

Evaluation de la qualité de l'air dans deux écoles proches de la rocade bordelaise

Ecole Jules Michelet (Cenon)

Période de mesure : 02/12/2020 au 20/01/2021 puis du 19/05 au 23/06/2021

Commune et département d'étude : Cenon, Gironde

Référence : URB_EXT_19_400_2

Version du : 09/02/2022

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

www.atmo-nouvelleaquitaine.org

Titre : Evaluation de la qualité de l'air dans deux écoles proches de la rocade bordelaise – Ecole Jules Michelet (Cenon)

Reference : URB_EXT_19_400_2

Version : du 09/02/2022

Délivré à : Bordeaux Métropole
Esplanade Charles de Gaulle 33000 BORDEAUX

Nombre de pages : 45 (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 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

1. Contexte.....	9
2. Description de l'étude	10
2.1. Polluants concernés	10
2.1.1. Oxydes d'azote (NO _x)	10
2.1.2. Particules (PM ₁₀ et PM _{2.5}).....	10
2.1.3. Benzène	11
2.2. Réglementation.....	11
3. Matériel et méthode	14
3.1. Air ambiant	14
3.2. Air intérieur.....	15
3.3. Moyens de mesure	15
4. Stratégie spatiale et temporelle	17
4.1. Stratégie spatiale	17
4.1.1. Air ambiant.....	17
4.1.2. Air intérieur	19
4.2. Stratégie temporelle	20
4.2.1. Air ambiant.....	20
4.2.2. Air intérieur	20
5. Modélisation de la concentration en NO₂.....	21
6. Conditions météorologiques.....	22
6.1. Campagne hivernale	22
6.2. Campagne estivale.....	23
7. Résultats en air ambiant.....	24
7.1. Mesures automatiques.....	24
7.1.1. Particules en suspension PM ₁₀	25
7.1.2. Particules fines PM _{2.5}	27
7.1.3. Dioxyde d'azote (NO ₂)	29
7.2. Mesures par tube passif	33
7.2.1. Dioxyde d'azote (NO ₂)	33
7.3. Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes (BTEX)	34
8. Résultats en air intérieur	37
8.1. Dioxyde d'azote (NO ₂).....	37
8.2. Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes (BTEX)	38
9. Limites de l'étude.....	42

Table des figures

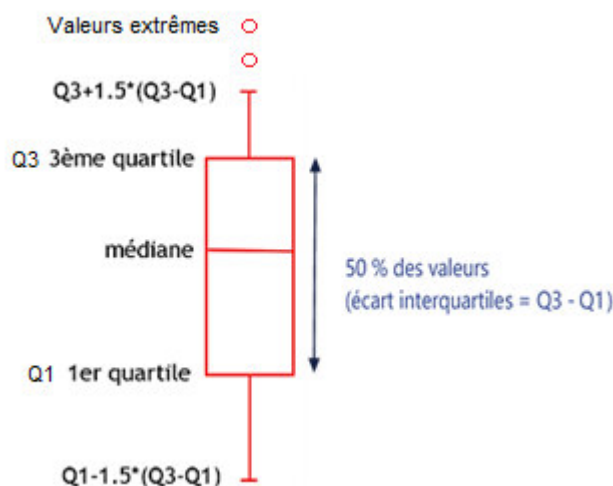
Figure 1 : Moyen mobile installé à l'école Jules Michelet	15
Figure 2 : Tube à diffusion passive (COV en haut, NO ₂ en bas).....	16
Figure 3 : Concentrations moyennes annuelles NO ₂ (en µg/m ³) modélisées pour 2017	17
Figure 4 : Carte de situation des mesures en air ambiant.....	18
Figure 5 : Plan de situation des mesures en air intérieur.....	19
Figure 6 : Modélisation de la concentration en NO ₂ sur l'école Jules Michelet en 2017 (à gauche) et en 2020 (à droite).....	21
Figure 7 : Rose des vents moyenne à Bordeaux-Mérignac du 02 au 18/12/2020 (à gauche) puis du 04 au 20/01/2021 (à droite).....	22
Figure 8 : Evolution de la température et des précipitations (données Météo France Bordeaux-Mérignac) du 02/12/20 au 20/01/2021.....	23
Figure 9 : Rose des vents moyenne à Bordeaux-Mérignac du 19/05 au 23/06/2021	23
Figure 10 : Evolution de la température et des précipitations (données Météo France Bordeaux-Mérignac) du 19/05 au 23/06/2021	24
Figure 11 : Carte de localisation de l'école Jules Michelet et des stations fixes de comparaison.....	25
Figure 12 : Boxplot des concentrations en PM ₁₀ (en moyenne journalière) pendant les deux campagnes	26
Figure 13 : Evolution des concentrations en PM ₁₀ (en moyenne journalière) lors de la campagne hivernale	26
Figure 14 : Evolution des concentrations en PM ₁₀ (en moyenne journalière) lors de la campagne estivale	26
Figure 15 : Boxplot des concentrations en PM _{2.5} (en moyenne journalière).....	27
Figure 16 : Evolution des concentrations en PM _{2.5} (en moyenne journalière) pendant la campagne hivernale	28
Figure 17 : Evolution des concentrations en PM _{2.5} (en moyenne journalière) pendant la campagne estivale	28
Figure 18 : Boxplot des concentrations en NO ₂ (en moyenne horaire).....	29
Figure 19 : Evolution des concentrations en NO ₂ (en moyenne horaire), pendant la campagne hivernale	30
Figure 20 : Evolution des concentrations en NO ₂ (en moyenne horaire), pendant la campagne estivale	30
Figure 21 : Evolution des concentrations en NO ₂ (en moyenne journalière) pendant la campagne hivernale	31
Figure 22 : Evolution des concentrations en NO ₂ (en moyenne journalière) pendant la campagne estivale	31
Figure 23 : Evolution de la concentration moyenne horaire en NO ₂ en heures UTC, pendant la campagne hivernale.....	32
Figure 24 : Evolution de la concentration moyenne horaire en NO ₂ en heures UTC, pendant la campagne estivale	32
Figure 25 : Résultats des moyennes bi-hebdomadaires des mesures de NO ₂ par tubes passifs en air ambiant	33
Figure 26 : Concentrations en benzène (µg/m ³) en air ambiant	35
Figure 27 : Concentrations en toluène (µg/m ³) en air ambiant	35
Figure 28 : Concentrations en éthylbenzène (µg/m ³) en air ambiant	35
Figure 29 : Concentrations en m+p-xylène (µg/m ³) en air ambiant	36
Figure 30 : Concentrations en o-xylène (µg/m ³) en air ambiant	36
Figure 31 : Concentrations moyennes annuelles des mesures par tubes passifs BTEX en air ambiant	36
Figure 32 : Résultats des moyennes bi-hebdomadaires des mesures de NO ₂ par tubes passifs en air intérieur	37
Figure 33 : Concentrations en benzène (µg/m ³) en air intérieur	39
Figure 34 : Concentrations en toluène (µg/m ³) en air intérieur.....	39
Figure 35 : Concentrations en éthylbenzène (µg/m ³) en air intérieur	39
Figure 36 : Concentrations en m+p-xylène (µg/m ³) en air intérieur.....	40
Figure 37 : Concentrations en o-xylène (µg/m ³) en air intérieur.....	40
Figure 38 : Evolution du trafic routier dans l'agglomération bordelaise entre février 2020 et juin 2021	42

Table des tableaux

Tableau 1 : Valeurs de référence en air ambiant.....	12
Tableau 2 : Evolution des seuils de référence OMS entre 2005 et 2021	13
Tableau 3 : Valeurs de référence en air intérieur	13
Tableau 4 : Matériel et méthodes de mesure en air ambiant.....	14
Tableau 5 : Matériel et méthodes de mesure en air intérieur	15
Tableau 6 : concentrations modélisées en NO ₂ sur l'école Jules Michelet en 2017 et 2020.....	21
Tableau 7 : Synthèse des résultats des PM10 (en moyenne journalière)	25
Tableau 8 : Synthèse des résultats des PM2.5 (en moyenne journalière)	27
Tableau 9 : Synthèse des résultats des NO ₂ (en moyenne horaire)	29
Tableau 10 : Résultats des mesures par tubes passifs de NO ₂ en air ambiant	33
Tableau 11 : Concentrations moyennes annuelles des mesures par tubes passifs de NO ₂ en air ambiant.....	34
Tableau 12 : Résultats des BTEX en air ambiant.....	34
Tableau 13 : Résultats des mesures par tubes passifs de NO ₂ en air intérieur	37
Tableau 14 : Concentrations moyennes annuelles des mesures par tubes passifs de NO ₂ en air intérieur.....	38
Tableau 15 : Résultats des mesures par tubes passifs de BTEX en air intérieur	38
Tableau 16 : Concentrations moyennes annuelles des mesures par tubes passifs BTEX en air intérieur	41

Définitions

- **BTEX** : Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes
- **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.
- **VGAI** : Les valeurs guides de l'air intérieur (VGAI) ont été définies comme des concentrations dans l'air d'une substance chimique en dessous desquelles aucun effet sanitaire ou aucune nuisance ayant un retentissement sur la santé n'est attendu pour la population générale en l'état des connaissances actuelles. Une VGAI vise à définir et proposer un cadre de référence destiné à protéger la population des effets sanitaires liés à une exposition à la pollution de l'air par inhalation.
- **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.
- **Percentile 90** : 90% des valeurs sont inférieures à la valeur du percentile 90 et 10% sont supérieurs à cette valeur.
- **Boxplot (ou boîte à moustache)** :



Abréviations

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

En septembre 2019, le journal Sud-Ouest a publié un article évoquant le dépassement des seuils réglementaires pour le NO₂ et les PM10 dans certains établissements scolaires de l'agglomération bordelaise.

À la suite de cet article, et au regard des résultats des précédentes campagnes de mesures réalisées par Atmo Nouvelle-Aquitaine (2013 et 2015), Bordeaux Métropole a souhaité disposer d'éléments quantitatifs détaillés sur la qualité de l'air dans deux établissements proches de la rocade bordelaise :

- ➔ L'école Anne Sylvestre à Bordeaux, désignée par l'article de Sud-Ouest.
- ➔ L'école Jules Michelet à Cenon où les niveaux relevés en 2015 par Atmo Nouvelle-Aquitaine étaient plus élevés que ceux de l'école Anne Sylvestre.

Le présent rapport présente les résultats obtenus au sein de l'école Jules Michelet.

La carte de modélisation de 2017 du NO₂ utilisée par Sud-Ouest présente des niveaux supérieurs à celle de 2020. En effet, les conditions météorologiques de l'année 2017 étaient moins favorables à une bonne qualité d'air que celles de 2020. Les mesures ayant eu lieu en 2020 et 2021, la carte de 2020 est comparée à celles-ci plutôt qu'à celle de 2017.

Il est à noter que d'importants travaux d'aménagements de l'école primaire et de l'école maternelle ont commencé après la campagne de mesure. Un système de ventilation permettra d'avoir un bon renouvellement de l'air et donc une meilleure qualité de l'air intérieur.

Les principaux résultats de l'étude sont les suivants :

Air ambiant

Mesures automatiques

Particules en suspension PM10

Les concentrations en PM10 observées dans la cour de l'école Jules Michelet sont du même ordre de grandeur que celles mesurées par la station de référence « Bassens », qui est une station de fond urbain. La valeur limite pour la protection de la santé humaine qui est de 50 µg/m³ en moyenne journalière (à ne pas dépasser plus de 35 jours par an) n'a pas été dépassée sur le site de l'école pendant les deux campagnes hivernale et estivale. La valeur limite annuelle de 40 µg/m³ a été respectée. La valeur guide de l'OMS de 15 µg/m³, plus restrictive, a été atteinte. La concentration moyenne journalière en PM10 est de 15 µg/m³, alors qu'elle était de 25 µg/m³ en 2014-2015 (étude ESPROB).

Particules fines PM2.5

Pendant la campagne hivernale, les concentrations en PM2.5 observées dans la cour de l'école Jules Michelet sont du même ordre de grandeur que celles enregistrées par la station de fond urbain « Bassens ». Pendant la campagne estivale, les concentrations sont plus faibles sur les trois sites : « Jules Michelet », « Bassens » et « Gautier ». La valeur limite de 25 µg/m³, en moyenne annuelle, a été respectée. La valeur guide de l'OMS de 5 µg/m³ a été dépassée sur le site de l'école et sur les stations de référence. La concentration moyenne journalière en PM2.5 est de 9 µg/m³, alors qu'elle était de 20 µg/m³ en 2014-2015 (étude ESPROB).

Dioxyde d'azote (NO₂)

Les concentrations en NO₂ mesurées dans la cour sont entre les niveaux relevés sur la station de fond urbain « Bassens » et ceux relevés sur la station trafic « Gautier ». La décroissance rapide du NO₂ dans les 60 mètres qui séparent le site de mesure de la rocade ainsi que les arbres aux abords de celle-ci, pouvant constituer une « barrière végétale », peuvent expliquer que les niveaux mesurés soient bien inférieurs à une station trafic. Les concentrations en NO₂ sur le site de l'école n'ont pas dépassé la valeur limite réglementaire en moyenne horaire fixée à 200 µg/m³. La valeur limite définie à l'échelle annuelle de 40 µg/m³ n'a pas été dépassée pendant toute la durée des mesures. L'OMS préconise un seuil de 10 µg/m³. Ce seuil a été dépassé sur le site de l'école

et sur les stations de référence. La concentration moyenne horaire en NO₂ est de 20 µg/m³, alors qu'elle était de 34 µg/m³ en 2014-2015 (étude ESPROB).

Mesures par tube passif

Dioxyde d'azote (NO₂)

La concentration en NO₂ la plus élevée a été retrouvée au niveau du site « Clôture », proche de la rocade, pendant la campagne estivale. Les concentrations sont du même ordre de grandeur sur tous les autres sites : entre 16 et 19 µg/m³. La valeur limite annuelle fixée à 40 µg/m³ n'a été dépassée sur aucun des sites étudiés. Le seuil plus contraignant de 10 µg/m³ préconisé par l'OMS a été dépassé sur tous les sites. Les concentrations moyennes en NO₂ réellement mesurées sont proches des concentrations modélisées pour l'année 2020.

Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes (BTEX)

Pour le benzène, les concentrations mesurées dans la cour de l'école Jules Michelet sont du même ordre de grandeur que la station trafic « Gautier ». Pour les autres polluants, les niveaux sont comparables à la station de fond urbain « Bassens ». La valeur limite annuelle fixée à 5 µg/m³ a été respectée pendant la période de mesure. Il en est de même pour l'objectif de qualité de 2 µg/m³.

Air intérieur

Dioxyde d'azote (NO₂)

Les concentrations relevées pendant la période hivernale sont légèrement supérieures à celles de la campagne estivale, probablement à cause d'une aération moins fréquente en hiver. Pendant les deux campagnes, la classe présentant des niveaux plus élevés est la classe 11 de l'école primaire. Celle présentant les concentrations les plus faibles est la classe 1 de l'école maternelle. Ces valeurs restent inférieures à celles mesurées à l'extérieur des bâtiments. La VGAI long terme de 20 µg/m³ a été respectée.

Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes (BTEX)

Pour les cinq composés, les concentrations obtenues en extérieur, dans la cour, sont inférieures aux concentrations obtenues à l'intérieur des bâtiments. La présence de ces composés à l'intérieur des bâtiments est due en partie à un apport d'air extérieur mais également à d'autres sources situées au sein des bâtiments (peintures, vernis, colles, moquettes, tapis, cires, ...).

Pour le benzène, la valeur d'action rapide de 10 µg/m³ et la VGAI court terme de 30 µg/m³ en moyenne hebdomadaire ont été respectées pendant les deux campagnes. A titre indicatif, la VGAI en moyenne annuelle de 2 µg/m³ a été dépassée dans les trois classes instrumentées.

Il est à noter que les deux campagnes de mesure ont eu lieu pendant un contexte sanitaire particulier, engendré par la pandémie de COVID-19 et une banalisation du télétravail. Le trafic pendant la période de mesure hivernale était diminué de 14%. Pendant la campagne estivale, le trafic était globalement revenu à la normale. La baisse de trafic observée pendant la campagne hivernale a pu engendrer des concentrations légèrement plus faibles que celles qui auraient été mesurées dans un contexte de trafic normal. Ces dernières étant environ égales à la moitié du seuil réglementaire en moyenne annuelle, il est peu probable que ce seuil ait été dépassé en condition de trafic habituel.

Les concentrations en PM₁₀, PM_{2.5} et NO₂ relevés en 2020-2021 sont inférieures aux niveaux mesurés en 2014-2015 lors de l'étude ESPROB. Cela s'explique notamment par une baisse globale de trafic depuis 2014, le renouvellement du parc automobile avec des normes plus contraignantes et un hiver 2020-2021 particulièrement doux et pluvieux.

1. Contexte

Des études ont déjà été réalisées par Atmo Nouvelle-Aquitaine en lien avec les établissements sensibles sur Bordeaux Métropole.

