

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

Ecole Anne Sylvestre (Bordeaux)

Périodes de mesure : 15/01 au 18/02/2020 puis du 17/09 au 16/10/2020

Commune et département d'étude : Bordeaux, Gironde

Référence : URB_EXT_19_400_1

Version finale du : 01/03/2021

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 Anne Sylvestre (Bordeaux)

Reference : URB_EXT_19_400_1

Version : finale du 01/03/2021

Délivré à : Bordeaux Métropole
Esplanade Charles de Gaulle 33000 BORDEAUX

Nombre de pages : 41 (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 (NOx)	10
2.1.2. Particules (PM10 et PM2.5)	10
2.1.3. Benzène	11
2.2. Réglementation.....	12
3. Matériel et méthode	13
3.1. Air ambiant	13
3.2. Air intérieur	14
3.3. Moyens de mesure	14
4. Stratégie spatiale et temporelle	16
4.1. Stratégie spatiale	16
4.1.1. Air ambiant.....	16
4.1.2. Air intérieur	18
4.2. Stratégie temporelle	19
4.2.1. Air ambiant.....	19
4.2.2. Air intérieur	19
5. Conditions météorologiques.....	20
5.1. Campagne hivernale	20
5.2. Campagne estivale.....	21
6. Résultats en air ambiant.....	22
6.1. Mesures automatiques.....	22
6.1.1. Particules en suspension PM10.....	23
6.1.2. Particules fines PM2.5	25
6.1.3. Dioxyde d'azote (NO ₂)	27
6.2. Mesures par tube passif	30
6.2.1. Dioxyde d'azote (NO ₂)	30
6.3. Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes (BTEX)	31
7. Résultats en air intérieur	35
7.1. Dioxyde d'azote (NO ₂).....	35
7.2. Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes (BTEX)	36

Table des figures

Figure 1 : moyen mobile installé à l'école Anne Sylvestre	14
Figure 2 : tube à diffusion passive (COV en haut, NO ₂ en bas).....	15
Figure 3 : Concentrations moyennes annuelles NO ₂ (en µg/m ³) modélisées pour 2017	16
Figure 4 : carte de situation des mesures en air ambiant	17
Figure 5 : Plan de situation des mesures en air intérieur.....	18
Figure 6 : Rose des vents moyenne à Bordeaux-Mérignac du 15/01 au 18/02/2020.....	20
Figure 7 : évolution de la température et des précipitations (données Météo France Bordeaux-Mérignac) du 15/01 au 18/02/2020	20
Figure 8 : Rose des vents moyenne à Bordeaux-Mérignac du 17/09 au 16/10/2020	21
Figure 9 : évolution de la température et des précipitations (données Météo France Bordeaux-Mérignac) du 17/09 au 16/10/2020	21
Figure 10 : Carte de localisation de l'école Anne Sylvestre et des stations fixes de comparaison	22
Figure 11 : boxplot des concentrations en PM10 (en moyenne journalière) pendant les deux campagnes.....	23
Figure 12 : évolution des concentrations en PM10 (en moyenne journalière) lors de la campagne hivernale.	24
Figure 13 : évolution des concentrations en PM10 (en moyenne journalière) lors de la campagne	24
Figure 14 : boxplot des concentrations en PM2.5 (en moyenne journalière)	25
Figure 15 : évolution des concentrations en PM2.5 (en moyenne journalière) lors de la campagne hivernale	26
Figure 16 : évolution des concentrations en PM2.5 (en moyenne journalière) lors de la campagne estivale ...	26
Figure 17 : boxplot des concentrations en PM2.5 (en moyenne horaire).....	27
Figure 18 : évolution des concentrations en NO ₂ (en moyenne horaire) pendant la campagne hivernale	28
Figure 19 : évolution des concentrations en NO ₂ (en moyenne horaire) pendant la campagne estivale	28
Figure 20 : évolution de la concentration moyenne horaire en NO ₂ en heures UTC pendant la campagne hivernale.....	29
Figure 21 : évolution de la concentration moyenne horaire en NO ₂ en heures UTC pendant la campagne estivale	29
Figure 22 : Résultats des moyennes bi-hebdomadaires des mesures de NO ₂ par tubes passifs en air ambiant	30
Figure 23 : Résultats des BTEX en air ambiant.....	31
Figure 24 : Concentrations en benzène (µg/m ³) en air ambiant	32
Figure 25 : Concentrations en toluène (µg/m ³) en air ambiant	32
Figure 26 : Concentrations en éthylbenzène (µg/m ³) en air ambiant	32
Figure 27 : Concentrations en m+p-xylène (µg/m ³) en air ambiant.....	33
Figure 28 : Concentrations en o-xylène (µg/m ³) en air ambiant	33
Figure 29 : Résultats des moyennes bi-hebdomadaires des mesures de NO ₂ par tubes passifs en air intérieur	35
Figure 30 : Concentrations en benzène (µg/m ³) en air intérieur	36
Figure 31 : Concentrations en toluène (µg/m ³) en air intérieur.....	37
Figure 32 : Concentrations en éthylbenzène (µg/m ³) en air intérieur	37
Figure 33 : Concentrations en m+p - xylène (µg/m ³) en air intérieur	37
Figure 34 : Concentrations en o-xylène (µg/m ³) en air intérieur.....	38

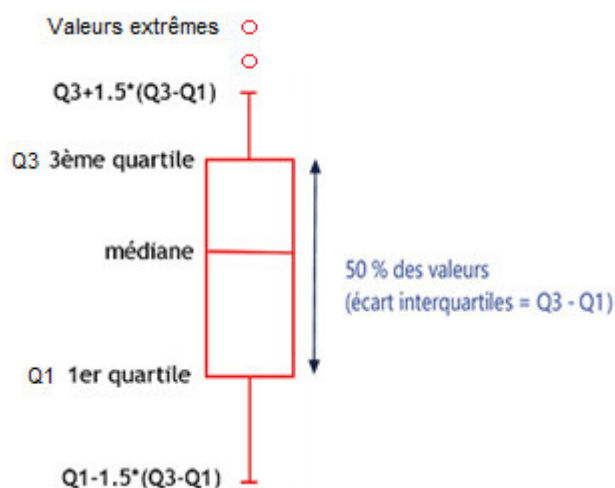


Table des tableaux

Tableau 1 : Matériel et méthodes de mesure en air ambiant.....	13
Tableau 2 : Matériel et méthodes de mesure en air intérieur	14
Tableau 3 : synthèse des résultats des PM10 (en moyenne journalière).....	23
Tableau 4 : synthèse des résultats des PM2.5 (en moyenne journalière).....	25
Tableau 5 : synthèse des résultats du NO ₂ (en moyenne horaire).....	27
Tableau 6 : Résultats des mesures par tubes passifs de NO ₂ en air ambiant.....	30
Tableau 7 : Concentrations moyennes annuelles des mesures par tubes passifs de NO ₂ en air ambiant	31
Tableau 8 : Concentrations moyennes annuelles des mesures par tubes passifs BTEX en air ambiant	34
Tableau 9 : Résultats des mesures par tubes passifs de NO ₂ en air intérieur	35
Tableau 10 : Moyennes annuelles des mesures par tubes passifs de NO ₂ en air intérieur.....	36
Tableau 11 : Résultats des mesures par tubes passifs de BTEX en air intérieur	36
Tableau 12 : Concentrations moyennes annuelles des mesures par tubes passifs BTEX en air intérieur	38

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 (Etude ESPROB en 2014-2015), 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.

Ce rapport présente les résultats obtenus au sein de l'école Anne Sylvestre.

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 Anne Sylvestre 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. A titre indicatif, la valeur limite annuelle de 40 µg/m³ ainsi que la valeur guide de l'OMS de 20 µg/m³ ont été respectées. La concentration moyenne journalière en PM10 est de 16,2 µg/m³, alors qu'elle était de 24,0 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 Anne Sylvestre sont du même ordre de grandeur que celles enregistrées par la station de référence « Gautier », qui est une station trafic. En revanche, pendant la campagne estivale, les valeurs sont plus faibles et tendent vers celles mesurées sur la station de fond urbain « Bassens ». A titre indicatif, la valeur limite de 25 µg/m³, ainsi que la valeur guide de l'OMS de 10 µg/m³, en moyenne annuelle, ont été respectées. La concentration moyenne journalière en PM2.5 est de 9,0 µg/m³, alors qu'elle était de 16,1 µg/m³ en 2014-2015 (étude ESPROB).

Dioxyde d'azote (NO₂)

Les concentrations en NO₂ mesurées dans la cour sont légèrement supérieures à la station de fond urbain « Bassens », mais restent du même ordre de grandeur. 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. A titre indicatif, la valeur limite définie à l'échelle annuelle de 40 µg/m³ n'a pas été dépassée pendant toute la durée des mesures. La concentration moyenne horaire en NO₂ est de 19,9 µg/m³, alors qu'elle était de 27,5 µg/m³ en 2014-2015 (étude ESPROB).

Mesures par tube passif

Dioxyde d'azote (NO₂)

Les concentrations en NO₂ les plus élevées sont retrouvées au niveau de l'entrée de l'école sur l'avenue de Labarde. La valeur la plus élevée obtenue dans l'enceinte de l'école a été mesurée dans la cour, au point le plus proche de la rocade. A titre indicatif, la valeur limite annuelle fixée à 40 µg/m³ n'a été dépassée sur aucun des sites étudiés.

Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes (BTEX)

Pour le benzène et le toluène, les concentrations mesurées dans la cour de l'école Anne Sylvestre sont comprises entre celles mesurées sur la station de fond urbain « Bassens » et celles mesurées sur la station trafic « Gautier ». Les valeurs tendent plutôt vers cette dernière.

Pour l'éthylbenzène, le m+p-xylène et le o-xylène, les valeurs relevées dans la cour sont supérieures aux valeurs relevées sur la station trafic « Gautier », pendant la campagne hivernale uniquement. Les concentrations sont bien plus faibles lors de la campagne estivale et tendent vers celles mesurées sur la station de fond urbain « Bassens ». La valeur limite annuelle fixée à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a pas été dépassée 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)

Pendant la période hivernale, la concentration la plus élevée a été relevée dans le bâtiment C et la plus faible dans le bâtiment A. Les concentrations relevées pendant la période estivale sont légèrement plus élevées et plus homogènes entre les trois classes investiguées. Ces valeurs restent inférieures à celles mesurées à l'extérieur des bâtiments.

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 VGAI court terme de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a pas été dépassée, pendant toute la durée des mesures. Il en est de même pour la VGAI en moyenne annuelle, de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations moyennes en NO₂ réellement mesurées sont inférieures à celles obtenues par modélisation, sur tous les sites.

La rocade à proximité de l'école Anne Sylvestre étant en hauteur (début du Pont d'Aquitaine), les polluants se dispersent plus facilement et impactent donc moins l'école.

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'objectif 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-Airaq), 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.
- 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. Celle-ci fera l'objet d'un autre rapport.

2. Description de l'étude

2.1. Polluants concernés

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

2.1.1. Oxydes d'azote (NO_x)

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 ainsi être distingués :

- Les aérosols primaires : émis directement dans l'atmosphère sous forme solide ou liquide. Les particules liées à l'activité humaine proviennent majoritairement de la combustion de combustibles 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'encre, 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 engendrent des risques sur la 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.

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

REGLEMENTATION AIR EXTERIEUR				
Polluants	Lignes directrices de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)	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 (NO ₂)	40 µg/m ³ en moyenne annuelle 200 µg/m ³ en moyenne horaire	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)	20 µg/m ³ en moyenne annuelle 50 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)	10 µg/m ³ en moyenne annuelle 25 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


REGLEMENTATION AIR INTERIEUR		
Polluants	Valeur d'action rapide Décrets N°2015-1926	Valeur Guide en Air Intérieur (VGAI) Décrets N°2011-1727
Benzène (air intérieur)	10 µg/m ³ en moyenne hebdomadaire	2 µg/m ³ en moyenne annuelle 30 µg/m ³ à court terme (1 à 14 jours)

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 1 : 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 – Echantillonnage 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 2 : 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 Anne Sylvestre

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.

