

Pôle d'Atmo Nouvelle- Aquitaine - Mérignac

**Evaluation de la qualité de l'air intérieur
avant/après travaux**

Rapport complet

Période de mesure : 25/02 au 01/03/2019 puis du 22 au 26/02/2021
Commune et département d'étude : Mérignac, Gironde (33)

Référence : QAI_INT_19_033

Version du : 26/07/2021

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

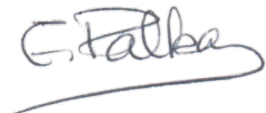


www.atmo-nouvelleaquitaine.org

Titre : Pôle d'Atmo Nouvelle-Aquitaine à Mérignac – Evaluation de la qualité de l'air intérieur avant/après travaux – Rapport complet

Reference : QAI_INT_19_033

Version : du 26/07/2021

Nombre de pages : 26 (couverture comprise)

	Rédaction	Vérification	Approbation
Nom	Emilie PALKA	Cyril HUE	Rémi FEUILLADE
Qualité	Ingénieure d'études	Responsable Service Etudes	Directeur Délégué Production & Exploitation
Visa			

Conditions d'utilisation

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

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

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

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

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

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

Sommaire

1. Contexte et objectifs	7
2. Polluants suivis	7
2.1. Composés organiques volatils (COV).....	7
2.2. Aldéhydes.....	8
3. Organisation de l'étude	9
4. Résultats	11
4.1. Température et Humidité relative	11
4.2. Composés organiques volatils (COV).....	13
4.2.1. Benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes (BTEX).....	13
4.3. Formaldéhyde.....	18
5. Conclusion	21

Annexes

Annexe 1 : Fonctionnement des VMC simple flux et double flux	23
Annexe 2 : Sources potentielles des polluants étudiés en air intérieur	25

Table des figures

Figure 1 : Echantillonneur passif.....	9
Figure 2 : tubes passifs sur site à l'intérieur (à gauche) et à l'extérieur (à droite)	10
Figure 3 : plan de situation (Source : Géoportail)	10
Figure 4 : évolution de la température pendant la phase "avant travaux"	11
Figure 5 : évolution de la température pendant la phase "après travaux"	12
Figure 6 : évolution de l'humidité relative pendant la phase "avant travaux"	12
Figure 7 : évolution de l'humidité relative pendant la phase "après travaux"	13
Figure 8 : concentrations en benzène relevées lors des deux campagnes de mesures.....	14
Figure 9 : concentrations en toluène relevées lors des deux campagnes de mesures.....	15
Figure 10 : concentrations en éthylbenzène relevées lors des deux campagnes de mesures	15
Figure 11 : concentrations en m+p-xylène relevées lors des deux campagnes de mesures	15
Figure 12 : concentrations en o-xylène relevées lors des deux campagnes de mesures	16
Figure 13 : comparaison des concentrations en BTEX relevées à l'extérieur du pôle de Mérignac, avant et après les travaux, avec les stations fixes d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.....	17
Figure 14 : comparaison des concentrations en BTEX relevées dans les bureaux du pôle de Mérignac, avant et après les travaux, avec la base de données air intérieur d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.....	18
Figure 15 : concentrations en formaldéhyde relevées lors des deux campagnes de mesures	19
Figure 16 : comparaison des concentrations en formaldéhyde relevées sur le pôle de Mérignac avec la base de données air intérieur d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.....	19

Table des tableaux

Tableau 1 : Matériel et méthodes de mesure.....	9
Tableau 2 : concentrations en BTEX relevées lors des deux campagnes de mesures.....	13
Tableau 3 : concentrations en formaldéhyde relevées lors des deux campagnes de mesures	18

Abréviations :

AASQA :	Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air
ADEME :	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
ANSES :	Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
BTEX :	Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes
COV :	Composés Organiques Volatils
CSTB :	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
DNPH :	2,4-Dinitrophénylhydrazine
ERP :	Etablissement Recevant du Public
HR :	Humidité Relative
µm :	micromètre (= 1 millionième de mètre = 10^{-6} m)
QAI :	Qualité de l'Air Intérieur
VGAI :	Valeur Guide pour l'Air Intérieur
VTR :	Valeur Toxicologique de Référence

Définitions :

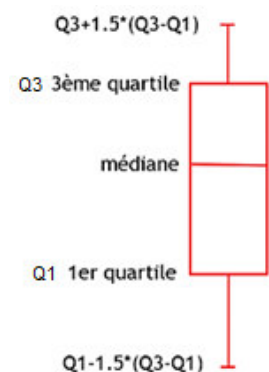
Humidité relative (HR) : l'humidité relative a un faible impact sur la sensation thermique et sur la perception de la qualité de l'air dans les locaux à occupation sédentaire. Toutefois, les humidités intérieures durablement élevées peuvent être la cause de proliférations microbiennes et fongiques (humidité > 70%), et une humidité très basse (< 15-20%) peut entraîner un dessèchement et/ou une irritation des yeux et des voies respiratoires.

Valeur Guide pour l'Air Intérieur (VGAI) : telle que définie dans le décret n° 2011-1727, c'est une valeur fixée dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine, à atteindre dans la mesure du possible dans un délai donné.

Valeur d'action rapide : telle que définie dans le décret n° 2015-1926 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur (QAI) dans les établissements recevant du public (ERP), c'est une valeur au-delà de laquelle des investigations complémentaires doivent être menées et pour laquelle le préfet de département doit être informé.

Boxplot (ou boîte à moustache) :

La médiane est la valeur qui partage l'échantillon en deux : 50 % des concentrations sont inférieures à cette valeur et 50 % sont supérieures. Le 1^{er} quartile indique qu'un quart, soit 25%, des concentrations mesurées sont inférieures à cette valeur. Trois quarts, soit 75%, des concentrations mesurées sont donc supérieures à cette même valeur. Le 3^{ème} quartile indique que trois quarts, soit 75%, des concentrations mesurées sont inférieures à cette valeur et donc qu'un quart, soit 25%, sont supérieures à celle-ci.



Résumé

Atmo Nouvelle-Aquitaine a réalisé des mesures de BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes) et de formaldéhyde, à l'occasion de travaux de rénovation mis en œuvre sur son pôle situé à Mérignac entre le printemps et l'hiver 2019. Deux campagnes de mesure ont été réalisées dans deux bureaux à l'intérieur du bâtiment et également à l'extérieur. La première campagne « avant travaux » a eu lieu en février-mars 2019 et la seconde « après travaux » en février 2021. L'objectif est d'évaluer l'impact de ces travaux sur la qualité de l'air intérieur.

Les principaux résultats sont les suivants :

Pour les BTEX en air ambiant :

- A titre indicatif, la valeur limite pour le benzène de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ainsi que l'objectif de qualité de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été respectés pendant les deux phases, avant et après les travaux.
- Les concentrations en benzène et toluène ont notablement diminué entre la phase avant et la phase après la rénovation. Ceci s'explique par une baisse de trafic entre les deux années, liée au contexte sanitaire engendré par la pandémie de COVID-19 (télétravail recommandé). Pour les autres BTEX, les concentrations ont légèrement diminué entre 2019 et 2021.
- En comparant les concentrations mesurées à l'extérieur du pôle avec celles mesurées sur les stations fixes d'Atmo Nouvelle-Aquitaine, il apparaît que, pour le benzène, la concentration mesurée avant les travaux faisait partie des 25% des valeurs les plus élevées relevées par l'observatoire. Après les travaux, la concentration fait partie des 25% des valeurs les plus faibles mesurées sur les stations fixes. Pour les autres BTEX, les concentrations mesurées avant et après la rénovation sont proches ou font partie des 25% des valeurs les plus faibles enregistrées sur les stations fixes d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.

Pour les BTEX en air intérieur :

- A titre indicatif, les concentrations en benzène mesurées à l'intérieur du bâtiment sont inférieures à la VGAI court terme ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et à la valeur d'action rapide ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pour les deux phases. Avant les travaux, les concentrations mesurées dans les bureaux étaient légèrement supérieures à la VGAI annuelle qui est de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Après les travaux, la concentration a diminué dans les deux bureaux investigués et respecte cette dernière. Cela s'explique par l'installation d'un système de ventilation dans les bureaux qui permet un meilleur renouvellement d'air.
- En comparant les concentrations des bureaux du pôle avec celles mesurées lors de diverses études menées par Atmo Nouvelle-Aquitaine, il apparaît que, pour le benzène et le toluène, les concentrations mesurées avant la rénovation étaient proches ou faisaient partie des 25% des valeurs les plus élevées relevées par l'observatoire. Après les travaux, ces concentrations font partie des 25% des valeurs les plus faibles enregistrées. Pour les autres BTEX, les concentrations mesurées avant et après les travaux font partie des 50% des valeurs les plus faibles relevées par l'observatoire.

