

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

Juin 2020

## Sommaire

Contexte.....	2
Présentation des kits de mesures .....	2
Hydrocarbures aromatiques (BTEX) .....	2
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ) .....	3
Aldéhydes .....	3
Indice de confinement et paramètres hygrothermiques .....	4
Campagne de mesures.....	4
Echantillonnage .....	5
Contexte de pollution extérieure .....	9
Carte stratégique de l'air .....	9
Cartographie annuelle en NO <sub>2</sub> en 2018.....	10
Cartographie annuelle en PM <sub>10</sub> en 2018 .....	11
Résultats de mesures.....	12
Les paramètres de confort : CO <sub>2</sub> , température et humidité relative .....	12
Qualité de l'air intérieur .....	13
Le dioxyde d'azote NO <sub>2</sub> .....	13
Les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes).....	14
Les aldéhydes dont le formaldéhyde.....	14
Conclusion .....	15
Annexe 1 : Sources d'émissions en air intérieur.....	17
Annexe 2 : Rapport de campagne confinement .....	19

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 Ministère<sup>1</sup> 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 premier kit de mesure pour l'école Les Eyvenay dans le cadre de son appartenance à l'EPCI du Grand-Avignon. Après cette première expérimentation, la ville a souhaité bénéficier de deux autres kits pour les écoles de Saint-Exupéry et du Vieux Moulin.

## Présentation des kits 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,
- NO<sub>2</sub> (dioxyde d'azote) : intérieur et extérieur,
- Aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, propanal, butanal, benzaldéhyde, isopentanal, pentanal, hexanal) : intérieur uniquement,
- Confinement et paramètres hygrothermiques (CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone), température, humidité relative) : intérieur uniquement.

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

Les kits, 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

---

<sup>1</sup> 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 (NO<sub>2</sub>)

L'évaluation des concentrations en dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> 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 NO<sub>2</sub> après extraction, selon la méthode de Griess-Saltzman.



Figure 2 : Echantillonneur passif de NO<sub>2</sub> - 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) par le laboratoire Syn Air Gie.

### **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.

## Indice de confinement et paramètres hygrothermiques

La température, l'humidité relative et les concentrations en dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>, température et humidité relative : Class'Air

## Campagne de mesures

La campagne de mesure par autodiagnostic est réalisée dans les bâtiments suivants :

- Ecole élémentaire Saint-Exupéry ;
- Ecole élémentaire du Vieux Moulin.



Figure 5 : Positionnement des écoles de Saint-Exupéry à gauche et du Vieux moulin et à droite (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
- SDC 2 – Point intérieur
- EXT – Point Extérieur

Pour chaque établissement, les points de mesure sont les suivants

Tableau 1. Identification des points de prélèvements intérieurs et extérieurs

Ecole élémentaire du Vieux Moulin			Ecole élémentaire Saint-Exupéry		
SDC 1	SDC 2	EXT	SDC 1	SDC 2	EXT
Classe 9	Classe 4	Préau	Classe 4	Classe 6	Préau

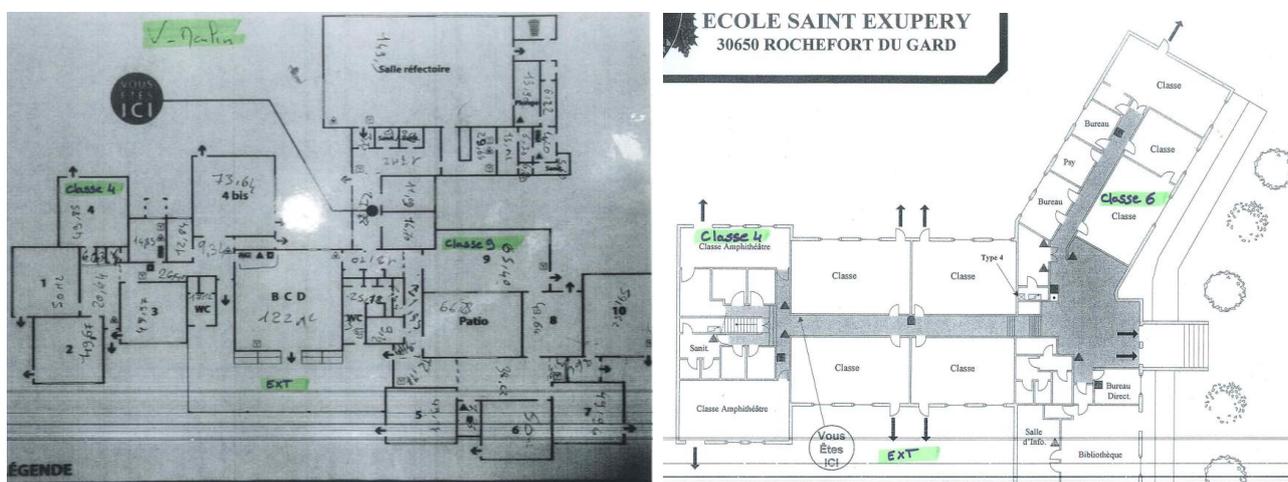


Figure 6 : Plan des deux écoles avec emplacement des points de mesures

Le dioxyde d'azote  $\text{NO}_2$  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 des bâtiments.

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 public<sup>2</sup> (section 3 - Art. L. 221-8 – Code de l'environnement),
- aux valeurs de gestion de l'air intérieur du Haut Conseil de Santé Publique<sup>3</sup>,

<sup>2</sup> 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

<sup>3</sup> 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

- 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 sanitaire<sup>4</sup>,
- 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-guides<sup>5</sup> et valeurs-limites<sup>6</sup>) dans les établissements recevant du public :

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

Figure 7 : Valeurs de gestion réglementaires de la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les ERP

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 CO<sub>2</sub>**

La concentration en CO<sub>2</sub> 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 ICONE sur la base des concentrations en CO<sub>2</sub> sur la période de présence des occupants. Les valeurs de cet indice s'échelonnent de 0 à 5. L'indice ICONE est calculé suivant la formule :

<sup>4</sup> 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

<sup>5</sup> « 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

<sup>6</sup> « 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

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

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

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

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

Tableau 2. Etat du confinement de l'air intérieur suivant la valeur de l'indice ICONE

