

Qualité de l'air aux abords des boulevards bordelais et d'autres axes routiers de Bordeaux Métropole

Campagne de mesures

Période de mesure : du 16/02 au 13/04/2022

Communes et département d'étude : Bordeaux, Le Bouscat, Bègles, Talence - Gironde (33)

Référence : URB_EXT_21_365

Version finale du : 07/09/2022

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

Titre : Qualité de l'air aux abords des boulevards bordelais et d'autres axes routiers de Bordeaux Métropole – Campagne de mesures

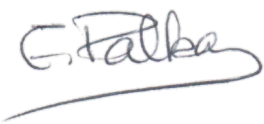


Reference : URB_EXT_21_365

Version : finale du 07/09/22

Délivré à : Bordeaux Métropole
Esplanade Charles de Gaulle 33000 BORDEAUX

Selon offre n° : URB_EXT_21_365 du 16/11/2021 et avenant n°1 du 21/01/2022

Nombre de pages : 29 (couverture comprise)

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	Emilie PALKA	Cyril HUE	Rémi FEUILLADE
Qualité	Ingénieure d'études	Responsable du service Etudes	Directeur délégué Production et 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 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 donné d'accord préalable. Dans ce rapport, les incertitudes de mesures ne sont pas prises en compte lors de comparaison à un seuil réglementaire

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

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

Sommaire

1. Introduction et contexte	7
2. Polluants suivis et méthodes de mesures	8
2.1. Polluants surveillés.....	8
2.1.1. Oxydes d'azote (NO _x)	8
2.1.2. Particules (PM10)	8
2.2. Valeurs de référence	9
2.3. Méthodes de mesures.....	11
3. Dispositif de mesures	12
3.1. Stratégie spatiale	12
3.2. Stratégie temporelle	13
4. Conditions environnementales	14
5. Données trafic	15
6. Présentation des résultats de prélèvements et analyses	17
6.1. Mesures de dioxyde d'azote par tubes passifs.....	17
6.2. Mesures automatiques.....	21
6.2.1. Dioxyde d'azote (NO ₂)	22
6.2.2. Particules en suspension PM10.....	24
7. Conclusion	27

Annexes

Annexe 1 : Concentrations en dioxyde d'azote mesurées par tubes passifs	28
--	-----------

Table des figures

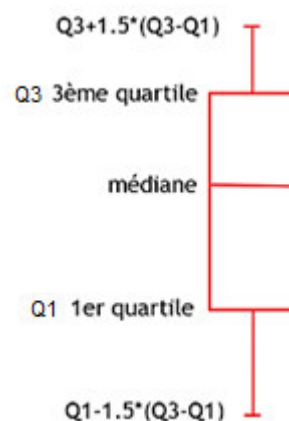
Figure 1 : émissions de NO _x sur Bordeaux Métropole – Inventaire des émissions 2018, plate-forme ICARE V3.2.3.....	8
Figure 2 : émissions de PM ₁₀ sur Bordeaux Métropole - Inventaire des émissions 2018, plate-forme ICARE V3.2.3.....	9
Figure 3 : tube passif NO ₂	11
Figure 4 : station fixe "Gautier".....	11
Figure 5 : carte de localisation des sites de mesure.....	13
Figure 6 : rose des vents moyenne à Bordeaux-Mérignac du 16/02 au 13/04/2022.....	14
Figure 7 : évolution de la température et des précipitations (données Météo France Bordeaux-Mérignac) du 16/02 au 13/04/2022.....	14
Figure 8 : évolution globale du trafic routier entre les premiers trimestres de 2019 et 2022 (source : Bordeaux Métropole).....	15
Figure 9 : évolution du trafic routier à proximité des sites de mesure entre l'étude de 2018-2019 et l'étude de 2022 (données : Bordeaux Métropole).....	16
Figure 10 : concentrations moyennes en NO ₂ relevées par tubes passifs.....	17
Figure 11 : carte des concentrations en NO ₂ mesurées par tubes passifs.....	18
Figure 12 : comparaison des concentrations en NO ₂ mesurées par tubes passifs en 2018-2019 et en 2022 ...	19
Figure 13 : évolution des concentrations en NO ₂ entre 2018-2019 et 2022, selon les sites de mesure.....	20
Figure 14 : carte de localisation des stations d'Atmo Nouvelle-Aquitaine étudiée dans le rapport.....	21
Figure 15 : boxplot des concentrations en NO ₂ (moyennes horaires).....	22
Figure 16 : évolution temporelle des concentrations en NO ₂ (moyennes horaires).....	22
Figure 17 : évolution des concentrations en NO ₂ pendant la campagne hivernale (moyennes journalières) ...	23
Figure 18 : évolution de la concentration moyenne horaire en NO ₂ en heures UTC pendant la période d'étude.....	23
Figure 19 : boxplot des concentrations en NO ₂ (moyennes horaires) en 2018-2019 et 2022.....	24
Figure 20 : boxplot des concentrations en PM ₁₀ (moyennes horaires).....	25
Figure 21 : évolution temporelle des concentrations en PM ₁₀ (moyennes journalières).....	25
Figure 22 : boxplot des concentrations en PM ₁₀ (moyennes horaires) en 2018-2019 et 2022.....	26

Table des tableaux

Tableau 1 : valeurs de référence.....	10
Tableau 2 : évolution des seuils de référence OMS entre 2005 et 2021.....	10
Tableau 3 : matériel et méthodes de mesure.....	12
Tableau 4 : concentrations en NO ₂ mesurées par analyseurs automatiques.....	22
Tableau 5 : concentrations en NO ₂ mesurées par analyseurs automatiques en 2018-2019 et 2022.....	24
Tableau 6 : concentrations en PM ₁₀ mesurées par analyseurs automatiques.....	25
Tableau 7 : concentrations en PM ₁₀ mesurées par analyseurs automatiques en 2018-2019 et 2022.....	26

Définitions

- **Valeur limite** : un niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.
- **Objectif de qualité** : un niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.
- **Valeur cible** : un niveau à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné, et fixé afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou l'environnement dans son ensemble.
- **Station de fond urbain** : station de mesure fixe qui permet le suivi du niveau d'exposition de la majorité de la population aux phénomènes de pollution dits de « fond » dans les centres urbains. Les mesures sont représentatives de l'air respiré par la majorité des habitants d'une agglomération.
- **Station trafic** : station de mesure fixe implantée dans une zone représentative des niveaux de concentrations les plus élevés auxquels la population située à proximité d'une infrastructure routière est susceptible d'être exposée. Les mesures sont représentatives de l'exposition maximale sur les zones soumises à une forte circulation urbaine.
- **Boxplot (ou boîte à moustache)** : La médiane est la valeur qui partage l'échantillon en deux : 50 % des concentrations sont inférieures à cette valeur et 50 % sont supérieures. Le 1^{er} quartile indique qu'un quart, soit 25%, des concentrations mesurées sont inférieures à cette valeur. Trois quarts, soit 75%, des concentrations mesurées sont donc supérieures à cette même valeur. Le 3^{ème} quartile indique que trois quarts, soit 75%, des concentrations mesurées sont inférieures à cette valeur et donc qu'un quart, soit 25%, sont supérieures à celle-ci.



Abréviations

- **OMS/WHO** : Organisation Mondiale pour la Santé / World Health Organization
- **COFRAC** : Comité Français d'Accréditation

Unité de mesure

µg : microgramme (= 1 millionième de gramme = 10^{-6} g)

Bordeaux Métropole a fait appel à Atmo Nouvelle-Aquitaine afin de disposer des données de qualité de l'air sur les boulevards bordelais et d'autres grands axes routiers de la métropole.

Une trentaine de sites ont été équipés de tubes passifs, entre février et avril 2022, permettant de mesurer le dioxyde d'azote, polluant traceur du trafic routier. La majorité des sites avait été instrumentée lors d'une campagne similaire en hiver 2018-2019 (Rapport URB_EXT_17_046), ce qui a permis de pouvoir suivre l'évolution des concentrations entre les deux campagnes.

Les mesures automatiques, en continu, de particules en suspension PM10 et dioxyde d'azote ont également été étudiées sur 3 stations du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine : la station fixe trafic « Gautier », la station fixe de fond urbain « Grand Parc » et la station mobile de fond urbain « Port de la Lune ».

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

Les concentrations relevées en dioxyde d'azote par tubes passifs sont en moyenne plus élevées sur les sites situés sur les boulevards entre la Place Ravezies et la barrière de Toulouse, ainsi que dans le centre-ville de Bordeaux, par rapport aux autres sites instrumentés.

Le seuil de la valeur limite en moyenne annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été respecté sur la totalité des sites étudiés.

Le seuil annuel de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ recommandé par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a été dépassé sur la totalité des sites. Il n'a pas non plus été respecté sur les stations d'influence de fond « Grand Parc » et « Port de la Lune ».

Les concentrations en dioxyde d'azote mesurées en continu sur les stations « Port de la Lune » et « Grand Parc » sont du même ordre de grandeur. La station « Gautier », située sur les boulevards, enregistre des concentrations plus importantes. Le seuil de la valeur limite en moyenne horaire de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a pas été atteint. A titre indicatif, la valeur limite en moyenne annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été respectée sur toutes les stations, pendant la période étudiée. Les seuils recommandés par l'OMS de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle et celui de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière n'ont été respectés sur aucune des trois stations.

Les concentrations en PM10 mesurées en continu sur les stations « Port de la Lune » et « Grand Parc » du même ordre de grandeur. La station « Gautier », située sur les boulevards, enregistre des concentrations légèrement plus importantes.

Le seuil de la valeur limite journalière de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, à ne pas dépasser plus de 35 jours par an, a été dépassé 1 journée sur les sites « Port de la Lune » et « Grand Parc » et 3 journées sur la station « Gautier », pendant la période d'étude. A titre indicatif, la valeur limite en moyenne annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été respectée sur toutes les stations, pendant la période étudiée.

Le seuil de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle recommandé par l'OMS n'a été respecté sur aucune des trois stations. Le seuil journalier de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an, a été dépassé pendant 2 jours sur la station « Port de la Lune », pendant 3 jours sur la station « Grand Parc » et pendant 5 jours sur la station « Gautier », pendant la période d'étude.

Globalement, les concentrations en NO_2 ont diminué entre la période de l'étude de 2018-2019 et celle de 2022. Cela s'explique majoritairement par une baisse globale du trafic routier sur la métropole de Bordeaux, par le renouvellement du parc automobile avec des normes d'émissions plus contraignantes et, dans une moindre mesure, par des conditions météorologiques différentes entre les deux périodes. Les concentrations en particules PM10 sont, elles, stables entre les deux périodes d'études de 2018-2019 et 2022.

