

Qualité de l'air  
PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR



# Qualité de l'air intérieur

Campagne de mesure Ecole maternelle du  
Parc Granier - Pertuis

4 mai 2016

[www.airpaca.org](http://www.airpaca.org)

**AirPACA**  
QUALITÉ DE L'AIR

# SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>Cadre et objectifs de l'étude</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Description du site</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Campagne de mesure</b>	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>Paramètres pris en compte</b>	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>Modalités de mesure</b>	<b>5</b>
3.2.1	Aldéhydes : prélèvement passif	5
3.2.2	Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ) : prélèvements passifs	5
3.2.3	COV : prélèvements passifs	5
3.2.4	COV : Suivi des concentrations par microcapteurs	6
3.2.5	Particules fines PM <sub>2,5</sub>	6
3.2.6	Température, humidité relative, dioxyde de carbone et monoxyde de carbone	7
3.2.7	Analyse de moisissures	7
3.2.8	Questionnaire utilisation des pièces	7
<b>3.3</b>	<b>Stratégie d'échantillonnage</b>	<b>8</b>
3.3.1	Salle de classe SDC1	9
3.3.2	Dortoir SDC2	9
3.3.3	Salle de classe SDC3	9
3.3.4	Salle de classe SDC4	10
3.3.5	Bibliothèque SDC5	10
<b>4</b>	<b>Résultats de mesure</b>	<b>11</b>
<b>4.1</b>	<b>Stratégie de comparaison</b>	<b>11</b>
4.1.1	Valeurs références	11
4.1.2	Campagnes de mesures	12
<b>4.2</b>	<b>Résultats</b>	<b>13</b>
4.2.1	Conditions hygrothermiques	13
4.2.2	Confinement	13
4.2.3	Aldéhydes	14
4.2.4	Composés organiques volatils	15
4.2.5	Dioxyde d'azote	16
4.2.6	PM <sub>2,5</sub>	17
4.2.7	Suivi des concentrations en COV légers et COV Totaux	19
4.2.8	Prélèvement et analyse des moisissures visibles	20
<b>5</b>	<b>Conclusion</b>	<b>22</b>

# 1 Cadre et objectifs de l'étude

L'objectif de l'étude est de réaliser une expertise bâtiment dans une école de la Communauté du Pays d'Aix située dans un secteur potentiellement impacté par la pollution extérieure.

L'expertise consiste à réaliser une campagne de mesure de qualité de l'air intérieur associée à une expertise bâtiment basée sur une visite de l'établissement, des mesures ponctuelles et le renseignement d'un questionnaire développé par le Réseau EQAIR.

Le choix du site s'est porté sur l'école maternelle du Parc Granier, une école en environnement urbain influencé par le trafic, à proximité de zones « en dépassement réglementaire » selon les Cartes Stratégiques Air (CSA)<sup>1</sup>.

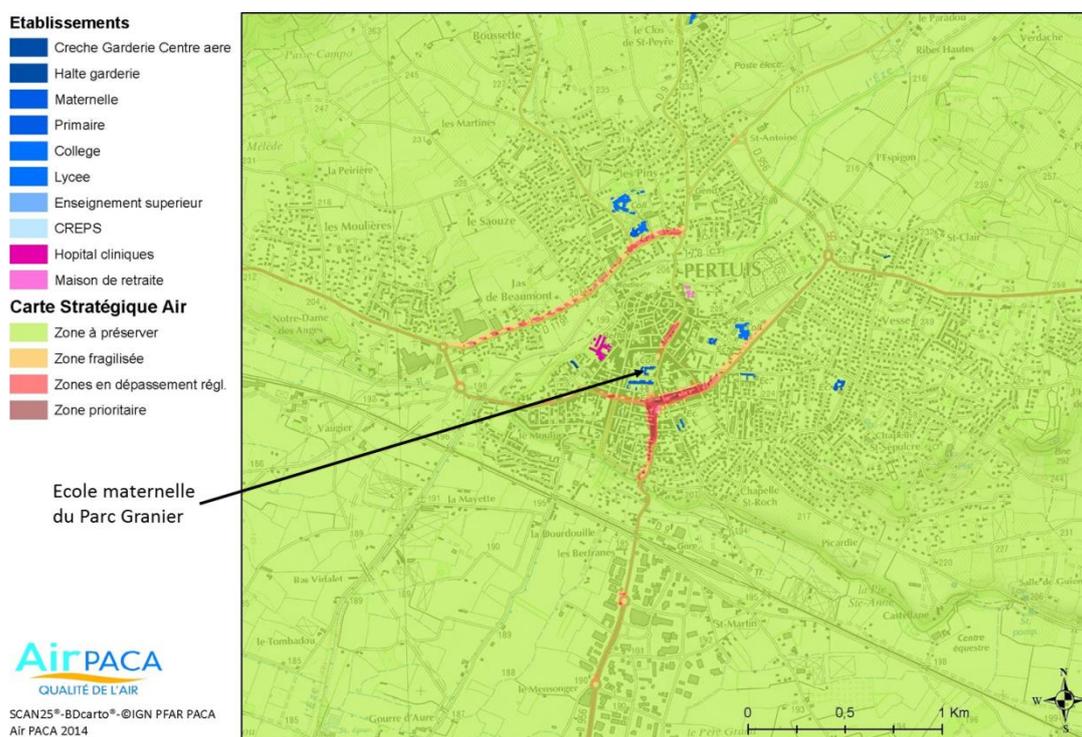


Figure 1 : Situation de l'école du Parc Granier sur la Carte Stratégique Air de Pertuis

L'ensemble des écoles maternelles de la ville de Pertuis a fait l'objet de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur par organisme accrédité en 2014. Cette surveillance consiste à mesurer les concentrations en formaldéhyde, benzène et dioxyde de carbone (pour calculer un indice de confinement).

Dans l'école maternelle du Parc Granier, l'une des pièces échantillonnées présente une concentration annuelle en formaldéhyde supérieure à la valeur d'information et de recommandation du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Cette expertise s'inscrit dans le cadre du projet « observatoire régional de la qualité de l'air intérieur » financé par la Région PACA, l'Agence Régionale de Santé (ARS PACA) et la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL PACA).

<sup>1</sup> Cartes de pollution qui prennent en compte les concentrations annuelles sur 5 ans en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et particules fines PM10.

## 2 Description du site

L'école investiguée est située dans un bâtiment ancien sans rénovation récente et sans système de ventilation, accessible depuis l'Avenue Maréchal Leclerc, la rue Samat Mikaelly et le Boulevard Jules Granier.

Le bâtiment est constitué de 2 blocs en rez-de-chaussée et un bloc avec étage comprenant la restauration cuisine et une bibliothèque. Le rez-de-chaussée est disposé en « L » et se compose d'une salle de jeux, une salle des professeurs, de deux dortoirs et de six salles de classe avec accès direct sur la cour.



Figure 2 : Ecole du Parc Granier

## 3 Campagne de mesure

### 3.1 Paramètres pris en compte

Les études sur la qualité de l'air intérieur menées dans différents lieux de vie (habitats, écoles, bureaux...) mettent en évidence une pollution spécifique.

Le protocole de mesure, développé dans le cadre du Réseau EQAIR, est basé sur les principaux paramètres spécifiques de l'intérieur mais également sur des traceurs de polluants d'origine extérieure.

- Parmi les composés chimiques gazeux, les composés organiques volatils (COV) sont les plus nombreux. Ils regroupent une multitude de substances de familles chimiques distinctes. Les plus rencontrées sont les aldéhydes (formaldéhyde majoritairement), certains hydrocarbures aromatiques comme les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) mais également des terpènes, cétones, alcools, éthers de glycol...
- En complément, d'autres familles de polluants sont mesurées, le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ), le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), les particules fines ( $\text{PM}_{2,5}$ ).
- En présence de moisissures dans le bâtiment, une analyse des moisissures présentes est réalisée afin d'évaluer l'importance de la problématique.
- Enfin, afin d'obtenir des informations quant à l'utilisation des pièces échantillonnées, nécessaires à certains paramètres de mesure et à l'interprétation des résultats, un questionnaire est distribué aux enseignants des salles concernées.

