MICRO-CAPTEURS
Expérimentation à Bordeaux

Contexte

Dans le cadre d'une étude menée dans le port de Bordeaux en avril et mai 2018 trois micro-capteurs de la marque Cairpol (Cairsens) ont été déployés.

L'objectif de cette étude a été d'évaluer l'impact sur la qualité de l'air des paquebots maritimes et fluviaux faisant escale sur les quais de Bordeaux.
Le dispositif déployé pour cette campagne s'est appuyé sur deux techniques de mesure complémentaires :

- des mesures par analyseurs automatiques en continu
- des mesures réalisées par échantillonnage passif.

En complément de la cabine mobile et des échantillonneurs passifs une expérimentation de mesures avec trois micro-capteurs est venue compléter le dispositif pour suivre en continu les niveaux de NO_2 et PM_{10}.

Cette synthèse présente le traitement des données issues des micro-capteurs installés aux abords du port de la Lune à Bordeaux. Les résultats issus de ce traitement sont présentés dans le rapport de l'étude URB_EXT_17_319 réalisée par Atmo Nouvelle-Aquitaine en avril et mai 2018 en partenariat avec Bordeaux Métropole. L'étude complète est disponible sur notre site www.atmo-nouvelleaquitaine.org à la rubrique « Publications ».

Sites étudiés et méthodologie

Deux micro-capteurs ont été installés sur la rive gauche de la Garonne (La Fayette et Labo mobile), dont un sur le laboratoire mobile situé Quai Louis XVIII (Labo mobile), et un troisième a été installé sur la rive droite (Terrain Foot).
Les micro-capteurs ont été placés à une hauteur minimale de 3 m sur des candélabres et ont mesuré les PM_{10} et le NO_2 en continu.

Localisation des points de mesure

La campagne de mesure par micro-capteurs s'est déroulée du 19 avril au 1er juin 2018. Le micro-capteur situé sur la rive droite a présenté un problème de carte électronique et n'a pu être remis en service que le 15 mai 2018.

Les périodes de mesure avec les micro-capteurs étant relativement courtes (18 jours pour les tests de reproductibilité et 43 jours pour les mesures sur site), les concentrations horaires ont été utilisées pour le traitement des données afin d'avoir suffisamment de données pour observer des tendances et effectuer des corrections.

Test de reproductibilité

Les tests de reproductibilité se sont déroulés sur deux phases : une première avant la mise en place des micro-capteurs sur le port de Bordeaux, du 11 au 18 avril 2018, et une seconde après la campagne de mesure, du 4 au 13 juin 2018. Durant ces deux phases, les trois micro-capteurs ont été positionnés sur une station test située au sein d'Atmo Nouvelle-Aquitaine à Mérignac. En parallèle de ces mesures, des mesures de PM_{10} par BAM-1020 et de NO_2 par analyseur automatique ont été réalisées.
Le Tableau 1 présente les coefficients de corrélation entre les micro-capteurs et les analyseurs de référence. Les corrélations entre les différents micro-capteurs sont très bonnes (entre 0,85 et 0,96 pour les concentrations en NO_2 et entre 0,97 et 1 pour les concentrations en PM_{10}). Cependant, les corrélations avec les analyseurs de référence sont beaucoup moins satisfaisantes (entre 0,29 et 0,64 pour les concentrations en NO_2 et entre -0,04 et 0,51 pour les concentrations en PM_{10}). Ces faibles corrélations peuvent s'expliquer par l'influence de facteurs météorologiques tels que la température extérieure ou l'humidité relative.

