

Mesures de la qualité de l'air intérieur par autodiagnostic Ecole de Rochefort-du-Gard – Gard (30)

Août 2019

Sommaire

Contexte	2
Présentation du kit de mesures	2
Hydrocarbures aromatiques (BTEX)	2
Dioxyde d'azote (NO ₂)	3
Aldéhydes	3
Confinement et paramètres hygrothermiques	4
Campagne de mesures.....	4
Echantillonnage	5
Contexte de pollution extérieure	8
Carte stratégique de l'air	8
Cartographie annuelle en NO ₂ en 2018.....	9
Cartographie annuelle en PM10 en 2018.....	9
Résultats de mesures.....	10
Qualité de l'air intérieur	10
Le dioxyde d'azote NO ₂	10
Les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes).....	11
Les aldéhydes dont le formaldéhyde.....	11
Les paramètres de confort : CO ₂ , température et humidité relative	11
Conclusion	12
Annexe 1 : Sources d'émissions en air intérieur.....	13

Rédaction : Mathieu IZARD
Vérification : BouAlem MESBAH
Validation : Edwige REVELAT
Contact : mathieu.izard@atmosud.org

Contexte

Dans le cadre d'un projet soutenu par la Région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur, AtmoSud accompagne les collectivités dans la mise en place de mesures de la qualité de l'air intérieur par autodiagnostic dans les écoles, crèches, collèges et lycées.

Cette opération concerne les collectivités qui répondent à la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur, par application du guide pratique du Ministère¹ et en accord avec l'article R221-30 du code de l'environnement.

Les objectifs sont

- de massifier la mise en place, avec les ressources internes de la collectivité, de mesures indicatives de la qualité de l'air intérieur,
- d'identifier de potentielles problématiques de pollution de l'air intérieur,
- et de mener des actions d'amélioration si besoin.

La ville de Rochefort-du-Gard a bénéficié d'un kit de mesure pour l'école Les Eyvenay dans le cadre de son appartenance à l'EPCI du Grand-Avignon.

Présentation du kit de mesures

Chaque kit permet la réalisation de mesures d'air dans deux points intérieurs et un point extérieur. Les mesures concernent les paramètres suivants :

- BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes) : intérieur et extérieur,
- NO₂ (dioxyde d'azote) : intérieur et extérieur,
- Aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, propanal, butanal, benzaldéhyde, isopentanal, pentanal, hexanal) : intérieur uniquement,
- Confinement et paramètres hygrothermiques (CO₂ (dioxyde de carbone), température, humidité relative) : intérieur uniquement.

Les personnels de la collectivité ont été formés par AtmoSud à l'utilisation du kit (manipulations, mise en place sur site, renseignements de la fiche terrain...).

Le kit, les moyens de mesure qui le constitue et leur utilisation sont décrits ci-après.

Hydrocarbures aromatiques (BTEX)

Les prélèvements sont réalisés pendant 4,5 jours à l'aide d'un tube à diffusion passive Radiello 145 et ses accessoires :

- Corps diffusif jaune code 120-2,
- Plaque de support code 121,
- Cartouche adsorbante code 145.



Figure 1 : Cartouche 145, corps diffusif jaune et support

¹ Décret n° 2015-1000 du 17 août 2015 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public

L'analyse des BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes) est réalisée, par le laboratoire Syn Air GIE accrédité Cofrac, selon la norme ISO 16017-2 octobre 2003 (Air intérieur, air ambiant et air des lieux de travail – Echantillonnage et analyse des composés organiques volatils par tube à adsorption/désorption thermique/chromatographie en phase gazeuse sur capillaire, Partie 2 : Echantillonnage par diffusion).

Dioxyde d'azote (NO₂)

L'évaluation des concentrations en dioxyde d'azote NO₂ est réalisée au moyen de tubes à diffusion passive Passam installés durant 4,5 jours. La méthode d'analyse, *à postériori*, est basée sur une détection spectrophotométrique du NO₂ après extraction, selon la méthode de Griess-Saltzman.



Figure 2 : Echantillonneur passif de NO₂ - Passam

Aldéhydes

Les prélèvements sont réalisés pendant 4,5 jours à l'aide d'un tube à diffusion passive Radiello 165 et ses accessoires :

- Corps diffusif bleu code 120-1,
- Plaque de support code 121,
- Cartouche chimiadsorbante code 165.