## 3.2 Modalités de mesure

### 3.2.1 Aldéhydes : prélèvement passif

Le prélèvement et l'analyse des aldéhydes ont été réalisés selon la norme ISO 16000-4 avril 2006 (Air intérieur, Partie 4 : Dosage du formaldéhyde – Méthode par échantillonnage diffusif).

Les prélèvements sont réalisés durant 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 chimiabsorbante code 165



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

### 3.2.2 Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) : prélèvements passifs

L'évaluation des concentrations en dioxyde d'azote se réalise au moyen de tubes à diffusion passive spécifiques (Passam) installés durant 4,5 jours.



Figure 4 : Echantillonneur passif de NO<sub>2</sub> - Passam

### 3.2.3 COV : prélèvements passifs

Le prélèvement et l'analyse des autres familles de COV ont été réalisés 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).

Les prélèvements sont réalisés durant 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 5 : Cartouche 145, corps diffusif jaune et support

### 3.2.4 COV : Suivi des concentrations par microcapteurs

Les mesures de COV légers (équivalent formaldéhyde) et COV Totaux (équivalent toluène) sont mesurés à l'aide d'une balise de Fireflies (AZIMUT Monitoring) équipée de microcapteurs à détection électrochimique<sup>2</sup>.

La balise est positionnée sur son support Plexiglass et branchée au secteur, elle communique les résultats de mesure par réseau GPRS sur un serveur consultable à distance. Période de mesure : 4,5 jours.



Figure 6 : Balise Fireflies (COVL, COVT, température, humidité relative, CO<sub>2</sub>, Bruit)

### 3.2.5 Particules fines PM<sub>2,5</sub>

Les mesures des concentrations en PM<sub>2,5</sub> sont réalisées de deux manières différentes :

La concentration massique moyenne sur la période de mesure est obtenue par gravimétrie. Les prélèvements sont réalisés par méthode active sur un filtre pré-pesé en teflon. L'air est aspiré à 1,8 L/min à travers une tête de prélèvement spécifique à la fraction PM<sub>2,5</sub> (H-PEM) pendant la période d'occupation des bureaux. Les filtres sont par la suite pesés pour la quantification massique des particules. Durée de prélèvement : 8 heures par jour pendant quatre jours (lundi, mardi, jeudi, vendredi).



Figure 7 : Tête de prélèvement PM<sub>2,5</sub> H-PEM

En complément, des mesures en temps réel sont réalisées avec un compteur optique de particules fines, le PdR 1500 (Thermo). Il s'agit d'un néphélomètre portable qui permet une mesure en temps réel de la concentration massique des poussières en suspension dans l'air. Selon le choix de l'utilisateur, une séparation en taille des particules permet de mesurer différentes fractions au moyen de cyclones différents. Le cyclone bleu utilisé permet de mesurer la fraction de particules fines inférieures à 2,5 µm (PM<sub>2,5</sub>)<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> NOTE DU LCSQA – Air intérieur : Métrologie du formaldéhyde ; Réf : DRC-11-118241-13918A

<sup>3</sup> Thermo Scientific pDR-1500 personal DataRAM Active, real-time aerosol monitor/data logger with aerodynamic sizing : [https://www.wolfsense.com/pdf/thermo\\_pdr1500.pdf](https://www.wolfsense.com/pdf/thermo_pdr1500.pdf)



Figure 8 : PdR 1500 Thermo Scientific

### 3.2.6 *Température, humidité relative, dioxyde de carbone et monoxyde de carbone*

La température, l'humidité relative, et les concentrations en dioxyde et monoxyde de carbone sont mesurés en temps réel à l'aide d'un Q-Track 7565-X associé à la sonde 982 Probe (fabricant TSI).

Les principes de mesure sont les suivants :

- Température (T°) : Thermistor
- Humidité relative (HR%) : Film fin capacitif
- CO<sub>2</sub> (ppm) : Capteur infrarouge non dispersif (NDIR)
- CO (ppm) : Capteur électro-chimique



Figure 9 : Q-Track 7565-X TSI

### 3.2.7 *Analyse de moisissures*

Lorsque des moisissures sont visibles dans un bâtiment elles sont prélevées à l'aide d'un scotch que l'on applique délicatement sur la surface incriminée. Cette méthode permet l'identification en laboratoire du genre de la moisissure. L'importance de la contamination est évaluée par la surface de développement.

### 3.2.8 *Questionnaire utilisation des pièces*

Le questionnaire laissé aux enseignants des pièces échantillonnées détaille tout d'abord le nombre d'enfants et d'adultes présents au cours des journées pendant les périodes de mesure. Cela est nécessaire pour le calcul de l'indice de confinement qui ne prend en compte que les mesures de CO<sub>2</sub> en présence des occupants. En complément, il est demandé aux enseignants de renseigner les périodes auxquelles sont mises en place des activités pédagogiques potentiellement polluantes (colles, peintures, encres, feutres...) ainsi que le nombre de fenêtres ou portes ouvertes sur l'extérieur ou l'intérieur.

Tous ces informations permettent une meilleure interprétation des résultats et indiquent les habitudes d'aération des occupants des pièces échantillonnées.

### 3.3 Stratégie d'échantillonnage

Afin d'être représentatif des concentrations moyennes annuelles, deux campagnes de mesures sont effectuées, l'une en période de chauffe, l'autre en période hors chauffe :

- Période hors chauffe : du 12 au 16 octobre 2015
- Période de chauffe : du 30 novembre au 4 décembre 2015

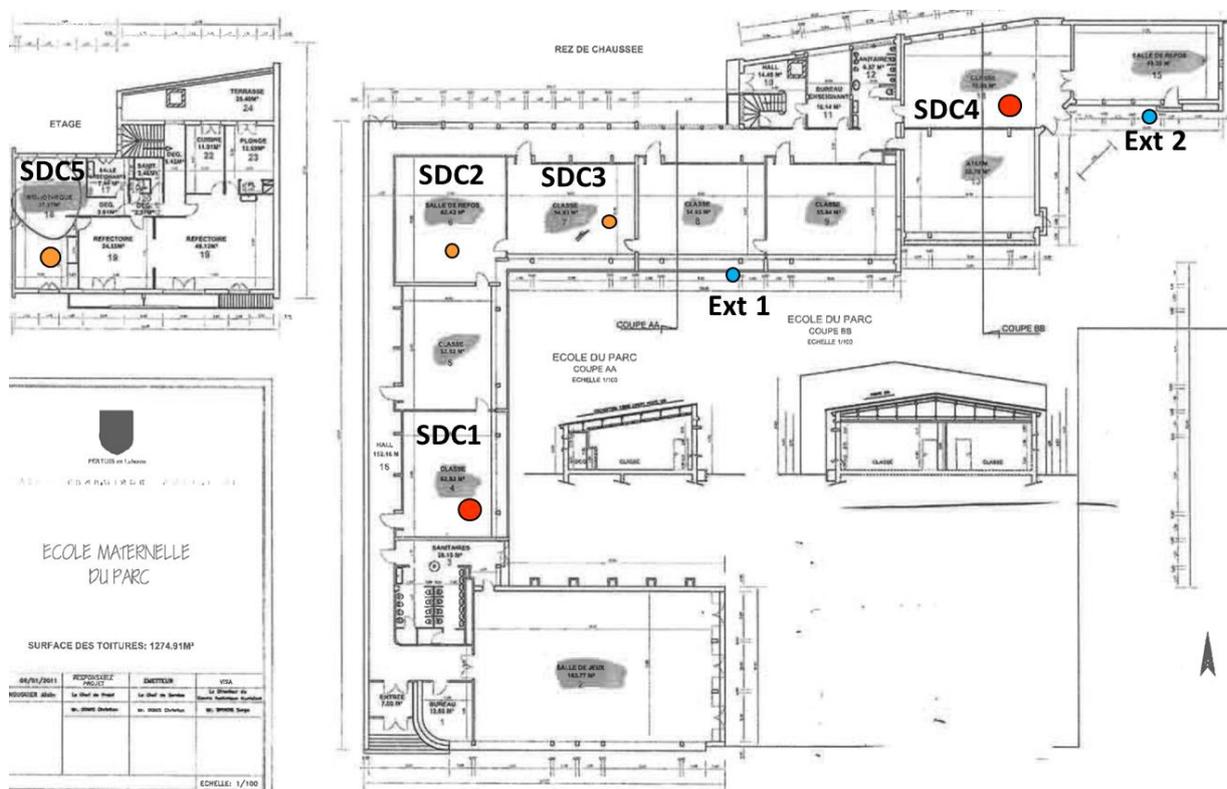
L'échantillonnage spatial a été conçu de manière à être le plus représentatif possible de l'ensemble du bâtiment.