		Avant (du 11/04 au 18/04)				Après (du 04/05 au 13/05)			
		analyseur auto.	C Labo mobile	C La Fayette	C Terrain Foot	analyseur auto.	C Labo mobile	C La Fayette	C Terrain Foot
NO_2	analyseur auto.	1,00				1,00			
	C Labo mobile	0,55	1,00			0,57	1,00		
	C La Fayette	0,29	0,85	1,00		0,49	0,89	1,00	
	C Terrain Foot	0,64	0,94	0,89	1,00	0,57	0,93	0,96	1,00
PM_{10}	analyseur auto.	1,00				1,00			
	C Labo mobile	0,51	1,00			-0,03	1,00		
	C La Fayette	0,50	1,00	1,00		-0,04	0,97	1,00	
	C Terrain Foot	0,50	1,00	1,00	1,00	0,02	0,99	0,98	1,00

Tableau 1 : Corrélation des concentrations horaires de NO_2 et PM_{10} (C = micro-capteur)

Influence des paramètres météorologiques

L'étude de l'impact de facteurs météorologiques sur les concentrations mesurées par les micro-capteurs a été effectuée lors de la période de mesure sur le port de Bordeaux (du 19 avril au 1er juin 2018). Les concentrations mesurées par le micro-capteur situé sur le laboratoire mobile ont été comparées à celles mesurées par l'analyseur de référence placé dans le laboratoire mobile.
La Figure 1a permet de visualiser l'influence de la température sur les concentrations en NO_2. En effet, lorsque les températures extérieures sont élevées (supérieures à 20 °C), les concentrations mesurées par le micro-capteur le sont également (jusqu'à 60 µg/m^3) tandis que celles mesurées par l'analyseur automatique ne dépassent pas 30 µg/m^3. Or, les températures élevées, associées à un fort ensoleillement, sont propices à la formation d'ozone

(O_3) et par conséquent une diminution de NO_2 (précurseur d'O_3).
De même, l'humidité relative semble jouer un rôle dans les concentrations en PM_{10} mesurées par le micro-capteur : les plus fortes concentrations en PM_{10} n'ont été enregistrées qu'en présence d'humidité relative élevée (Figure 1b). Pour une humidité relative inférieure à 50 %, les concentrations enregistrées par le micro-capteur n'ont pas dépassé les 25 µg/m³ de PM_{10} tandis que l'analyseur de référence a enregistré des concentrations allant jusqu'à 121 µg/m³ en moyenne horaire.