Indice de confinement ICONE	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 (ICONE = 4) ou extrêmes (ICONE = 5), un message de sensibilisation doit être mentionné sur le rapport de mesures au maître d'ouvrage. Dans les situations de confinement extrêmes (ICONE = 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 3. Valeurs références en air intérieur pour une exposition long terme (µg/m<sup>3</sup>)

Polluants	Valeurs guide long terme
Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )	20 µg/m <sup>3</sup> (VGAI ANSES 2013)
Acétaldéhyde	160 µg/m <sup>3</sup> (VGAI ANSES 2014)
Toluène	300 µg/m <sup>3</sup> (Europe/Index)
Ethylbenzène	1 500 µg/m <sup>3</sup> (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 4. Médianes des concentrations annuelles intérieures (µg/m<sup>3</sup>) – 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 ( $\text{NO}_2$ )	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 (NO<sub>2</sub> et PM<sub>10</sub>) produit par toutes les AASQA<sup>7</sup> 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 les écoles du Vieux Moulin et St-Exupéry dans un environnement atmosphérique « à préserver ».

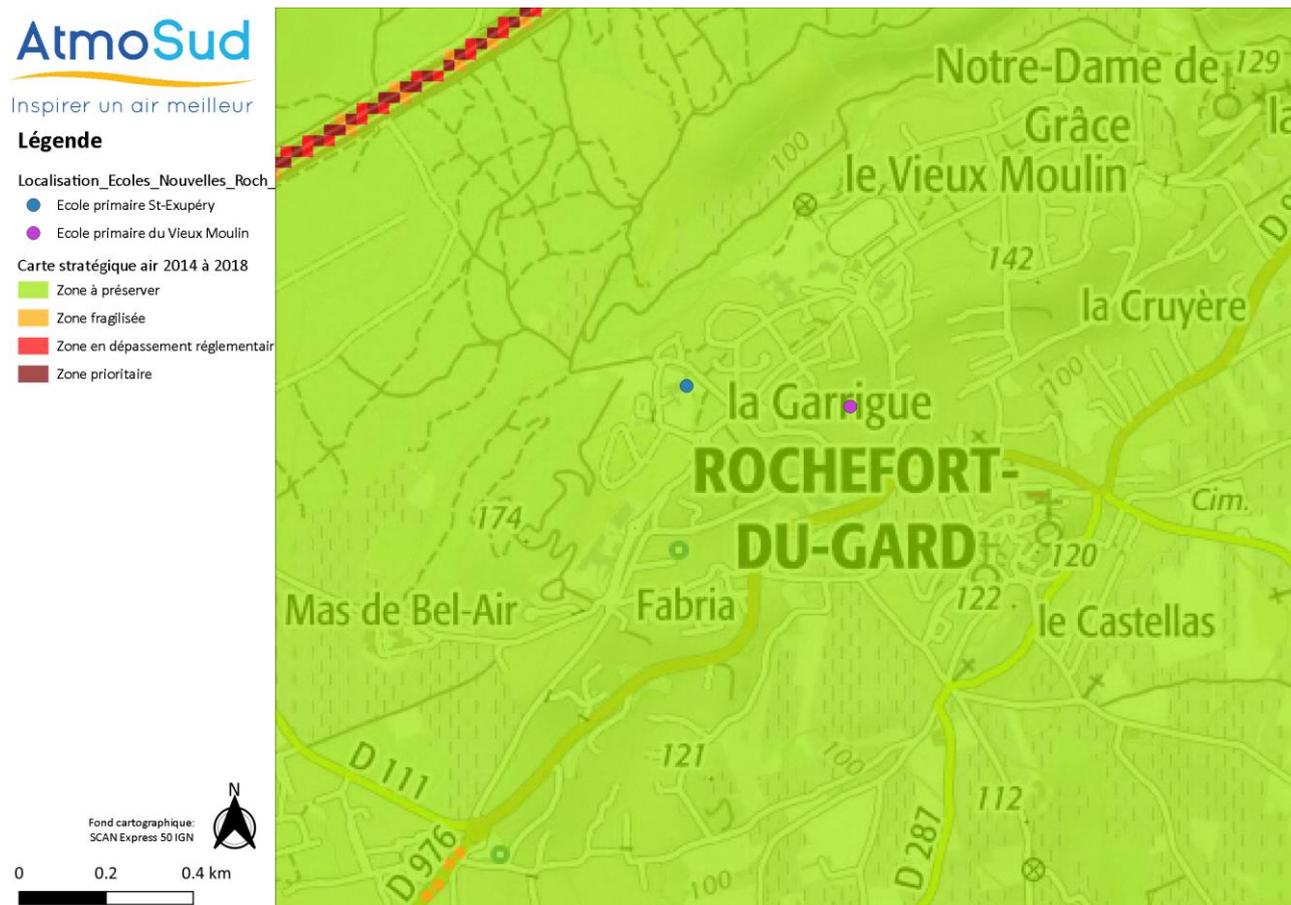


Figure 8 : Carte Stratégique Air (données 2018)

<sup>7</sup> Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air

## Cartographie annuelle en NO<sub>2</sub> en 2018

A l'emplacement des deux écoles, la cartographie annuelle en NO<sub>2</sub> pour l'année 2018 indique une concentration entre 12 et 16 µg/m<sup>3</sup> (inférieur à la valeur limite réglementaire de 40 µg/m<sup>3</sup>). La réglementation relative au NO<sub>2</sub> est donc respectée en ces points.