Figure 3 : Radiello 165 : Cartouche 165, corps diffusif bleu et support

L'analyse des aldéhydes est réalisée selon la norme ISO 16000-4 avril 2006 (Air intérieur, Partie 4 : Dosage du formaldéhyde – Méthode par échantillonnage diffusif).

Principe des échantillonneurs passifs :

Le prélèvement du polluant gazeux s'effectue par diffusion à travers une membrane poreuse (corps diffusif) jusqu'à une surface de piégeage (cartouche d'adsorbant). Ce type de prélèvement n'implique aucun mouvement actif de l'air.

Quand l'échantillonneur 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 du composé à travers la membrane poreuse. L'échantillonneur passif est exposé à l'air pour une durée définie.

Les composés piégés sur ces supports sont ensuite analysés en laboratoire pour évaluer leur concentration moyenne sur le temps d'exposition. Aucun besoin en électricité n'est nécessaire pour ces mesures.

Confinement et paramètres hygrothermiques

La température, l'humidité relative et les concentrations en dioxyde de carbone CO₂ sont mesurées en temps réel à l'aide d'un appareil de mesure Class'Air de chez Pyrescom.

Basé sur le principe de la spectrométrie d'absorption infrarouge, cet équipement répond aux exigences de conformité au décret n°2012-14 relatif à la mesure des polluants de l'air intérieur dans les établissements recevant du public (ERP).



Figure 4 : Appareil de mesure de CO₂, température et humidité relative : Class'Air

Campagne de mesures

La campagne de mesure par autodiagnostic est réalisée dans l'école Les Eynavay de Rochefort-du-Gard.



Figure 5 : Positionnement de l'école Les Eynavay de Rochefort-du-Gard (Source : google Maps)

Echantillonnage

Chaque kit d'autodiagnostic est dimensionné pour réaliser des mesures de qualité de l'air intérieur en deux points intérieurs et un point extérieur :

- SDC 1 – Point intérieur : non renseigné,
- SDC 2 – Point intérieur : non renseigné,
- EXT – Point Extérieur : non renseigné.

Le dioxyde d'azote et les BTEX sont mesurés à l'intérieur et à l'extérieur pour caractériser l'exposition intérieure et évaluer la part d'origine extérieure. Les aldéhydes étant spécifiques des ambiances intérieures, ils ne sont mesurés qu'à l'intérieur.

Les gestionnaires ont été formés au choix des pièces les plus représentatives de l'établissement (réparties de façon pertinente en fonction des différents bâtiments, des étages et des orientations).

Valeurs de référence

Pour l'interprétation des résultats, on se réfère :

- aux valeurs réglementaires de gestion de la surveillance de l'air intérieur dans les établissements recevant du public² (section 3 - Art. L. 221-8 – Code de l'environnement),
- aux valeurs de gestion de l'air intérieur du Haut Conseil de Santé Publique³,
- aux valeurs guides en air intérieur (VGAI) de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), basées sur des critères sanitaire⁴,
- aux résultats des campagnes de mesure de référence, comme les campagnes nationales de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) pour les polluants qui ne possèdent aucune valeur de référence.

Valeurs de gestion réglementaires du formaldéhyde et du benzène

Dans le cadre de la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur des établissements recevant du public, le formaldéhyde et le benzène possèdent des valeurs limites réglementaires.

Le tableau suivant présente les valeurs de gestion réglementaires (valeurs-guides⁵ et valeurs-limites⁶) dans les établissements recevant du public :

Substances	Valeur-guide pour l'air intérieur		Valeur-limite
Formaldéhyde	30 µg/m³ pour une exposition de longue durée à compter du 1 ^{er} janvier 2015	10 µg/m³ pour une exposition de longue durée à compter du 1 ^{er} janvier 2023	100 µg/m ³
Benzène	5 µg/m³ pour une exposition de longue durée à compter du 1 ^{er} janvier 2013	2 µg/m³ pour une exposition de longue durée à compter du 1 ^{er} janvier 2016	10 µg/m ³

Figure 6 : Valeurs de gestion réglementaires de la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les ERP

² Décret n° 2015-1000 du 17 août 2015 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public

³ Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos - Le formaldéhyde – Octobre 2009 ; Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos - Le benzène – Juin 2010

⁴ Valeur guide en air intérieur (VGAI) de l'ANSES : concentration dans l'air intérieur associée à un temps d'exposition en dessous de laquelle aucun effet sanitaire ou aucune nuisance ayant un retentissement sur la santé ne sont en principe attendus

