
Campagne de mesures de la qualité de l'air sur Bordeaux

Hiver 2018/2019

Période de mesures : du 19 novembre 2018 au 6 février 2019
Zone et département d'étude : Bordeaux Métropole - Gironde

Référence : URB_EXT_17_046

Version finale du : 15/10/2019




Auteur(s) : Benoit DUVAL
Contact Atmo Nouvelle-Aquitaine :
E-mail : contact@atmo-na.org
Tél. : 09 84 200 100

Titre : Campagne de mesures de la qualité de l'air sur Bordeaux Métropole – Hiver 2018/2019

Reference : URB_EXT_17_046

Version finale du 15/10/2019

Nombre de pages : 33 (couverture comprise)

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	Benoit Duval	Agnès Hulin	Rémi Feuillade
Qualité	Ingénieur d'études	Responsable du service « Etudes, Modélisation et Amélioration des connaissances »	Directeur délégué « Production Exploitation »
Visa			

Conditions d'utilisation

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

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

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

Atmo Nouvelle-Aquitaine ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations, travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux pour lesquels l'association n'aura pas donnée d'accord préalable. Dans ce rapport, les incertitudes de mesures ne sont pas utilisées pour la validation des résultats des mesures obtenues.

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

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

Sommaire

1. Contexte et objectifs	5
2. Polluants suivis	7
2.1. Oxydes d'azote (NOx).....	7
2.2. Particules en suspension (PM10)	8
3. Campagne de mesures	9
3.1. Organisation de la campagne de mesures	9
3.1.1. Méthodes de mesures	9
3.1.2. Dispositif de mesure.....	9
3.2. Conditions météorologiques.....	13
3.3. Résultats.....	14
3.3.1. Dioxyde d'azote (NO ₂)	14
3.3.2. Particules en suspension (PM10).....	24
4. Conclusion	27

Annexes

Annexe 1 : Principe de l'échantillonnage passif	29
Annexe 2 : Résultats des prélèvements par échantillonnage passif	30

Polluants

- NO monoxyde d'azote
- NO₂ dioxyde d'azote
- NO_x oxydes d'azote
- PM₁₀ particules de diamètre aérodynamique inférieure à 10 µm

Unités de mesure

- µg microgramme (= 1 millionième de gramme = 10⁻⁶ g)
- m³ mètre cube

Abréviations

- BM Bordeaux Métropole
- CSA Carte Stratégique Air
- IPP Indice Pollution Population
- F Fond
- PA Proximité Automobile
- ZFE Zone à Faibles Emissions

1. Contexte et objectifs

Carte Stratégique Air sur Bordeaux Métropole (CSA)

Elaborée sur la base des cartographies annuelles de la qualité de l'air issues des modèles urbains haute définition, la **Carte Stratégique Air version 2016** présentée ci-dessous, disponible sur www.atmo-nouvelleaquitaine.org (synthèse mars 2019, onglet Publications), a permis de mieux prendre en compte l'exposition des populations à la pollution atmosphérique en dressant l'état de la qualité de l'air selon 4 classes. Elle prend en compte les valeurs limites (VL) réglementaires « sensibles » en milieu urbain pour les polluants les plus problématiques que sont le dioxyde d'azote NO₂ et les particules PM10 et PM2,5.

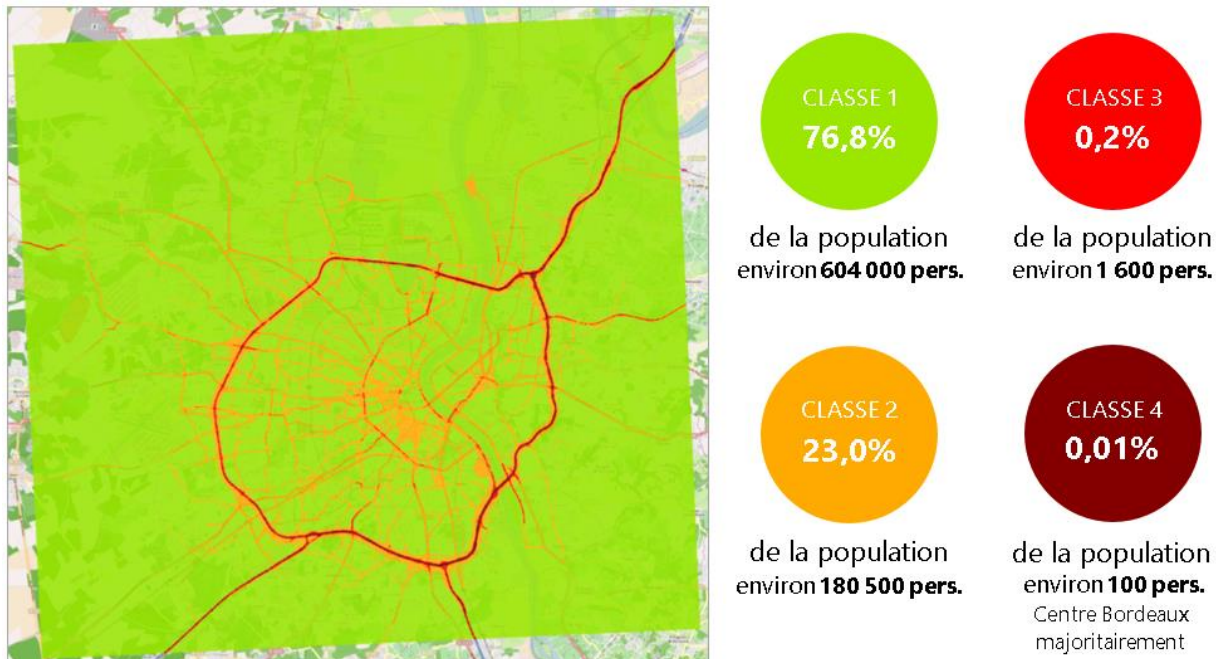


Figure 1 : Carte Stratégique Air version 2016 sur Bordeaux Métropole

Classe 1	zone non touchée par un dépassement réglementaire où il n'existe qu'un faible enjeu de qualité de l'air
Classe 2	zone « fragilisée » en dépassement réglementaire potentiel où figure une, voire plusieurs, VL susceptibles de se situer en dépassement
Classe 3	zone en dépassement réglementaire où figure au moins une VL en dépassement réglementaire
Classe 4	zone « air » prioritaire pour identifier les zones les plus exposées à la pollution et devant être considérées de manière prioritaire par les acteurs de l'urbanisme

La figure ci-contre montre précisément l'exposition des bâtiments et de la population à la pollution de l'air à la fois pour les classes 3 (rouge) et 4 (rouge ocre) de la CSA mais également pour la classe 2 (orange) où figurent les zones « fragilisées ».



Figure 2 : Zoom CSA sur le centre de la métropole

Carte Indice Pollution Population (IPP)

La carte d'Indice de Pollution Population (indice IPP) de la Figure 3 rend compte du croisement entre la pollution issue de la carte CSA et la population. Cette carte montre, malgré les zones en dépassements (classe 3 et 4 issues de la carte CSA) majoritairement situées au niveau des axes majeurs de la métropole comme la rocade et les autoroutes, que les zones d'exposition les plus importantes se situent principalement sur la commune de Bordeaux. A noter que l'indice IPP est un indice gradué entre 0 et 100. Un indice 100 indique que la densité de population est maximale et que la pollution aussi. A l'inverse, un indice IPP de 0 indique que la densité de population est nulle et la pollution aussi. Entre les deux valeurs de 0 et 100, la population et la pollution viennent contribuer différemment à l'indice. Pour un indice IPP donné, soit la densité de population est élevée et la pollution faible, soit la densité de population est faible et la pollution élevée.

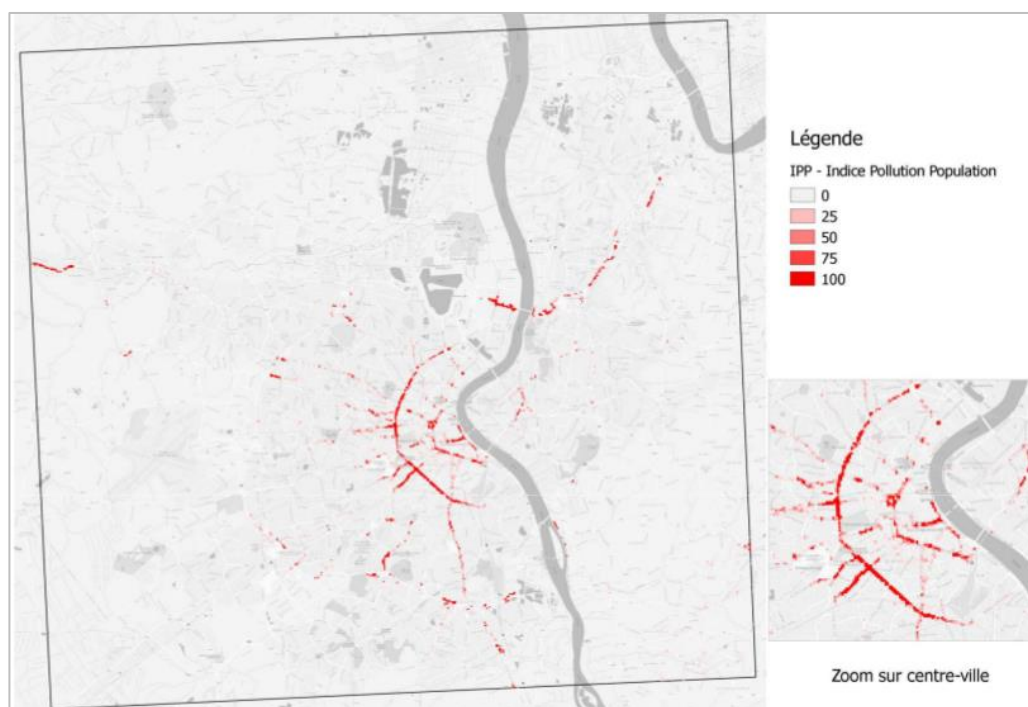


Figure 3 : Carte IPP basé sur la CSA version 2016 de Bordeaux Métropole

Evaluation des niveaux à proximité du trafic routier

Bordeaux Métropole a donc sollicité Atmo Nouvelle-Aquitaine pour réaliser une campagne de mesures dont l'objectif est triple :

- évaluer les niveaux en polluants réglementés (NO₂ et PM10) à proximité du trafic routier dans les zones où la modélisation montre des concentrations importantes et où la population y est majoritairement exposée
- confronter les niveaux rencontrés en 2018-2019 avec ceux rencontrés lors des campagnes de mesures en 2010 et 2015
- expérimenter les micro-capteurs en pleine expansion sur le marché de la qualité de l'air.

2. Polluants suivis

2.1. Oxydes d'azote (NOx)

Origines

Les oxydes d'azote désignent principalement le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Le NO se forme lors de réactions de combustion à haute température, par combinaison du diazote et de l'oxygène atmosphérique. Il est ensuite oxydé en dioxyde d'azote (NO₂). Les émissions d'oxydes d'azote de Bordeaux Métropole s'élèvent à 8 109 tonnes en 2014, ce qui correspond à 39 % des émissions de la Gironde et à 9 % des émissions de la région.

Les sources d'oxydes d'azote provenant principalement des phénomènes de combustion, 71 % des NOx proviennent ainsi du secteur des transports dont 60 % du transport routier, 16 % proviennent des secteurs de l'énergie, de l'industrie et des déchets et enfin 12 % du secteur résidentiel/tertiaire.

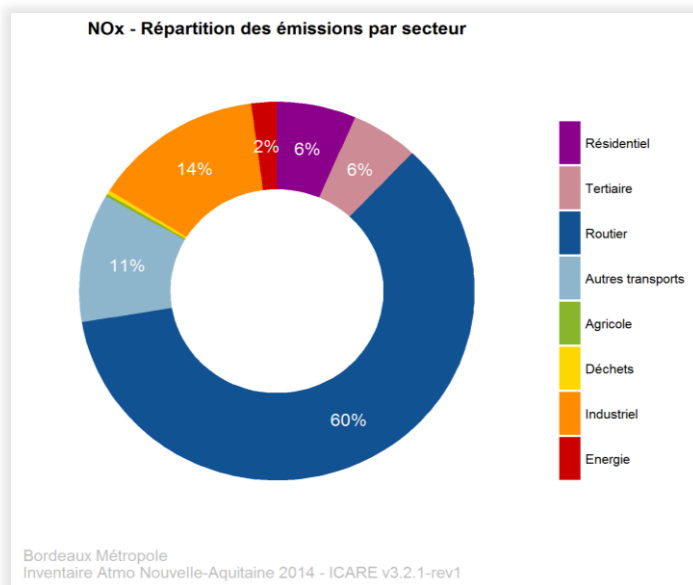


Tableau 1 : Répartition des émissions de NOx par secteur sur Bordeaux Métropole

Effets sur la santé

Le NO₂ est un gaz irritant pour les bronches. Chez les asthmatiques, ils augmentent la fréquence et la gravité des crises. Chez l'enfant, il favorise les infections pulmonaires.

Effets sur l'environnement

Le NO₂ participe aux phénomènes des pluies acides, à la formation de l'ozone troposphérique, dont il est l'un des précurseurs, à l'atteinte de la couche d'ozone stratosphérique et à l'effet de serre.