Projet RESPIR'BORDEAUX : Recensement des établissements Sensibles à Proximité des Infrastructures routières sur l'Agglomération de Bordeaux

Atmo Nouvelle-Aquitaine (2013)

https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/sites/aq/files/atoms/files/rapport_respir_etpe1602.pdf

Contexte :

Dans le cadre du PPA de Bordeaux : Atmo Nouvelle-Aquitaine (ex-Airag) a été missionné par la DREAL et l'ARS pour réaliser un inventaire des établissements recevant des personnes sensibles, situées à proximité des infrastructures routières. Les cartes de modélisations ont dans ce cadre été croisées avec l'emplacement des établissements pour évaluer les concentrations moyennes auxquelles les personnes sensibles sont exposées.

Conclusions :

- ➔ 1% des établissements sont dans une zone qui dépasse les valeurs limites en moyenne annuelle pour le NO₂ ou les PM10.
- ➔ 1% est proche des valeurs limites pour le NO₂ ou les PM10.
- ➔ La quasi-totalité des établissements est dans des zones qui dépassent les recommandations de l'OMS pour les PM2.5 et PM10 (valeurs dépassées de manière générale sur l'agglomération).

Etude ESPROB : Evaluation de la qualité de l'air sur des établissements sensibles à proximité de la rocade bordelaise - école Anne Sylvestre à Bordeaux (anciennement école Labarde) et Jules Michelet à Cenon

Atmo Nouvelle-Aquitaine (2014-2015)

https://www.atmo-nouvelleaquitaine.org/sites/aq/files/atoms/files/rapport_rocade2014-2015_etmm1502.pdf

Contexte :

Une des actions du PPA de Bordeaux vise à mieux caractériser la qualité de l'air à proximité de la rocade Bordelaise, en ciblant préférentiellement les établissements recevant du public sensible. Atmo Nouvelle-Aquitaine (ex-Airag) a été missionné par la DREAL et l'ARS dans ce cadre pour réaliser une campagne de mesures sur 2 établissements scolaires (écoles élémentaires) : Anne Sylvestre et Jules Michelet (septembre 2014 et février 2015).

Conclusions :

- ➔ Respect des valeurs limites pour les deux sites étudiés en NO₂, PM10 et PM2.5
- ➔ Respect des objectifs de qualité pour les PM10 et le NO₂ et respect de la valeur cible pour les PM2.5
- ➔ Dépassement de l'objectif de qualité et des recommandations OMS pour les PM2.5 (10 µg/m³)
- ➔ Dépassement des recommandations OMS pour les PM10
- ➔ Concentrations plus élevées sur le site Jules Michelet que sur le site Labarde (actuelle école Anne Sylvestre)
- ➔ Les mesures de NO₂ par échantillonneurs passifs montrent qu'au-delà de 20 mètres, la valeur limite de 40 µg/m³ est respectée.

Le journal Sud-Ouest a publié un article et une carte interactive le 17/09/19, à propos des niveaux de pollution auxquels sont exposés les occupants et utilisateurs de 800 ERP (écoles, crèches et EHPAD) dans l'agglomération

bordelaise. Sud-Ouest s'est basé sur les données mises à disposition en open data par Atmo Nouvelle Aquitaine pour réaliser cette cartographie. Les conclusions des journalistes étaient qu'il existait des dépassements de seuils réglementaires ou d'objectifs de qualité de l'OMS pour le NO₂ et les PM10 pour des établissements scolaires de l'agglomération, en particulier pour l'école Anne Sylvestre à Bordeaux.

À la suite de cet article, et au regard des résultats des précédentes campagnes de mesures réalisées par Atmo Nouvelle-Aquitaine (ex-Airag), Bordeaux Métropole souhaite disposer d'éléments quantitatifs détaillés sur la qualité de l'air dans 2 établissements :

- ➔ L'école Anne Sylvestre à Bordeaux, désignée par l'article de Sud-Ouest. Celle-ci fait l'objet du rapport URB_EXT_19_400_1.
- ➔ L'école Jules Michelet à Cenon où les niveaux relevés en 2015 par Atmo Nouvelle-Aquitaine étaient plus élevés que ceux de l'école Anne Sylvestre.

2. Description de l'étude

2.1. Polluants concernés

Les principaux polluants émis par le trafic routier sont : les oxydes d'azote (NOx), les particules (PM10 et PM2.5) et le benzène.

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.

2.1.2. Particules (PM10 et PM2.5)

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.

2.1.3. Benzène

Origines

Le benzène est un Composé Organique Volatil (COV). Les COV sont multiples. Ils sont composés à base d'atomes de carbone et d'hydrogène. Il s'agit d'hydrocarbures (émis par évaporation des bacs de stockage pétroliers ou lors du remplissage des réservoirs automobiles), de composés organiques (provenant des procédés industriels, de la combustion incomplète des combustibles et carburants, des aires cultivées ou du milieu naturel), de solvants (émis lors de l'application de peintures et d'encres, lors du nettoyage des surfaces métalliques et des vêtements).

Parmi les COV, seul le benzène est réglementé en air ambiant.

Effets sur la santé

Les effets sont très divers selon les polluants : ils vont de la simple gêne olfactive à une irritation (aldéhydes), une diminution de la capacité respiratoire, jusqu'à des effets mutagènes et cancérigènes (le benzène est classé comme cancérigène).

Effets sur l'environnement

Les COV jouent un rôle majeur dans les mécanismes complexes de formation de l'ozone en basse atmosphère (troposphère), participent à l'effet de serre et au processus de formation du trou d'ozone dans la haute atmosphère (stratosphère).

2.2. Réglementation

Les valeurs réglementaires sont définies 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 ;
- ➔ **Lignes directrices OMS** : 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 concentrations mesurées lors de cette étude seront comparées à ces nouvelles valeurs. L'évolution 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 en air ambiant au cours de cette étude :

VALEURS DE REFERENCE - AIR EXTERIEUR				
Polluants	Lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) - 2021	Valeurs réglementaires en air extérieur en vigueur Décrets N°98-360, 2002-2113, 2003-1479, 2007-1479, 2008-1152, 2010-1250 Directives 2004/107/CE et 2008/50/CE		
		Valeurs limites	Valeurs cibles (en moyenne annuelle)	Objectifs de qualité (en moyenne annuelle)
Dioxyde d'azote (NO₂)	10 µg/m ³ en moyenne annuelle 25 µg/m ³ en moyenne journalière	40 µg/m ³ en moyenne annuelle 200 µg/m ³ en moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 18 heures/an	-	40 µg/m ³
Particules en suspension (PM10)	15 µg/m ³ en moyenne annuelle 45 µg/m ³ en moyenne journalière	40 µg/m ³ en moyenne annuelle 50 µg/m ³ en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 35 jours/an	-	30 µg/m ³
Particules fines (PM2.5)	5 µg/m ³ en moyenne annuelle 15 µg/m ³ en moyenne journalière	25 µg/m ³ en moyenne annuelle	20 µg/m ³	10 µg/m ³
Benzène (air ambiant)	-	5 µg/m ³ en moyenne annuelle	-	2 µg/m ³

Tableau 1 : Valeurs de référence en air ambiant

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 (NO₂)	40 µg/m³ en moyenne annuelle	10 µg/m³ en moyenne annuelle 25 µg/m³ en moyenne journalière
Particules en suspension (PM10)	20 µg/m³ en moyenne annuelle 50 µg/m³ en moyenne journalière	15 µg/m³ en moyenne annuelle 45 µg/m³ en moyenne journalière
Particules fines (PM2.5)	10 µg/m³ en moyenne annuelle 25 µg/m³ en moyenne journalière	5 µg/m³ en moyenne annuelle 15 µg/m³ en moyenne journalière

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

La Directive Européenne 2008/50/CE fixe à 8 semaines (également réparties sur l'année) la période minimale de mesures disponibles pour effectuer des mesures indicatives du respect des normes réglementaires, en air ambiant. Ainsi, la moyenne des mesures réalisées en été (4 semaines) et en hiver (4 semaines) est une estimation de la concentration moyenne sur l'année.

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

VALEURS DE REFERENCE - AIR INTERIEUR		
Polluants	Valeur d'action rapide Décrets N°2015-1926	Valeur Guide en Air Intérieur (VGAI)
Benzène	10 µg/m³ en moyenne hebdomadaire	2 µg/m³ en moyenne annuelle (Décrets N°2011-1727) 30 µg/m³ à court terme (1 à 14 jours)
Dioxyde d'azote	-	20 µg/m³ à long terme (> 1 an)

Tableau 3 : Valeurs de référence en air intérieur

3. Matériel et méthode

3.1. Air ambiant

Le matériel de mesure est présenté dans les tableaux suivants, ainsi que la méthode d'analyse utilisée.

Mesures automatiques

Caractéristique mesurée	Matériel	Référence et / ou principe de la méthode	Accréditation
Concentration en oxydes d'azote (NO _x)	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 benzène	Préleveur	NF EN 14662-4 - Prélèvement par diffusion suivi d'une désorption thermique et d'une analyse par chromatographie en phase gazeuse	
Concentration en dioxydes d'azote (NO ₂)		NF EN 16339 - Méthode pour la détermination de la concentration du dioxyde d'azote au moyen d'échantillonneurs par diffusion	

Tableau 4 : Matériel et méthodes de mesure en air ambiant

* 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"

3.2. Air intérieur

Le matériel de mesure est présenté dans les tableaux suivants, ainsi que la méthode d'analyse utilisée.

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 composés organiques volatils (COV)	Préleveur	NF EN ISO 16017-2 - Échantillonnage et analyse des composés organiques volatils par tube à adsorption/ désorption thermique/chromatographie en phase gazeuse sur capillaire – Échantillonnage par diffusion	
Concentration en dioxydes d'azote (NO ₂)		NF EN ISO 16000-15 - Stratégie d'échantillonnage du dioxyde d'azote	NF EN 16339 - Méthode pour la détermination de la concentration du dioxyde d'azote au moyen d'échantillonneurs par diffusion

Tableau 5 : Matériel et méthodes de mesure en air intérieur

3.3. Moyens de mesure

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



Figure 1 : Moyen mobile installé à l'école Jules Michelet

Analyseurs automatiques

Pour les mesures en air ambiant, les oxydes d'azote (NO_x) ainsi que les particules PM₁₀ et PM_{2.5} sont mesurées par des analyseurs automatiques qui donnent des résultats en continu. Ces analyseurs automatiques sont installés dans des moyens mobiles (de type remorque ou cabine) et raccordés électriquement pour la durée des mesures.

Tubes à diffusion passive

Pour le NO₂ et les BTEX (Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes), des tubes passifs ont été mis en place à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments.

Ces composés sont mesurés au moyen de tubes à diffusion passive (type Gradko pour le NO₂ et type Radiello pour les COV).

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.

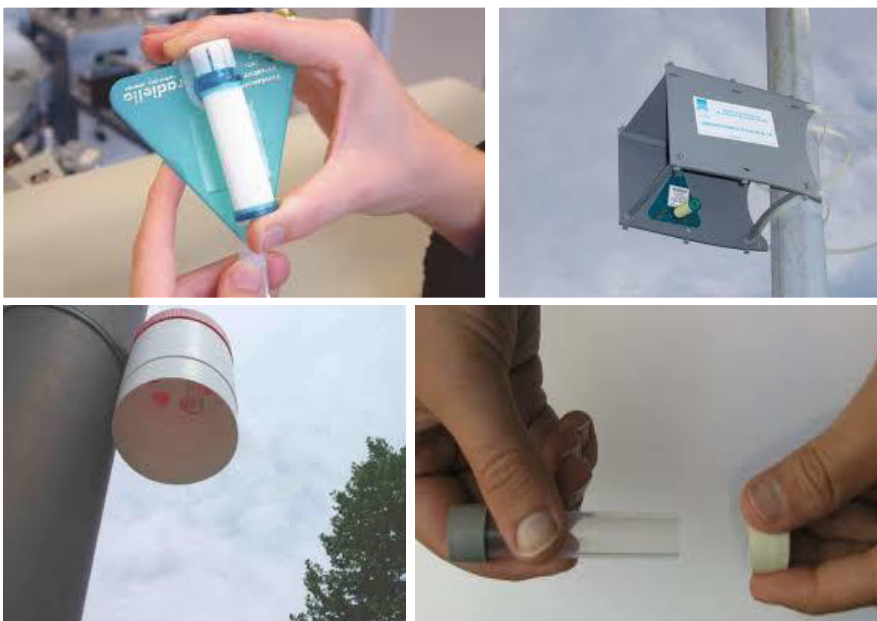


Figure 2 : Tube à diffusion passive (COV en haut, NO₂ en bas)

Les échantillonneurs passifs sont installés en air ambiant dans des boîtes de protection contre les intempéries. Ces boîtes sont accrochées en hauteur sur des gouttières, poteaux électriques ou lampadaires dégagés de tout obstacle.

L'échantillonneur passif est exposé à l'air pour une durée définie (1 ou 2 semaines selon les composés). Les résultats sont donc donnés en moyenne hebdomadaire ou bi-hebdomadaire, ce qui permet de caractériser le niveau de pollution de fond d'une zone.

A la fin de la période d'exposition, les tubes passifs sont récupérés par les techniciens d'Atmo Nouvelle-Aquitaine qui les conditionnent pour l'envoi aux laboratoires d'analyses. Les analyses de NO₂ sont réalisées directement par Atmo Nouvelle-Aquitaine par spectrophotométrie après complexation avec un colorant et piégeage sur une grille imprégnée de triéthanolamine et détection UV/Visible. Les analyses de COV sont confiées à un laboratoire d'analyse. Après thermodésorption des tubes passifs, l'analyse est réalisée par chromatographie en phase gazeuse et détection par spectrométrie de masse (ATD-GC-MS).

4. Stratégie spatiale et temporelle

4.1. Stratégie spatiale

4.1.1. Air ambiant

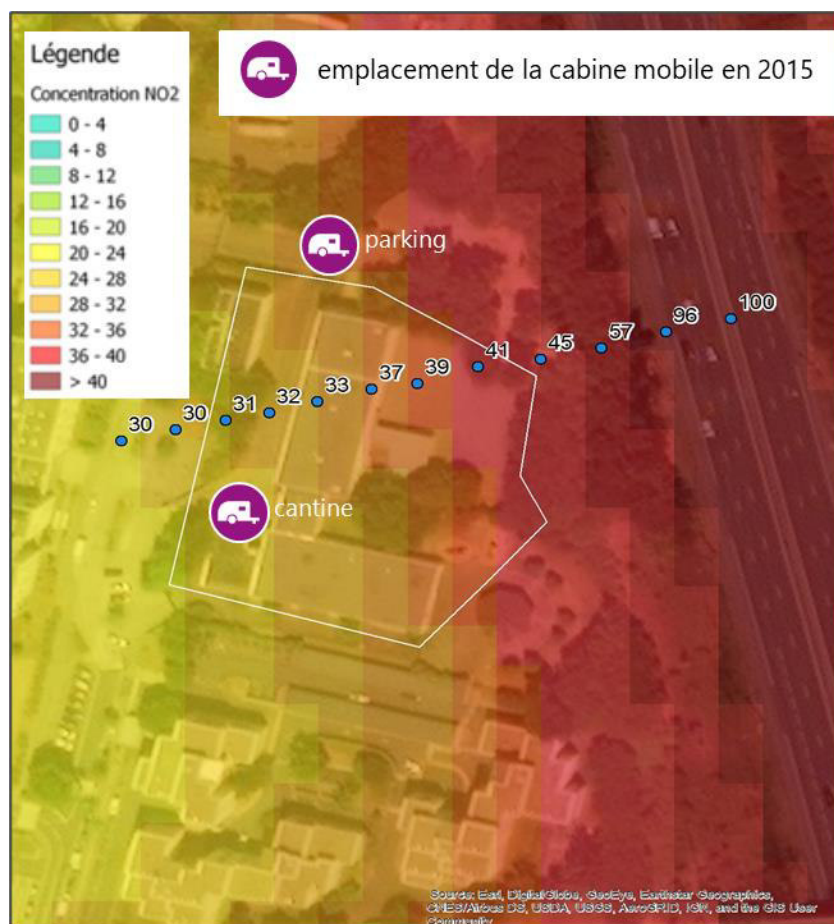


Figure 3 : Concentrations moyennes annuelles NO₂ (en µg/m³) modélisées pour 2017

La stratégie spatiale est essentiellement basée sur les concentrations modélisées en NO₂ pour lesquelles les risques de dépassements sont les plus importants. Les risques de dépassements pour les particules sont bien moindres.

La carte suivante représente un zoom sur l'école Jules Michelet des concentrations NO₂ modélisées sur l'agglomération de Bordeaux pour l'année 2017 et réutilisées par le journal Sud-Ouest. Le contour en blanc représente l'emprise (approximative) de l'école Jules Michelet, bâtiments et cour d'école. Pour plus de lisibilité, un transect de points a été rajouté avec les concentrations NO₂ associées à leurs positions.

La valeur limite pour le NO₂ (40 µg/m³) est potentiellement dépassée en limite de propriété au plus proche de la rocade. La décroissance des concentrations est

très rapide, les bâtiments en eux-mêmes sont exposés à des concentrations proches de 30 µg/m³.

Dans son article, Sud-Ouest indique avoir pris la concentration « dans un rayon de 50 m ». Autrement dit la concentration est calculée en prenant une partie des valeurs correspondant à la pollution sur la rocade elle-même, sans tenir compte de la décroissance rapide de la pollution avec l'éloignement à la voie.