1. Introduction et contexte

En hiver 2018-2019, à la demande de Bordeaux Métropole, Atmo Nouvelle-Aquitaine avait réalisé une campagne de mesures sur le territoire bordelais (Rapport URB_EXT_17_046). Deux laboratoires mobiles ainsi que des tubes passifs avaient été déployés sur le territoire.

Depuis, plusieurs aménagements ont été mis en place. Notamment depuis mai 2020, une grande partie des boulevards de Bordeaux a été aménagée en réservant une des deux voies aux bus et cycles.

Une étude de modélisation a été réalisée fin 2021, à la demande de Bordeaux Métropole (Atmo Nouvelle-Aquitaine, Impact sur la qualité de l'air de la mise en place de voies dédiées aux bus et cyclistes sur les boulevards bordelais, octobre 2021). La modélisation haute résolution à l'échelle urbaine permet de déterminer la qualité de l'air dans des zones non couvertes par la mesure.

Deux périodes ont été étudiées : une première période d'évaluation sur l'année 2020 où Bordeaux Métropole a expérimenté la réservation aux bus/cyclistes sur une partie des boulevards, scénario dit « aménagement 2020 » et une seconde période d'évaluation sur un scénario complet d'aménagement des boulevards où une voie complète de part et d'autre des boulevards est réservée aux bus/cyclistes sur l'ensemble des boulevards, scénario dit « aménagement complet ».

Les conclusions dans le cadre de l'aménagement 2020 sont les suivantes :

- Une baisse de trafic sur les boulevards de 17 à 20% est observée. Le trafic a également diminué sur les axes à l'ouest des boulevards. A contrario, le trafic s'est reporté sur les axes intra-boulevards, mais seule une augmentation de l'ordre de 2% a été observée.
- En ce qui concerne les concentrations en dioxyde d'azote, une baisse de 7% des concentrations est observée sur les boulevards. Seule une augmentation moyenne de 2% est observée sur les axes intra-boulevards principalement.
- Pour les particules PM10 et PM2.5, les concentrations ont diminué de 2% sur les boulevards. Sur les axes de report, une augmentation pouvant aller jusqu'à 2% est observée.
- L'impact de cet aménagement est globalement bénéfique sur la qualité de l'air, les améliorations étant plus fortes que les dégradations.

Afin d'avoir des données mesurées sur l'évolution de la pollution de l'air autour des boulevards et de différents axes routiers, Bordeaux Métropole a souhaité à nouveau faire appel à l'observatoire régional de l'air. Une partie des sites investigués lors de l'étude 2018-2019 a été étudiée.

Une trentaine de sites répartis sur le territoire a alors été équipée de tubes passifs mesurant le dioxyde d'azote. Également, les mesures automatiques de particules PM10 et de dioxyde d'azote de plusieurs stations d'Atmo Nouvelle-Aquitaine seront présentées dans ce rapport :

- La station fixe « Gautier », située sur le boulevard Antoine Gautier,
- La station fixe « Grand Parc », située dans le quartier du même nom,
- La station mobile du Port de la Lune, située sur le quai Louis XVIII.

2. Polluants suivis et méthodes de mesures

2.1. Polluants surveillés

2.1.1. 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 sources principales sont les transports (routiers), l'industrie et l'agriculture.

Effets sur la santé

Les études épidémiologiques ont montré que les symptômes bronchitiques chez l'enfant asthmatique augmentent avec une exposition de longue durée au NO₂. On associe également une diminution de la fonction pulmonaire aux concentrations actuellement mesurées (ou observées) dans les villes d'Europe et d'Amérique du Nord.

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.

Inventaire des émissions polluantes

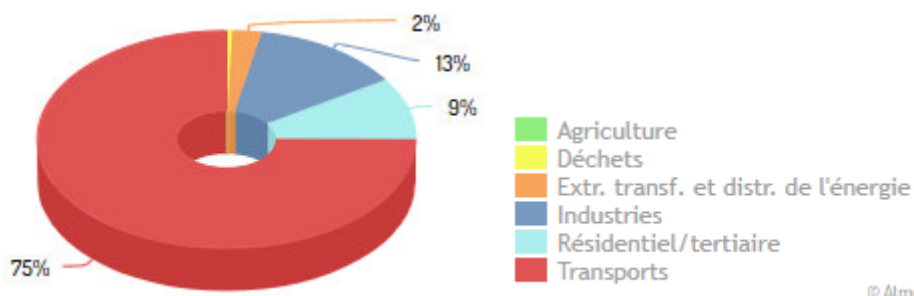


Figure 1 : émissions de NOx sur Bordeaux Métropole – Inventaire des émissions 2018, plate-forme ICARE V3.2.3

Les oxydes d'azote sont en grande majorité émis par le secteur des transports, à 75% sur le territoire de Bordeaux Métropole dont 62% par le transport routier uniquement. Le monoxyde d'azote et le dioxyde d'azote sont donc des composés traceurs de la pollution engendrée par le trafic routier.

2.1.2. Particules (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 être distingués :

- Les aérosols primaires : émis directement dans l'atmosphère sous forme solide ou liquide. Les particules liées à l'activité humaine proviennent majoritairement de la combustion de combustibles pour le chauffage des particuliers, principalement biomasse, du transport automobile (échappement, usure, frottements...) ainsi que des activités agricoles (labourage des terres...) et industrielles très

diverses (fonderies, verreries, silos céréaliers, incinération, exploitation de carrières, BTP...). Leur taille et leur composition sont très variables.

- Les aérosols secondaires : directement formés dans l'atmosphère par des processus de transformation des gaz en particules par exemple sulfates d'ammonium et nitrates d'ammonium. La majorité des particules organiques sont des aérosols secondaires.

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

- Les particules grossières (TSP), composées principalement de poussière, de sel de mer, de pollen mais aussi d'autres sources diverses. La durée de vie est relativement courte puisqu'elles tombent rapidement par la sédimentation.
- Les particules en suspension (PM10), de diamètre inférieur à 10 µm
- Les particules fines (PM2,5), de diamètre inférieur à 2,5 µm
- Les particules submicroniques (PM1), de diamètre inférieur à 1 µm
- Les particules ultrafines (PUF), définies comme l'ensemble des particules ayant un diamètre aérodynamique égal ou inférieur à 100 nm (0,1 µm).

Effets sur la santé

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

Effets sur l'environnement

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

Inventaire des émissions polluantes

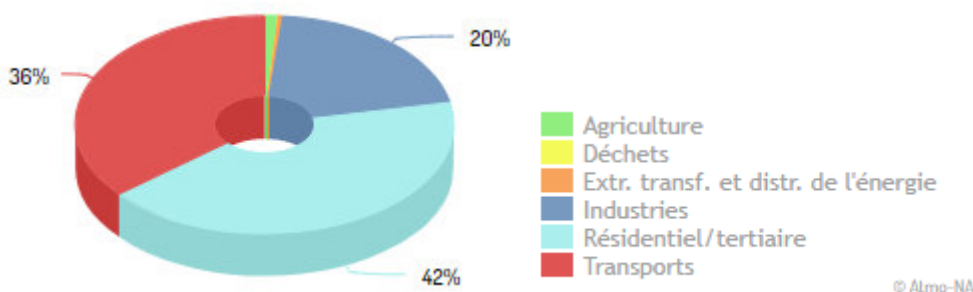


Figure 2 : émissions de PM10 sur Bordeaux Métropole - Inventaire des émissions 2018, plate-forme ICARE V3.2.3

Les particules PM10 proviennent en majorité du secteur résidentiel/tertiaire, du secteur des transports et des industries, respectivement 42%, 36% et 20% sur le territoire de Bordeaux Métropole.

2.2. Valeurs de référence

Les seuils réglementaires sont définis au niveau européen dans des directives puis déclinées en droit français par des décrets et des arrêtés.

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

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

Il existe également des seuils recommandés comme les lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Elles présentent des recommandations d'ordre général concernant les valeurs seuils des principaux polluants de l'air qui posent des risques de santé. Ces lignes directrices sont applicables dans le monde entier et se fondent sur l'analyse par des experts de données scientifiques contemporaines récoltées dans toutes les régions de l'OMS.

Ces lignes directrices ont été mises à jour par l'OMS en 2021. Les évolutions entre les seuils publiés en 2005 et ceux publiés en 2021, pour les polluants de l'étude, sont présentées dans le tableau 2.

Le tableau suivant regroupe les seuils pour chaque polluant surveillé au cours de cette étude :

Polluants	Lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) -2021	Valeurs réglementaires en air extérieur en vigueur Décrets N°98-360, 2002-213, 2010-1250 Directives 2008/50/CE		
		Valeurs limites	Valeurs cibles (en moyenne annuelle)	Objectifs de qualité (en moyenne annuelle)
Dioxyde d'azote (NO ₂)	10 µg/m ³ en moyenne annuelle	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	-	40 µg/m ³
	25 µg/m ³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours/an	200 µg/m ³ en moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 18 heures/an		
Particules en suspension (PM10)	15 µg/m ³ en moyenne annuelle	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	-	30 µg/m ³
	45 µg/m ³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours/an	50 µg/m ³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 35 jours/an		

Tableau 1 : valeurs de référence

Le tableau suivant présente l'évolution entre les seuils publiés par l'OMS en 2005 et ceux publiés en 2021, pour les polluants de l'étude :

Polluant	Ligne directrice OMS - 2005	Ligne directrice OMS - 2021
Dioxyde d'azote (NO ₂)	40 µg/m ³ en moyenne annuelle	10 µg/m ³ en moyenne annuelle 25 µg/m ³ en moyenne journalière
Particules en suspension (PM10)	20 µg/m ³ en moyenne annuelle 50 µg/m ³ en moyenne journalière	15 µg/m ³ en moyenne annuelle 45 µg/m ³ en moyenne journalière

Tableau 2 : évolution des seuils de référence OMS entre 2005 et 2021

2.3. Méthodes de mesures

Dans le cadre de cette étude, plusieurs moyens de mesures ont été déployés.

Tubes à diffusion passive

Des tubes passifs spécifiques au dioxyde d'azote, de type Gradko, ont été mis en place (cf. figure 1).