Pour le formaldéhyde en air intérieur :

- A titre indicatif, la valeur d'action rapide de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ainsi que la VGAI annuelle de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été respectées pendant les deux phases, avant et après les travaux.
- Les concentrations en formaldéhydes mesurées après les travaux sont inférieures à celles mesurées avant. Cela s'explique par l'installation d'un système de ventilation dans les bureaux qui permet un meilleur renouvellement d'air.
- En comparant les concentrations mesurées dans les bureaux du pôle de Mérignac avec celles mesurées lors de diverses études en air intérieur menées par Atmo Nouvelle-Aquitaine, il apparaît que celles-ci, qui faisaient partie de 50% des valeurs les plus faibles relevées par l'observatoire avant les travaux, sont comptées parmi les 25% des valeurs les plus faibles, après la rénovation.

1. Contexte et objectifs

Nous passons en moyenne 85% de notre temps dans des espaces clos. Que ce soit dans les logements, les transports, les lieux de travail ou de vie scolaire, les espaces clos de loisirs, etc. La problématique « Bâtiment – Santé » qui a émergé dans les années 70, suites aux politiques d'économie d'énergie recommandant une isolation plus importante des bâtiments, est aujourd'hui une préoccupation reconnue des instances nationales et de la communauté scientifique.

Dans le cadre des travaux d'aménagement du pôle d'Atmo Nouvelle-Aquitaine de Mérignac, il est envisagé d'évaluer l'impact des matériaux de construction, finition et ameublement sur la qualité de l'air intérieur dans les locaux. Les travaux ont eu lieu entre mars et décembre 2019.

Avant les travaux, les locaux étaient équipés d'une Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) simple flux dans les sanitaires, la salle de restauration et le local technique. Une VMC double flux a été installée dans le bâtiment au cours des travaux. Les pièces desservies sont les bureaux, les sanitaires, la salle de restauration, les locaux techniques et l'atelier. L'air neuf apporté est chauffé l'hiver et refroidi l'été, ce qui permet une bonne régulation de la température dans le bâtiment. Le fonctionnement des VMC simple flux et double flux est présenté en annexe 1.

Dans un premier temps, la qualité de l'air intérieur a été évaluée avant le début des travaux pour établir un état initial. Ensuite, une seconde phase de mesures a été réalisée plusieurs mois après la fin des travaux et en occupation normale du bâtiment pour évaluer l'impact de cette rénovation.

Le présent rapport présente les résultats des deux campagnes qui ont été menées avant et après les travaux.

2. Polluants suivis

2.1. Composés organiques volatils (COV)

Origines :

C'est un ensemble de composés appartenant à différentes familles chimiques. Les COV sont largement utilisés dans la fabrication de nombreux produits, matériaux d'aménagement et de décoration : peinture, vernis, colles, nettoyants, bois agglomérés, moquette, tissus neufs,... Ils sont également émis par le tabagisme et par les activités d'entretien et de bricolage. Leur point commun est de s'évaporer plus ou moins rapidement à la température ambiante et de se retrouver ainsi dans l'air. Les COV sont souvent plus nombreux et plus concentrés à l'intérieur qu'à l'extérieur compte tenu de la multiplicité des sources intérieures. *Les sources potentielles de COV en air intérieur sont détaillées en annexe 2.*

Les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes) mesurés dans le cadre de cette étude sont des COV.

Effets sur la santé :

Ils sont le plus souvent mal connus mais on leur attribue, selon les composés, des irritations de la peau, des muqueuses et du système pulmonaire, des nausées, maux de tête et vomissements. Quelques composés, comme le benzène, sont associés à des leucémies ou à des cancers (dans le cas d'exposition professionnelle). D'autres sont suspectés d'atteintes de la reproduction (éthers de glycol [2-éthoxyéthanol, 2-butoxyéthanol, 1-méthoxy-2-propanol] par exemple).

Réglementation concernant le benzène en air ambiant [1] :

Valeur limite	5 µg/m ³ en moyenne annuelle
Objectif de qualité	2 µg/m ³ en moyenne annuelle

Valeurs de référence concernant les COV en air intérieur :

Benzène	Valeur d'action rapide	10 µg/m ³ en moyenne hebdomadaire [2]
	Valeur Guide en Air Intérieur (VGAI)	2 µg/m ³ en moyenne annuelle [3] 30 µg/m ³ à court terme (1-14 jours) [4]
Ethylbenzène	VTR chronique	1500 µg/m ³ (exposition > 1an) [5]

VTR = Valeur Toxicologique de Référence

2.2. Aldéhydes

Origines :

Les aldéhydes appartiennent en partie à la famille des COV. Le composé le plus connu est le formaldéhyde. Il est présent dans de très nombreux produits d'usage courant : mousses isolantes, laques, colles, vernis, encres, résines, papier, produits ménagers, pesticides. La plupart des bois agglomérés et contreplaqués en contiennent. Il est également utilisé dans les textiles ainsi que dans certains médicaments et cosmétiques. De faible poids moléculaire, cette substance a la propriété de devenir gazeuse à température ambiante. *Les sources potentielles d'aldéhydes en air intérieur sont détaillées en annexe 2.*

Effets sur la santé :

Le formaldéhyde est un irritant des yeux, du nez et de la gorge. Depuis 2004, il est considéré par l'OMS comme cancérogène certain du nasopharynx et des fosses nasales. Certaines études épidémiologiques sur les effets de l'exposition prolongée au formaldéhyde ont également mis en avant des effets allergiques et un impact sur l'appareil respiratoire.

Réglementation concernant les aldéhydes en air intérieur :

Formaldéhyde	Valeur d'action rapide	100 µg/m ³ en moyenne hebdomadaire [2]
	Valeur Guide en Air Intérieur (VGAI)	10 µg/m ³ en moyenne annuelle à atteindre dans la mesure du possible en 2023 [3] 30 µg/m ³ en moyenne annuelle [3] 100 µg/m ³ à court terme (1 à 4h) [6]

3. Organisation de l'étude

Dans le cadre de cette étude, les polluants suivants ont été mesurés :

- ✓ BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes) ;
- ✓ Formaldéhyde ;
- ✓ Paramètres de confort : température et humidité relative (HR).

Pour chaque paramètre, le matériel de mesure est présenté dans le tableau ci-dessous, 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 BTEX	Echantillonneur passif	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 formaldéhyde		NF ISO 16000-4 - Dosage du formaldéhyde — Méthode par échantillonnage diffusif	

Tableau 1 : Matériel et méthodes de mesure

Le formaldéhyde et les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) ont été prélevés par tubes à diffusion passive puis analysés en différé en laboratoire.

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'échantillonneurs à diffusion passive, appelés aussi tubes passifs, de type « Radiello ». Ce sont des dispositifs autonomes, silencieux, très peu encombrants et non susceptibles de perturber les occupants.

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 1 :
Echantillonneur passif

L'échantillonneur passif est exposé à l'air pour une durée définie. Le taux d'échantillonnage dépend du coefficient de diffusion du gaz polluant. Ce taux est appelé débit d'échantillonnage par diffusion et est déterminé par étalonnage préalable en atmosphère normalisée.

Les échantillonneurs passifs sont installés en air ambiant dans des boîtes de protection contre les intempéries.

En air intérieur, les tubes passifs sont accrochés au centre des bureaux à une distance d'1m des murs et des sources potentielles de pollution.



Figure 2 : tubes passifs sur site à l'intérieur (à gauche) et à l'extérieur (à droite)

Stratégie temporelle :

La campagne de mesures « avant travaux » a été réalisée du lundi 25 février au vendredi 1^{er} mars 2019.

La campagne de mesures « après travaux » a eu lieu du 22 au 26 février 2021.

Les prélèvements ont été réalisés pendant une semaine du lundi matin au vendredi après-midi (soit environ 4,5 jours), afin d'exclure délibérément le week-end qui ne correspondra pas à une période d'activité de l'établissement.

Stratégie spatiale :

Le pôle d'Atmo Nouvelle-Aquitaine est situé à Mérignac (33) à proximité de la rocade (A630).

