France ont été simulées via ADMS-Urban 4.0.1.

Durant la saison des croisières, ce sont en général entre 2 et 3 navires qui accostent en Martinique quotidiennement. 3 navires types ont été modélisés ; 1 au quai de la pointe Simon, 2 aux quais de Baie des Tourelles.

Considérés comme des sources ponctuelles, les rejets issus des cheminées des navires de croisière ont été simulés à leur point d'ancrage dans la baie de Fort-de-France. Les émissions de ces navires ont été estimées pour une escale de 10h, durée moyenne de présence des navires de croisière, en incluant les phases d'approche et la durée à quai.

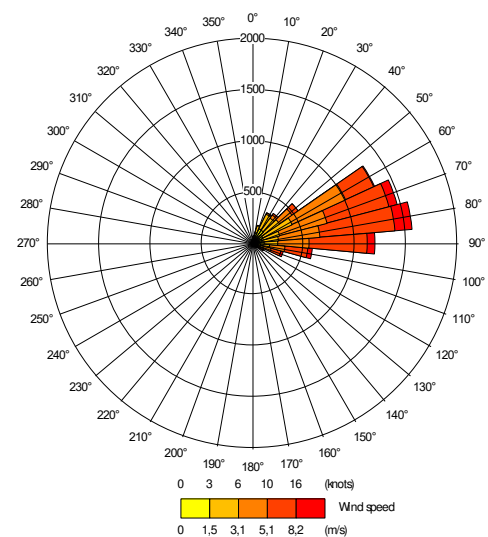
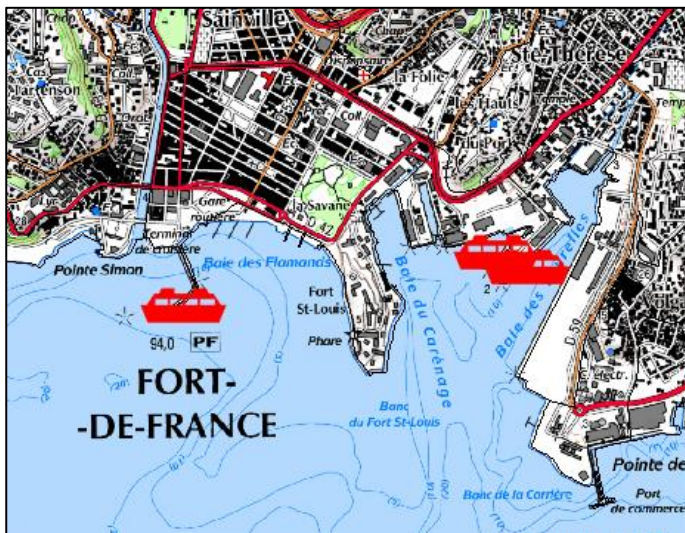


Figure 5 Relevés Météo 2016 de vents - station Aéroport –source Météo France

Différentes configurations météorologiques ont été simulées, afin de rendre compte des conditions les plus fréquemment rencontrées en Martinique. Les modélisations ont ainsi été effectuées pour des directions de vents de 70° à 100° soit d'Est-Nord-Est à Est et pour des vitesses de 7m/s et 4m/s (les classes de vitesse les plus observées)

Les cartes ci-dessous sont des indications visuelles de la dispersion des panaches en fonction de différentes configurations météorologiques, visant à identifier les emplacements idéaux de mesure.

III.1.1.3 Résultats

Les résultats de modélisation sont regroupés par direction de vents, pour les deux vitesses de vent simulées. Les cartographies représentent la concentration horaire en NO₂ modélisée au niveau du sol, en ne prenant en compte uniquement la pollution rejetée par les bateaux de croisière.

- Vent orienté à 70°

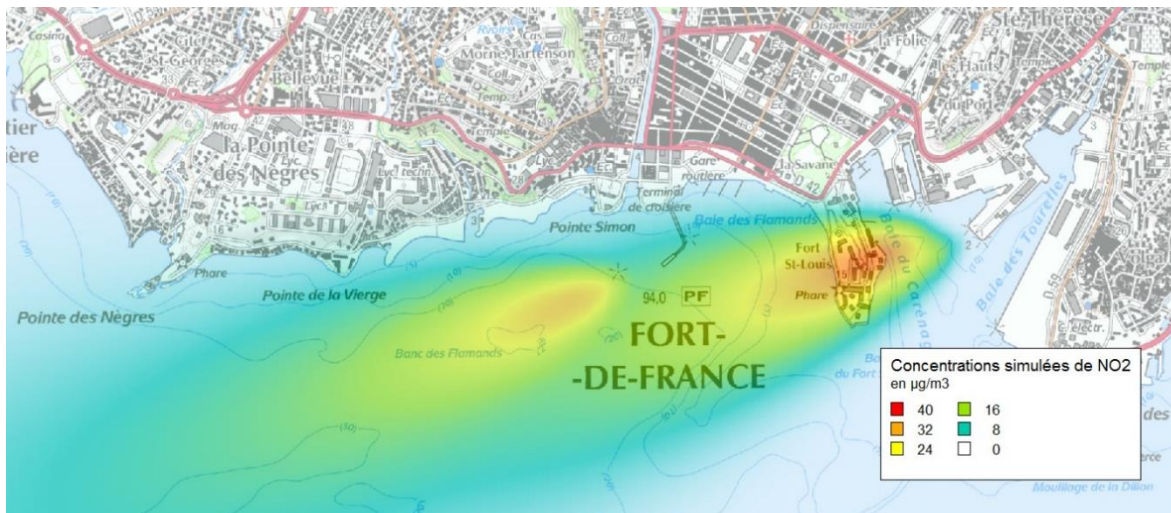


Figure 6 : Concentrations horaires de NO₂ pour un vent modéré (4 m/s) orienté à 70°

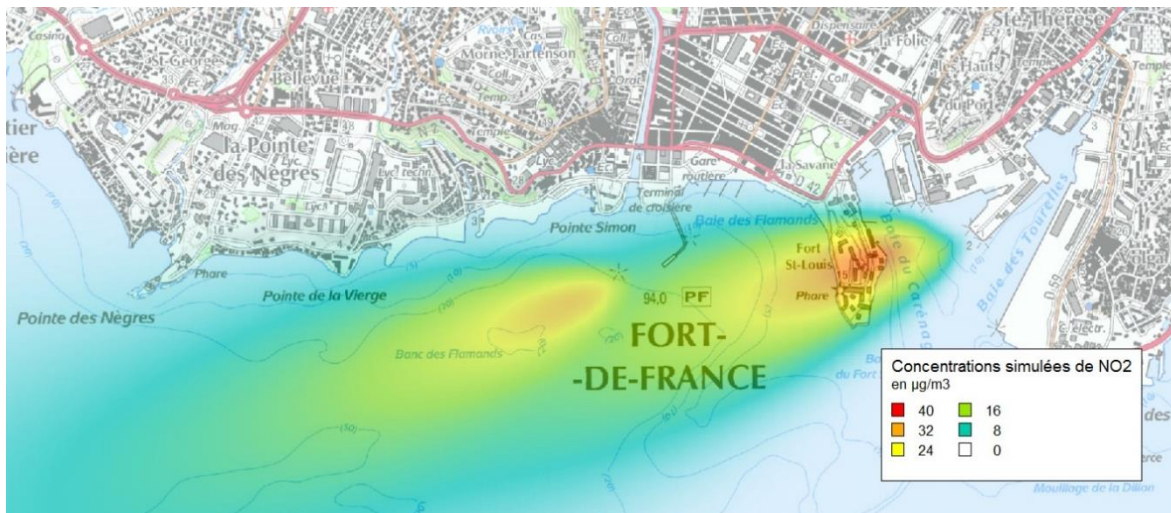


Figure 7 : Concentrations horaires de NO₂ pour un vent modéré (7 m/s) orienté à 70°

Pour des vents orientés à 70°, le maximum de concentrations est observé au niveau du Fort Saint Louis qui semble impacté par les rejets des navires accostés à Baie des Tourelles. Le front de mer est également touché, dans une moindre mesure.

Dans les configurations de vent faible, assez fréquentes en Martinique, les polluants sont mal dispersés, les concentrations y sont donc plus importantes. Le maximum horaire calculé, de 45 µg/m³, reste cependant bien inférieur à la VL horaire de 200 µg/m³.

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

- Vent orienté à 80°

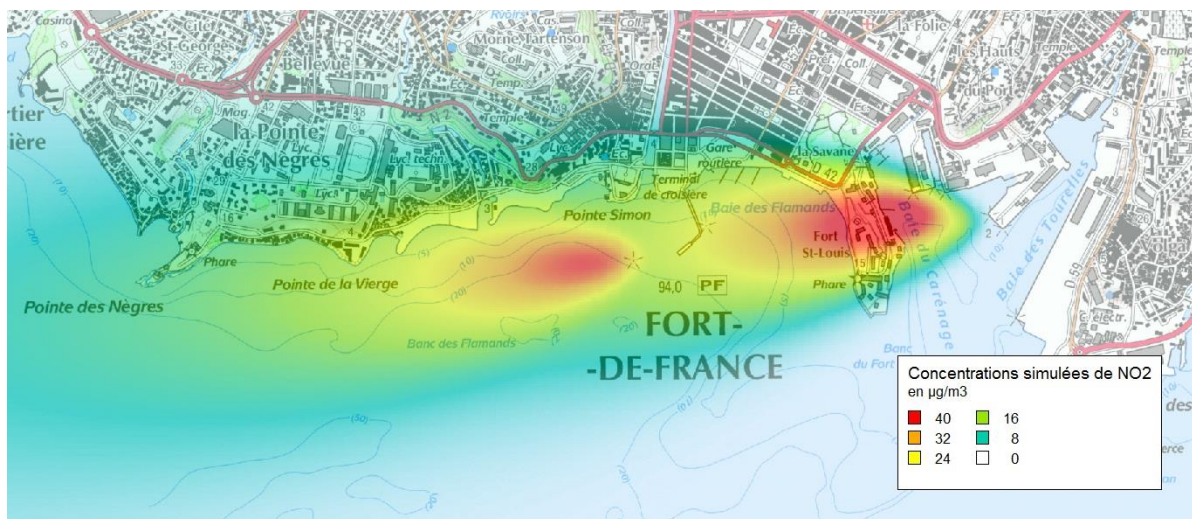


Figure 8 : Concentrations horaires de NO₂ pour un vent faible orienté à 80°

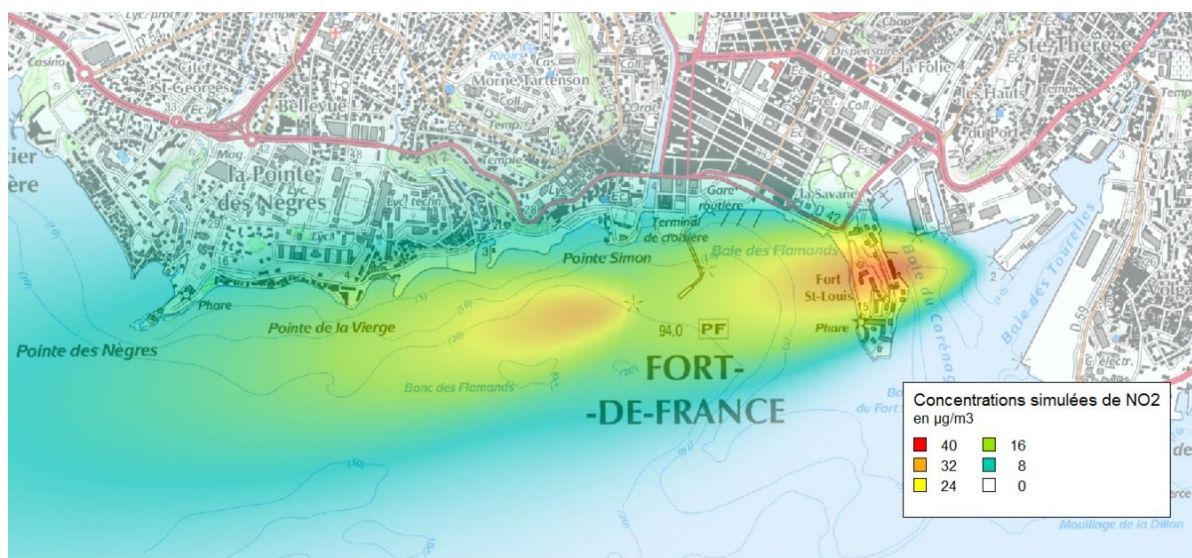


Figure 9 : Concentrations horaires de NO₂ pour un vent modéré orienté à 80°

Lorsque les vents sont orientés à 80°, le Fort-Saint-Louis est toujours la zone potentiellement plus impactée. Néanmoins, les rejets atteignent alors également le bord de mer et la pointe de la vierge à Fort-de-France. Lors de vents faibles, la pollution, moins dispersée, peut atteindre des concentrations horaires de 46µg/m³.

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

- Vent orienté à 90°

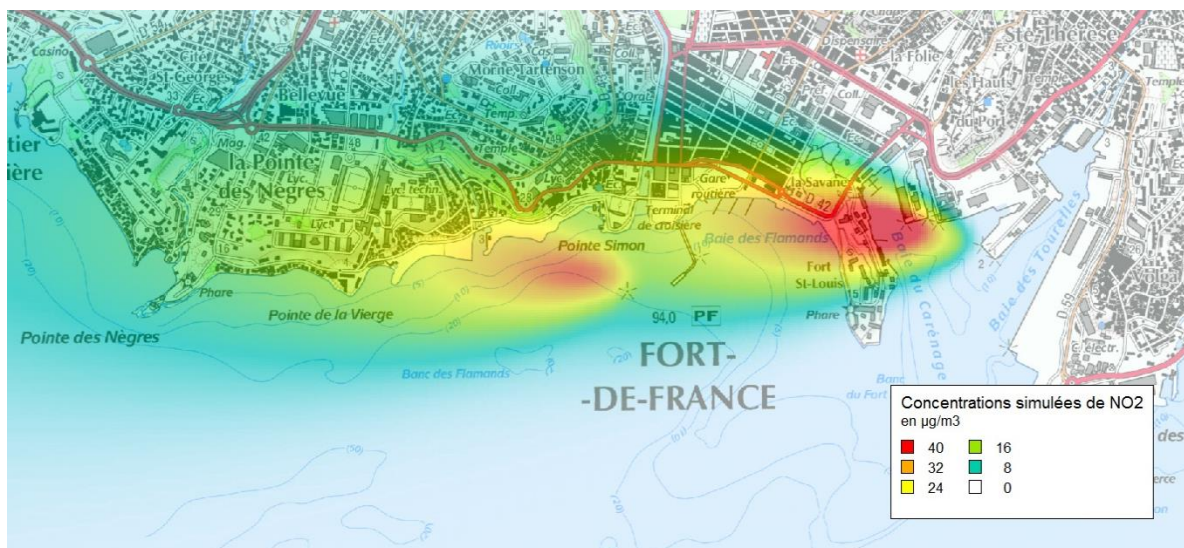


Figure 10 : Concentrations horaires de NO₂ pour un vent faible orienté à 90°

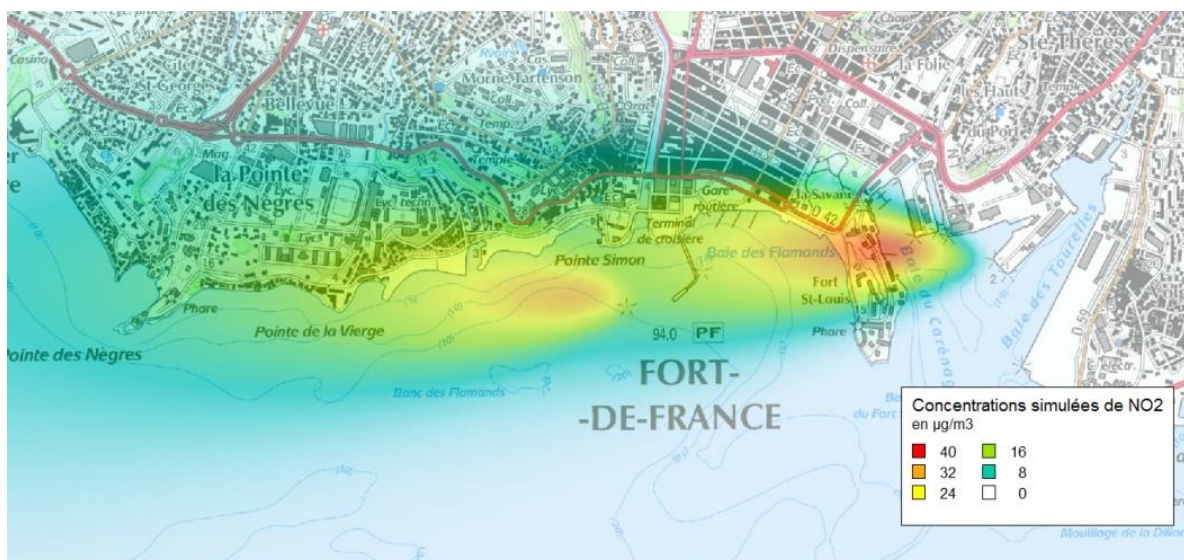


Figure 11 : Concentrations horaires de NO₂ pour un vent modéré orienté à 90°

Lors de vents orientés à 90°, plein Est, les panaches s'orientent vers le bord de mer. Si le Fort-Saint-Louis est encore touché, le bord de mer et le quartier Texaco sont également potentiellement impactés. Les concentrations estimées vont de 46µg/m³ horaire au Fort-Saint-Louis, 27 µg/m³ horaire au niveau du Malecon et 22µg/m³ horaire à proximité de Texaco, lors de vent à vitesse faible (4 m/s)