L'échantillonnage du gaz polluant s'effectue par diffusion à travers une membrane poreuse (cylindre diffusif) jusqu'à une surface de piégeage (cartouche d'adsorbant). Cet échantillonnage n'implique aucun mouvement actif de l'air. Quand l'échantillonneur passif (tube à diffusion) est exposé, un gradient de concentration s'établit entre l'air à l'extérieur du tube et l'air en contact avec la surface de l'adsorbant. Ce différentiel de concentration va entraîner une diffusion des composés polluants à travers la membrane poreuse, de la zone la plus concentrée en polluants (air ambiant) vers la surface de l'adsorbant (cartouche) où ils sont captés et accumulés. Les échantillonneurs passifs sont installés en air ambiant dans des boîtes de protection contre les intempéries. Ces boîtes sont accrochées à hauteur d'homme sur des gouttières, poteaux électriques ou lampadaires dégagés de tout obstacle.

L'échantillonneur passif est exposé à l'air pour une durée de 2 semaines, les résultats sont donc donnés en moyenne bi-hebdomadaire.

A la fin de la période d'exposition, les tubes passifs sont récupérés par les techniciens d'Atmo Nouvelle-Aquitaine puis analysés en laboratoire. Les analyses de NO₂ sont réalisées directement par l'observatoire par spectrophotométrie après complexation avec un colorant et piégeage sur une grille imprégnée de triéthanolamine et détection UV/Visible.



Figure 3 : tube passif NO₂

Analyseurs automatiques


Les stations fixes « Gautier » et « Grand Parc », ainsi que la station mobile du Port de la Lune, abritent des analyseurs automatiques qui mesurent les concentrations en NO_x et PM₁₀ en continu (quart-horaire).



Figure 4 : station fixe "Gautier"

Les références et principes de mesures sont détaillés dans les tableaux suivants.

Mesures automatiques

Caractéristique mesurée	Matériel	Référence et / ou principe de la méthode	Accréditation
Concentration en oxydes d'azote (NOx)	Analyseurs automatiques	NF EN 14211 - Dosage du dioxyde d'azote et du monoxyde d'azote par chimiluminescence	 ACCREDITATION COFRAC N° 1-6354* Portée disponible sur www.cofrac.fr
Concentration en particules		NF EN 16450 - Systèmes automatisés de mesurage de la concentration de matière particulaire (PM10 ; PM2.5)	

Mesures par prélèvement suivi d'une analyse chimique

Caractéristique mesurée	Matériel	Référence et / ou principe de la méthode de prélèvement	Référence et / ou principe de la méthode d'analyse
Concentration en dioxydes d'azote (NO ₂)	Préleveur	NF EN 16339 - Méthode pour la détermination de la concentration du dioxyde d'azote au moyen d'échantillonneurs par diffusion	

Tableau 3 : matériel et méthodes de mesure

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

3. Dispositif de mesures

3.1. Stratégie spatiale

Les mesures automatiques de particules PM10 et de dioxyde d'azote de plusieurs stations d'Atmo Nouvelle-Aquitaine sont présentées dans ce rapport :

- La station fixe « Gautier », située sur le boulevard Antoine Gautier,
- La station fixe « Grand Parc », située dans le quartier du même nom,
- La station mobile du Port de la Lune, située sur le quai Louis XVIII.

Les 34 emplacements des tubes passifs choisis en concertation avec Bordeaux métropole sont les suivants :

- 28 sites d'influence trafic de l'étude de 2018-2019, nommés « PA... » (PA : « Proximité Automobile »),
- 6 sites supplémentaires d'influence trafic également, nommés « PAN.. » (N : « Nouveau »).

Les sites de la campagne sont présentés sur la figure suivante :

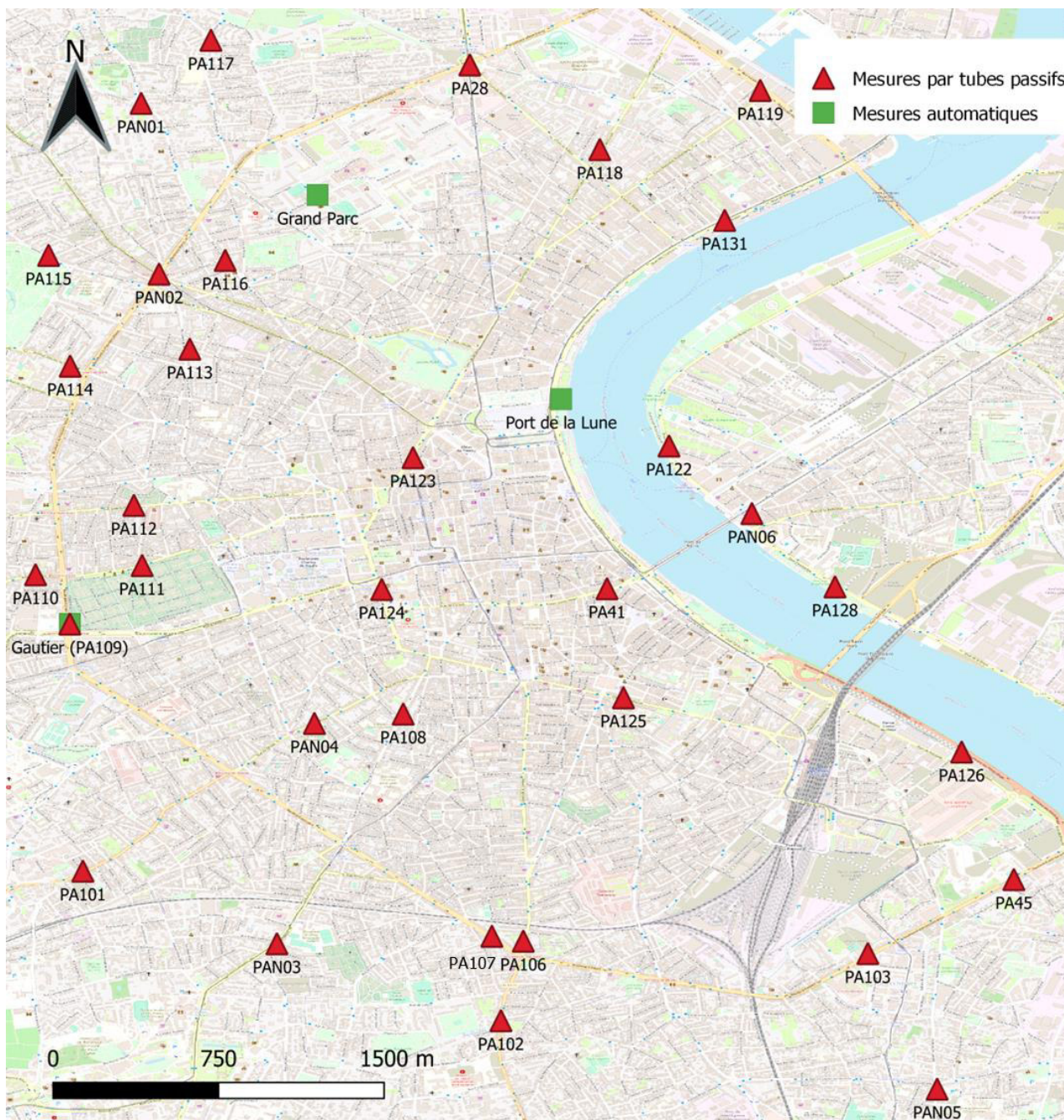


Figure 5 : carte de localisation des sites de mesure

3.2. Stratégie temporelle

L'étude a porté sur une période de 2 mois, de la même manière que l'étude de 2018-2019. Les mesures ont eu lieu entre le 16/02 et le 13/04/2022.

La durée de prélèvement des tubes passifs a été de 2 semaines, il y a donc eu 4 prélèvements au total. La période de mesure de l'étude de 2018-2019 (du 19/11/2018 au 06/02/2019) contenait la période des vacances de Noël : du 22/12/2018 au 07/01/2019. Celle de 2022 a inclus une partie des vacances d'hiver qui ont eu lieu entre le 12/02 et le 28/02/2022.

4. Conditions environnementales

La rose des vents ci-dessous est construite à partir des données météorologiques de Météo France de la station Bordeaux-Mérignac, pendant la période de mesure.

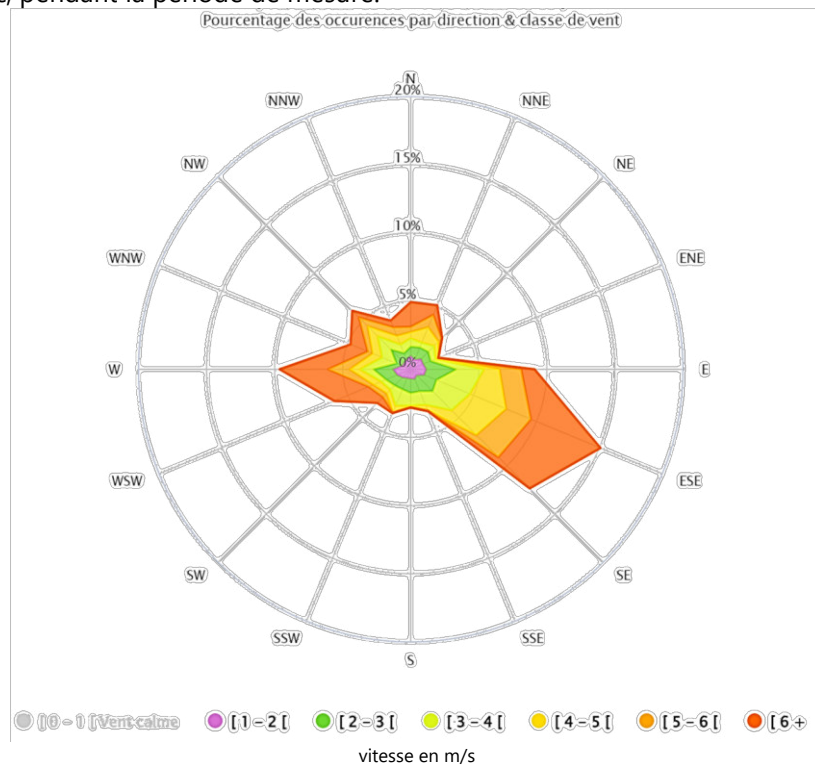


Figure 6 : rose des ventes moyenne à Bordeaux-Mérignac du 16/02 au 13/04/2022

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

Sur la période du 16/02 au 13/04/2022, les vents dominants provenaient majoritairement des secteurs Ouest, Sud-Est, Est-Sud-Est et Est.