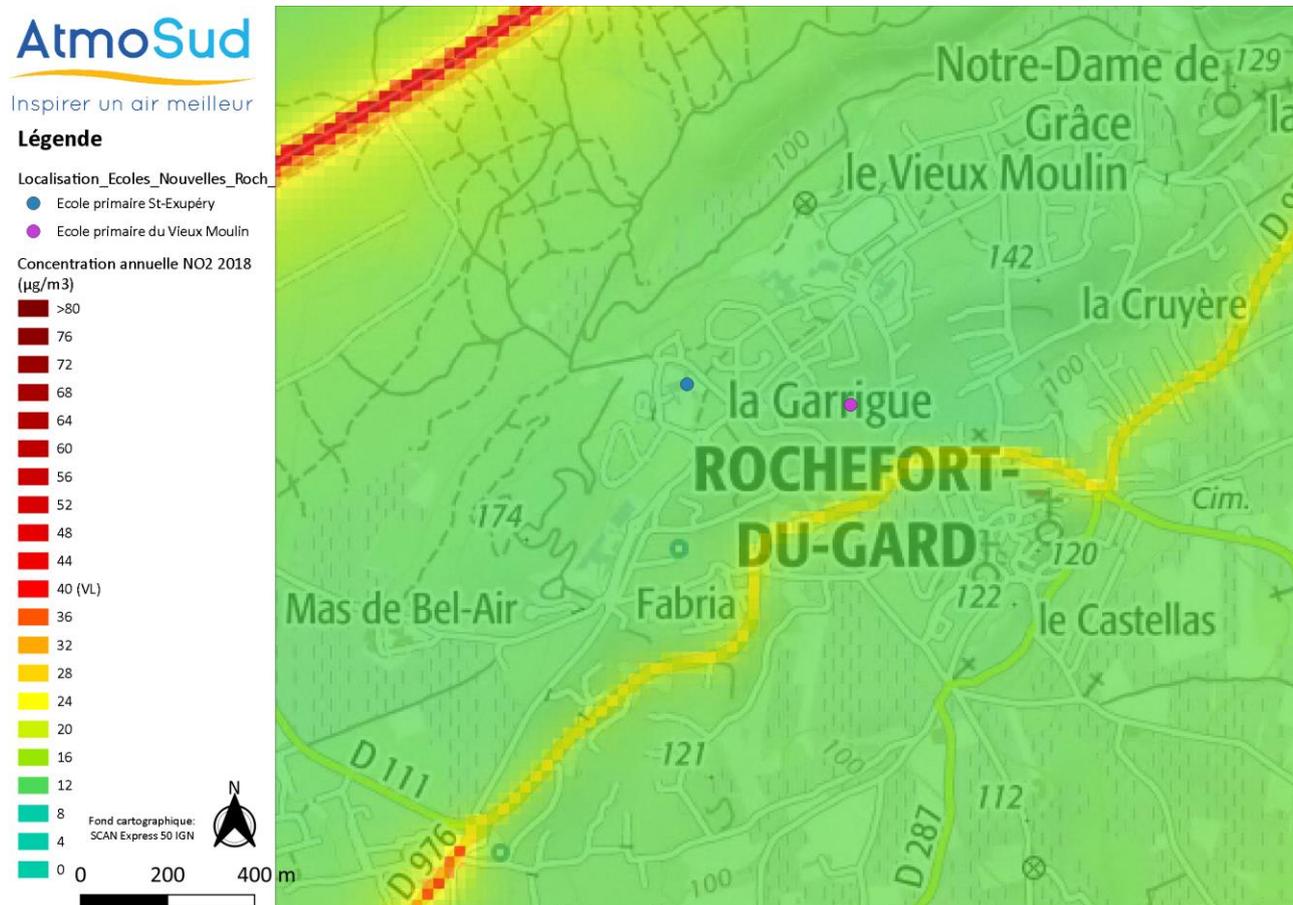


Figure 9 : Carte de pollution annuelle en dioxyde d'azote (2018)

## Cartographie annuelle en PM<sub>10</sub> en 2018

Pour les PM<sub>10</sub>, la réglementation impose de ne pas dépasser 50 µg/m<sup>3</sup> plus de 35 jours par an. La cartographie annuelle suivante présente les concentrations pour le 36<sup>ème</sup> jour le plus élevé de l'année.

A l'emplacement des écoles, la concentration en PM<sub>10</sub> au 36<sup>ème</sup> jour le plus élevé de l'année est de l'ordre de 15 à 20 µg/m<sup>3</sup>, la réglementation relative aux PM<sub>10</sub> est donc respectée en ces points.