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

- Vent orienté à 100°

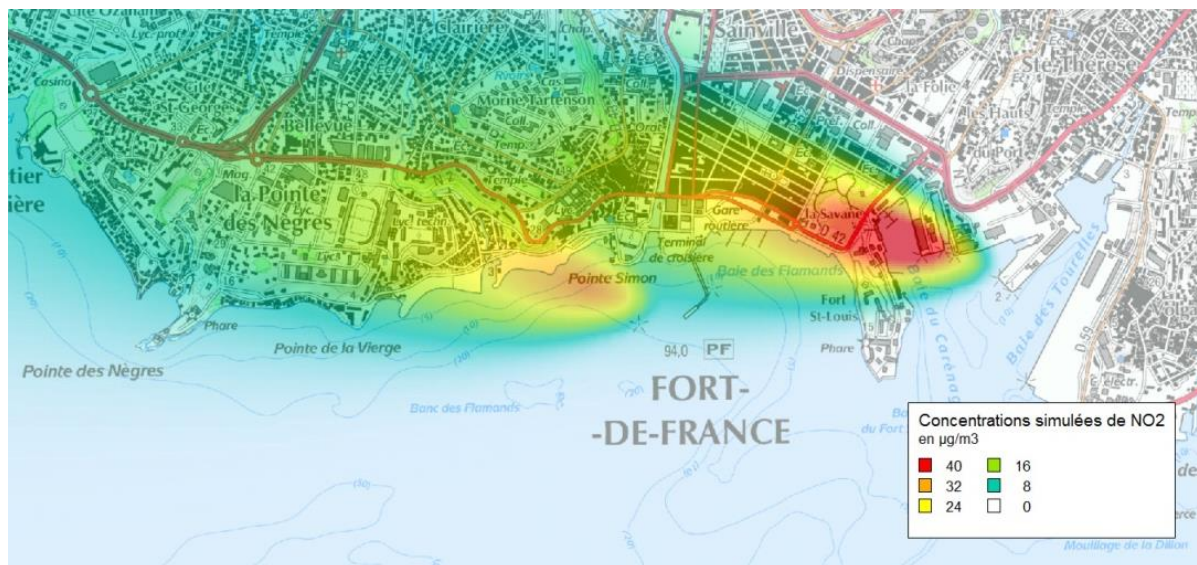


Figure 12 : Concentrations horaires de NO₂ pour un vent faible orienté à 100°

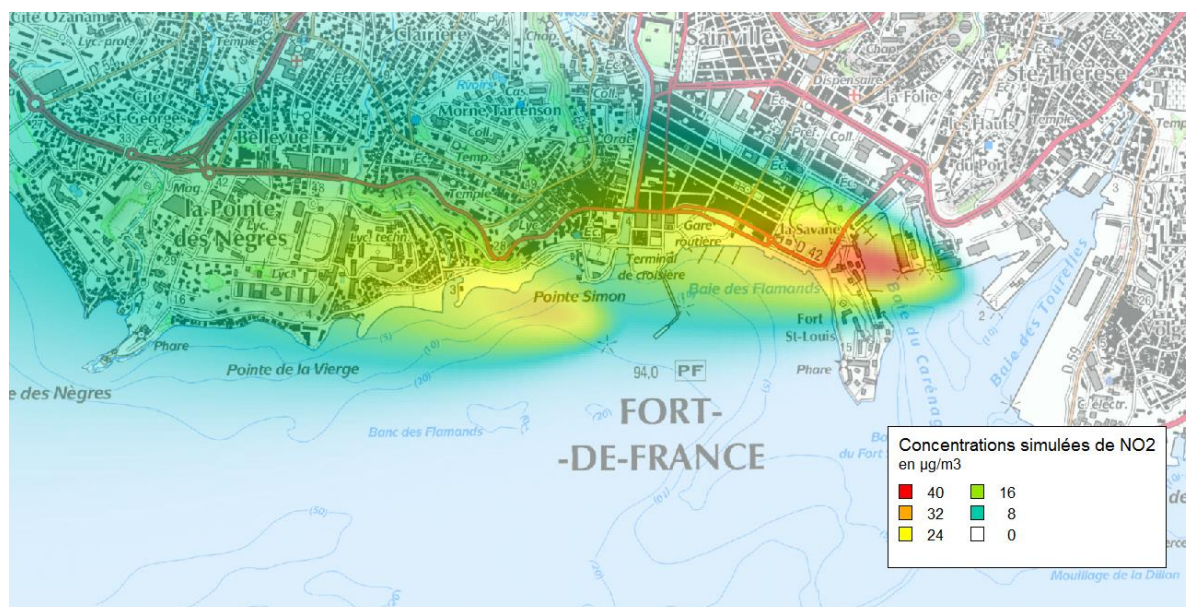


Figure 13 : Concentrations horaires de NO₂ pour un vent modéré orienté à 100°

Lorsque les vents sont orientés à 100°, les rejets des navires de croisière se déplacent vers l'intérieur des terres. La savane et Texaco sont alors les zones les plus potentiellement touchées, avec des niveaux estimés respectivement à 40 et 24 µg/m³ horaire en cas de vent faible. A noter toutefois que sans être rare, cette orientation de vent n'est pas la plus fréquente.

Ainsi, le Fort Saint Louis est le lieu où les concentrations sont les plus importantes dans les directions du vent (70-80°) les plus fréquentes sur le territoire.

Au-delà de 80°, le centre-ville de Fort-de-France et le Littoral, jusqu'à la Pointe de nègres sont également impactés. Ces directions de vents d'Est et Sud-Est sont moins fréquentes, mais ne sont pas rares pour autant.

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

De plus, les zones d'accostage des navires sont aussi circonscrites par un périmètre d'intense activité commerciale (Port de Fort-de-France) et industrielle (Zone de Pointe des carrières) qui contribue nécessairement à la pollution atmosphérique sur secteur. Les mesures reflèteront donc la présence de ces autres sources.

Ainsi, les 3 zones proposées sont :

- Le Fort-Saint-Louis : lieu habité exposé aux maximas de concentration liés aux navires.
- Le Malecon de Fort-de-France
- Les quartiers de Pointe des Nègres, ou Pointe de la Vierge, potentiellement impactés par les navires de la Pointe Simon, par vent d'Est et Sud-Est.



Figure 14 : Implantation des sites de mesures

III.1.2 Description des sites de mesure

III.1.2.1 Le site 1 : Fort Saint-Louis

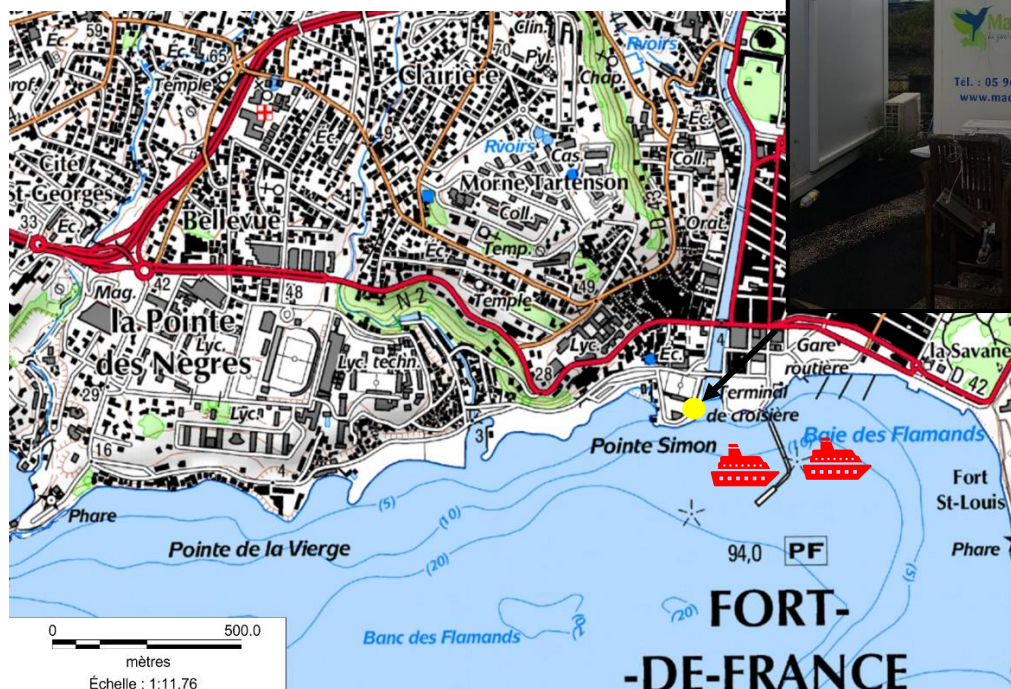
Le site de mesure du Fort Saint Louis est utilisée comme point de prélèvement. Les quais à proximité sont la Baie des Tourelles et la Pointe Simon.



EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

III.1.2.2 Le site 2 : Parking CFTU

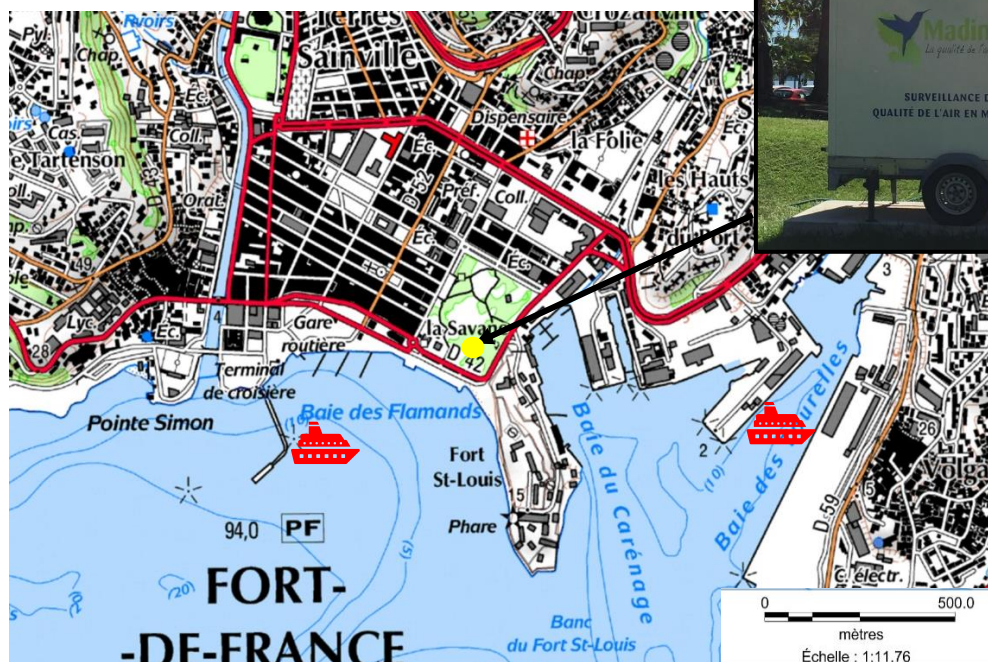
Sur ce site, le moyen mobile a été placé sur le parking de la CFTU à l'Ouest du quai de la Pointe Simon.



EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

III.1.2.3 Le site 3 : Savane

Sur ce site, le moyen mobile a été placé sur la Savane, à l'Est du quai de la Pointe Simon et à l'Ouest de celui de la Baie des Tourelles.



III.2 Choix de la campagne de mesure

III.2.1 Présence des bateaux de croisière 2018-2019

La saison des croisières 2018-2019 débute à partir de novembre pour finir en avril. Le tableau ci-dessous présente le nombre d'escales par mois.

Mois	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril
Nombre d'escales	15	29	30	26	29	11

A partir de ces données d'escales, la période de mesure a été définie. Le nombre d'escales augmente à partir de décembre et diminue en avril. Ainsi la période de mesures choisie est du 5 décembre 2018 au 15 avril 2019.

III.2.2 Période de mesure

Conformément à l'arrêté d'exploitation, les campagnes de mesure sont effectuées pendant 14% du temps de l'année, temps minimum pour une représentativité annuelle suivant les exigences de la directive européenne.

La campagne de mesure s'est déroulée durant la période d'affluence des bateaux de croisière de décembre 2018 à avril 2019.

	Date de début	Date de fin	Taux de représentativité	Taux de fonctionnement
Parking CFTU	05/12/2018	01/04/2019	25 %	77 %
Savane	02/01/2019	15/04/2019	21 %	73 %
Fort Saint Louis	05/12/2018	15/04/2019	35 %	95 %

Tableau 7 : Date de la période de mesure des différents sites

IV. Matériels et méthode

Le choix des méthodes utilisées pour la mesure des polluants dans le cadre de cette étude a été fait sur la base des normes environnementales existantes et sur la base du guide de l'INERIS.

IV.1 Echantillonnage

IV.1.1 Par moyen mobile

Tête de prélèvement des NOx et SO2



La méthode de prélèvement utilisée par les moyens mobiles, au même titre que les stations, est la méthode par voie active. L'air est aspiré à l'aide d'une pompe à travers une tête de prélèvement puis rentre dans un analyseur qui analyse en continu un ou plusieurs polluants de l'air.

Le dispositif de prélèvement est formé d'une canne de prélèvement et d'un tube reliant celle-ci à l'analyseur. La tête de prélèvement située à l'extrémité de la canne est en forme de cône criblé à sa base. Seul l'air pompé passe à travers les cribles, les grosses particules sont stoppées par le diamètre trop étroit des trous, permettant ainsi d'éviter l'occlusion du tube de prélèvement.

Tête de prélèvement des PM10 :

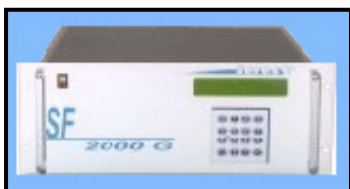


La tête de prélèvement PM10 permet un échantillonnage représentatif des fractions de poussières pouvant pénétrer dans le système respiratoire des bronches supérieures. Elle sépare les poussières selon leur granulométrie et ne sélectionne que les particules de diamètre inférieures à 10 μ m (PM10).

IV.2 Analyse

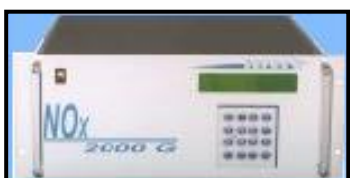
IV.2.1 Par moyen mobile

- L'analyseur SO₂ :



Le prélèvement s'effectue par une tête de prélèvement qui récupère l'air extérieur. Celui-ci arrive ensuite dans un analyseur de Fluorescence U.V. permettant l'analyse du SO₂ en temps réel. Cette mesure du SO₂ suit la norme EN 14212 :2013³.

- L'analyseur NO_x :



L'analyse est réalisée à l'aide d'un appareil de mesure en continu, par chimiluminescence. Il nous fournit ainsi une concentration en temps réel en dioxyde d'azote (NO₂), monoxyde d'azote (NO) et en oxyde d'azote (NO_x). Cette mesure du NO_x suit la norme EN 14211 :2012⁴.

- L'analyseur PM10 :



L'analyseur PM10 mesure à température ambiante, la masse de particules inférieures à 10 microns.

Dans le cœur de l'appareil, la technique utilisée est une microbalance à élément oscillant (TEOM), qui permet une mesure directe et en temps réel de la masse de particules collectée sur un filtre. Cette mesure des PM10 suit la norme EN 12341 :2014⁵.

³ NF EN 14212 :2013 - Méthode normalisée de mesurage de la concentration de dioxyde de soufre par fluorescence UV

⁴ NF EN 14211 :2012 - Méthode normalisée de mesurage de la concentration de dioxyde d'azote et de monoxyde d'azote par chimiluminescence

⁵ NF EN 12341 :2014 - Détermination de la fraction MP10 de matière particulaire en suspension

IV.3 Fiabilité de la mesure

Pour permettre de valider les mesures réalisées par les moyens mobiles, les analyseurs sont étalonnés bimensuellement, suivant les normes en vigueur et conformément aux recommandations du laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air.