Même si la valeur annoncée par Sud-Ouest est surestimée étant donné son mode de calcul, il reste cependant tout à fait justifié de parler de valeurs potentiellement élevées d'exposition à la pollution liée au trafic routier pour cette école.

Lors d'une première phase de la campagne de mesure de 2015 réalisée par Atmo, le moyen mobile avait été installé sur le parking puis, lors d'une seconde phase, près de la cantine. Le modèle y indique une valeur de 31-32 µg/m³ pour la cantine et de 33-37 µg/m³ pour le parking. La moyenne mesurée durant la campagne était proche de ces valeurs (34 µg/m³).

En 2015, la cabine mobile avait été installée au niveau de la cantine puis du parking, à 65 m puis 100 m de distance de la rocade. Pour la présente étude, la cabine mobile a été placée dans la cour afin d'évaluer l'exposition des élèves. La cabine mobile a été installée dans la cour de l'école maternelle, le plus proche possible de la rocade, dans la mesure du possible vis-à-vis des contraintes techniques, afin d'évaluer

l'exposition maximale. La distance à la rocade était alors de 60 m. Également, sept tubes passifs NO_2 ont été répartis dans l'enceinte de l'école, à l'extérieur des bâtiments. Un tube passif BTEX (Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes) a été placé au niveau de la cabine mobile. Il servira également de comparaison pour les mesures d'air intérieur.

La carte ci-dessous présente la localisation des moyens de mesure déployés, en air ambiant, pour la présente étude au sein de l'école Jules Michelet.

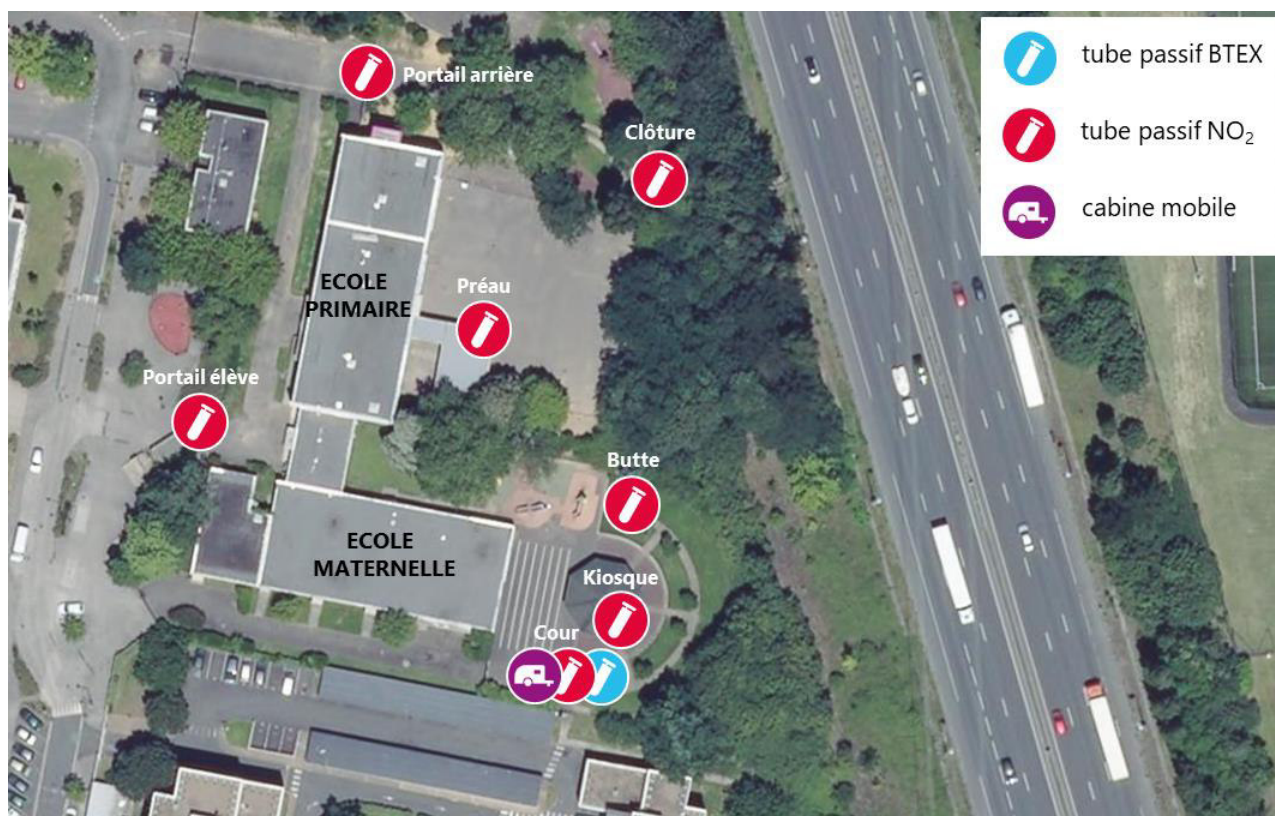


Figure 4 : Carte de situation des mesures en air ambiant

4.1.2. Air intérieur

Des tubes passifs NO₂ et BTEX ont également été mis en place à l'intérieur des bâtiments de l'école. L'objectif est de quantifier la part de polluant pouvant être transférée à l'intérieur des salles de classe, où les élèves passent la plus grande partie de leur temps.

Au vu de la taille de l'établissement, trois points de mesures en air intérieur ont été réalisés pour l'école Jules Michelet.

L'échantillonnage a été organisé en fonction de la configuration des bâtiments (étages, disposition des entrées d'air, exposition potentielle aux sources extérieures, occupation des pièces ...). Seules des salles de classe occupées ont été investiguées (et non des bureaux administratifs, des circulations, des sanitaires, ou des locaux spécifiques).

Le plan ci-dessous présente la localisation des moyens de mesure déployés, en air intérieur, pour la présente étude au sein de l'école Jules Michelet.

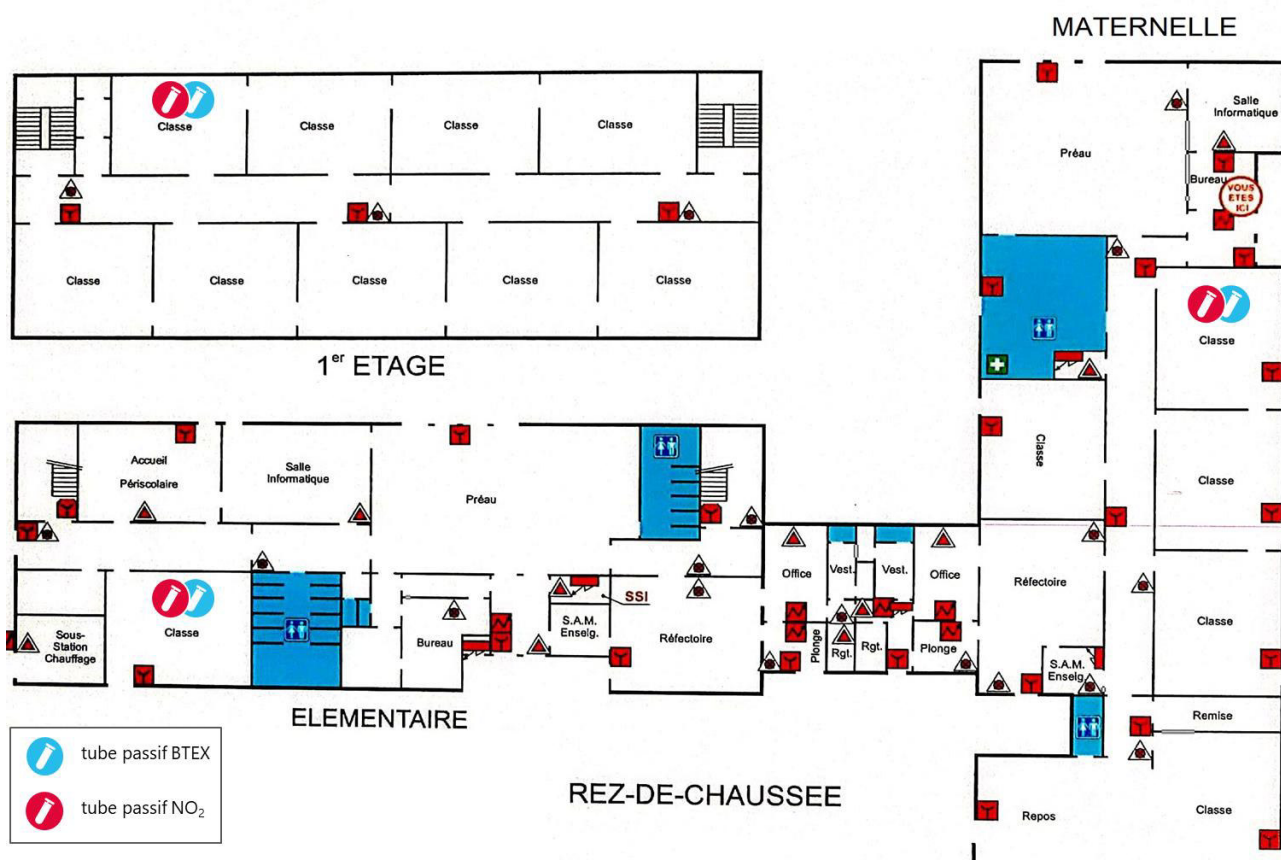


Figure 5 : Plan de situation des mesures en air intérieur

4.2. Stratégie temporelle

4.2.1. Air ambiant

Deux campagnes de mesures sont mises en œuvre : une en période hivernale (propice à l'accumulation des polluants) et une autre en période estivale (plus propice à la dispersion des polluants). La moyenne des deux campagnes permet d'estimer une moyenne annuelle.

Lors de chaque campagne, les analyseurs automatiques et les tubes passifs en air ambiant sont restés en place pendant 1 mois.

Pour l'école Jules Michelet, la campagne hivernale a eu lieu sur la période du 02 au 18/12/2020 puis du 04 au 20/01/2021. Pour faciliter l'organisation, la campagne d'1 mois a été réalisée sur 2 x 15 jours non consécutifs, en raison de l'absence des enfants pendant les vacances scolaires de Noël, ayant eu lieu entre le 18/12/2020 au soir et le 04/01/2021 au matin. La campagne estivale a eu lieu du 19/05 au 23/06/2021.

4.2.2. Air intérieur

Les mesures en air intérieur ont eu lieu en parallèle des mesures en air ambiant.

De la même manière que pour l'air ambiant, deux campagnes de mesures ont eu lieu : une en période hivernale (qui a eu lieu sur la période du 02 au 18/12/2020 puis du 04 au 20/01/2021) et une en période estivale (du 19/05 au 23/06/2021).

- Les tubes passifs pour mesurer le NO₂ à l'intérieur et à l'extérieur des établissements ont été déployés pendant 1 mois (à raison de 2 x 15 jours d'exposition) en été et pendant 1 mois en hiver (pendant des périodes d'occupation des locaux, hors vacances scolaires).
- Les tubes passifs pour mesurer le benzène à l'intérieur et à l'extérieur des établissements ont été quant à eux exposés 4 jours et demi seulement (du lundi matin au vendredi après-midi), lors de chaque campagne été et hiver (selon le protocole de mesures décrit dans le Décret n°2015-1926 relatif à la surveillance réglementaire de la qualité de l'air dans les établissements recevant du public). Les mesures ont eu lieu en période d'occupation des locaux, hors vacances scolaires.

Il est à noter que les élèves des classes 8 et 11 n'étaient pas présents entre le 02 et le 07/06/2021, à cause de cas de COVID-19. Des tubes passifs NO₂ étaient installés dans les classes pendant cette période.

5. Modélisation de la concentration en NO₂

Le dioxyde d'azote (NO₂) est un polluant traceur du trafic routier, contrairement aux particules PM10 et PM2.5 qui proviennent également du secteur résidentiel et tertiaire. Le dioxyde d'azote est le polluant émis en plus grande quantité par le trafic routier, c'est pourquoi c'est ce polluant qui a été utilisé dans l'article de Sud-Ouest de 2019. Les données de dioxyde d'azote modélisées utilisées dans l'article dataient de 2017. Les paramètres météorologiques et trafic évoluant chaque année, une comparaison des cartes modélisées de NO₂ entre l'année 2017 et l'année 2020 est effectuée ci-dessous :

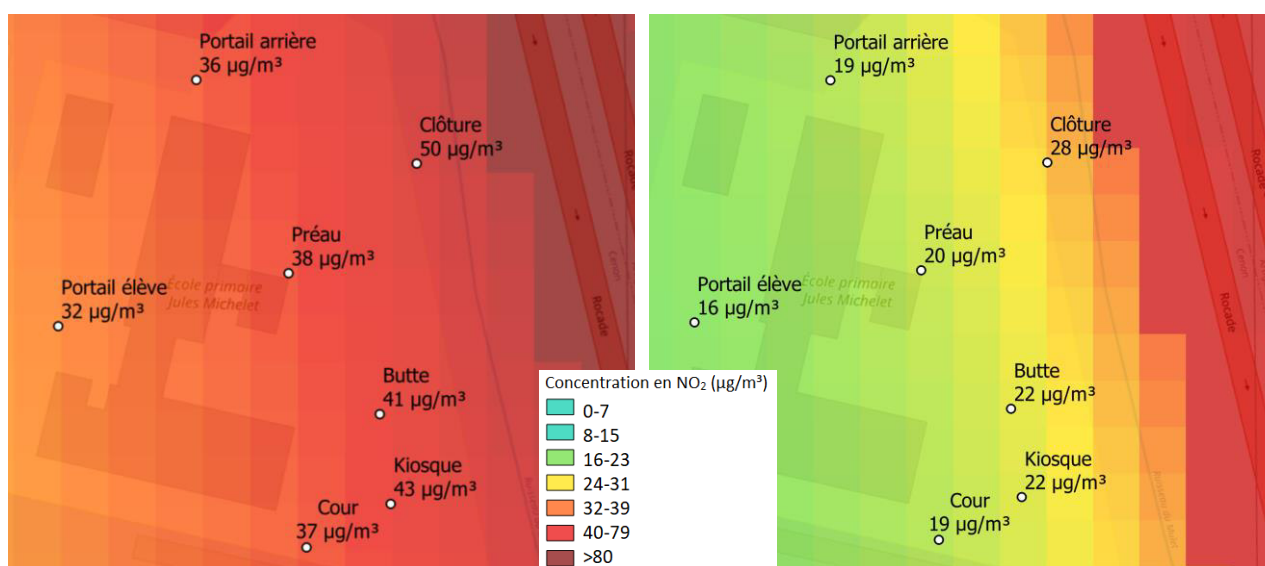


Figure 6 : Modélisation de la concentration en NO₂ sur l'école Jules Michelet en 2017 (à gauche) et en 2020 (à droite)

Nom	Concentration en NO ₂ modélisée pour l'année 2017 (µg/m³)	Concentration en NO ₂ modélisée pour l'année 2020 (µg/m³)
Cour	37	19
Portail élève	32	16
Portail arrière	36	19
Clôture	50	28
Préau	38	20
Butte	41	22
Kiosque	43	22

Tableau 6 : concentrations modélisées en NO₂ sur l'école Jules Michelet en 2017 et 2020

Les concentrations modélisées en NO₂ pour l'année 2017 valent presque le double de celles modélisées pour l'année 2020. En effet, les conditions météorologiques en 2017 étaient moins favorables à une bonne qualité d'air qu'en 2020. De plus, une baisse de trafic globale a été enregistrée en 2020 sur l'agglomération bordelaise, liée à la recommandation des autorités sanitaires à télétravailler pendant la pandémie de COVID-19. Les mesures sur Jules Michelet, effectuées en 2020 et 2021, seront comparées à la carte modélisée pour l'année 2020, celle pour 2021 n'étant pas encore disponible.

6. Conditions météorologiques

6.1. Campagne hivernale

Les roses des vents ci-dessous sont construites à partir des données météorologiques de Météo France de la station Bordeaux-Mérignac, pendant les deux périodes de mesure : du 02 au 18/12/2020 puis du 04 au 20/01/2021.

BORDEAUX-MERIGNAC (Météo-France) BORDEAUX-MERIGNAC (Météo-France)

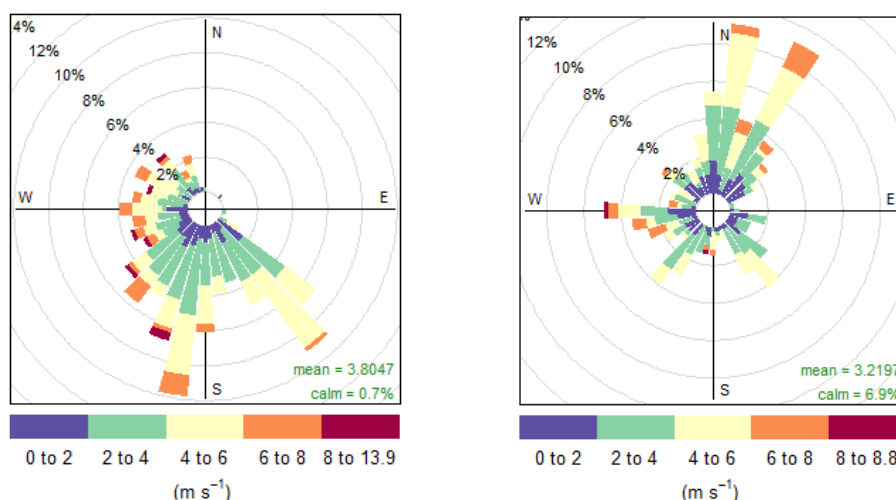


Figure 7 : Rose des vents moyenne à Bordeaux-Mérignac du 02 au 18/12/2020 (à gauche) puis du 04 au 20/01/2021 (à droite)

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. Les couleurs représentent les différents intervalles de vitesse du vent en m/s (0 à 2 m/s, 2 à 4 m/s, etc.). En dessous de 1 m/s on parle de vents faibles, leur direction n'est pas bien établie.