⁵ « valeur-guide pour l'air intérieur » : niveau de concentration de polluants dans l'air intérieur fixé, pour un espace clos donné, 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

⁶ « Valeur-limite » : la valeur au-delà de laquelle des investigations complémentaires doivent être menées et le préfet du lieu d'implantation de l'établissement informé

Pour le formaldéhyde et le benzène, selon les valeurs de gestion réglementaires ci-dessus, il est possible de distinguer trois situations différentes :

- Cas idéal : les concentrations sont inférieures à la valeur guide réglementaire,
- Respect de la réglementation, aucune modalité de gestion recommandée : concentrations inférieures aux valeurs limites réglementaires,
- Nécessité d'une expertise pour recherche et éliminations des sources de pollution : concentrations supérieures aux valeurs limites réglementaires.

NB : Dans le cadre de campagnes de mesures par laboratoire accrédité pour répondre à la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les ERP, le préfet de département du lieu d'implantation de l'établissement doit être informé du dépassement des valeurs limites réglementaires.

Dioxyde de carbone CO₂

La concentration en CO₂ dans l'air intérieur est l'un des critères qui fonde la réglementation en matière d'aération des locaux.

Un indice de confinement est calculé à partir d'une mesure en continu de la concentration de dioxyde de carbone dans l'air, exprimée en parties par million (ppm), avec un pas de temps d'enregistrement de dix minutes.

Sur une période de mesure de 4,5 jours, le calcul de l'indice de confinement ICONÉ sur la base des concentrations en CO₂ sur la période de présence des occupants. Les valeurs de cet indice s'échelonnent de 0 à 5. L'indice ICONÉ est calculé suivant la formule :

$$ICONÉ = \left(\frac{2,5}{\log_{10}(2)} \right) \log_{10}(1 + f_1 + 3f_2)$$

$$f_1 : \text{proportion de valeurs comprises entre 1000 et 1700 ppm} \left(f_1 = \frac{n_1}{n_0 + n_1 + n_2} \right)$$

$$f_2 : \text{proportion de valeurs supérieures à 1700 ppm} \left(f_2 = \frac{n_2}{n_0 + n_1 + n_2} \right)$$

En fonction des différentes valeurs de l'indice ICONÉ, le confinement est caractérisé comme suit :

Tableau 1. Etat du confinement de l'air intérieur suivant la valeur de l'indice ICONÉ

Indice de confinement ICONÉ	Etat du confinement
0	Confinement nul
1	Confinement faible
2	Confinement moyen
3	Confinement élevé
4	Confinement très élevé
5	Confinement extrême

NB : Dans le cadre de campagnes de mesures par laboratoire accrédité pour répondre à la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les ERP, dans les situations de confinement très élevées (ICONÉ = 4) ou extrêmes (ICONÉ = 5), un message de sensibilisation doit être mentionné sur le rapport de mesures au maître d'ouvrage. Dans les situations de confinement extrêmes (ICONÉ = 5), l'organisme en charge des mesures sur site est soumis à l'obligation d'informer le préfet du lieu d'implantation de l'établissement. De même dans une situation de confinement extrême, le maître d'ouvrage est soumis à l'obligation de mener des investigations complémentaires.

Des concentrations trop importantes en CO₂ en condition d'occupation signifient que l'air n'est pas assez renouvelé. Les polluants d'origine intérieure ont alors tendance à se concentrer par effet de confinement. En complément, à partir de concentrations de CO₂ supérieures à 1300 ppm, des effets de somnolence des occupants peuvent être observés.

Autres valeurs de référence

En complément des valeurs de gestion réglementaires des établissements recevant du public, il existe des valeurs références d'exposition chronique pour certains polluants. Ne sont présentées que les valeurs complémentaires aux valeurs réglementaires pour benzène et formaldéhyde et les valeurs pour d'autres polluants non réglementés en air intérieur :

Tableau 2. Valeurs références en air intérieur pour une exposition long terme ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Polluants	Valeurs guide long terme
Dioxyde d'azote (NO_2)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI ANSES 2013)
Acétaldéhyde	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI ANSES 2014)
Toluène	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Europe/Index)
Ethylbenzène	1 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (VTR ANSES)