Actuellement, le système en vigueur est basé sur un raccordement à trois niveaux :

- Le **niveau 1** : le Laboratoire National de métrologie et d'Essais (LNE) : raccordement 2 fois par an, de deux diluteurs générant des mélanges gazeux de CO, NO/NOx et SO₂ ainsi qu'un générateur d'ozone.
- Le **niveau 2** : Madininair : chargé de raccorder les bouteilles de gaz étalon sur un système de référence
- Le **niveau 3** : l'étalonnage des stations de mesure fixes et des moyens mobiles de Madininair

V. Résultats

Remarque générale : L'absence de données est liée à des problèmes techniques des appareils.

V.1 Données météorologiques

Les conditions météorologiques vont être des paramètres importants dans la dispersion des polluants de l'air. En effet, les précipitations joueront un rôle de lixiviation de l'air.

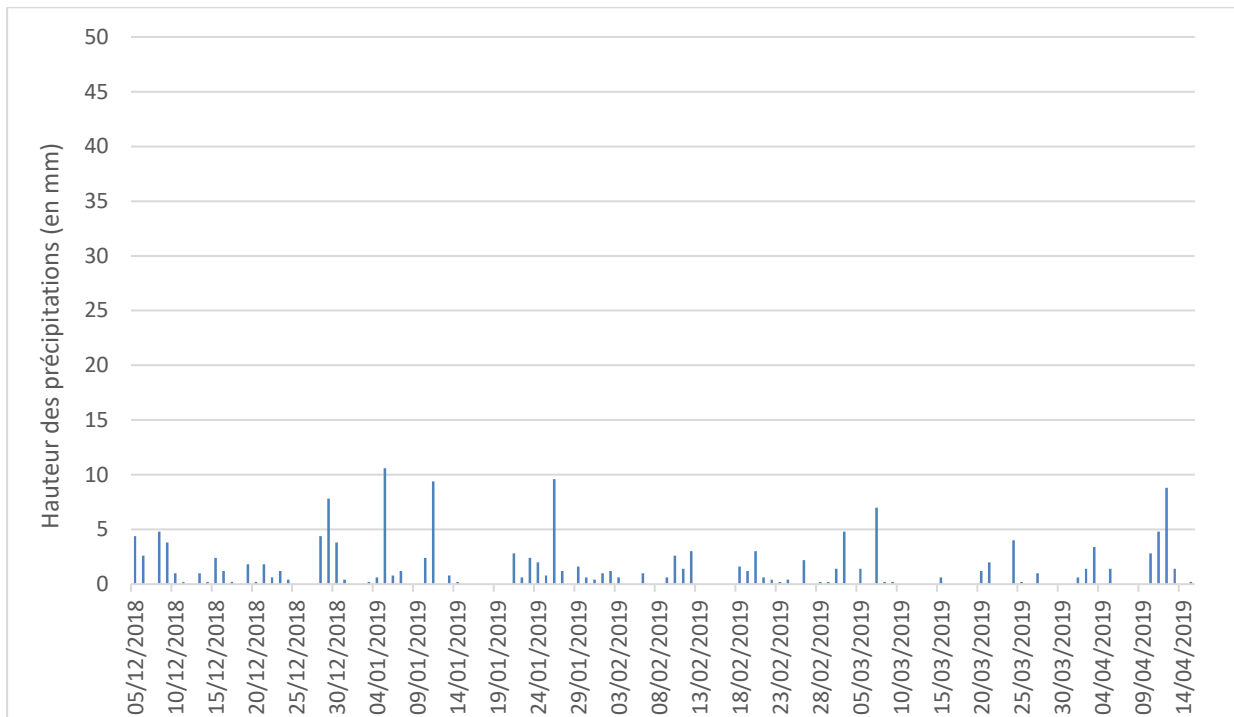


Figure 15 : Précipitation en millimètre d'eau sur la période de mesure

Sur la période de mesure le cumul des pluies obtenus est de 162.6 mm avec un maximum de 10.6mm. Ainsi, la période de mesure a été marquée par un temps majoritairement sec.

D'autres paramètres jouent aussi un rôle important dans la dispersion des polluants : la vitesse et la direction du vent. En effet, plus les vents sont forts et plus les polluants seront dispersés rapidement. De plus, suivant la localisation du point de mesure par rapport à la source d'émission, la direction du vent peut jouer un rôle majeur quant aux concentrations mesurées sur un site de mesure. Pendant la période de mesure, ces paramètres ont été enregistrés par les moyens mobiles présents sur les sites de mesures à l'aide d'un anémo-girouette.

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

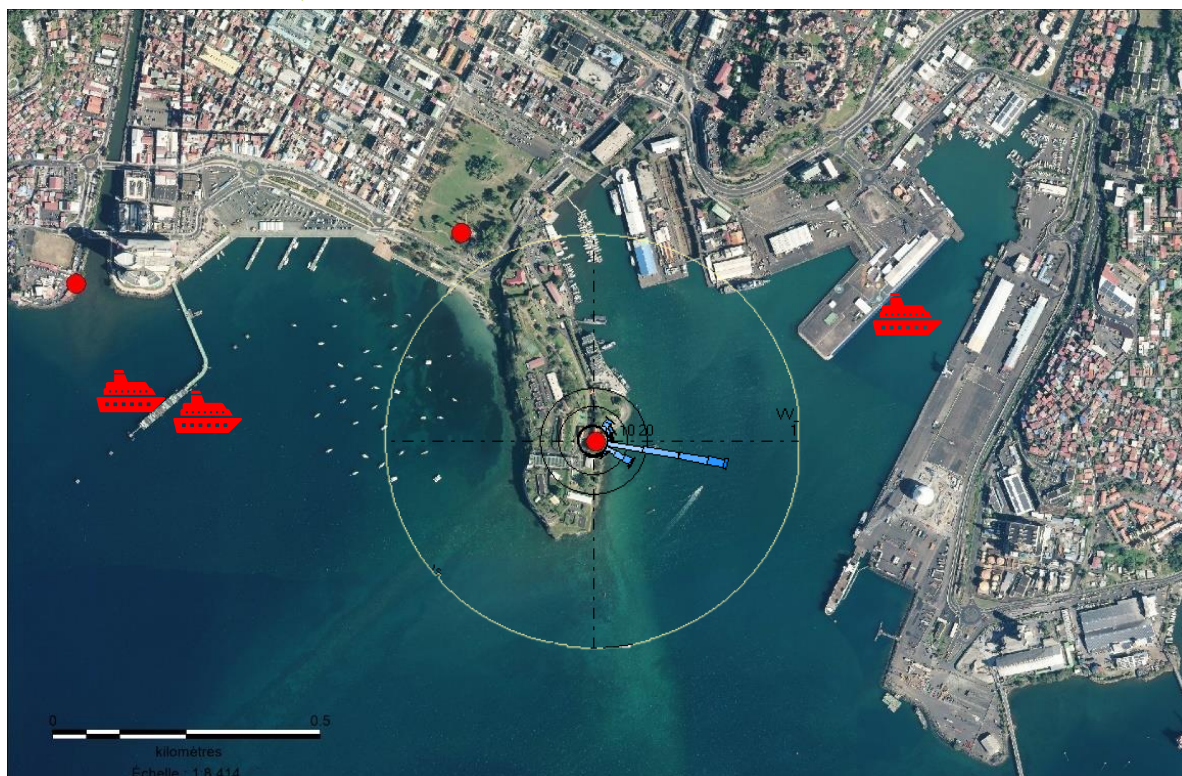


Figure 16 : Rose des vents du site de Fort Saint Louis



Figure 17 : Rose des vents sur le site Parking CFTU

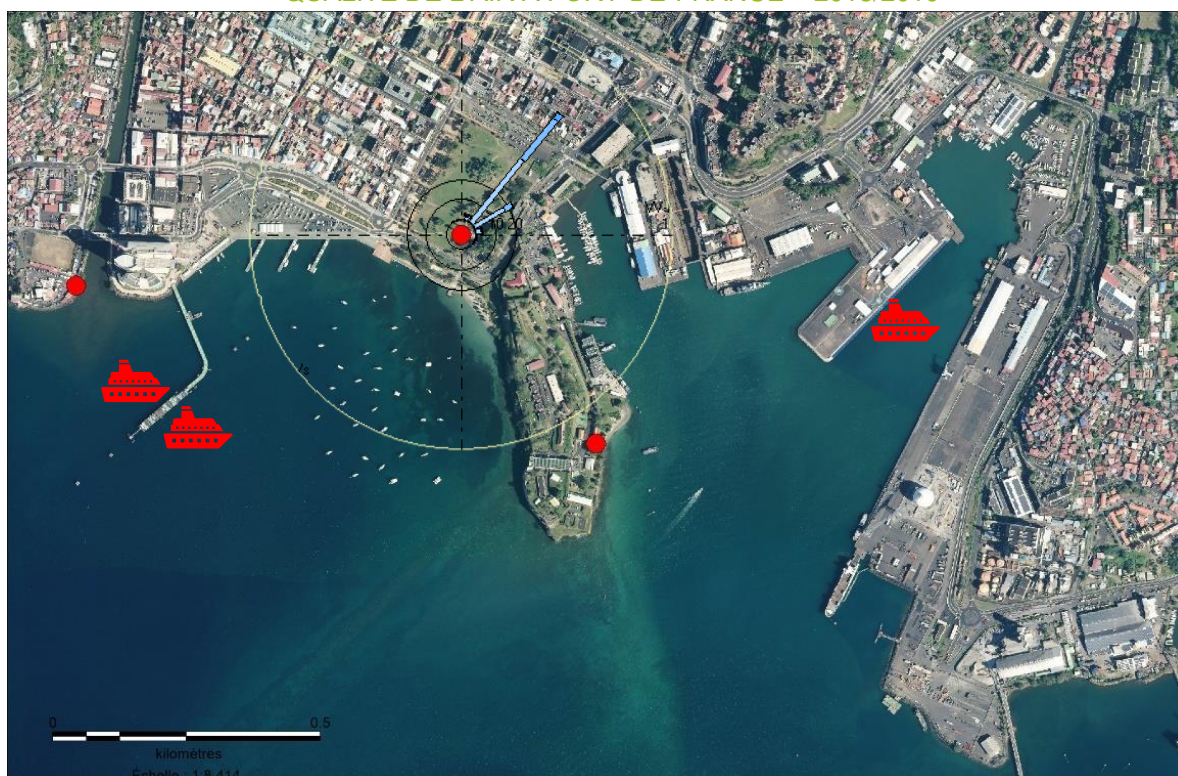


Figure 18 : Rose des vents sur le site de la Savane

Sur la période de mesure du site du Fort Saint Louis, le vent est de secteur Est. La direction du vent relevé par le moyen mobile situé au niveau du parking CFTU est de secteur Nord-Est à Est. Celui de la Savane est de secteur Est.

Le site le plus susceptible d'être impacté par l'arrivée des bateaux de croisière est celui du Fort Saint Louis. Le site du Parking CFTU, enregistre principalement des vents de secteur Nord-Est sur la période de mesure, ainsi, il n'est pas soumis à l'activité du site et il ne semble pas non plus être majoritairement sous l'axe des rejets des bateaux situés à la Pointe Simon.

La configuration spécifique du site de la Savane engendre des vents de secteur Nord, Nord-Est. Ainsi, ce site ne semble pas être soumis à l'influence directe des rejets de cheminées des bateaux.

V.2 Résultats des mesures

V.2.1 Le dioxyde de soufre SO₂

- Evolution horaire des concentrations :

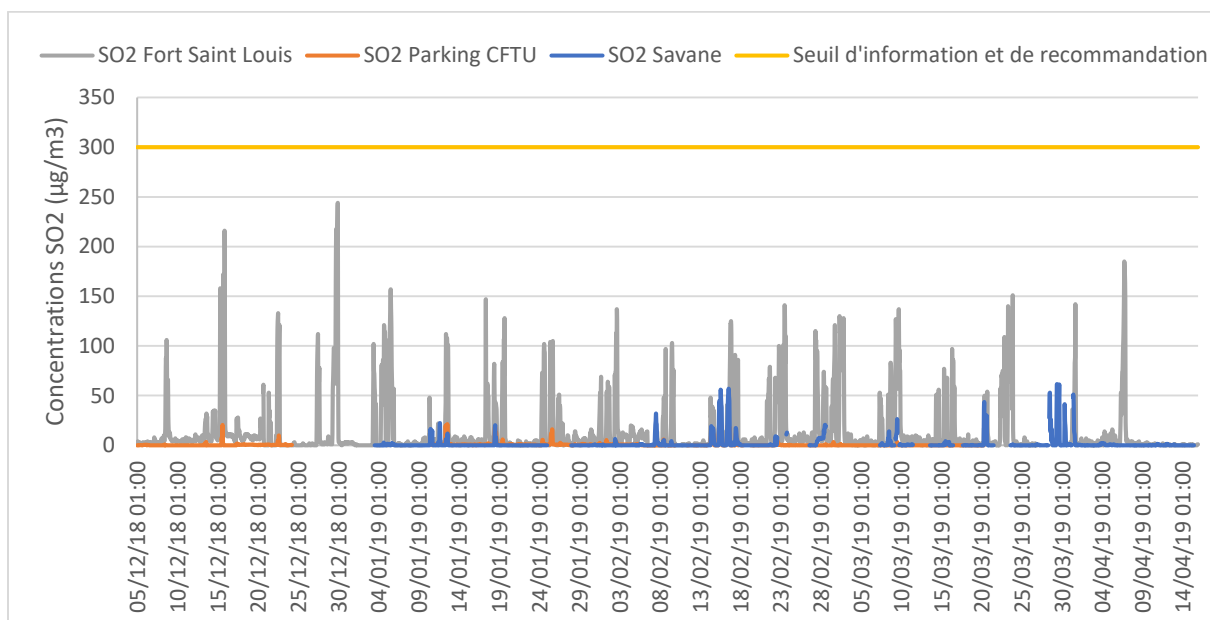


Figure 19 : Evolution horaire du SO₂ sur les sites de mesure du 05/12/2018 au 15/04/2019

- Evolution journalière des concentrations :

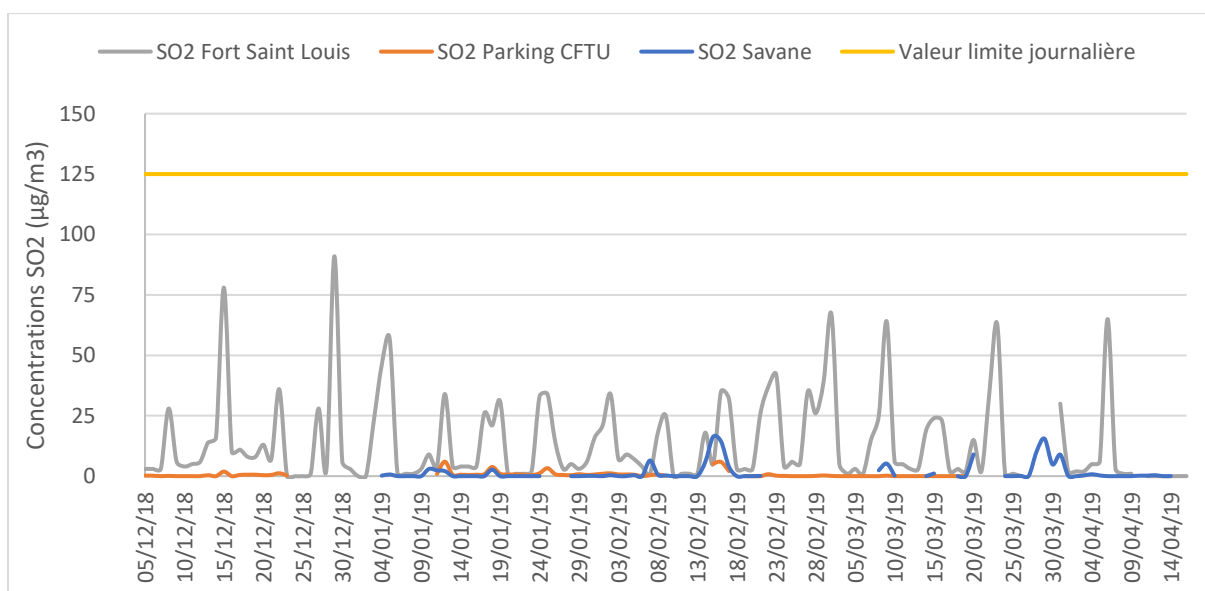


Figure 20 : Evolution journalière du SO₂ sur les sites de mesure du 05/12/2018 au 15/04/2019

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

Les concentrations en SO₂ sont plus élevées sur le site du Fort Saint Louis, mais restent en dessous des seuils d'information et de recommandation ainsi que de la valeur limite journalière. Concernant les concentrations en SO₂ du site de la Savane et du Parking CFTU, elles sont relativement faibles, avec quelques pics horaires et journaliers éparses de plus faible intensité.