Réglementation

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	200 µg/m ³ (en moyenne horaire) à ne pas dépasser plus de 18h par an 40 µg/m ³ en moyenne annuelle
Valeur guide OMS	40 µg/m ³ en moyenne annuelle
Seuil d'information et de recommandations	200 µg/m ³ en moyenne horaire
Seuil d'alerte	400 µg/m ³ en moyenne horaire (dépassé pendant 3h consécutives)

Tableau 2 : Valeurs réglementaires applicables au NO₂ (Directive 2008 50 CE)

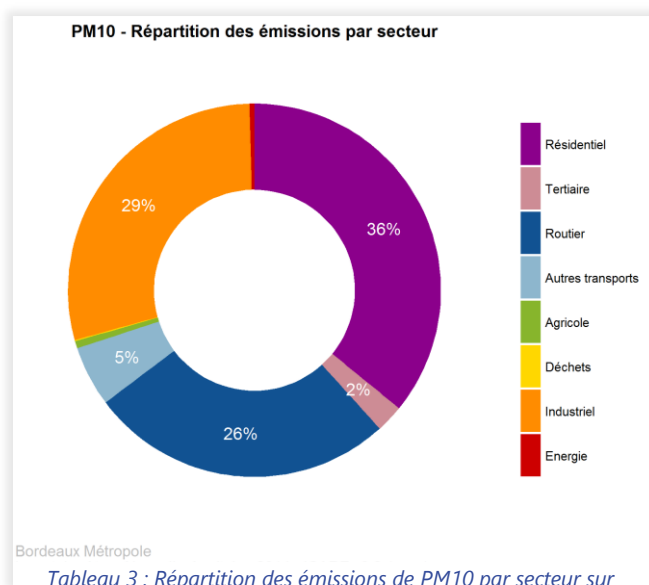
2.2. Particules en suspension (PM10)

Origines

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

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

Bordeaux Métropole émet 1 156 tonnes de particules en suspension (PM10) représentant 29 % des émissions du département de la Gironde et 4 % des émissions de la région.



Bordeaux Métropole
Tableau 3 : Répartition des émissions de PM10 par secteur sur Bordeaux Métropole

Effets sur la santé

Selon leur taille (granulométrie), les particules pénètrent plus ou moins profondément dans l'arbre pulmonaire. Les particules les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses, irriter les voies respiratoires inférieures et altérer la fonction respiratoire dans son ensemble. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes.

Effets sur l'environnement

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

Réglementation

Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	50 µg/m ³ (en moyenne journalière) à ne pas dépasser plus de 35 jours par an 40 µg/m ³ en moyenne annuelle
Valeur guide OMS	50 µg/m ³ (en moyenne journalière) à ne pas dépasser plus de 3 jours par an 20 µg/m ³ en moyenne annuelle
Seuil d'information et de recommandations	50 µg/m ³ en moyenne journalière
Seuil d'alerte	80 µg/m ³ en moyenne journalière (dépassé pendant 3h consécutives)

Tableau 4 : Valeurs réglementaires applicables aux PM10 (Directive 2008 50 CE)

3. Campagne de mesures

3.1. Organisation de la campagne de mesures

Pour chaque paramètre, le matériel de mesure et la méthode d'analyse utilisés pendant cette campagne sont présentés dans le Tableau 5.


Caractéristique mesurée	Matériel	Principe de la méthode	Accréditation
Concentration en dioxyde d'azote (NO ₂)	Tubes passifs (pas de temps : bi-hebdomadaires)	Norme NF EN 16 339 : « Méthode pour la détermination de la concentration du dioxyde d'azote au moyen d'échantillonneurs par diffusion » (Voir Annexe 1).	Pas d'accréditation
Concentration en oxydes d'azote (NO _x)	Analyseurs automatiques (pas de temps : quart-horaire)	Norme NF EN 14211 : « Méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en dioxyde d'azote et monoxyde d'azote par chimiluminescence »	
Concentration en particules (PM10)		Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM10)	Pas d'accréditation

Tableau 5 : Matériel et méthodes de mesure

3.1.1. Méthodes de mesures

Mesures sous accréditation COFRAC selon le référentiel ISO 17025

Les mesures automatiques des oxydes d'azote sont réalisées selon la norme NF EN 14211 : "Méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en dioxyde d'azote et monoxyde d'azote par chimiluminescence". Ces essais font l'objet d'une accréditation COFRAC essais pour les sites étudiés.

Note : Les informations liées à la portée d'accréditation d'Atmo Nouvelle-Aquitaine sont disponibles sur le site www.cofrac.fr sous le numéro 1-6354.

Autres polluants suivis

Les mesures automatiques des particules en suspension PM10 sont réalisées par pesée des particules échantillonnées à l'aide d'une microbalance.

3.1.2. Dispositif de mesure

Dans le cadre de cette étude, Atmo Nouvelle-Aquitaine a déployé les moyens de mesure suivants.

Mesure en continue pour un échantillonnage temporel

Laboratoires mobiles

Atmo Nouvelle-Aquitaine dispose de laboratoires mobiles pour mesurer en continue les particules fines (PM10) et les oxydes d'azote (NO_x) à l'aide d'analyseurs automatiques semblables à ceux installés dans les stations fixes. Ce laboratoire mobile est garé et branché à une alimentation électrique sur un site proche de l'axe.

Dans le cadre de cette étude, deux laboratoires mobiles ont été déployés du 15/11/2018 au 06/02/2019 :

- un premier sur la place du colonel Reynal au niveau du cours d'Albret à Bordeaux,
- un second sur le quai Richelieu à Bordeaux au niveau de la Maison écocitoyenne.



Figure 4 : Laboratoires mobiles installés place Reynal (à gauche) et quai Richelieu (à droite) sur Bordeaux

Stations fixes du réseau de mesure

Atmo Nouvelle-Aquitaine dispose de plusieurs stations fixes de mesures des polluants réglementaires sur la métropole, permettant la mesure des particules fines (PM10) et des oxydes d'azotes (NOx), à l'aide d'analyseurs automatiques installés à l'intérieur. Dans le cadre de cette étude, les stations sont les suivantes :

- trois stations de « fond urbain » permettent de se rendre compte de la pollution de fond à laquelle la population est exposée en moyenne et suffisamment éloignées des sources directes d'émissions. Il s'agit de la station de Talence, celle de Bordeaux – Grand-Parc et celle située à Bassens,
- trois stations de « proximité automobile » permettent de se rendre compte de la pollution sous influence du trafic routier à laquelle la population est exposée. Il s'agit de la station de Mérignac, celle de Bordeaux – Bastide située en rive droite et la station de Bordeaux – Gautier située sur les boulevards.

Micro-capteurs

Les micro-capteurs utilisés pour la mesure NO₂ et PM10 sont des micro-capteurs de la marque Cairpol (Cairsens) utilisant la méthode par comptage optique.

En supplément des moyens mobiles, trois micro-capteurs fixes ont été déployés sur la commune de Bordeaux pour mesurer en continu les concentrations de NO₂ et PM10 à proximité du trafic routier :

- un premier situé sur le laboratoire mobile du cours d'Albret place Reynal,
- un second situé cours Clémenceau,
- un troisième situé cours de la Marne.

Remarque concernant les micro-capteurs :

Ces nouveaux appareils ne sont pas aussi précis que les analyseurs placés dans les laboratoires mobiles. Cependant une comparaison est réalisée entre les trois avant et pendant les mesures de l'étude pour évaluer la fiabilité des mesures du micro-capteur.

Mesure passive pour un échantillonnage spatial

En parallèle, 54 points de prélèvements par tubes passifs mesurant les concentrations bimensuelles de NO₂ ont été répartis sur l'ensemble de la zone d'étude afin d'avoir une répartition spatiale des concentrations mesurées sur et à l'intérieur de la zone délimitée par la rocade bordelaise. Onze sites de mesures permettent de rendre compte des niveaux rencontrés en NO₂ en situation de fond urbain sur la zone d'étude » dont 5 sites issus de la campagne tubes passifs réalisés en 2010 (Rapport d'étude AIRAQ n°ETTP1102 - Cartographie de l'agglomération de Bordeaux) et 2015 (Rapport d'étude AIRAQ n°ETTP1601 - Cartographie de l'agglomération de Bordeaux). Dans le même temps, 43 sites de mesures donnent des éléments sur les niveaux rencontrés en « proximité automobile » dont 12 sites issus de la campagne tubes passifs réalisée en 2010 et 2015.

La campagne de mesures par échantillonnage passif a été réalisée sur 4 périodes de deux semaines selon le planning suivant :

- 1^{ère} période : du 28 novembre 2018 au 12 décembre 2018
- 2^{ème} période : du 12 décembre 2018 au 26 décembre 2018
- 3^{ème} période : du 26 décembre 2018 au 9 janvier 2019
- 4^{ème} période : du 9 janvier 2019 au 23 janvier 2019

L'ensemble des sites de mesures (stations fixes, laboratoires mobiles, micro-capteurs et tubes passifs) est recensé sur la Figure 5 et la Figure 6.

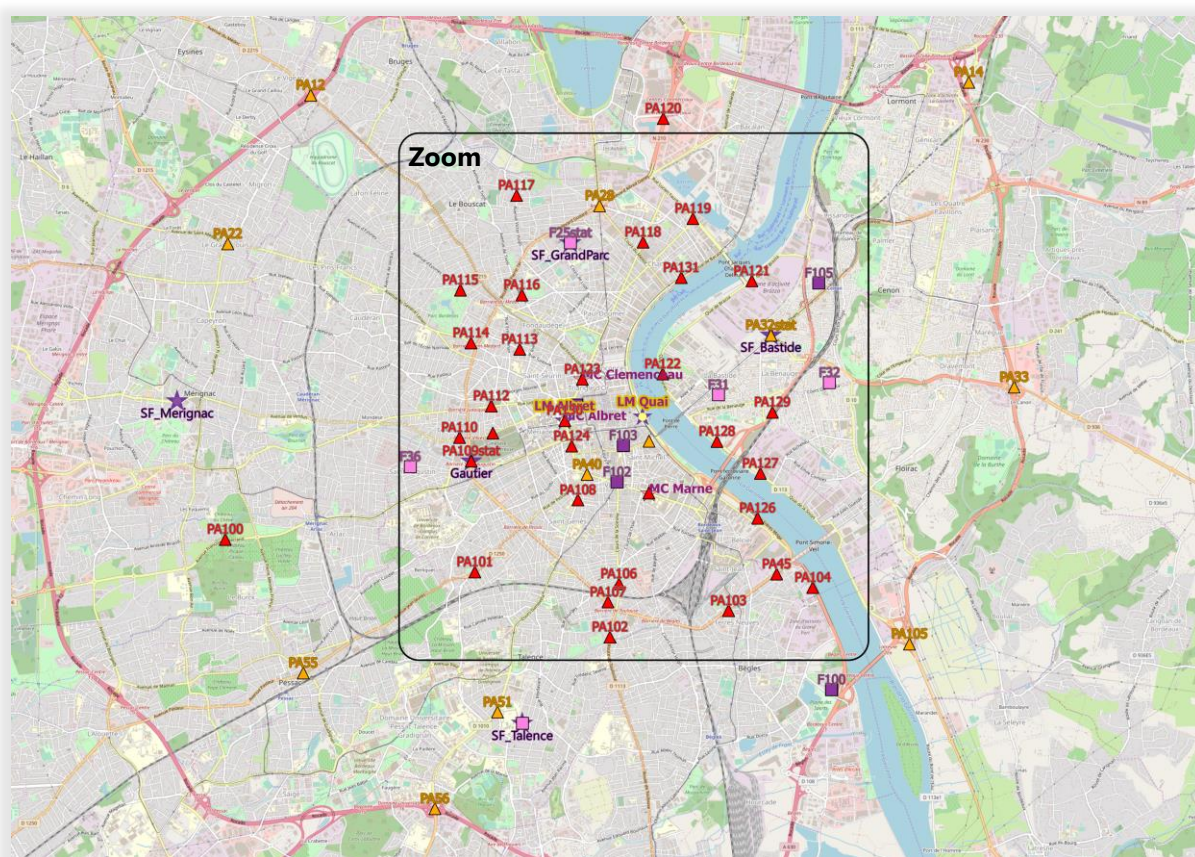


Figure 5 : Localisation des moyens de mesure (stations fixes, laboratoires mobiles, tubes passifs et micro-capteurs)