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

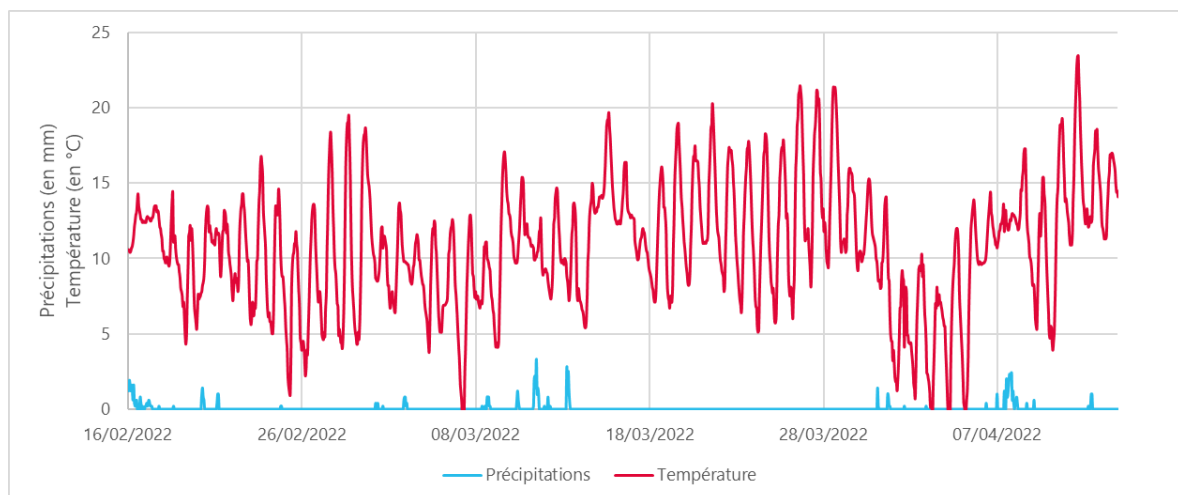


Figure 7 : évolution de la température et des précipitations (données Météo France Bordeaux-Mérignac) du 16/02 au 13/04/2022

Pendant la période de mesure, la température moyenne a été de 11°C. Les températures minimales et maximales atteintes ont été respectivement de -2°C et de 24°C. Le cumul des précipitations a été de 84 mm.

Pendant la campagne de mesures par tubes passifs ayant eu lieu entre le 28/11/2018 et le 23/01/2019, les températures étaient globalement plus fraîches. La moyenne était de 8°C. Les températures minimales et maximales atteintes ont été respectivement de -3°C et de 17°C. Le cumul des précipitations était de 125 mm, donc plus un peu important, sur cette période. Lors de l'étude 2018-2019, les vents provenaient en majorité de l'Ouest Sud-Ouest.

5. Données trafic

Le trafic routier a globalement diminué de 8 % sur la commune de Bordeaux depuis 2019. Entre le premier trimestre de 2019 et celui de 2022, le trafic en jours ouvrés de semaine a en moyenne baissé de 14% sur les boulevards, de 6% dans la zone intra-boulevards (en ne comptant que les axes ouverts à la circulation sur les deux périodes), de 5% dans la zone extra-boulevards et de 9% sur la rive droite.

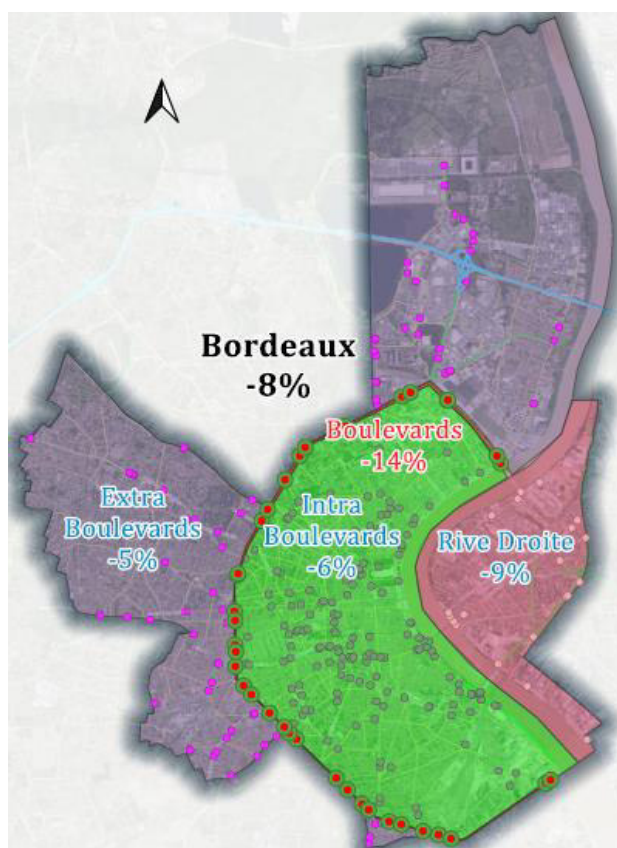


Figure 8 : évolution globale du trafic routier entre les premiers trimestres de 2019 et 2022
(source : Bordeaux Métropole)

Les baisses de circulation s'expliquent principalement par le nouveau plan de circulation de Bordeaux. Les aménagements réalisés induisent des changements de pratique de mobilité, vers une utilisation accrue des transports en commun (bus, tramway) et des modes de transports doux (vélo, trottinette, marche, ...). Le développement du télétravail dans certaines entreprises et administrations permet également de diminuer le trafic routier.

L'évolution du trafic routier à proximité des différents sites de mesure de la qualité de l'air est présentée sur la carte suivante.

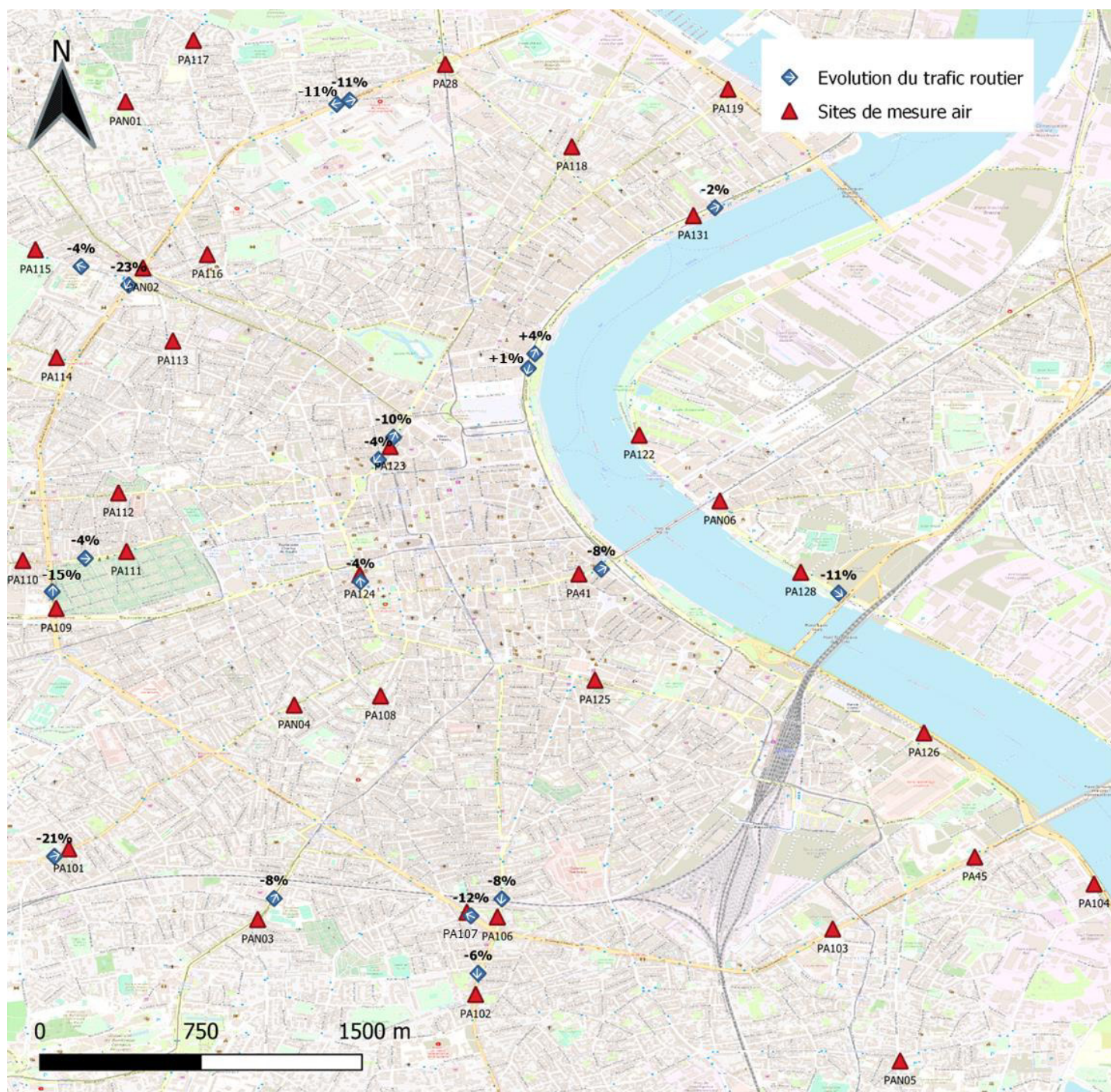


Figure 9 : évolution du trafic routier à proximité des sites de mesure entre l'étude de 2018-2019 et l'étude de 2022 (données : Bordeaux Métropole)

Les périodes de référence utilisées pour le calcul de l'évolution du trafic routier sont les périodes de l'étude de 2018-2019 (19/11/2018 au 06/02/2019) et de l'étude 2022 (du 16/02 au 13/04/2022).

Le trafic routier a globalement diminué sur tous les points de comptage situés sur les axes à proximité des sites de mesure de qualité de l'air, à l'exception des quais où il a très légèrement augmenté.

6. Présentation des résultats de prélèvements et analyses

6.1. Mesures de dioxyde d'azote par tubes passifs

Les tubes passifs ont été déployés pendant 8 semaines, à raison d'un prélèvement toutes les 2 semaines, entre le 16/02 et le 13/04/2022.

Les concentrations moyennes en NO₂ obtenues sont présentées sur les figures suivantes.

Le détail des concentrations mesurées pour chaque prélèvement est disponible en annexe 1.