- Moyenne et maxima :

	Moyenne en SO ₂ (µg/m ³)	Maximum horaire mesuré en µg/m ³	Maximum journalier mesuré en µg/m ³
Fort Saint Louis	13.6	244 30/12/2018 à 00h	91 29/12/2018
Parking CFTU	0.7	21.3 12/01/2019 à 15h	6 12/01/2019
Savane	1.6	61.6 29/03/2019 à 11h	16.3 15/02/2019

Tableau 8 : Concentrations moyennes et des maxima horaire et journalier des sites de mesures

Globalement, sur la période de mesure, le site qui enregistre les plus fortes concentrations en dioxyde de soufre est celui du Fort Saint Louis, suivi du site de la Savane et du Parking CFTU.

- Respect des normes et évaluation des risques de dépassement :

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur de la norme SO ₂ (µg/m ³)	Fort Saint Louis	Parking CFTU	Savane
Horaire (Santé)	Valeur Limite horaire (Arrêté du 19 avril 2017)	350 (24 dépassements autorisés)	Respecté	Respecté	Respecté
	Seuil d'information et de recommandation (AP 051784 du 14/06/05)	300	Respecté	Respecté	Respecté
	Seuil d'alerte (AP 051784 du 14/06/05)	500 (3 h consécutives)	Respecté	Respecté	Respecté
Journalier (Santé)	Valeur Limite journalière (Arrêté du 19 avril 2017)	125 (3 dépassements autorisés)	Respecté	Respecté	Respecté
Année (Santé)	Objectif de qualité (Arrêté du 19 avril 2017)	50	Respecté	Respecté	Respecté

Tableau 9 : Evaluation du respect des normes environnementales en SO₂ du site de mesure

Les normes environnementales sont respectées sur tous les sites de mesure.

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur du seuil SO ₂ (µg/m ³)	Fort Saint Louis	Parking CFTU	Savane
Journalier (Santé)	Seuil d'évaluation supérieur	75 (3 dépassements autorisés par an)	2 déps	Pas de dép.	Pas de dép.
	Seuil d'évaluation inférieur	50 (3 dépassements autorisés par an)	7 déps	Pas de dép.	Pas de dép.

Tableau 10 : Evaluation des risques de dépassement des normes du site de mesure

Sur le site du Fort Saint Louis, 2 dépassements du seuil d'évaluation supérieur et 7 dépassements du seuil d'évaluation inférieur ont été enregistrés, ce qui est autant ou plus que le nombre de fois autorisé. Ceci permet de penser qu'une meure toute l'année en respecterait pas ces seuils d'évaluation. Il est donc nécessaire de continuer à mesurer le SO₂ sur le site de Fort Saint Louis.

Aucun dépassement des seuils n'a été observé sur les sites de la Savane et le Parking CFTU, le risque de dépasser les normes environnementales pour une mesure annuelle de ce polluant semble faible.

- Profil journalier

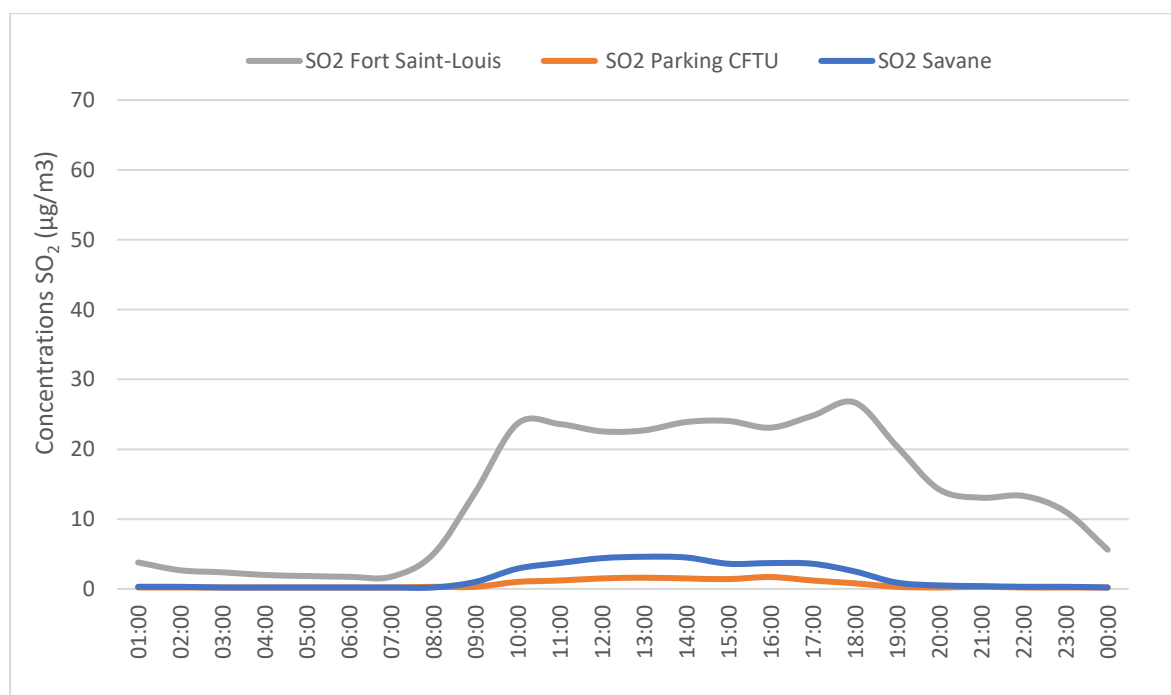


Figure 21 : Profil journalier du SO₂ établi du 05/12/2018 au 15/04/2019

Sur le site du Fort Saint Louis, les concentrations SO₂ sont plus élevées que sur le site du Parking CFTU et de la Savane. Toutefois, ces concentrations suivent le même profil avec une augmentation entre 8h et 19-20h.

V.2.2 Les oxydes d'azotes NOX (NO, NO₂)

• Evolution horaire des concentrations

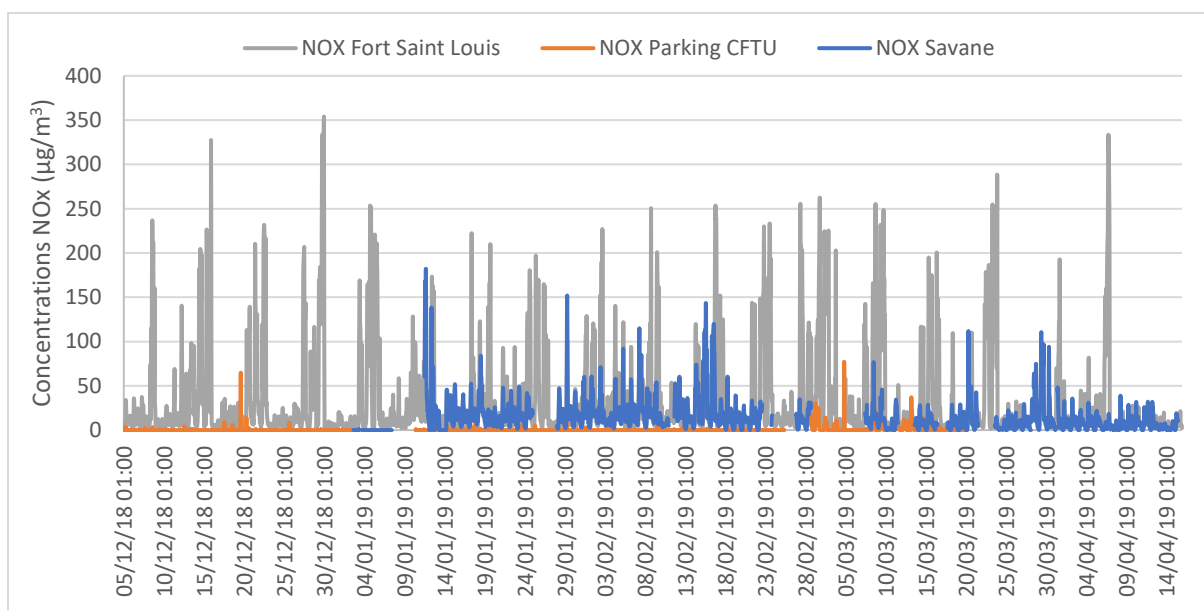


Figure 22 : Evolution horaire des concentrations en NOx du 05/12/2018 au 15/04/2019

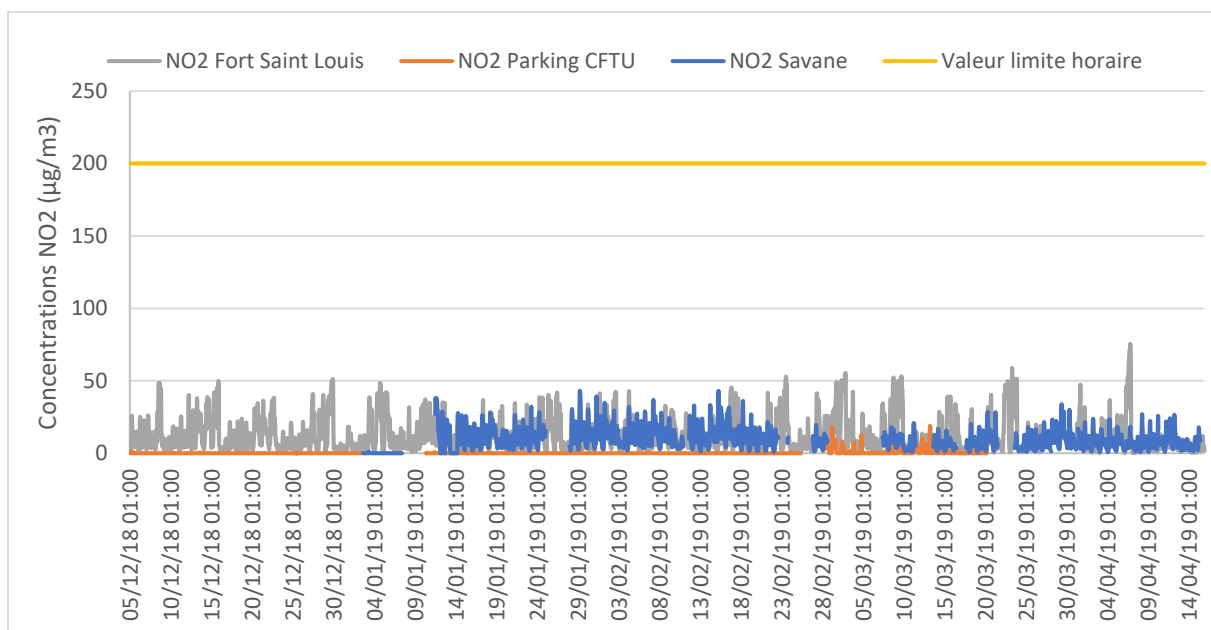


Figure 23 : Evolution horaire des concentrations en NO₂ du 05/12/2018 au 15/04/2019

Les concentrations en oxydes d'azote sont plus élevées sur le site du Fort Saint Louis, que sur le site de la Savane et de Parking CFTU. Concernant les concentrations en NO₂, elles sont relativement faibles.

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

• Evolution journalière des concentrations

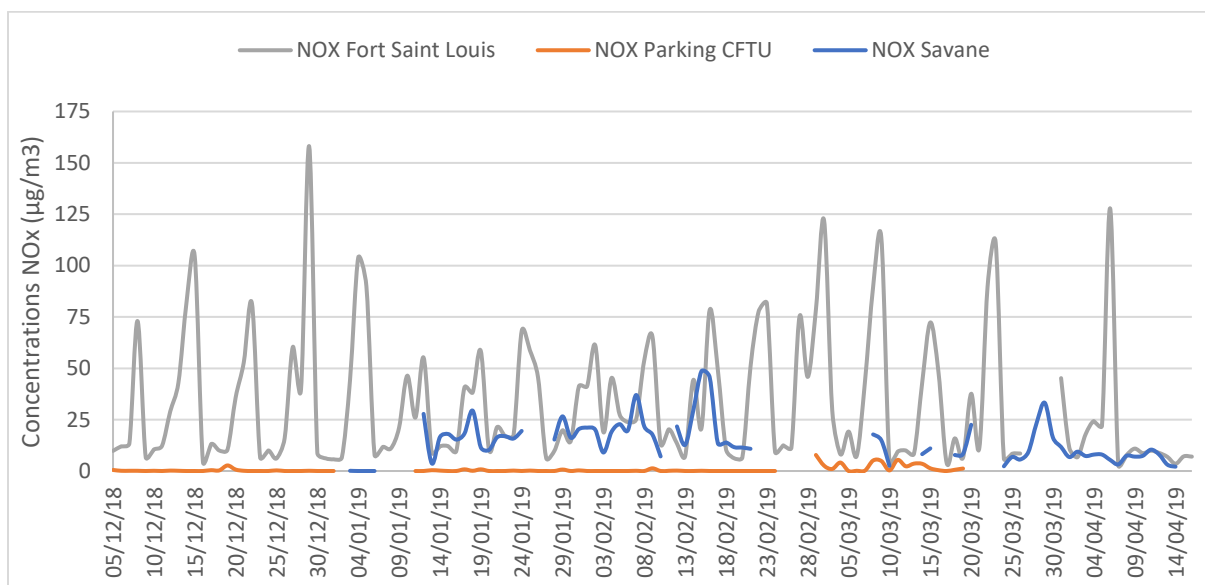


Figure 24 : Evolution journalière en NOx sur les sites de mesure du 05/12/2018 au 15/04/2019

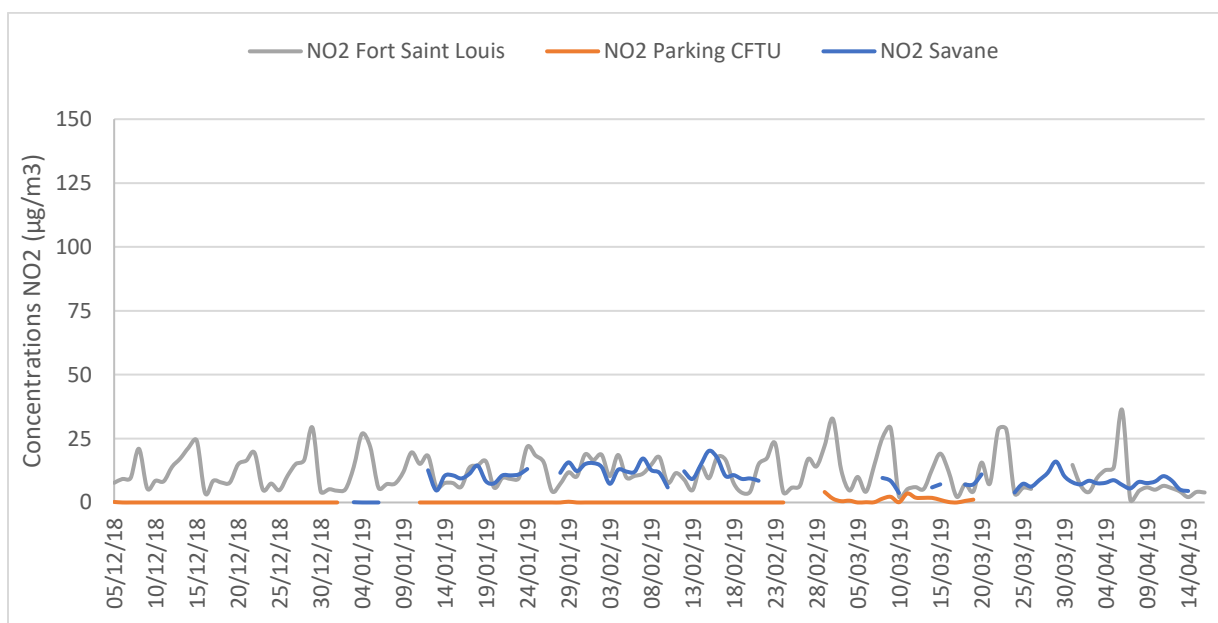


Figure 25 : Evolution journalière en NO2 sur les sites de mesure du 05/12/2018 au 15/04/2019

Les figures précédentes représentent l'évolution journalière des concentrations en NO_x et NO₂. Les concentrations en oxydes d'azote sur le site du Fort Saint Louis sont plus élevées que sur les 2 autres sites. Les concentrations en dioxyde d'azote sont équivalentes sur les sites Fort Saint Louis et Savane ; et faibles sur le site Parking CFTU.