Comparaison aux campagnes nationales

L'OQAI a mené en 2003-2005 une campagne nationale de mesure dans les logements dans plus 560 logements français et en 2013-2016 une campagne nationale écoles de l'OQAI réalisée dans 300 établissements. Les médianes des concentrations relevées sont les suivantes :

Tableau 3. Médianes des concentrations annuelles intérieures ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Campagnes OQAI CNE ou CNL

Polluants	Médiane des concentrations de la campagne nationale écoles ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Médiane des concentrations de la Campagne nationale logements ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Dioxyde d'azote (NO_2)	5	-
Formaldéhyde	19	19,5
Acétaldéhyde	5,1	11,6
Benzène	1,2	2,1
Toluène	-	12,2
Ethylbenzène	0,8	2,3
M/p-xylènes	-	5,6
O-xylènes	-	2,3

Contexte de pollution extérieure

Carte stratégique de l'air

Les cartes stratégiques de l'air sont un indicateur cartographique multi-polluants (NO₂ et PM10) produit par toutes les AASQA⁷ en France, elles permettent d'identifier rapidement les points noirs de pollution, les zones en dépassement réglementaire ou les zones proches des valeurs limites. Basées sur 5 ans de données, elles s'affranchissent des variations météorologiques qui peuvent influencer les concentrations.

La carte stratégique air au niveau de Rochefort-du-Gard positionne l'école Les Eynavay dans un environnement atmosphérique « à préserver ».



Carte Stratégique Air

CSA 2014-2018

- Zone à préserver
- Zone fragilisée
- Zone en dépassement réglementaire
- Zone prioritaire
- Ecole d'Eynavay

AtmoSud 2019

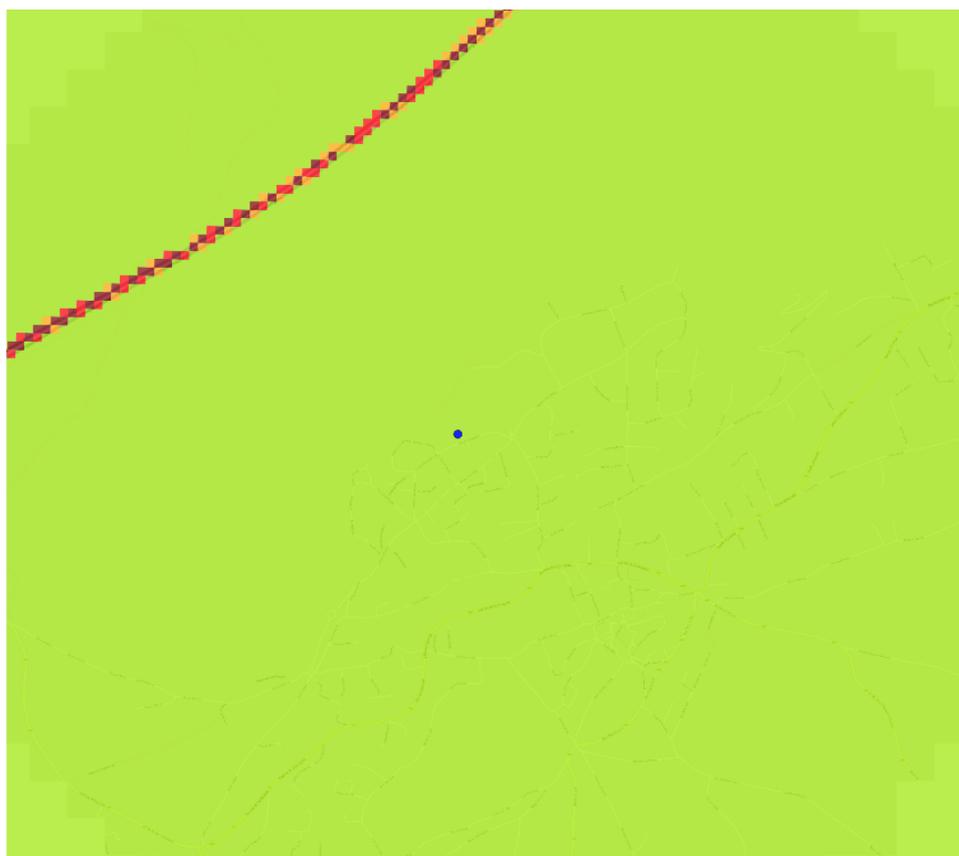


Figure 7 : Carte Stratégique Air (données 2018)

⁷ Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air

Cartographie annuelle en NO₂ en 2018

A l'emplacement de l'école, la cartographie annuelle en NO₂ pour l'année 2018 indique une concentration annuelle comprise entre 8 et 12 µg/m³ (inférieur à la valeur limite réglementaire de 40 µg/m³).