Cinq points de mesures intérieurs ont été retenus :

- 3 salles de classe du rez-de-chaussée : SDC1, SDC3, SDC4
- 1 dortoir au rez-de-chaussée : SDC2
- La bibliothèque au premier étage : SDC5

Parmi les salles échantillonnées, les salles SDC3 et SDC5 ont participé à la campagne de mesure réglementaire par organisme accrédité en 2014.

Deux points de mesure extérieurs ont été choisis, l'un sur une façade côté cour, l'autre à proximité de l'Avenue du Maréchal Leclerc.



- Echantillonnage complet : Aldéhydes, COV (dont BTEX), NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> & PM<sub>10</sub> gravi, PM<sub>2,5</sub> comptage, COVT, COVL, CO<sub>2</sub>, CO, T°, HR%, Bruit
- Echantillonnage intermédiaire : Aldéhydes, COV (dont BTEX), NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> comptage, COVT, COVL, CO<sub>2</sub>, CO, T°, HR%, Bruit
- Echantillonnage base : Aldéhydes, COV (dont BTEX), NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> comptage, CO<sub>2</sub>, CO, T°, HR%
- Echantillonnage extérieur : COV (dont BTEX), NO<sub>2</sub>

Figure 10 : Plan du bâtiment et stratégie d'échantillonnage

### 3.3.1 Salle de classe SDC1

La pièce nommée SDC1 et la salle de classe la plus proche de l'entrée du bâtiment dont l'accès se fait par le couloir ouest du bâtiment. Elle possède des fenêtres et un accès direct sur la cour orientée Est.



Figure 11 : Salle de classe SDC1

### 3.3.2 Dortoir SDC2

Le dortoir nommé SDC2 est la pièce située à l'angle nord-ouest du bâtiment dont l'accès se fait par le couloir ouest. Elle ne possède qu'une fenêtre donnant sur la cour orientée Est.



Figure 12 : Dortoir SDC2

### 3.3.3 Salle de classe SDC3

La salle de classe nommée SDC3 est située dans l'aile nord du bâtiment et est mitoyenne du dortoir SDC2. Elle possède des fenêtres et un accès direct sur la cour orientée sud.



Figure 13 : Salle de classe SDC3

### 3.3.4 Salle de classe SDC4

La salle de classe nommée SDC4 est située dans l'aile nord du bâtiment à l'extrémité est. Elle possède des fenêtres au nord sur la rue Samat Mickaelli et une porte fenêtre orientée sud-est donnant sur un accès extérieur à la cour.



Figure 14 : Salle de classe SDC4

### 3.3.5

#### Bibliothèque SDC5

La bibliothèque de l'école, nommée SDC5, est située au premier étage à proximité de la cantine. Elle possède des fenêtres orientées au nord, au sud et un fenestron à l'ouest.



Figure 15 : Bibliothèque SDC5

## 4 Résultats de mesure

### 4.1 Stratégie de comparaison

#### 4.1.1 Valeurs références

Il existe différents types de valeurs références applicables pour des expositions chroniques en air intérieur, des valeurs guides réglementaires, des valeurs guides en air intérieur de l'ANSES ou de l'OMS et des valeurs de gestion du Haut Conseil en Santé Publique (HCSP).

Voici le détail des valeurs références utilisées pour les polluants mesurés :

**Tableau 1 : Valeurs références en air intérieur pour une exposition long terme ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Valeurs guide long terme
<b>Formaldéhyde</b>	2015 : valeur limite $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; valeur guide : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (décret 2011-1727) Valeur d'information et recommandation : $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (HCSP 2009) $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ANSES 2007)
<b>Acétaldéhyde</b>	$160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ANSES 2014)
<b>Acroléine</b>	$0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ANSES 2013)
<b>Benzène</b>	2016 : valeur limite : $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; valeur guide : $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (décret 2011-1727)
<b>Toluène</b>	$300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Europe/Index)
<b>Dioxyde d'azote</b>	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ANSES 2013)
<b>Trichloroéthylène</b>	$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (HCSP 2012)
<b>Tetrachloroéthylène</b>	$250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ANSES 2010)
<b>Naphtalène</b>	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (HCSP 2012)
<b>Ethylbenzène</b>	$22\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (OMS)
<b>Styrène</b>	$250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Europe/Index)
<b>COV Totaux</b>	$300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Agence Fédérale Allemande)
<b>PM2,5</b>	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (HCSP 2013)

Pour le confinement, La norme NF EN 13779 relative à la ventilation des bâtiments non résidentiels et appliquée aux exigences de performance des systèmes de ventilation et de conditionnement d'air propose une classification de la qualité de l'air intérieur selon la concentration en  $\text{CO}_2$ . Quatre classes de qualité de l'air sont définies sur la base des concentrations en  $\text{CO}_2$ .

**Tableau 2 : Classement des concentrations intérieures en  $\text{CO}_2$  selon la norme NF EN 13779**

Niveaux de $\text{CO}_2$ (ppm) par rapport à l'air neuf	< 400	400 - 600	600 - 1 000	> 1 000
Qualité de l'air	INT1 : Excellente	INT2 : Moyenne	INT3 : Médiocre	INT4 : Basse

En complément, dans le cadre de la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur des établissements recevant du public (ERP), le confinement est évalué par le calcul d'un indice de confinement ICONE de 0 à 5 basé sur les concentrations en  $\text{CO}_2$  pendant les périodes de présence des occupants. Un indice de confinement de 5 (confinement extrême) correspond à la valeur limite réglementaire dans les ERP.

L'indice de confinement est calculé suivant la formule :

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

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

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

Enfin, pour l'évaluation de l'importance du développement fongique, le groupe de travail « Moisissures dans l'habitat » du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) a déterminé une grille de cinq niveaux de contamination :

- niveau 0 : absence de moisissure visible
- niveau 1 : surface inférieure à 0,03 m<sup>2</sup> (1 format A4 = 0,06 m<sup>2</sup>)
- niveau 2 : surface comprise entre 0,03 et 0,3 m<sup>2</sup> **Faible contamination**
- niveau 3 : surface comprise entre 0,3 m<sup>2</sup> et 3 m<sup>2</sup> **Contamination moyenne**
- niveau 4 : surface supérieure à 3 m<sup>2</sup> **Contamination élevée**

#### 4.1.2 Campagnes de mesures

Pour les molécules qui ne possèdent pas de valeurs références, il est possible de comparer les résultats aux concentrations obtenues lors des campagnes de mesures de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI). A l'heure actuelle, les données disponibles concernent uniquement les logements (Campagne nationale sur 567 logements en 2006).