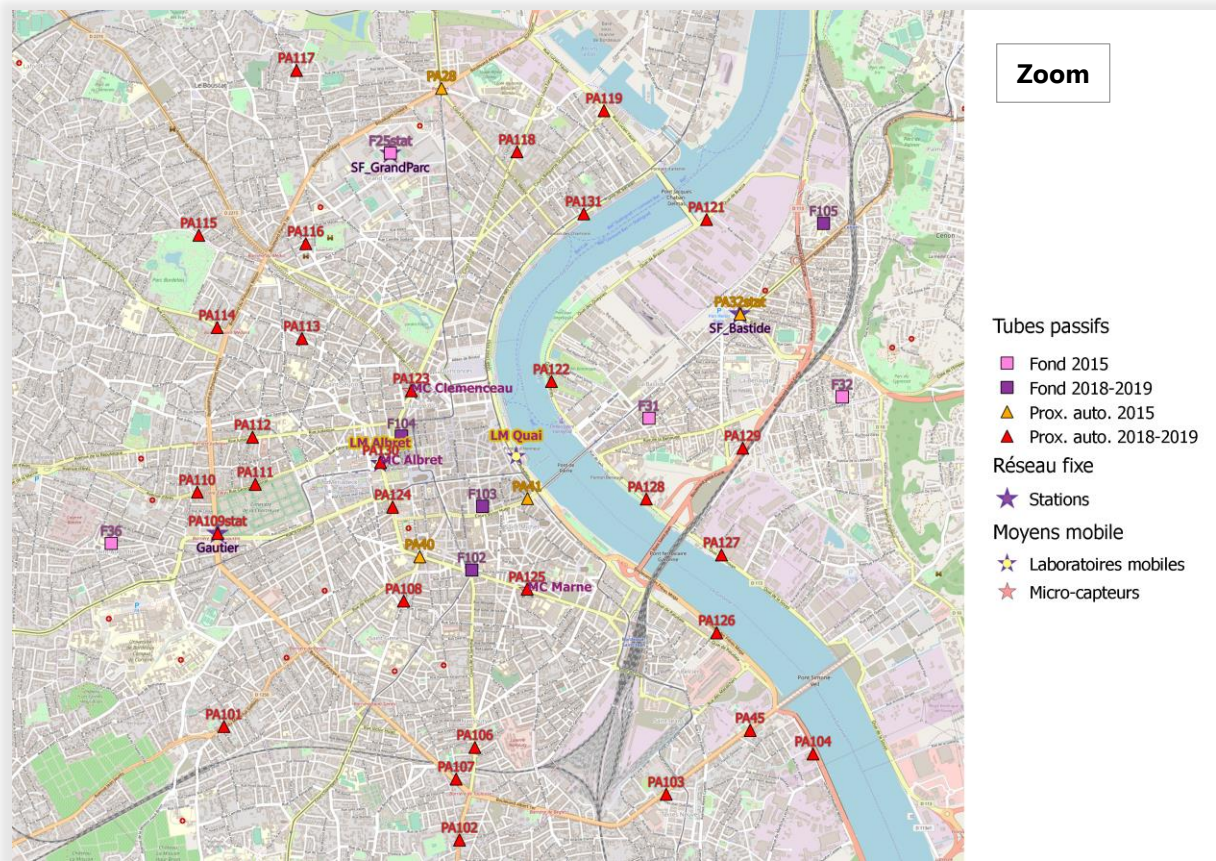
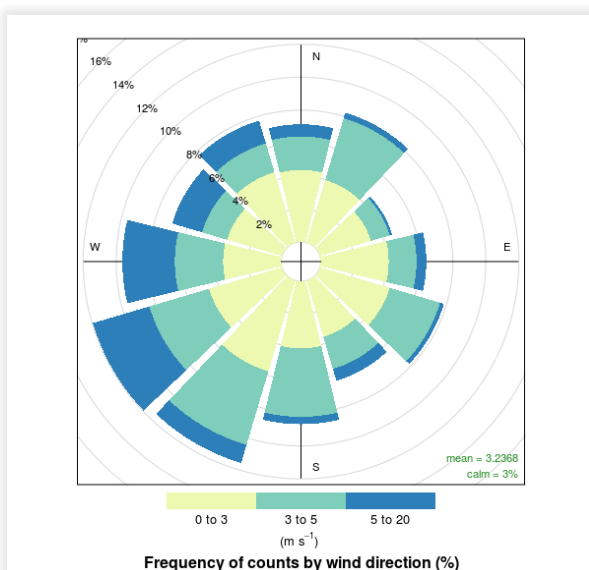
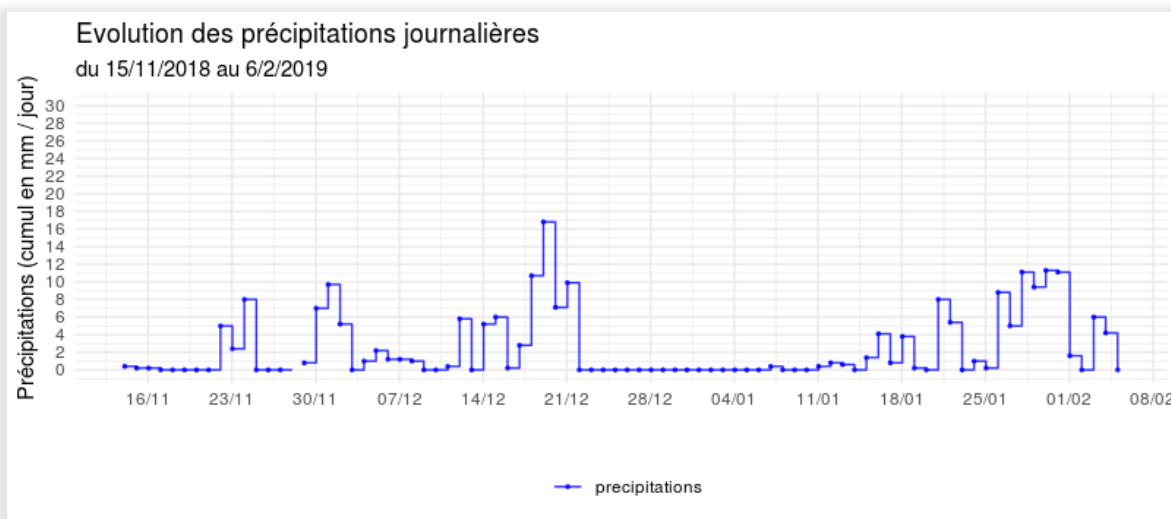
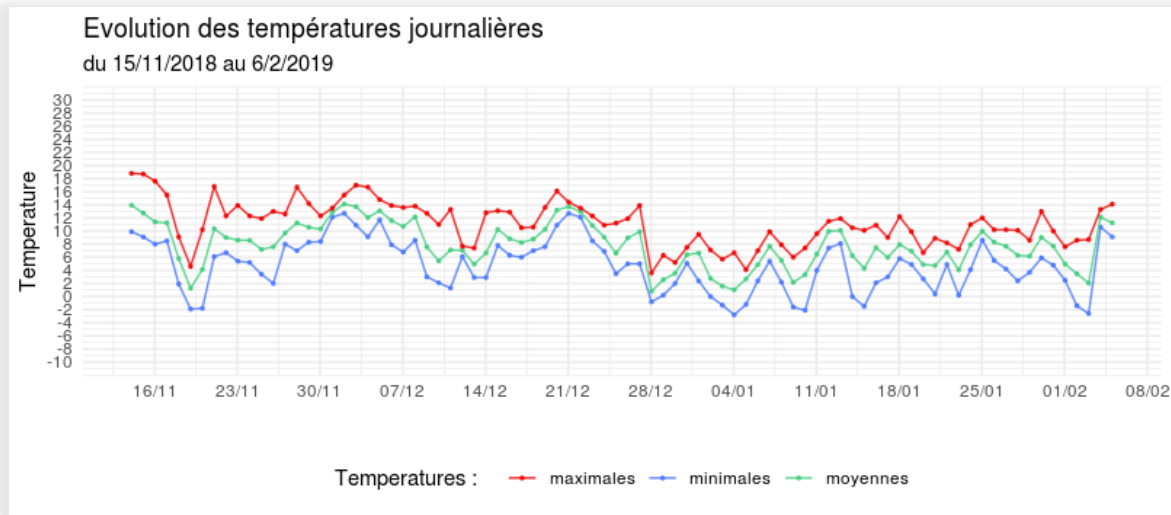


Figure 6 : Zoom sur le centre de la métropole concernant les moyens de mesure

3.2. Conditions météorologiques

Pendant la campagne de mesures, les températures ont été de saison voire légèrement au-dessus des normales avec une moyenne à 7,8 °C. Un excédent de précipitation est observé durant la campagne avec un cumul d'environ 211 mm d'eau tombé principalement en début et fin de campagne.



Des vents faibles à moyens ont été enregistrés pendant 87% de la campagne de mesures et provenaient majoritairement du secteur Sud-Ouest.

3.3. Résultats

3.3.1. Dioxyde d'azote (NO₂)

Ce polluant est mesuré par les analyseurs automatiques disponibles sur les stations fixes et sur les laboratoires mobiles ainsi que par échantillonnage passif sur les différents sites présentés sur la Figure 6. Un point particulier sur les mesures réalisées par les micro-capteurs est présenté à la fin de ce paragraphe.

Analyseurs automatiques

L'analyse des mesures à partir de stations fixes et de laboratoires a été réalisée sur la période allant du 15 novembre 2018 jusqu'au 6 février 2019.

Comme le montrent le Tableau 6 et la Figure 7, les niveaux en dioxyde d'azote sur l'ensemble des sites sont très éloignés du seuil d'information et de recommandation fixée à 200 µg/m³. A noter qu'avec seulement 18% de données disponibles sur l'ensemble de la campagne de mesures, les données du laboratoire mobile positionné quai Richelieu à Bordeaux sont peu représentatives de la campagne. En cause, les événements associés à des manifestations ont engendré une dégradation conséquente du matériel le samedi 8 décembre 2018 avec l'impossibilité de poursuivre les mesures.

On note par ailleurs que les niveaux sur le laboratoire mobile situé cours d'Albret sont proches de la valeur limite fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle, valeur donnée à titre indicative, puisqu'une moyenne de 38,5 µg/m³ est observé sur Albret. Pour compléter l'analyse, la concentration moyenne annuelle observée sur la station Gautier sur l'année 2018 a été de 39,9 µg/m³ alors qu'elle est de 45,4 µg/m³ pendant la campagne de mesures. A noter que le dioxyde d'azote est également un polluant plutôt hivernal, car, en été, il participe au mécanisme de formation de l'ozone, et a donc tendance à être transformé par ce mécanisme.

Typologie station	Station	Minimum	Moyenne	Maximum	Disponibilité
		en µg/m ³			en %
Fond urbain	Bassens	0.0	21,0	82,2	99.7
	Bordeaux Grand-Parc	1.1	22.6	93.2	98.4
	Talence	0.8	22.6	93.8	90.4
Trafic	Albret (labo. mobile)	2.8	38.5	102.4	87.0
	Bordeaux - Gautier	1.9	45.4	125.4	96.3
	Richelieu (labo. mobile)	7.4	36.7	109.6	17.6

Tableau 6 : Statistiques sur les concentrations en NO₂ des stations fixes et laboratoires mobiles du 15/11/18 au 06/02/19

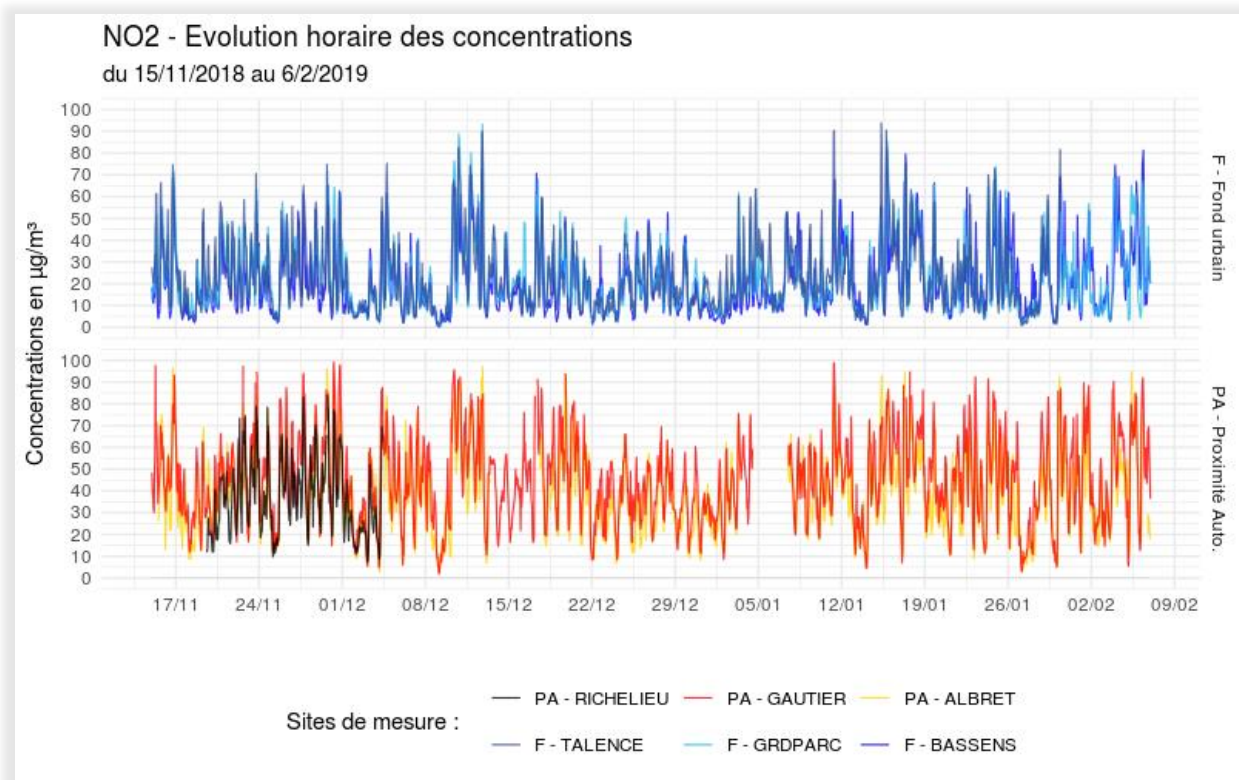


Figure 7 : Evolutions horaires des concentrations en NO₂ sur les stations fixes et laboratoires mobiles

Pour plus de clarté, la Figure 8 se concentre sur la période de mesures disponible sur le laboratoire mobile positionné quai Richelieu.