Sur la période du 02 au 18/12/2020, les vents dominants provenaient majoritairement du Sud-Ouest et du Sud-Sud-Ouest. Sur la période du 04 au 20/01/2021, ils provenaient en majorité du Nord-Ouest et du Nord-Nord-Est.

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

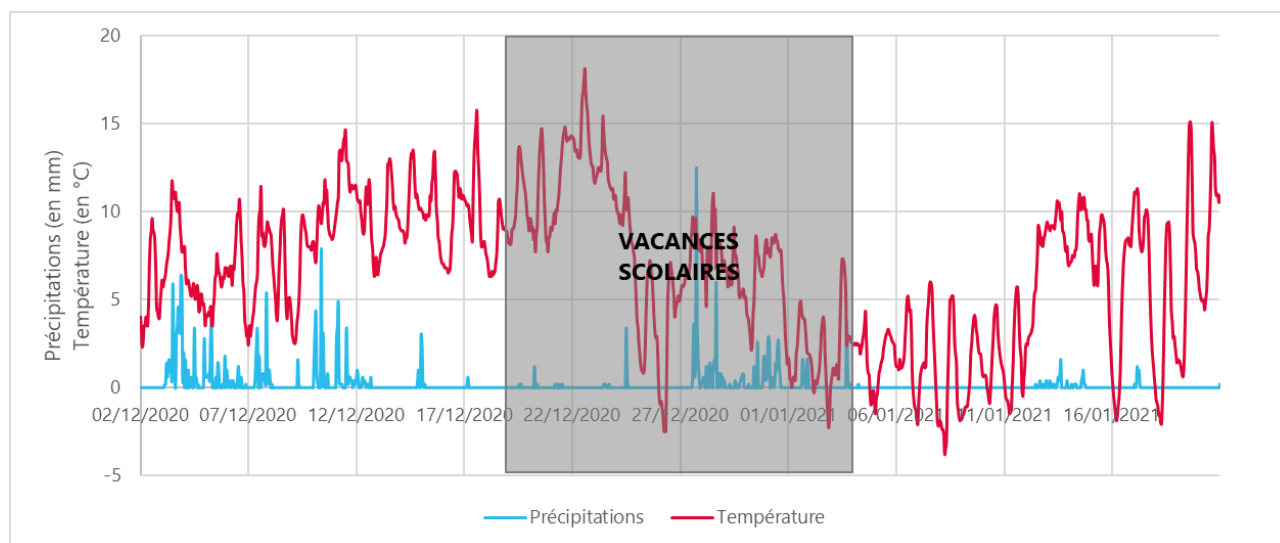


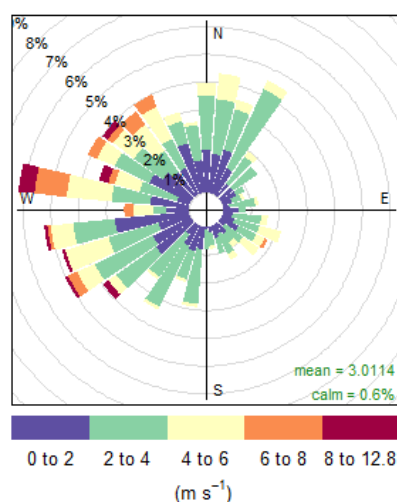
Figure 8 : Evolution de la température et des précipitations (données Météo France Bordeaux-Mérignac) du 02/12/20 au 20/01/2021

Pendant la période de mesure (en excluant les vacances scolaires), la température moyenne a été de 6,5°C. Les températures minimales et maximales atteintes ont été respectivement de -3,8°C et de 15,7°C. Le cumul des précipitations a été de 175 mm.

6.2. Campagne estivale

La rose des vents ci-dessous est construite à partir des données météorologiques de Météo France de la station Bordeaux-Mérignac, pendant la période du 19/05 au 23/06/2021.

BORDEAUX-MERIGNAC (Météo-France)



Frequency of counts by wind direction (%)

Figure 9 : Rose des vents moyenne à Bordeaux-Mérignac du 19/05 au 23/06/2021

Sur la période du 19/05 au 23/06/2021, les vents dominants ont eu de multiples directions. Ils provenaient majoritairement des directions de vents situées entre le Sud-Ouest et le Nord-Nord-Est.

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

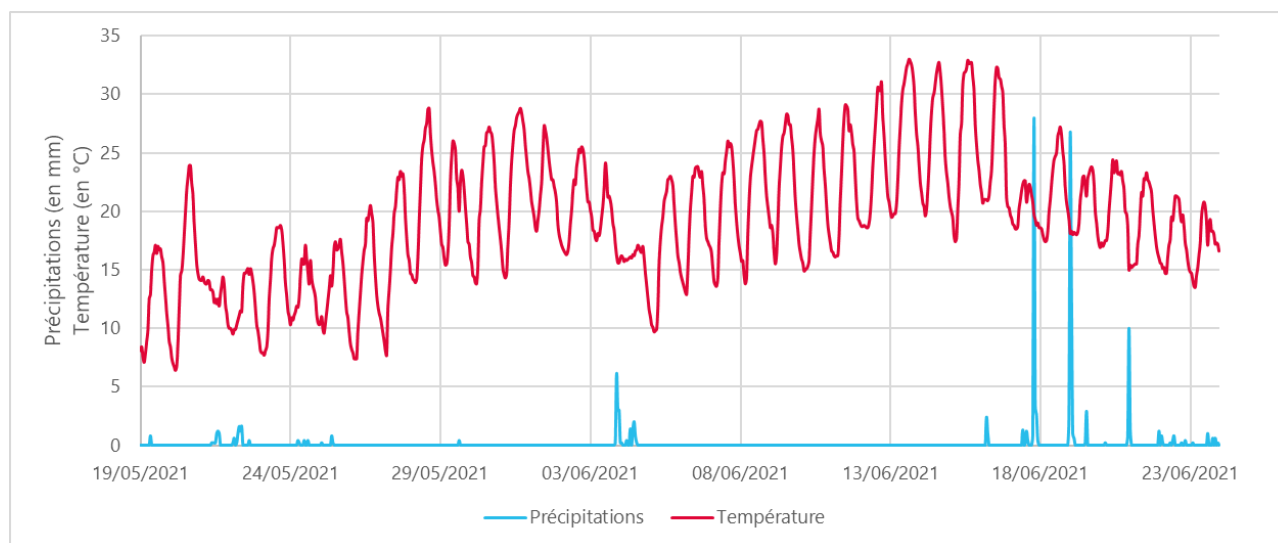


Figure 10 : Evolution de la température et des précipitations (données Météo France Bordeaux-Mérignac) du 19/05 au 23/06/2021

Pendant la période de mesure, la température moyenne a été de 19,3°C. Les températures minimales et maximales atteintes ont été respectivement de 6,4°C et de 33,0°C. Le cumul des précipitations a été de 141 mm.

7. Résultats en air ambiant

7.1. Mesures automatiques

Les mesures automatiques en air ambiant sont comparées aux données de deux stations du réseau fixe : la station de fond urbain « Bassens » située sur la commune de Bassens et la station trafic « Gautier » située au niveau du boulevard Antoine Gautier, sur la commune de Bordeaux. Ces stations mesurent le NO₂, les PM₁₀ et les PM_{2.5}.

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.

La carte de situation des stations fixes « Bassens » et « Gautier » ainsi que l'école Jules Michelet est présentée sur la figure suivante.

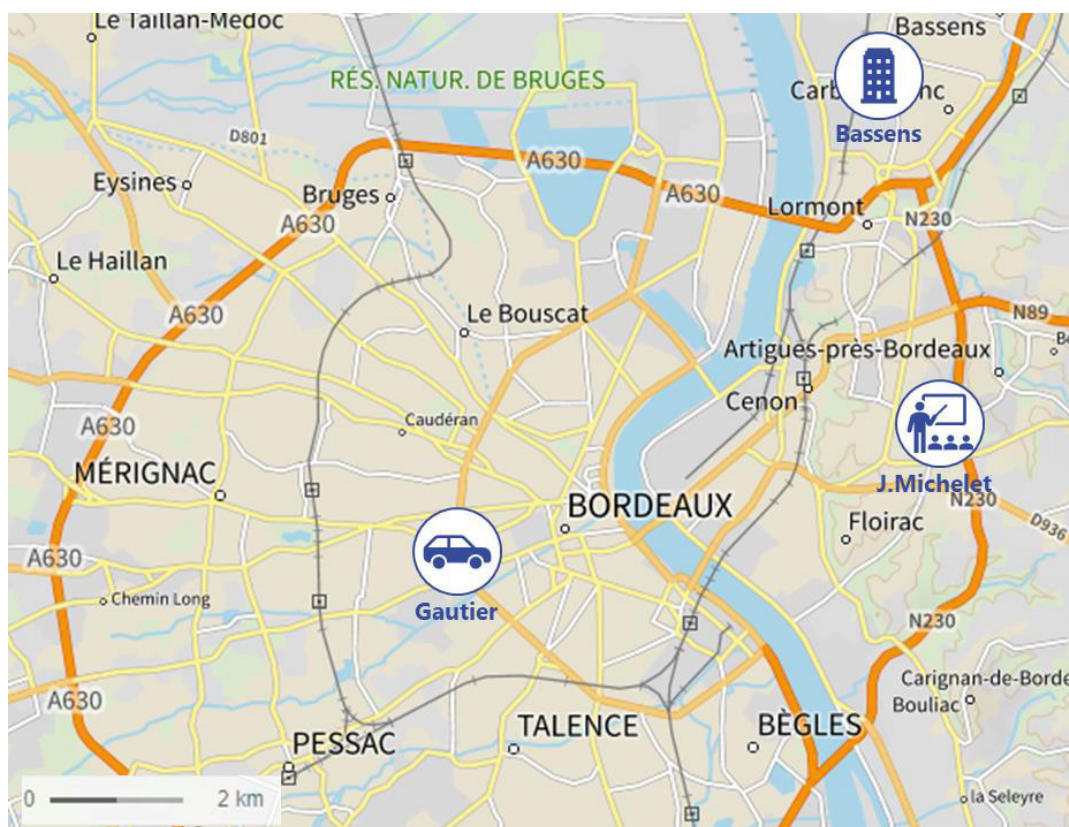


Figure 11 : Carte de localisation de l'école Jules Michelet et des stations fixes de comparaison

7.1.1. Particules en suspension PM10

Les statistiques des données observées pour les PM10 à l'école Jules Michelet et aux stations fixes « Bassens » et « Gautier » sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les périodes de mesure sont les suivantes : du 05 au 18/12/2020 puis du 04 au 19/01/2021 pour la campagne hivernale, et du 22/05 au 22/06/2021 pour la campagne estivale.

Concentration en PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (en moyenne journalière)	Jules Michelet			Bassens (fond urbain)			Gautier (trafic)		
Période	Hiver	Été	Moyenne	Hiver	Été	Moyenne	Hiver	Été	Moyenne
Minimum	3	8		6	9		8	8	
Moyenne	15	15	15	18	14	16	24	18	21
Percentile 90	29	21		33	20		37	25	
Maximum	34	23		45	26		51	27	

Tableau 7 : Synthèse des résultats des PM10 (en moyenne journalière)

Ces résultats sont présentés ci-dessous sous forme de boxplot.

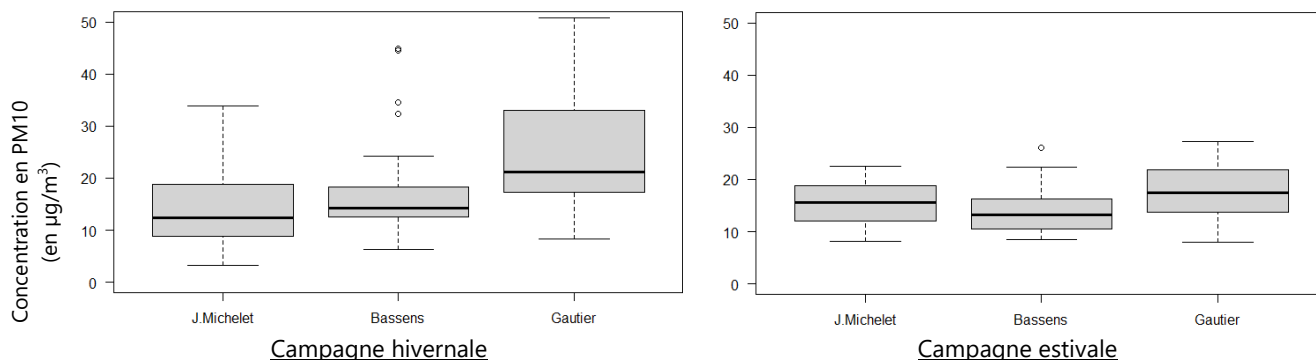


Figure 12 : Boxplot des concentrations en PM10 (en moyenne journalière) pendant les deux campagnes

Pendant la campagne hivernale, les concentrations en PM10 observées sur le site de l'école Jules Michelet sont du même ordre de grandeur que celles observées sur le site de fond urbain de « Bassens » et inférieures à celles de la station trafic « Gautier ». Pendant la campagne estivale, celles-ci sont légèrement supérieures à la station « Bassens » mais restent inférieures à la station « Gautier ».

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

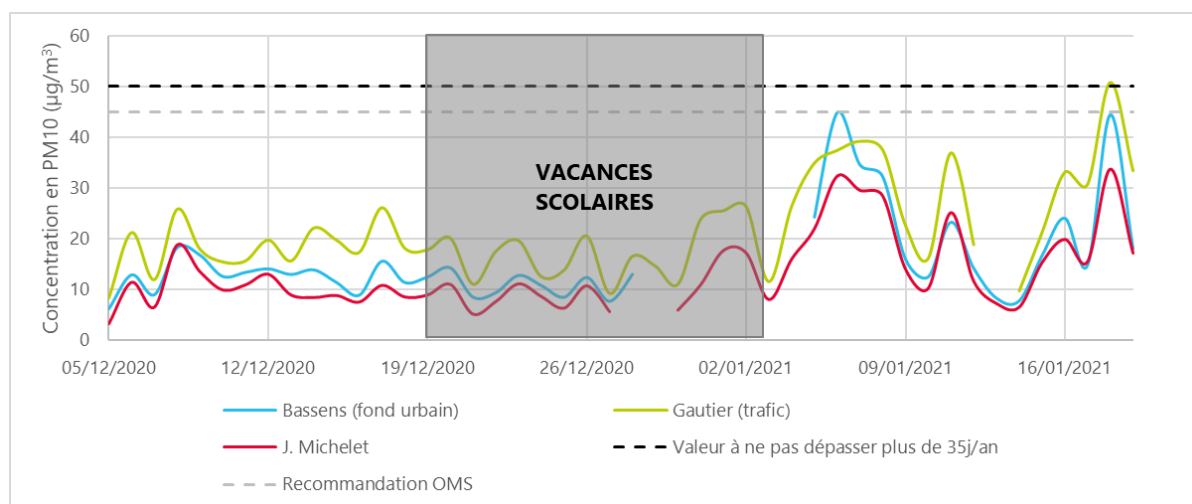


Figure 13 : Evolution des concentrations en PM10 (en moyenne journalière) lors de la campagne hivernale

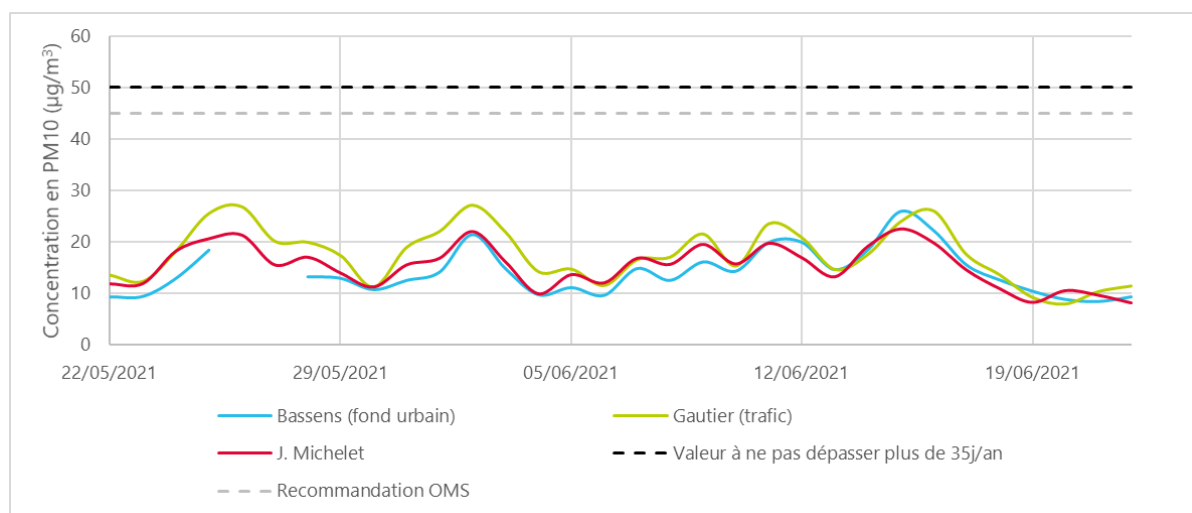


Figure 14 : Evolution des concentrations en PM10 (en moyenne journalière) lors de la campagne estivale

En raison de problèmes techniques, les données de certaines journées ne sont pas disponibles sur la période de mesure, notamment pour la station « Bassens » entre le 29/12/2020 et le 04/01/2021 et entre le 26 et le 27/05/2021 et pour la station « Gautier » le 13/01/2021.