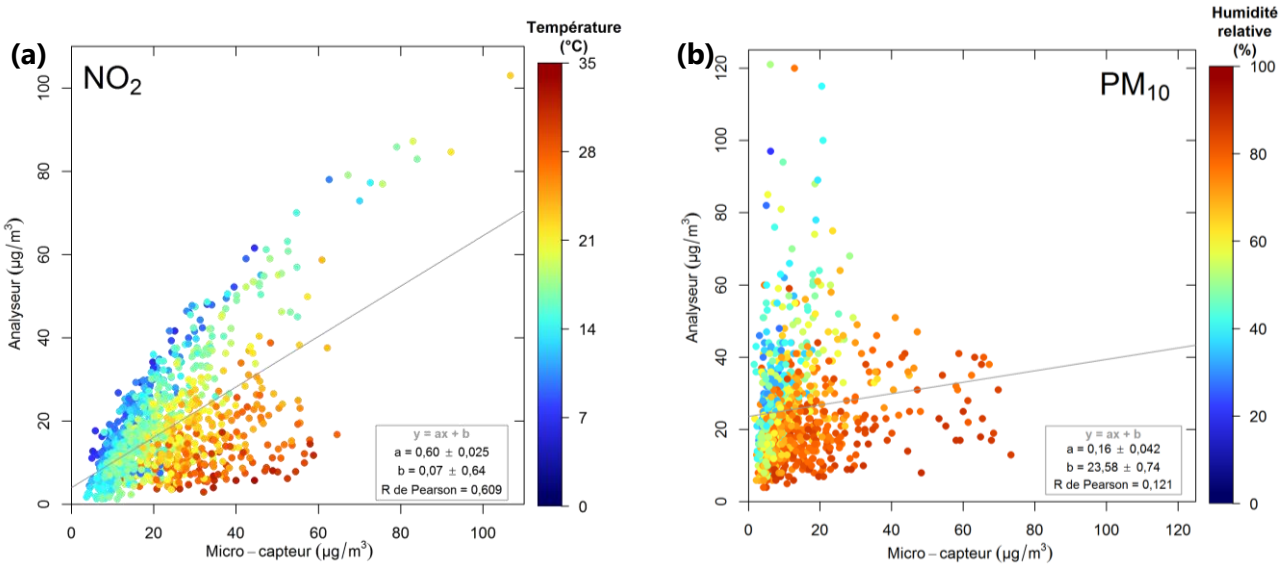


Figure 1 : Comparaison des concentrations horaires du micro-capteur Labo mobile et de l'analyseur de référence (a) pour le NO_2 en fonction de la température extérieure et (b) pour les PM_{10} en fonction de l'humidité relative

L'impact de ces paramètres engendrent des erreurs dans la mesure des micro-capteurs. En effet, les coefficients de corrélation (R de Pearson) entre micro-capteur et analyseurs de référence ne sont pas satisfaisants, notamment pour les PM_{10} (R de Pearson = 0,121) (Figure 1). Les équations de droite entre micro-capteur et analyseur automatique ne peuvent donc pas être appliquées telles quelles pour corriger les données issues des trois micro-capteurs.

Corrections des concentrations par rapport aux facteurs météorologiques et ajustement par rapport à l'analyseur de référence

L'influence de la température et de l'humidité relative est telle qu'il est nécessaire d'apporter une correction aux concentrations mesurées par les micro-capteurs. La correction alors effectuée est basée sur l'hypothèse que la température extérieure, dans le cas du NO_2, et l'humidité relative, dans le cas des PM_{10}, est le facteur prédominant dans la différence de concentrations entre le micro-capteur et l'analyseur. Les phases de test de reproductibilité ayant montré que l'ensemble des micro-capteurs avait le même comportement, cette correction a été appliquée aux trois micro-capteurs utilisés.
Ainsi, après avoir retiré l'influence de ces variables, les coefficients de corrélation entre le micro-capteur situé sur le laboratoire mobile et l'analyseur automatique ont été nettement améliorés (0,849 pour le NO_2 et 0,420 pour les PM_{10}) (Figure 2). Cependant, la corrélation des concentrations en PM_{10} entre le micro-capteur et l'analyseur de référence reste insatisfaisante. Une droite de régression linéaire a néanmoins été déterminée afin d'établir un ajustement des données de l'ensemble des micro-capteurs par rapport à l'analyseur automatique.
De ce fait, les concentrations en NO_2 et PM_{10} de chaque micro-capteur ont été ajustées afin de correspondre, le plus possible, aux données issues de l'analyseur automatique servant de référence.