**Tableau 3 : Médianes des concentrations annuelles intérieures mesurées dans les logements français (µg/m<sup>3</sup>)**

Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexaldéhyde	Acroléine	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	M/p-xylènes	O-xylène	1,2,4 triméthylbenzène	Styrène	n-décane	n-undécane	Trichloroéthylène	Tétrachloroéthylène	1,4 dichlorobenzène	1 méthoxy-2-propanol	2-butoxyéthanol
19,5	11,6	13,6	1,1	2,1	12,2	2,3	5,6	2,3	4,1	1,0	5,3	6,2	1,0	1,4	4,2	1,9	1,6

## 4.2 Résultats

### 4.2.1 Conditions hygrothermiques

Les conditions hygrothermiques en période de chauffe et hors chauffe sont les suivantes :

Tableau 4 : Températures et taux d'humidité relative moyens par bureau en période hors chauffe

	SDC1	SDC2	SDC3	SDC4	SDC5
Température moyenne (°C)	19.8	19.6	19.9	19.7	17.5
Humidité relative moyenne (%)	55.8	58.2	54.9	54.3	64.9

Tableau 5 : Températures et taux d'humidité relative moyens par bureau en période de chauffe

	SDC1	SDC2	SDC3	SDC4	SDC5
Température moyenne (°C)	19.7	19.6	19.7	18.5	17.3
Humidité relative moyenne (%)	43.6	43.5	44.2	47.6	48.8

A l'exception de la bibliothèque (SDC5), les conditions hygrothermiques des salles de l'établissement sont conformes aux standards.

Les températures moyennes des pièces en période de chauffe respectent l'article R.241-26 de l'énergie qui spécifie des limites supérieures de température de chauffage fixées en moyenne à 19° C pour les bâtiments de bureaux. La salle SDC5 présente une température inférieure aux autres pièces de l'établissement.

Les taux d'humidité relative des salles de classe et du dortoir sont compris dans la gamme recommandée, entre 35 et 60%. La bibliothèque présente en période hors chauffe une humidité de l'air moyenne importante, supérieure à 60 %. Cette accumulation d'humidité peut en partie s'expliquer par le manque d'ouverture des fenêtres de cette pièce peu utilisée et par la proximité immédiate avec la cantine au 1<sup>er</sup> étage.

### 4.2.2 Confinement

A l'exception de la salle SDC5, l'ensemble des salles présentent, en période de chauffe, des concentrations supérieures à 1 400 ppm, soit 1 000 ppm au-delà des concentrations extérieures (classification INT4 Basse selon la norme NF EN 13779).

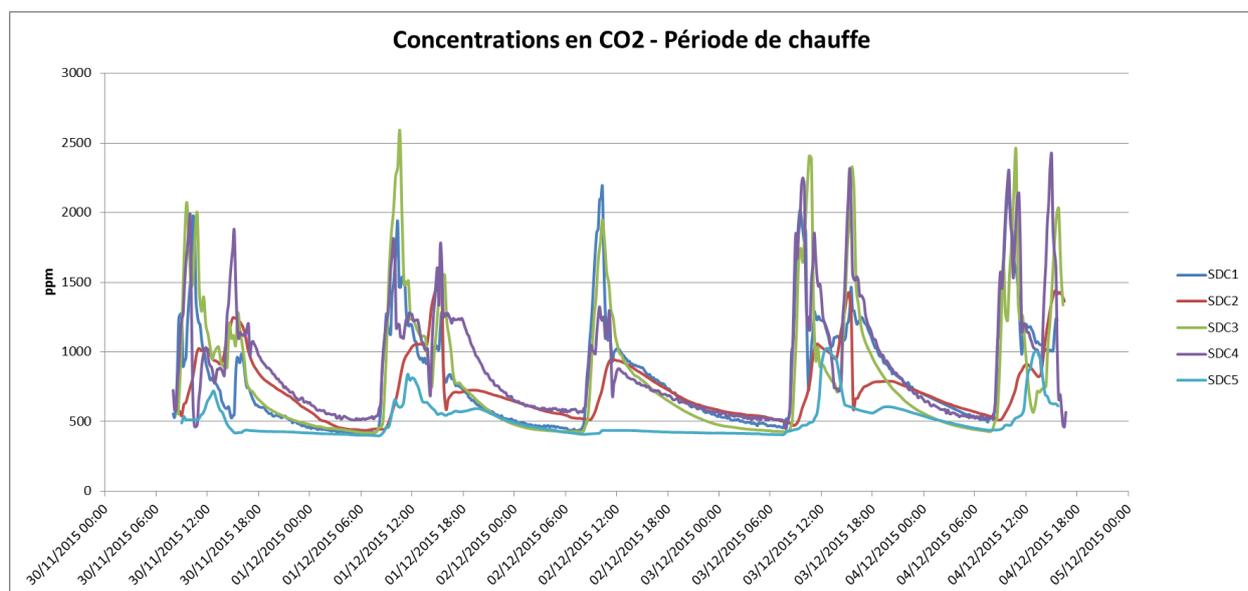


Figure 16 : Suivi des concentrations en CO<sub>2</sub> dans les salles échantillonnées

**Tableau 6 : Indices de confinement des bureaux échantillonnés**

	SDC1	SDC2	SDC3	SDC4	SDC5
<b>Nombre de d'occupants maximum observé</b>	28	-	26	26	-
<b>Indice de confinement ICONE</b>	3	2	3	3	-

L'indice de confinement ICONE des salles de classe (SDC1, SDC3, SDC4) est de 3 et celui du dortoir est de 2. Cela signifie que, sans être fortement confiné, le renouvellement d'air de ces pièces n'est pas suffisant pour évacuer le trop plein de dioxyde de carbone émis par la respiration des occupants.

Le questionnaire laissé aux enseignants pendant les périodes de mesures montre des habitudes d'ouverture des fenêtres différentes. En période hors chauffe, pour la salle SDC1 aucune ouverture de fenêtre n'a été déclarée pendant la période de mesure. La salle SDC3 a déclaré de rares ouvertures de fenêtre, en général en fin de matinée ou d'après-midi. Le dortoir (SDC2) et la salle de classe SDC4 déclarent des ouvertures de fenêtre régulières au cours des journées (avant l'arrivée des enfants, aux interclasses et après leur sortie).

La salle SDC5 (bibliothèque) n'a pas été assez utilisée pendant la période de chauffe pour évaluer précisément son confinement. Néanmoins, les mesures de CO<sub>2</sub> réalisées pendant la période hors chauffe ont montré, lors d'un court épisode d'occupation, des pics de concentrations de près de 2 500 ppm. Le confinement de cette pièce, en condition fenêtres fermées semble donc similaire à celui des autres pièces de l'établissement. Néanmoins, il est probable que le manque de renouvellement d'air de cette pièce soit plus important puisque les fenêtres sont rarement ouvertes en raison de sa faible occupation.

#### 4.2.3 Aldéhydes

Les concentrations intérieures en aldéhydes sont les suivantes :

**Tableau 7 : Concentrations intérieures en aldéhydes (µg/m<sup>3</sup>)**

(µg/m <sup>3</sup> )	SDC1	SDC2	SDC3	SDC4	SDC5
<b>Formaldéhyde</b>	18.6	17.7	17.3	16.2	<b>36.8</b>
<b>Acétaldéhyde</b>	5.9	6.0	6.0	5.9	6.8
<b>Hexaldéhyde</b>	11.3	9.6	11.0	9.1	12.0
<b>Propionaldéhyde</b>	2.3	2.1	2.1	2.1	2.4
<b>Butyraldéhyde</b>	5.1	6.2	5.6	5.2	7.7
<b>Benzaldéhyde</b>	0.9	0.9	0.8	0.7	1.1
<b>Isovaléraldéhyde</b>	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
<b>Valéraldéhyde</b>	1.7	1.3	1.5	1.3	2.2
<b>Acroléine</b>	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.4	0.5

A l'exception du formaldéhyde, l'ensemble des concentrations intérieures en aldéhydes est conforme aux valeurs habituellement rencontrées.