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

- Moyennes et maxima

	NOx			NO ₂		
	Moyenne en NOx (µg/m ³)	Maximum horaire mesuré en µg/m ³	Maximum journalier mesuré en µg/m ³	Moyenne en NO ₂ (µg/m ³)	Maximum horaire mesuré en µg/m ³	Maximum journalier mesuré en µg/m ³
Fort Saint Louis	32.7	354.0 30/12/2018 à 00h	158.0 29/12/2018	11.8	75.5 06/04/2019 à 21h	36.3 06/04/2019
Parking CFTU	0.7	77.1 04/03/2019 à 21h	7.8 01/03/2019	0.3	19.5 20/03/2019 07h	4.1 01/03/2019
Savane	14.4	182.1 11/01/2019 à 17h	48.6 15/02/2019	9.3	43.1 29/01/2019 à 07h	20.2 15/02/2019

Tableau 11 : Concentrations moyennes et des maxima horaire et journalier en NOx et NO₂ des sites de mesures

Globalement, sur la période de mesure, le site qui enregistre les concentrations en oxydes d'azote les plus élevées est celui du Fort Saint Louis, suivi du site de la Savane et du Parking de la CFTU.

- Respect des normes environnementales

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur de la norme NO ₂ (µg/m ³)	Fort Saint Louis	Parking CFTU	Savane
Horaire (Santé)	Valeur Limite horaire (Arrêté du 19 avril 2017)	200 (18 dépassements autorisés)	Respecté	Respecté	Respecté
	Seuil d'information et de recommandation (AP051784 du 14/06/05)	200	Respecté	Respecté	Respecté
	Seuil d'alerte (AP 051784 du 14/06/05)	400	Respecté	Respecté	Respecté
Année (Santé)	Valeur Limite annuelle (Arrêté du 19 avril 2017)	40	Respecté	Respecté	Respecté

Tableau 12 : Evaluation du respect des normes environnementales en NO₂

Au terme de l'étude, les normes concernant le NO₂ sont respectées sur la période de mesure.

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur du seuil NO ₂ (µg/m ³)	Fort Saint Louis	Parking CFTU	Savane
Horaire (Santé)	Seuil d'évaluation supérieur	140 (18 dépassements autorisés par an)	Pas de dép.	Pas de dép.	Pas de dép.
	Seuil d'évaluation inférieur	100 (18 dépassements autorisés par an)	Pas de dép.	Pas de dép.	Pas de dép.
Année (Santé)	Seuil d'évaluation supérieur	32	Respecté	Respecté	Respecté
	Seuil d'évaluation inférieur	26	Respecté	Respecté	Respecté

Tableau 13 : Evaluation des risques de dépassement des normes des sites de mesure

Les concentrations en NO₂ sur les différents sites de mesures respectent les normes environnementales. Tous les seuils d'évaluation sont respectés. Ainsi le risque de dépassement de la valeur limite pour une mesure annuelle semble faible.

- Profil journalier

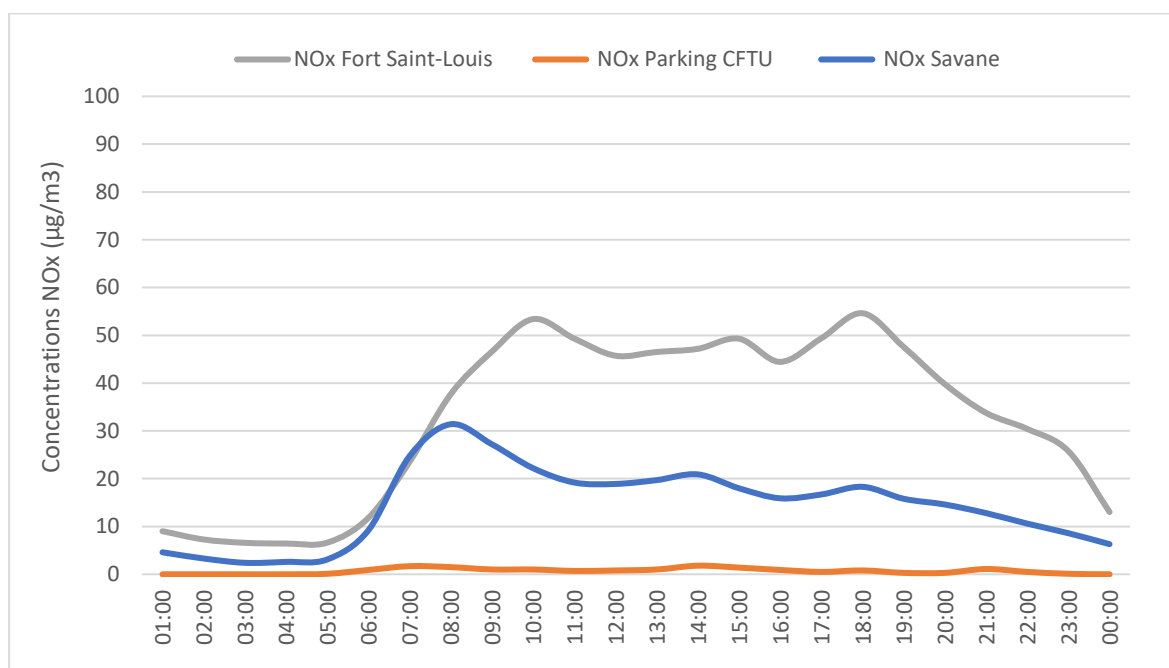


Figure 26 : Profil journalier du NOx établi du 05/12/2018 au 15/04/2019

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

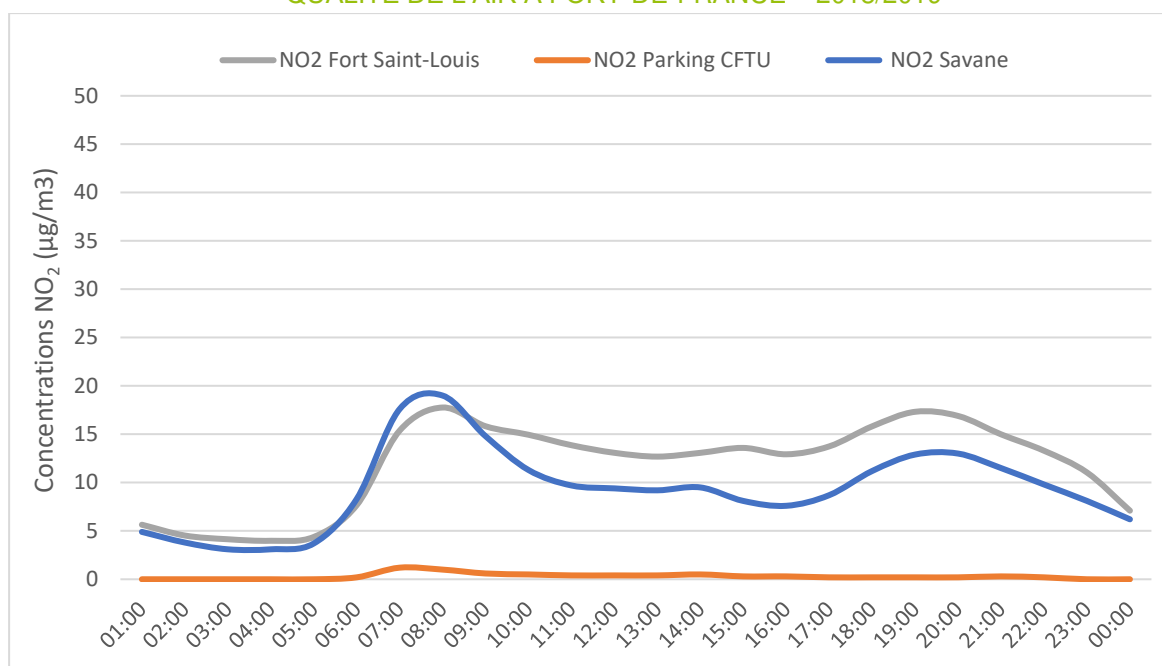


Figure 27 : Profil journalier du NO₂ établi du 05/12/2018 au 15/04/2019

Sur les sites du Fort Saint Louis et de la Savane, les concentrations en NO_x et en NO₂ sont plus élevées que sur le site du Parking CFTU. Deux pics de concentrations sont remarquables à 8h et à 20h, pouvant correspondre notamment au trafic automobile de la zone.

V.2.3 Les particules fines : PM10

- Evolution horaire des concentrations

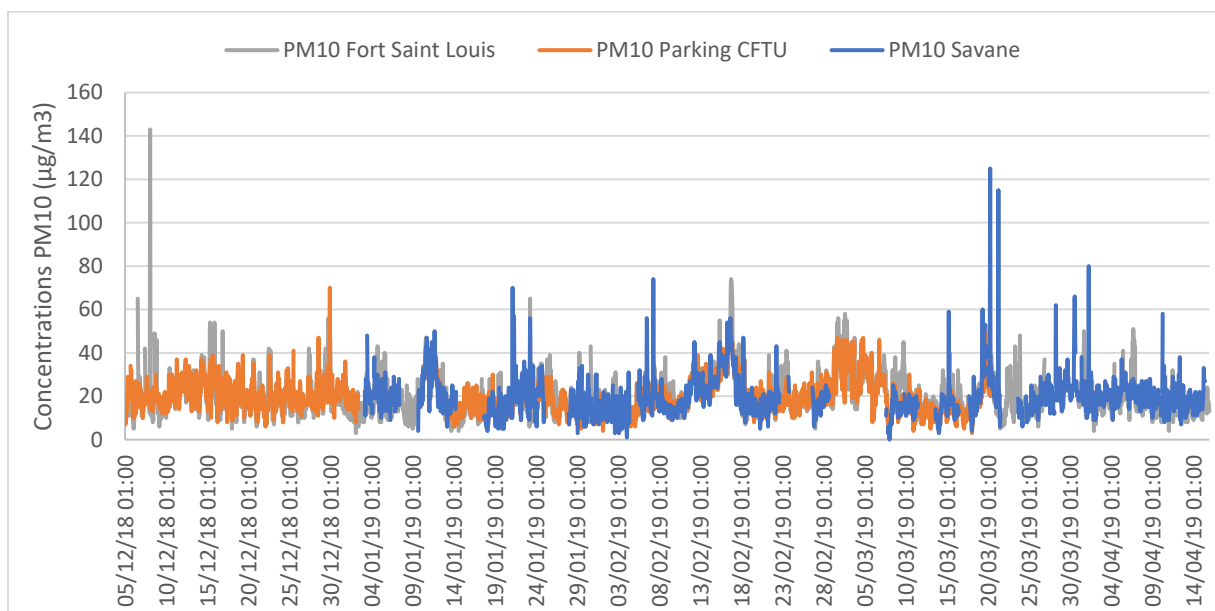


Figure 28 : Evolution horaire des concentrations en PM10 du 05/12/2018 au 15/04/2019

- Evolution journalière des concentrations

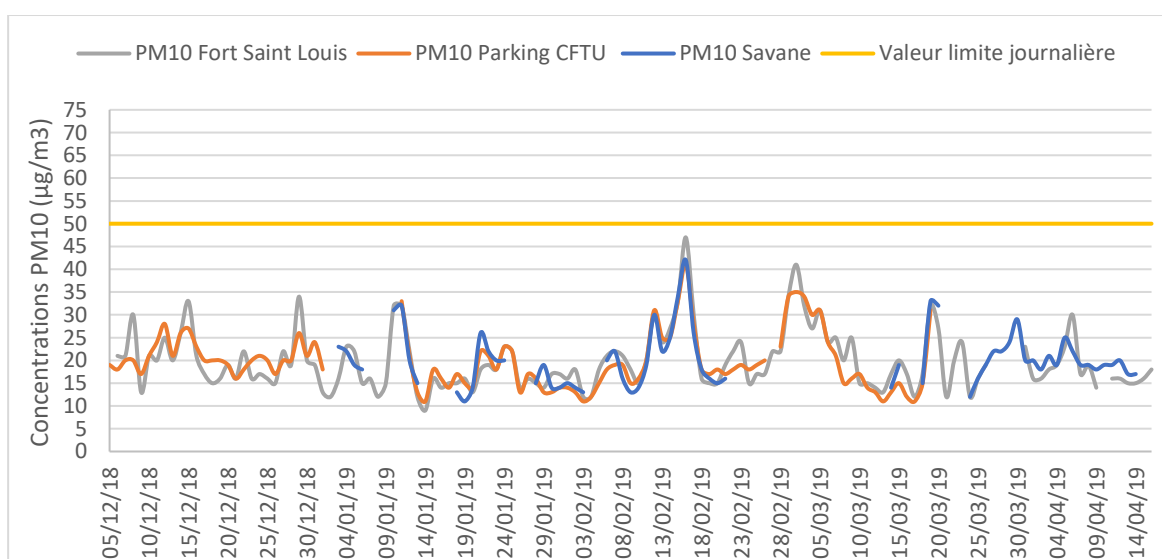


Figure 29 : Evolution journalière des concentrations en PM10 du 05/12/2018 au 15/04/2019

Les figures ci-dessus représentent respectivement l'évolution horaire et journalière des concentrations en PM10. Quelques pics horaires sont ponctuellement observés sur les sites de mesure. Les concentrations journalières en PM10 suivent la même évolution sur tous les sites de mesure.

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

- Moyenne et maxima

	Moyenne en PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Maximum horaire mesuré en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Maximum journalier mesuré en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Fort Saint Louis	19.8	143 08/12/2018 à 02h	47 16/02/2019
Parking CFTU	19.8	70 29/12/2018 à 23h	41 16/02/2019
Savane	19.6	125 20/03/2019 à 08h	42 16/02/2019

Tableau 14 : Présentation des concentrations moyennes et des maxima horaire et journalier en PM10 des sites de mesures

Sur la période de mesure, les concentrations moyennes et le maximum journalier de tous les sites sont du même ordre de grandeur. Concernant les maxima horaires, le site enregistrant la plus forte concentration est celui du Fort Saint Louis, puis de la Savane et pour finir avec le site du Parking de la CFTU.

Il faut noter qu'aucun site ne semble montrer une influence constante d'une source spécifique. Ces sites semblent principalement être influencés par les épisodes régionaux de brume de sable, notamment le 16/02/2019, correspondant au maximum journalier pour ces 3 sites.

- Respect des normes et évaluation des risques de dépassement :

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur de la norme PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fort Saint Louis	Parking CFTU	Savane
Journalier (Santé)	Valeur Limite journalière	50 (35 dépassements autorisés par an)	Respecté	Respecté	Respecté
	Seuil d'information et de recommandation	50	Respecté	Respecté	Respecté
	Seuil d'alerte	80	Respecté	Respecté	Respecté
Année (Santé)	Valeur Limite annuelle	40	Respecté	Respecté	Respecté
	Objectif de qualité annuel	30	Respecté	Respecté	Respecté

Tableau 15 : Evaluation du respect des normes environnementales en PM10 du site de mesure

Les normes concernant les concentrations en PM10 sont respectées sur la période de mesure.

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

Période de base	Intitulé de la norme	Valeur du seuil PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fort Saint Louis	Parking CFTU	Savane
Journalier (santé)	Seuil d'évaluation supérieur	35 (35 dépassements autorisés par an)	2 déps.	1 dép.	1 dép.
	Seuil d'évaluation inférieur	25 (35 dépassements autorisés par an)	19 déps	15 déps	10 déps
Année (Santé)	Seuil d'évaluation supérieur	28	Respecté	Respecté	Respecté
	Seuil d'évaluation inférieur	20	Respecté	Respecté	Respecté

Tableau 16 : Evaluation des risques de dépassements des normes sur le site de mesure

Des dépassements des seuils d'évaluation journalier ont été enregistrés. Toutefois, leur nombre reste inférieur à ce qui est autorisé sur une année. Aucun dépassement des seuils d'évaluation annuels n'a été relevé. Ainsi, pour ces 3 sites, bien que le risque de dépasser les normes environnementales en PM10 existe, il semble être essentiellement imputable au passage des brumes de sable sur la période de mesure.