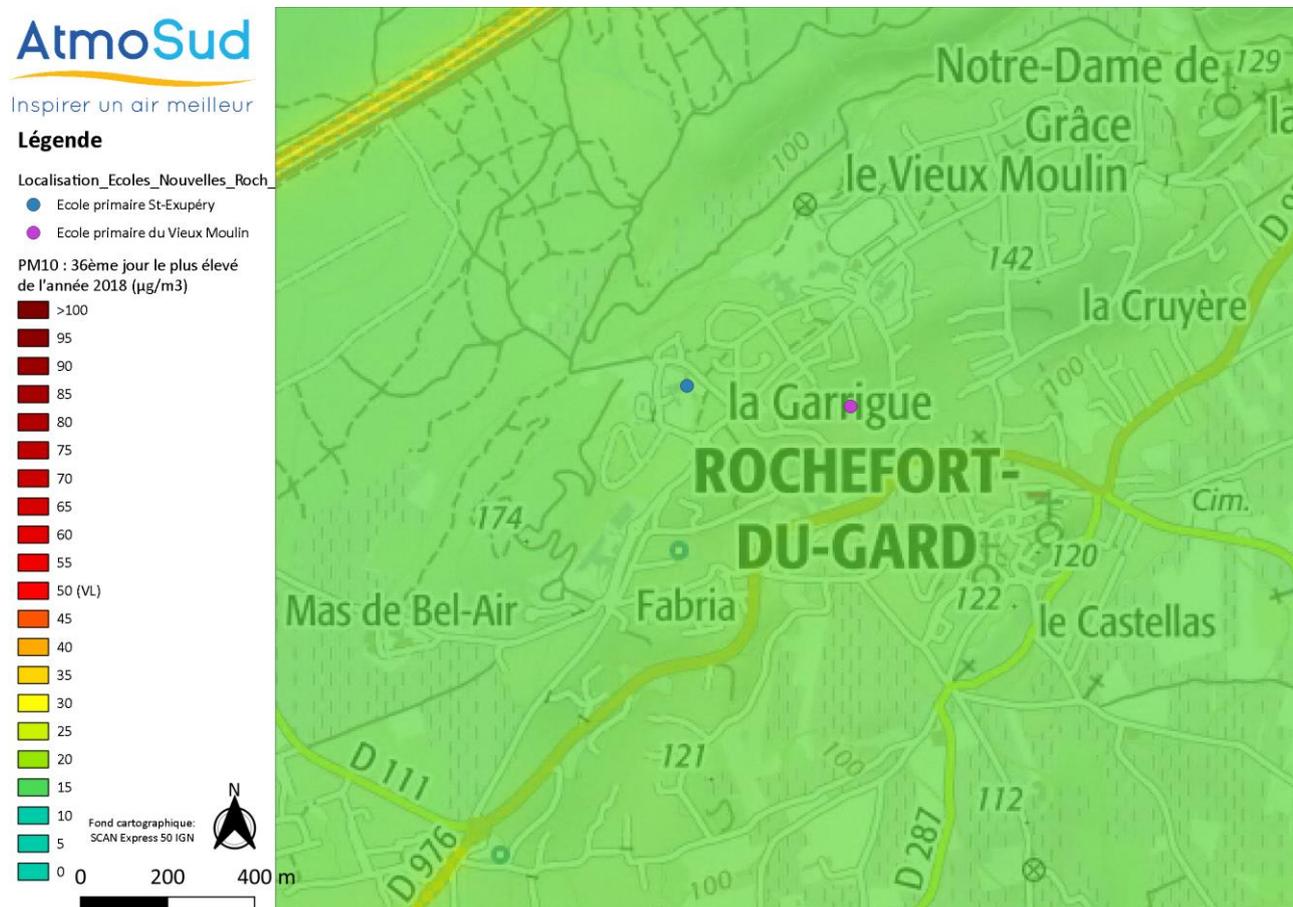


Figure 10 : Carte de pollution annuelle en PM10 (2018)

## Résultats de mesures

Les mesures ont été effectuées du 18 au 22 novembre 2019 dans les écoles du Vieux Moulin et St-Exupéry de Rochefort-du-Gard. Les résultats de mesure sont présentés ci-dessous.

### Les paramètres de confort : CO<sub>2</sub>, température et humidité relative

Tableau 5. Confinement et conditions hygrothermiques intérieures

Paramètres		Ecole du Vieux Moulin		Ecole Saint-Exupéry	
		SDC1	SDC2	SDC1	SDC2
Confinement	Indice de confinement ICONE (0 à 5)	3	5	-	5
	Concentration maximale (ppm)	3 600	4 500	-	4 700
Conditions hygrothermiques	Humidité relative moyenne (%)	51	54	-	61
	Température moyenne (°C)	19,1	21,5	-	18,6

L'école du Vieux Moulin présente des **confinements** : « **élevé** » (indice ICONE de 3) pour la salle SDC1 à « **extrême** » (indice ICONE de 5) pour la salle SDC2.

L'école St-Exupéry présente un **confinement « extrême »** dans sa salle SDC2.

Globalement, dans les deux écoles, le renouvellement d'air n'est pas suffisant pour éviter l'accumulation du CO<sub>2</sub> expiré par les occupants, mais également l'accumulation des polluants potentiellement émis à l'intérieur. **La situation est bien plus préoccupante dans les salles SDC2 des deux établissements qui présentent un confinement extrême.**

Les concentrations intérieures importantes de CO<sub>2</sub> ne posent pas de problème de santé, mais un phénomène de somnolence commence à apparaître au-delà de 1300 ppm, ici largement dépassé.

Dans ce contexte, AtmoSud recommande la mise en place d'une stratégie d'ouverture des ouvrants ou la mise en place d'un système de ventilation mécanique contrôlée pour améliorer de manière significative le renouvellement d'air et diminuer l'accumulation des polluants d'origine intérieure.

*Nb : A titre d'information, dans le cadre de l'application de la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public par la mise en place de campagnes de mesure par laboratoire accrédité COFRAC, l'indice de confinement ICONE de 5 correspond à la valeur limite réglementaire à partir de laquelle une expertise est obligatoire. Les mesures réalisées par autodiagnostic dans le cadre de cette étude sont indicatives, elles montrent l'importance du confinement dans les salles de classe.*

## Qualité de l'air intérieur

Tableau 6. Concentrations intérieures et extérieures en ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ecole du Vieux Moulin			Ecole Saint-Exupéry		
	SDC1	SDC2	EXT	SDC1	SDC2	EXT
<b>NO<sub>2</sub></b>	4.6	2.7	10	4.6	9.2	10.8
<b>Benzène</b>	1.26	1.11	0.91	1.82	<b>2.84</b>	0.91
<b>Toluène</b>	2.40	4.20	1.17	2.84	2.36	1.03
<b>Ethylbenzène</b>	0.41	0.53	0.24	< 1,21	0.59	0.21
<b>mp xylène</b>	1.29	1.76	0.79	2.08	1.93	0.67
<b>O Xylène</b>	0.61	0.87	0.34	1.37	0.78	0.34
<b>Formaldéhyde</b>	9.0	9.9	-	<b>33.1</b>	<b>33.8</b>	-
<b>Acétaldéhyde</b>	3.3	4.0	-	7.9	10.3	-
<b>Hexaldéhyde</b>	4.5	5.1	-	16.4	16.2	-
<b>Propionaldéhyde</b>	1.7	1.9	-	4.3	5.3	-
<b>Butyraldéhyde</b>	3.1	3.4	-	7.2	7.3	-
<b>Benzaldéhyde</b>	< 0,4	< 0,4	-	0.9	1.0	-
<b>Valéraldéhyde</b>	0.6	0.7	-	2.7	3.6	-

## Le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>

### ► En air extérieur

Les concentrations extérieures mesurées au niveau de chaque école sont inférieures à la valeur limite réglementaire en air ambiant de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle. A titre de comparaison, les concentrations extérieures de l'ordre de 10 à  $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sont cohérentes avec la gamme de concentration estimée par la cartographie annuelle de  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### ► En air intérieur

Les concentrations intérieures en NO<sub>2</sub> des deux établissements sont 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 les préaux. Il n'y a pas de source intérieure de NO<sub>2</sub>.

A l'école du Vieux Moulin, les concentrations en NO<sub>2</sub> sont inférieures ou comparables à la médiane des concentrations dans les écoles Françaises de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

A l'école St-Exupéry, la salle SDC2 a montré une concentration similaire à la concentration extérieure, ce qui est inhabituel. Il est généralement observé un abattement de 20 à 40% entre l'intérieur et l'extérieur. Cette salle est plus proche de l'Avenue St-Exupéry que le point de mesure extérieur. Cette différence de position par rapport à l'axe routier peut expliquer, au moins en partie, une concentration intérieure supérieure à la concentration extérieure. Les concentrations intérieures sont comparables ou supérieures à la médiane des concentrations dans les écoles Françaises.