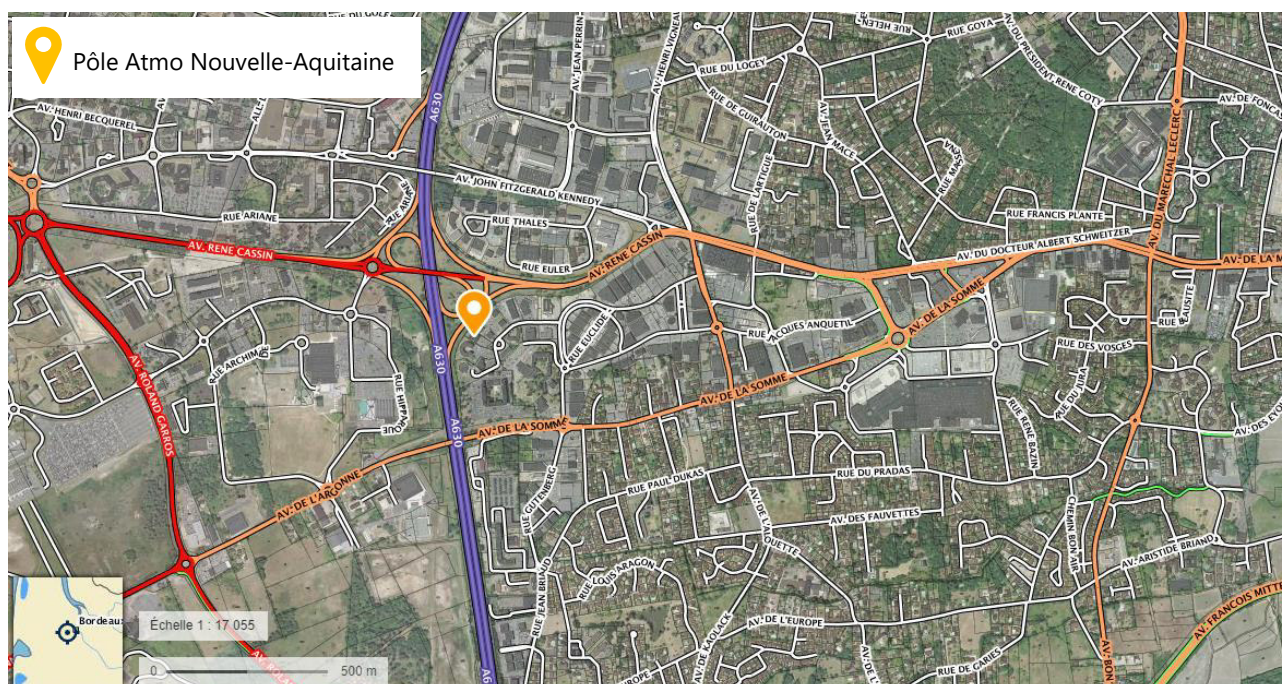


Figure 3 : plan de situation (Source : Géoportail)

Les mesures intérieures ont été réalisées dans 2 bureaux :

- un bureau (1 personne) donnant sur la façade Nord, le « bureau ingénieur »,
- un bureau (5 personnes) donnant sur la façade Sud du bâtiment, le « bureau techniciens ».

Les mesures extérieures sont réalisées du côté potentiellement le plus pollué, à savoir à l'arrière du bâtiment du côté de la rocade.

Limites :

Les campagnes de mesures sont ponctuelles (4.5 jours), or les concentrations en polluants peuvent évoluer au cours d'une année (influence de la température, de l'humidité, du rayonnement solaire, des émissions de polluants extérieurs, des interactions entre différents polluants mais aussi des activités pratiquées dans les salles investiguées, des produits d'entretien et de l'aération/ventilation).

Le nombre de paramètres mesurés n'est pas exhaustif. Cette sélection découle des différents travaux nationaux basés sur des considérations sanitaires mais aussi liée à la faisabilité technique de la mesure ou de l'analyse. Néanmoins il existe de nombreux autres polluants potentiellement présents en air intérieur.

Enfin, les valeurs de références utilisées dans ce rapport sont susceptibles de modifications ultérieures du fait de l'évolution des connaissances.

Nota : cette étude n'est pas réalisée dans le cadre du dispositif réglementaire de la surveillance de la qualité de l'air dans les Etablissements Recevant du Public [2] , néanmoins, la méthode d'échantillonnage et les techniques analytiques utilisées sont les mêmes que celles définies dans la réglementation.

4. Résultats

4.1. Température et Humidité relative

Les figures suivantes représentent l'évolution de la **température** au cours du temps dans les deux bureaux et à l'extérieur du bâtiment, pour chaque phase « avant travaux » et « après travaux ».

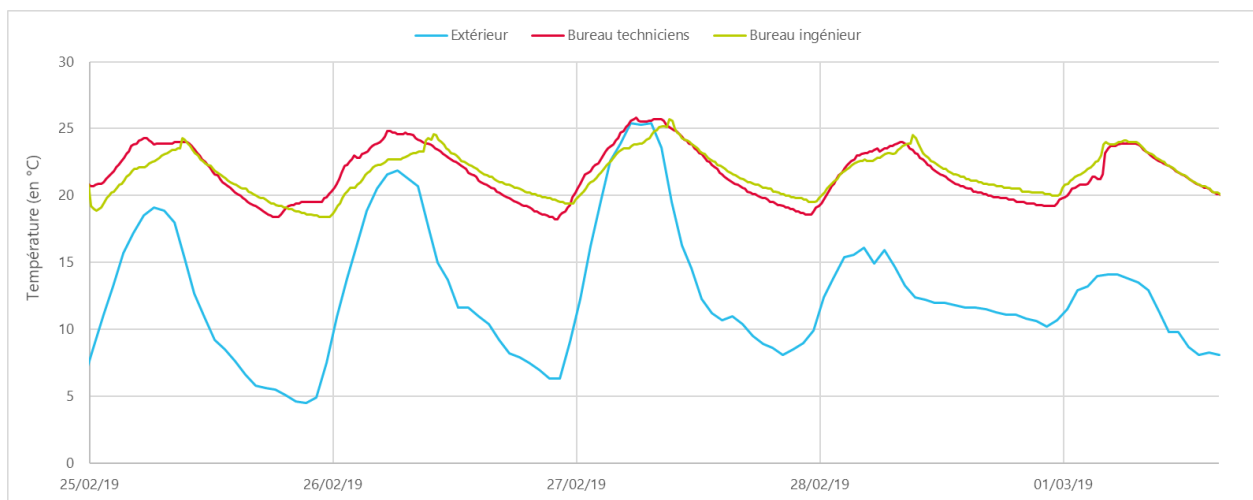


Figure 4 : évolution de la température pendant la phase "avant travaux"

Les températures à l'intérieur varient entre 18 et 26°C pendant la campagne « avant travaux » et sont homogènes entre les deux bureaux investigués.

A l'extérieur les températures varient entre 4 et 25°C pendant la campagne de mesures.

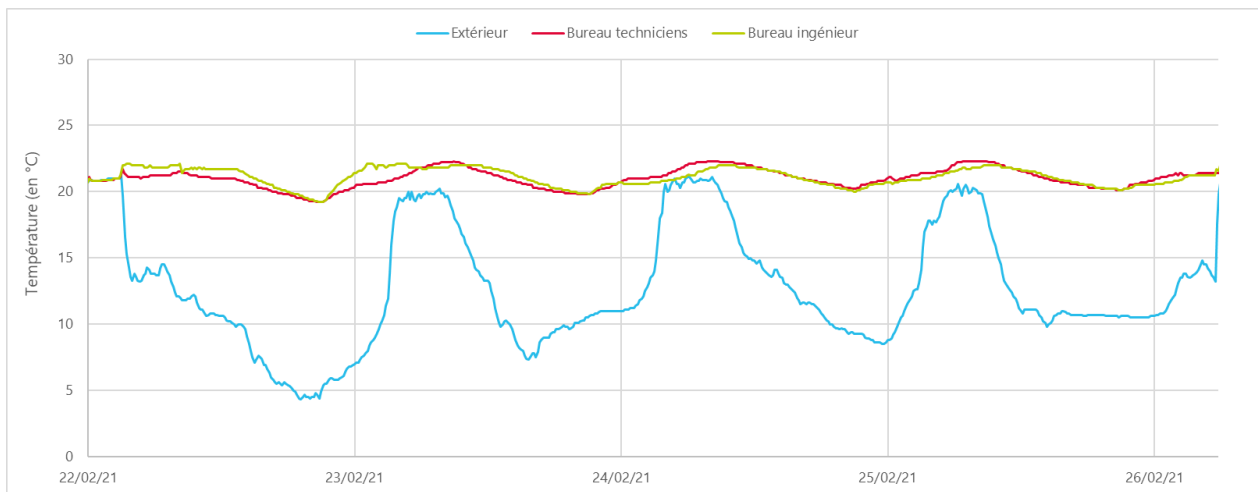


Figure 5 : évolution de la température pendant la phase "après travaux"

Les températures à l'intérieur oscillent entre 19 et 22°C pendant la campagne « après travaux » et sont homogènes entre les deux bureaux investigués.