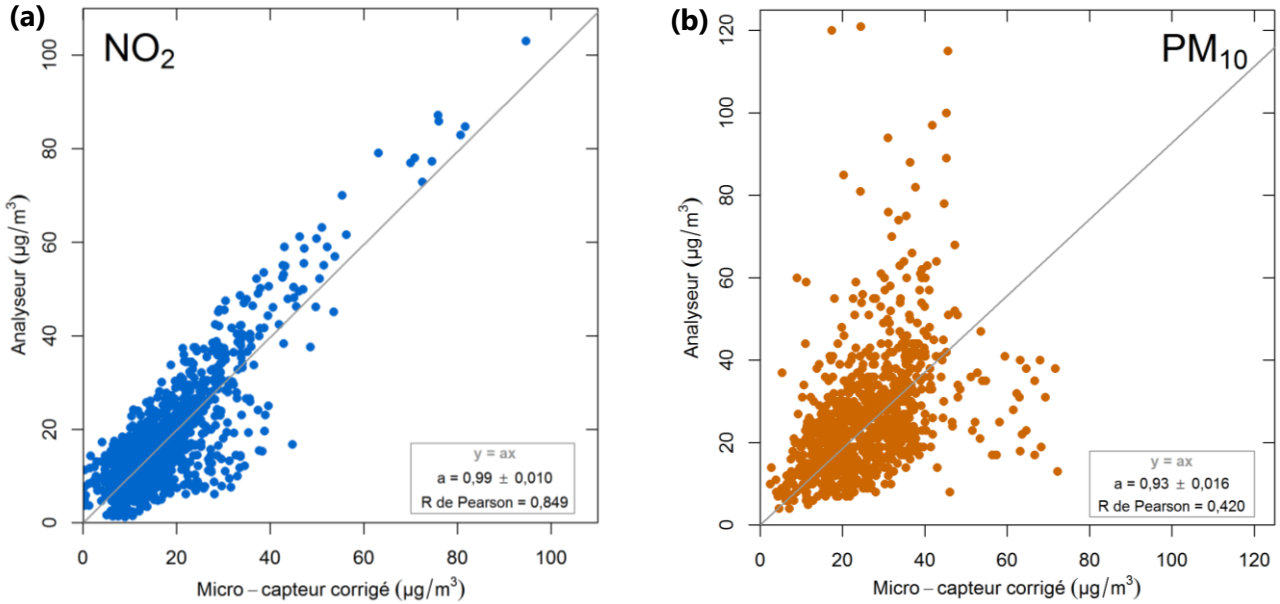
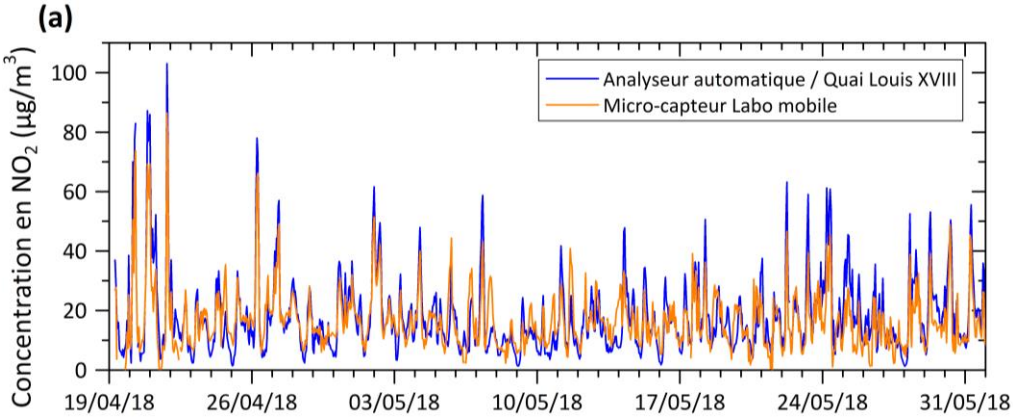


Figure 2 : Corrélations entre les concentrations horaires corrigées du micro-capteur Labo mobile et celles de l'analyseur automatique (a) pour le NO_2 et (b) pour les PM_{10}

La comparaison des évolutions temporelles des concentrations corrigées du micro-capteur situé sur le laboratoire mobile avec celles de l'analyseur automatique permet de mettre en évidence la très bonne co-évolution pour le NO_2 mais également la sous-estimation du micro-capteur lors de pics de concentrations (Figure 3a).
La Figure 3b, présentant l'évolution temporelle des concentrations horaires de PM_{10}, montre de plus grandes différences que pour le NO_2 entre le micro-capteur et l'analyseur automatique. En effet, aucune hausse de concentration mesurée par l'analyseur n'a été observée par le micro-capteur. Cependant, les concentrations moyennes journalières en PM_{10} mesurées par le micro-capteur montrent une évolution qui semble correspondre approximativement aux mesures de l'analyseur (Figure 3c).