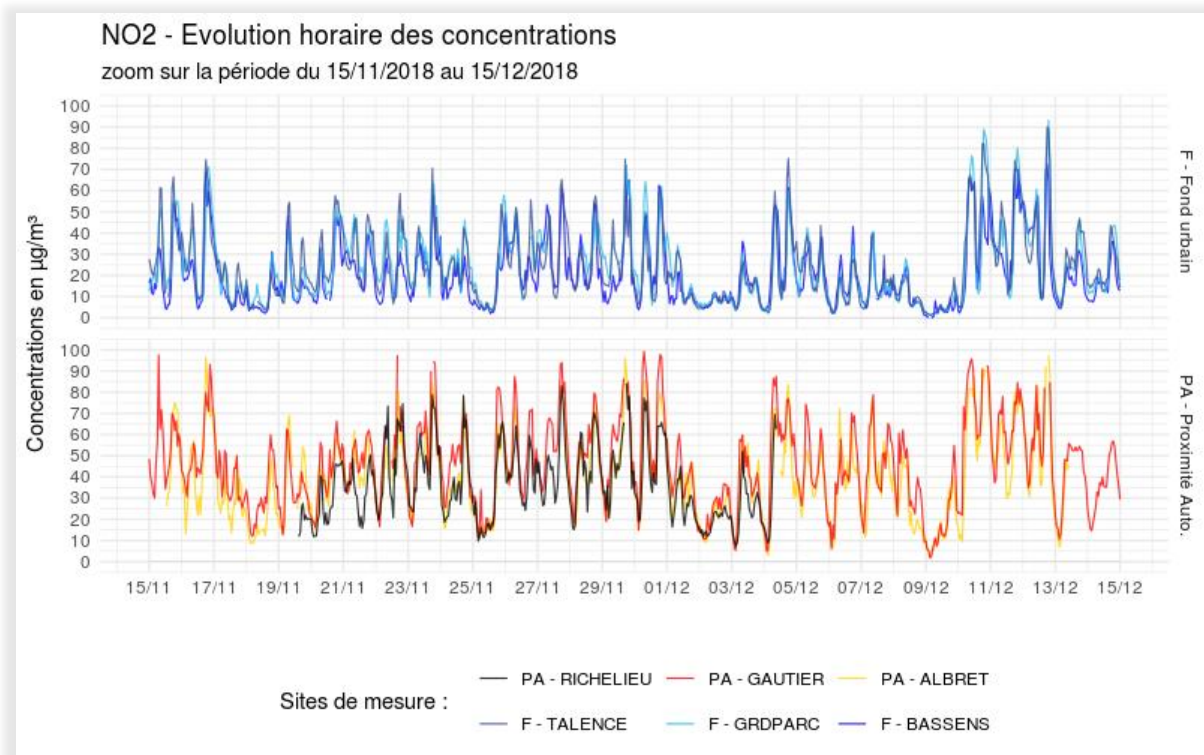


Figure 8 : Evolutions horaires des concentrations en NO₂ du 15/11/18 au 15/12/18

La Figure 9 reprend les valeurs maximales journalières observées sur l'ensemble des sites sans que le seuil d'information et de recommandations fixé à 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ne soit dépassé.

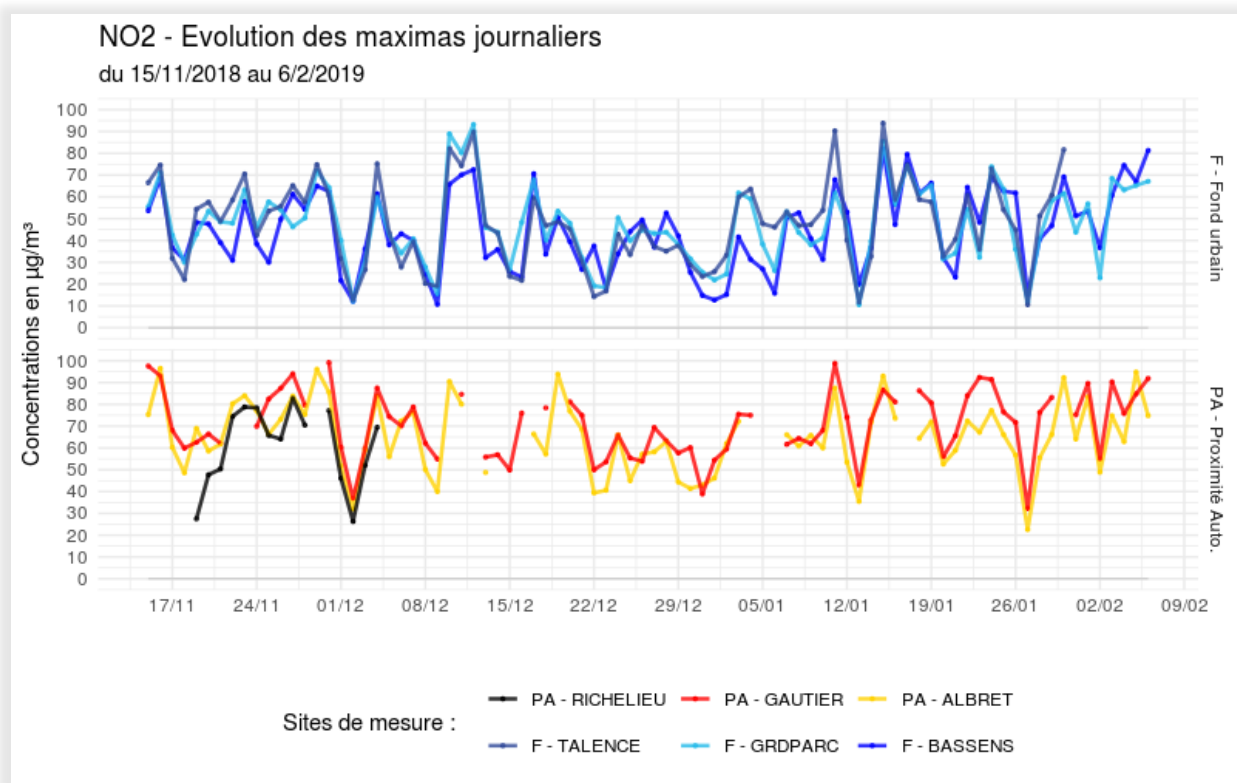
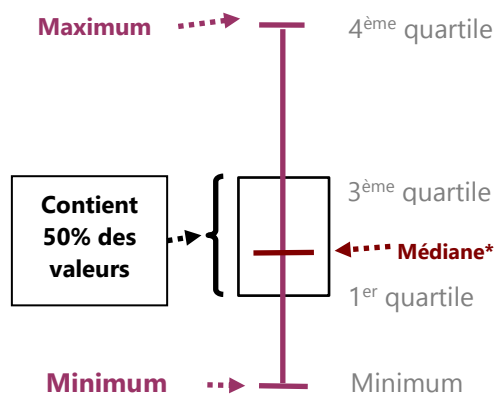
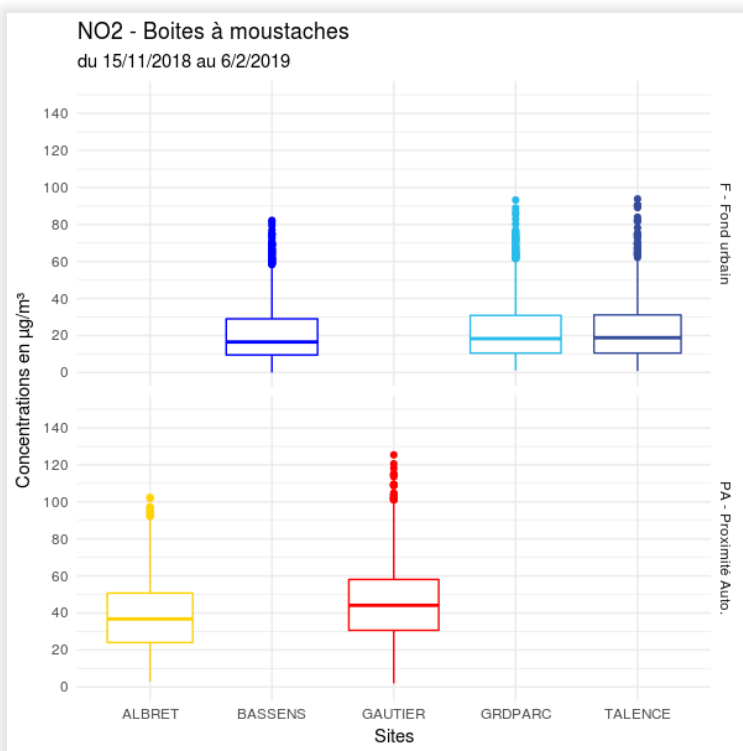


Figure 9 : Evolutions journalières des concentrations maximales en NO_2 sur les stations fixes et laboratoires mobiles



* : La médiane permet de séparer les concentrations mesurées en deux groupes de même nombre (50% des valeurs sont supérieures, 50% sont inférieures)

Figure 10 : Boîtes à « moustaches » ou boxplot pour le dioxyde d'azote sur les stations fixes et laboratoires mobiles

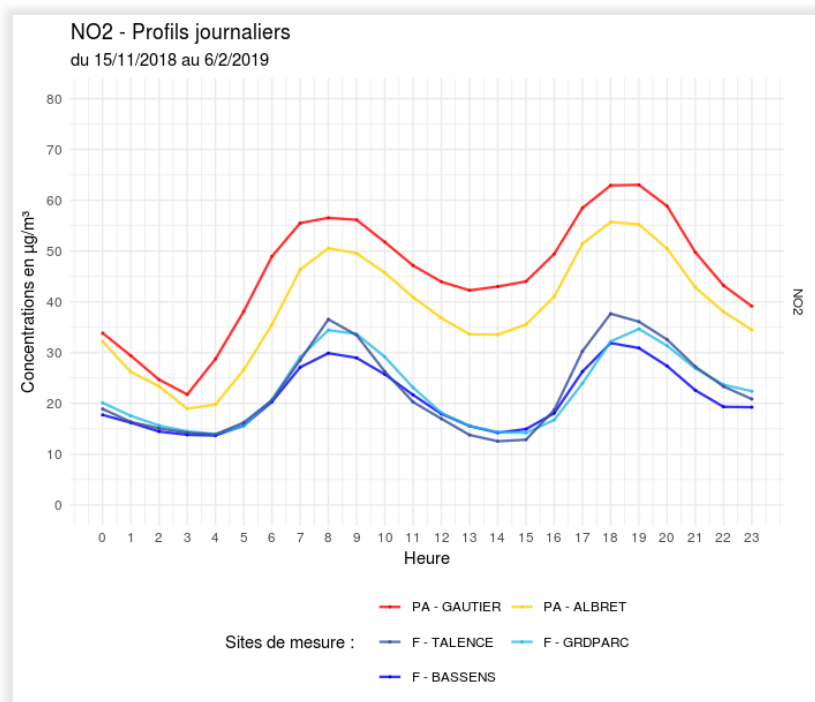


Figure 11 : Profils moyens journaliers des concentrations en NO₂ sur les stations fixes et laboratoires mobiles

En étudiant le profil moyen journalier présenté en Figure 11, on observe la présence des pics trafic domicile/travail du matin et du soir sur l'ensemble des sites. En particulier, on note que le pic du soir est plus marqué que le pic du matin pour chacun d'entre eux et que le profil moyen journalier du laboratoire mobile situé cours d'Albret est relativement proche de celui de la station Gautier placé sur les boulevards.

Echantillonnage passif

Le tableau suivant caractérise la campagne pour l'ensemble des 54 sites à travers les statistiques suivantes : moyenne, médiane, minimum et maximum. Les résultats détaillés par site et par période sont disponibles en Annexe 2.

NO ₂ (en µg/m ³)	Fond	Prox. Auto.
Nombre de sites	10	44
Maximum	34.3 (F105)	56.5 (PA100)
Moyenne	26.1	37.1
Médiane	26.5	37.2
Minimum	20.2 (F25STAT)	25.5 (PA34)

Figure 12 : Statistiques sur les tubes passifs par typologie de site pour le polluant NO₂

La figure suivante représente les graphiques en box-plot des concentrations mesurées en dioxyde d'azote sur les différents types de sites. Cette représentation permet de visualiser les étendues des concentrations observées.