- Profil journalier

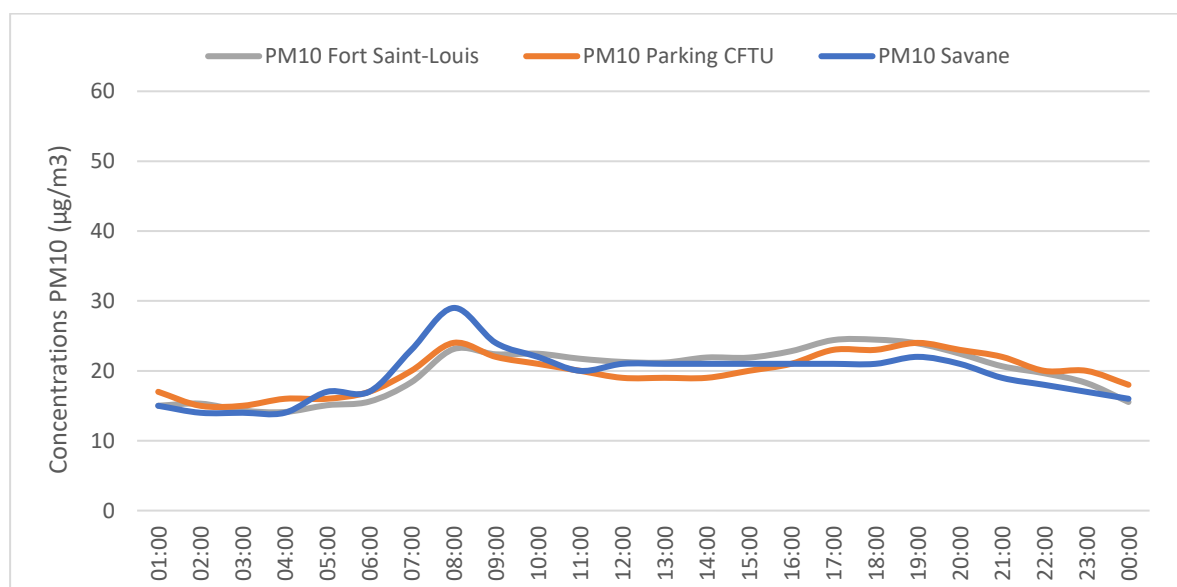


Figure 30 : Profil journalier des PM10 établi du 05/12/2018 au 15/04/2019

La figure ci-dessus présente le profil journalier des concentrations en PM10. L'évolution des concentrations est semblable sur les trois sites de mesures. Les concentrations en PM10 présentent un pic à 8h, puis une stagnation durant la journée, avec une légère diminution pendant la nuit.

VI. Discussion : influence des émissions des bateaux de croisière sur la qualité de l'air

VI.1 Données d'escales relatives à la période de mesure

Avec l'aide de la figure 1 présentant la localisation des sites et des quais d'escales des bateaux de croisière, il serait intéressant de visualiser le nombre d'escales par port et par jour pour connaître le quai, mais aussi le site et les jours enregistrant le plus d'escales.

Le nombre d'escales par jour sur la période de mesure est représenté sur le graphique ci-dessous :

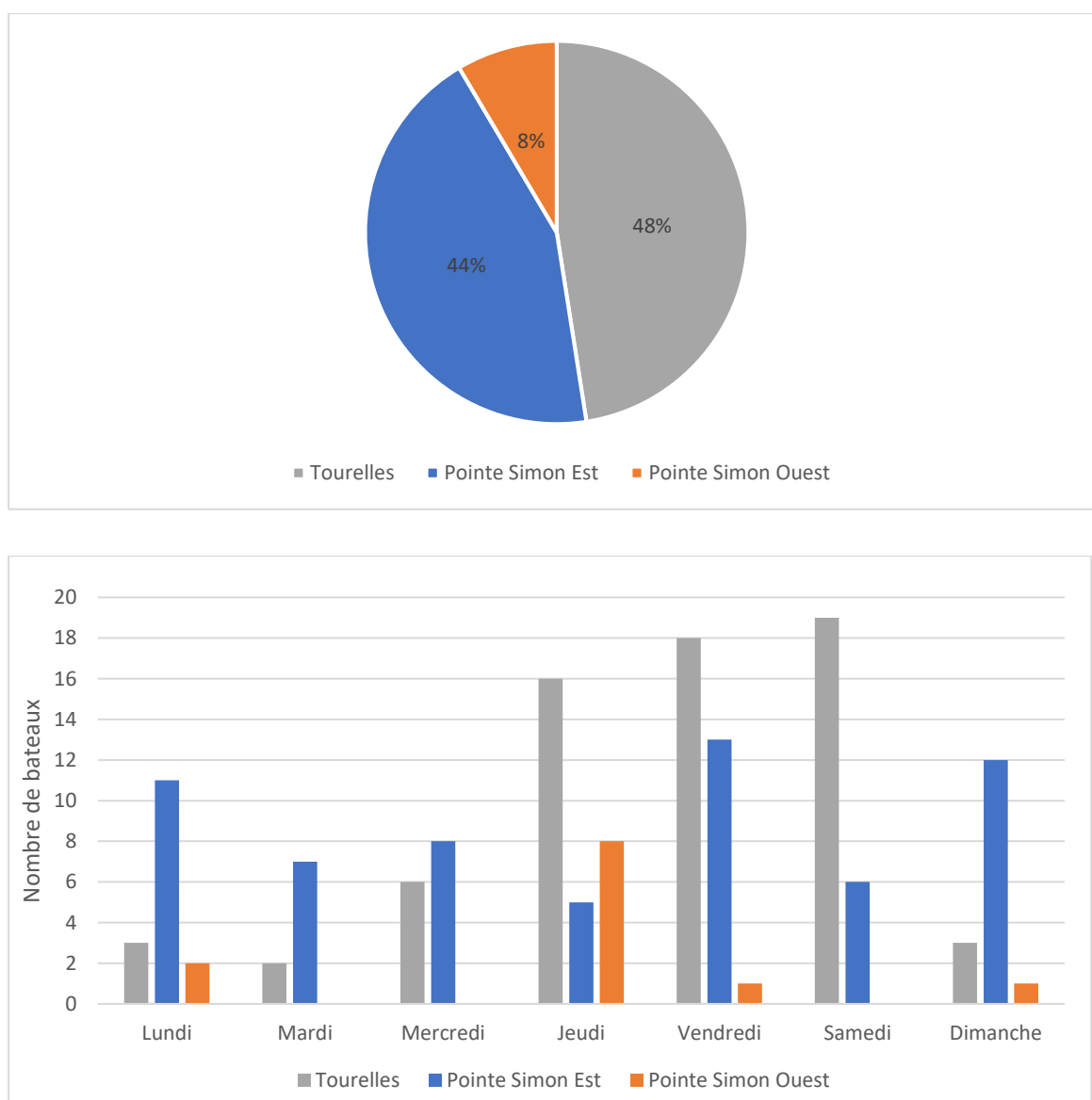


Tableau 17 : Récapitulatif du nombre d'escales par jour et par port

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

Pendant la période d'étude, le quai de Baie des Tourelles a accueilli 48% des bateaux de croisière, et le quai de la Pointe Simon Est près de 44% des bateaux. De plus, d'après le graphique, le nombre de bateau serait plus important du jeudi au samedi à la Baie des Tourelles et les vendredis, dimanches et lundis au quai de la Pointe Simon Est.

VI.2 Profil hebdomadaire

VI.2.1 Dioxyde de soufre

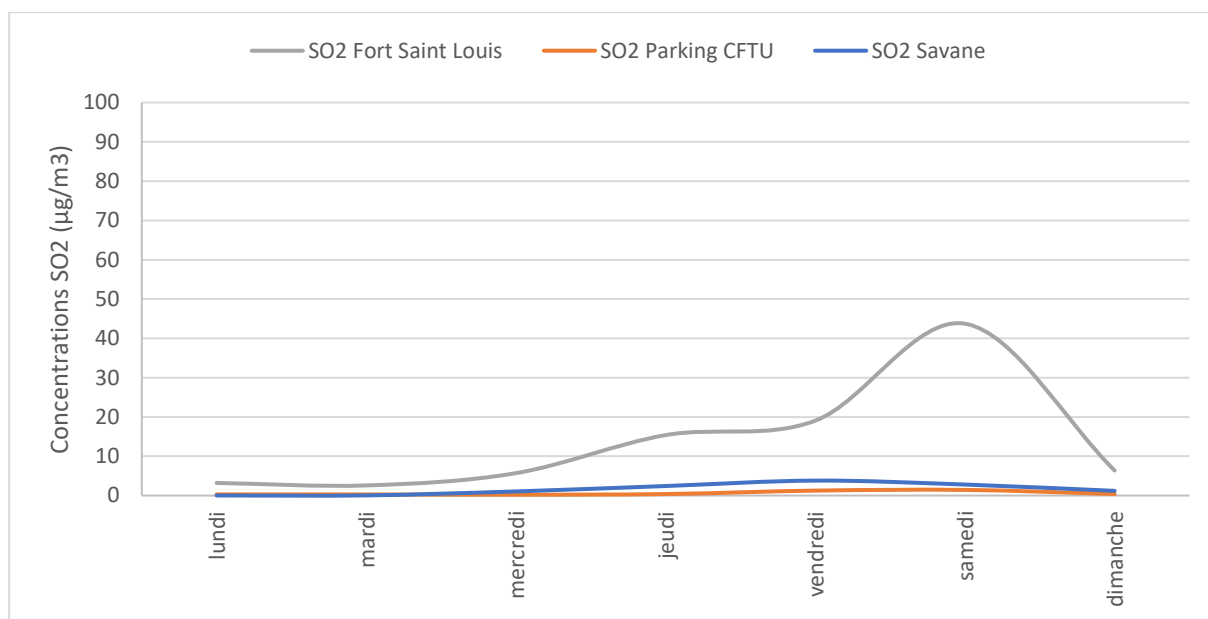


Figure 31 : Profil hebdomadaire du 05/12/2018 au 15/04/2019 des concentrations en SO₂ sur les 3 sites de mesure

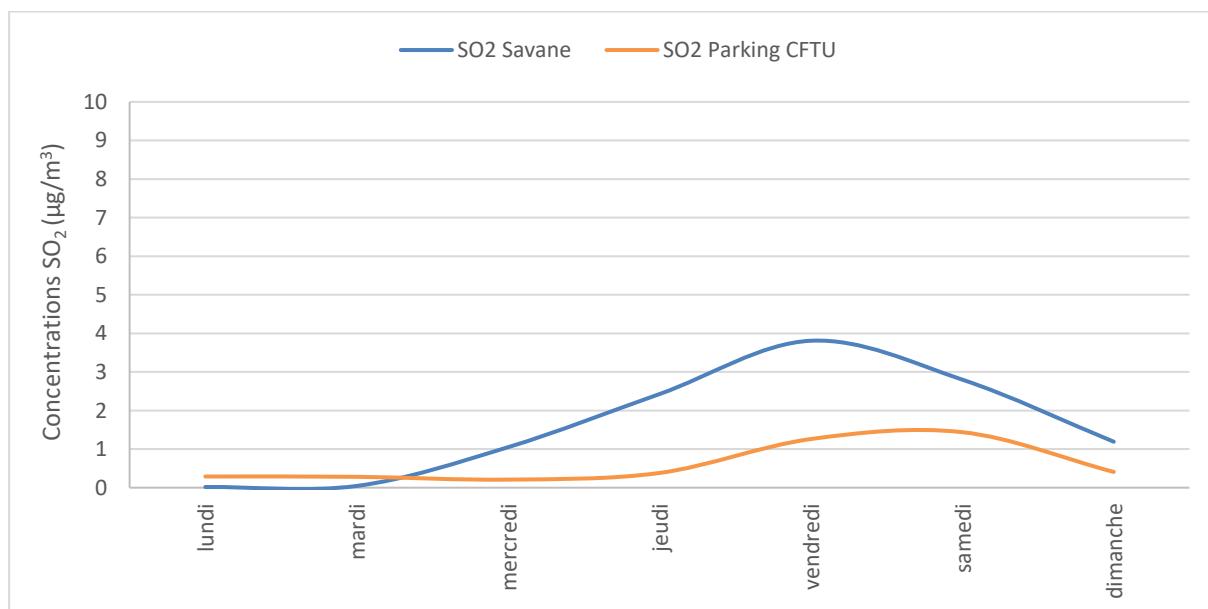


Figure 32 : Profil hebdomadaire du 05/12/2018 au 15/04/2019 des concentrations en SO₂ sur les sites Savane et Parking CFTU

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

Sur le site du Fort Saint Louis, une augmentation des concentrations en dioxyde d'azote est observée à partir du jeudi et jusqu'au samedi. Les concentrations les plus élevées ont été mesurées les samedis. Le site du Fort Saint Louis semble plus impacté par les escales du quai de la Baie des Tourelles.

Sur le site de la Savane, une légère augmentation est observée le vendredi. Et sur le site du Parking CFTU, une légère augmentation des concentrations est observée le vendredi et le samedi.

VI.2.2 Les oxydes d'azote

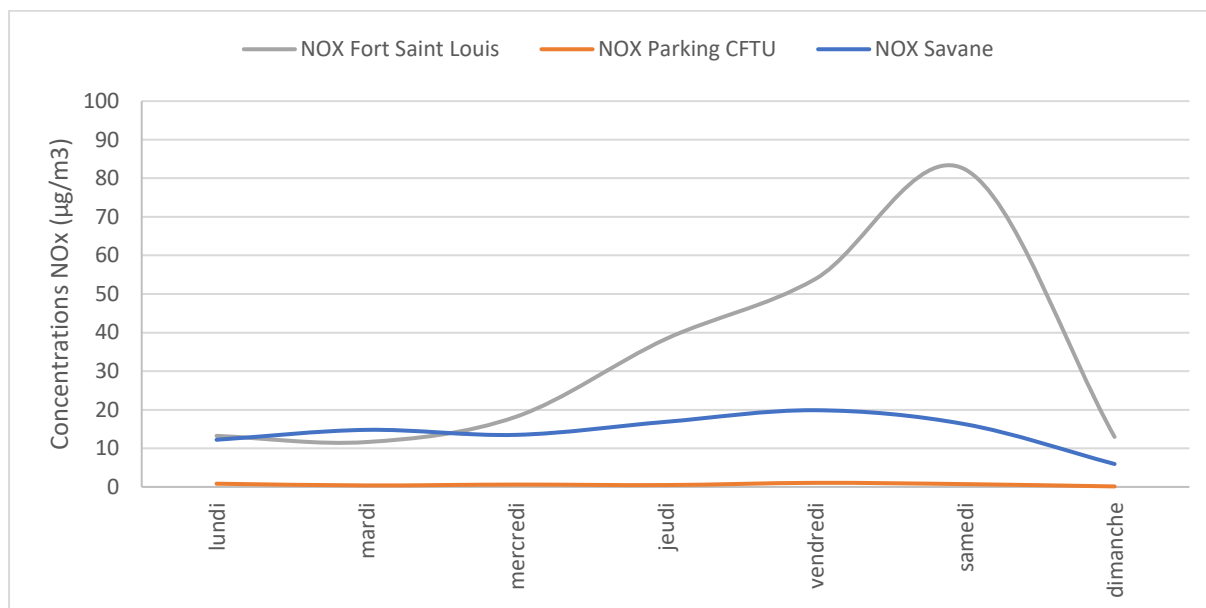


Figure 33 : Profil hebdomadaire du 05/12/2018 au 15/04/2019 des concentrations en NOx

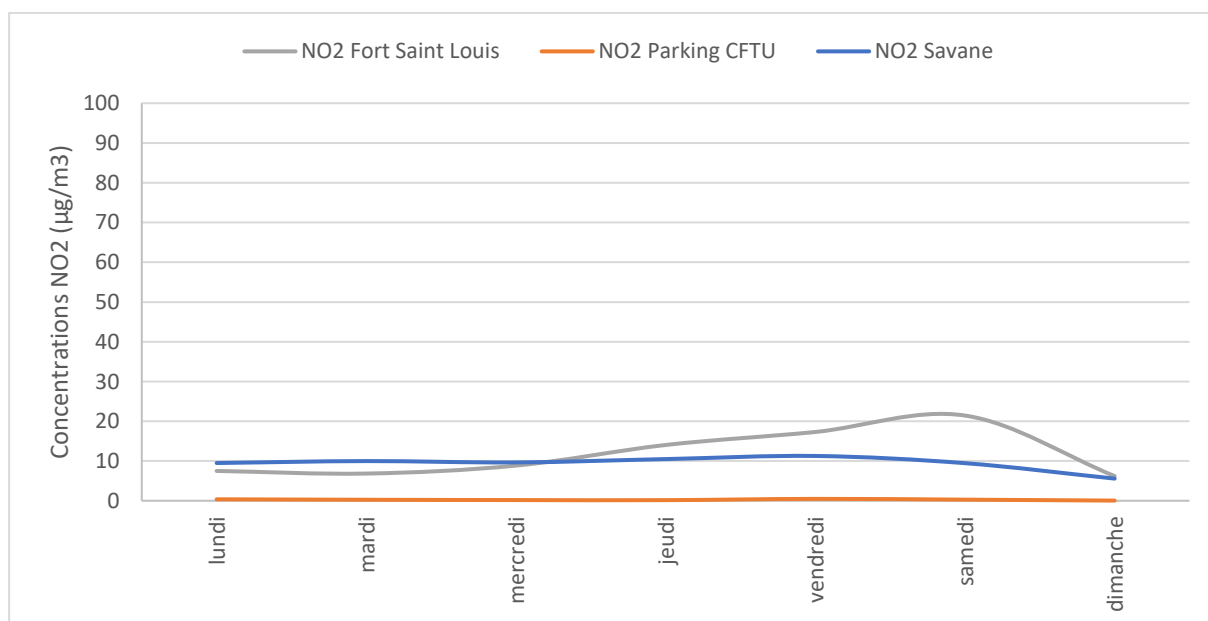


Figure 34 : Profil hebdomadaire du 05/12/2018 au 15/04/2019 des concentrations en NO₂

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

Les figures 14 et 15 présentent le profil hebdomadaire des concentrations en oxydes d'azote et dioxyde d'azote. Sur le site du Fort Saint Louis, une augmentation des concentrations en NOx et NO₂ est observée du jeudi au samedi. Les concentrations en NOx et NO₂ sur les sites de la Savane et du Parking CFTU n'ont pas d'augmentation significative.