Figure 10 : concentrations moyennes en NO₂ relevées par tubes passifs

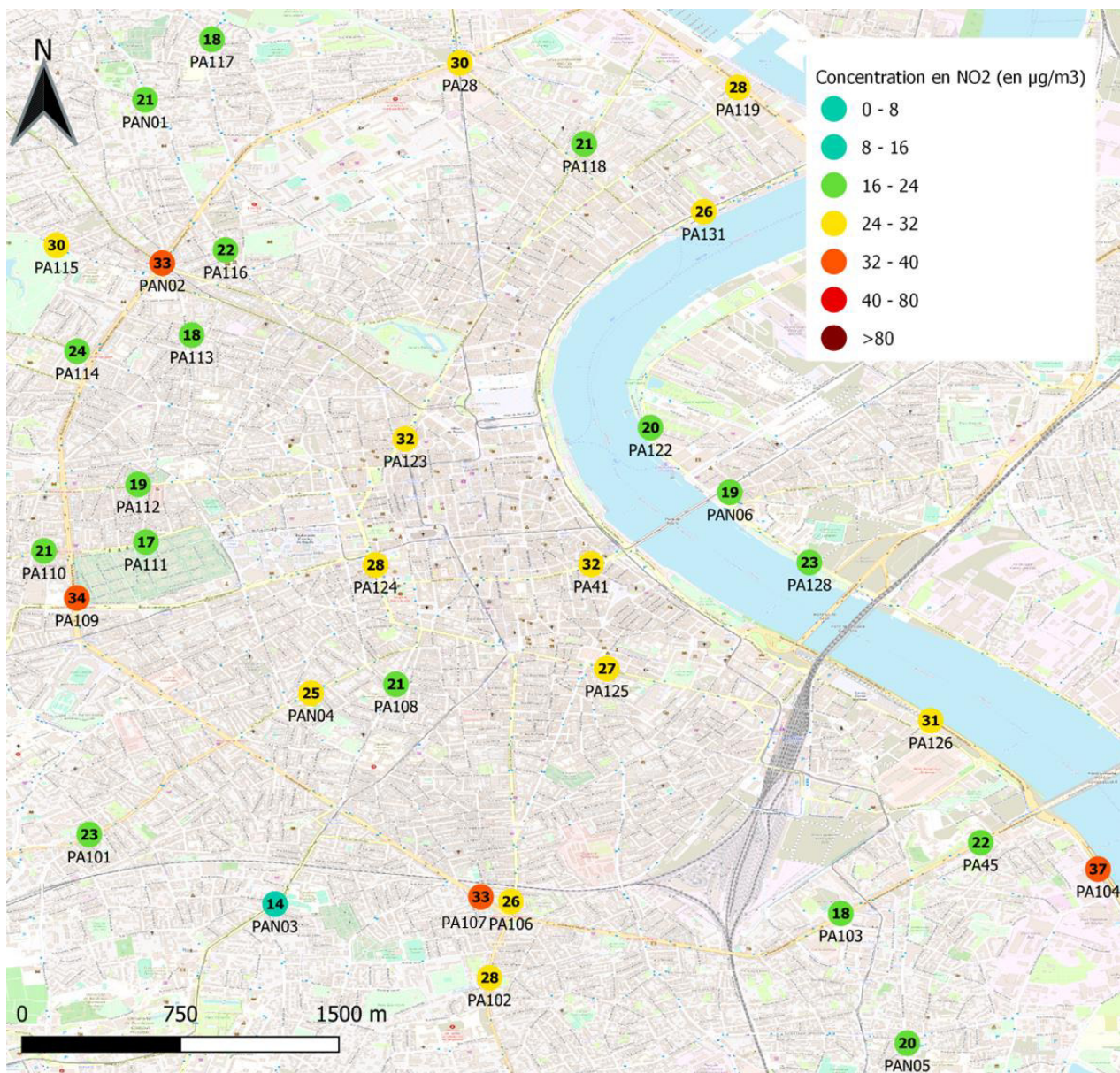


Figure 11 : carte des concentrations en NO₂ mesurées par tubes passifs

Les concentrations relevées en dioxyde d'azote sont en moyenne plus élevées sur les sites situés sur les boulevards entre la Place Ravezies et la barrière de Toulouse, ainsi que dans le centre-ville de Bordeaux et le site PA104.

Le seuil de la valeur limite en moyenne annuelle de 40 µg/m³ a été respectée sur la totalité des sites. Le seuil annuel de 10 µg/m³ recommandé par l'OMS a été dépassé sur la totalité des sites. Il est à noter que ce seuil n'est pas non plus respecté sur les stations d'influence de fond « Grand Parc » et « Port de la Lune » (cf. partie 6.2.1, page 22).

Comparaison à l'étude de 2018-2019

Les figures ci-dessous présentent les différents résultats obtenus lors de l'étude de 2018-2019 et de celle de 2022.

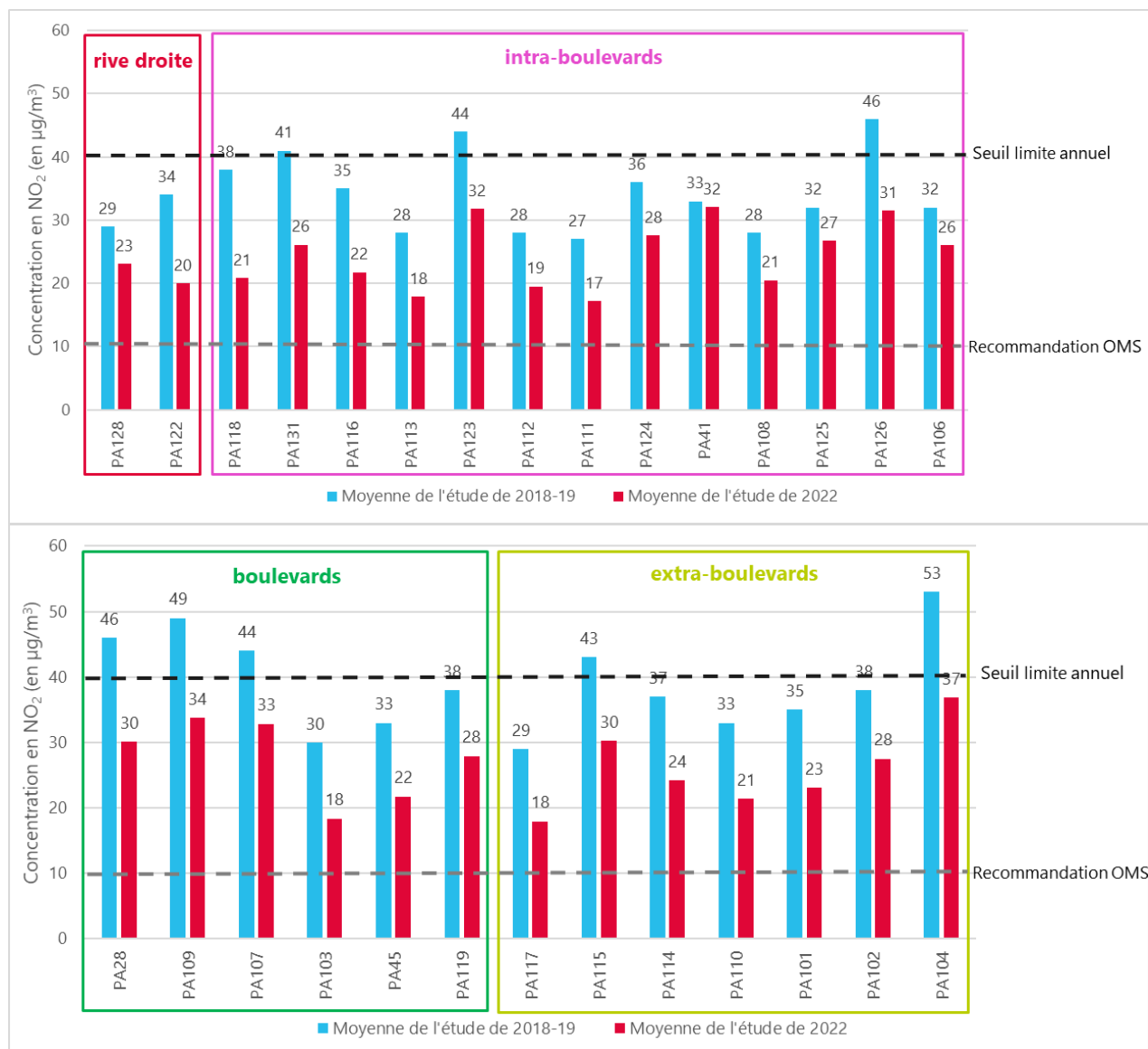


Figure 12 : comparaison des concentrations en NO₂ mesurées par tubes passifs en 2018-2019 et en 2022

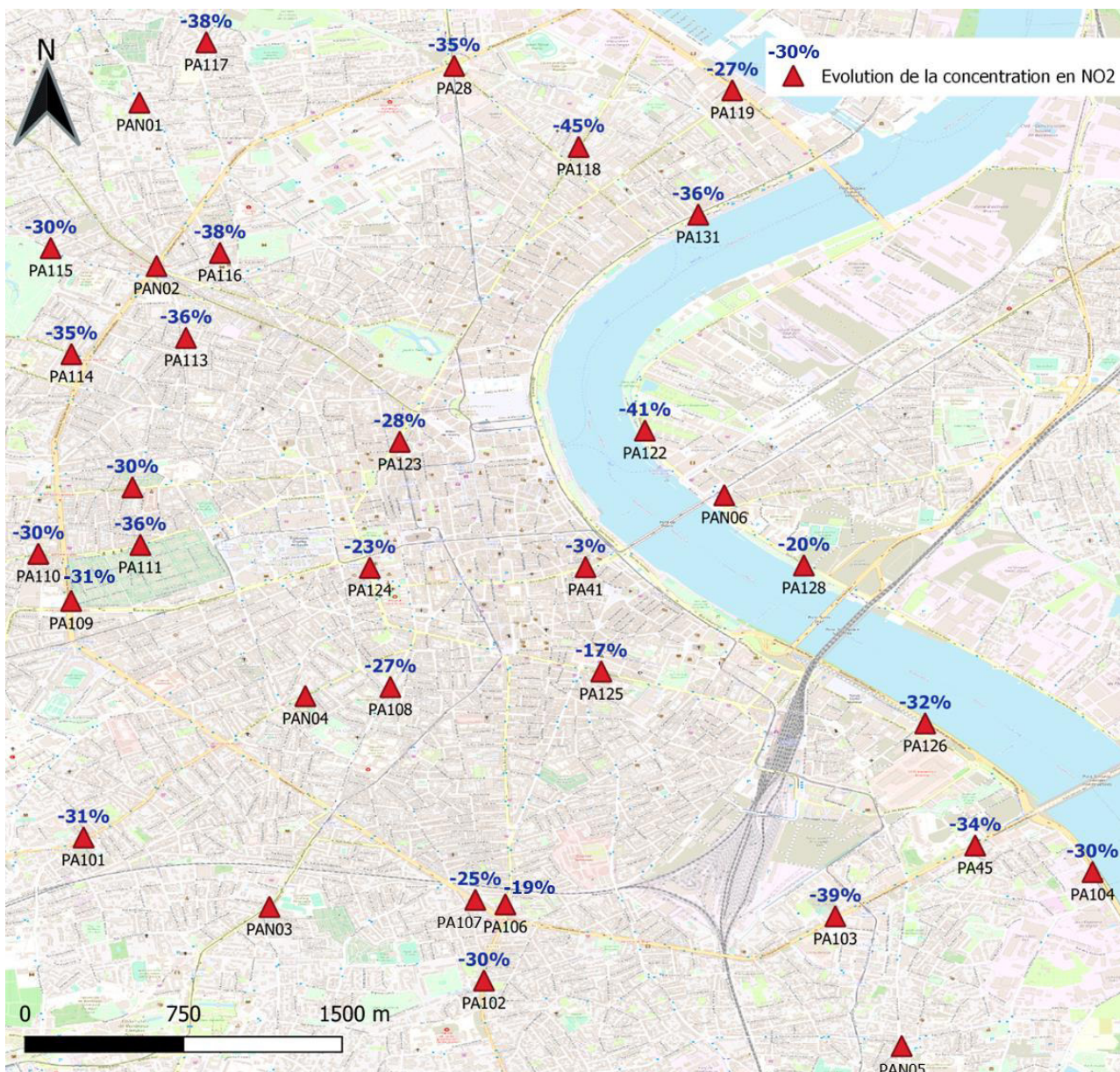


Figure 13 : évolution des concentrations en NO₂ entre 2018-2019 et 2022, selon les sites de mesure