A l'extérieur les températures varient entre 4 et 21°C pendant la campagne de mesures.

Les températures à l'intérieur du bâtiment sont plus stables pendant la seconde période car le système de ventilation mis en place pendant la rénovation permet une bonne régulation la température.

Les figures suivantes représentent l'évolution de **l'humidité relative** au cours du temps dans les deux bureaux et à l'extérieur du bâtiment, pour chaque phase « avant travaux » et « après travaux ».

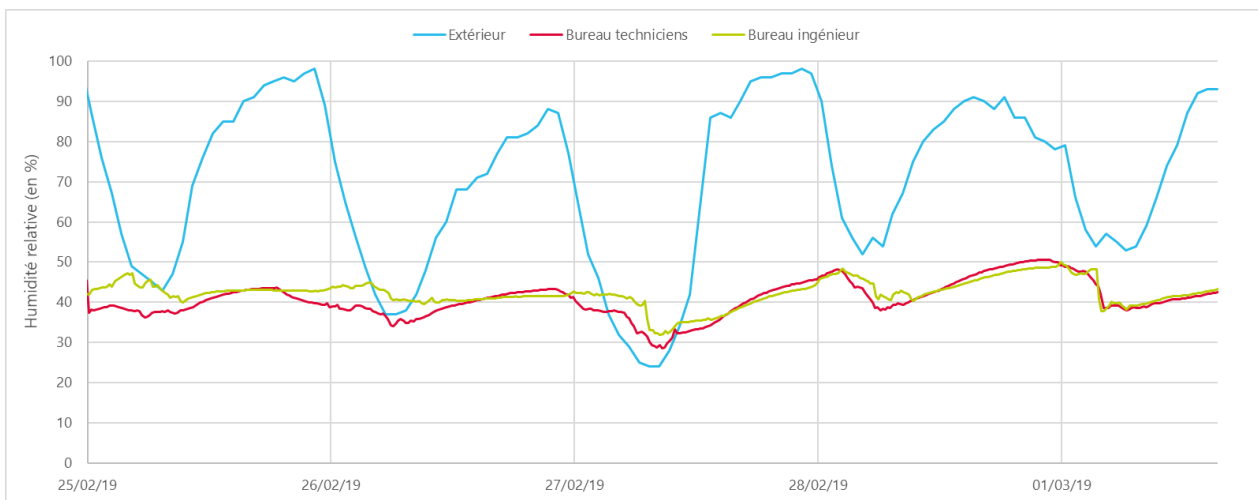


Figure 6 : évolution de l'humidité relative pendant la phase "avant travaux"

L'humidité relative à l'intérieur varie entre 28.6 et 50 % pendant la campagne de mesures et est homogène entre les deux bureaux investigués.

A l'extérieur, l'humidité relative varie entre 24 et 99 % pendant la campagne de mesures.

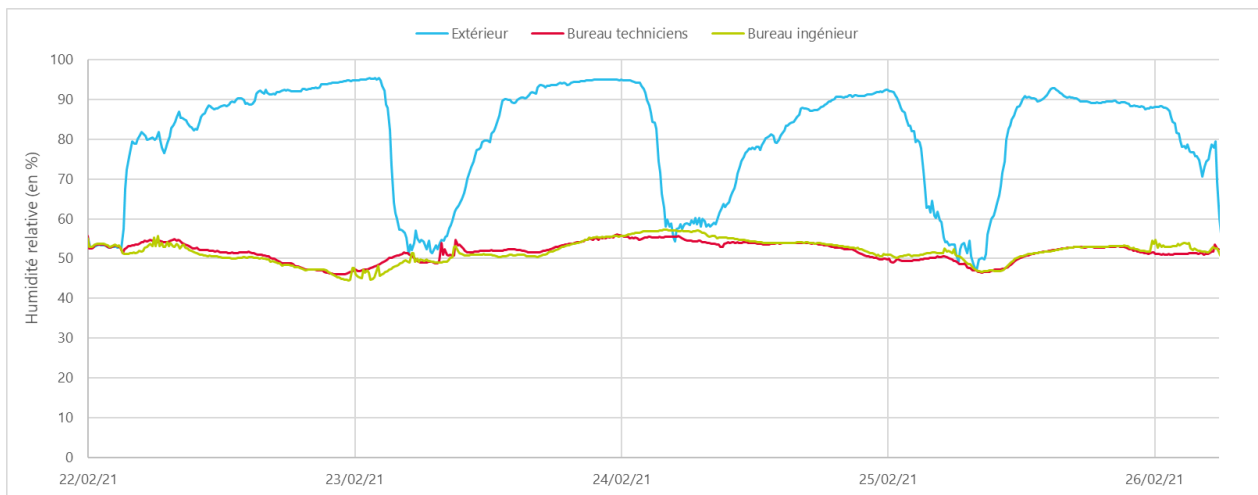


Figure 7 : évolution de l'humidité relative pendant la phase "après travaux"

L'humidité relative à l'intérieur varie entre 44 et 57 % pendant la campagne de mesures et est homogène entre les deux bureaux investigués.

A l'extérieur, l'humidité relative varie entre 47 et 95 % pendant la campagne de mesures.

En air intérieur, les bornes généralement admises comme satisfaisantes sont entre 20 et 70 %. [7]

Lors des deux campagnes de mesures, l'humidité relative est toujours comprise entre ces bornes.

4.2. Composés organiques volatils (COV)

4.2.1. Benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes (BTEX)

Le tableau suivant présente les résultats obtenus en benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes dans les deux bureaux et à l'extérieur du bâtiment, pendant les deux phases avant et après les travaux de rénovation.

Concentration (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Toluène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Ethylbenzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		m+p-xylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		o-xylène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Avant travaux	Après travaux	Avant travaux	Après travaux	Avant travaux	Après travaux	Avant travaux	Après travaux	Avant travaux	Après travaux
Bureau ingénieur (intérieur)	2.0	1.0	2.8	1.0	0.6	0.6	1.4	1.2	0.7	0.6
Bureau techniciens (intérieur)	2.4	0.7	2.8	1.0	0.5	0.6	1.1	1.1	0.5	0.6
Extérieur	1.7	0.6	2.0	0.7	0.3	0.2	0.7	0.3	0.5	0.2

Tableau 2 : concentrations en BTEX relevées lors des deux campagnes de mesures

a) Benzène

La figure suivante représente les concentrations en benzène dans les deux bureaux, ainsi que la concentration observée à l'extérieur du bâtiment (côté rocade), pour chaque phase « avant travaux » et « après travaux ».

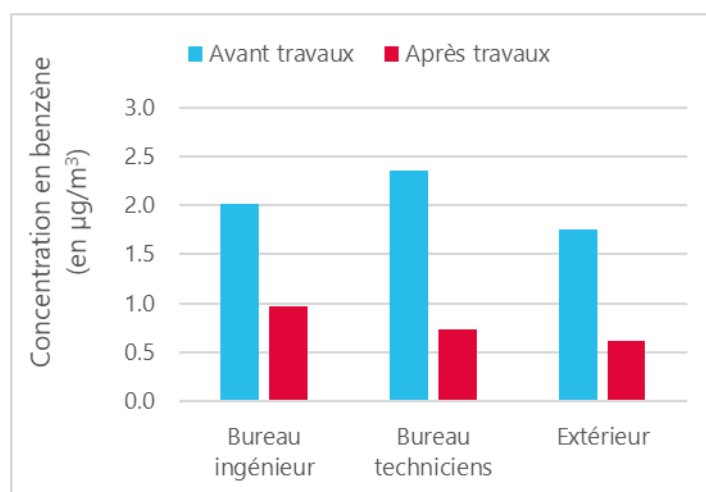


Figure 8 : concentrations en benzène relevées lors des deux campagnes de mesures

Les concentrations relevées après les travaux de rénovation sont notablement inférieures à celles mesurées avant.