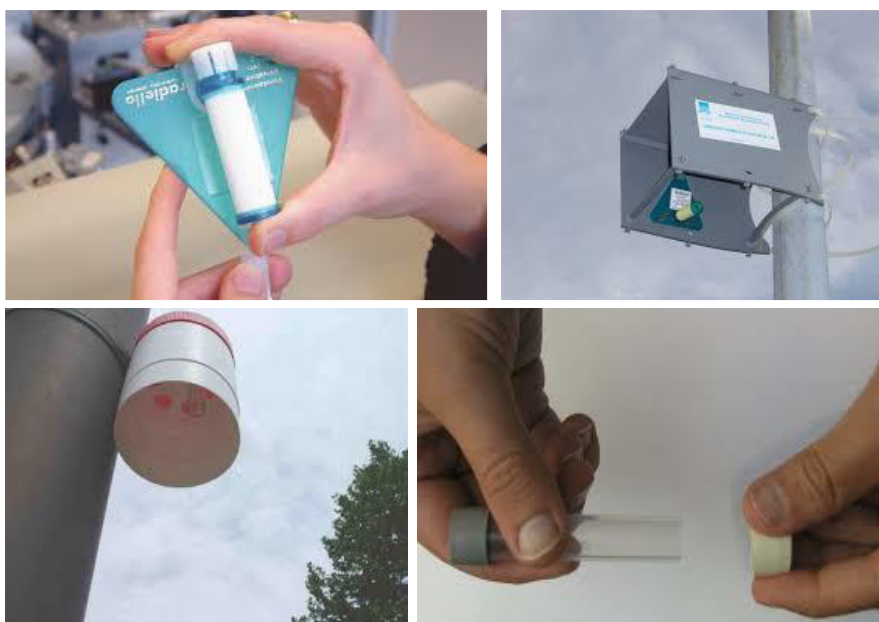


Figure 2 : tube à diffusion passive (COV en haut, NO₂ en bas)

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

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 étant bien moindres.

La carte suivante représente un zoom sur l'école Anne Sylvestre 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 Anne Sylvestre, bâtiments et cour d'école.

Pour plus de lisibilité, un transect de points a été rajouté avec les concentrations NO₂ associées à leurs positions.

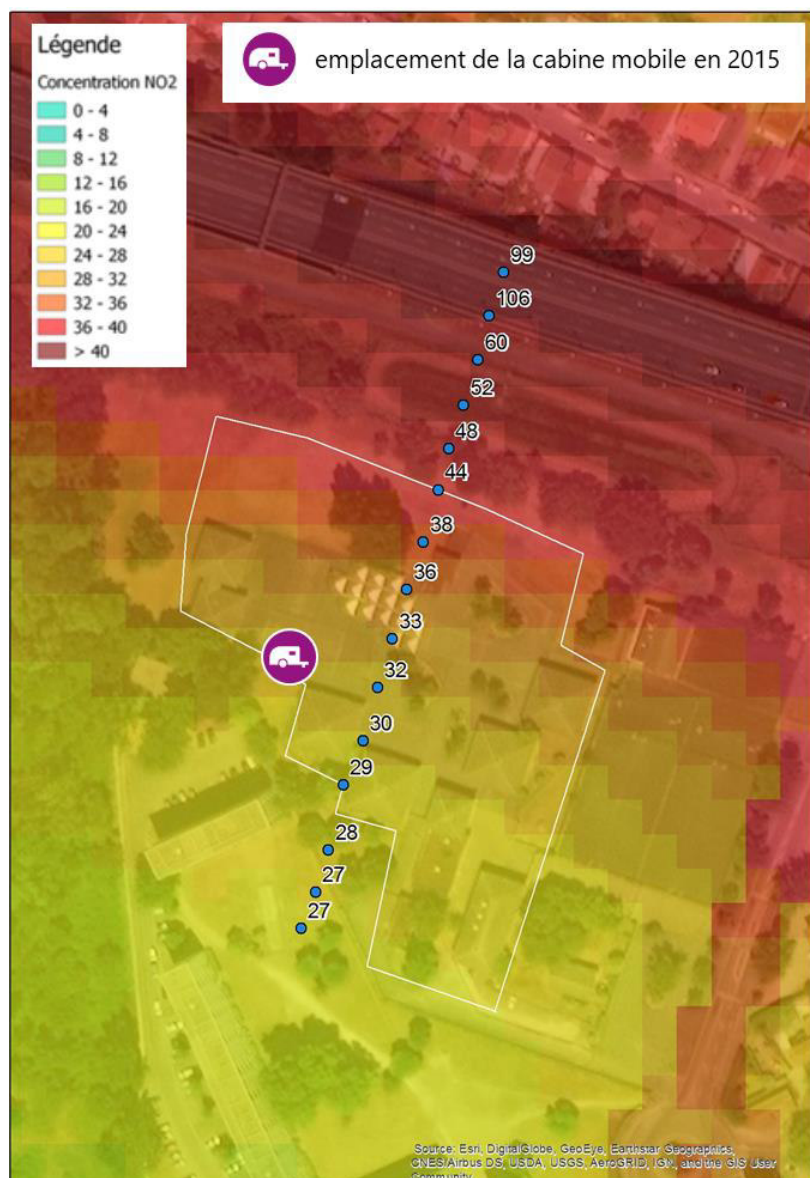


Figure 3 : Concentrations moyennes annuelles NO₂ (en µg/m³) modélisées pour 2017

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 » et avoir obtenu la valeur de 47 µg/m³. 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 du fait de 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 de la campagne de mesure de 2015 réalisée par Atmo, le matériel de mesure avait été placé à proximité d'un des bâtiments, où le modèle indique une valeur de 30-32 µg/m³. La moyenne mesurée durant la campagne était proche de cette valeur bien qu'un peu inférieure (28 µg/m³).

En 2015, la cabine mobile avait été installée dans la cour de l'école à 120 m de distance de la rocade. Pour la présente étude, la cabine mobile a été rapprochée de la rocade, à l'extrême limite Nord de la cour de l'école pour évaluer l'exposition maximale des élèves. La distance à la rocade était alors de 80 m.

Également, sept tubes passifs NO₂ 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 Anne Sylvestre.

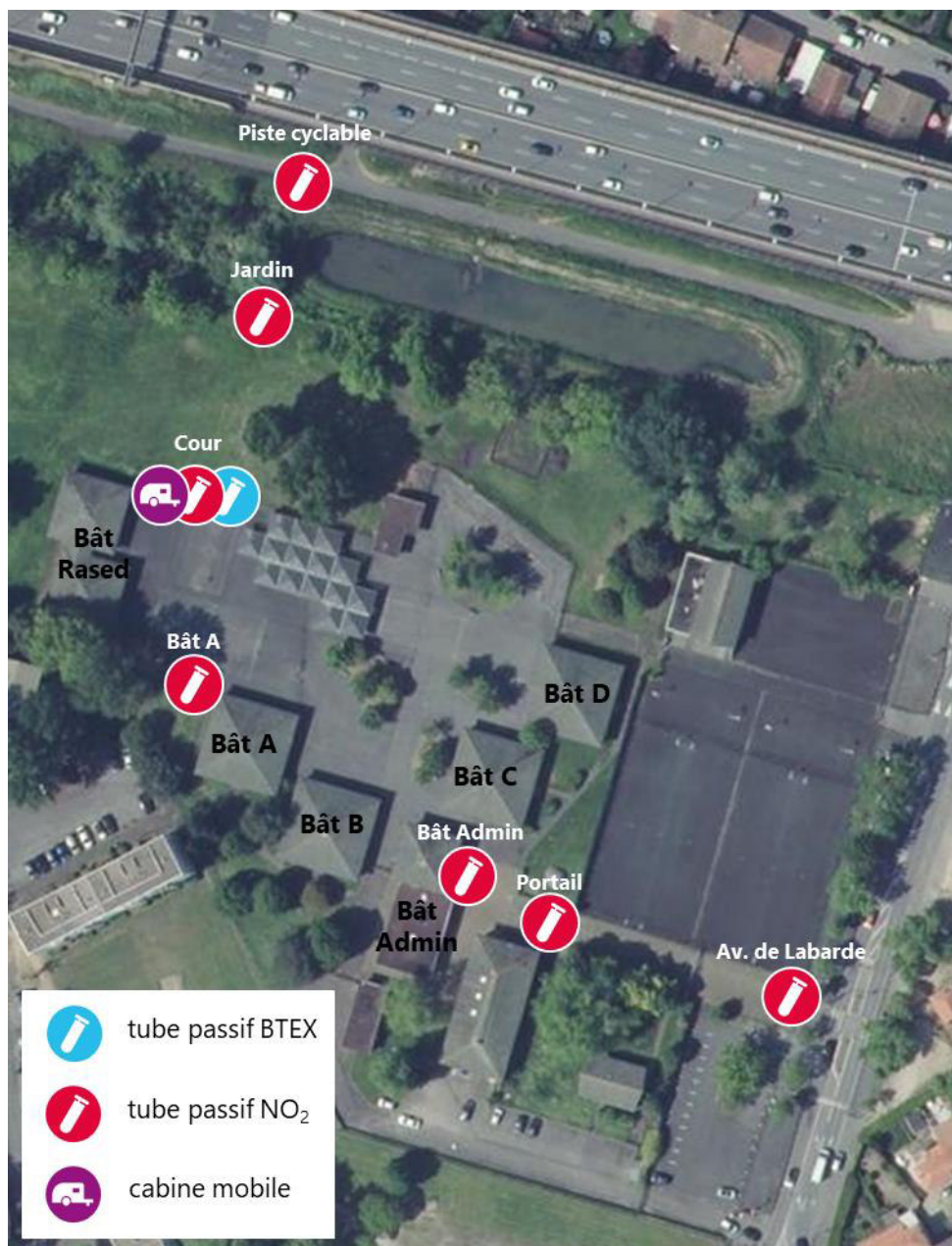


Figure 4 : carte de situation des mesures en air ambiant

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 Anne Sylvestre.

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 Anne Sylvestre.

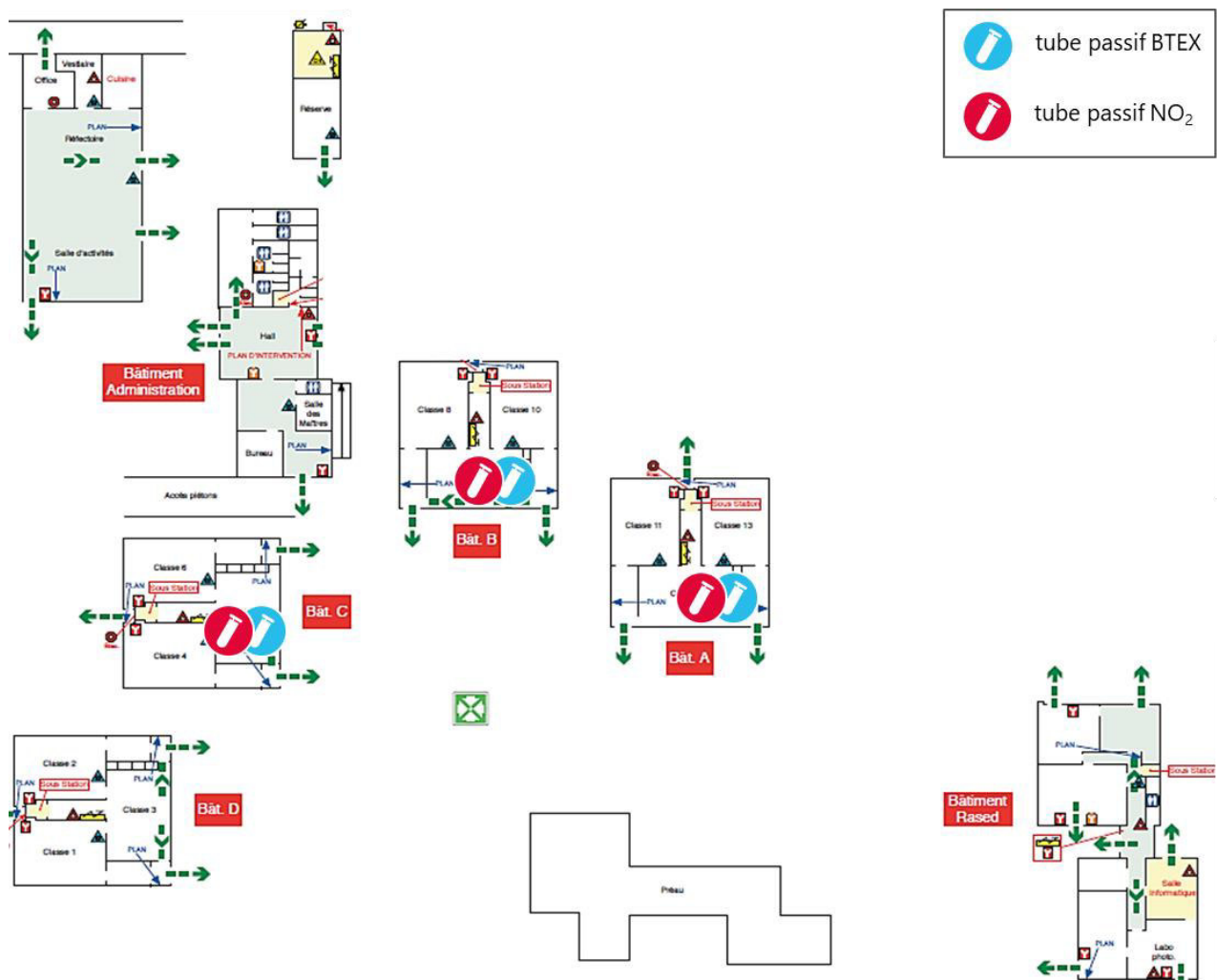


Figure 5 : Plan de situation des mesures en air intérieur

4.2. Stratégie temporelle

4.2.1. Air ambiant

Deux campagnes de mesures ont eu lieu : 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.