VI.2.3 Particules fines

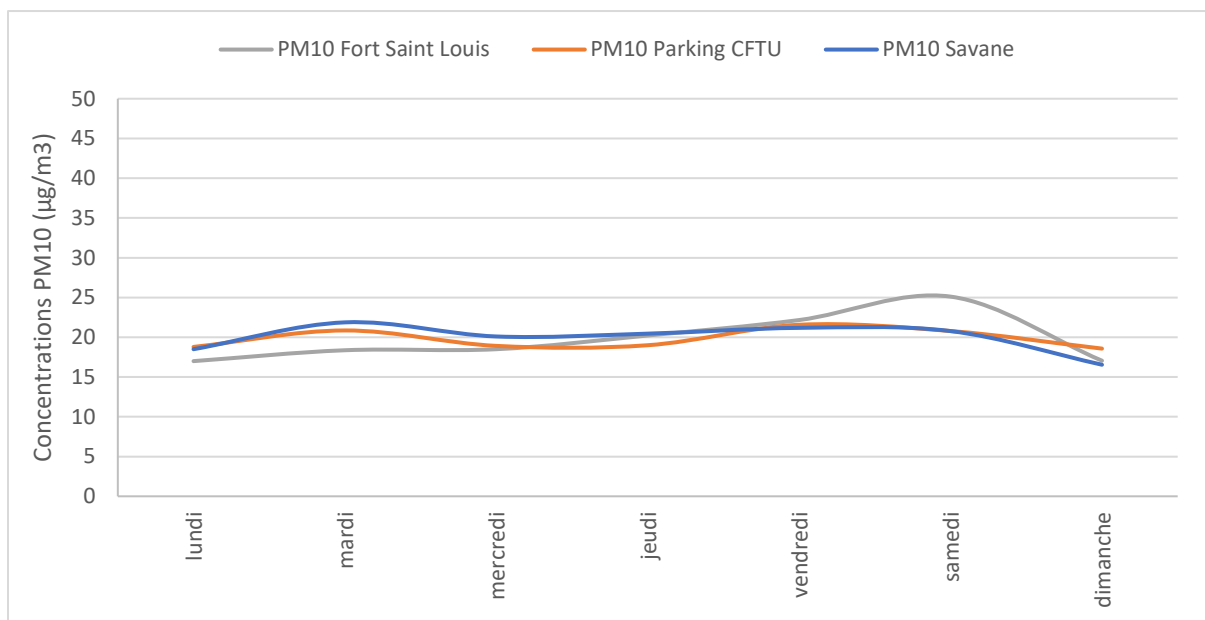


Figure 35 : Profil hebdomadaire du 05/12/2018 au 15/04/2019 des concentrations en PM10

La figure 16 présentant le profil hebdomadaire des concentrations en PM10 ne montre aucune variation particulière. Toutefois, une légère augmentation est observée le samedi sur le site du Fort Saint Louis.

VI.3 Zoom sur toute la période de mesure par site et par mois

Les concentrations en NOx sont intéressantes à observer, par leur fluctuation et les maxima remarquables. Toutefois, ce polluant n'est pas soumis à un seuil réglementaire. Le focus portera donc sur les concentrations en SO₂, présentées par mois sur les 3 sites de mesures.

- Décembre

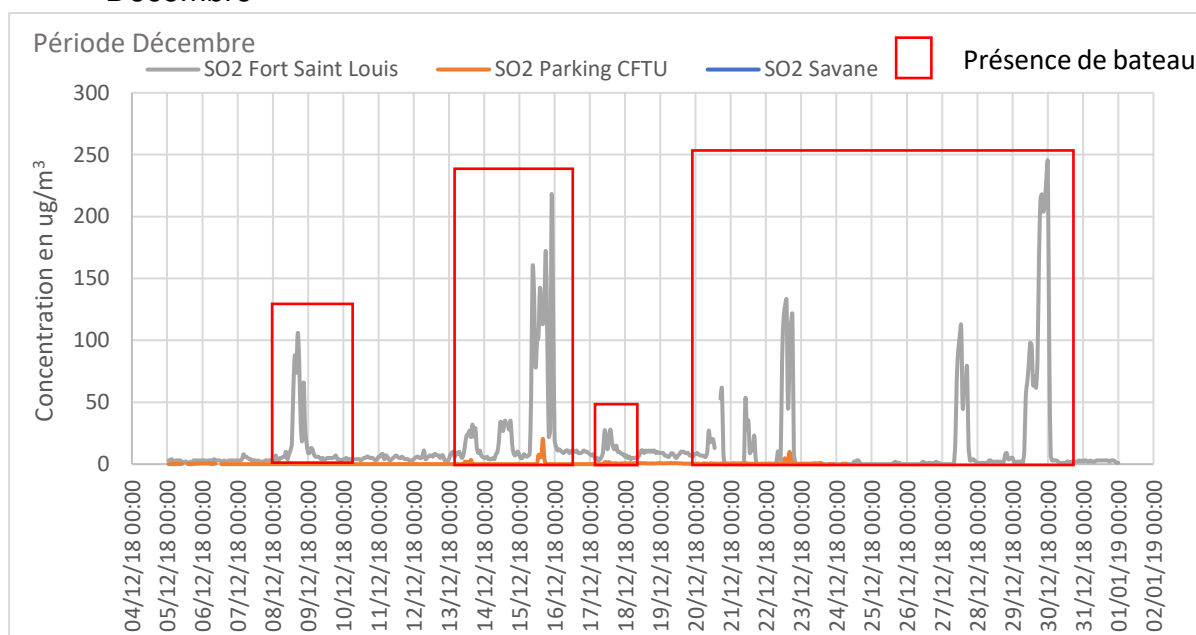


Figure 36 : Concentrations en SO₂ sur les différents sites de mesures au mois de Décembre 2018

- Janvier

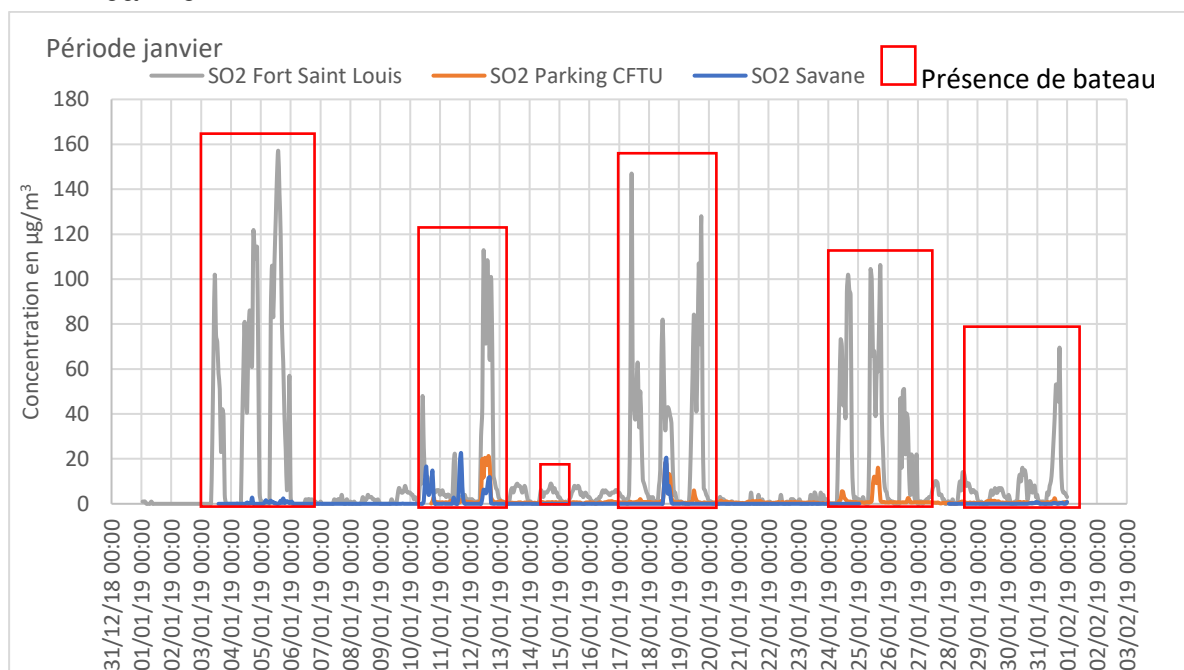


Figure 37 : Concentrations en SO₂ sur les différents sites de mesures au mois de Janvier 2019

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

• Février

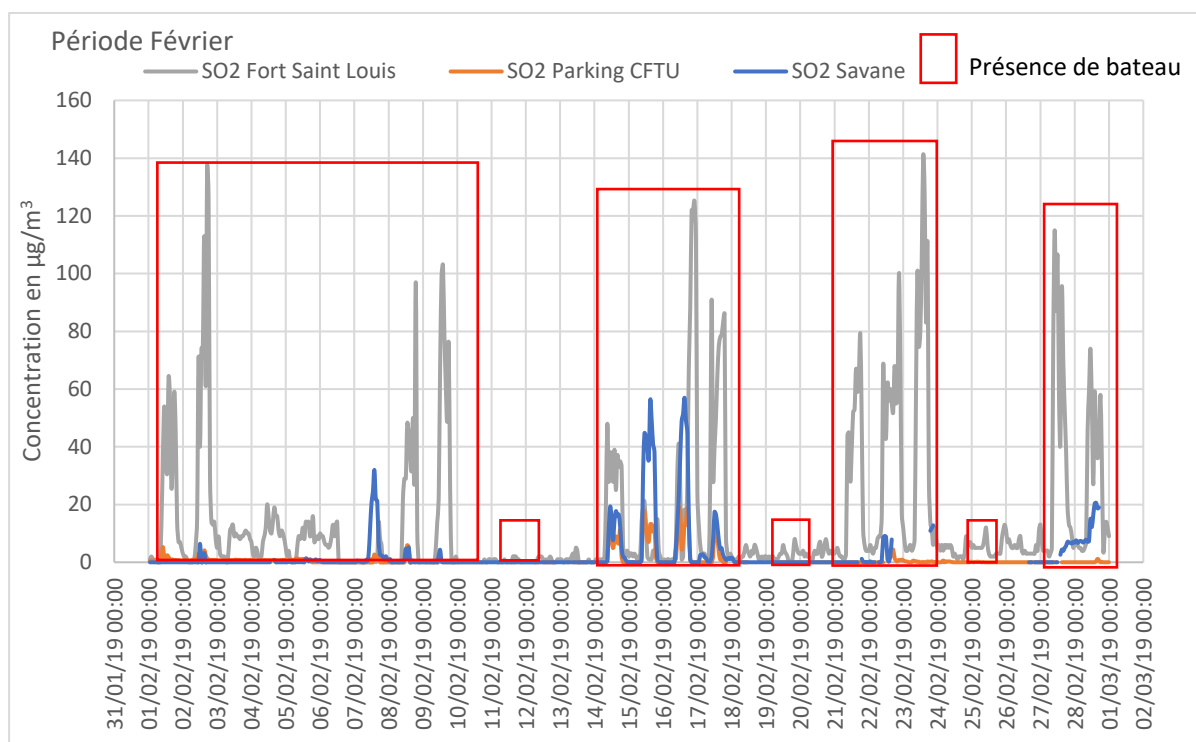


Figure 38 : Concentrations en SO_2 sur les différents sites de mesures au mois de Février 2019

• Mars

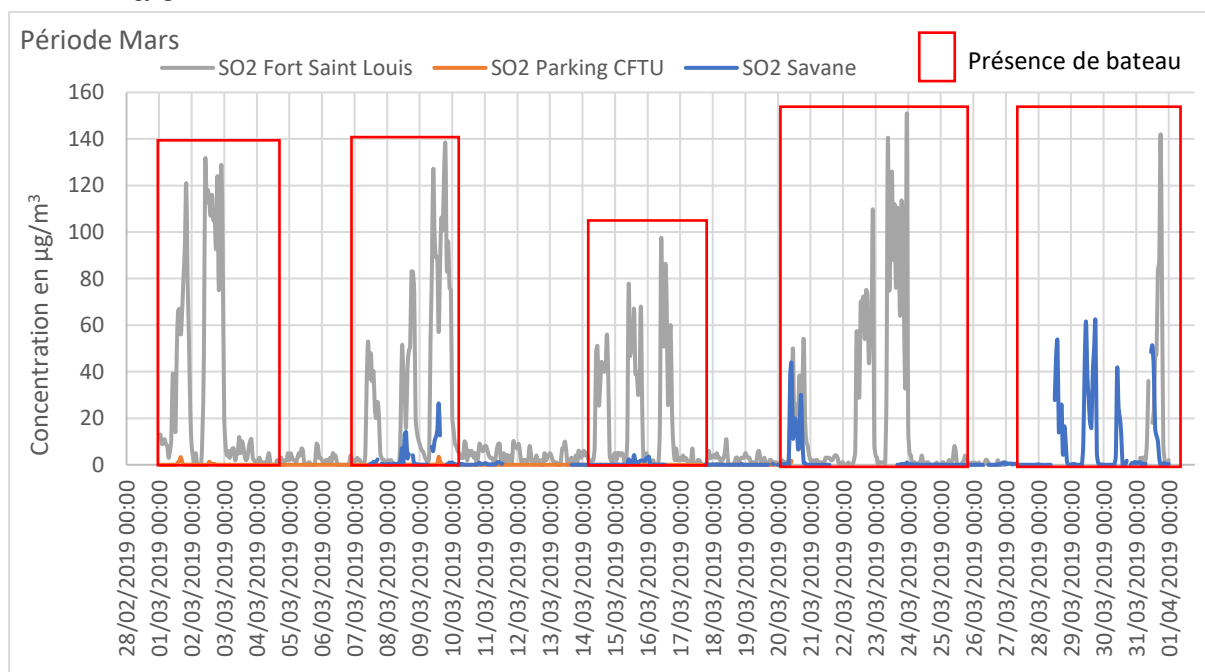


Figure 39 : Concentrations en SO_2 sur les différents sites de mesures au mois de Mars 2019

- Avril

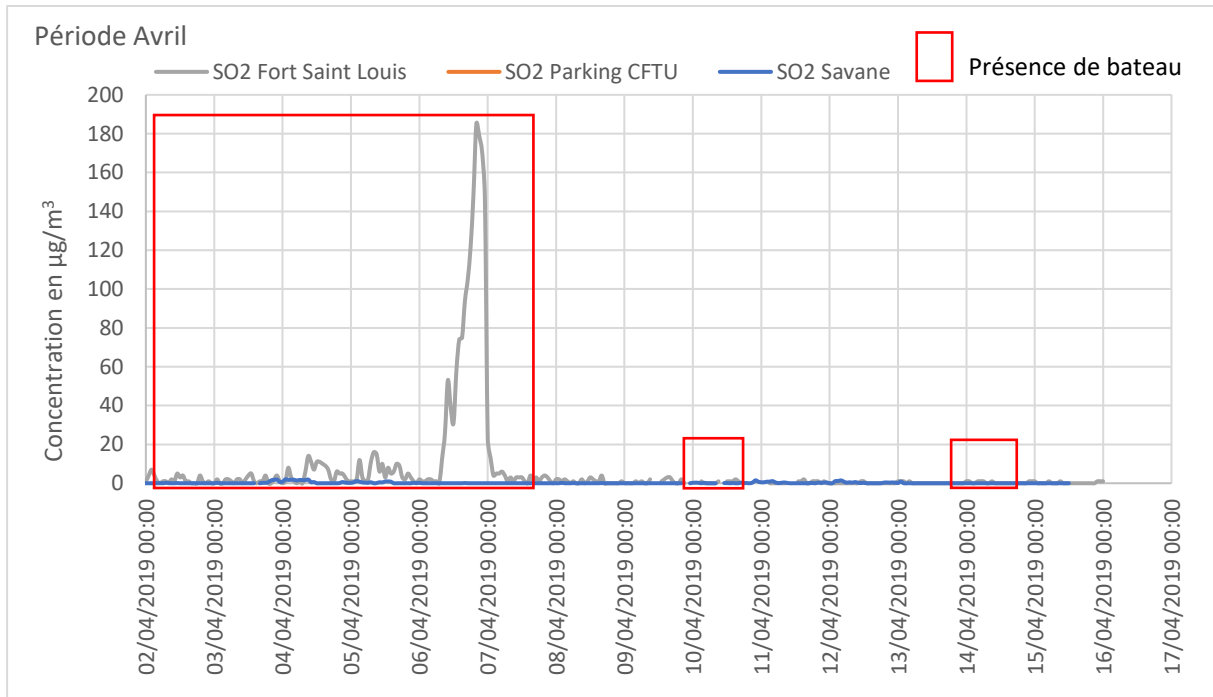


Figure 40 : Concentration en SO_2 sur les sites de mesure au mois d'Avril 2019

Les figures ci-dessous présentent l'évolution horaire des concentrations en SO_2 des trois sites sur chaque mois de mesure. Le site enregistrant des concentrations remarquables est celui de Fort Saint Louis. Les concentrations sur le site de la Savane sont plus modérées et celles sur le site du parking CFTU sont faibles voire nulles.