## Les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes)

Les concentrations intérieures en benzène de l'école du Vieux Moulin sont inférieures à la valeur guide réglementaire de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  définie pour les établissements recevant du public (ERP) et du même ordre que la concentration extérieure. Il n'y a donc pas de source intérieure de benzène.

Les concentrations intérieures de l'école Saint-Exupéry ont montré un point de mesure supérieur à la concentration extérieure et à la valeur guide réglementaire de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sans toutefois dépasser la valeur limite réglementaire de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cela peut témoigner d'une source interne voire d'une contribution extérieure.

La salle SDC2 de l'école St-Exupéry est plus proche de l'Avenue St-Exupéry que le point de mesure extérieur. Cette différence de position par rapport à l'axe routier peut expliquer, au moins en partie, une concentration intérieure supérieure à la concentration extérieure.

Une source interne reste cependant possible. Elles peuvent être liées aux combustions, aux produits de bricolage, à l'ameublement et aux matériaux de construction et décoration, aux fournitures scolaires mais aussi aux vapeurs d'essence (cf. annexe 2). Au sein de l'école Saint-Exupéry, la salle SDC2 (classe 6) n'est pas à proximité immédiate d'une pièce de stockage de matériel d'entretien des espaces verts (à combustion) et/ou de bidons d'essence.

Pour les deux établissements, les concentrations de toluène, éthylbenzène et xylènes sont inférieures aux concentrations médianes des campagnes nationales de l'OQAI.

**A l'école du Vieux Moulin il n'est pas observé d'impact significatif de la pollution intérieure et extérieure dans cet établissement.**

**A l'école Saint-Exupéry, l'une des deux classes (SDC2) présente une concentration intérieure en benzène supérieure à la concentration extérieure, pouvant témoigner d'une source interne.**

## Les aldéhydes dont le formaldéhyde

Les concentrations intérieures en formaldéhyde de l'école du Vieux Moulin sont inférieures à la valeur guide réglementaire de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  définie pour les établissements recevant du public (ERP) ainsi qu'à la concentration médiane des écoles françaises (campagne CNE OQAI) de  $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Les concentrations intérieures de l'école Saint-Exupéry sont légèrement supérieures à la valeur guide réglementaire dans les ERP, sans toutefois dépasser la valeur limite réglementaire de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Les niveaux en formaldéhyde observés à l'école St-Exupéry témoignent de sources internes (détail des sources en annexe 2) ; le confinement extrême (notamment de la salle SDC2) doit contribuer de manière significative à son accumulation.

Les concentrations en acétaldéhyde sont inférieures à la valeur guide en air intérieur (VGAI) de l'ANSES de  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les deux établissements mais elles sont supérieures à la médiane des écoles françaises de  $5,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans l'école Saint-Exupéry. Les autres aldéhydes présentent des gammes de concentrations habituelles dans les deux écoles.

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

**A l'école du Vieux Moulin il n'est pas observé d'impact significatif de la pollution intérieure.**

**A l'école Saint-Exupéry, il est observé une accumulation de formaldéhyde probablement amplifiée par le confinement extrême des pièces.**

## 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 deux nouveaux établissements recevant du public. La ville de Rochefort-du-Gard a bénéficié de deux kits de mesure. AtmoSud a formé le gestionnaire à la mise place des kits 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 novembre 2019 dans les écoles du Vieux Moulin et St-Exupéry.

Les mesures ont concerné :

- les paramètres chimiques :
  - le dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>,
  - les benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (ou BTEX),
  - et les aldéhydes,
- et les paramètres de confort
  - le dioxyde de carbone CO<sub>2</sub>,
  - la température,
  - et l'humidité relative.

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

### ► Un confinement extrême dans les deux établissements

Les deux établissements scolaires ont présenté des confinement « extrêmes » dans certaines salles de classe. Le renouvellement d'air n'est pas suffisant pour éviter l'accumulation du CO<sub>2</sub> expiré par les occupants. Ces conditions ne sont pas favorables à une bonne vigilance des enfants dans les salles classes pour un bon apprentissage. Cela occasionne également l'accumulation des polluants potentiellement émis à l'intérieur.

### ► L'école du Vieux Moulin, des concentrations en benzène et formaldéhyde respectueuses des valeurs réglementaires en air intérieur

A l'école du Vieux Moulin, la concentration relevée en benzène est inférieure à la valeur guide réglementaire en air intérieur (fixée à 2 µg/m<sup>3</sup> en moyenne annuelle) et la concentration en formaldéhyde est inférieure à la valeur guide réglementaire en air intérieur fixée à 30 µg/m<sup>3</sup>.

### ► L'école St-Exupéry, des concentrations en benzène et formaldéhyde supérieures aux valeurs guides réglementaires

A l'école St-Exupéry, la concentration relevée en benzène est supérieure à la valeur guide réglementaire en air intérieur de 2 µg/m<sup>3</sup>, mais elle est inférieure à la valeur limite réglementaire de 10 µg/m<sup>3</sup>. A vu de la concentration extérieure faible, il est probable que le benzène soit principalement d'origine intérieure.

La concentration en formaldéhyde est légèrement supérieure à la valeur guide réglementaire en air intérieur fixée à 30 µg/m<sup>3</sup> sans toutefois dépasser la valeur limite réglementaire de 100 µg/m<sup>3</sup>. Le confinement extrême des pièces doit venir amplifier l'accumulation du formaldéhyde issu des sources internes (matériaux, ameublement...).

### ► Pour les deux établissements, 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 NO<sub>2</sub>, 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/m<sup>3</sup>.

A l'école du Vieux Moulin, la mesure des polluants intérieurs ne montre pas de problématique de pollution de l'air, mis à part un confinement extrême dans l'une des classes qu'il faudrait significativement réduire pour fournir aux élèves des conditions de travail convenables en termes de capacité de concentration.

L'école St-Exupéry a montré des concentrations en benzène et formaldéhyde légèrement supérieures aux valeurs guides réglementaires. Pour le formaldéhyde, cette accumulation d'origine intérieure doit avoir été significativement amplifiée par le confinement extrême mesuré. Pour le benzène, les niveaux rencontrés dans la salle SDC2 peuvent être liés à une contribution extérieure ou intérieure.

AtmoSud recommande pour ces deux établissements une amélioration significative du renouvellement d'air, par la mise en place d'une stratégie d'aération ou d'un système de ventilation mécanique contrôlée.