Pour l'école Anne Sylvestre, la campagne hivernale a eu lieu du 15/01 au 18/02/2020. La campagne estivale a eu lieu du 17/09 au 16/10/2020.

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

4.2.2. Air intérieur

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

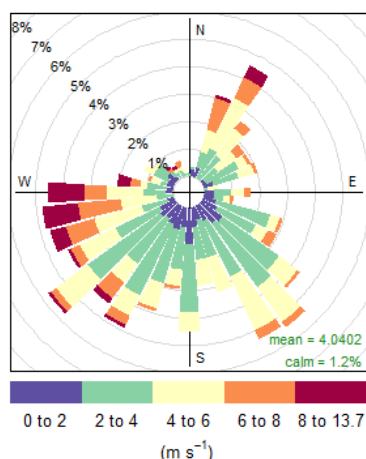
De la même manière que pour l'air ambiant, deux campagnes de mesures ont eu lieu : une en période hivernale (qui a eu lieu 15/01 au 18/02/2020) et une en période estivale (qui a eu lieu du 17/09 au 16/10/2020).

- 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.

5. Conditions météorologiques

5.1. Campagne hivernale

BORDEAUX-MERIGNAC (Météo-France)



Frequency of counts by wind direction (%)

Figure 6 : Rose des vents moyenne à Bordeaux-Mérignac du 15/01 au 18/02/2020

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 15/01 au 18/02/2020.

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 cette période, les vents dominants provenaient majoritairement du quart Sud-Ouest, du Sud-Est et de 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.

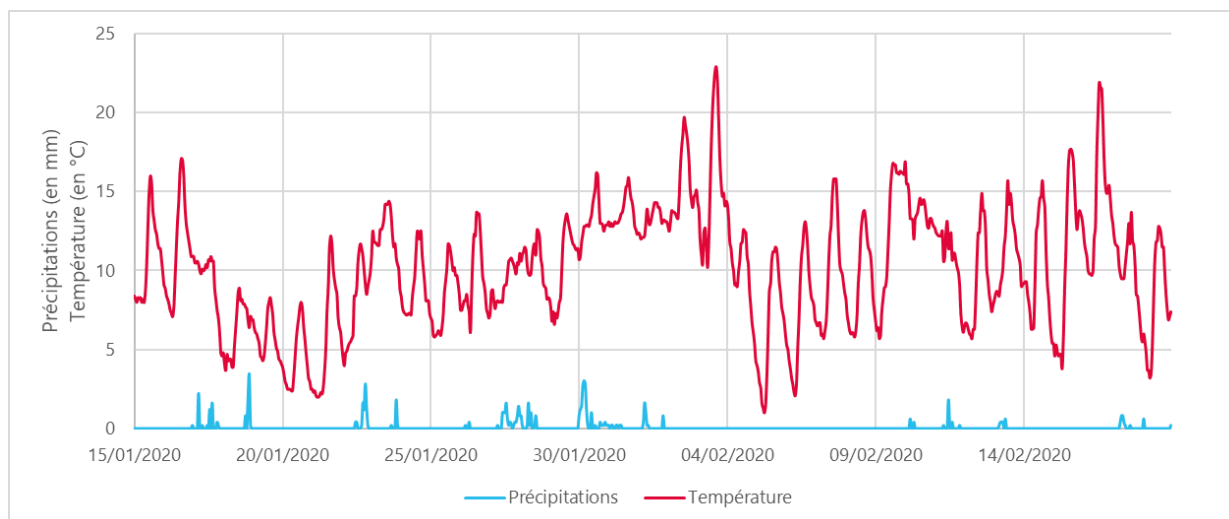
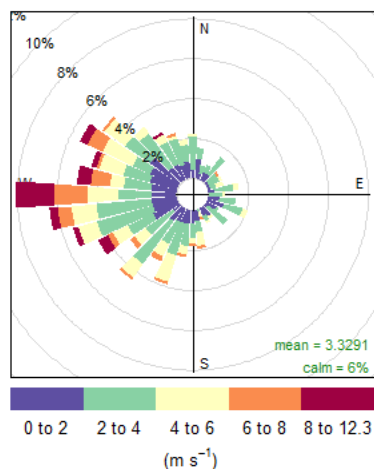


Figure 7 : évolution de la température et des précipitations (données Météo France Bordeaux-Mérignac) du 15/01 au 18/02/2020

Pendant la période de mesure, la température moyenne a été de 10,2°C. Les températures minimales et maximales atteintes ont été respectivement de 1,0°C et de 22,9°C. Le cumul des précipitations a été de 70 mm.

5.2. Campagne estivale

BORDEAUX-MERIGNAC (Météo-France)



Frequency of counts by wind direction (%)

Figure 8 : Rose des vents moyenne à Bordeaux-Mérignac du 17/09 au 16/10/2020

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 17/09 au 16/10/2020.

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 cette période, les vents dominants provenaient majoritairement du quart Nord-Ouest à du Sud-Ouest.

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

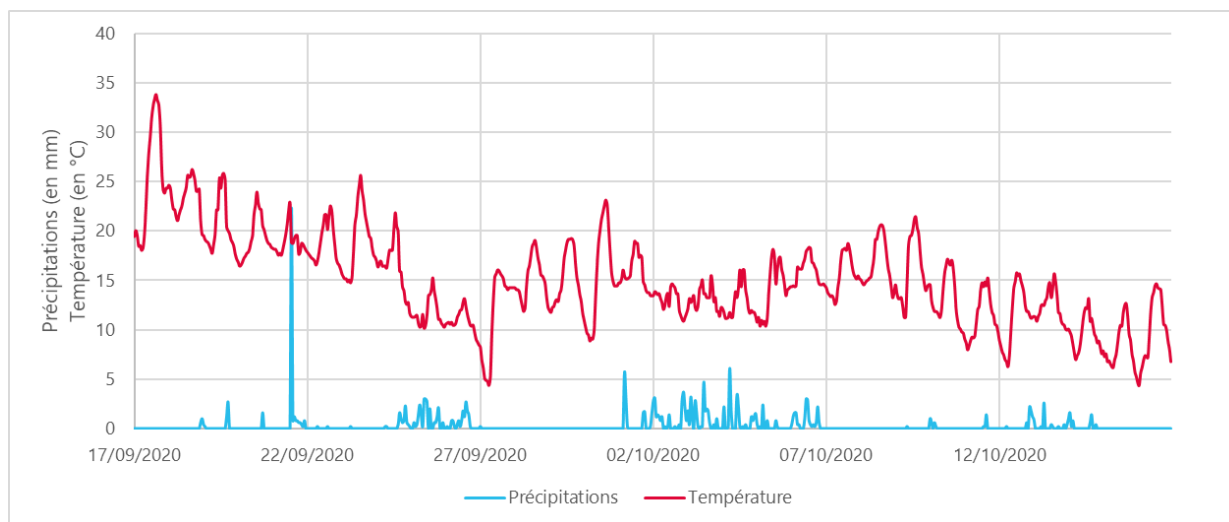


Figure 9 : évolution de la température et des précipitations (données Météo France Bordeaux-Mérignac) du 17/09 au 16/10/2020

Pendant la période de mesure, la température moyenne a été de 15,1°C. Les températures minimales et maximales atteintes ont été respectivement de 4,4°C et de 33,9°C. Le cumul des précipitations a été de 209 mm.

6. Résultats en air ambiant

6.1. 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 Anne Sylvestre est présentée sur la figure suivante.

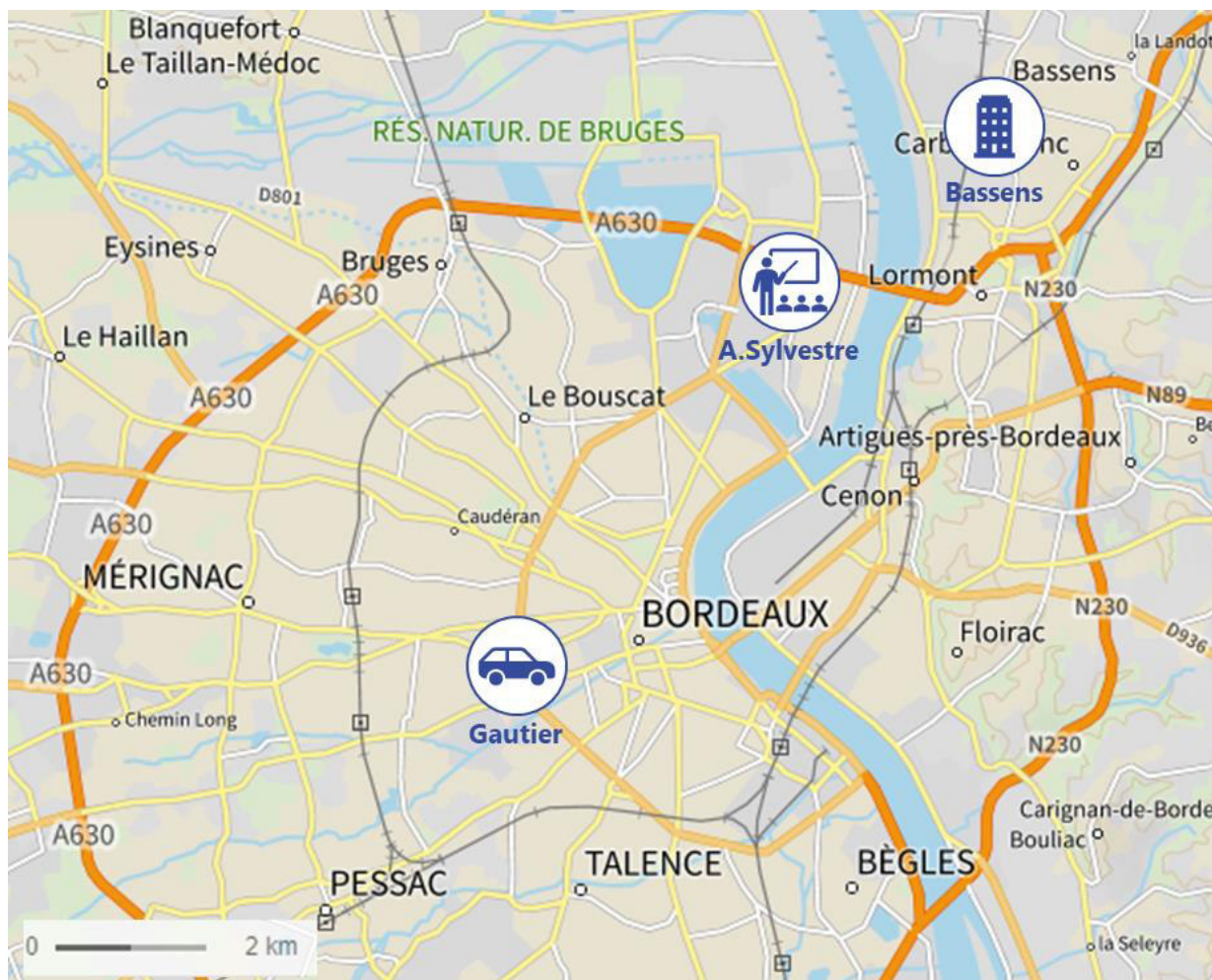


Figure 10 : Carte de localisation de l'école Anne Sylvestre et des stations fixes de comparaison

6.1.1. Particules en suspension PM10

Les statistiques des données observées pour les PM10 à l'école Anne Sylvestre et aux stations fixes « Bassens » et « Gautier » sont présentées dans le tableau ci-dessous.