Dans les salles de classe et le dortoir du rez-de-chaussée (SDC1 à SDC4), les concentrations intérieures en formaldéhyde sont inférieures à la valeur guide réglementaire de 30 µg/m<sup>3</sup> mais supérieures à la Valeur guide en Air Intérieur (VGAI) de l'ANSES de 10 µg/m<sup>3</sup>.

La bibliothèque (SDC5) présente une concentration qui dépasse la valeur guide réglementaire mais reste inférieure à la valeur d'information et recommandation du Haut Conseil de Santé publique de 50 µg/m<sup>3</sup>

(contrairement à la campagne de mesure réglementaire de 2014). Dans ces gammes de concentrations en formaldéhyde, les recherches de sources en formaldéhyde ne montrent que peu de différences d'émission entre les matériaux. Il a été décidé de ne pas en faire. Le niveau de formaldéhyde mesuré dans la bibliothèque est probablement dû aux émissions des meubles étagères et des livres, voire du revêtement de sols souple, amplifiées par le manque de renouvellement d'air de la pièce. Une ouverture régulière de la pièce, même en cas de non utilisation, devrait suffire à abaisser les concentrations en formaldéhyde au niveau des concentrations des autres pièces de l'établissement.

#### 4.2.4 Composés organiques volatils

Les concentrations intérieures en composés organiques volatils sont les suivantes :

**Tableau 8 : Concentrations en composés organiques volatils ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SDC1	SDC2	SDC3	SDC4	SDC5	Ext1	Ext2
<b>Benzène</b>	1.5	1.5	1.2	1.6	1.6	1.5	1.6
<b>Toluène</b>	3.0	3.4	2.6	3.0	4.9	1.7	2.0
<b>Ethylbenzène</b>	1.8	4.2	4.0	2.8	2.4	0.4	0.4
<b>Xylène mp</b>	7.1	16.8	16.1	11.5	10.4	1.5	1.5
<b>Xylène O</b>	2.7	7.1	6.6	4.3	4.2	0.5	0.5
<b>Naphthalène</b>	0.1	0.4	0.1	0.2	0.2	0.1	0.0
<b>Trichloroethylene</b>	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0
<b>Tetrachloroéthylène</b>	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
<b>Hexane</b>	0.9	1.3	0.6	1.0	1.1	0.6	0.7
<b>Décane</b>	0.6	2.9	0.2	1.7	2.8	0.5	0.2
<b>Undécane</b>	0.2	2.2	0.1	1.4	1.1	0.8	0.1
<b>Styrène</b>	0.6	0.6	0.4	0.7	0.7	0.2	0.2
<b>Alpha pinène</b>	2.7	3.3	2.9	2.0	3.1	0.7	0.6
<b>Limonène</b>	13.7	33.1	21.9	30.9	43.3	1.7	2.1
<b>1.2.4 Trimethylbenzène</b>	0.5	0.9	0.5	1.1	3.7	0.3	0.3
<b>1.4 Dichlorobenzène</b>	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
<b>PGMEA</b>	0.4	0.5	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0
<b>1 Métoxy 2Propanol</b>	<b>15.0</b>	<b>21.4</b>	<b>17.9</b>	<b>18.2</b>	<b>15.8</b>	0.2	0.2
<b>2 Butoxyéthanol</b>	<b>3.7</b>	<b>2.9</b>	<b>1.9</b>	<b>3.0</b>	<b>3.3</b>	<LQ	<LQ
<b>2 Butoxyéthylacétate</b>	0.4	0.4	0.2	0.4	0.7	0.1	0.0
<b>MIK</b>	2.1	0.7	0.5	0.3	1.7	0.0	0.0
<b>COVT</b>	151.3	173.9	122.6	152.0	187.7	22.1	18.0

Les concentrations intérieures en benzène sont inférieures à la valeur guide réglementaires de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et sont similaires aux concentrations mesurées lors de la campagne de mesure réglementaire par organisme accrédité.

A l'exception du 1-Méthoxy-2-propanol et du 2-Butoxyéthanol qui présentent des concentrations légèrement supérieures aux valeurs médianes des logements français, l'ensemble des concentrations intérieures en composés organiques volatils (COV) est conforme aux valeurs habituellement rencontrées.

Les sources connues de 1-Méthoxy-2-propanol et 2-Butoxyéthanol sont les peintures, vernis, laques et produits d'entretien ménagers. Sachant qu'il n'y a pas eu de travaux récents au sein de l'établissement, il est probable que ces concentrations soient expliquées par l'utilisation de produits ménagers.

Les mesures en COV Totaux sont largement inférieures à la valeur réglementaire définie par la commission « Hygiène de l'intérieur » de l'Agence fédérale allemande pour l'environnement, qui est à  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et pour laquelle aucun impact sanitaire n'est décelé.

#### 4.2.5 Dioxyde d'azote

Les concentrations intérieures en dioxyde d'azote sont les suivantes :

Tableau 9 : Concentrations en dioxyde d'azote ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SDC1	SDC2	SDC3	SDC4	SDC5	Ext1	Ext2
<b>NO<sub>2</sub></b>	12.8	9.9	14.5	20.6	9.6	19.5	21.8

A l'exception de la salle SDC4, l'ensemble des concentrations intérieures en NO<sub>2</sub> est inférieur à la Valeur Guide en Air Intérieur (VGAI) de l'ANSES de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La salle SDC4 présente une concentration annuelle légèrement supérieure à la VGAI. Ceci peut s'expliquer par sa proximité avec l'Avenue du Maréchal Leclerc et la rue Samat Mikaelly. De plus, côté rue Samat Mickaelli, les fenêtres anciennes de cette classe sont situées directement sur la rue.



Figure 17 : Fenêtres nord de la salle SDC4 donnant directement sur la rue Samat Mickaelli

Les concentrations extérieures sont de l'ordre de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , elles sont donc inférieures à la valeur limite réglementaire en air ambiant de 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et sont cohérentes avec la carte de modélisation des concentrations annuelles en NO<sub>2</sub> qui donnent une estimation autour de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