## Annexe 1 : Sources d'émissions en air intérieur

### Hydrocarbures :

Composé chimique	Sources d'émission en air intérieur
<b>Famille des hydrocarbures</b>	
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

## Aldéhydes :

Composé chimique	Sources d'émission en air intérieur
<b>Famille des aldéhydes</b>	
Formaldéhyde	Produits de construction et de décoration contenant des composés à base de formaldéhyde (liants ou colles urée-formol) Meubles, armoires et matériaux de construction en agglomérés de bois, de panneaux de fibres à densité moyenne et de certains plastiques moulés Produits de bricolage (peintures au latex, papiers peints, colles, adhésifs, vernis, laques) Sources de combustion (fumée de tabac, bougies, bâtonnets d'encens, cheminées à foyer ouvert, cuisinières à gaz, poêles à pétrole) Produits d'usage courant (produits d'entretien et de traitement, produits d'hygiène corporelle et cosmétiques) Réactivité chimique entre l'ozone et certains COV présents dans l'air
Acétaldéhyde	Photochimie, fumée de cigarettes, photocopieurs, panneaux de bois brut, panneaux de particules
Benzaldéhyde	Peintures à phase solvant, photocopieurs, parquet traité
Hexaldéhyde	Panneaux de particules, émissions des livres et magazines neufs, peintures à phase solvant, produit de traitement du bois (phase aqueuse), panneaux de bois brut
Butyraldéhyde	Photocopieurs
Valéraldéhyde	Emissions des livres et magazines neufs, peintures à phase solvant, panneaux de particules.

## Annexe 2 : Rapport de campagne confinement

Date édition : 2020-01-30 11:52:09



### Rapport de campagne

Date de début : 18/11/2019  
Date de fin : 04/12/2019  
Technicien : IZARD Mathieu

#### Coordonnées de l'établissement :

ECOLE PRIMAIRE SAINT EXUPÉRY  
AVENUE SAINT EXUPÉRY  
  
30650 ROCHEFORT DU GARD

Tel :

Fax :

Mail :

Contact :

#### Commentaires :

#### Résultats des mesures de confinement

L'indice de confinement ICONNE est une note comprise entre 0 (aucun confinement) et 5 (confinement extrême). Il est calculé à partir de la fréquence et l'intensité des valeurs élevées de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) mesurées durant les périodes d'occupation et ce uniquement en hiver.

L'indice de confinement ICONNE reflète la qualité du renouvellement de l'air du local pour une occupation donnée. Par conséquent, en présence d'une source significative de polluants dans une atmosphère très confinée, des niveaux de concentrations très élevés peuvent être observés. Les situations de confinement très élevées (ICONNE = 4) ou extrême (ICONNE = 5) présentent donc un risque sanitaire potentiel.

Identification des salles	Identifiant capteur	Humidité	Température en °C	ICONNE
Classe n°6	0D 22	61.45	18.62	5

NA : Calcul du confinement non calculé, vérifier si un emploi du temps est saisi.

Confinement MINIMUM observé dans l'établissement : 5

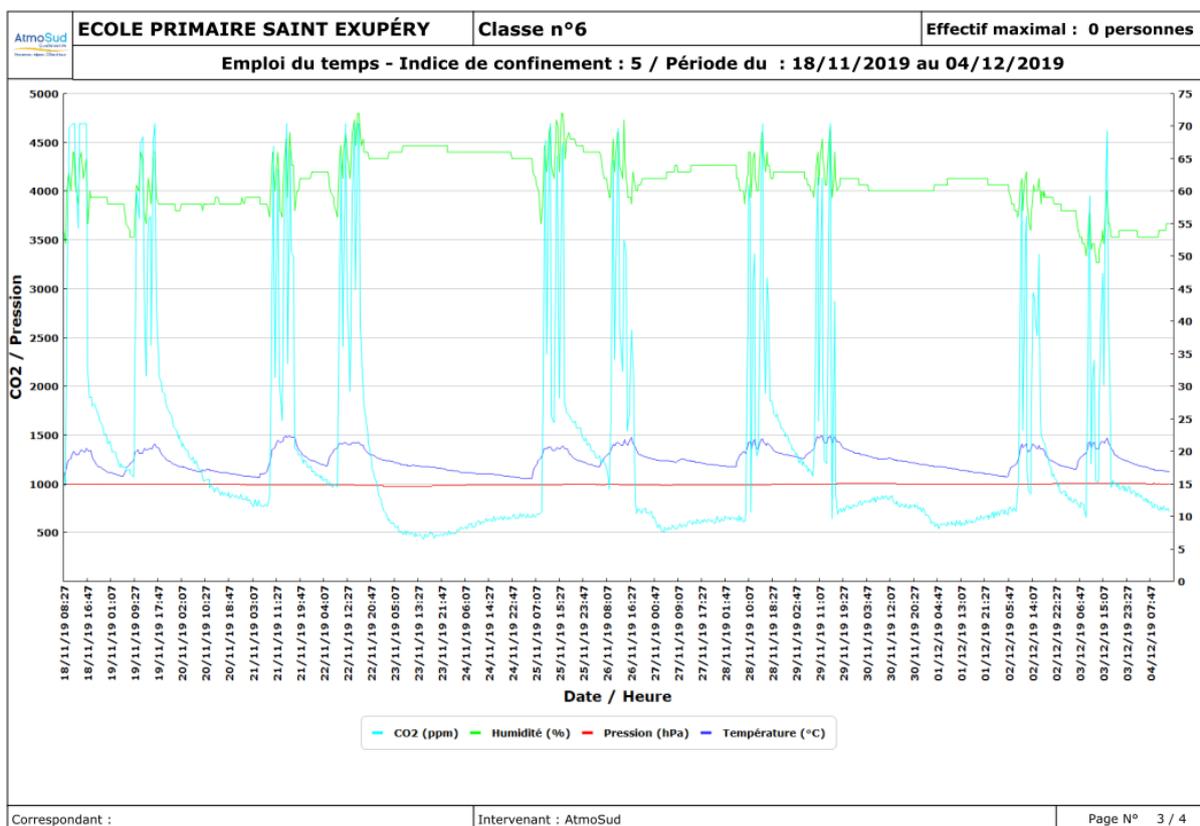
Confinement MAXIMUM observé dans l'établissement : 5