La campagne hivernale s'est déroulée du 16/01 au 18/02/2020. La campagne estivale, elle, a eu lieu du 17/09 au 16/10/2020.

Concentration en PM10 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (en moyenne journalière)	Anne Sylvestre			Bassens (fond urbain)			Gautier (trafic)		
	Période	Hiver	Été	Moyenne	Hiver	Été	Moyenne	Hiver	Été
Minimum	7.1	6.7	6.9	6.0	6.3	6.2	9.8	4.9	7.4
Moyenne	19.5	12.8	16.2	20.2	13.7	17.0	25.6	17.2	21.4
Percentile 90	34.6	20.1	27.4	32.6	20.2	26.4	41.6	29.9	35.8
Maximum	41.9	30.8	36.4	44.3	29.0	36.7	61.1	49.5	55.3

Tableau 3 : synthèse des résultats des PM10 (en moyenne journalière)

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

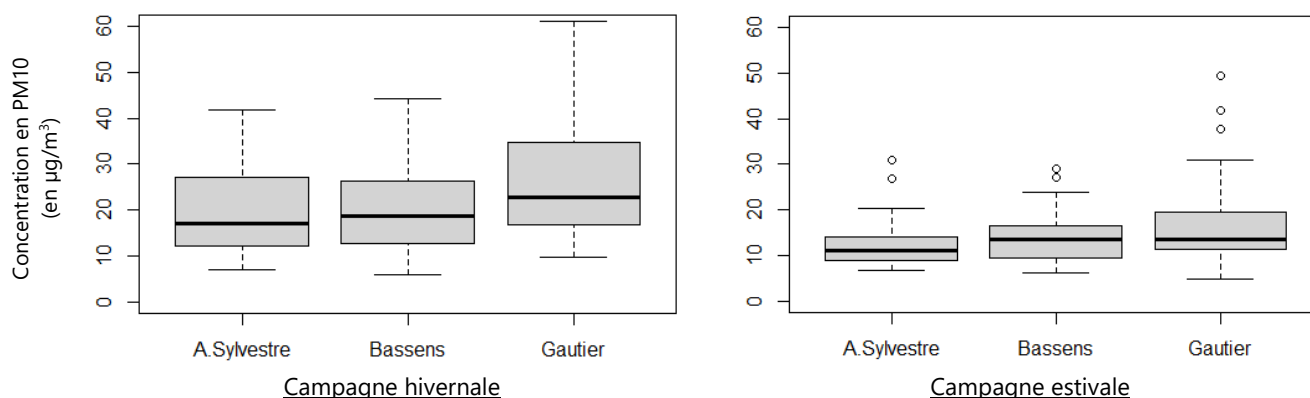


Figure 11 : boxplot des concentrations en PM10 (en moyenne journalière) pendant les deux campagnes

Les concentrations en PM10 observées sur le site de l'école Anne Sylvestre pendant les deux campagnes de mesure sont globalement du même ordre de grandeur que celles observées sur le site de fond urbain de « Bassens ». Elles sont globalement plus élevées en période hivernale car les émissions de particules sont plus importantes (à cause du chauffage au bois, notamment) et du fait des conditions météorologiques qui font que les polluants se dispersent moins facilement pendant cette période.

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

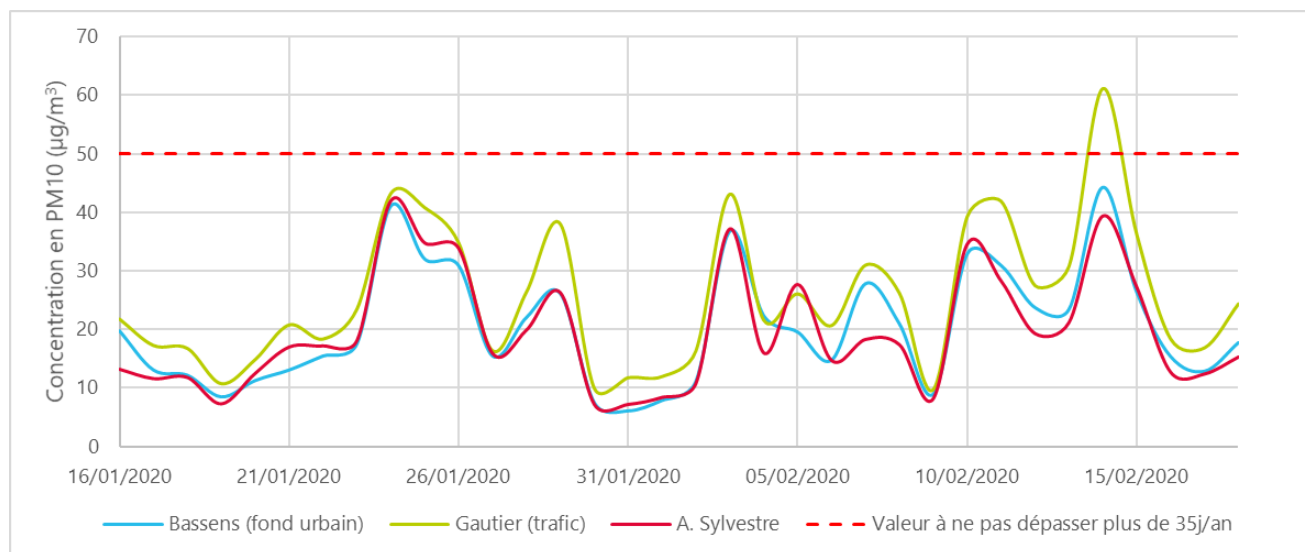


Figure 12 : évolution des concentrations en PM10 (en moyenne journalière) lors de la campagne hivernale

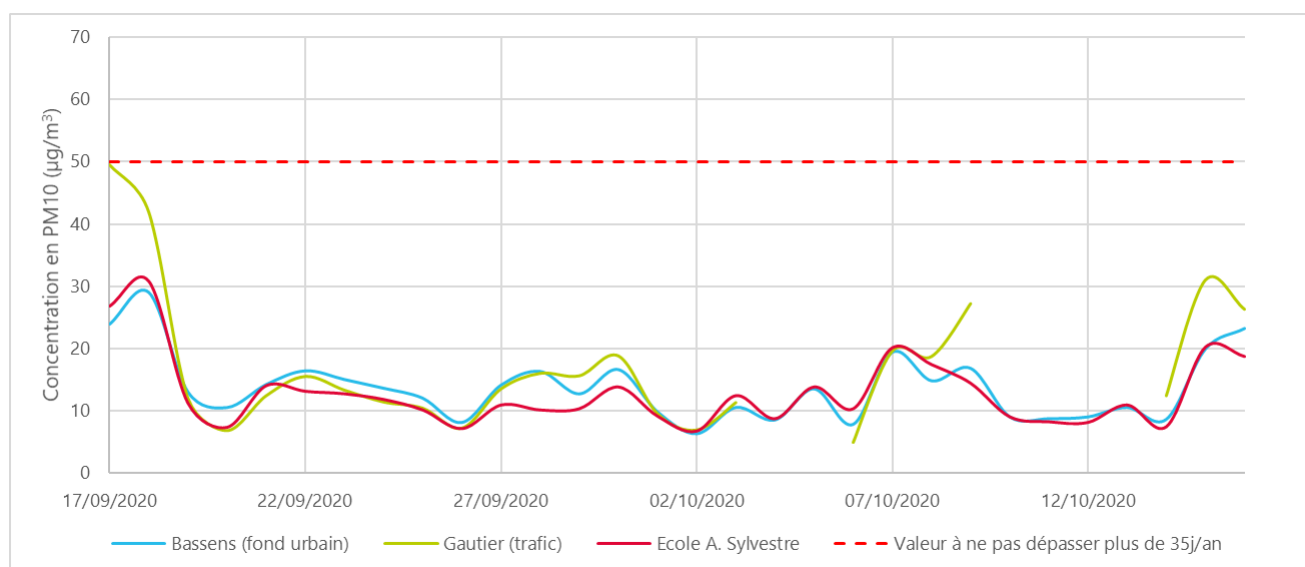


Figure 13 : évolution des concentrations en PM10 (en moyenne journalière) lors de la campagne

L'évolution des concentrations en PM10 sur le site de l'école Anne Sylvestre suit la même tendance que celles des stations fixes de comparaison. Un problème technique survenu sur la station « Gautier » a entraîné une perte de données entre le 4 et le 5 octobre, puis entre le 10 et le 13 octobre 2020. Les valeurs sur le site de l'école restent globalement inférieures à la station trafic « Gautier ».

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 toute la durée de l'étude.

A titre indicatif, la concentration moyenne annuelle en PM10, de 16,2 µg/m³, n'a dépassé ni la valeur limite de 40 µg/m³, ni la valeur guide de l'OMS de 20 µg/m³, définies à l'échelle annuelle.

6.1.2. Particules fines PM2.5

Les statistiques des données observées pour les PM2.5 à l'école Anne Sylvestre et aux stations fixes « Bassens » et « Gautier » sont présentées dans le tableau ci-dessous.

La campagne hivernale s'est déroulée du 16/01 au 18/02/2020. La campagne estivale, elle, a eu lieu du 17/09 au 16/10/2020.

Concentration en PM2.5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (en moyenne journalière)	Anne Sylvestre			Bassens (fond urbain)			Gautier (trafic)		
	Hiver	Été	Moyenne	Hiver	Été	Moyenne	Hiver	Été	Moyenne
Minimum	4.3	2.9	3.6	1.9	2.2	2.1	4.8	3.3	4.1
Moyenne	11.5	6.4	9.0	8.3	5.7	7.0	11.4	7.8	9.6
Percentile 90	20.2	11.7	16.0	13.3	10.1	11.7	19.4	13.2	16.3
Maximum	23.5	15.2	19.4	19.2	14.0	16.6	23.0	18.7	20.9

Tableau 4 : synthèse des résultats des PM2.5 (en moyenne journalière)

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

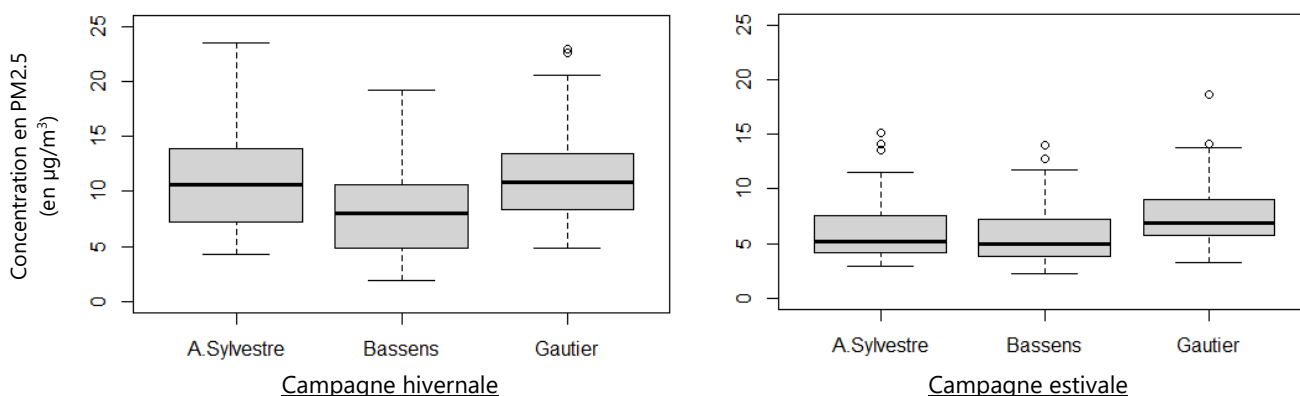


Figure 14 : boxplot des concentrations en PM2.5 (en moyenne journalière)

Les concentrations en PM2.5 observées sur le site de l'école Anne Sylvestre pendant la campagne de mesure hivernale sont supérieures à celles relevées sur la station de fond urbain « Bassens » et du même ordre de grandeur que celles de la station trafic « Gautier ». En revanche, lors de la campagne estivale, les concentrations en PM2.5 sont du même ordre de grandeur que la station « Bassens ». Les valeurs obtenues sont globalement plus élevées en période hivernale car les émissions de particules sont plus importantes (à cause du chauffage au bois, notamment) et du fait des conditions météorologiques qui font que les polluants se dispersent moins facilement pendant cette période.