Les concentrations en NO₂ ont diminué sur la totalité des sites. En moyenne, la baisse est de 30%. Cela s'explique majoritairement par une baisse globale du trafic routier sur la métropole de Bordeaux, par le renouvellement du parc automobile avec des normes d'émissions plus contraignantes et, dans une moindre mesure, par des conditions météorologiques différentes entre les deux périodes (cf. partie 4, pages 14-15). Les sites PA131, PA123, PA126, PA28, PA109, PA107, PA115 et PA104 ne respectaient pas le seuil limite annuel de 40 µg/m³ pendant l'étude de 2018-2019 mais le respectent en 2022, pendant la période de mesure.

6.2. Mesures automatiques

Les mesures automatiques de PM10 et NO₂ réalisées sur 2 stations fixes et 1 station mobile d'Atmo Nouvelle-Aquitaine sont présentées dans ce rapport :

- La station fixe « Gautier » qui est une station urbaine d'influence trafic,
- La station fixe « Grand Parc » qui est une station urbaine d'influence de fond,
- La station mobile « Port de la Lune » qui est également une station urbaine d'influence de fond.

Une station de fond urbain permet le suivi du niveau d'exposition de la majorité de la population aux phénomènes de pollution dits de « fond » dans les centres urbains. Les mesures sont représentatives de l'air respiré par la majorité des habitants d'une agglomération.

Une station trafic est implantée dans une zone représentative des niveaux de concentrations les plus élevés auxquels la population située à proximité d'une infrastructure routière est susceptible d'être exposée. Les mesures sont représentatives de l'exposition maximale sur les zones soumises à une forte circulation urbaine.

Le positionnement des stations est présenté sur la figure suivante.

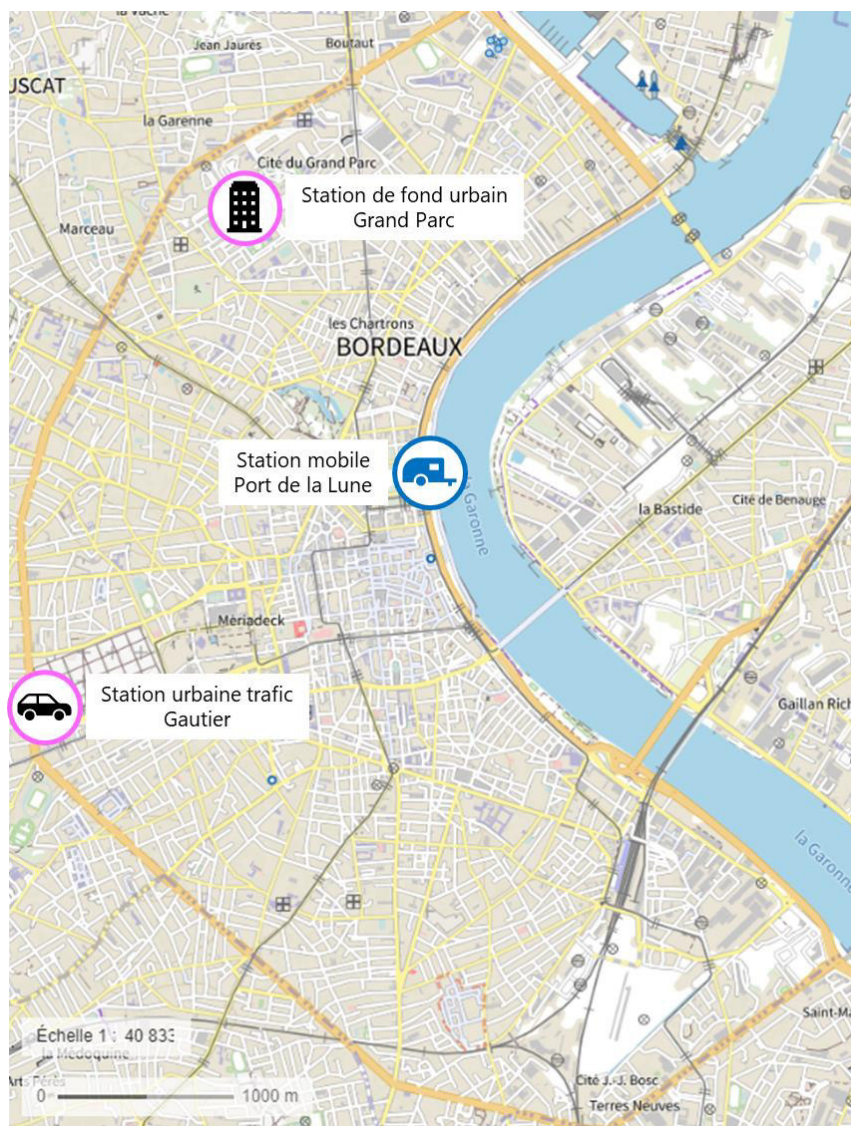


Figure 14 : carte de localisation des stations d'Atmo Nouvelle-Aquitaine étudiée dans le rapport

6.2.1. Dioxyde d'azote (NO₂)

Les statistiques des données observées pour le NO₂ sur le site de l'étude sont présentées ci-dessous.

Concentration en NO ₂ en µg/m ³	Port de la Lune (fond)	Grand Parc (fond)	Gautier (trafic)
Moyenne	16	12	35
Maximum horaire	106	84	118
Minimum horaire	2	0	0

Tableau 4 : concentrations en NO₂ mesurées par analyseurs automatiques

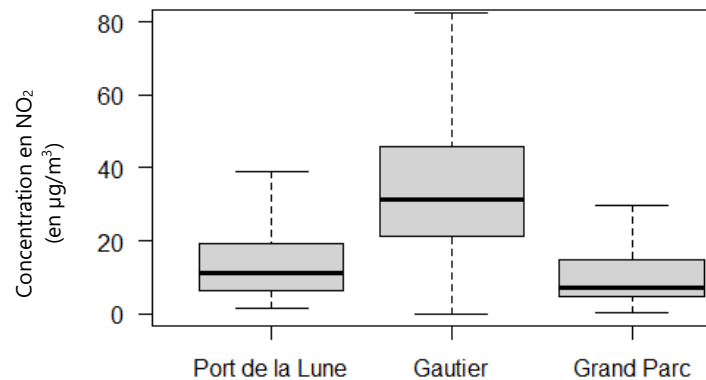


Figure 15 : boxplot des concentrations en NO₂ (moyennes horaires)

L'évolution de la concentration en NO₂ au cours du temps est présentée sur la figure ci-après.

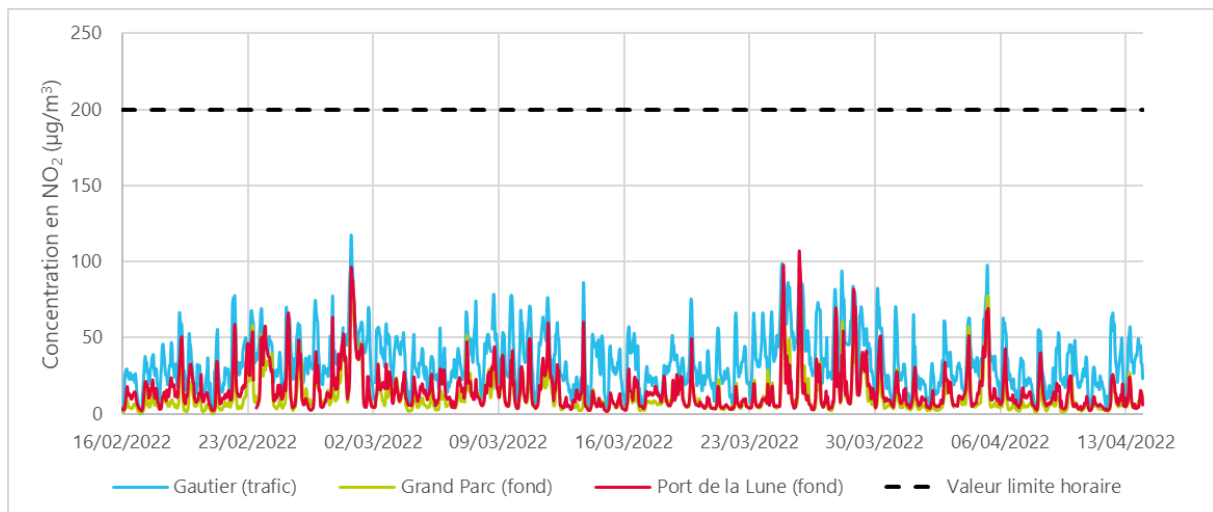


Figure 16 : évolution temporelle des concentrations en NO₂ (moyennes horaires)

Les concentrations en dioxyde d'azote mesurées sur les stations « Port de la Lune » et « Grand Parc » sont du même ordre de grandeur. La station « Gautier », située sur les boulevards, enregistre des concentrations plus importantes.

Le seuil de la valeur limite en moyenne horaire de 200 µg/m³ n'a pas été atteint pendant toute la période étudiée.

A titre indicatif, le seuil de la valeur limite en moyenne annuelle de 40 µg/m³ a été respecté sur toutes les stations, pendant la période étudiée.

Le seuil de 10 µg/m³ en moyenne annuelle recommandé par l'OMS n'a été respecté sur aucune des trois stations.