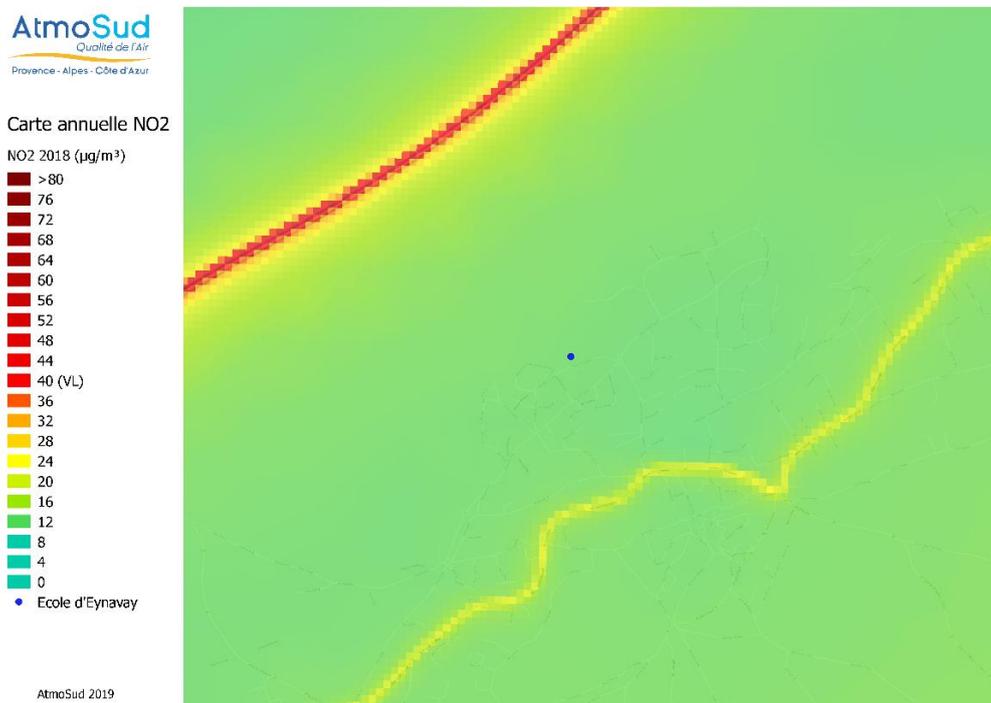


Figure 8 : Carte de pollution annuelle en dioxyde d'azote (2018)

Cartographie annuelle en PM10 en 2018

Pour les PM10, la réglementation impose de ne pas dépasser 50 µg/m³ plus de 35 jours par an. La cartographie annuelle suivante présente les concentrations pour le 36^{ème} jour le plus élevé de l'année.

A l'emplacement de la crèche, la concentration en PM10 au 36^{ème} jour le plus élevé de l'année est de l'ordre de 20 à 25 µg/m³, la réglementation relative aux PM10 est donc respectée en ce point pour les PM10.