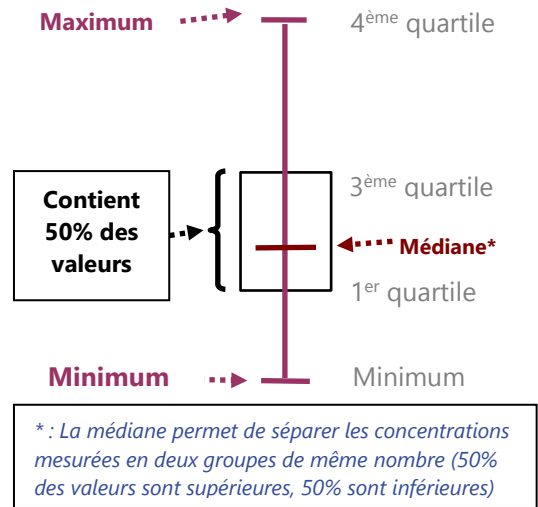
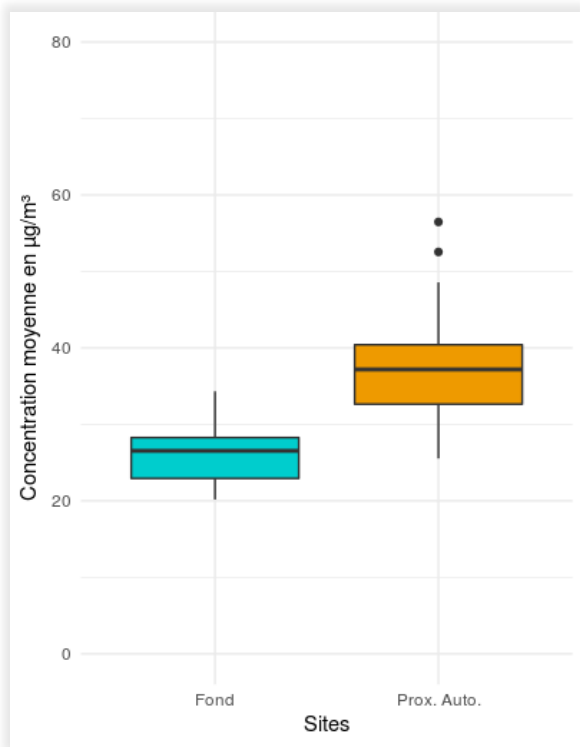


Figure 13 : Boîtes à « moustaches » ou boxplot pour le dioxyde d'azote pour les mesures par tubes passifs

L'impact du trafic automobile sur les concentrations en dioxyde d'azote y est très net : la moyenne des concentrations relevées sur les sites de proximité automobile est d'environ 40% supérieure à celle relative aux sites de fond. A noter qu'environ un tiers des sites de proximité automobile dépasse la valeur limite fixée à 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle. Les niveaux les plus élevés sont principalement observés sur les axes majeurs de la métropole, à savoir sur la rocade, les quais et les boulevards (voir Figure 14, Figure 15 et Figure 16).

Le graphique de la Figure 14 montre la distribution des concentrations moyennes en NO₂ pour chacun des 54 sites de mesures sur l'ensemble des 4 campagnes de mesures bi-hebdomadaires.

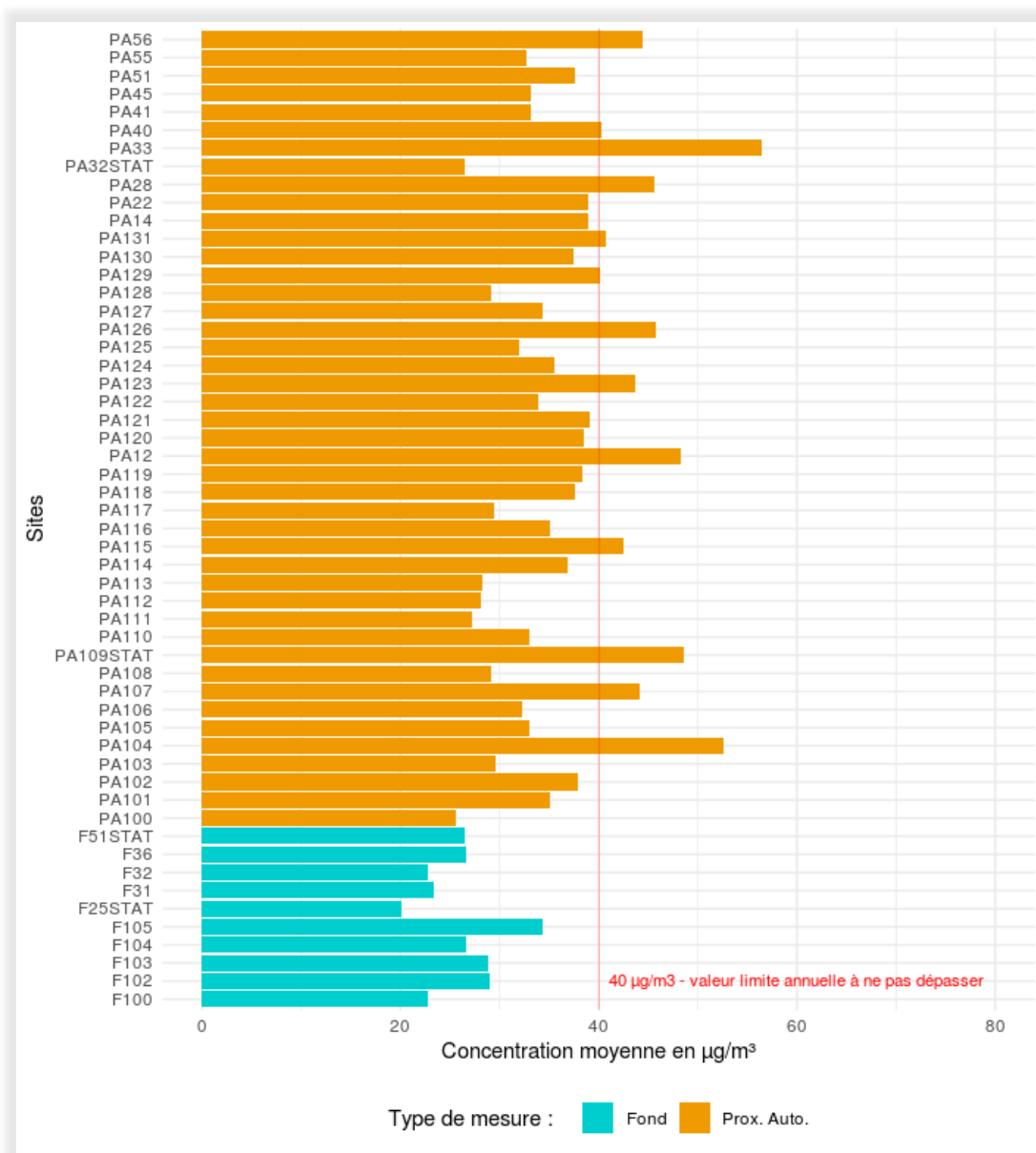


Figure 14 : Distribution des concentrations moyennes en NO₂ pour chacun des 54 sites tubes passifs sur l'ensemble des 4 campagnes de mesures

A noter que la limite de 40 µg/m³ en moyenne annuelle est donnée à titre indicative et n'est pas directement comparable en tant que tel pour la campagne de mesures réalisée sur seulement deux mois de l'année.

Cartographie des résultats de la campagne de mesures par tubes passifs

La Figure 15 présente les résultats de la campagne de mesures sur l'ensemble des 4 périodes d'échantillonnage passif à savoir les concentrations moyennes en NO₂ sur les deux mois de la campagne tubes passifs. La Figure 16 présente le « zoom » sur le centre de la cartographie.

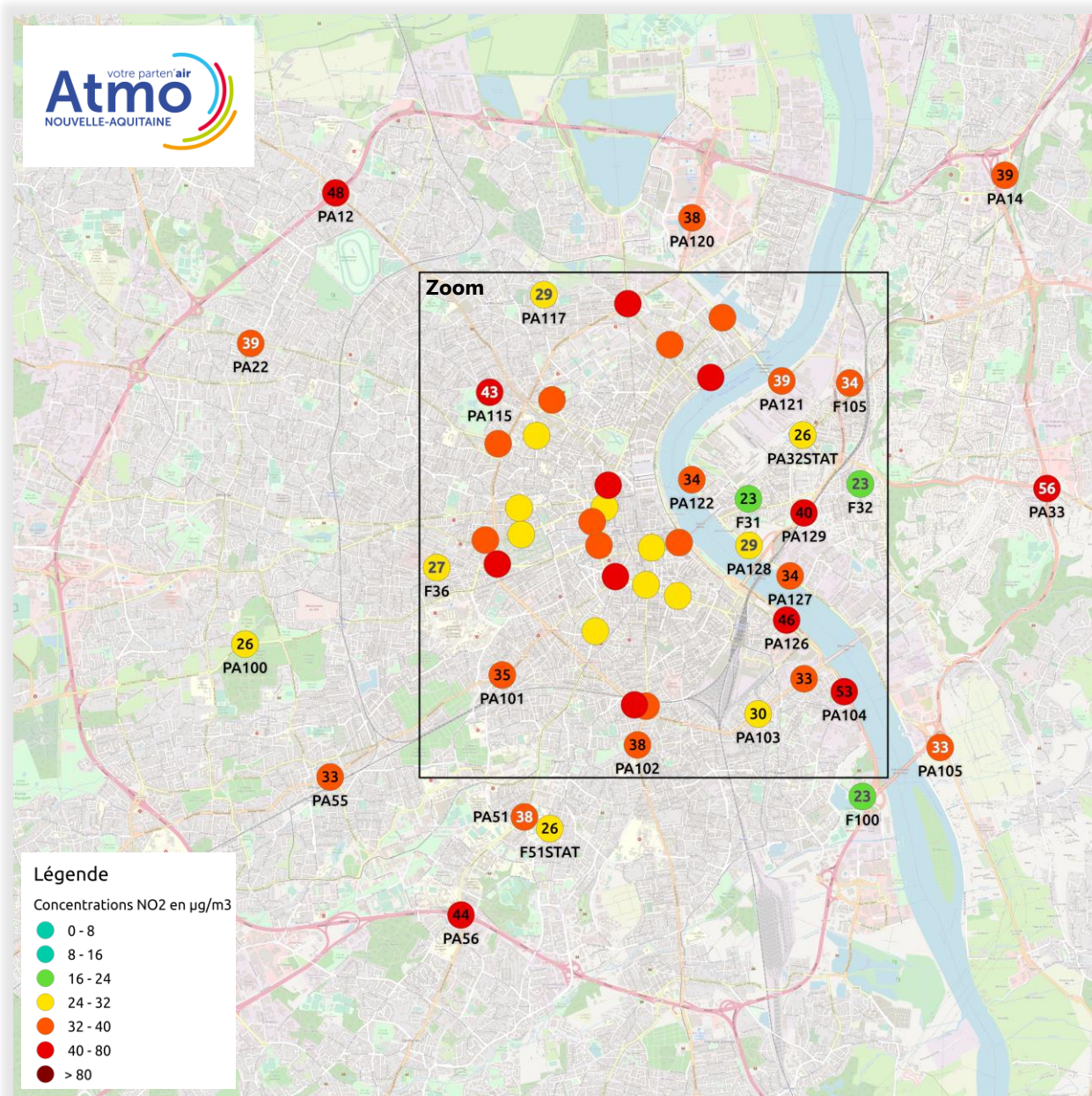


Figure 15 : Cartographie des moyennes NO₂ sur la campagne de mesures par tubes passifs

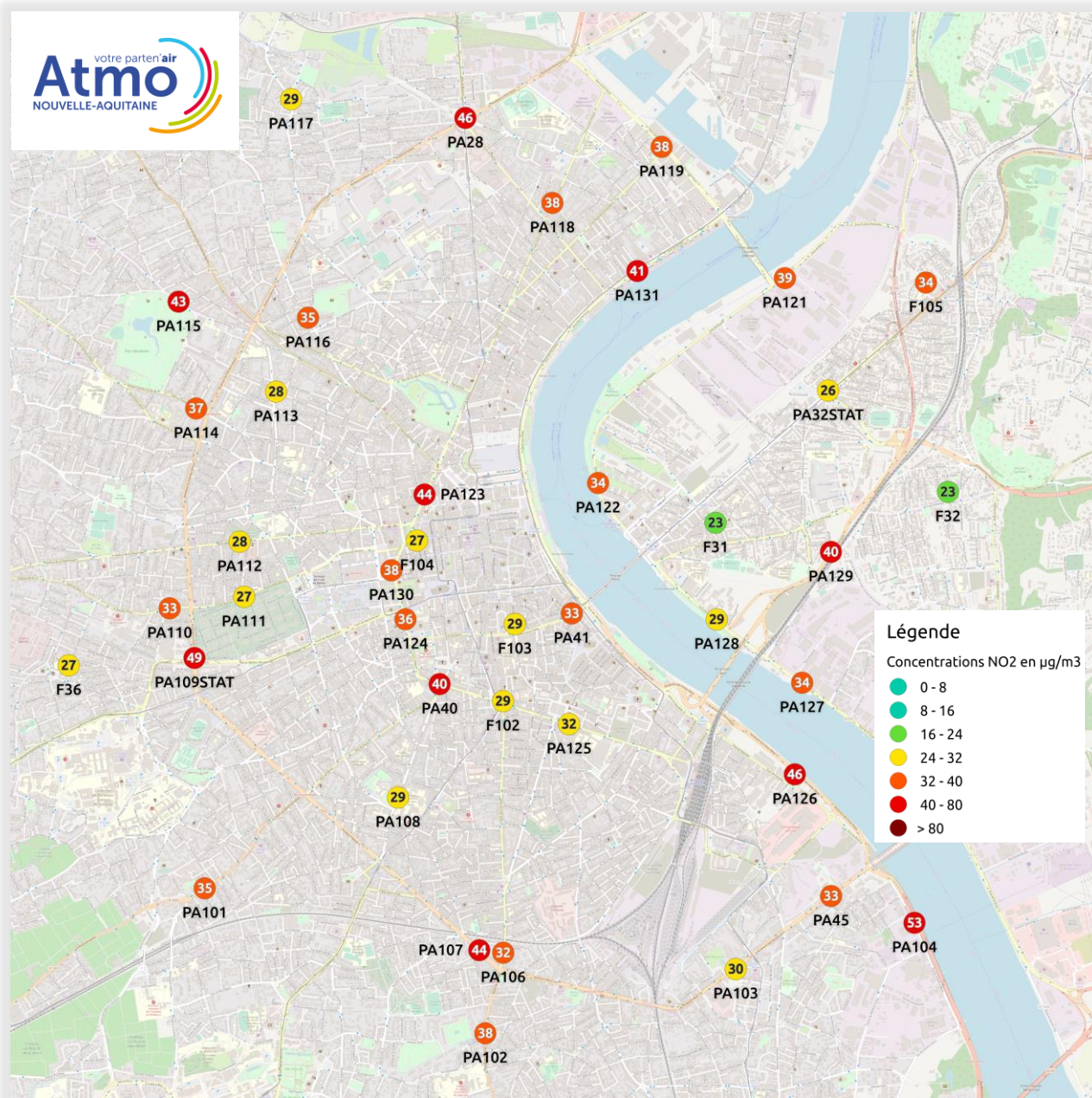


Figure 16 : Zoom de la cartographie des moyennes NO₂ sur la campagne de mesures par tubes passifs

D'après les cartographies précédentes, on remarque que les niveaux mesurés sur les sites de fond sont plus élevés au centre de la métropole qu'en périphérie. Comme indiqué précédemment, les niveaux mesurés en proximité automobile sont nettement plus élevés sur les axes majeurs de la métropole (rocade, cours, quais et boulevards).