De manière générale, les concentrations sont plus importantes lors de la présence de bateaux à quai. Toutefois, elles restent inférieures à la valeur limite horaire de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$; le maximum enregistré étant de $244 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En effet sur les différents sites, les normes environnementales sont respectées.

De plus, il peut être observé une variation des concentrations entre les différentes périodes de présence des bateaux. Ainsi, ces variations peuvent s'expliquer par les conditions météorologiques permettant une dispersion plus ou moins rapide des polluants de l'air d'une période à l'autre, mais également par le type de bateau à quai qui émet plus ou moins.

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

VI.4 Zoom des concentrations sur une période de mesure avec ou sans escales

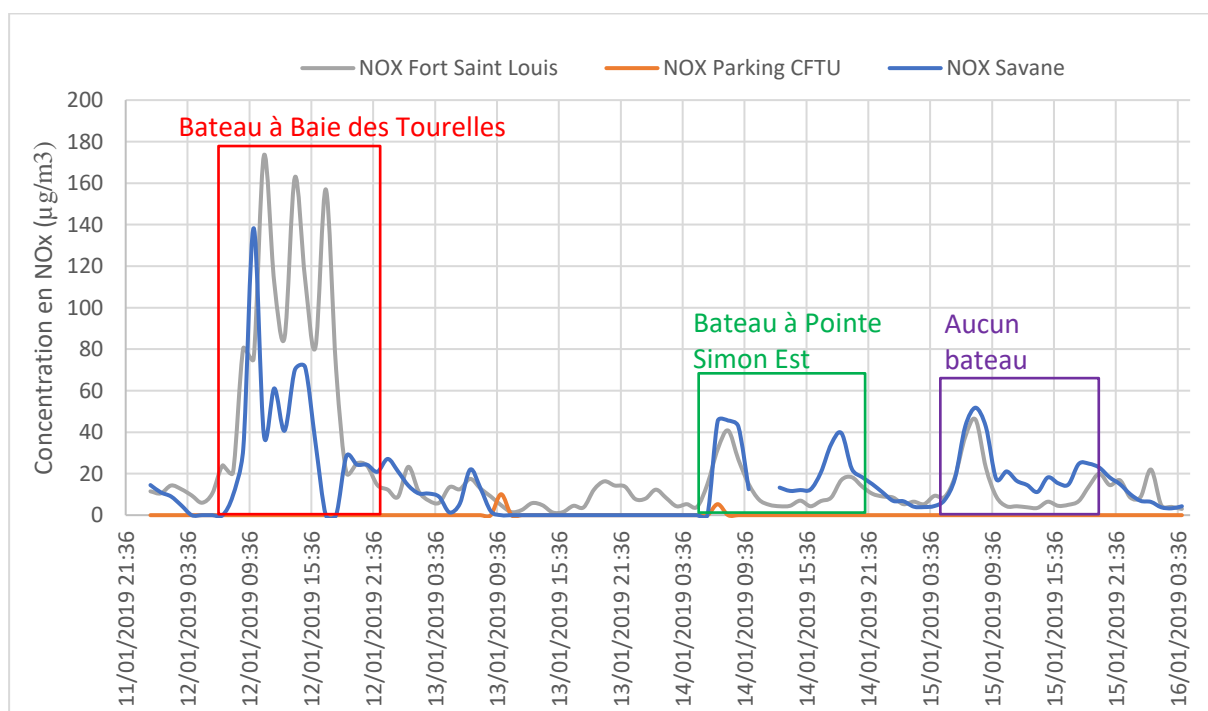
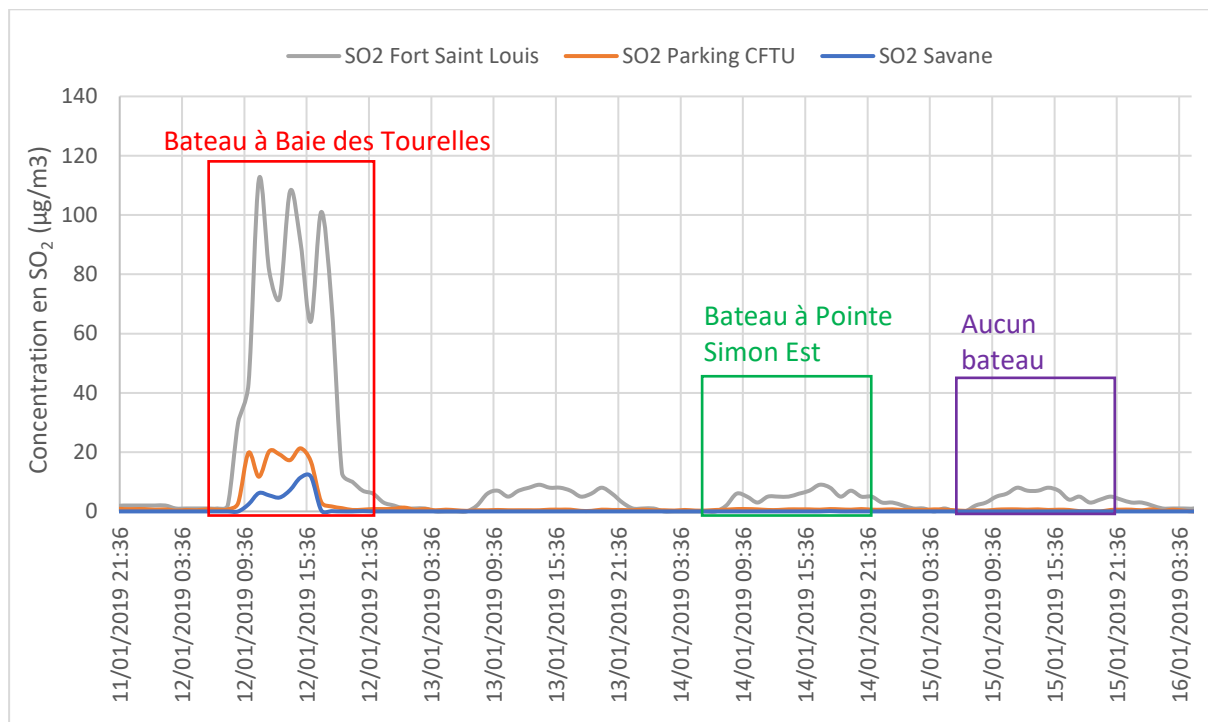


Figure 41 : Evolution des concentrations en NOx et SO₂ avec et sans escale de bateaux du 12/01/2019 au 15/01/2019

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

Les journées du 12/01/2019 (samedi) et du 14/01/2019 (lundi) correspondent à des jours d'escales respectivement à la Baie des Tourelles et à la Pointe Simon Est. L'augmentation des concentrations en NO_x et SO₂ observée sur le site du Fort Saint Louis montre bien l'influence de l'activité des bateaux de croisière.

Le lundi 14/01/2019 où un bateau est à quai à la Pointe Simon Est, les concentrations en SO₂ sont faibles sur le site du Fort Saint Louis et minimales sur les sites de la Savane et du Parking CFTU. Elles sont semblables à celles mesurées les journées du 13/01/2019 et du 15/01/2019 où aucun bateau n'était présent. Seul le site du Fort Saint Louis est touché par les émissions des bateaux de croisière sur cette période.

Concernant les concentrations en NO_x, une hausse des concentrations est observable la journée du 14/01/2019 similaire à celle du 15/01/2018 à 9h où aucune escale n'est recensée. En effet, d'autres sources potentielles de pollution sont identifiées dans la zone d'étude.

VI.5 Zoom sur les concentrations maximales mesurées sur le site « Fort Saint-Louis »

Le 30/12/2018, les concentrations horaires maximales en SO₂ et en NO_x ont été mesurées sur le site « Fort Saint Louis ». Le graphique ci-dessous présente l'évolution des concentrations.

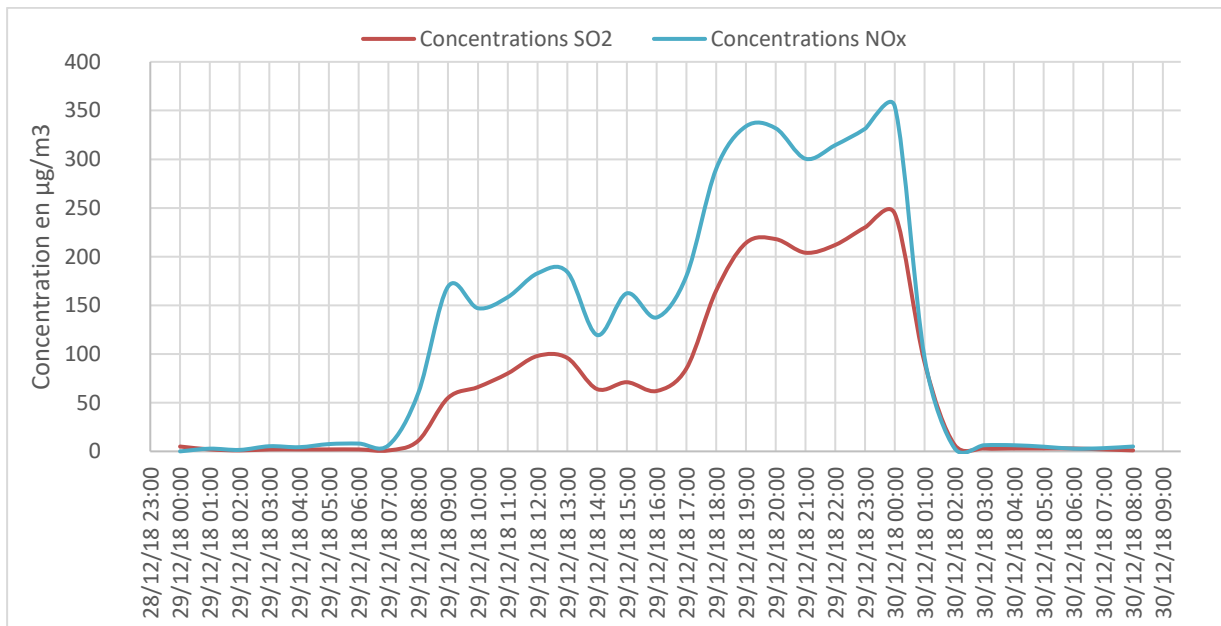


Figure 42 : Evolution des concentrations entre le 29/12/2018 et le 30/12/2018 sur le site du Fort Saint Louis

L'évolution des concentrations en SO₂ et en NO_x est la même sur cette durée. Il pourrait donc s'agir d'une même source de pollution. Avant 8h les concentrations sont quasi-nulles. A partir de 8h une augmentation est visible. Ceci pourrait correspondre à l'accostage du bateau de croisière au quai de la Baie des Tourelles à 8h le 29/12/2018.

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

Une autre augmentation est observée à partir de 16h avec un pic maximal à minuit. Ces fortes valeurs en polluants pourraient être dû au départ du navire prévu à 23h-00h.

La figure ci-dessous présente bien l'influence des bateaux de croisière sur le site du Fort Saint Louis. Toutefois, les normes environnementales sont respectées sur la période de mesure.

VI.6 Direction des polluants mesurés



Figure 43 : Rose de pollution de SO₂ sur le site du Fort Saint Louis



Figure 44 : Rose de pollution du SO₂ sur le site du Parking CFTU



Figure 45 : Rose de pollution du SO₂ sur le site de la Savane

La rose des pollutions sur chacun des sites illustre la dispersion des polluants au point de mesure. Ainsi, il peut être observé que les concentrations sont essentiellement rejetées en mer. Les mesures effectuées sont réalisées sur les sites les plus susceptibles d'être impactés et respectent les normes environnementales en vigueur.

VII. Conclusion

A la demande de la CACEM et dans le cadre de son programme Air, Madininair a réalisé l'évaluation de l'influence des émissions des bateaux de croisière sur la qualité de l'air de la ville de Fort-de-France. Cette étude s'est déroulée sur la période de Décembre 2018 à Avril 2019, durant la présence des bateaux de croisière et conformément aux exigences de l'arrêté du 19 avril 2017 qui définit les normes environnementales des polluants de l'air.

Deux sites « Parking CFTU » et « Savane » sur lesquels ont été implantés les moyens mobiles de Madininair et le site de prélèvement « Fort Saint Louis » ont été investigués. Ces sites ont été définis par la modélisation de rejet des panaches des bateaux, comme les sites sur terre les plus susceptibles d'être impactés.

En effet, la modélisation de la dispersion des panaches de cheminées des bateaux montre un rejet majoritairement vers la mer et une dispersion rapide des polluants émis. La mise en place de ces mesures a permis l'évaluation dans l'air des polluants réglementés dans l'environnement : le dioxyde de soufre SO₂, les oxydes d'azote NO_x et les particules fines PM10 sur ces 3 sites.

Concernant la fréquentation des bateaux de croisière sur la zone, il ressort que le quai de la Baie des Tourelles a accueilli plus de bateaux de croisière que le quai de la Pointe Simon. Sur la période de mesure, des escales plus importantes sont constatées du jeudi au samedi sur le quai de la Baie des Tourelles, contrairement au quai de la Pointe Simon où les lundis, vendredis et dimanches sont les plus marqués par des accostages.

L'activité des bateaux de croisière impacte les concentrations en SO₂ et NO₂, systématiquement en augmentation lors de la présence des bateaux. Le site de Fort Saint-Louis enregistre les concentrations en SO₂ et en NO_x les plus élevées. Dès lors que l'on s'éloigne de ce site, les polluants se dispersent plus rapidement. En effet, les sites de la Savane et du Parking CFTU enregistrent une concentration moindre en polluants de l'air.

Sur ces 3 sites, les normes environnementales sont respectées pour le SO₂ et le NO₂. Les valeurs limites pour la protection de la santé et les objectifs de qualité annuels sont respectés pour le SO₂ et le NO₂.

Le site du Fort Saint-Louis présente toutefois un risque modéré de dépassement en dioxyde de soufre SO₂. Bien que cette zone soit soumise à plusieurs sources potentielles de SO₂, les pics de SO₂ ont été majoritairement enregistrés lors de la présence des bateaux de croisière. Ce composé semble toutefois se disperser rapidement et majoritairement vers la mer. En effet, les sites de Savane et Parking CFTU enregistrent un risque faible de dépasser les normes pour ce composé. Néanmoins, les dépassements des seuils inférieur et supérieur d'évaluation, montrent bien l'importance du suivi qui est opéré sur le site du Fort Saint Louis

EVALUATION DE L'INFLUENCE DES EMISSIONS DES BATEAUX DE CROISIERE SUR LA QUALITE DE L'AIR A FORT-DE-FRANCE – 2018/2019

Concernant les concentrations en PM10, son évolution ne semble pas être corrélée avec la présence des bateaux de croisière. Ainsi, le profil est relativement équivalent aux mesures réalisées en centre urbain sur les autres stations de mesure. Les normes sont respectées pour les particules fines sur la période de mesure.

En conclusion, la présence des bateaux de croisière influence la qualité de l'air notamment sur le dioxyde de soufre SO₂, toutefois, dans les zones riveraines, en bordure du centre-ville de Fort-de-France (site de la Savane) et à l'entrée du quartier de Texaco (site Parking CFTU), les normes environnementales sont largement respectées pour les polluants réglementés mesurés dans l'environnement.

Il est néanmoins important d'assurer un suivi continu de la zone de Fort Saint Louis, qui dépasse les seuils inférieur et supérieur d'évaluation.

VIII. Référence

¹ Arrêté du 19 avril 2017 relatif au dispositif de surveillance de la qualité de l'air ambiant (NOR : DEVR1710772A)

² Directive 2008/50/CE du Parlement européen et du conseil du 21 mai 2008, concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe, Journal officiel de l'Union européenne

³ NF EN 14212 - Méthode normalisée de mesurage de la concentration de dioxyde de soufre par fluorescence UV

⁴ NF EN 14211 - Méthode normalisée de mesurage de la concentration de dioxyde d'azote et de monoxyde d'azote par chimiluminescence

⁵ NF EN 12341 :2014 - Détermination de la fraction MP10 de matière particulaire en suspension