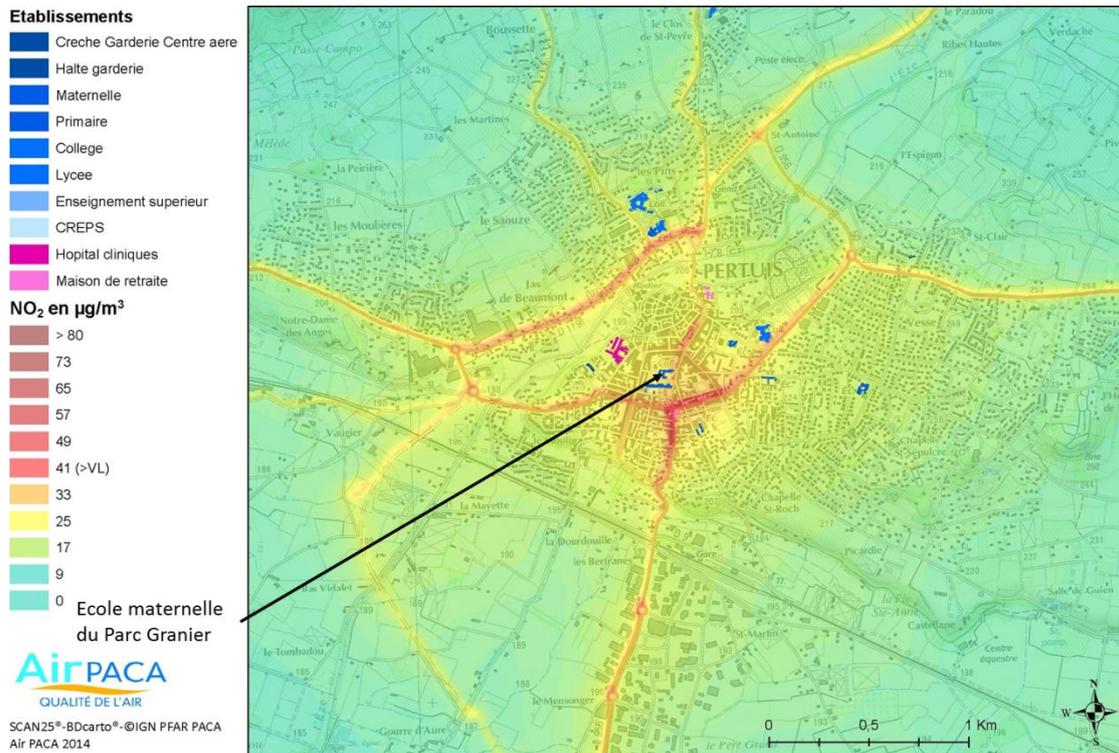


Figure 18 : Carte de modélisation des concentrations annuelles en NO<sub>2</sub> sur Pertuis

#### 4.2.6 PM2,5

Les résultats des mesures de particules fines inférieures à 2,5 µm (PM2,5) sont les suivantes :

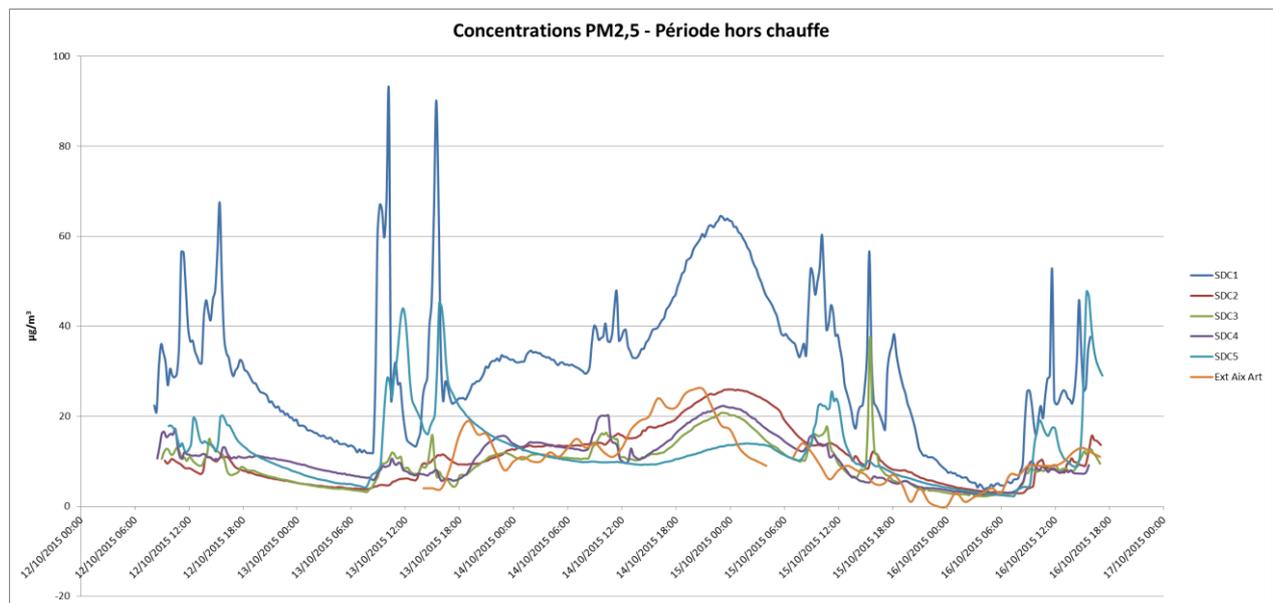
**Tableau 10 : Moyennes des concentrations en particules fines inférieures à 2,5 µm (µg/m<sup>3</sup>)**

PM2,5 (µg/m <sup>3</sup> )	SDC1	SDC2	SDC3	SDC4	SDC5	PM2,5 (µg/m <sup>3</sup> )	Extérieur Aix Art
<b>Gravimétrie 8h/jour</b>	25.4			10.8		<b>Moyenne 8h/jour</b>	11.2
<b>Néphélomètre Moyenne 8h/jour</b>	23.4	11.2	12.9	10.4	15.7		
<b>Néphélomètre Moyenne 24h/24h</b>	21.5	12.0	12.4	12.0	13.3		
						<b>Moyenne 24h/24h</b>	11.6

L'ensemble des salles échantillonnées présentent des concentrations en PM2,5 sur la période d'occupation (8h/jour) supérieures à la valeur cible du Haut Conseil en Santé Publique (HCSP) de 10 µg/m<sup>3</sup> sans toutefois dépasser la valeur d'action rapide de 50 µg/m<sup>3</sup>.

A l'exception de la salle de classe SDC1, les concentrations intérieures en PM2,5 sont du même ordre que la concentration moyenne extérieure sur la même période de la station la plus proche, Aix Art.

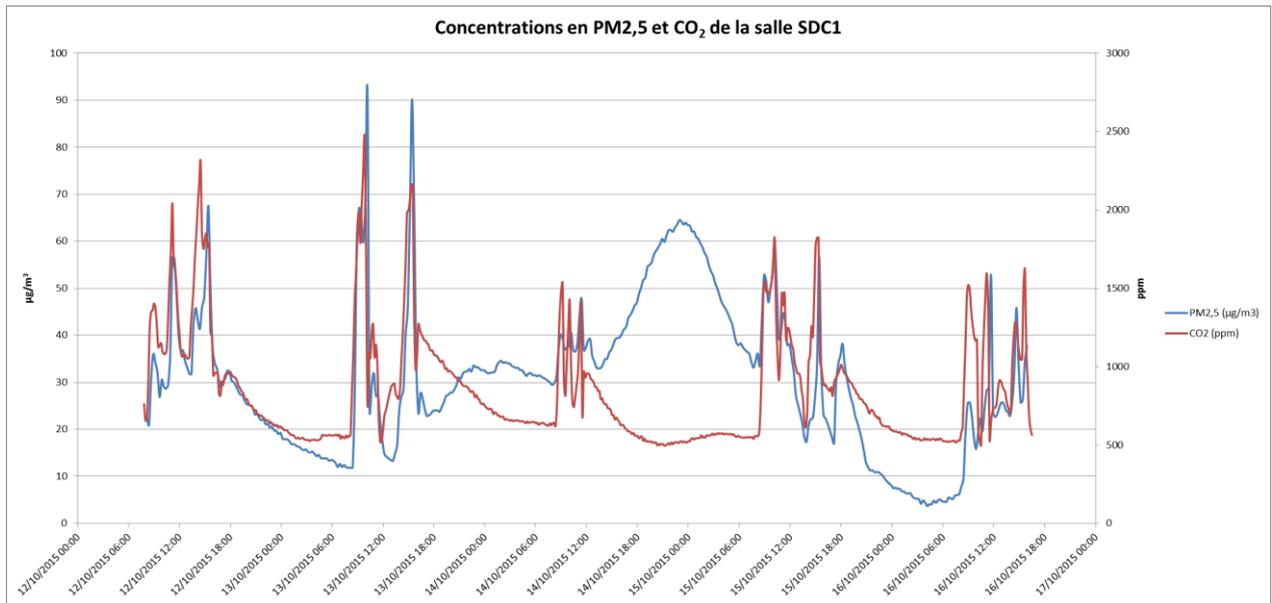
Le suivi des concentrations en PM2,5 au cours du temps en période hors chauffe est le suivant :



**Figure 19 : Suivi des concentrations en PM2,5 en période hors chauffe**

Alors que les niveaux de fond en PM2,5 sont bien corrélés à l'évolution des concentrations extérieures (Station de mesure Aix Art), la plupart des pics semblent être dus à la remise en suspension des particules déposées au sol lors de l'utilisation des salles de classe.