L'évolution des concentrations en PM10 sur le site de l'école Jules Michelet suit globalement la même tendance que celles des stations fixes de comparaison, durant les deux campagnes. Les valeurs sur le site de l'école sont inférieures à la station trafic « Gautier » et à la station de fond « Bassens », pendant la période hivernale et entre les deux stations fixes, pendant la période estivale.

La valeur limite pour la protection de la santé humaine qui est de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière (à ne pas dépasser plus de 35 jours par an) n'a pas été dépassée sur le site de l'école pendant toute la durée des mesures. Il en est de même pour la recommandation de l'OMS de 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière.

La concentration moyenne en PM10 sur les deux campagnes est de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La valeur limite de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle est donc respectée sur toute la période de mesure. La ligne directrice de l'OMS de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, plus contraignante, a été atteinte.

7.1.2. Particules fines PM2.5

Les statistiques des données observées pour les PM2.5 à l'école Jules Michelet et aux stations fixes « Bassens » et « Gautier » sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les périodes de mesure sont les suivantes : du 05 au 18/12/2020 puis du 04 au 19/01/2021 pour la campagne hivernale, et du 22/05 au 22/06/2021 pour la campagne estivale.

Concentration en PM2.5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (en moyenne journalière)	Jules Michelet			Bassens (fond urbain)			Gautier (trafic)		
Période	Hiver	Été	Moyenne	Hiver	Été	Moyenne	Hiver	Été	Moyenne
Minimum	3	2		4	1		5	4	
Moyenne	11	7	9	12	5	8	15	7	11
Percentile 90	22	9		24	8		27	10	
Maximum	28	10		34	9		33	11	

Tableau 8 : Synthèse des résultats des PM2.5 (en moyenne journalière)

Ces résultats sont présentés ci-dessous sous forme de boxplot.

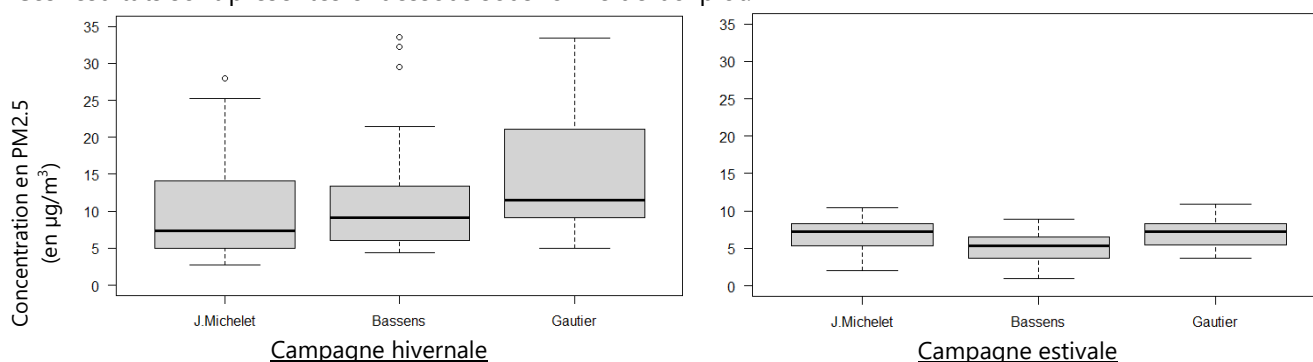


Figure 15 : Boxplot des concentrations en PM2.5 (en moyenne journalière)

Pendant la campagne hivernale, les concentrations en PM2.5 observées sur le site de l'école Jules Michelet sont du même ordre de grandeur que celles relevées sur la station de fond urbain « Bassens » et inférieures à celles de la station trafic « Gautier ». Pendant la campagne estivale, les concentrations sont globalement plus faibles qu'en période hivernale, sur les trois sites. Celles relevées sur le site de l'école sont du même ordre de grandeur que celles mesurées sur la station trafic « Gautier ».

L'évolution de la concentration en PM2.5 au cours du temps est présentée sur la figure ci-après.

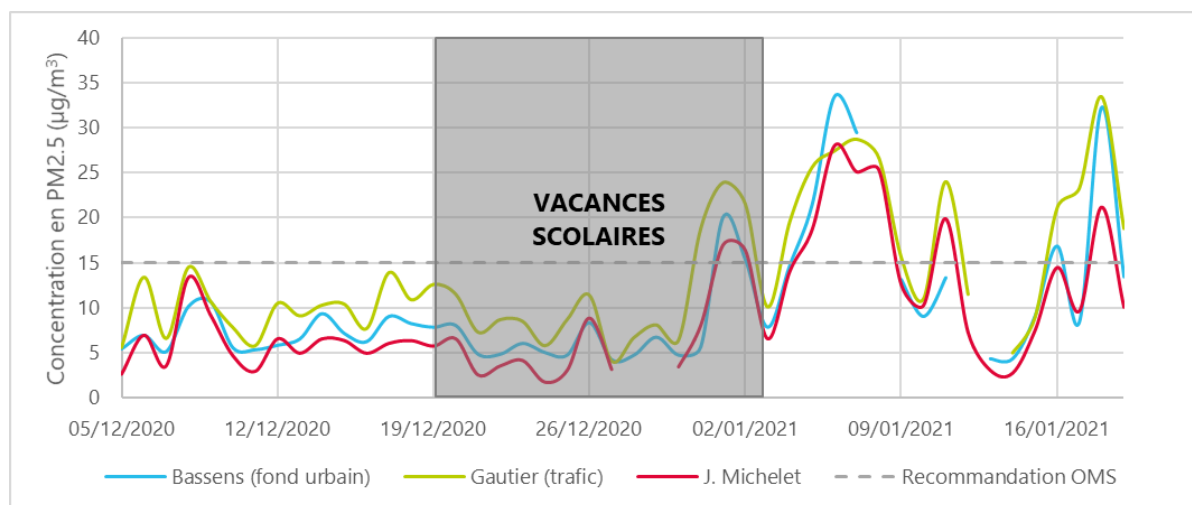


Figure 16 : Evolution des concentrations en PM2.5 (en moyenne journalière) pendant la campagne hivernale

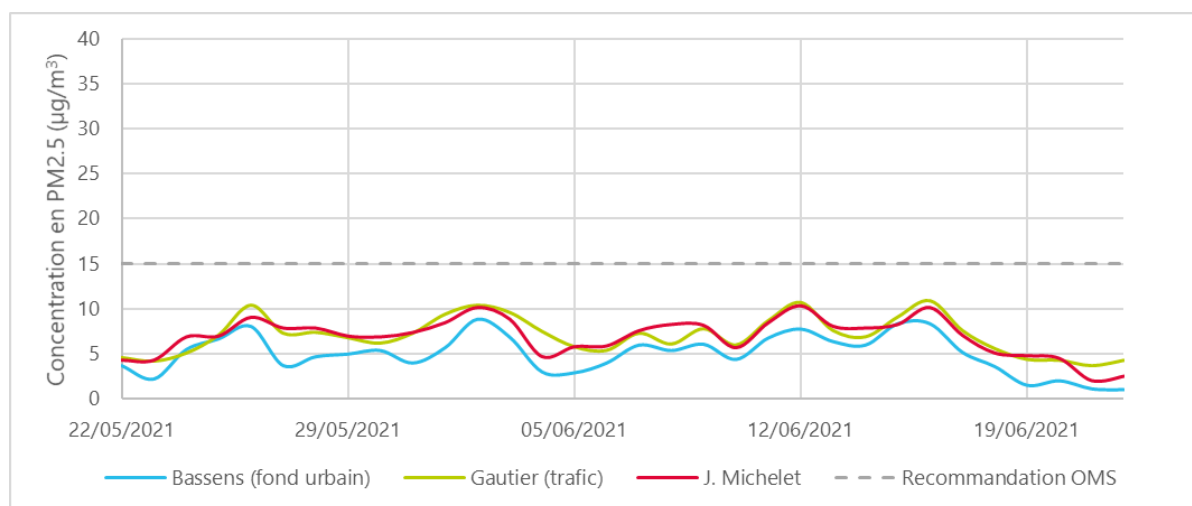


Figure 17 : Evolution des concentrations en PM2.5 (en moyenne journalière) pendant la campagne estivale

En raison de problèmes techniques, les données de certaines journées ne sont pas disponibles sur la période de mesure, notamment pour la station « Bassens » le 08 et le 12/01/2021 et pour la station « Gautier » le 13/01/2021.

L'évolution des concentrations en PM2.5 sur le site de l'école Jules Michelet suit la même tendance que celles des stations fixes de comparaison, pendant toute la période de mesure. Pendant la campagne hivernale, les valeurs sur le site de l'école sont globalement inférieures à celles relevées sur les stations fixes « Bassens » et « Gautier ». Pendant la campagne estivale, les concentrations sont plus faibles sur les trois sites. Cette différence vient du fait que le chauffage au bois est l'une des principales sources d'émission des PM2.5. Le chauffage n'étant pas utilisé en été, les PM2.5 sont moins présentes dans l'air ambiant. Les concentrations relevées sur le site de l'école sont du même ordre de grandeur que celles mesurées sur la station trafic « Gautier ».

La recommandation OMS de 15 µg/m³ en moyenne journalière a été dépassée pendant 6 jours de la campagne hivernale (hors vacances scolaires) sur le site de l'école Jules Michelet, soit pendant 20% du temps. La station de référence « Gautier » a également dépassé ce seuil pendant ces 6 jours. La station « Bassens » l'a dépassé pendant 5 de ces 6 jours.

La concentration moyenne en PM_{2.5} des deux campagnes est de 9 µg/m³. La valeur limite (25 µg/m³ en moyenne annuelle) et la valeur cible pour la protection de la santé humaine (20 µg/m³ en moyenne annuelle) sont donc respectées pendant toute la période de mesure. La ligne directrice de l'OMS de 5 µg/m³, plus contraignante, a été dépassée sur le site de l'école et sur les stations de référence.

7.1.3. Dioxyde d'azote (NO₂)

Les statistiques des données observées pour le dioxyde d'azote à l'école Jules Michelet et aux stations fixes « Bassens » et « Gautier » sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les périodes de mesure sont les suivantes : du 02 au 18/12/2020 puis du 04 au 20/01/2021 pour la campagne hivernale, et du 21/05 au 23/06/2021 pour la campagne estivale.

Concentration en NO ₂ en µg/m ³ (en moyenne horaire)	Jules Michelet			Bassens (fond urbain)			Gautier (trafic)		
Période	Hiver	Été	Moyenne	Hiver	Été	Moyenne	Hiver	Été	Moyenne
Minimum	1	1		0	0		1	3	
Moyenne	24	17	20	18	9	14	38	29	33
Percentile 90	47	35		38	20		69	51	
Maximum	102	90		66	63		108	78	

Tableau 9 : Synthèse des résultats des NO₂ (en moyenne horaire)

Ces résultats sont présentés ci-dessous sous forme de boxplot.

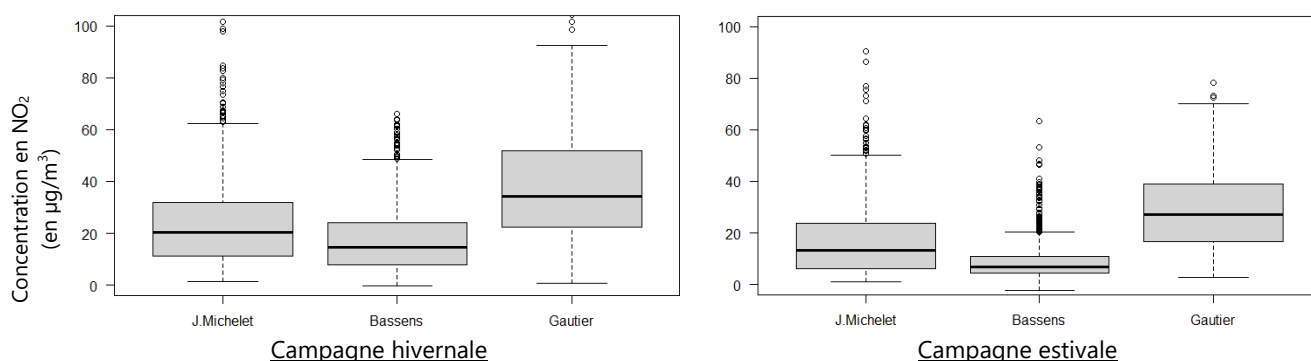


Figure 18 : Boxplot des concentrations en NO₂ (en moyenne horaire)

Pendant les deux campagnes hivernale et estivale, les concentrations en NO₂ mesurées dans la cour sont entre les niveaux relevés sur la station de fond urbain « Bassens » et ceux relevés sur la station trafic « Gautier ». La décroissance rapide du NO₂ dans les 60 mètres qui séparent le site de mesure de la rocade ainsi que les arbres aux abords de celle-ci, pouvant constituer une « barrière végétale », peuvent expliquer que les niveaux mesurés soient bien inférieurs à une station trafic. Les concentrations en NO₂ sont globalement inférieures pendant la campagne estivale sur toutes les stations car les conditions météorologiques sont plus favorables à la dispersion des polluants pendant cette période.

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

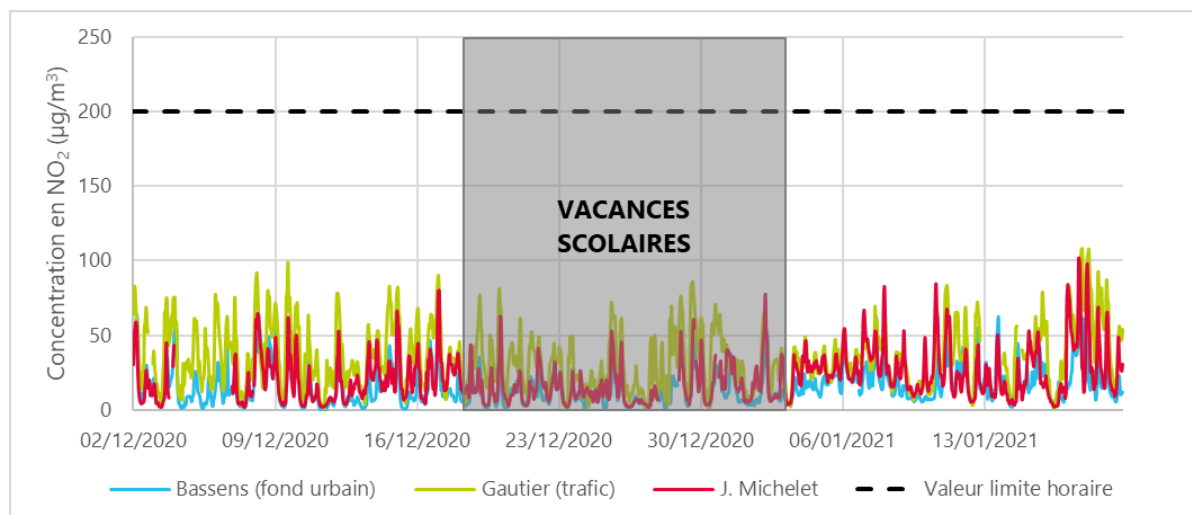


Figure 19 : Evolution des concentrations en NO₂ (en moyenne horaire), pendant la campagne hivernale

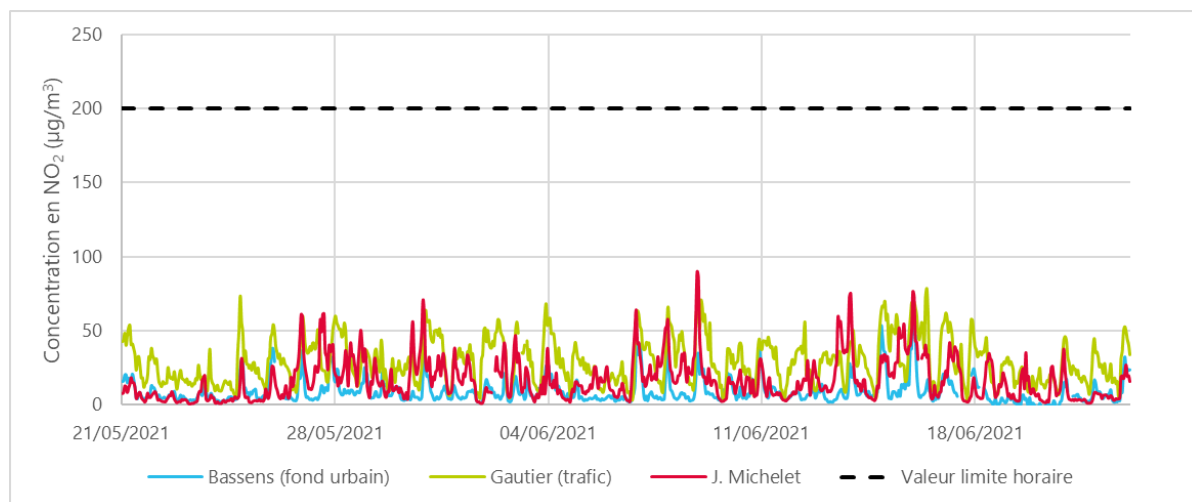


Figure 20 : Evolution des concentrations en NO₂ (en moyenne horaire), pendant la campagne estivale

En raison de problèmes techniques, les données de certaines journées ne sont pas disponibles sur la période de mesure, notamment pour le laboratoire mobile placé dans la cour de l'école Jules Michelet entre le 04 et le 07/12/2020.