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

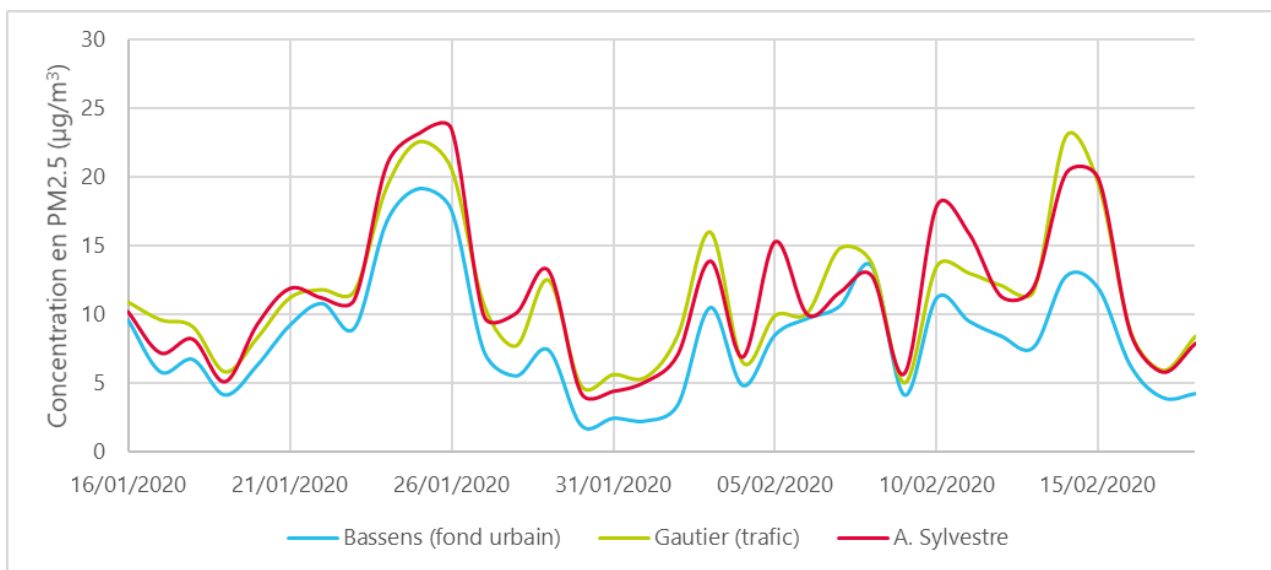


Figure 15 : évolution des concentrations en PM2.5 (en moyenne journalière) lors de la campagne hivernale

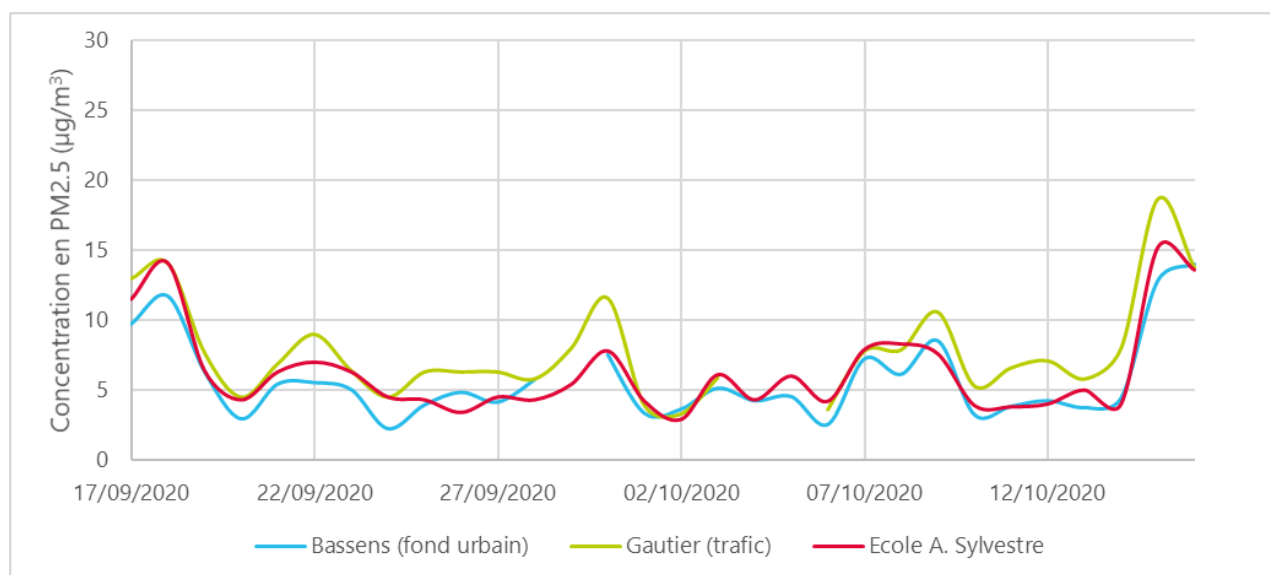


Figure 16 : évolution des concentrations en PM2.5 (en moyenne journalière) lors de la campagne estivale

L'évolution des concentrations en PM2.5 sur le site de l'école Anne Sylvestre suit la même tendance que celle des stations fixes de comparaison. Un problème technique survenu sur la station « Gautier » a entraîné une perte de données entre le 4 et le 5 octobre 2020. De la même manière, les données sur la station « Bassens » pour le 29 septembre 2020 ne sont pas disponibles. Les valeurs sur le site de l'école sont régulièrement égales voire supérieures à la station trafic « Gautier », pendant la campagne hivernale. En revanche, pendant la campagne estivale, les concentrations sur l'école Anne Sylvestre sont globalement inférieures à celles enregistrées sur la station « Gautier ».

A titre indicatif, la concentration moyenne annuelle de PM2.5, de $9,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, n'a dépassé ni la valeur limite de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ni la valeur guide de l'OMS de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, définies à l'échelle annuelle.

6.1.3. Dioxyde d'azote (NO₂)

Les statistiques des données observées pour le dioxyde d'azote à l'école Anne Sylvestre et aux stations fixes « Bassens » et « Gautier » sont présentées dans le tableau ci-dessous.

La campagne hivernale s'est déroulée du 16/01 au 18/02/2020. La campagne estivale, elle, a eu lieu du 17/09 au 16/10/2020.

Concentration en NO ₂ en µg/m ³ (en moyenne horaire)	Anne Sylvestre			Bassens (fond urbain)			Gautier (trafic)		
	Hiver	Été	Moyenne	Hiver	Été	Moyenne	Hiver	Été	Moyenne
Minimum	1.4	1.7	1.6	0.0	0.2	0.1	0.2	1.1	0.7
Moyenne	22.3	17.5	19.9	16.5	11.4	14.0	41.7	32.1	36.9
Percentile 90	44.8	34.8	39.8	37.0	25.7	31.4	66.7	56.4	61.6
Maximum	78.0	117.7	97.9	69.6	53.0	61.3	108.7	121.4	115.1

Tableau 5 : synthèse des résultats du NO₂ (en moyenne horaire)

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

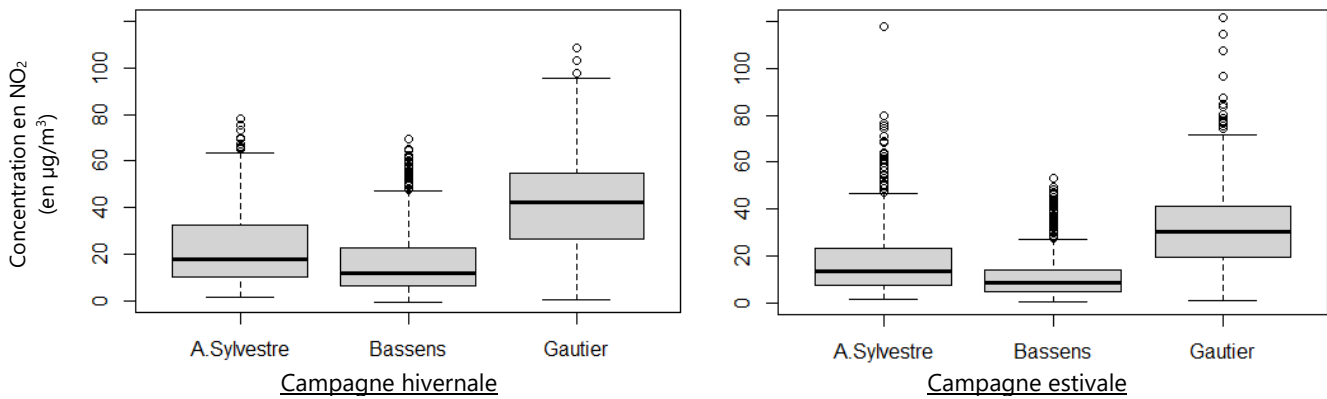


Figure 17 : boxplot des concentrations en PM_{2.5} (en moyenne horaire)

Les concentrations en NO₂ observées sur le site de l'école Anne Sylvestre pendant les deux campagnes de mesures hivernale et estivale sont légèrement supérieures à celles observées sur le site de fond urbain de Bassens, mais bien inférieure à celles de la station trafic « Gautier ».

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

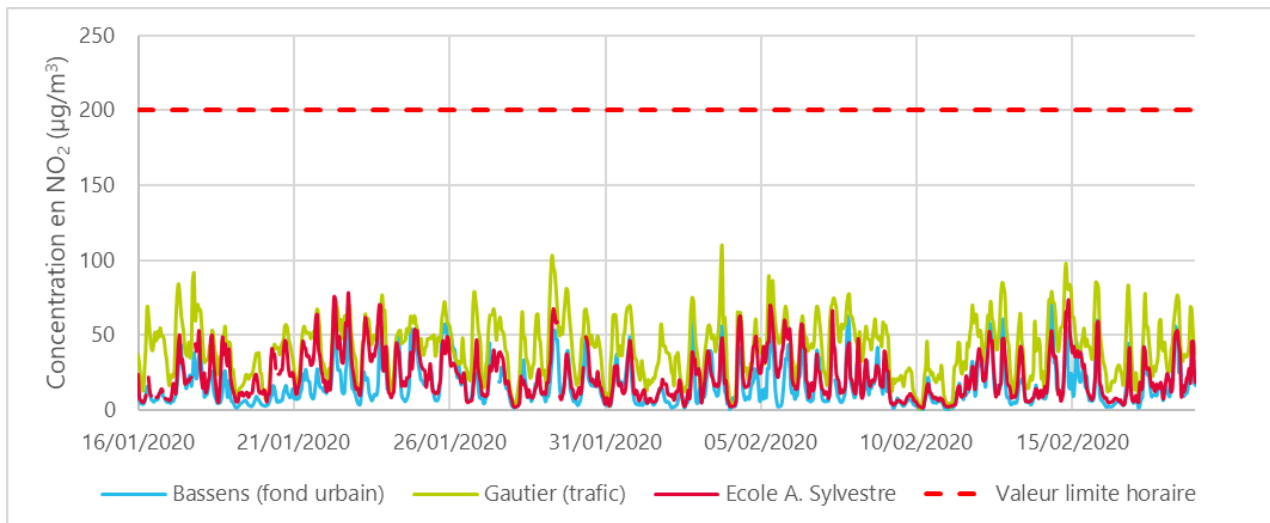


Figure 18 : évolution des concentrations en NO₂ (en moyenne horaire) pendant la campagne hivernale

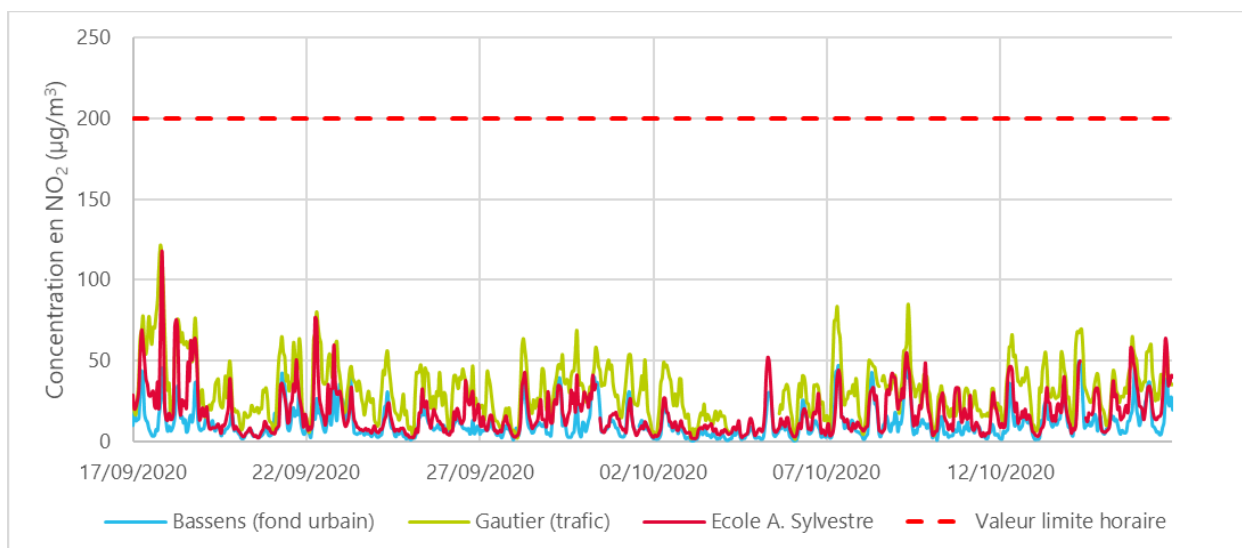


Figure 19 : évolution des concentrations en NO₂ (en moyenne horaire) pendant la campagne estivale

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 la période de mesure.