REF :

AtmoSud  
146 rue Paradis - Bât. "Le Noilly Paradis"  
13294 MARSEILLE

Page N° 1 / 4

AtmoSud		ECOLE PRIMAIRE SAINT EXUPÉRY		Classe n°6		Effectif maximal : 0 personnes	
Emploi du temps - Indice de confinement : 5 / Période du : 18/11/2019 au 04/12/2019							
Semaine du 18 au 24 novembre 2019							
	lundi 18 nov 2019	mardi 19 nov 2019	mercredi 20 nov 2019	jeudi 21 nov 2019	vendredi 22 nov 2019	samedi 23 nov 2019	dimanche 24 nov 2019
7:00							
9:00	Présence 0	Présence 0		Présence 0	Présence 0		
11:00							
13:00	Présence 0	Présence 0		Présence 0	Présence 0		
15:00							
17:00							
19:00							
Correspondant :		Intervenant : AtmoSud				Page N° 2 / 4	





## Rapport de campagne

Date de début : 18/11/2019  
 Date de fin : 04/12/2019  
 Technicien : IZARD Mathieu

### Coordonnées de l'établissement :

ECOLE DU VIEUX MOULIN  
 1 MONTÉE DU VIEUX MOULIN  
 30650 ROCHEFORT DU GARD

**Tel :**

**Fax :**

**Mail :**

**Contact :**

### Commentaires :

### Résultats des mesures de confinement

L'indice de confinement ICONÉ est une note comprise entre 0 (aucun confinement) et 5 (confinement extrême). Il est calculé à partir de la fréquence et l'intensité des valeurs élevées de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) mesurées durant les périodes d'occupation et ce uniquement en hiver.

L'indice de confinement ICONÉ reflète la qualité du renouvellement de l'air du local pour une occupation donnée. Par conséquent, en présence d'une source significative de polluants dans une atmosphère très confinée, des niveaux de concentrations très élevés peuvent être observés. Les situations de confinement très élevées (ICONÉ = 4) ou extrême (ICONÉ = 5) présentent donc un risque sanitaire potentiel.

Identification des salles	Identifiant capteur	Humidité	Température en °C	ICONÉ
Classe 4	0D 28	54.35	21.46	5
Classe 9	06 33	51.48	19.09	3

NA : Calcul du confinement non calculé, vérifier si un emploi du temps est saisi.

Confinement MINIMUM observé dans l'établissement : 3

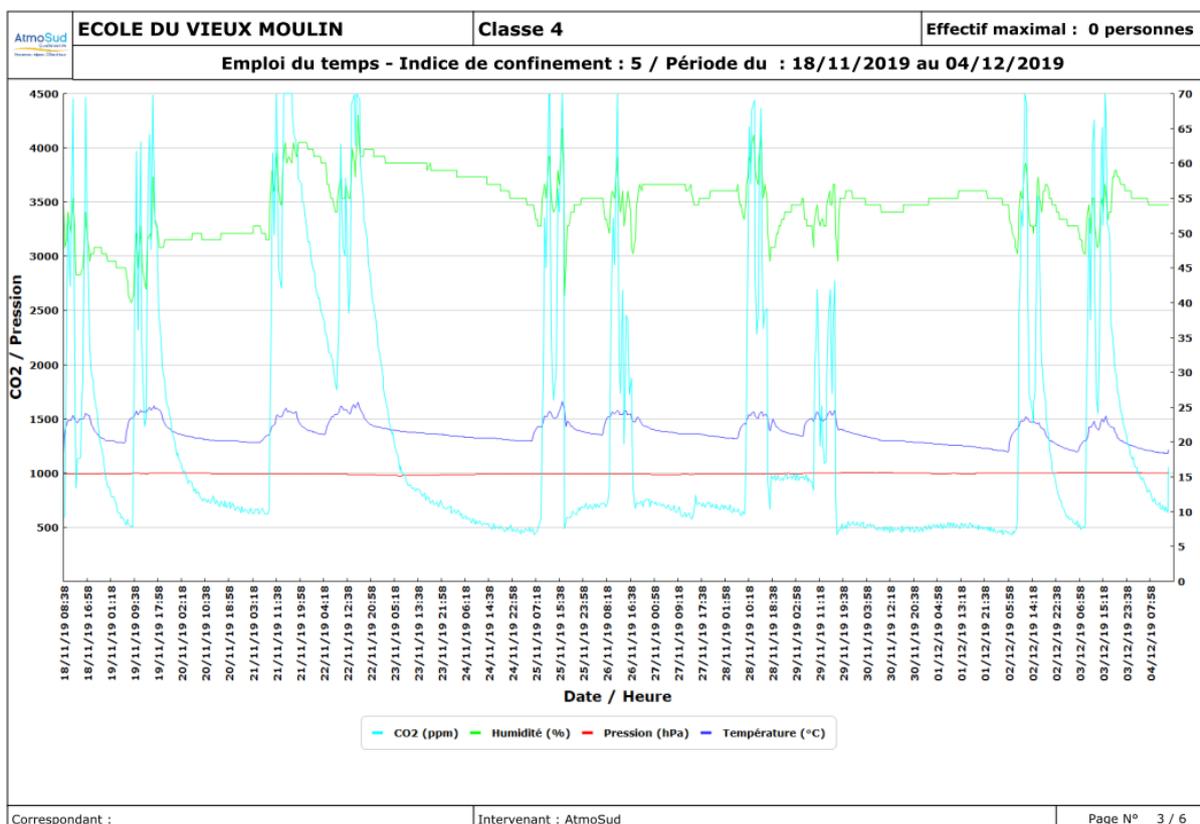
Confinement MAXIMUM observé dans l'établissement : 5

REF :