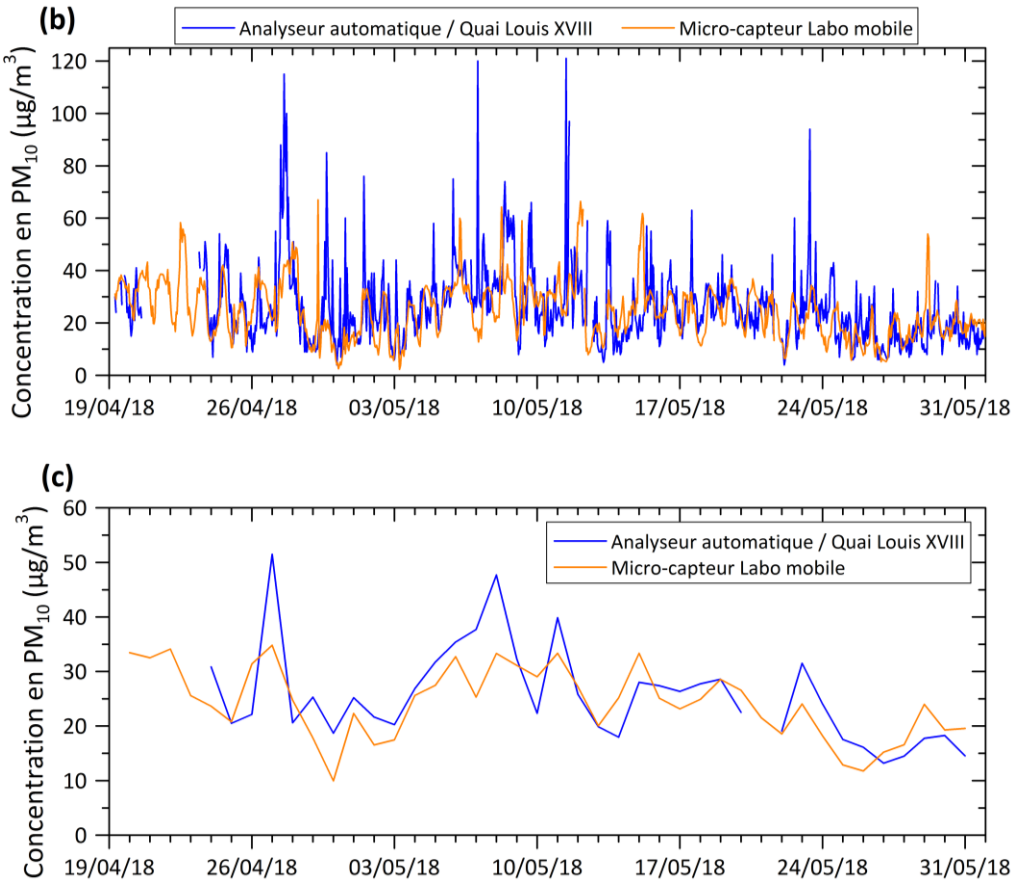


Figure 3 : Évolution temporelle des concentrations mesurées par le micro-capteur situé sur le laboratoire mobile et celles de l'analyseur automatique : en moyenne horaire (a) pour le NO_2 et (b) pour les PM_{10} et (c) en moyenne journalière pour les PM_{10}

Conclusion et perspectives

Les données des micro-capteurs ont été corrigées par rapport à des facteurs météorologiques et par rapport aux analyseurs automatiques, elles sont alors relativement incertaines, notamment en ce qui concerne les concentrations en PM_{10}. Cependant cette étude a permis de mettre en évidence la nécessité d'une correction qui améliore considérablement les données brutes et la très bonne reproductibilité qu'il existe entre les trois micro-capteurs utilisés.

D'autres études sur les micro-capteurs vont être menées afin d'affiner la mesure des concentrations et la fiabilité des résultats obtenus.

Lexique :

NO_2 : dioxyde d'azote
O_3 : ozone
PM_{10} : particules de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm

Pour en savoir +

Contact Etudes
Florie Chevrier
Tél : 09.84.20.01.00
Email : fchevrier@atmo-na.org

Retrouvez la synthèse et l'étude complète sur :
www.atmo-nouvelleaquitaine.org