Les concentrations en NO₂ sur le site de l'école n'ont pas dépassé la valeur limite réglementaire en moyenne horaire fixée à 200 µg/m³, pendant les deux périodes de mesures.

Le profil des concentrations mesurées dans l'école Jules Michelet est légèrement supérieur au profil de la station de fond urbain « Bassens » mais reste globalement inférieur à celui de la station trafic « Gautier ».

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

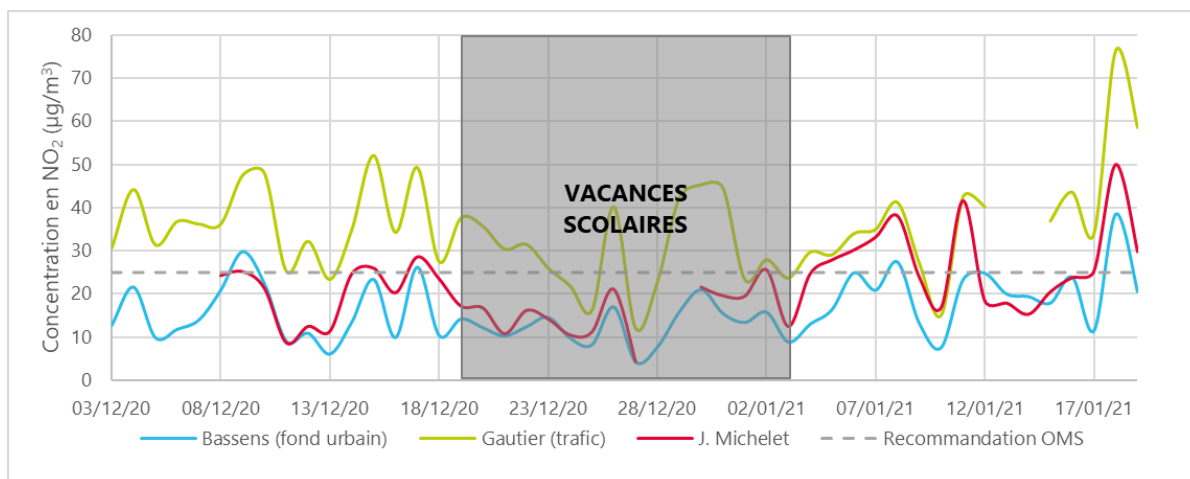


Figure 21 : Evolution des concentrations en NO₂ (en moyenne journalière) pendant la campagne hivernale

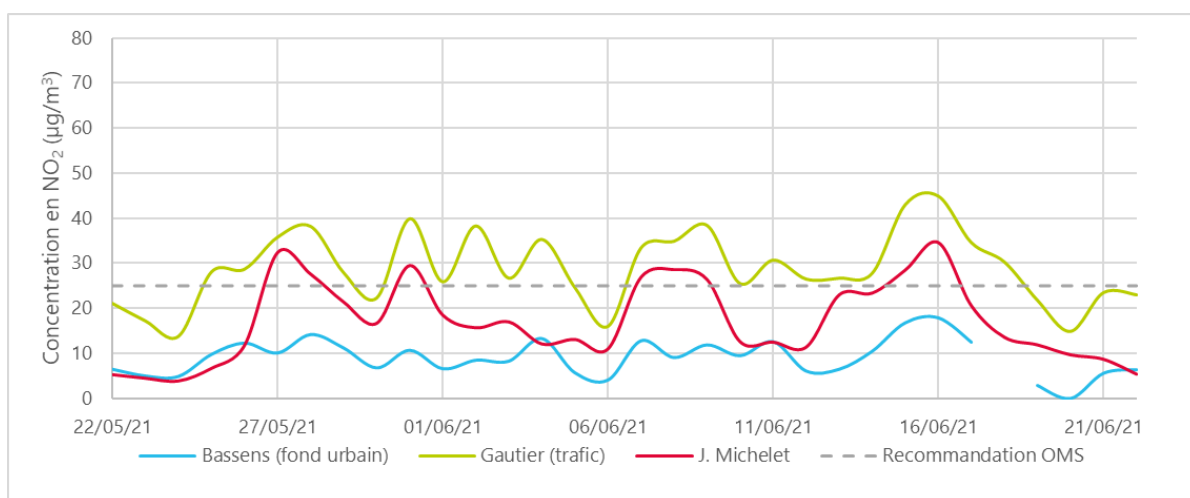


Figure 22 : Evolution des concentrations en NO₂ (en moyenne journalière) pendant la campagne estivale

La ligne directrice de l'OMS de 25 µg/m³ en moyenne journalière a été dépassée sur le site de l'école Jules Michelet pendant 11 jours de la campagne hivernale (soit 34% du temps) et pendant 8 jours de la campagne estivale (soit 25% du temps). La station « Gautier » dépassait également ce seuil pendant les mêmes journées.

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 de mesure) est présenté ci-dessous.

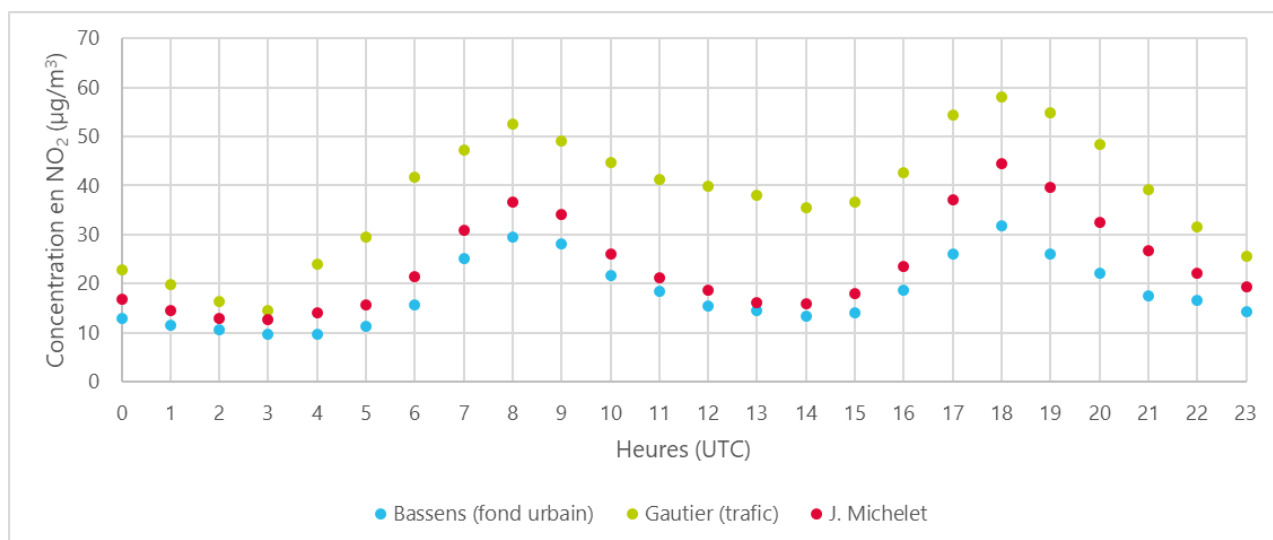


Figure 23 : Evolution de la concentration moyenne horaire en NO₂ en heures UTC¹, pendant la campagne hivernale

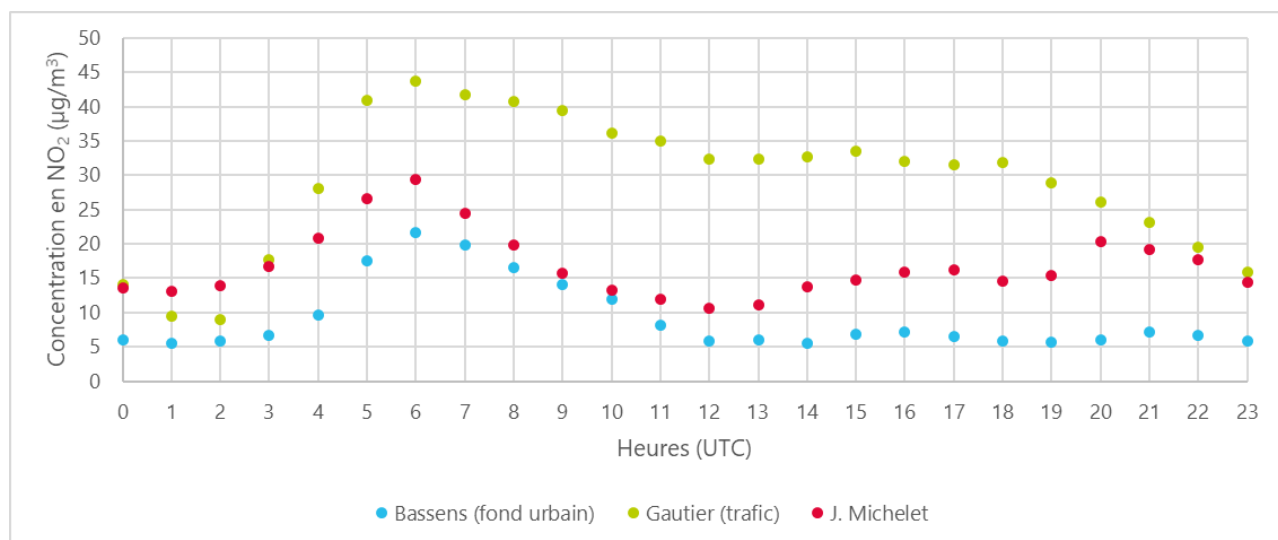


Figure 24 : Evolution de la concentration moyenne horaire en NO₂ en heures UTC, pendant la campagne estivale

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. La courbe de concentration en NO₂ relevée à l'école Jules Michelet est légèrement supérieure à celle de la station de fond urbain « Bassens » mais reste inférieure à la station trafic « Gautier », à l'exception de quelques plages horaires pendant la période estivale où les concentrations sont égales voire supérieures à celle mesurées sur la station « Gautier » : entre 23h et 3h du matin. Cette plage horaire n'est cependant pas concomitante avec la présence des élèves.

La moyenne des deux campagnes est de 20 µg/m³. La valeur limite de 40 µg/m³ en moyenne annuelle a donc été respectée. L'OMS préconise le seuil de 10 µg/m³, plus restrictif. Celui-ci a été dépassé sur le site de l'école et sur les stations de référence.

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

La concentration moyenne en NO₂ réellement mesurée dans la cour est très proche de celle obtenue par modélisation pour l'année 2020 (cf. figure 6) : la concentration mesurée au niveau du site « cour » est de 20 µg/m³ alors que la concentration modélisée est 19 µg/m³.

7.2. Mesures par tube passif

7.2.1. Dioxyde d'azote (NO₂)

Le tableau ci-dessus présente les résultats des mesures de NO₂ en air ambiant par tubes passifs sur les deux quinzaines de jours ainsi que la moyenne bi-hebdomadaire obtenue.

	Concentration en NO ₂ (en µg/m ³)					
	Campagne hivernale			Campagne estivale		
	Du 02 au 16/12/20	Du 06 au 20/01/21	Moyenne bi-hebdomadaire	Du 19/05 au 02/06/21	Du 02 au 16/06/21	Moyenne bi-hebdomadaire
Cour	20	18	19	15	17	16
Portail élève	16	19	18	12	16	14
Portail arrière	16	21	18	16	21	19
Clôture	19	18	19	22	34	28
Préau	16	17	17	17	22	19
Butte	16	20	18	15	23	19
Kiosque	15	20	18	17	19	18

Tableau 10 : Résultats des mesures par tubes passifs de NO₂ en air ambiant

Les moyennes bi-hebdomadaires sont représentées sous forme d'histogramme sur la figure ci-après.

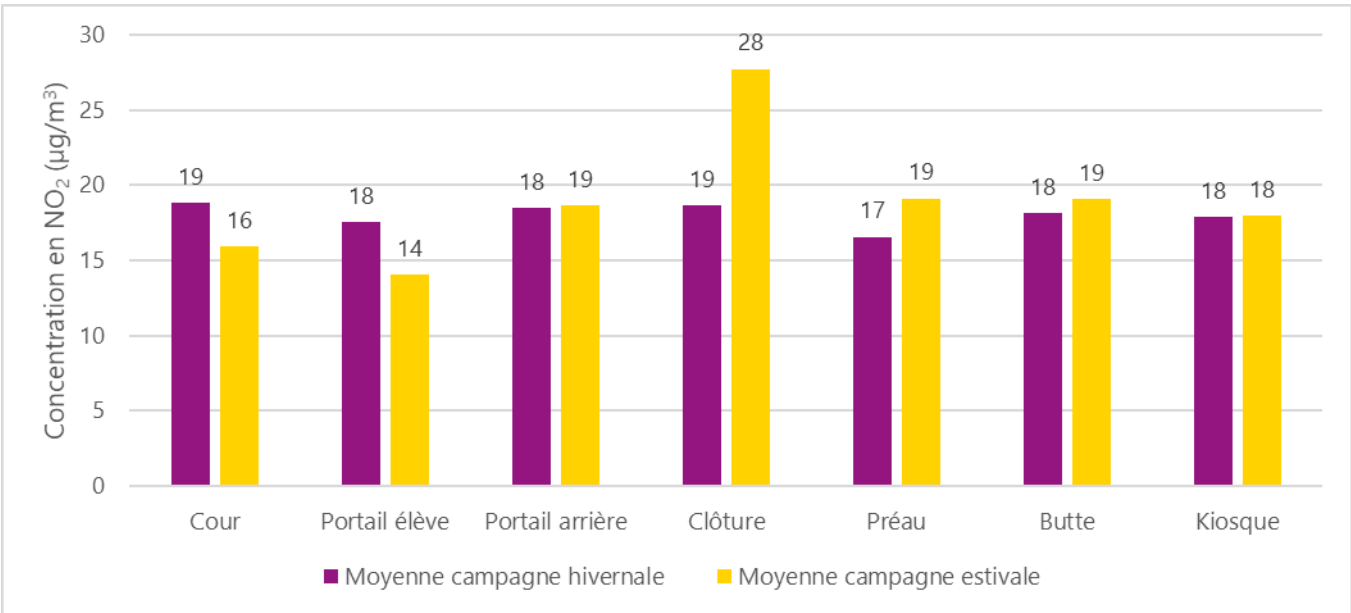


Figure 25 : Résultats des moyennes bi-hebdomadaires des mesures de NO₂ par tubes passifs en air ambiant

Les concentrations moyennes bi-hebdomadaires en NO₂ sont proches pour la plupart, entre 16 et 19 µg/m³. La concentration en NO₂ la plus élevée a été mesurée sur le site proche de la rocade « Clôture » pendant la campagne estivale. Ceci peut s'expliquer en partie par un trafic sur la rocade plus important pendant la campagne estivale (cf. partie 9). La concentration la plus faible, 12 µg/m³, a été relevée pendant la campagne estivale sur le site « Portail élève », situé à l'entrée de l'école.

La moyenne calculée pour les deux campagnes est présentée dans le tableau suivant.

Lieu	Concentration moyenne en NO ₂ (en µg/m ³)
Cour	17
Portail élève	16
Portail arrière	19
Clôture	23
Préau	18
Butte	19
Kiosque	18

Tableau 11 : Concentrations moyennes annuelles des mesures par tubes passifs de NO₂ en air ambiant

La valeur limite annuelle fixée à 40 µg/m³ n'a été dépassée sur aucun des sites étudiés. Le seuil plus contraignant de 10 µg/m³ préconisé par l'OMS a été dépassé sur tous les sites.

Les concentrations mesurées sont égales ou légèrement inférieures à celles modélisées pour l'année 2020 (cf. figure 6) pour tous les sites.

7.3. Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes (BTEX)

Les stations de mesures fixes « Bassens » (fond urbain) et « Gautier » (trafic) sont équipées de tubes passifs qui mesurent les BTEX. Ces résultats vont pouvoir être comparés aux concentrations mesurées dans la cour de l'école Jules Michelet. Les résultats des tubes passifs BTEX de l'école Jules Michelet et des stations de référence sont présentés dans le tableau et les figures suivantes.

Les mesures dans l'école Jules Michelet ont eu lieu du 04 au 08/01/2021 et du 14 au 18/06/2021. Les mesures des stations de référence ont été réalisées du 14 au 21/01/2020 et du 08 au 15/07/2021.