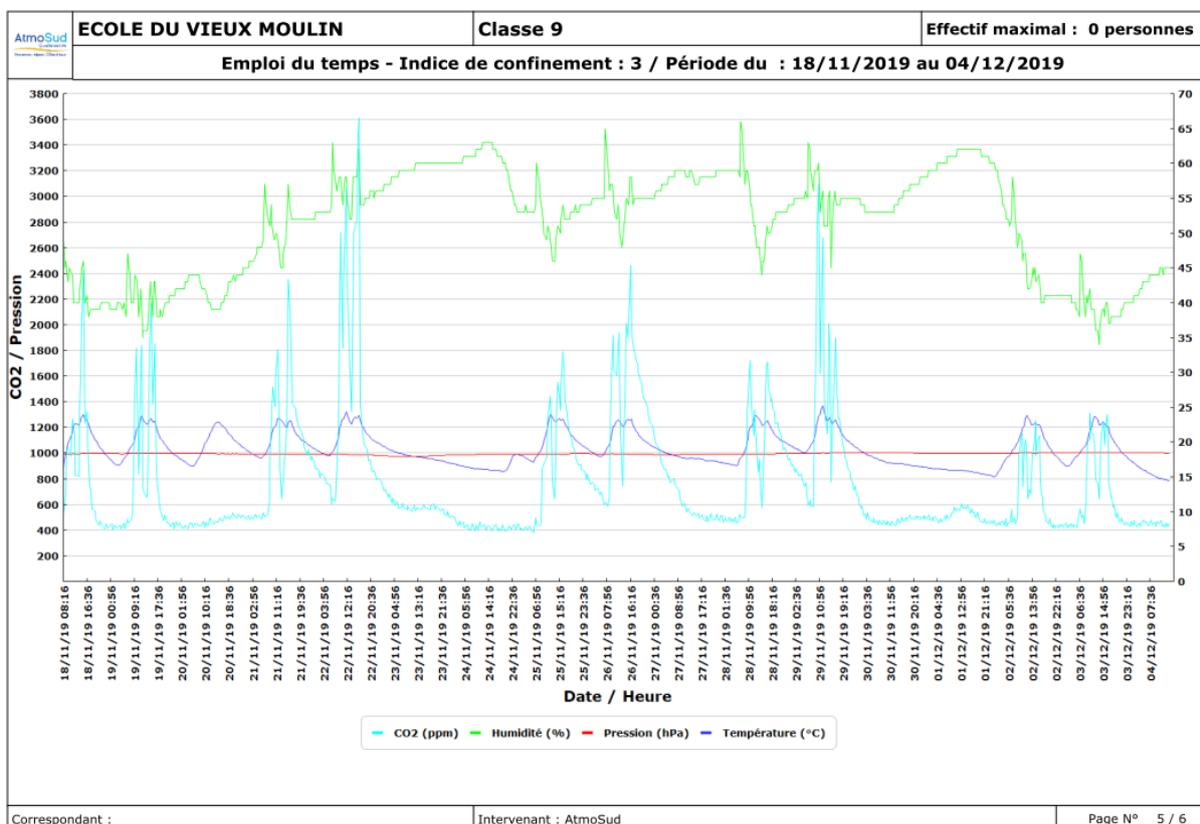
AtmoSud  
 146 rue Paradis - Bât. "Le Noilly Paradis"  
 13294 MARSEILLE

Page N° 1 / 6

AtmoSud		ECOLE DU VIEUX MOULIN		Classe 4		Effectif maximal : 0 personnes	
Emploi du temps - Indice de confinement : 5 / Période du : 18/11/2019 au 04/12/2019							
Semaine du 18 au 24 novembre 2019							
	lundi 18 nov 2019	mardi 19 nov 2019	mercredi 20 nov 2019	jeudi 21 nov 2019	vendredi 22 nov 2019	samedi 23 nov 2019	dimanche 24 nov 2019
7:00							
9:00	Présence	Présence		Présence	Présence		
11:00	0	0		0	0		
13:00	Présence	Présence		Présence	Présence		
15:00	0	0		0	0		
17:00							
19:00							
Correspondant :		Intervenant : AtmoSud				Page N° 2 / 6	



AtmoSud		ECOLE DU VIEUX MOULIN		Classe 9		Effectif maximal : 0 personnes	
Emploi du temps - Indice de confinement : 3 / Période du : 18/11/2019 au 04/12/2019							
Semaine du 18 au 24 novembre 2019							
	lundi 18 nov 2019	mardi 19 nov 2019	mercredi 20 nov 2019	jeudi 21 nov 2019	vendredi 22 nov 2019	samedi 23 nov 2019	dimanche 24 nov 2019
7:00							
9:00	Présence 0	Présence 0		Présence 0	Présence 0		
11:00							
13:00	Présence 0	Présence 0		Présence 0	Présence 0		
15:00							
17:00							
19:00							
Correspondant :		Intervenant : AtmoSud			Page N° 4 / 6		



## Liste des indices de confinement

Indice	Nature du confinement	Informations
0	Confinement nul	<b><u>Néant</u></b>
1	Confinement faible	<b><u>Néant</u></b>
2	Confinement moyen	<b><u>Néant</u></b>
3	Confinement élevé	<b><u>Néant</u></b>
4	Confinement très élevé	<p><b><u>Message de sensibilisation destiné au maître d'ouvrage :</u></b></p> <p>Veiller à ce que l'utilisation des pièces soit conforme au taux d'occupation prévu. Lorsque ces salles sont équipées d'un dispositif spécifique de ventilation, il est souhaitable de faire intervenir un spécialiste pour procéder à une inspection de l'installation. En l'absence de dispositif spécifique de ventilation, il est souhaitable d'améliorer les conditions d'aération de ces salles en procédant à des ouvertures plus fréquentes des fenêtres durant la période d'occupation.</p>
5	Confinement extrême	<p><b><u>Message de sensibilisation destiné au maître d'ouvrage :</u></b></p> <p>Veiller à ce que l'utilisation des pièces soit conforme au taux d'occupation prévu. Lorsque ces salles sont équipées d'un dispositif spécifique de ventilation, il est recommandé de faire intervenir un spécialiste pour procéder à une inspection de l'installation. En l'absence de dispositif spécifique de ventilation, il est recommandé d'améliorer les conditions d'aération de ces salles en procédant à des ouvertures plus fréquentes des fenêtres durant la période d'occupation.</p> <p><b><u>Actions à mener par l'organisme en charge de la réalisation des mesures sur site :</u></b></p> <p>Information au préfet du département du lieu d'implantation de l'établissement dans un délai quinze jours après réception de l'ensemble des résultats d'analyse.</p> <p><b><u>Actions à mener par le maître d'ouvrage ou l'exploitant de l'établissement :</u></b></p> <p>- Nécessité de mener toute expertise nécessaire pour identifier les causes du confinement extrême dans l'établissement.</p>