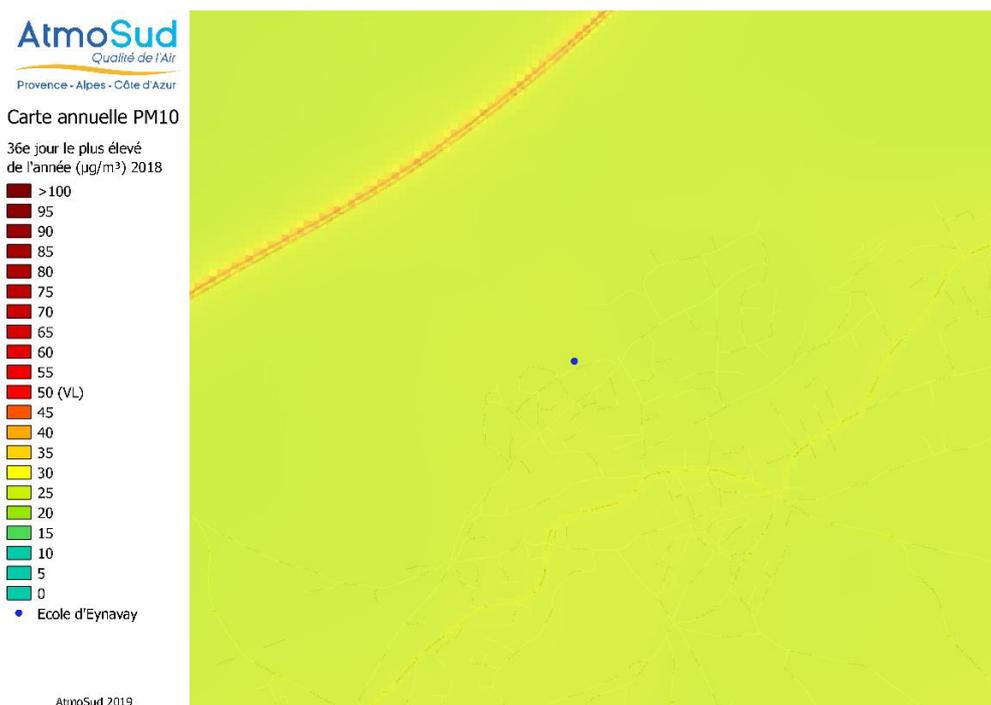


Figure 9 : Carte de pollution annuelle en PM10 (2018)

Résultats de mesures

Les mesures ont été effectuées du 17 au 21 juin 2019 dans l'école Les Eynavay de Rochefort-du-Gard. La période de mesure correspondant à une période estivale, les mesures de CO₂ ont été réalisées mais ne sont pas exploitables. Les résultats de mesure sont présentés ci-dessous.

Qualité de l'air intérieur

Tableau 4. Concentrations intérieures et extérieures en ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ecole Les Eynavay de Rochefort-du-Gard		
	SDC1	SDC2	EXT
NO ₂	5.4	5.2	7.6
Benzène	0.53	1.27	0.57
Toluène	1.08	0.98	0.84
Ethylbenzène	0.53	< 0.65	< 0.69
mp xylène	interférents		
O Xylène	interférents		
Formaldéhyde	15.2	14.1	Pas de mesure en air extérieur
Acétaldéhyde	3.9	3.4	
Hexaldéhyde	7.9	7.5	
Propionaldéhyde	2.0	1.6	
Butyraldéhyde	6.0	5.8	
Benzaldéhyde	0.5	0.5	
Valéraldéhyde	1.5	1.3	

Le dioxyde d'azote NO₂

Les concentrations intérieures en NO₂ sont toutes inférieures à la valeur guide en air intérieur de l'ANSES de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et inférieures à la concentration relevée en extérieur sous le préau. Il n'y a pas de source intérieure de NO₂.

La concentration extérieure mesurée est inférieure à la valeur limite réglementaire en air ambiant de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

A titre de comparaison, avec 7,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, cette concentration est légèrement inférieure à la gamme de concentration estimée par la cartographie annuelle et légèrement supérieure à la concentration médiane de la campagne nationale écoles.

Les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes)

Les concentrations intérieures en **benzène** sont inférieures à la **valeur guide réglementaire de 2 µg/m³** définie pour les établissements recevant du public et du même ordre que la concentration extérieure. Il n'y a donc pas de source intérieure de benzène.

Les concentrations intérieures en benzène sont du même ordre que la concentration médiane des concentrations de la campagne nationale écoles.

Les concentrations de toluène et d'éthylbenzène sont inférieures aux concentrations médianes des campagnes nationales de l'OQAI. Pour les xylènes, les concentrations n'ont pas été obtenues en raison d'interférents qui rendent impossible la quantification de ces molécules.

Il n'est donc pas observé d'impact significatif de la pollution intérieure et extérieure dans cet établissement.

Les aldéhydes dont le formaldéhyde

Les concentrations intérieures en formaldéhyde sont inférieures à la valeur guide réglementaire de 30 µg/m³ définie pour les établissements recevant du public.

Elles sont également inférieures à la concentration médiane des écoles françaises (campagne CNE OQAI) de 19 µg/m³.

Les concentrations en acétaldéhyde sont inférieures à la valeur guide en air intérieur (VGAI) de l'ANSES de 160 µg/m³ et à la médiane des écoles françaises de 5,1 µg/m³. Les autres aldéhydes présentent des gammes de concentrations habituelles.

La plupart des composés organiques volatils présentent des concentrations homogènes entre les deux salles de classes.