Evolution entre 2010, 2015 et 2018

Sur les 54 sites de mesures par tubes passifs explorés au cours de cette campagne de mesures, 17 d'entre eux sont identiques aux sites échantillonnés en 2010 et 2015 dont 5 sites sur 11 en fond urbain et 12 sites sur 43 en proximité automobile. Les concentrations mesurées sur ces sites pour les hivers 2010, 2015 et 2018 par typologie de site (fond urbain et proximité automobile) sont répertoriées dans le Tableau 7 en intégrant uniquement les deux premières périodes de cette campagne (du 28 novembre au 26 décembre 2018) afin d'être cohérent avec les campagnes des hivers 2010 (du 23 novembre au 21 décembre 2010) et 2015 (du 5 novembre au 3 décembre 2015).

NO ₂ (en µg/m ³)	Hiver 2010	Hiver 2015	Hiver 2018	Evolution relative moyenne sur 8 ans (en %)
Fond 5 sites	31.2	29.0	25.0	- 19.9 %
Prox. Auto. 12 sites	58.8	49.1	38.5	- 34.5 %

Tableau 7 : Evolution des concentrations en NO₂ par typologie de sites entre les hivers 2010, 2015 et 2018

D'après le Tableau 7, on remarque que les niveaux en NO₂ entre 2010 et 2018 ont baissé d'environ 20% sur les sites de fond et d'environ 35% sur les sites de proximité automobile, baisses relatives observées globalement sur la Nouvelle-Aquitaine. Ceci s'explique principalement par les avancées technologiques des moteurs thermiques moins émetteurs d'oxydes d'azote aujourd'hui qu'il y a huit ans.

Focus sur les micro-capteurs

L'utilisation de micro-capteurs lors de cette étude constitue une expérimentation. Le but de leur utilisation est d'avoir une représentation spatiale en continu du NO₂ et des PM10 pour mieux appréhender l'exposition des populations à proximité du trafic routier. Leur précision et leur mise en œuvre opérationnelle pour la surveillance de l'air ambiant ont été évaluées au cours de cette étude.

Les trois micro-capteurs utilisés en test sur cette campagne de mesures ont été positionnés du 15 novembre 2018 au 6 février 2019 comme suit :

- le 1^{er} micro-capteur au niveau du cours Clémenceau à Bordeaux,
- le 2^{ème} micro-capteur au niveau du cours de la Marne à Bordeaux,
- le 3^{ème} micro-capteur au niveau de la place Reynal à Bordeaux, à l'emplacement du laboratoire mobile cours d'Albret.

Les résultats des micro-capteurs présentés ici concernent exclusivement les données corrigées des paramètres météorologiques et ajustées par rapport aux analyseurs automatiques. Seuls les résultats en NO₂ sont présentés dans cette partie car le taux de disponibilité trop faible des données en PM10 lors de la période de « calage » (du 24 octobre au 15 novembre 2018) n'a pas permis de réaliser une correction suffisante au redressement des données pour ce polluant.

Le Tableau 8 donne les statistiques de résultats des trois micro-capteurs par rapport au laboratoire mobile placé cours d'Albret lors de la campagne de mesures. On remarque que le micro-capteur positionné cours Clémenceau ne comptabilise pas les 75% de données valides comme demandé par la directive européenne. Par ailleurs on note que la concentration moyenne du micro-capteur, égale à 35,0 µg/m³, est relativement proche de celle mesurée à 38,5 µg/m³ par l'analyseur du laboratoire mobile positionné au même emplacement sur le cours d'Albret. Seul un écart relatif de l'ordre de 3% est relevé. Enfin, les niveaux rencontrés par le micro-capteur situé cours de la Marne sont très proches des niveaux rencontrés sur le cours d'Albret.

Type appareil	Zone	Minimum	Moyenne	Maximum	Disponibilité
		en $\mu\text{g}/\text{m}^3$			en %
Micro-capteurs	Cours Clémenceau	9.4	48.3	126.2	70.8
	Cours de la Marne	0.2	35.1	99.8	84.6
	Cours d'Albret	0.0	35.0	98.8	84.6
Analyseur	Albret (labo. mobile)	2.8	38.5	102.4	87.0

Tableau 8 : Statistiques des concentrations en NO_2 pour les micro-capteurs et le laboratoire mobile cours d'Albret

La Figure 17 montre l'évolution horaire des concentrations en NO_2 pour les micro-capteurs positionnés cours Clémenceau et Cours d'Albret par rapport au laboratoire mobile placé cours d'Albret. On peut remarquer que les niveaux sont très proches entre le micro-capteur et l'analyseur situé cours d'Albret, une corrélation de 0.99 étant observée.

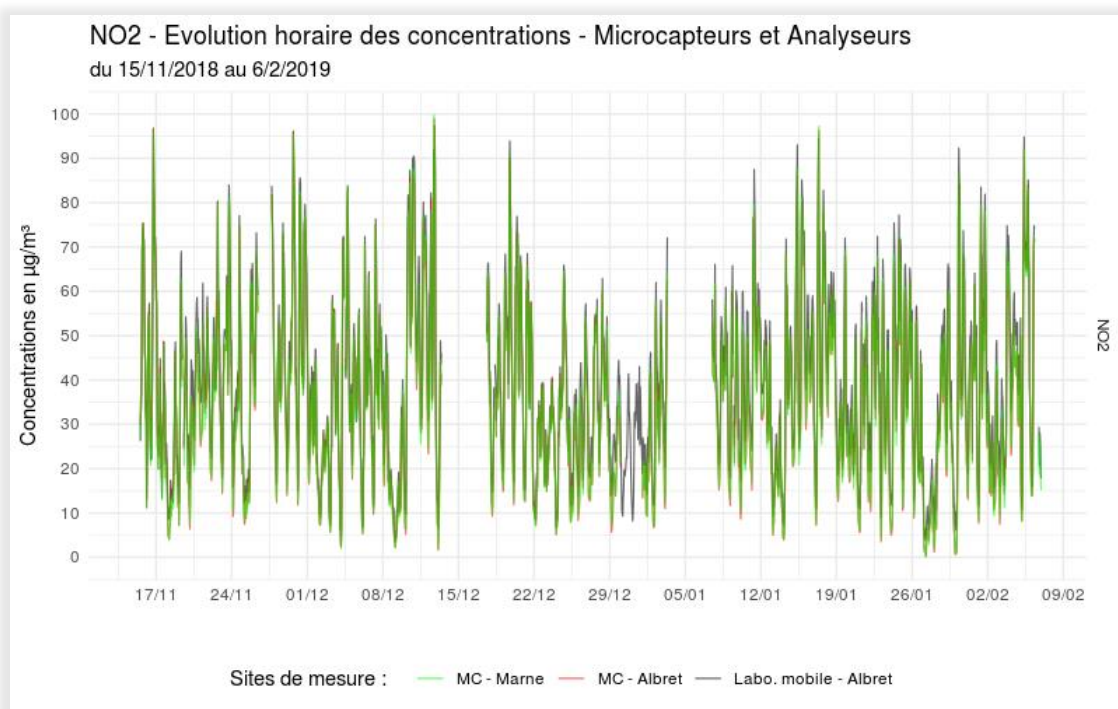


Figure 17 : Evolution horaire des concentrations en NO_2 sur les micro-capteurs installés Cours Clémenceau et cours d'Albret pendant la campagne - comparaison avec le laboratoire mobile positionné cours d'Albret

Cette expérimentation a permis de montrer la difficulté des micro-capteurs à obtenir des taux de fonctionnement suffisants pour assurer 75% de données valides au cours de cette campagne. Toutefois, les résultats disponibles montrent, qu'après correction préalable, les niveaux rencontrés sur les micro-capteurs sont satisfaisants (corrélation proche de 1 et écart relatif d'environ 3%) et peuvent apporter une solution de mesure complémentaire au réseau de stations de mesures d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.

3.3.2. Particules en suspension (PM10)

Analyseurs automatiques

Comme le montrent le Tableau 9 et la Figure 18, les niveaux en particules en suspension sur l'ensemble des sites sont très éloignés du seuil d'information et de recommandations fixé à 50 µg/m³ en moyenne journalière même s'ils ont été approchés localement les journées du 21/11/18 et 10-11/12/18 en situation de fond urbain (stations de Bassens, Talence et Bordeaux – Grand Parc). Comme pour le dioxyde d'azote, il est à noter qu'avec seulement 23% de données disponibles sur l'ensemble de la campagne de mesures, les données du laboratoire mobile positionné quai Richelieu à Bordeaux sont peu représentatives ». A contrario du dioxyde d'azote, on note que les niveaux sur le laboratoire mobile situé cours d'Albret évoluent entre les niveaux des stations fixes de fond urbain (moyenne des 3 stations à 19,3 µg/m³) et les niveaux de la station de Gautier (26,5 µg/m³). Même s'ils restent éloignés de la valeur limite fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle, les niveaux rencontrés sur Albret sont supérieurs à la valeur guide OMS fixée à 20 µg/m³ en moyenne annuelle, la valeur limite et la valeur seuil étant fournies à titre indicatif.

Typologie station	Station	Minimum	Moyenne en µC	Maximum	Disponibilité en %
Fond urbain	Bassens	0.0	18.5	78.5	98.6
	Bordeaux Grand-Parc	0.0	19.1	138.3	97.3
	Talence	1.1	20.3	112.3	95.9
Trafic	Albret (labo. mobile)	0.0	22.2	136.0	87.3
	Bordeaux - Gautier	1.2	26.5	153.2	90.0
	Richelieu (labo. mobile)	3.7	24.5	66.2	22.6

Tableau 9 : Statistiques horaires sur les concentrations en PM10 des stations fixes et laboratoires mobiles

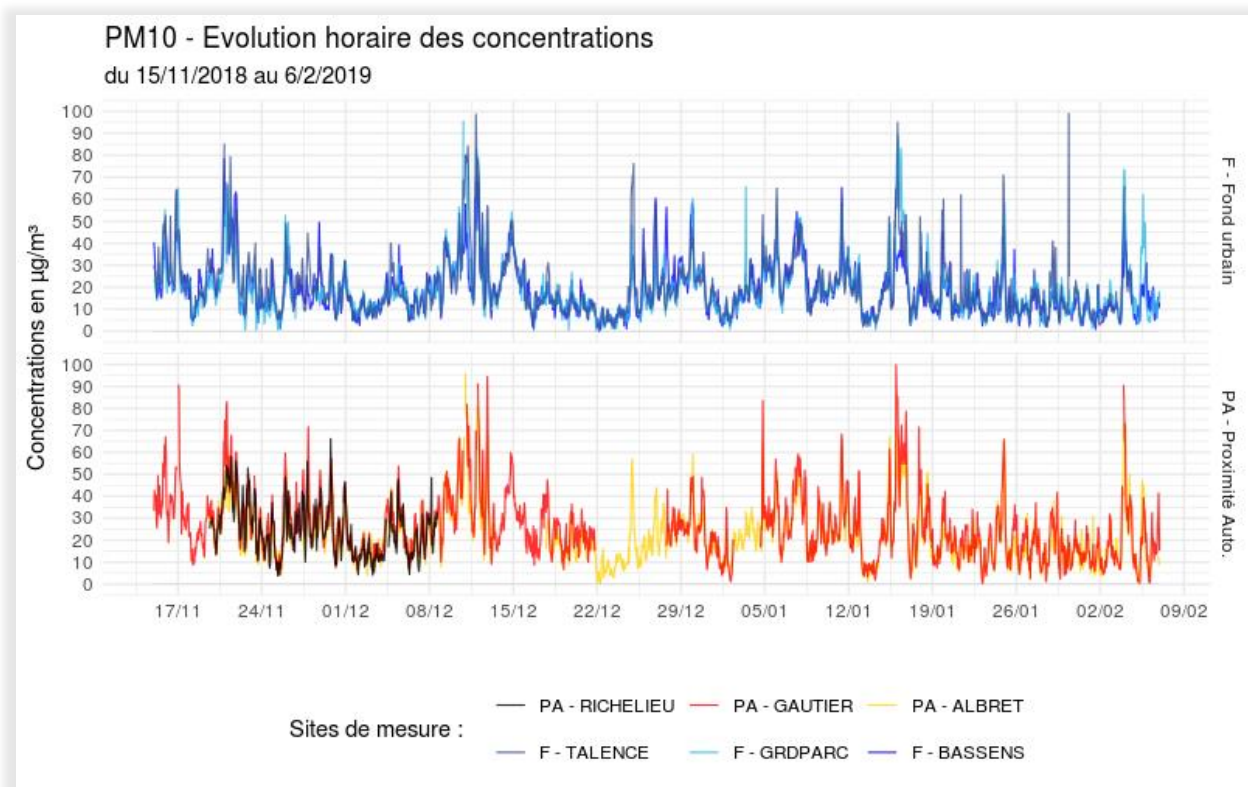


Figure 18 : Evolutions horaires des concentrations moyennes en PM10 sur les stations fixes et laboratoires mobiles

La Figure 19 présente les résultats pour la période du 15/11/18 au 15/12/18 pour visualiser avec plus de clarté les résultats obtenus sur le laboratoire mobile situé quai Richelieu.