L'évolution de la concentration en NO₂ en moyenne journalière au cours du temps est présentée sur la figure ci-après.

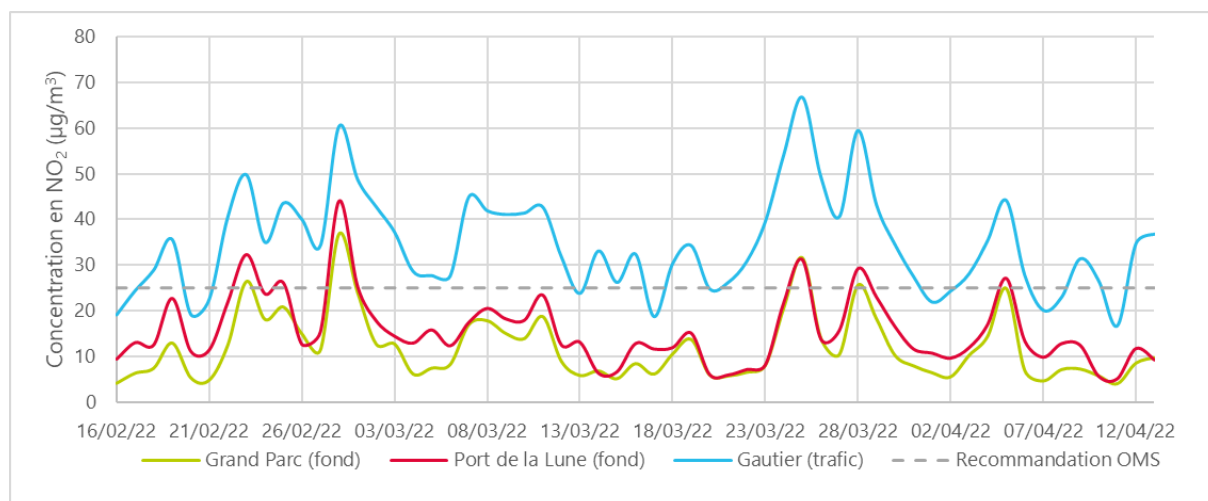


Figure 17 : évolution des concentrations en NO₂ pendant la campagne hivernale (moyennes journalières)

Le seuil journalier de 25 µg/m³ recommandé par l’OMS a été dépassé pendant 7 jours sur la station « Port de la Lune », 45 jours sur la station « Gautier » et 4 jours sur la station « Grand Parc ». Ce seuil n’a donc été respecté sur aucune des trois stations.

Le profil de l'évolution des concentrations en fonction de l'heure de la journée (obtenu en moyennant les concentrations horaires pour chaque heure de la journée, pendant toute la période étudiée) est présenté ci-dessous.

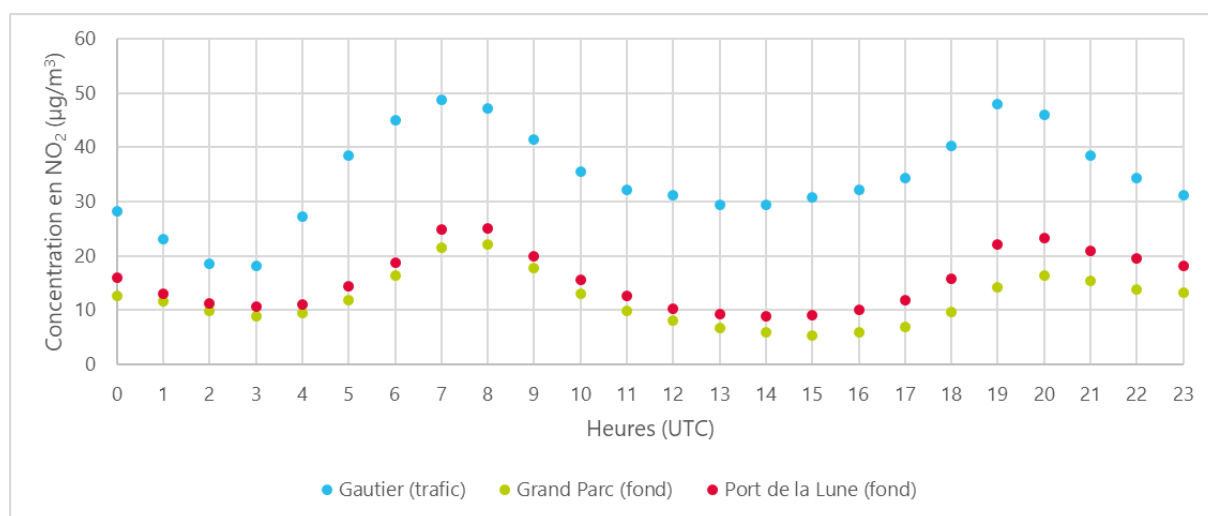


Figure 18 : évolution de la concentration moyenne horaire en NO₂ en heures UTC¹ pendant la période d'étude

Le profil caractéristique du trafic routier est visible : un pic le matin correspondant à l'embauche et un pic le soir correspondant à la débauche.

¹ pour avoir l'heure locale : +1 en hiver, +2 en été

Comparaison à l'étude de 2018-2019

Les statistiques des données observées pour le NO₂ entre l'étude de 2018-2019 et celle de 2022, sur les stations « Gautier » et « Grand Parc » sont présentées ci-dessous.

Concentration en NO ₂ en µg/m ³	Grand Parc (fond)		Gautier (trafic)	
	Etude 2018-2019	Etude 2022	Etude 2018-2019	Etude 2022
Moyenne	22	12	45	35
Maximum horaire	93	84	125	118
Minimum horaire	1	0	2	0

Tableau 5 : concentrations en NO₂ mesurées par analyseurs automatiques en 2018-2019 et 2022

Etude 2018-2019 : du 28/11/2018 au 23/01/2019

Etude 2022 : du 16/02 au 13/04/2022

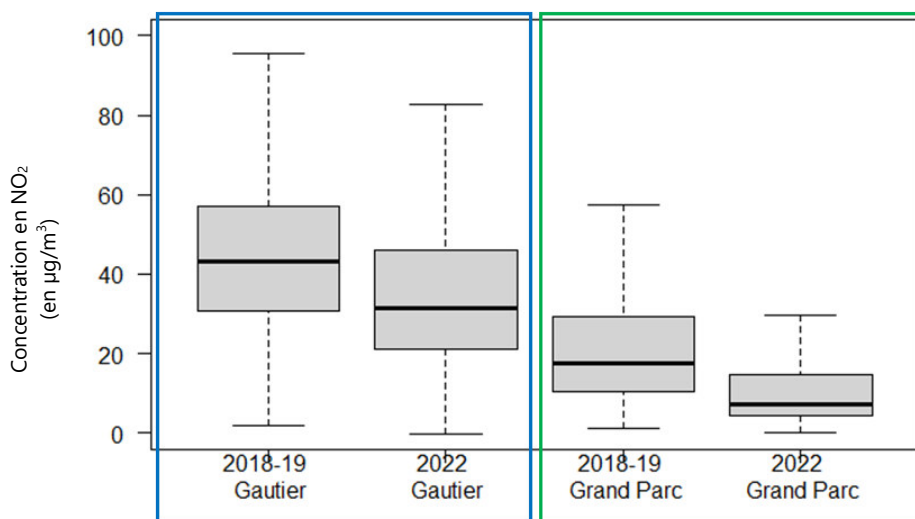


Figure 19 : boxplot des concentrations en NO₂ (moyennes horaires) en 2018-2019 et 2022

Pendant l'étude de 2018-2019, le seuil de la valeur limite en moyenne horaire de 200 µg/m³ n'avait pas été atteint. A titre indicatif, le seuil de la valeur limite en moyenne annuelle de 40 µg/m³ avait été dépassé sur la station « Gautier ».

Il est observé une baisse des concentrations de NO₂, polluant traceur du trafic routier, sur les deux stations entre l'étude de 2018-2019 et l'étude de 2022. Cela s'explique majoritairement par une baisse globale du trafic routier sur la métropole de Bordeaux, par le renouvellement du parc automobile avec des normes d'émissions plus contraignantes et, dans une moindre mesure, par des conditions météorologiques différentes entre les deux périodes (cf. partie 4, pages 14-15).

6.2.2. Particules en suspension PM10

Les statistiques des données observées pour les PM10 sur le site de l'étude sont présentées ci-dessous.

Concentration en PM10 en µg/m ³	Port de la Lune (fond)	Grand Parc (fond)	Gautier (trafic)
Moyenne	22	20	28
Maximum horaire	54	61	115
Minimum horaire	8	4	10

Tableau 6 : concentrations en PM10 mesurées par analyseurs automatiques

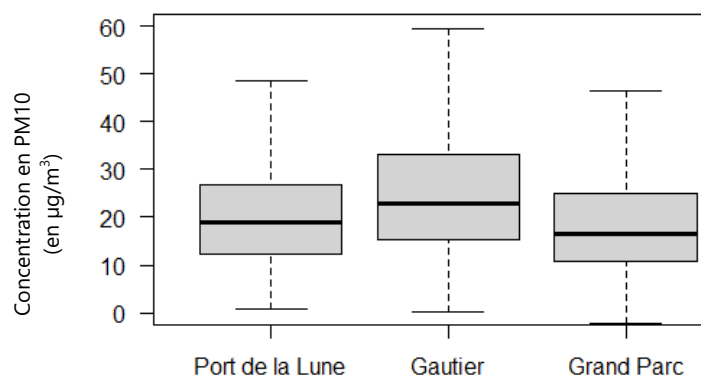


Figure 20 : boxplot des concentrations en PM10 (moyennes horaires)

L'évolution de la concentration en PM10 au cours du temps est présentée sur la figure ci-après.