Les mesures faites dans les stations de référence n'ont pas été réalisées à l'occasion de cette étude mais constituent des mesures de routine d'Atmo Nouvelle-Aquitaine. C'est pour cela qu'elles n'ont pas eu lieu aux mêmes dates que les mesures réalisées sur l'école Jules Michelet.

	Concentration (en µg/m ³)									
	Campagne hivernale					Campagne estivale				
	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m+p-xylène	o-xylène	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m+p-xylène	o-xylène
Cour	2.5	1.7	0.2	0.4	0.2	0.3	0.7	0.1	0.3	0.2
Bassens (fond urbain)	1.3	1.7	0.2	0.4	0.2	0.3	1.2	0.2	0.5	0.2
Gautier (trafic)	2.1	5.2	0.7	2.0	1.0	0.9	2.8	0.3	0.8	0.4

Tableau 12 : Résultats des BTEX en air ambiant

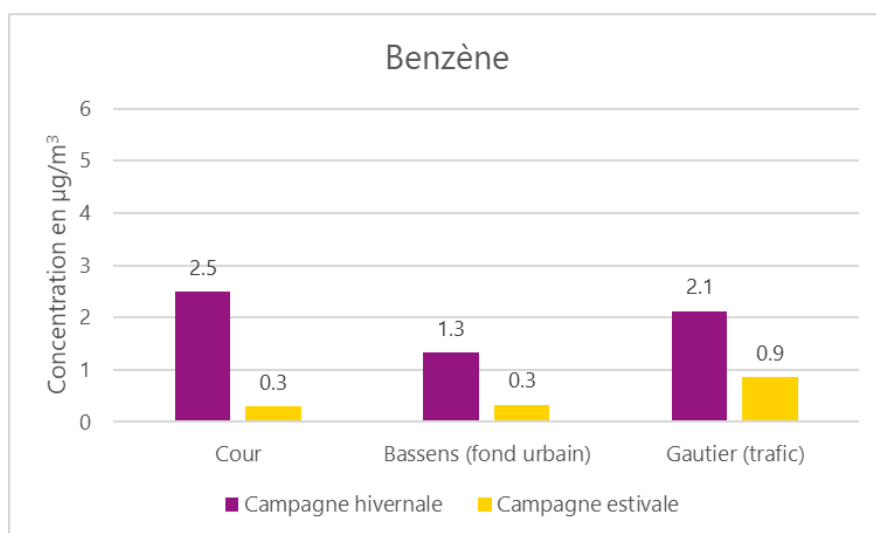


Figure 26 : Concentrations en benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en air ambiant

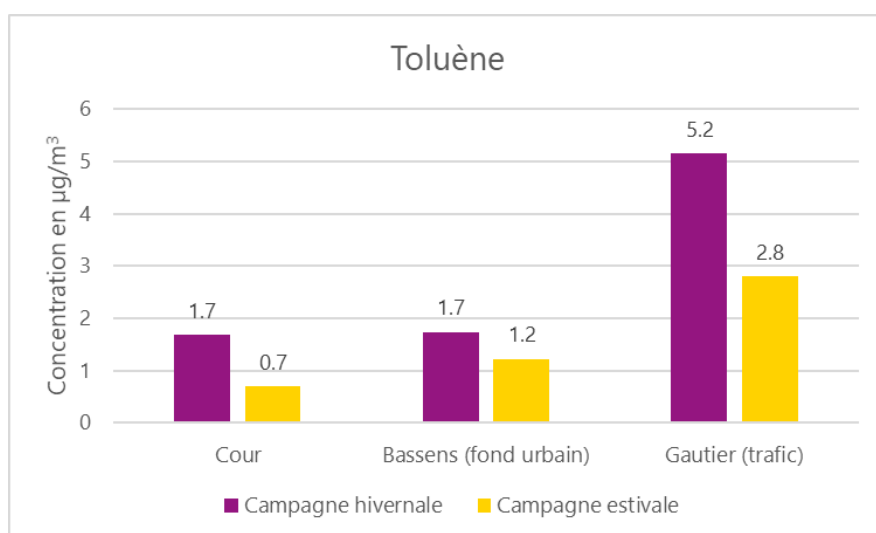


Figure 27 : Concentrations en toluène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en air ambiant

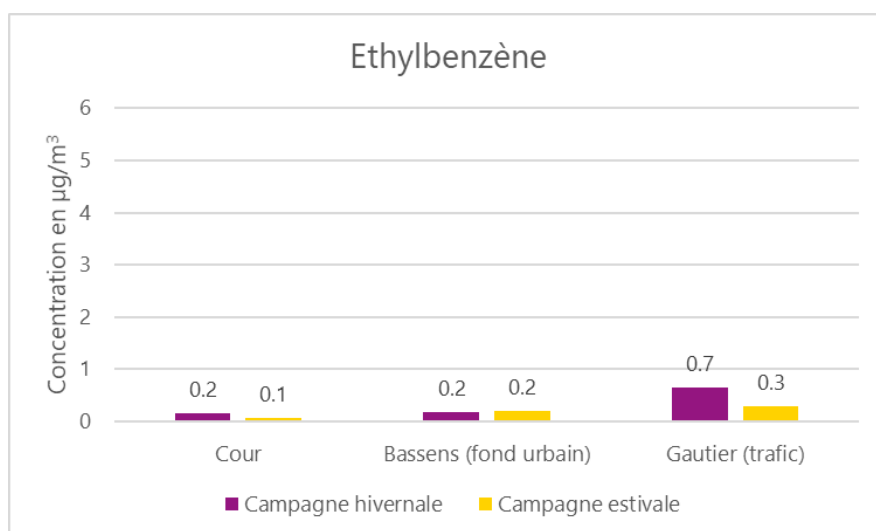


Figure 28 : Concentrations en éthylbenzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en air ambiant

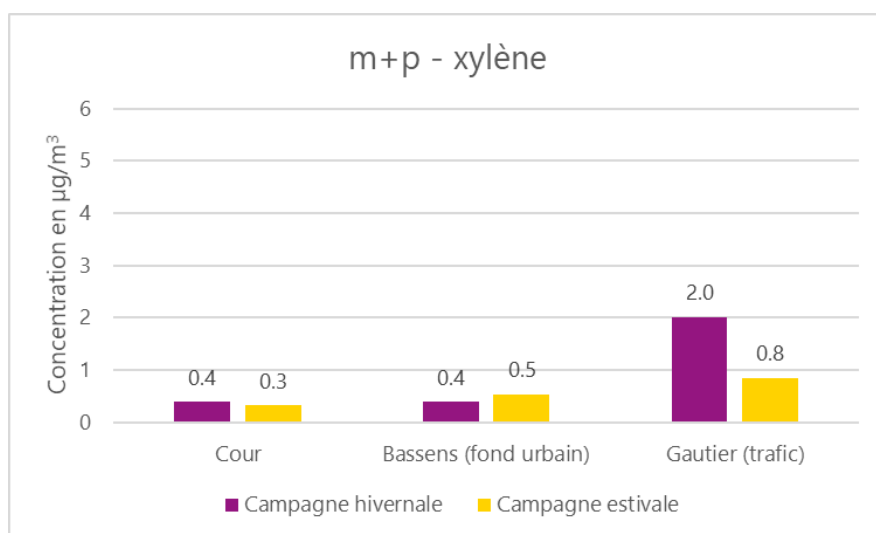


Figure 29 : Concentrations en m+p-xylène (µg/m³) en air ambiant

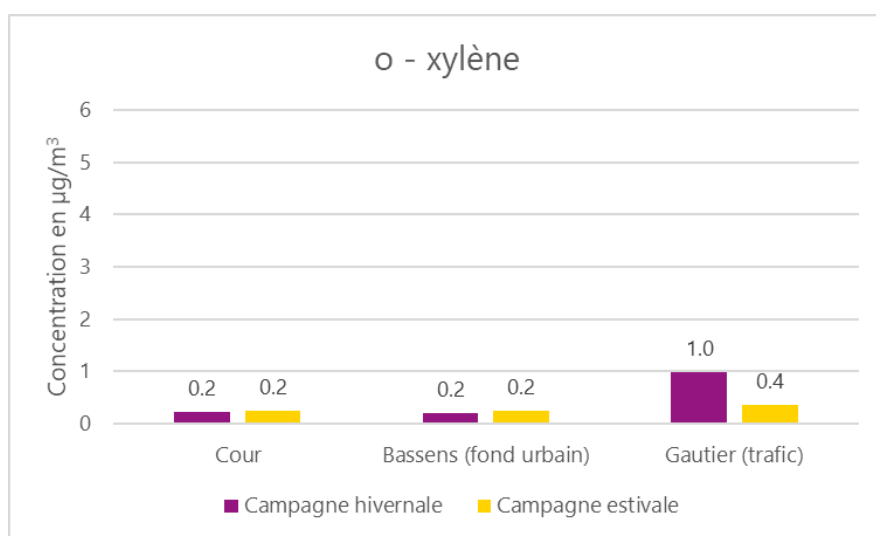


Figure 30 : Concentrations en o-xylène (µg/m³) en air ambiant

Pour le benzène, les concentrations relevées sur l'école Jules Michelet sont du même ordre de grandeur que la station trafic « Gautier » en période hivernale et que la station de fond urbain « Bassens » en période estivale. Pour les autres polluants, les concentrations sont du même ordre de grandeur que la station de fond « Bassens ».

Les concentrations moyennes mesurées lors des deux campagnes sont présentées dans le tableau ci-dessous.

	Concentration moyenne (en µg/m³)				
	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m+p-xylène	o-xylène
Cour	1.4	1.2	0.1	0.4	0.2
Bassens (fond urbain)	0.8	1.5	0.2	0.5	0.2
Gautier (trafic)	1.5	4.0	0.5	1.4	0.7

Figure 31 : Concentrations moyennes annuelles des mesures par tubes passifs BTEX en air ambiant

Seul le benzène est soumis à une valeur réglementaire en air ambiant. La valeur limite annuelle fixée à 5 µg/m³ n'a pas été dépassée pendant la période de mesure. Il en est de même pour l'objectif de qualité de 2 µg/m³.

8. Résultats en air intérieur

8.1. Dioxyde d'azote (NO₂)

Le tableau ci-dessous présente les résultats des mesures de NO₂ en air intérieur par tubes passifs sur les deux quinzaines de jours ainsi que la moyenne bi-hebdomadaire obtenue. Il est à noter que les élèves des classes 8 et 11 n'étaient pas présents entre le 02 et le 07/06/2021, à cause de cas de COVID-19.

	Concentration en NO ₂ (en µg/m ³)					
	Campagne hivernale			Campagne estivale		
	Du 02 au 16/12/20	Du 06 au 20/01/21	Moyenne bi-hebdomadaire	Du 19/05 au 02/06/21	Du 02 au 16/06/21	Moyenne bi-hebdomadaire
Classe 11 (RDC) Ecole élémentaire	14	17	15	11	14	13
Classe 8 (R+1) Ecole élémentaire	13	13	13	8	13	11
Classe 1 Ecole Maternelle	10	13	11	7	12	10

Tableau 13 : Résultats des mesures par tubes passifs de NO₂ en air intérieur

Les moyennes bi-hebdomadaires sont représentées sous forme d'histogramme sur la figure ci-après.

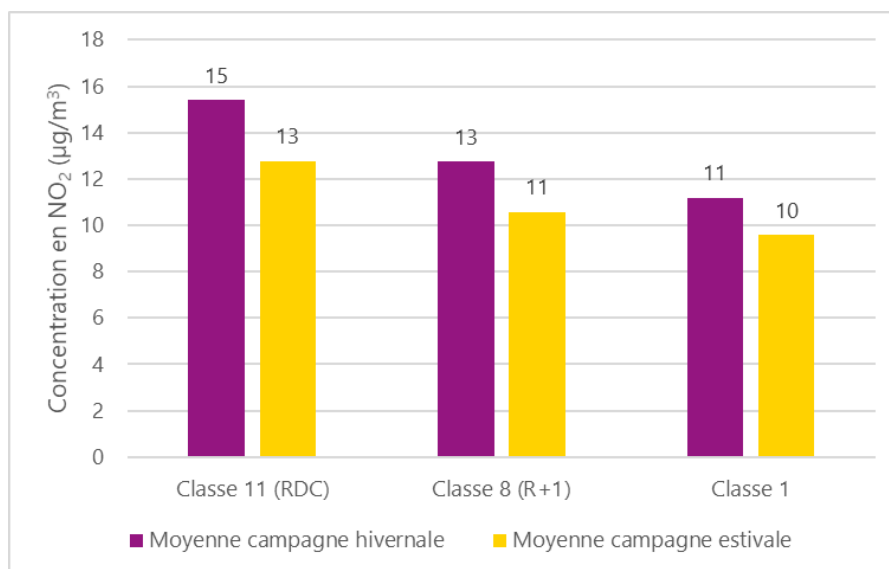


Figure 32 : Résultats des moyennes bi-hebdomadaires des mesures de NO₂ par tubes passifs en air intérieur

Les concentrations en NO₂ sont inférieures pendant la campagne estivale par rapport à la campagne hivernale, probablement à cause d'une aération moins fréquente en hiver. La concentration la plus faible de 9,6 µg/m³ a été retrouvée au niveau de la classe 1, dans la partie école maternelle, pendant la période estivale. Les concentrations relevées dans la partie école élémentaire sont plus élevées, particulièrement dans la classe 11

au rez-de chaussée. Ces valeurs sont inférieures à celles mesurées à l'extérieur des bâtiments (en moyenne entre 16 et 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

La moyenne calculée pour les deux campagnes est présentée dans le tableau suivant.

Lieu	Concentration moyenne en NO_2 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Classe 11 (RDC) Ecole élémentaire	14
Classe 8 (R+1) Ecole élémentaire	12
Classe 1 Ecole Maternelle	10

Tableau 14 : Concentrations moyennes annuelles des mesures par tubes passifs de NO_2 en air intérieur

La VGAI long terme de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a été respectée.

La principale source de dioxyde d'azote en air intérieur est l'air extérieur (trafic routier, industrie, ...). Le tabagisme, les appareils de chauffage et de production d'eau chaude non raccordés ainsi que les cuisinières à gaz peuvent également constituer des sources. Cependant, le site étudié étant une école, celles-ci sont écartées.

8.2. Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes (BTEX)

Les résultats des BTEX par tubes passifs en air intérieur sont présentés dans le tableau et les figures ci-dessous : Les mesures ont eu lieu du 04 au 08/01/2021 pour la campagne hivernale et du 14 au 18/06/2021 pour la campagne estivale.

	Concentration (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)									
	Campagne hivernale					Campagne estivale				
	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m+p-xylène	o-xylène	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m+p-xylène	o-xylène
Classe 11 (RDC) Ecole élémentaire	3.4	2.2	0.8	2.1	1.1	1.1	1.8	1.0	2.3	2.3
Classe 8 (R+1) Ecole élémentaire	2.9	2.3	0.8	2.1	1.5	1.0	2.3	2.0	3.7	NQ*
Classe 1 Ecole Maternelle	3.8	2.3	0.6	1.4	1.1	1.6	2.3	0.9	2.1	1.4
Cour (ext)	2.5	1.7	0.2	0.4	0.2	0.3	0.7	0.1	0.3	0.2

Tableau 15 : Résultats des mesures par tubes passifs de BTEX en air intérieur

*NQ : Non quantifiable par le laboratoire d'analyse (interférence d'autres polluants indéterminés émis dans la classe 8 lors de la période de prélèvement)