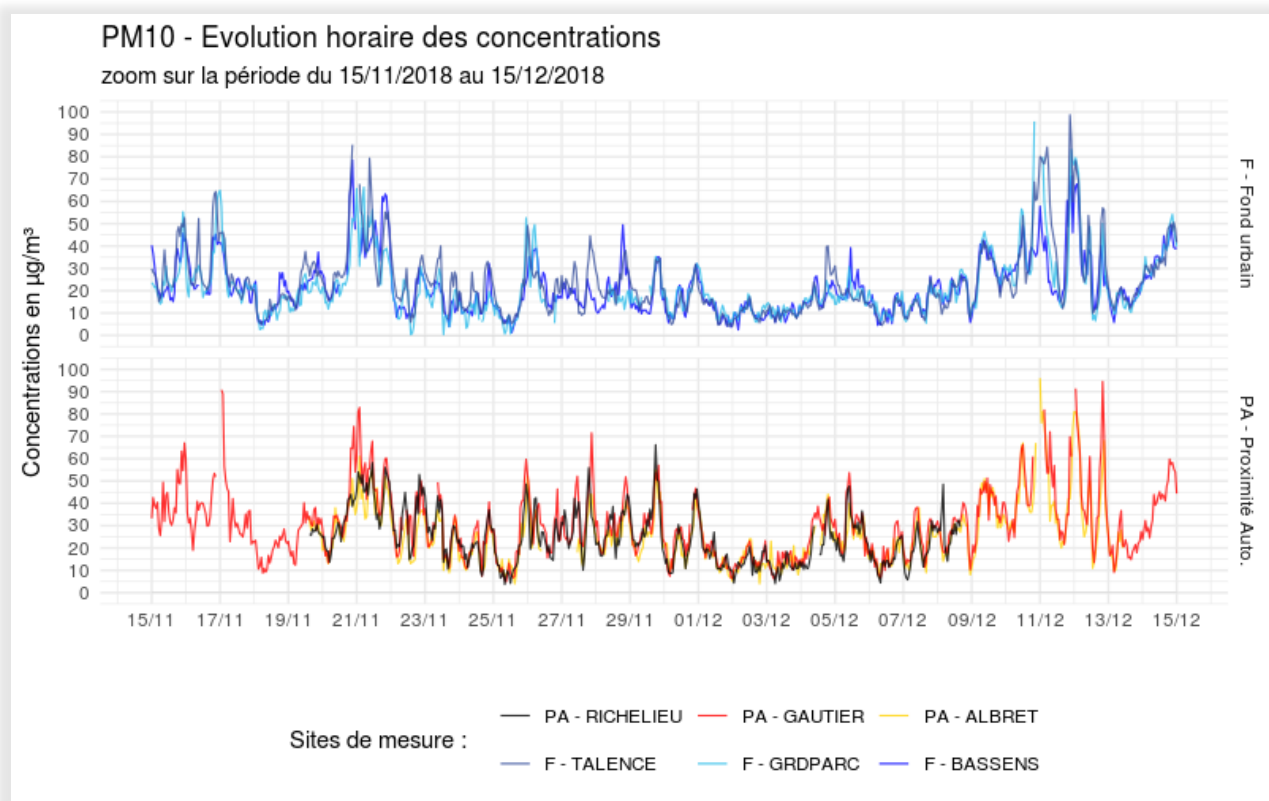
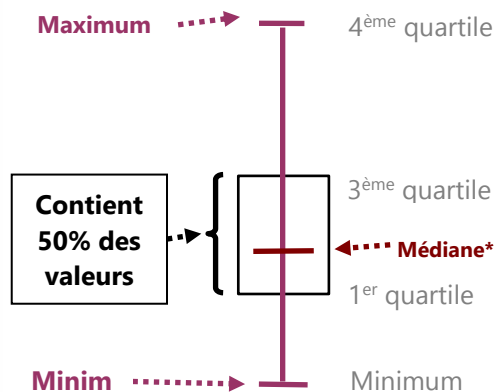
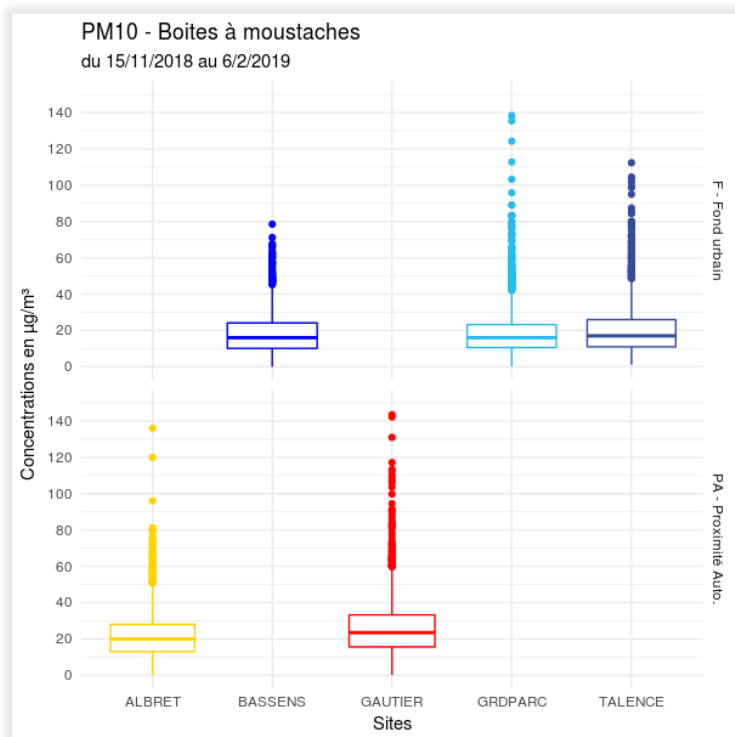


Figure 19 : Evolutions horaires des concentrations en PM10 du 15/11/18 au 15/12/18



* : La médiane permet de séparer les concentrations mesurées en deux groupes de même nombre (50% des valeurs sont supérieures, 50% sont inférieures)

Figure 20 : Boîtes à « moustaches » ou boxplot pour les PM10 sur les stations fixes et laboratoires mobiles

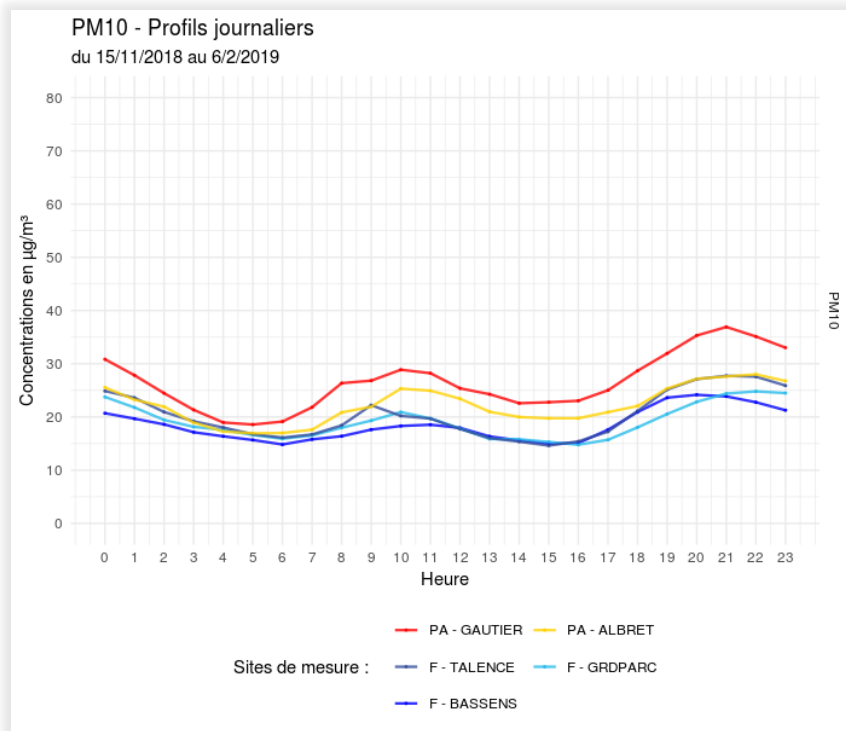


Figure 21 : Profils moyens journaliers des concentrations en PM10 sur les stations fixes et laboratoires mobiles

En étudiant le profil moyen journalier présenté sur la Figure 21, on peut observer sur l'ensemble des sites les pics trafic domicile/travail du matin et du soir mais moins marqué que sur le dioxyde d'azote. De plus, les niveaux en PM10 ont tendance à être plus élevés en fin de soirée jusqu'en fin de nuit en période hivernale du fait des émissions de particules par l'utilisation du bois comme moyen de chauffage. En revanche, on peut noter que le profil moyen journalier du laboratoire mobile cours d'Albret évolue entre le profil de la station de Bordeaux Gautier et ceux des stations fixes de fond urbain.

4. Conclusion

La campagne de mesures réalisée sur l'hiver 2018-2019 dans le cadre de cette étude a permis d'évaluer les niveaux dioxyde d'azote NO₂ et en particules PM10 à proximité du trafic routier dans des zones où la modélisation montre des concentrations importantes et où la population y est majoritairement exposée.

Résultats des mesures

En ce qui concerne les niveaux en dioxyde d'azote NO₂, il en ressort les éléments suivants :

- Les niveaux sur le laboratoire mobile situé cours d'Albret sont proches de la valeur limite fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle, valeur donnée à titre indicative, puisqu'une moyenne de 38,5 µg/m³ est observé sur Albret ; la concentration moyenne annuelle observée sur la station Gautier sur l'année 2018 étant de 39,9 µg/m³ alors qu'elle est de 45,4 µg/m³ pendant la campagne de mesures.
- La mesure par échantillonnage passif a montré que deux tiers des sites positionnés en proximité automobile ont des concentrations supérieures à 40 µg/m³, la valeur limite à ne pas dépasser en moyenne annuelle.

Pour les particules PM10, on note que les niveaux sur le laboratoire mobile situé cours d'Albret évoluent entre les niveaux des stations fixe de fond urbain (moyenne des 3 stations à 19,3 µg/m³) et les niveaux de la station de Gautier (26,5 µg/m³). Même s'ils restent éloignés de la valeur limite fixée à 40 µg/m³ en moyenne annuelle, les niveaux rencontrés sur Albret sont supérieurs à la valeur guide OMS fixé à 20 µg/m³ en moyenne annuelle, la valeurs limite et la valeur seuil étant fournies à titre indicatif.

Evolution par rapport à 2010 et 2015

En confrontant les résultats de la campagne tubes passifs avec ceux des campagnes hivernales 2010 et 2015, on observe une baisse relative des niveaux en NO₂ d'environ 20% sur les sites de fond entre 2010 et 2018 ainsi qu'une baisse relative d'environ 35% sur les sites de proximité automobile sur la même période. Ces résultats rejoignent les analyses issues du bilan des données 2018 sur la Nouvelle-Aquitaine et s'explique principalement par les avancées technologiques des moteurs thermiques moins émetteurs d'oxydes d'azote aujourd'hui qu'il y a huit ans.

Expérimentation des micro-capteurs

L'intégration des micro-capteurs au cours de cette étude a permis de montrer le fort intérêt de ces appareils pour disposer d'une mesure complémentaire à la mesure réglementaire existante.