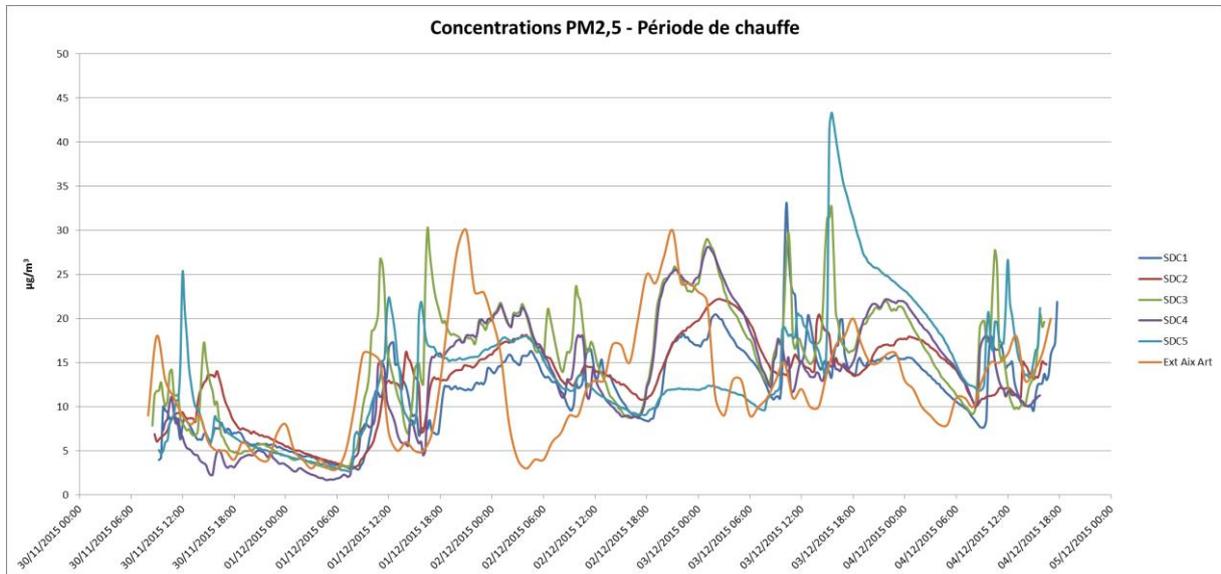
En voici une illustration avec le suivi des concentrations en CO<sub>2</sub> de la salle SDC1 qui montre une correspondance entre les pics de CO<sub>2</sub> (traceur de l'occupation des salles) et de PM2,5.



**Figure 20 : Suivi des concentrations en PM2,5 et CO2 de la salle SDC1 en période hors chauffe**

Pour la salle SDC1 qui présente des concentrations intérieures en PM2,5 deux fois supérieures aux autres pièces, les niveaux de fond et les pics d'émission sont plus importants. Les niveaux de fond peuvent être amplifiés par le manque de renouvellement d'air de cette pièce qui est rarement aérée. Les pics ponctuels d'émissions peuvent être dus, outre à la remise en suspension des particules, à des activités au sein de la classe génératrices de particules fines (activités manuelles par exemple).

Le suivi des concentrations en PM2,5 au cours du temps en période de chauffe est le suivant :



**Figure 21 : Suivi des concentrations en PM2,5 en période de chauffe**

L'impact de l'air extérieur sur les concentrations de fond en PM2,5 est moins lisible que pour la période hors chauffe. Cela peut être dû à une ouverture des fenêtres moins fréquente en période hivernale.

#### 4.2.7 Suivi des concentrations en COV légers et COV Totaux

Les dynamiques des concentrations en COV légers (équivalent formaldéhyde) et COV totaux (équivalent toluène) en période hors chauffe sont les suivantes :

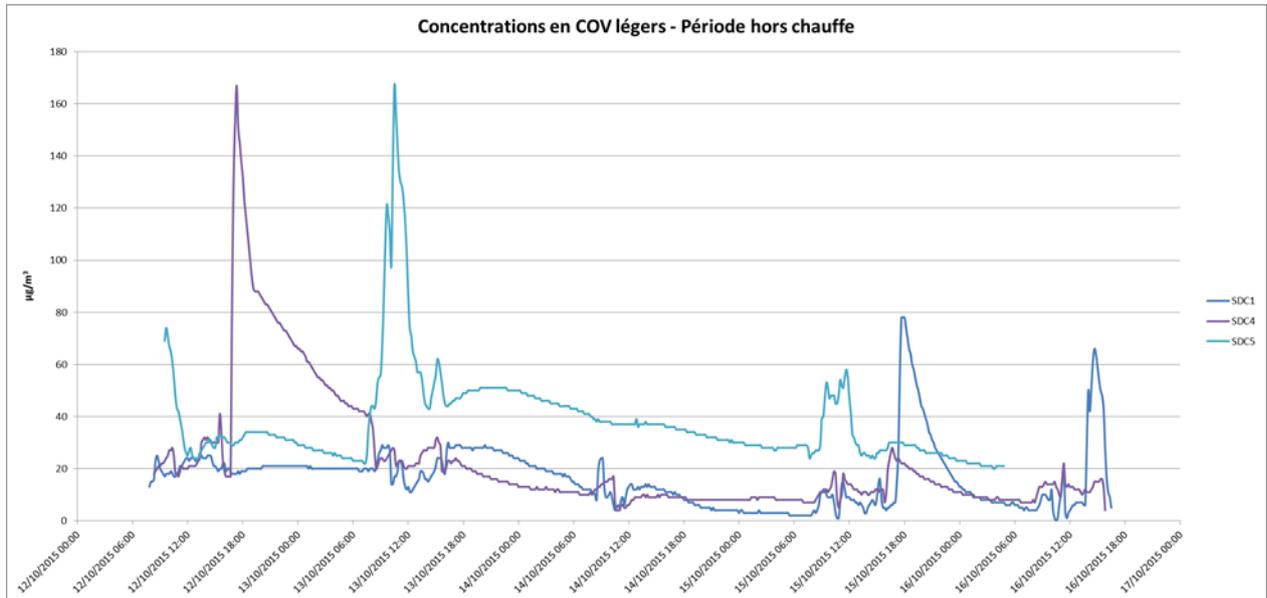


Figure 22 : Suivi des concentrations en COV Légers dans les salles SDC1, SDC4 et SDC5 en période hors chauffe