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

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.

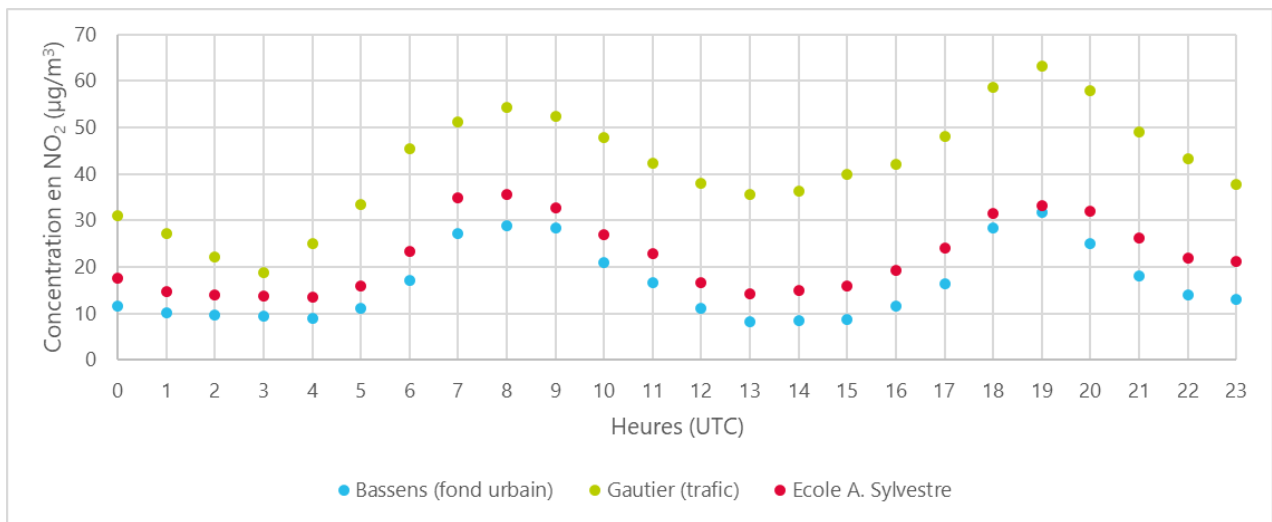


Figure 20 : évolution de la concentration moyenne horaire en NO₂ en heures UTC1 pendant la campagne hivernale

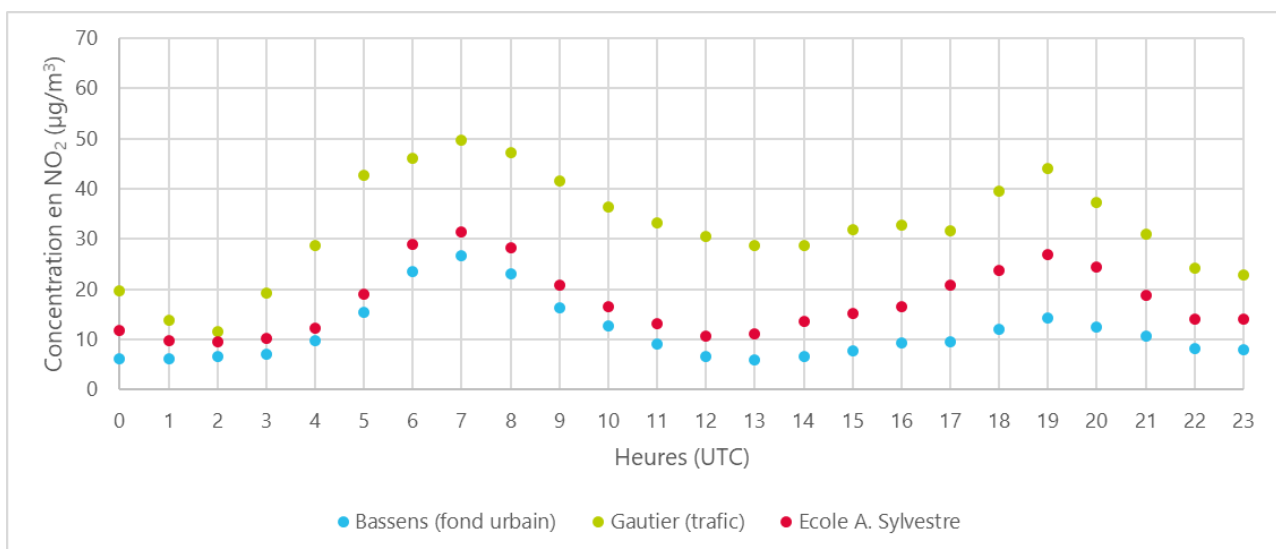


Figure 21 : évolution de la concentration moyenne horaire en NO₂ en heures UTC pendant la campagne estivale

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 Anne Sylvestre est légèrement supérieure à celle de la station de fond urbain « Bassens » mais reste bien inférieure à la station trafic « Gautier ».

A titre indicatif, la concentration moyenne annuelle en NO₂, de 19,9 µg/m³, n'a pas dépassé la valeur limite de 40 µg/m³ définie à l'échelle annuelle.

La concentration moyenne en NO₂ réellement mesurée est inférieure à celle obtenue par modélisation (cf. figure 3) : la concentration moyenne mesurée au niveau du site « cour » est de 19,9 µg/m³ alors que la concentration modélisée est d'environ 44 µg/m³.

La rocade à proximité de l'école Anne Sylvestre étant en hauteur (début du Pont d'Aquitaine), les polluants se dispersent plus facilement et impactent donc moins l'école.

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

6.2. Mesures par tube passif

6.2.1. 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 de chaque campagne ainsi que la moyenne bi-hebdomadaire obtenue.

	Concentration en NO ₂ (en µg/m ³)					
	Campagne hivernale			Campagne estivale		
	Du 15 au 29/01/20	Du 29/01 au 13/02/20	Moyenne bi-hebdomadaire	Du 16 au 30/09/20	Du 30/09 au 14/10/20	Moyenne bi-hebdomadaire
Piste cyclable	23.6	22.0	22.8	26.8	16.5	21.7
Jardin	21.7	18.7	20.2	19.8	14.5	17.2
Cour	21.9	22.4	22.2	16.8	14.7	15.8
Bât A ext	22.4	18.5	20.5	16.7	13.5	15.1
Bât Admin ext	20.8	21.1	20.9	16.0	11.2	13.6
Portail	27.1	21.6	24.4	19.5	13.0	16.2
Av Labarde	27.2	25.8	26.5	21.0	18.0	19.5

Tableau 6 : 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.

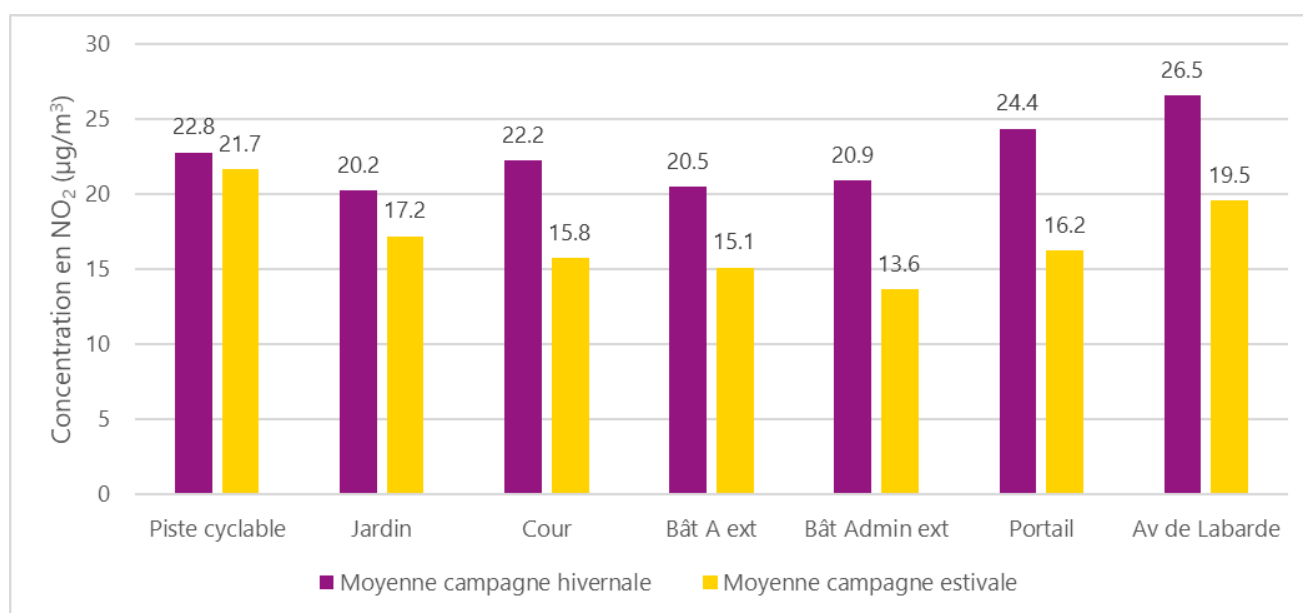


Figure 22 : Résultats des moyennes bi-hebdomadaires des mesures de NO₂ par tubes passifs en air ambiant

Les concentrations en NO₂ les plus élevées sont retrouvées au niveau de l'entrée de l'école sur l'avenue de Labarde : 24,4 µg/m³ pour le point de mesure « portail » et 26,5 µg/m³ pour « av de Labarde », pour la campagne hivernale. Les points de mesure à côté de la rocade, « piste cyclable » et « jardin », sont inférieurs à ces concentrations pendant la campagne hivernale, et du même ordre de grandeur pour la campagne estivale. La valeur la plus élevée obtenue dans l'enceinte de l'école, 22,2 µg/m³, a été mesurée dans la cour pendant la période hivernale, au point le plus proche de la rocade.

Les valeurs obtenues sont globalement plus élevées en période hivernale car les polluants se dispersent moins facilement pendant cette période.

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

Lieu	Concentration moyenne en NO ₂ (en µg/m ³)
Piste cyclable	22.2
Jardin	18.7
Cour	19.0
Bât A ext	17.8
Bât Admin ext	17.3
Portail	20.3
Av Labarde	23.0

Tableau 7 : Concentrations moyennes annuelles des mesures par tubes passifs de NO₂ en air ambiant

A titre indicatif, la valeur limite annuelle fixée à 40 µg/m³ n'a été dépassée sur aucun des sites étudiés.

Les concentrations moyennes mesurées sont inférieures à celles obtenues par modélisation (cf. figure 3), sur tous les sites : par exemple, la concentration mesurée au niveau de la piste cyclable est de 22,2 µg/m³ alors que la concentration modélisée est d'environ 60 µg/m³.

La rocade à proximité de l'école Anne Sylvestre étant en hauteur (début du Pont d'Aquitaine), les polluants se dispersent plus facilement et impactent donc moins l'école.

6.3. 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 Anne Sylvestre. Les résultats des tubes passifs BTEX de l'école Anne Sylvestre et des stations de référence sont présentés dans le tableau et les figures suivantes.

Pour la campagne hivernale, les mesures dans l'école Anne Sylvestre ont eu lieu du 3 au 7/02/2020. Les mesures des stations de référence ont été réalisées du 9 au 16/01/2020. Les conditions de température étaient similaires entre les deux périodes.

Pour la campagne estivale, les mesures dans l'école Anne Sylvestre ont eu lieu du 28/09 au 02/10/2020. Les mesures des stations de référence ont été réalisées du 1 au 8/10/2020. Les conditions de température étaient similaires entre les deux périodes.