Table des figures

Figure 1 : Carte Stratégique Air version 2016 sur Bordeaux Métropole.....	5
Figure 2 : Zoom CSA sur le centre de la métropole.....	5
Figure 3 : Carte IPP basé sur la CSA version 2016 de Bordeaux Métropole	6
Figure 4 : Laboratoires mobiles installés place Reynal (à gauche) et quai Richelieu (à droite) sur Bordeaux....	10
Figure 5 : Localisation des moyens de mesure (stations fixes, laboratoires mobiles, tubes passifs et micro-capteurs).....	11
Figure 6 : Zoom sur le centre de la métropole concernant les moyens de mesure	12
Figure 7 : Evolutions horaires des concentrations en NO ₂ sur les stations fixes et laboratoires mobiles.....	15
Figure 8 : Evolutions horaires des concentrations en NO ₂ du 15/11/18 au 15/12/18	15
Figure 9 : Evolutions journalières des concentrations maximales en NO ₂ sur les stations fixes et laboratoires mobiles	16
Figure 10 : Boîtes à « moustaches » ou boxplot pour le dioxyde d'azote sur les stations fixes et laboratoires mobiles	16
Figure 11 : Profils moyens journaliers des concentrations en NO ₂ sur les stations fixes et laboratoires mobiles	17
Figure 12 : Statistiques sur les tubes passifs par typologie de site pour le polluant NO ₂	17
Figure 13 : Boîtes à « moustaches » ou boxplot pour le dioxyde d'azote pour les mesures par tubes passifs.	18
Figure 14 : Distribution des concentrations moyennes en NO ₂ pour chacun des 54 sites tubes passifs sur l'ensemble des 4 campagnes de mesures	19
Figure 15 : Cartographie des moyennes NO ₂ sur la campagne de mesures par tubes passifs.....	20
Figure 16 : Zoom de la cartographie des moyennes NO ₂ sur la campagne de mesures par tubes passifs.....	21
Figure 17 : Evolution horaire des concentrations en NO ₂ sur les micro-capteurs installés Cours Clémenceau et cours d'Albret pendant la campagne - comparaison avec le laboratoire mobile positionné cours d'Albret.....	23
Figure 18 : Evolutions horaires des concentrations moyennes en PM ₁₀ sur les stations fixes et laboratoires mobiles	24
Figure 19 : Evolutions horaires des concentrations en PM ₁₀ du 15/11/18 au 15/12/18	25
Figure 20 : Boîtes à « moustaches » ou boxplot pour les PM ₁₀ sur les stations fixes et laboratoires mobiles.	25
Figure 21 : Profils moyens journaliers des concentrations en PM ₁₀ sur les stations fixes et laboratoires mobiles	26
Figure 22 : Coupe d'un tube de Palmes	29

Table des tableaux

Tableau 1 : Répartition des émissions de NO _x par secteur sur Bordeaux Métropole	7
Tableau 2 : Valeurs réglementaires applicables au NO ₂ (Directive 2008 50 CE)	7
Tableau 3 : Répartition des émissions de PM ₁₀ par secteur sur Bordeaux Métropole.....	8
Tableau 4 : Valeurs réglementaires applicables aux PM ₁₀ (Directive 2008 50 CE)	8
Tableau 5 : Matériel et méthodes de mesure.....	9
Tableau 6 : Statistiques sur les concentrations en NO ₂ des stations fixes et laboratoires mobiles du 15/11/18 au 06/02/19	14
Tableau 7 : Evolution des concentrations en NO ₂ par typologie de sites entre les hivers 2010, 2015 et 2018.	22
Tableau 8 : Statistiques des concentrations en NO ₂ pour les micro-capteurs et le laboratoire mobile cours d'Albret.....	23
Tableau 9 : Statistiques horaires sur les concentrations en PM ₁₀ des stations fixes et laboratoires mobiles....	24

Annexes

Annexe 1 : Principe de l'échantillonnage passif

La méthode d'échantillonnage par diffusion passive retenue pour cette étude est complémentaire aux autres outils de surveillance utilisés, comme les stations fixes de mesures ou les laboratoires mobiles. Si ces derniers permettent de réaliser des mesures locales de la pollution en continu, l'utilisation des tubes passifs permet de réaliser des mesures sur des zones beaucoup plus vastes et de déterminer, avec un coût acceptable, la distribution spatiale des concentrations de polluants.

Les capteurs passifs collectent spécifiquement les polluants présents dans l'air ambiant. Les résultats obtenus permettent d'estimer une concentration moyenne sur une période de 1 à 3 semaines, selon la durée d'exposition.

Le principe de l'échantillonnage passif repose sur la collecte spécifique de polluants gazeux. La vitesse de captation sur le tube est contrôlée par diffusion à travers une membrane. La masse de composés collectés est liée mathématiquement au gradient de concentration dans la zone de diffusion (1ère loi de Fick) :

$$\text{Loi de Fick : } \frac{dm}{dt} = D \times S \times \frac{dC}{dl}$$

C (en mol.cm⁻³) : concentration de l'espèce moléculaire dans l'air

M (en mol) : quantité de matière diffusant à travers la section

S (en cm²) : surface sur une longueur

l (en cm) : longueur durant un temps

t (en s) : temps quantité de matière captée

D (en cm².s⁻¹) : coefficient de diffusion moléculaire caractéristique du composé

Des capteurs de type tube à diffusion de Palmes, pour lesquels le flux gazeux est transporté par diffusion gazeuse dans une colonne d'air, ont servi pour mesurer les concentrations en dioxyde d'azote. Pour ce type de capteur, la diffusion s'exerce le long d'un tube contenant deux grilles en acier inoxydable positionnées à l'extrémité supérieure et enduites d'un produit absorbant : la triéthanolamine. En fin d'échantillonnage, le dosage chimique du dioxyde d'azote échantillonné sous forme de nitrites est réalisé par spectrophotométrie à 542 nm.

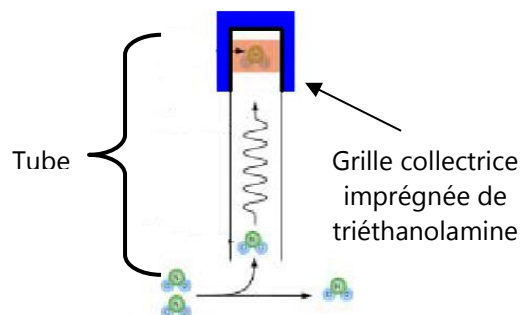


Figure 22 : Coupe d'un tube de Palmes

Annexe 2 : Résultats des prélèvements par échantillonnage passif

P1 : période 1 – du 28/11/18 au 12/12/18

P2 : période 2 – du 12/12/18 au 26/12/18

P3 : période 3 – du 26/12/18 au 09/01/19

P4 : période 4 – du 09/01/19 au 23/01/19

Moy. : moyenne des 4 périodes

%D : pourcentage de disponibilité des données sur les 4 périodes

Dioxyde d'azote – NO₂

Site	Long.	Latitude	Emplacement	P1	P2	P3	P4	Moy.	%D
F25STAT	-0.580355	44.861213	Station fixe Grand Parc, Bordeaux	21.6	19.2	15.6	24.2	20.2	100
F31	-0.55433	44.8417	12 rue L. Lenoir, Bordeaux	24.2	-	21.3	24.6	23.4	75
F32	-0.53457	44.84356	6 rue Sainte Marie, Cenon	19.8	21.9	21.6	27.8	22.8	100
F36	-0.60934	44.83310	56 rue Schrader, Bordeaux	28.9	26.8	22.2	28.7	26.7	100
F51STAT	-0.589397	44.800445	Station fixe de Talence	21.5	41.5	19.6	23.1	26.4	100
F100	-0.534218	44.804465	19 rue Coulon, Bordeaux	17.7	26.3	17.8	29.3	22.8	100
F102	-0.572413	44.830942	Place de la Victoire, Bordeaux	28.8	33.7	23.2	30.3	29.0	100
F103	-0.571401	44.835591	38 rue Saint James, Bordeaux	32.1	22.0	31.7	29.6	28.8	100
F104	-0.579727	44.840624	Rue de le Vieille-Tour, Bordeaux	27.9	26.0	22.7	30.0	26.7	100
F105	-0.536447	44.856182	11 rue J. Guesde, Cenon	35.9	19.6	29.7	52.1	34.3	100
PA12	-0.627162	44.879955	Route du Médoc, Bruges	43.1	48.1	44.8	57.0	48.3	100
PA14	-0.509064	44.882153	Av. de Paris, Lormont	33.0	38.2	36.6	48.2	39.0	100
PA22	-0.642169	44.861139	Av. de la Libération, Mérignac	36.8	36.5	35.3	47.1	38.9	100
PA28	-0.575611	44.866102	Place Razerries, Bordeaux	43.5	50.9	38.0	50.1	45.6	100
PA32STAT	-0.544765	44.849671	Station fixe Bastide, Bordeaux	26.3	36.0	18.2	25.4	26.5	100
PA33	-0.501538	44.843063	D936, Artigues-près-Bordeaux	44.0	56.0	55.2	70.6	56.5	100
PA40	-0.577800	44.83197	Rue Edmont Costedoat, Bordeaux	38.2	42.3	31.2	49.6	40.3	100
PA41	-0.566557	44.836233	Place Bir Hakeim, Bordeaux	35.4	37.5	31.5	27.9	33.1	100
PA45	-0.54451	44.81919	130 Bvd J-J Bosc, Bègles	31.8	35.8	26.4	38.5	33.1	100
PA51	-0.593862	44.801894	537 Cours de la Libération, Talence	35.0	35.5	-	42.3	37.6	75
PA55	-0.628149	44.806897	33 Av Jean Jaurès, Pessac	28.6	30.1	34.1	38.4	32.8	100
PA56	-0.605061	44.789622	Cours G. de Gaulle, Gradignan	41.9	38.6	44.5	52.8	44.5	100

Site	Long.	Latitude	Emplacement	P1	P2	P3	P4	Moy.	%D
PA100	-0.643178	44.823518	Av. François Mitterrand, Mérignac	25.6	25.8	23.1	27.8	25.5	100
PA101	-0.597774	44.819655	Rue des arts, Bordeaux	34.1	41.6	26.2	38.6	35.1	100
PA102	-0.573912	44.810909	80 route de Toulouse, Talence	37.2	34.9	34.5	44.8	37.8	100
PA103	-0.552613	44.814782	Bvd J-J Bosc, Bègles	27.9	41.6	19.3	29.6	29.6	100
PA104	-0.537418	44.817574	63 quai du P. Wilson, Bordeaux	-	52.5	55.5	49.6	52.5	75
PA105	-0.52048	44.810597	D113, Bouliac	36.8	43.5	20.1	31.4	32.9	100
PA106	-0.572391	44.815767	364 Cours de la Somme, Bordeaux	39.2	30.5	23.5	35.8	32.3	100
PA107	-0.574426	44.815922	194 Bvd Pr. F. Roosevelt, Bordeaux	40.2	41.7	44.8	49.7	44.1	100
PA108	-0.581360	44.825006	160 rue Saint Genès	-	26.7	25.7	32.0	28.1	75
PA109STAT	-0.598645	44.833544	Station fixe Gautier, Bordeaux	39.1	58.4	35.1	61.7	48.6	100
PA110	-0.600756	44.83654	33 Av. d'Arès, Bordeaux	29.3	33.8	29.2	39.7	33.0	100
PA111	-0.594421	44.837234	275 rue G. Bonnac, Bordeaux	30.5	30.9	21.2	26.3	27.2	100
PA112	-0.594800	44.840555	199 rue Judaique, Bordeaux	28.0	27.6	25.1	31.7	28.1	100
PA113	-0.591705	44.849602	172 rue Naujac, Bordeaux	31.3	29.9	24.3	27.6	28.3	100
PA114	-0.598500	44.848592	24 Av. Charles de Gaulle, Bordeaux	32.3	40.5	34.3	40.3	36.8	100
PA115	-0.599995	44.855029	117 Av. d'Eysines, Le Bouscat	40.5	40.8	39.3	49.4	42.5	100
PA116	-0.588994	44.854064	15 rue Tivoli, Bordeaux	32.0	42.2	28.5	37.3	35.0	100
PA117	-0.590428	44.86723	115 Av. V. Hugo, Le Bouscat	30.5	28.7	23.6	34.9	29.4	100
PA118	-0.568212	44.860983	117 Cours Saint Louis, Bordeaux	41.1	39.0	32.4	38.0	37.6	100
PA119	-0.558918	44.864361	96 Rue Lucie Faure, Bordeaux	42.2	34.6	30.1	46.5	38.4	100
PA120	-0.564292	44.876842	Bvd Aliénor d'Aquitaine, Bordeaux	34.2	43.8	32.8	42.9	38.4	100
PA121	-0.548440	44.856446	65 Quai de Brazza, Bordeaux	38.7	37.6	39.7	40.5	39.1	100
PA122	-0.564322	44.844094	33 quai de Queyries, Bordeaux	37.0	34.9	25.7	38.4	34.0	100
PA123	-0.579083	44.843402	27 Cours G. Clémenceau, Bordeaux	44.4	43.1	32.6	54.5	43.7	100
PA124	-0.580702	44.835882	Cours d'Albret, Bordeaux	32.9	42.3	34.1	33.0	35.6	100
PA125	-0.566791	44.829557	94 Cours de la Marne, Bordeaux	35.1	35.8	30.2	26.5	31.9	100
PA126	-0.547593	44.826529	Bvd des Frères Moga, Bordeaux	46.3	49.3	40.9	46.6	45.8	100
PA127	-0.546972	44.832053	26 Quai de la Souys, Bordeaux	30.5	35.4	32.2	39.3	34.4	100

Site	Long.	Latitude	Emplacement	P1	P2	P3	P4	Moy.	%D
PA128	-0.554233	44.835868	52 Quai Deschamps, Bordeaux	29.4	31.2	22.4	33.5	29.1	100
PA129	-0.544525	44.839941	Bvd Joliot Curie, Bordeaux	38.2	41.9	32.4	47.8	40.1	100
PA130	-0.581903	44.838831	Place Reynal (Cours Albret), Bordeaux	39.9	41.4	33.2	35.7	37.5	100
PA131	-0.561079	44.856999	Quai Bacalan, Bordeaux	43.3	44.0	26.5	48.9	40.7	100



RETROUVEZ TOUTES
NOS **PUBLICATIONS** SUR :
www.atmo-nouvelleaquitaine.org

Contacts

contact@atmo-na.org
Tél. : 09 84 200 100

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

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

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