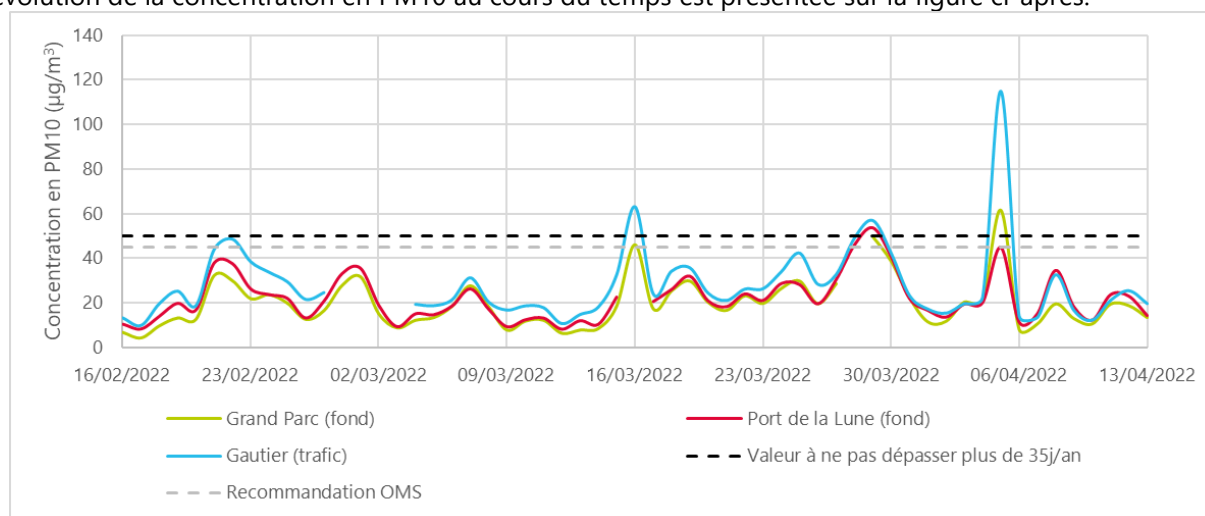


Figure 21 : évolution temporelle des concentrations en PM10 (moyennes journalières)

Remarque : le 05/04/2022, des activités de brûlage dans les vignobles autour de Bordeaux, pour lutter contre le gel, ont entraîné une augmentation globale des particules dans l'air.

Les concentrations en PM10 mesurées sur les stations « Port de la Lune » et « Grand Parc » sont du même ordre de grandeur. La station « Gautier », située sur les boulevards, enregistre des concentrations légèrement plus importantes.

Le seuil de la valeur limite journalière de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, à ne pas dépasser plus de 35 jours par an, a été dépassé 1 journée sur les sites « Port de la Lune » et « Grand Parc » et 3 journées sur la station « Gautier », pendant la période d'étude.

A titre indicatif, la valeur limite en moyenne annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été respectée sur toutes les stations, pendant la période étudiée.

Le seuil journalier de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ recommandé par l'OMS, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an, a été dépassé pendant 2 jours sur la station « Port de la Lune », pendant 3 jours sur la station « Grand Parc » et pendant 5 jours sur la station « Gautier ».

Le seuil de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle recommandé par l'OMS n'a été respecté sur aucune des trois stations.

Comparaison à l'étude de 2018-2019

Les statistiques des données observées pour les PM10 entre l'étude de 2018-2019 et celle de 2022, sur les stations « Gautier » et « Grand Parc » sont présentées ci-dessous.

Concentration en PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Grand Parc (fond)		Gautier (trafic)	
	Etude 2018-2019	Etude 2022	Etude 2018-2019	Etude 2022
Moyenne	20	20	27	28
Maximum horaire	57	61	64	115
Minimum horaire	5	4	8	10

Tableau 7 : concentrations en PM10 mesurées par analyseurs automatiques en 2018-2019 et 2022

Etude 2018-2019 : du 28/11/2018 au 23/01/2019

Etude 2022 : du 16/02 au 13/04/2022

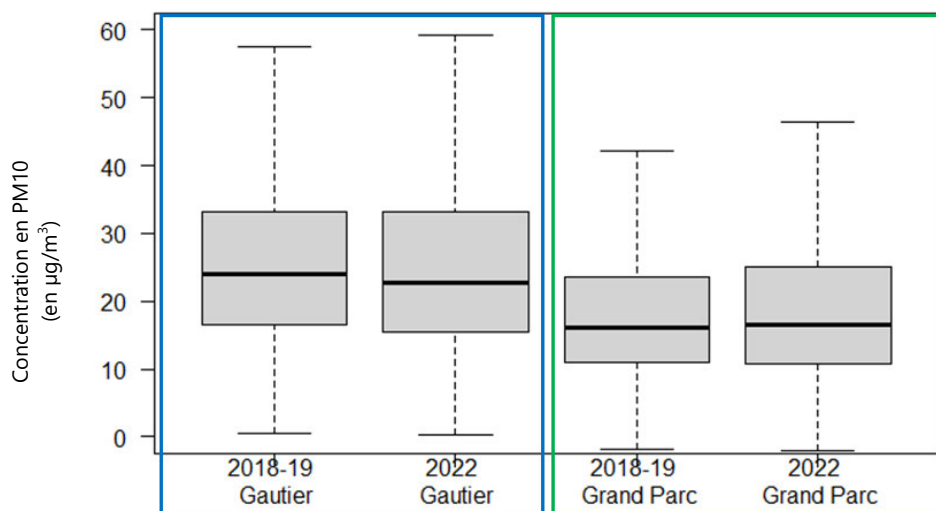


Figure 22 : boxplot des concentrations en PM10 (moyennes horaires) en 2018-2019 et 2022

Pendant l'étude 2018-2019, la valeur limite journalière de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (à ne pas dépasser plus de 35 jours par an), avait été dépassée pendant 3 jours sur la station « Gautier » et 2 jours sur la station « Grand Parc ». *A titre indicatif*, la valeur limite en moyenne annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avait été respectée sur toutes les stations.

La concentration en particules PM10 est stable entre les deux périodes d'études 2018-2019 et 2022, sur les deux stations. Le secteur des transports n'est pas majoritaire dans les émissions de particules PM10 (36%). Celles-ci sont émises à 64% par les autres secteurs : résidentiel/tertiaire, industriel, agricole, déchets et énergie (cf. page 9).

7. Conclusion

Les principales conclusions de cette étude sont les suivantes :

Mesures de dioxyde d'azote (NO₂) par tubes passifs

- Les concentrations relevées en dioxyde d'azote sont en moyenne plus élevées sur les sites situés sur les boulevards entre la Place Ravezies et la barrière de Toulouse, ainsi que dans le centre-ville de Bordeaux.
- Seuil réglementaire : Le seuil de la valeur limite en moyenne annuelle de 40 µg/m³ a été respectée sur la totalité des sites étudiés.
- Seuil recommandé par l'OMS : Le seuil annuel de 10 µg/m³ a été dépassé sur la totalité des sites. Il n'a pas non plus été respecté sur les stations d'influence de fond « Grand Parc » et « Port de la Lune ».
- Les concentrations en NO₂ ont diminué sur la totalité des sites entre l'étude de 2018-2019 et l'étude de 2022. En moyenne, la baisse est de 30%. Cela s'explique majoritairement par une baisse globale du trafic routier sur la métropole de Bordeaux, par le renouvellement du parc automobile avec des normes d'émissions plus contraignantes et, dans une moindre mesure, par des conditions météorologiques différentes entre les deux périodes.

Mesures automatiques

Dioxyde d'azote NO₂

- Les concentrations en dioxyde d'azote mesurées sur les stations « Port de la Lune » et « Grand Parc » sont du même ordre de grandeur. La station « Gautier », située sur les boulevards, enregistre des concentrations plus importantes.
- Seuils réglementaires : Le seuil de la valeur limite en moyenne horaire de 200 µg/m³ n'a pas été atteint. A titre indicatif, le seuil de la valeur limite en moyenne annuelle de 40 µg/m³ a été respectée sur toutes les stations, pendant la période étudiée.
- Seuils recommandés par l'OMS : Le seuil de 10 µg/m³ en moyenne annuelle et celui de 25 µg/m³ en moyenne journalière n'ont été respectés sur aucune des trois stations.
- Les concentrations suivent le profil caractéristique du trafic routier : un pic le matin correspondant à l'embauche et un le soir correspondant à la débauche.
- Il est observé une baisse des concentrations de NO₂, polluant traceur du trafic routier, sur les deux stations « Grand Parc » et « Gautier » entre l'étude de 2018-2019 et l'étude de 2022.

Particules en suspension PM10

- Les concentrations en PM10 mesurées sur les stations « Port de la Lune » et « Grand Parc » sont du même ordre de grandeur. La station « Gautier », située sur les boulevards, enregistre des concentrations légèrement plus importantes.
- Seuils réglementaires : Le seuil limite journalier de 50 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 35 jours par an, a été dépassé 1 journée sur les sites « Port de la Lune » et « Grand Parc » et 3 journées sur la station « Gautier », pendant la période d'étude. A titre indicatif, la valeur limite en moyenne annuelle de 40 µg/m³ a été respectée sur toutes les stations, pendant la période étudiée.
- Seuils recommandés par l'OMS : Le seuil de 15 µg/m³ en moyenne annuelle n'a été respecté sur aucune des trois stations. Le seuil journalier de 45 µg/m³, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an, a été dépassé pendant 2 jours sur la station « Port de la Lune », pendant 3 jours sur la station « Grand Parc » et pendant 5 jours sur la station « Gautier », pendant la période d'étude.
- Les concentrations en particules PM10 sont stables entre les deux périodes d'études de 2018-2019 et 2022, sur les deux stations « Gautier » et « Grand Parc ».

Annexes

Annexe 1 : Concentrations en dioxyde d'azote mesurées par tubes passifs

	Site	Concentration en NO ₂ (en µg/m ³)				Moyenne
		du 16/02 au 02/03/22	du 02 au 16/03/22	du 16 au 30/03/22	du 30/03 au 13/04/22	
Rive droite	PA128	27	24	*	19	23
	PA122	21	22	*	17	20
	PAN06	21	21	20	15	19
Boulevards	PA28	37	27	27	29	30
	PAN02	27	39	34	30	33
	PA109	40	35	33	27	34
	PA107	28	38	35	30	33
	PA103	20	18	21	15	18
	PA45	24	24	20	19	22
	PA119	32	29	26	25	28
Intra boulevards	PA118	25	20	19	19	21
	PA131	27	24	32	21	26
	PA116	19	24	24	20	22
	PA113	20	17	21	13	18
	PA123	31	33	34	29	32
	PA112	21	22	20	16	19
	PA111	18	17	19	15	17
	PA124	22	30	35	23	28
	PA41	35	34	30	29	32
	PAN04	25	24	26	22	25
	PA108	24	23	21	15	21
	PA125	24	29	30	25	27
	PA126	32	34	31	29	31
	PA106	26	28	27	23	26
Extra boulevards	PA117	17	17	21	16	18
	PAN01	23	19	19	24	21
	PA115	27	31	36	27	30
	PA114	26	21	28	22	24
	PA110	25	20	24	16	21
	PA101	26	22	23	21	23
	PAN03	18	12	14	12	14
	PA102	27	27	33	23	28
	PAN05	20	18	25	17	20
PA104	35	39	43	31	37	

* Ces données ne sont pas disponibles car les tubes passifs ont disparu ou ont été retrouvés dégradés.



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