Pour les deux phases, les concentrations en benzène sont plus élevées à l'intérieur du bâtiment qu'à l'extérieur.

Cette différence s'explique par les sources de pollution présentes à l'intérieur du bâtiment qui s'additionnent aux sources extérieures qui pénètrent en partie au sein du bâtiment. Le phénomène de confinement entraîne également une accumulation des polluants à l'intérieur des bâtiments.

Les sources potentielles de benzène sont détaillées en annexe 2.

Air ambiant :

Le benzène en air ambiant est soumis à des valeurs réglementaires. Ces valeurs réglementaires sont définies pour des moyennes annuelles, elles sont donc comparées aux résultats de la présente étude uniquement à titre indicatif :

- Les valeurs moyennes obtenues pour le benzène ($1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la phase « avant travaux » et $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la phase « après travaux ») sont très inférieures à la valeur limite qui est de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'échelle annuelle.
- L'objectif de qualité ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) pour le benzène est respecté sur les deux phases « avant » et « après travaux ».

Air intérieur :

Les concentrations en benzène mesurées à l'intérieur du bâtiment, avant les travaux, sont inférieures à la VGAI court terme ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et à la valeur d'action rapide ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mais, à titre indicatif, légèrement supérieures à la VGAI annuelle qui est de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Après les travaux, les concentrations ayant notablement diminué, ces trois valeurs réglementaires sont respectées.

b) Autres COV

Les figures suivantes représentent les concentrations en toluène, éthylbenzène, m+p-xylènes et o-xylène dans les deux bureaux, ainsi que les concentrations observées à l'extérieur du bâtiment (côté rocade), pour chacune des phases « avant travaux » et « après travaux ».

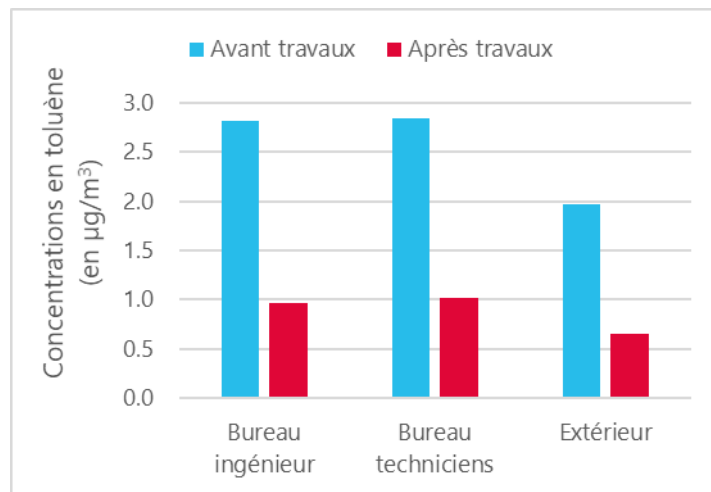


Figure 9 : concentrations en toluène relevées lors des deux campagnes de mesures

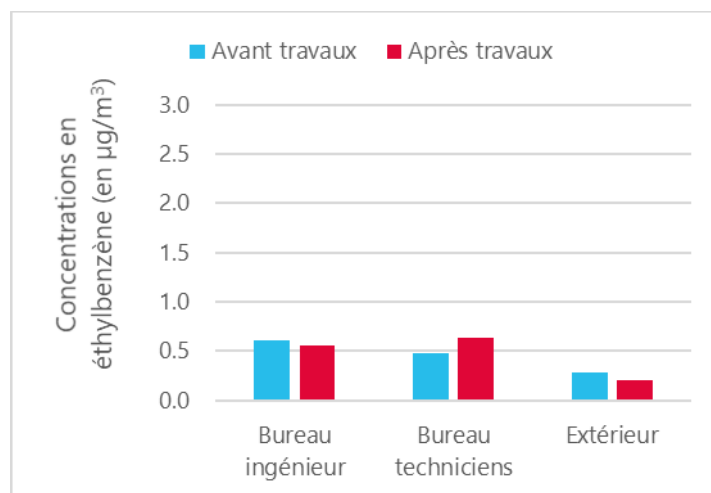


Figure 10 : concentrations en éthylbenzène relevées lors des deux campagnes de mesures

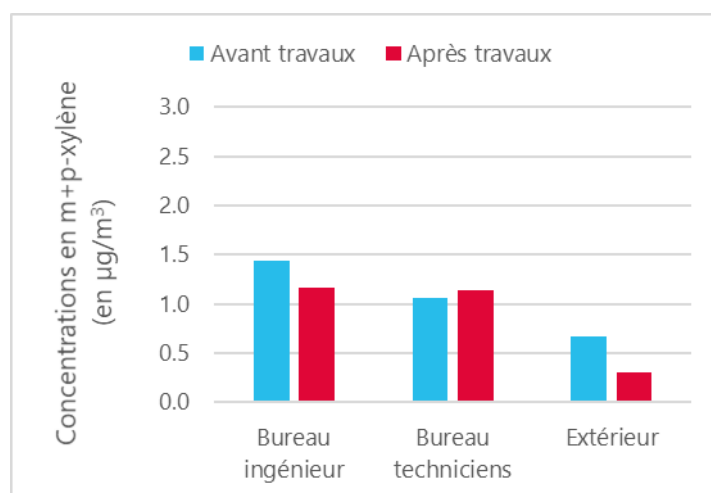


Figure 11 : concentrations en m+p-xylène relevées lors des deux campagnes de mesures

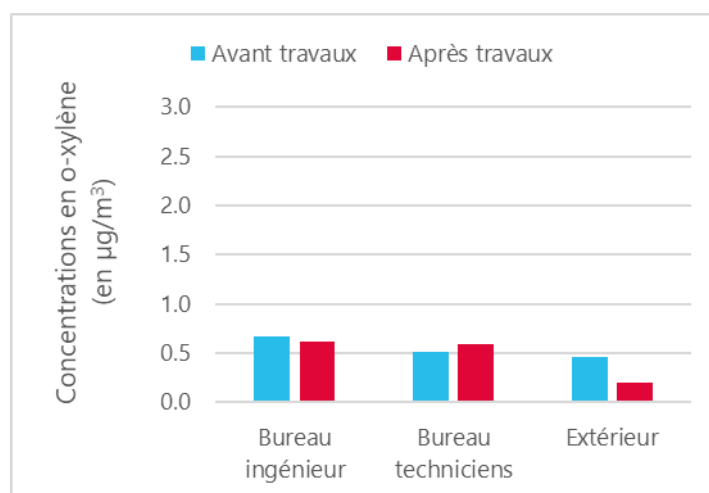


Figure 12 : concentrations en o-xylène relevées lors des deux campagnes de mesures

Pour le toluène, les concentrations relevées après les travaux de rénovation sont notablement inférieures à celles mesurées avant. Pour les autres COV, les concentrations sont du même ordre de grandeur pour les deux phases « avant travaux » et « après travaux ».

Comme pour le benzène, les concentrations des autres COV sont légèrement plus élevées à l'intérieur du bâtiment qu'à l'extérieur.

De la même manière, cette différence s'explique par la présence de sources de pollution à l'intérieur, du transfert d'une partie des polluants venant de l'extérieur et du phénomène de confinement qui engendre une accumulation des polluants au sein du bâtiment.

Air intérieur :

A titre indicatif, les concentrations en éthylbenzène (0.5 et 0.6 µg/m³ avant les travaux et 0.6 et 0.6 µg/m³ après les travaux) sont très largement inférieures à la Valeur Toxicologique de Référence chronique (1500 µg/m³ pour une exposition supérieure à 1 an).

c) Comparaison à la base de données d'Atmo Nouvelle-Aquitaine

Air ambiant :

Sur le graphique suivant, les boxplots représentent les concentrations en BTEX relevées entre 2008 et 2020 sur les stations fixes du réseau d'Atmo Nouvelle-Aquitaine (benzène, éthylbenzène, o-xylènes et m+p-xylènes : 519 prélèvements ; toluène : 461 prélèvements). Les concentrations relevées lors de la présente étude y sont représentées.