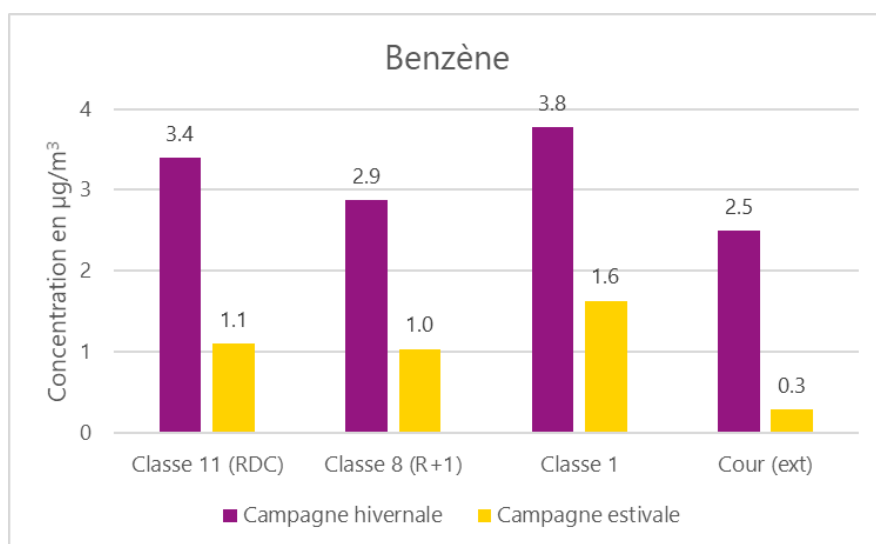


Figure 33 : Concentrations en benzène (µg/m³) en air intérieur

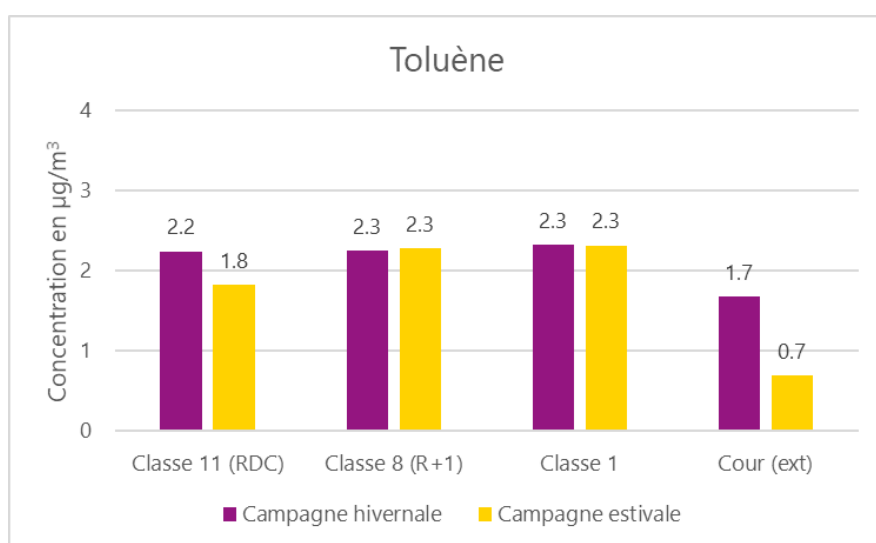


Figure 34 : Concentrations en toluène (µg/m³) en air intérieur

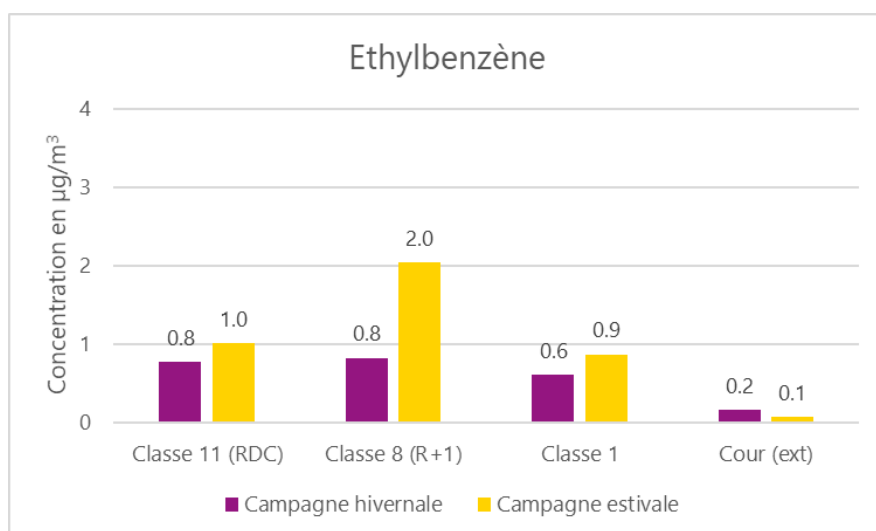


Figure 35 : Concentrations en éthylbenzène (µg/m³) en air intérieur

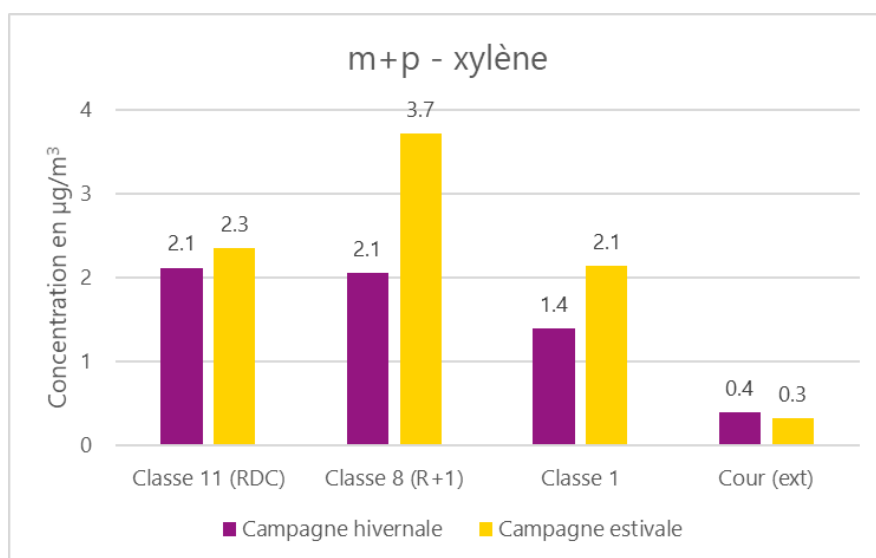


Figure 36 : Concentrations en m+p-xylène (µg/m³) en air intérieur

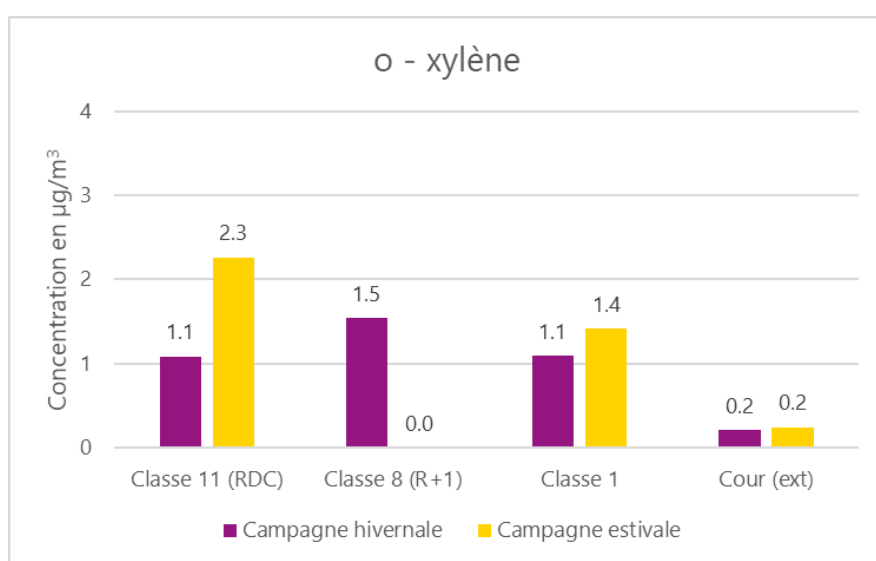


Figure 37 : Concentrations en o-xylène (µg/m³) en air intérieur

Pour les cinq composés, les concentrations obtenues en extérieur, dans la cour, sont inférieures aux concentrations obtenues à l'intérieur des bâtiments. Les concentrations mesurées sont similaires entre les différentes classes.

La valeur d'action rapide pour le benzène, 10 µg/m³ en moyenne hebdomadaire, a été respectée pendant les deux campagnes. Il en est de même pour la VGAI court terme de 30 µg/m³.

La présence de ces composés à l'intérieur des bâtiments est due en partie à un apport d'air extérieur mais également à d'autres sources situées au sein des bâtiments.

Une liste non exhaustive de sources de BTEX est présentée ci-dessous :

- ➔ La première source de pollution en benzène dans l'air intérieur est l'apport d'air extérieur. Le benzène y est émis par les carburants et gaz d'échappement. Les processus de combustion sont globalement source de benzène comme le chauffage au bois, le tabagisme ou l'utilisation d'encens. Certains vernis et désodorisants sont également source de benzène.
- ➔ Le toluène peut provenir de la pollution extérieure (gaz d'échappement), des peintures, des vernis, des colles, des encres, des moquettes et des tapis.
- ➔ L'éthylbenzène peut provenir de la pollution extérieure (gaz d'échappement) et des cires.
- ➔ Les xylènes peuvent être émis par des peintures, des vernis, des colles et des encres d'imprimerie.

Les concentrations moyennes mesurées lors des deux campagnes sont présentées dans le tableau ci-dessous.

	Concentration moyenne (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m+p-xylène	o-xylène
Classe 11 (RDC) Ecole élémentaire	2.2	2.0	0.9	2.2	1.7
Classe 8 (R+1) Ecole élémentaire	2.0	2.3	1.4	2.9	1.5*
Classe 1 Ecole Maternelle	2.7	2.3	0.7	1.8	1.3
Cour (ext)	1.4	1.2	0.1	0.4	0.2

Tableau 16 : Concentrations moyennes annuelles des mesures par tubes passifs BTEX en air intérieur

* La concentration en o-xylène lors de la campagne estivale n'ayant pas pu être quantifiée, il s'agit ici de la concentration mesurée lors de la campagne hivernale.

En air intérieur, des valeurs de référence existent seulement pour le benzène. A titre indicatif, la VGAI en moyenne annuelle fixée à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été atteinte ou dépassée dans les trois classes instrumentées.

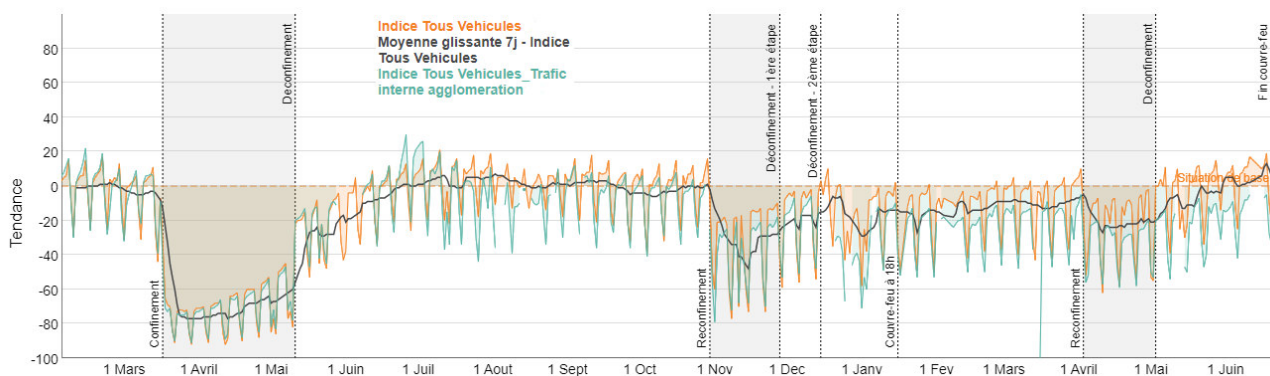
Aérer au moins 10 minutes par jour, en été comme en hiver, permet de renouveler l'air intérieur et de diminuer la concentration des polluants dans la pièce.

Il est à noter que d'importants travaux d'aménagements de l'école primaire et de l'école maternelle ont commencé après la campagne de mesure. Un système de ventilation permettra d'avoir un bon renouvellement de l'air et donc une meilleure qualité de l'air intérieur.

9. Limites de l'étude

Il est à noter que les deux campagnes de mesure ont eu lieu pendant un contexte sanitaire particulier, engendré par la pandémie de COVID-19. En effet, une diminution du trafic routier sur l'agglomération bordelaise a pu être observée pendant la période de mesure, liée aux recommandations des autorités sanitaires encourageant le télétravail.

La figure ci-dessous présente l'évolution du trafic routier sur l'agglomération bordelaise entre février 2020 et juin 2021.



Pendant la campagne hivernale (du 02 au 18/12/2020 puis du 04 au 20/01/2021), le trafic routier était diminué de 14% en moyenne par rapport aux conditions normales avant le premier confinement du 16/03/2020. Pendant la campagne estivale (19/05 au 23/06/2021), le trafic était légèrement en dessous du niveau « habituel » au début de la période puis est rapidement revenu en à la normale fin mai. La baisse de trafic observée pendant la campagne hivernale a pu engendrer des concentrations légèrement plus faibles que celles qui auraient été mesurées dans un contexte de trafic normal. Ces dernières étant environ égales à la moitié du seuil réglementaire en moyenne annuelle, il est peu probable que ce seuil ait été dépassé en condition de trafic habituel.

Conclusion

Les principaux résultats de l'étude sont les suivants :

Air ambiant

Mesures automatiques

Particules en suspension PM10

Les concentrations en PM10 observées dans la cour de l'école Jules Michelet sont du même ordre de grandeur que celles mesurées par la station de référence « Bassens », qui est une station de fond urbain. La valeur limite pour la protection de la santé humaine qui est de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière (à ne pas dépasser plus de 35 jours par an) n'a pas été dépassée sur le site de l'école pendant les deux campagnes hivernale et estivale. La valeur limite annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été respectée. La valeur guide de l'OMS de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, plus restrictive, a été atteinte. La concentration moyenne journalière en PM10 est de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alors qu'elle était de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2014-2015 (étude ESPROB).

Particules fines PM2.5

Pendant la campagne hivernale, les concentrations en PM2.5 observées dans la cour de l'école Jules Michelet sont du même ordre de grandeur que celles enregistrées par la station de fond urbain « Bassens ». Pendant la campagne estivale, les concentrations sont plus faibles sur les trois sites : « Jules Michelet », « Bassens » et « Gautier ». La valeur limite de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en moyenne annuelle, a été respectée. La valeur guide de l'OMS de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassée sur le site de l'école et sur les stations de référence. La concentration moyenne journalière en PM2.5 est de $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alors qu'elle était de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2014-2015 (étude ESPROB).

Dioxyde d'azote (NO₂)

Les concentrations en NO₂ mesurées dans la cour sont entre les niveaux relevés sur la station de fond urbain « Bassens » et ceux relevés sur la station trafic « Gautier ». La décroissance rapide du NO₂ dans les 60 mètres qui séparent le site de mesure de la rocade ainsi que les arbres aux abords de celle-ci, pouvant constituer une « barrière végétale », peuvent expliquer que les niveaux mesurés soient bien inférieurs à une station trafic. Les concentrations en NO₂ sur le site de l'école n'ont pas dépassé la valeur limite réglementaire en moyenne horaire fixée à $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La valeur limite définie à l'échelle annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a pas été dépassée pendant toute la durée des mesures. L'OMS préconise un seuil de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ce seuil a été dépassé sur le site de l'école et sur les stations de référence. La concentration moyenne horaire en NO₂ est de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alors qu'elle était de $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2014-2015 (étude ESPROB).

Mesures par tube passif

Dioxyde d'azote (NO₂)

La concentration en NO₂ la plus élevée a été retrouvée au niveau du site « Clôture », proche de la rocade, pendant la campagne estivale. Les concentrations sont du même ordre de grandeur sur tous les autres sites : entre 16 et $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La valeur limite annuelle fixée à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a été dépassée sur aucun des sites étudiés. Le seuil plus contraignant de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ préconisé par l'OMS a été dépassé sur tous les sites. Les concentrations moyennes en NO₂ réellement mesurées sont proches des concentrations modélisées pour l'année 2020.

Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes (BTEX)

Pour le benzène, les concentrations mesurées dans la cour de l'école Jules Michelet sont du même ordre de grandeur que la station trafic « Gautier ». Pour les autres polluants, les niveaux sont comparables à la station de fond urbain « Bassens ». La valeur limite annuelle fixée à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été respectée pendant la période de mesure. Il en est de même pour l'objectif de qualité de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Air intérieur

Dioxyde d'azote (NO₂)

Les concentrations relevées pendant la période hivernale sont légèrement supérieures à celles de la campagne estivale, probablement à cause d'une aération moins fréquente en hiver. Pendant les deux campagnes, la classe présentant des niveaux plus élevés est la classe 11 de l'école primaire. Celle présentant les concentrations les plus faibles est la classe 1 de l'école maternelle. Ces valeurs restent inférieures à celles mesurées à l'extérieur des bâtiments. La VGAI long terme de 20 µg/m³ a été respectée.

Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes (BTEX)

Pour les cinq composés, les concentrations obtenues en extérieur, dans la cour, sont inférieures aux concentrations obtenues à l'intérieur des bâtiments. La présence de ces composés à l'intérieur des bâtiments est due en partie à un apport d'air extérieur mais également à d'autres sources situées au sein des bâtiments (peintures, vernis, colles, moquettes, tapis, cires, ...).

Pour le benzène, la valeur d'action rapide de 10 µg/m³ et la VGAI court terme de 30 µg/m³ en moyenne hebdomadaire ont été respectées pendant les deux campagnes. A titre indicatif, la VGAI en moyenne annuelle de 2 µg/m³ a été dépassée dans les trois classes instrumentées.

Il est à noter que les deux campagnes de mesure ont eu lieu pendant un contexte sanitaire particulier, engendré par la pandémie de COVID-19 et une banalisation du télétravail. Le trafic pendant la période de mesure hivernale était diminué de 14%. Pendant la campagne estivale, le trafic était globalement revenu à la normale. La baisse de trafic observée pendant la campagne hivernale a pu engendrer des concentrations légèrement plus faibles que celles qui auraient été mesurées dans un contexte de trafic normal. Ces dernières étant environ égales à la moitié du seuil réglementaire en moyenne annuelle, il est peu probable que ce seuil ait été dépassé en condition de trafic habituel.

Les concentrations en PM₁₀, PM_{2.5} et NO₂ relevés en 2020-2021 sont inférieures aux niveaux mesurés en 2014-2015 lors de l'étude ESPROB. Cela s'explique notamment par une baisse globale de trafic depuis 2014, le renouvellement du parc automobile avec des normes plus contraignantes et un hiver 2020-2021 particulièrement doux et pluvieux.



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