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 Anne Sylvestre.

Polluant	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	1.3	3.9	1.2	5.1	3.3	1.4	1.2	0.2	0.4	0.2
Bassens (fond urbain)	1.0	1.5	0.3	0.8	0.3	0.8	0.7	0.1	0.4	0.2
Gautier (trafic)	2.0	6.2	0.6	2.1	0.9	1.3	2.7	0.5	1.5	0.7

Figure 23 : Résultats des BTEX en air ambiant

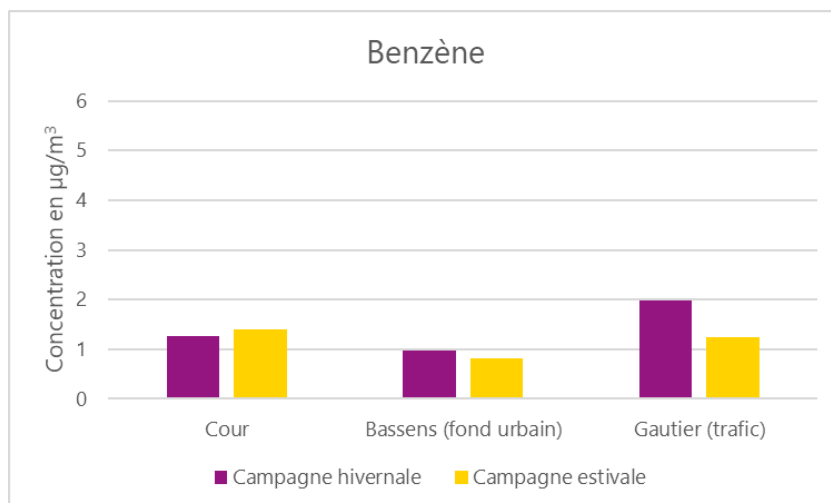


Figure 24 : Concentrations en benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en air ambiant

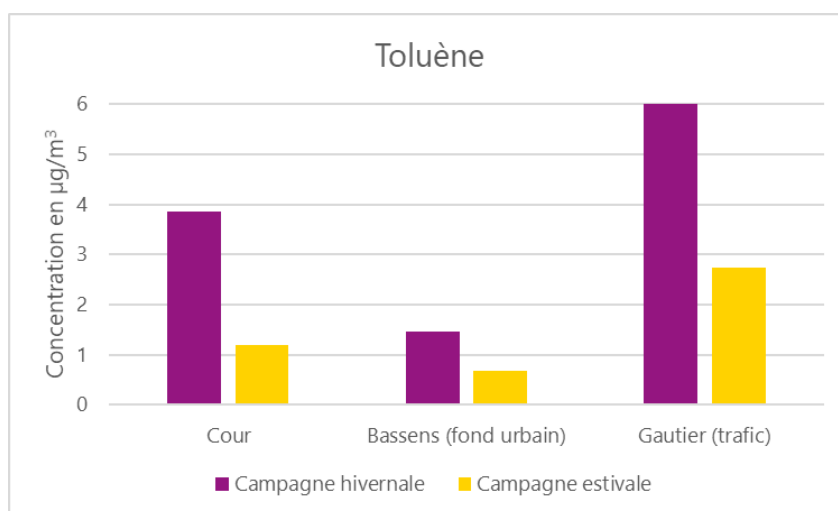


Figure 25 : Concentrations en toluène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en air ambiant

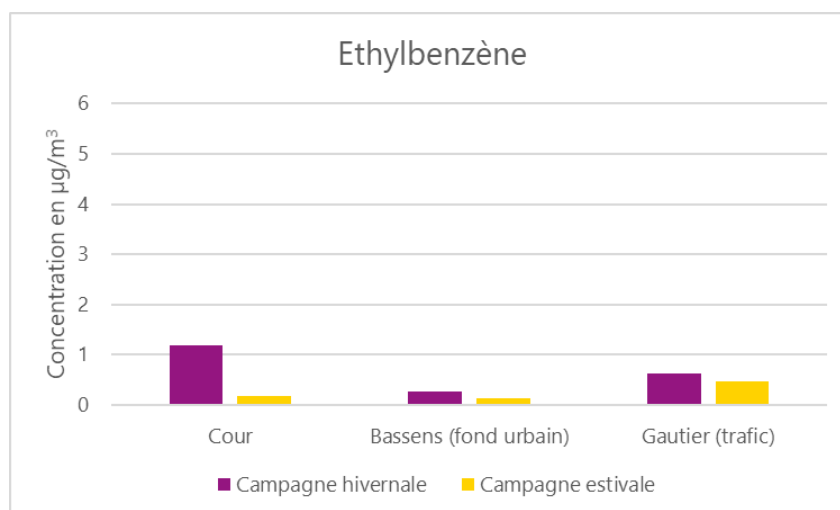


Figure 26 : Concentrations en éthylbenzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en air ambiant

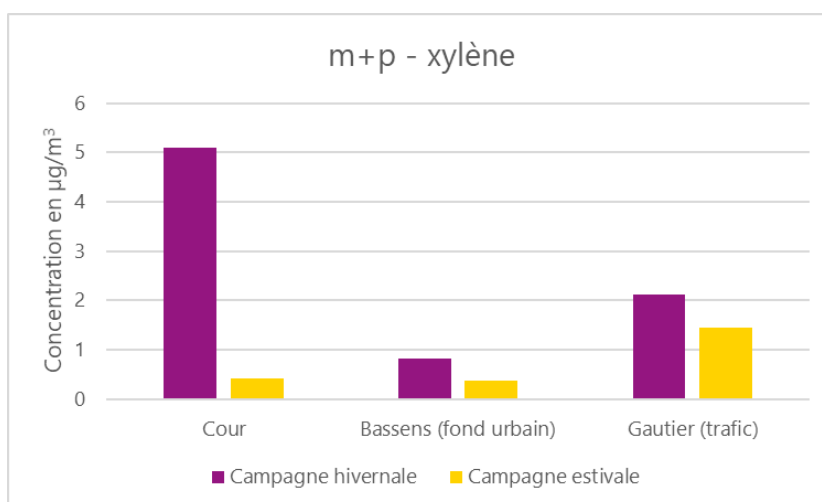


Figure 27 : Concentrations en m+p-xylène (µg/m³) en air ambiant

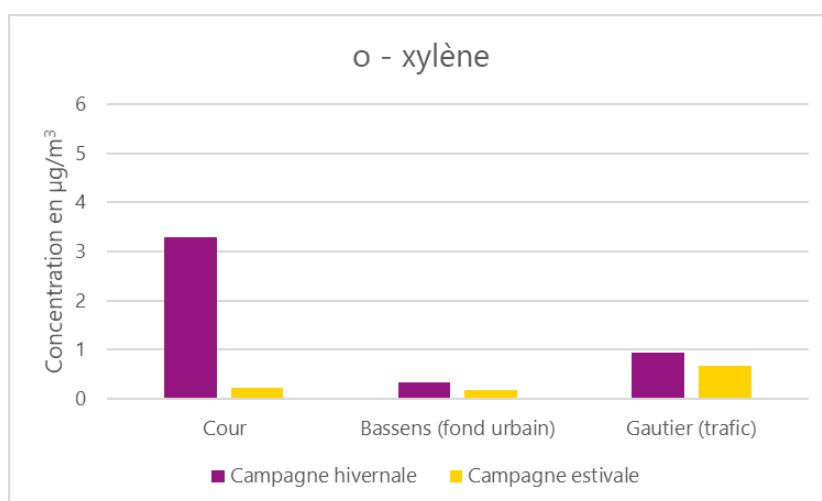


Figure 28 : Concentrations en o-xylène (µg/m³) en air ambiant

Pour le benzène et le toluène, les concentrations mesurées dans la cour de l'école Anne Sylvestre sont comprises entre celles mesurées sur la station de fond urbain « Bassens » et celles mesurées sur la station trafic « Gautier ».

Pour l'éthylbenzène, le m+p-xylène et le o-xylène, les valeurs relevées dans la cour sont supérieures aux valeurs relevées sur la station trafic « Gautier » pendant la campagne hivernale. Pendant la campagne estivale, les concentrations relevées sont du même ordre de grandeur que celles de la station de fond urbain « Bassens ».

Les concentrations en xylènes ont été particulièrement élevées lors de la campagne hivernale. Ces polluants ne sont pas présents naturellement dans l'environnement, excepté dans la fumée des feux de forêt. Les sources anthropiques de xylènes sont le raffinage du pétrole, l'utilisation de dissolvants, les gaz d'échappement automobile, la combustion de la biomasse (chauffage au bois, brûlage des déchets verts) le transport et la distribution d'essence ainsi que les biogaz issus de la décomposition de déchets industriels et municipaux. Il est donc possible d'envisager un impact des transports plus marqué en période hivernale (combustion et conditions météorologiques).

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

Polluant	Concentration moyenne (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	m+p-xylène	o-xylène
Cour	1.3	2.5	0.7	2.8	1.8
Bassens (fond urbain)	0.9	1.1	0.2	0.6	0.3
Gautier (trafic)	1.6	4.5	0.5	1.8	0.8

Tableau 8 : Concentrations moyennes annuelles des mesures par tubes passifs BTEX en air ambiant

Seul le benzène est soumis à une valeur réglementaire. La valeur limite annuelle fixée à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a pas été dépassée pendant la période de mesure. Il en est de même pour l'objectif de qualité de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

7. Résultats en air intérieur

7.1. 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.

	Concentration en NO ₂ (en µg/m ³)					
	Campagne hivernale			Campagne estivale		
	Du 15 au 29/01/20	Du 29/01 au 13/02/20	Moyenne bi-hebdomadaire	Du 16 au 30/09/20	Du 30/09 au 14/10/20	Moyenne bi-hebdomadaire
Bât A int	7.1	8.7	7.9	12.2	9.9	11.0
Bât B int	9.7	9.1	9.4	13.5	6.9	10.2
Bât C int	10.2	11.0	10.6	14.4	9.2	11.8

Tableau 9 : 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.

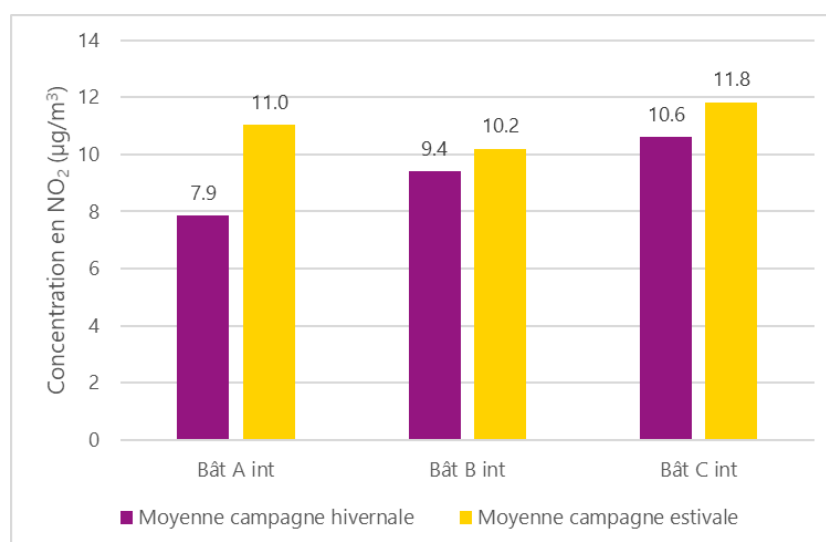


Figure 29 : Résultats des moyennes bi-hebdomadaires des mesures de NO₂ par tubes passifs en air intérieur

La concentration la plus faible a été retrouvée dans le bâtiment A (7,9 µg/m³), en période hivernale. La valeur maximale a été mesurée dans le bâtiment C (11,8 µg/m³), en période estivale.

Ces valeurs sont bien inférieures à celles mesurées à l'extérieur des bâtiments, c'est-à-dire entre 20 et 27 µg/m³ en période hivernale et entre 13 et 22 µg/m³ en période estivale.

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.

Les valeurs mesurées en air intérieur sont légèrement plus élevées pendant la période estivale que pendant la période hivernale.

La moyenne des deux campagnes est présentée dans le tableau suivant.

Lieu	Concentration moyenne en NO ₂ (en µg/m ³)
Bât A int	9.4
Bât B int	9.8
Bât C int	11.2

Tableau 10 : Moyennes annuelles des mesures par tubes passifs de NO₂ en air intérieur

7.2. 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.