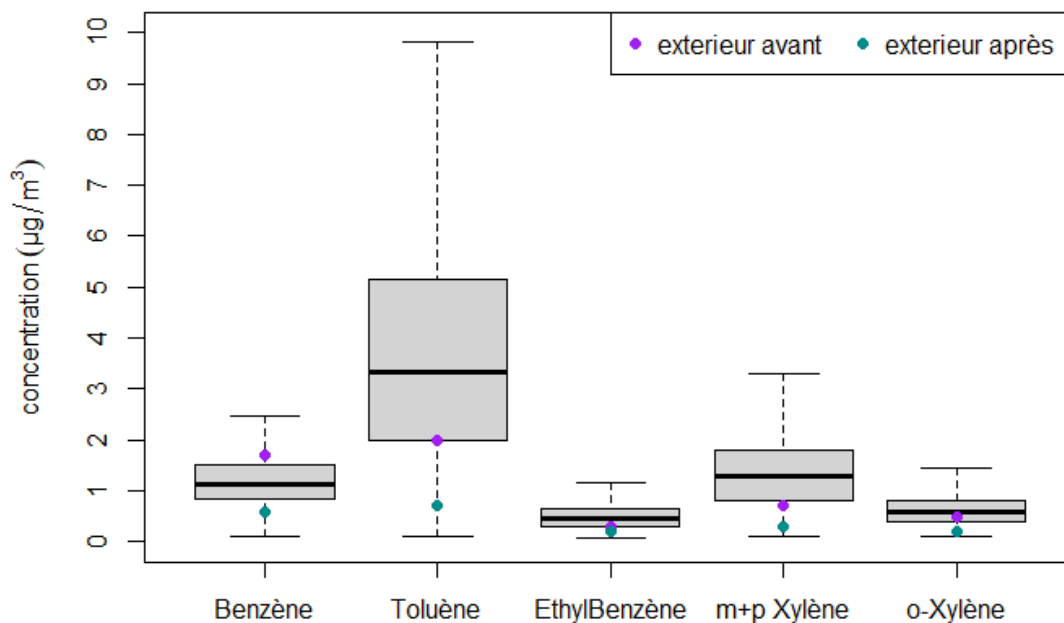


Figure 13 : comparaison des concentrations en BTEX relevées à l'extérieur du pôle de Mérignac, avant et après les travaux, avec les stations fixes d'Atmo Nouvelle-Aquitaine

La concentration en benzène relevée avant les travaux était supérieure au troisième quartile. Cela signifie que cette valeur fait partie des 25% des valeurs les plus élevées relevées sur les stations fixes d'Atmo Nouvelle-Aquitaine. Après les travaux, la concentration a diminué et est descendue en dessous du premier quartile. Cette dernière fait donc partie des 25% des valeurs les plus faibles enregistrées sur les stations fixes d'Atmo Nouvelle-Aquitaine. Pour les autres polluants, toutes les concentrations sont proches ou inférieures au premier quartile. La diminution des concentrations pour tous les polluants entre la première phase en 2019 et la seconde en 2021 peut s'expliquer par une baisse du trafic, liée au contexte sanitaire engendré par la pandémie de COVID-19 (télétravail recommandé).

Air intérieur :

Sur le graphique suivant, les boxplots représentent les concentrations en BTEX relevées entre 2008 et 2020 lors de diverses études en air intérieur (écoles, crèches, lycées, logements, ...) par Atmo Nouvelle-Aquitaine (benzène : 302 prélèvements, toluène : 195 prélèvements, éthylbenzène et o-xylène : 201 prélèvements, m+p-xylènes : 200 prélèvements). Les concentrations relevées lors de la présente étude y sont représentées.

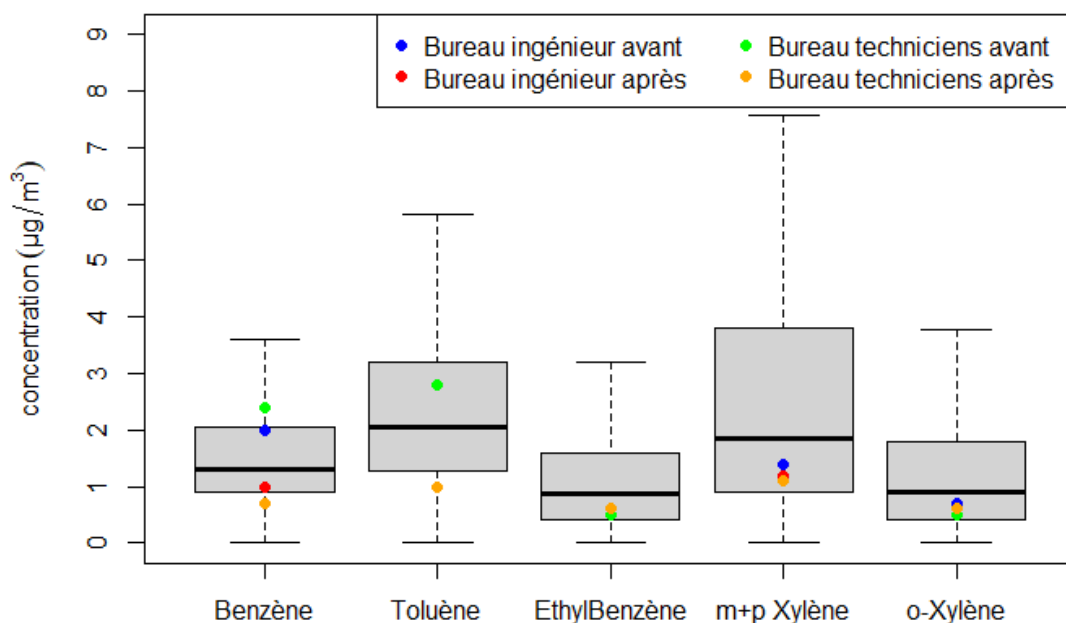


Figure 14 : comparaison des concentrations en BTEX relevées dans les bureaux du pôle de Mérignac, avant et après les travaux, avec la base de données air intérieur d'Atmo Nouvelle-Aquitaine

Les concentrations en benzène et toluène relevées avant les travaux étaient proches du troisième quartile. Elles sont donc proches ou font partie des 25% des valeurs les plus élevées mesurées par Atmo Nouvelle-Aquitaine lors d'études en air intérieur. Après la rénovation, celles-ci ont diminué et sont proches ou inférieures au premier quartile. Elles font alors partie des 25% des valeurs les plus faibles enregistrées par Atmo Nouvelle-Aquitaine. Pour les autres polluants, toutes les concentrations sont proches ou inférieures au premier quartile.

Cette diminution s'explique en grande partie par la VMC mise en place dans les bureaux pendant les travaux. En effet, une VMC permet d'avoir un renouvellement de l'air en continu et de mieux évacuer les polluants présents dans les bureaux. De plus, les concentrations en BTEX mesurées en extérieur ayant diminué entre 2019 et 2021, la quantité de polluants transférée de l'extérieur vers l'intérieur du bâtiment est plus faible.

4.3. Formaldéhyde

Le tableau et la figure suivants présentent les résultats obtenus en formaldéhyde dans les deux bureaux et à l'extérieur du bâtiment, pendant les deux phases avant et après les travaux de rénovation.

Formaldéhyde (µg/m ³)	Avant travaux	Après travaux
Bureau ingénieur	12.7	7.3
Bureau techniciens	11.7	7.5

Tableau 3 : concentrations en formaldéhyde relevées lors des deux campagnes de mesures

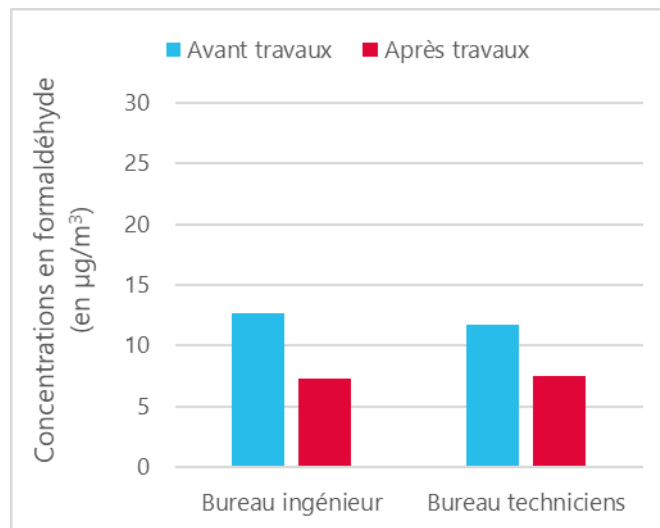


Figure 15 : concentrations en formaldéhyde relevées lors des deux campagnes de mesures

Les concentrations relevées après les travaux de rénovation sont notablement inférieures à celles mesurées avant.