Les polluants d'origine intérieure mesurés ne montrent pas de problématique particulière de pollution intérieure.

Les paramètres de confort : CO₂, température et humidité relative

Tableau 5. Confinement et conditions hygrothermiques intérieures

Paramètres		Ecole Les Eynavay de Rochefort-du-Gard	
		SDC1	SDC2
Confinement	Indice de confinement ICONE (0 à 5)	Non calculé	Non calculé
	Concentration maximale (ppm)	800	950
Conditions hygrothermiques	Humidité relative moyenne (%)	45	45
	Température moyenne (°C)	26	26

La campagne de mesure ayant eu lieu pendant une période chaude, le calcul de l'indice de confinement n'a pas été réalisé puisque les concentrations en CO₂ sont trop influencées par l'ouverture des fenêtres liées au confort d'été ; en atteste les concentrations maximales observées, inférieures à 1 000 ppm. Le confinement du bâtiment ne peut donc pas être évalué dans ces conditions.

Conclusion

Dans le cadre d'un projet soutenu par la Région Sud Provence Alpes Côte d'Azur, AtmoSud a accompagné la ville de Rochefort-du-Gard dans la mise en place de mesures de la qualité de l'air intérieur par autodiagnostic dans un leurs établissements recevant du public. La ville de Rochefort-du-Gard a bénéficié d'un kit de mesure. AtmoSud a formé le gestionnaire à la mise place du kit afin d'obtenir des mesures indicatives de polluants de l'air intérieur.

Des mesures ont été mises en œuvre par la collectivité du 18 au 22 mars 2019 dans l'école Les Eyvenay de Rochefort-du-Gard. Elles ont concernées :

- les paramètres chimiques :
 - le dioxyde d'azote NO₂,
 - les benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (ou BTEX),
 - et les aldéhydes,
- et les paramètres de confort
 - le dioxyde de carbone CO₂,
 - la température,
 - et l'humidité relative.

Deux salles de classe ont été investiguées et un point en air extérieur.

► Des concentrations en benzène et en formaldéhyde respectueuses des valeurs réglementaires en air intérieur

La concentration relevée en benzène est inférieure à la valeur réglementaire en air intérieur (fixée à 2 µg/m³ en moyenne annuelle).

La concentration en formaldéhyde est inférieure à la valeur réglementaire en air intérieur fixée à 30 µg/m³.

► Pour les polluants non réglementés en air intérieur, les concentrations relevées sont inférieures aux valeurs de référence

Les mesures des toluène, éthylbenzène et xylènes montrent des concentrations inférieures aux valeurs références.

Les concentrations en aldéhydes montrent également des concentrations inférieures aux valeurs références.

Concernant le dioxyde d'azote NO₂, les concentrations mesurées dans les deux salles de classe sont inférieures à la valeur guide en air intérieur (VGAI) de l'ANSES de 20 µg/m³.

► Absence d'évaluation du confinement

La campagne de mesure ayant eu lieu pendant une période chaude, le confinement du bâtiment ne peut donc pas être évalué dans ces conditions puisque les concentrations en CO₂ sont trop influencées par l'ouverture des fenêtres liées au confort d'été.

La mesure des polluants intérieurs ne montre pas de problématique de pollution de l'air mais il n'a pas été possible d'évaluer le confinement dans le bâtiment.

Annexe 1 : Sources d'émissions en air intérieur

Composé chimique	Sources d'émission en air intérieur
Famille des hydrocarbures	
Benzène	Combustion Gaz d'échappement des véhicules Fumée de cigarette Produits de bricolage Ameublement Produits de construction et de décoration Combustion d'encens
Ethylbenzène	Vapeurs de carburants Cires
Toluène	Peintures Vernis Colles Encres Moquettes et tapis Calfatage siliconé Gaz d'échappement des véhicules
Xylènes (o,m,p)	Peintures Vernis Colles Insecticides
Alcanes (hexane, nonane, heptane, octane, tétradecane)	Combustibles : Gaz naturel et pétrole Dérivés du pétrole et du gaz comme par exemple les solvants de peintures, d'adhésifs, de vernis, de laques, ...
Décane et dodécane	White-spirit Colles pour sols Cires Vernis à bois Nettoyants pour sol Moquettes Tapis
Tétrachloroéthylène	Nettoyage à sec Moquettes Tapis
Trichloroéthylène	Peintures Colles Vernis Dégraissant pour métaux