Pour la campagne hivernale, les mesures ont eu lieu du 3 au 7/02/2010 dans la cour ainsi que dans les bâtiments B et C. Dans le bâtiment A, elles ont eu lieu du 10 au 14/02/2010.

Pour la campagne estivale, toutes les mesures ont eu lieu du 28/09 au 02/10/2020.

	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
Bât A int	2.0	14.6	3.1	9.2	5.0	1.9	2.4	1.2	2.7	1.5
Bât B int	1.9	5.2	3.5	12.8	10.0	1.9	3.6	2.2	5.8	2.9
Bât C int	1.9	5.1	3.1	11.6	9.0	1.9	2.3	0.8	2.1	1.1
Cour (ext)	1.3	3.9	1.2	5.1	3.3	1.4	1.2	0.2	0.4	0.2

Tableau 11 : Résultats des mesures par tubes passifs de BTEX en air intérieur

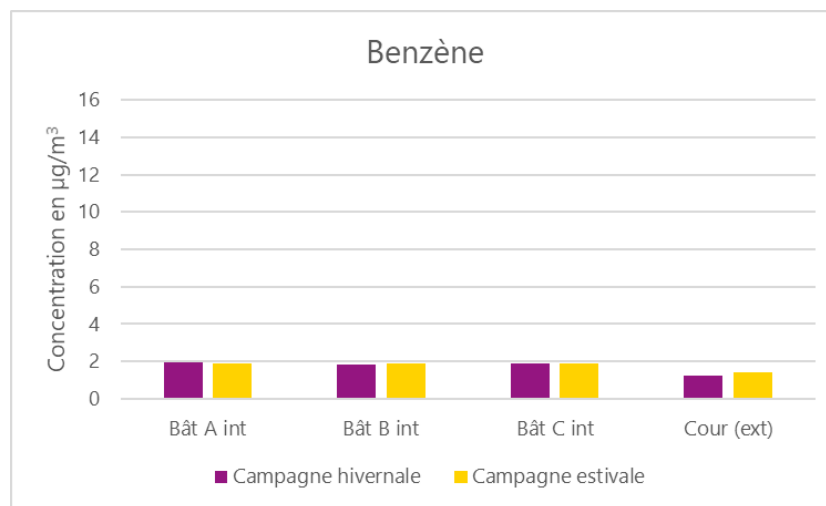


Figure 30 : Concentrations en benzène (µg/m³) en air intérieur

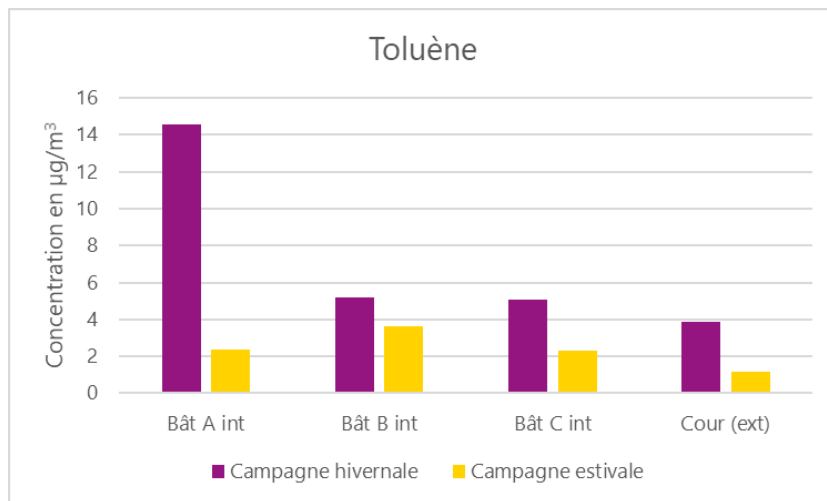


Figure 31 : Concentrations en toluène (µg/m³) en air intérieur

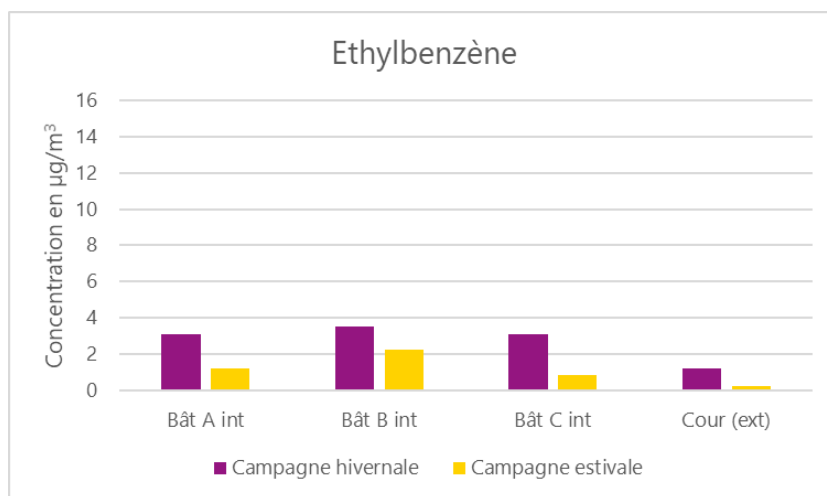


Figure 32 : Concentrations en éthylbenzène (µg/m³) en air intérieur

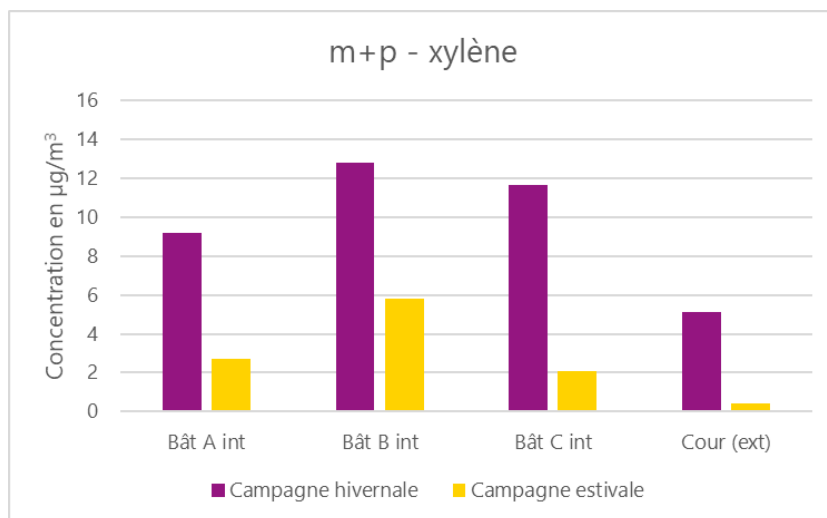


Figure 33 : Concentrations en m+p - xylène (µg/m³) en air intérieur

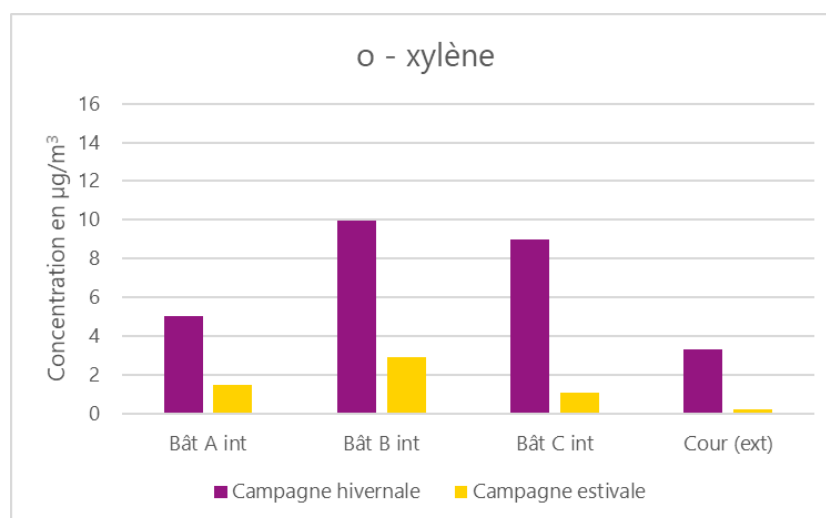


Figure 34 : Concentrations en o-xylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en air intérieur

En air intérieur, des valeurs de référence existent seulement pour le benzène. La valeur d'action rapide de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en moyenne hebdomadaire, n'a été dépassée sur aucune des deux campagnes hivernale et estivale. Il en est donc de même pour la VGAI court terme pour le benzène, de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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.

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
Bât A int	1.9	8.5	2.1	6.0	3.2
Bât B int	1.9	4.4	2.9	9.3	6.5
Bât C int	1.9	3.7	2.0	6.9	5.0
Cour (ext)	1.3	2.5	0.7	2.8	1.8

Tableau 12 : Concentrations moyennes annuelles des mesures par tubes passifs BTEX en air intérieur

A titre indicatif, la VGAI en moyenne annuelle pour le benzène, de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, n'a pas été dépassée lors de la période de mesure. Toutefois, les valeurs obtenues au sein des trois classes investiguées en sont très proches.

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

Conclusion

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 (Etude ESPROB en 2014-2015), 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.

Ce rapport présente les résultats obtenus au sein de l'école Anne Sylvestre.

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 Anne Sylvestre 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. A titre indicatif, la valeur limite annuelle de 40 µg/m³ ainsi que la valeur guide de l'OMS de 20 µg/m³ ont été respectées. La concentration moyenne journalière en PM10 est de 16,2 µg/m³, alors qu'elle était de 24,0 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 Anne Sylvestre sont du même ordre de grandeur que celles enregistrées par la station de référence « Gautier », qui est une station trafic. En revanche, pendant la campagne estivale, les valeurs sont plus faibles et tendent vers celles mesurées sur la station de fond urbain « Bassens ». A titre indicatif, la valeur limite de 25 µg/m³, ainsi que la valeur guide de l'OMS de 10 µg/m³, en moyenne annuelle, ont été respectées. La concentration moyenne journalière en PM2.5 est de 9,0 µg/m³, alors qu'elle était de 16,1 µg/m³ en 2014-2015 (étude ESPROB).

Dioxyde d'azote (NO₂)

Les concentrations en NO₂ mesurées dans la cour sont légèrement supérieures à la station de fond urbain « Bassens », mais restent du même ordre de grandeur. 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. A titre indicatif, la valeur limite définie à l'échelle annuelle de 40 µg/m³ n'a pas été dépassée pendant toute la durée des mesures. La concentration moyenne horaire en NO₂ est de 19,9 µg/m³, alors qu'elle était de 27,5 µg/m³ en 2014-2015 (étude ESPROB).

Mesures par tube passif

Dioxyde d'azote (NO₂)

Les concentrations en NO₂ les plus élevées sont retrouvées au niveau de l'entrée de l'école sur l'avenue de Labarde. La valeur la plus élevée obtenue dans l'enceinte de l'école a été mesurée dans la cour, au point le plus proche de la rocade. A titre indicatif, la valeur limite annuelle fixée à 40 µg/m³ n'a été dépassée sur aucun des sites étudiés.

Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes (BTEX)

Pour le benzène et le toluène, les concentrations mesurées dans la cour de l'école Anne Sylvestre sont comprises entre celles mesurées sur la station de fond urbain « Bassens » et celles mesurées sur la station trafic « Gautier ». Les valeurs tendent plutôt vers cette dernière.

Pour l'éthylbenzène, le m+p-xylène et le o-xylène, les valeurs relevées dans la cour sont supérieures aux valeurs relevées sur la station trafic « Gautier », pendant la campagne hivernale uniquement. Les concentrations sont bien plus faibles lors de la campagne estivale et tendent vers celles mesurées sur la station de fond urbain « Bassens ». La valeur limite annuelle fixée à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a pas été dépassée 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)

Pendant la période hivernale, la concentration la plus élevée a été relevée dans le bâtiment C et la plus faible dans le bâtiment A. Les concentrations relevées pendant la période estivale sont légèrement plus élevées et plus homogènes entre les trois classes investiguées. Ces valeurs restent inférieures à celles mesurées à l'extérieur des bâtiments.

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 VGAI court terme de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a pas été dépassée, pendant toute la durée des mesures. Il en est de même pour la VGAI en moyenne annuelle, de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations moyennes en NO₂ réellement mesurées sont inférieures à celles obtenues par modélisation, sur tous les sites.

La rocade à proximité de l'école Anne Sylvestre étant en hauteur (début du Pont d'Aquitaine), les polluants se dispersent plus facilement et impactent donc moins l'école.



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