Air intérieur :

Les concentrations en formaldéhyde mesurées à l'intérieur du bâtiment, pendant les deux phases, sont inférieures à la valeur d'action rapide de 100 µg/m³. A titre indicatif, la VGAI en moyenne annuelle de 30 µg/m³ n'a pas été dépassée.

d) Comparaison à la base de données d'Atmo Nouvelle-Aquitaine

Air intérieur :

Sur le graphique suivant, le boxplot représente les concentrations en formaldéhyde relevées entre 2008 et 2020 lors de diverses études en air intérieur (écoles, crèches, ...) par Atmo Nouvelle-Aquitaine (356 prélèvements). Les concentrations relevées lors de la présente étude y sont représentées.

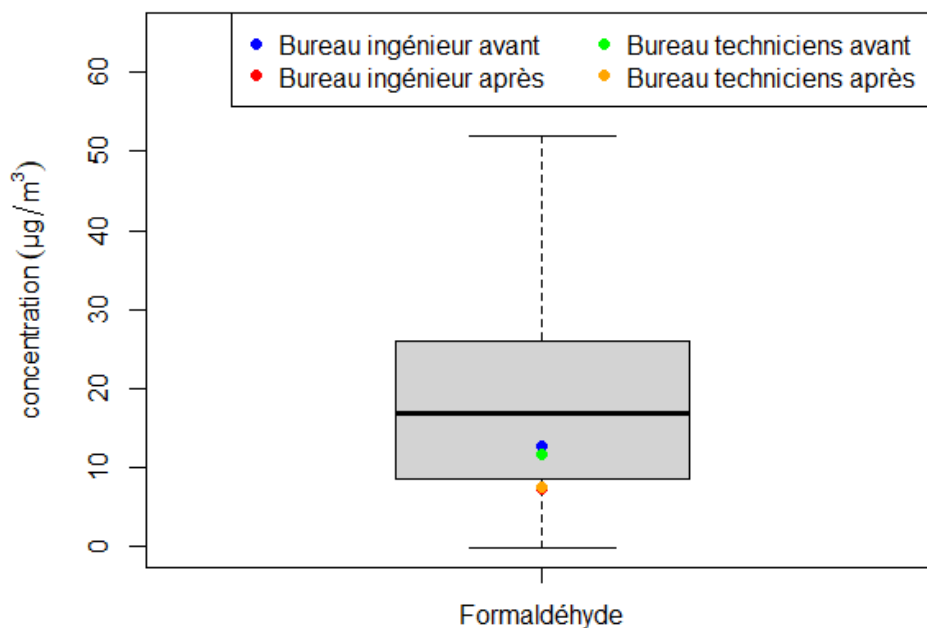


Figure 16 : comparaison des concentrations en formaldéhyde relevées sur le pôle de Mérignac avec la base de données air intérieur d'Atmo Nouvelle-Aquitaine

Les concentrations en formaldéhyde mesurées dans les deux bureaux avant les travaux étaient inférieures à la médiane, soit dans les 50% des valeurs les plus faibles relevées par Atmo Nouvelle-Aquitaine lors d'études en air intérieur. Après les travaux, les concentrations sont inférieures au 1^{er} quartile, soit dans les 25% des valeurs les plus basses relevées par Atmo Nouvelle-Aquitaine, pour les deux bureaux.

5. Conclusion

Pour les BTEX en air ambiant :

A titre indicatif, la valeur limite pour le benzène de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ainsi que l'objectif de qualité de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été respectés pendant les deux phases, avant et après les travaux.

Les concentrations en benzène et toluène ont notablement diminué entre la phase avant et la phase après la rénovation. Ceci s'explique par une baisse de trafic entre les deux années liée au contexte sanitaire engendré par la pandémie de COVID-19 (télétravail recommandé). Pour les autres BTEX, les concentrations ont légèrement diminué entre 2019 et 2021.

En comparant les concentrations mesurées à l'extérieur du pôle avec celles mesurées sur les stations fixes d'Atmo Nouvelle-Aquitaine, il apparaît que, pour le benzène, la concentration mesurée avant les travaux faisait partie des 25% des valeurs les plus élevées relevées par l'observatoire. Après les travaux, la concentration fait partie des 25% des valeurs les plus faibles mesurées sur les stations fixes. Pour les autres BTEX, les concentrations mesurées avant et après la rénovation sont proches ou font partie des 25% des valeurs les plus faibles enregistrées sur les stations fixes d'Atmo Nouvelle-Aquitaine.

Pour les BTEX en air intérieur :

A titre indicatif, les concentrations en benzène mesurées à l'intérieur du bâtiment sont inférieures à la VGAI court terme ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et à la valeur d'action rapide ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pour les deux phases. Avant les travaux, les concentrations mesurées dans les bureaux étaient légèrement supérieures à la VGAI annuelle qui est de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Après les travaux, la concentration a diminué dans les deux bureaux investigués et respecte cette dernière. Cela s'explique par l'installation d'un système de ventilation dans les bureaux qui permet un meilleur renouvellement d'air.

En comparant les concentrations des bureaux du pôle avec celles mesurées lors de diverses études menées par Atmo Nouvelle-Aquitaine, il apparaît que, pour le benzène et le toluène, les concentrations mesurées avant la rénovation étaient proches ou faisaient partie des 25% des valeurs les plus élevées relevées par l'observatoire. Après les travaux, ces concentrations font partie des 25% des valeurs les plus faibles enregistrées. Pour les autres BTEX, les concentrations mesurées avant et après les travaux font partie des 50% des valeurs les plus faibles relevées par l'observatoire.

Pour le formaldéhyde en air intérieur :

A titre indicatif, la valeur d'action rapide de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ainsi que la VGAI annuelle de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été respectées pendant les deux phases, avant et après les travaux. Les concentrations en formaldéhydes mesurées après les travaux sont inférieures à celles mesurées avant. Cela s'explique par l'installation d'un système de ventilation dans les bureaux qui permet un meilleur renouvellement d'air.

En comparant les concentrations mesurées dans les bureaux du pôle de Mérignac avec celles mesurées lors de diverses études en air intérieur menées par Atmo Nouvelle-Aquitaine, il apparaît que celles-ci, qui faisaient partie de 50% des valeurs les plus faibles relevées par l'observatoire avant les travaux, sont comptées parmi les 25% des valeurs les plus faibles, après la rénovation.

Bibliographie

- [1] Décret n° 2010-1250 du 21 octobre 2010 relatif à la qualité de l'air [en ligne]. Journal officiel, n° 0247 du 23 octobre 2010, p. 19011, texte n° 2. Disponible sur : <http://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000022941254> (consulté le 30/08/2021)
- [2] Décret n° 2015-1926 du 30 décembre 2015 modifiant le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectués au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public [en ligne]. Journal officiel, n° 0001 du 1^{er} janvier 2016, texte n° 8. Disponible sur : <http://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000031741934> (consulté le 30/08/2021)
- [3] Décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène [en ligne]. Journal officiel du 4 décembre 2011, p. 20529, texte n° 4. Disponible sur : <http://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000024909119> (consulté le 30/08/2021)
- [4] Valeurs guides de l'air intérieur – le benzène [en ligne]. AFSSET, en partenariat avec le CSTB. Rapport d'expertise collective, 2008, 95 p. Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2004etVG004Ra.pdf> (consulté le 30/08/2021)
- [5] Elaboration de VTR aigue et chronique par voie respiratoire pour l'éthylbenzène [en ligne]. ANSES. Rapport d'expertise collective, Edition scientifique, octobre 2016, 136 p. Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2013SA0136Ra.pdf> (consulté le 30/08/2021)
- [6] Mise à jour des valeurs guides de qualité d'air intérieur – le formaldéhyde [en ligne]. ANSES. Rapport d'expertise collective, édition scientifique, février 2018, 214 p. Disponible sur : <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2017SA0041Ra.pdf> (consulté le 30/08/2021)
- [7] DEOUX Suzanne. Bâtir pour la santé des enfants. Andorra : Medieco Editions, 2010, 689 p. ISBN 978-99220-1-770

Annexes

Annexe 1 : Fonctionnement des VMC simple flux et double flux

Un système efficace : la VMC

Les VMC sont des systèmes incluant :

- **des entrées d'air sur les menuiseries ou des bouches de soufflage** dans les pièces principales ;
- **des bouches d'extraction** dans les cuisine, WC, salle de bains et toute pièce équipée d'un point d'eau ;
- **un dispositif de passage en grand débit** dans la cuisine (ficelle à tirer, interrupteur, télécommande...) qui permet d'augmenter la ventilation lorsque nécessaire (cuisson, émission de vapeur d'eau...).

L'air suit un circuit logique en entrant et sortant librement grâce à des entrées d'air, des bouches d'extraction et des conduits dédiés. Il entre dans la maison au niveau des pièces de vie (séjour et chambre) et est extrait au niveau des pièces de service ou les dégagements d'humidité et d'odeurs sont les plus importants (cuisine, salle de bains, WC, et éventuellement buanderie ou atelier).

COMMENT CIRCULE L'AIR DANS LE LOGEMENT ?



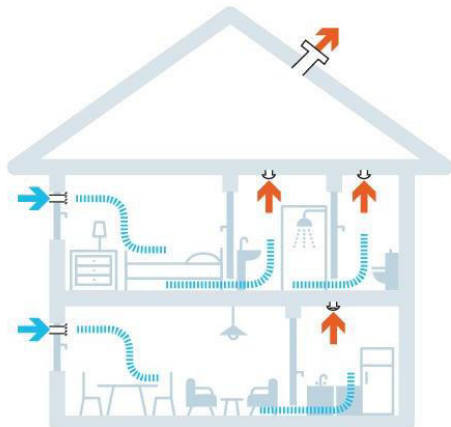
L'air frais est pris à l'extérieur au niveau des entrées d'air situées pas trop près du sol sur les façades ou les fenêtres des pièces principales (chambre, salon, séjour...)



L'air frais balaie toute la maison grâce à des espaces laissés sous les portes (détalonnage) qu'il faut veiller à laisser libre au moment de la pose d'un revêtement de sol par exemple.



L'air vicié est évacué des pièces de service (salle de bains, cuisine, WC) par des bouches d'extraction situées près du plafond puis par la cheminée.



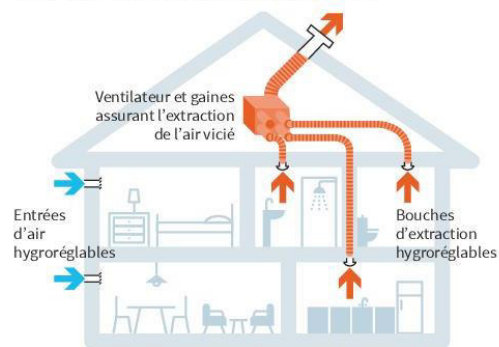
Quel système de ventilation choisir ?

Plusieurs systèmes sont disponibles. Prenez le temps de la réflexion pour trouver la technique la mieux adaptée à votre logement.

La VMC simple flux

Ce système permet à l'air frais venant du dehors de traverser d'abord les pièces de séjour et les chambres pour être évacué par les pièces de service, par un groupe d'extraction comportant un ventilateur.

PRINCIPE DE LA VMC SIMPLE FLUX HYGRORÉGLABLE



Les **VMC simple flux autoréglables** ont des débits d'air constants quelles que soient les conditions extérieures (vent, pluie) et intérieures (nombre d'occupants, humidité).

Les **VMC hygroréglables** voient leur débit d'air varier en fonction de l'humidité intérieure, ce qui permet de garantir l'évacuation plus rapide d'un air très humide, tout en limitant les gaspillages.

PENSEZ EFFICACITÉ ET SÉCURITÉ

Si en plus de votre système de chauffage, vous utilisez un chauffage d'appoint au gaz ou au pétrole qui produit de l'humidité, du monoxyde de carbone et d'autres polluants, votre VMC risque d'être insuffisante ou mal adaptée.

Si vous avez une chaudière ancienne, la VMC peut être incompatible avec des appareils à gaz à circuits non étanches (arrêté du 2 août 1977 modifié le 10 mai 2005).

ADEME, La Ventilation, indispensable pour un logement confortable et sain, édition mai 2019, Disponible sur : https://librairie.ademe.fr/air-et-bruit/1755-ventilation-indispensable-pour-un-logement-confortable-et-sain-9791029709708.html?search_query=ventilation&results=39#/44-type_de_produit-format_electronique (consulté le 30/08/2021)

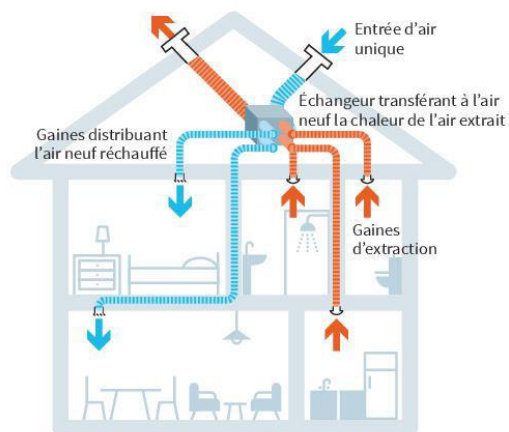
La VMC double flux avec récupération de chaleur

Ce système limite les pertes de chaleur inhérentes à la ventilation : il récupère la chaleur de l'air vicié extrait de la maison et l'utilise pour réchauffer l'air venant de l'extérieur. Comme son nom l'indique, ce système inclut deux circuits.

► **Un premier circuit insuffle de l'air neuf dans les pièces principales.** L'air extérieur est filtré, préchauffé au niveau d'un échangeur de chaleur et pulsé grâce à un ventilateur dans les pièces principales par le biais de bouches d'insufflation.

► **Un second circuit récupère l'air vicié dans les pièces de service.** L'air est aspiré et filtré. Sa chaleur est récupérée au niveau de l'échangeur et transmise au circuit d'air neuf. L'air extrait est ensuite évacué à l'extérieur.

PRINCIPE DE LA VMC DOUBLE FLUX



Cet équipement est plus coûteux qu'une VMC simple flux et consomme plus d'électricité compte tenu de la présence de deux ventilateurs. En revanche, il permet des économies de chauffage importantes en récupérant jusqu'à 70 % de la chaleur contenue dans l'air vicié extrait (90 % dans les systèmes les plus performants). Il est surtout préconisé dans les zones climatiques les plus froides.

Dans une maison bien isolée qui nécessite peu de chauffage : une VMC double flux peut récupérer environ 1500 kWh par an.

L'économie réalisée est alors comprise entre 7 et 10 % de la consommation de chauffage.

La qualité de la mise en œuvre et de l'entretien sont primordiales pour garantir l'efficacité de ce type d'équipement. Idéalement, le système doit être installé dans le volume chauffé et le passage des conduits dans les combles être limité au maximum pour éviter les pertes de chaleur.

Avec une VMC double flux, l'air dans les pièces principales et les chambres sera plus sain (filtration des pollens et des particules) et mieux maîtrisé. Un changement des filtres est nécessaire 1 à 2 fois par an, notamment après la saison des pollens.

EN SAVOIR PLUS

Fiche technique de l'ADEME sur la ventilation double flux : www.ademe.fr/ventilation-double-flux-batiments-individuels

ADEME, La Ventilation, indispensable pour un logement confortable et sain, édition mai 2019, Disponible sur : https://librairie.ademe.fr/air-et-bruit/1755-ventilation-indispensable-pour-un-logement-confortable-et-sain-9791029709708.html?search_query=ventilation&results=39#/44-type-de-produit-format-electronique (consulté le 30/08/2021)

Annexe 2 : Sources potentielles des polluants étudiés en air intérieur

Composés	Sources potentielles
Benzène	Apport d'air extérieur (carburants, gaz d'échappement), processus de combustion (fumée de cigarette, encens, chauffage au bois), produits de bricolage, d'ameublement, de construction et de décoration, désodorisants
Toluène	Apport d'air extérieur (gaz d'échappement), peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, produits d'entretien
Ethylbenzène	Apport d'air extérieur (carburants, gaz d'échappement), cires
m/p/o-xylènes	Peintures, vernis, colles, insecticides, encres d'imprimerie
Formaldéhyde	Peintures, colles, produits de construction et décoration avec colles ou liants urée-formol, livres et magazines neufs, textiles, photocopieurs, imprimantes laser, désinfectants et produits de nettoyage



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