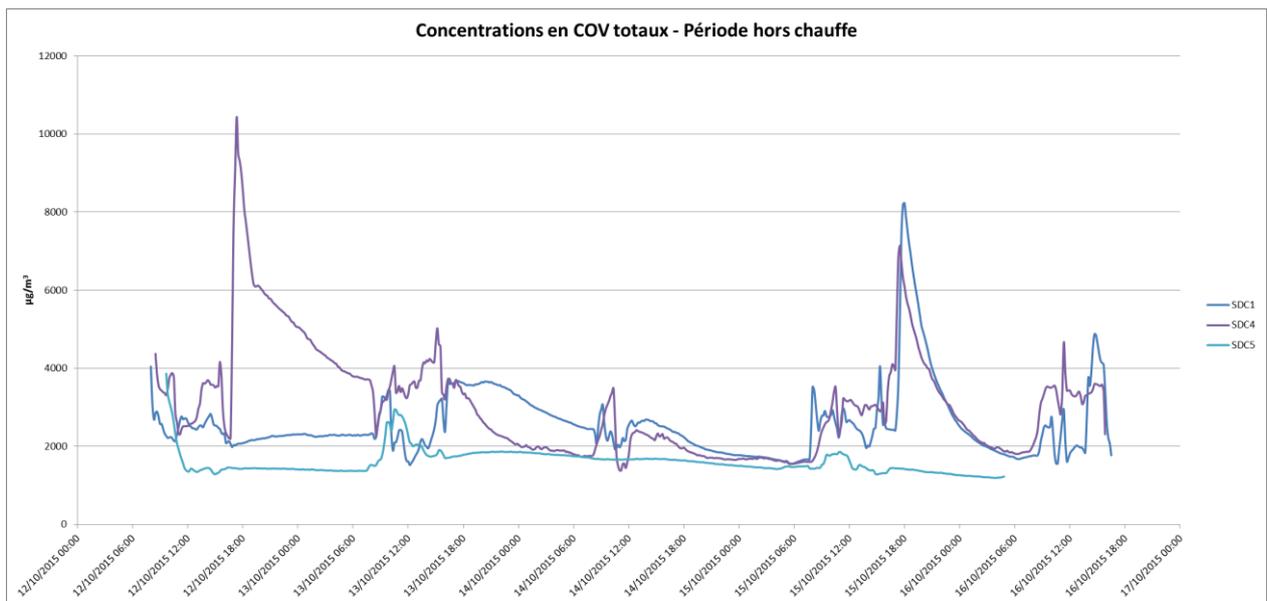


Figure 23 : Suivi des concentrations en COV Totaux dans les salles SDC1, SDC4 et SDC8 en période hors chauffe

Le suivi des concentrations en COV légers (équivalent formaldéhyde) montre des niveaux de fond cohérents avec les mesures de formaldéhyde. Les pics de concentrations en COV légers et COV totaux sont d'intensité et de fréquence différentes en fonction des pièces.

Deux types de pics sont observés, certains en période d'occupation, d'autres en dehors de la présence des enfants.

Ces différents pics d'émissions sont visualisables en les comparant aux concentrations en dioxyde de carbone qui permettent d'identifier les périodes de présence des enfants dans les classes.

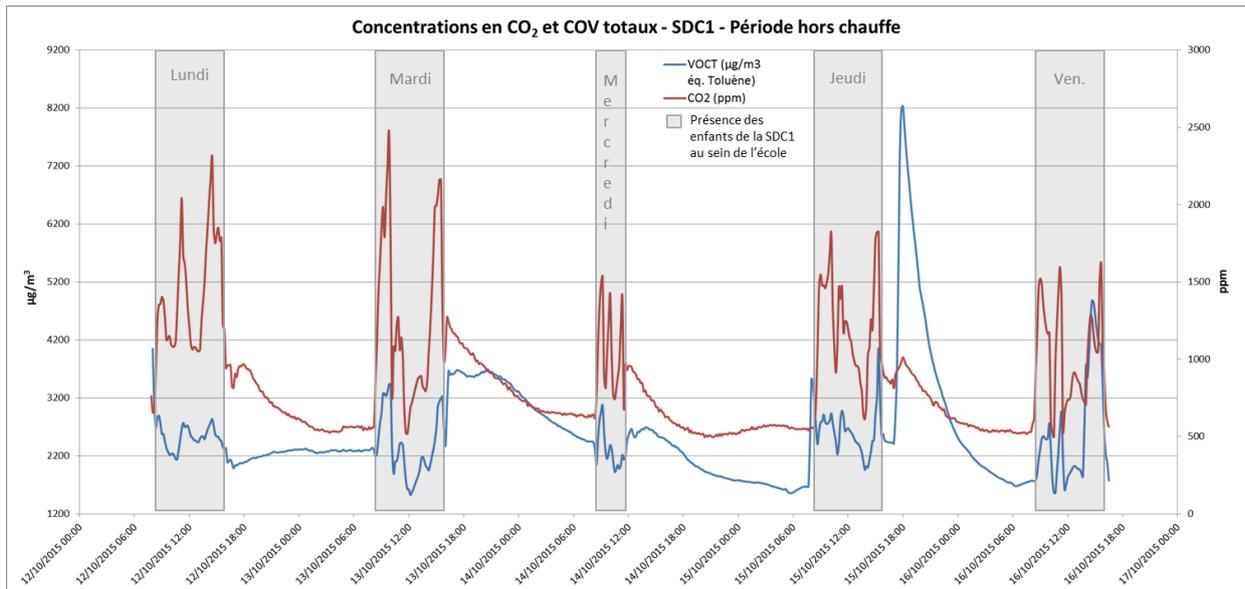


Figure 24 : Concentrations en COV Totaux et CO<sub>2</sub> en fonction du temps de présence des enfants de la SDC1

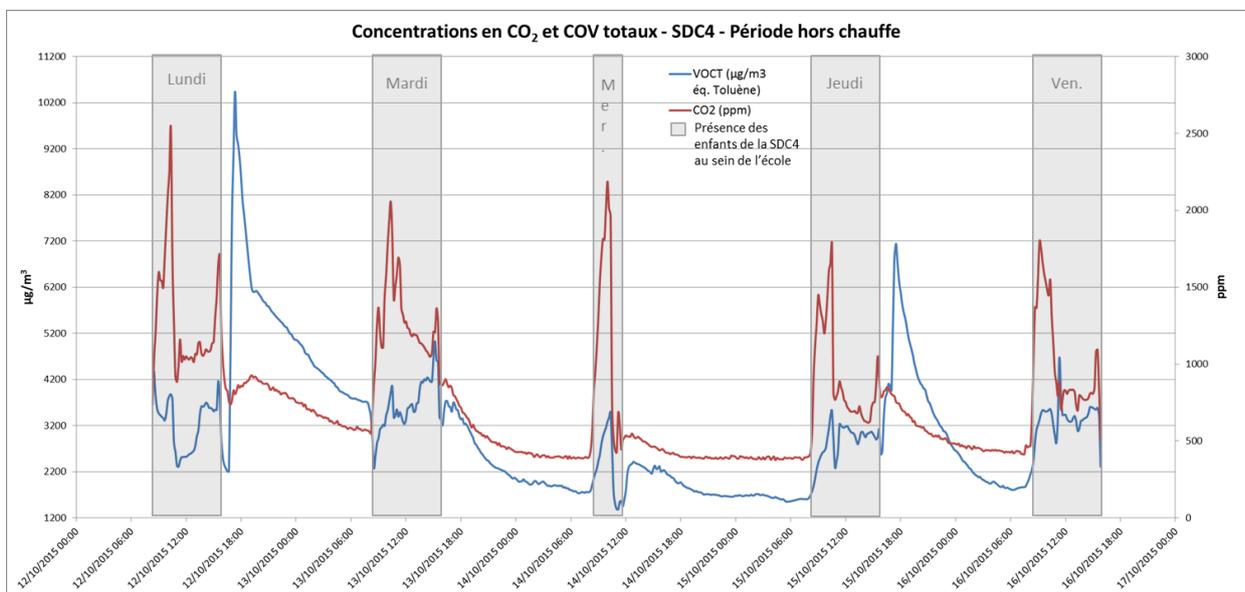


Figure 25 : Concentrations en COV Totaux et CO<sub>2</sub> en fonction du temps de présence des enfants de la SDC4

Les pics de concentrations en COV totaux les plus importants sont observés hors période d'occupation (un pic pour la salle SDC1, deux pics pour la SDC4). Ces derniers sont probablement dus au ménage réalisé après la sortie des enfants.

Les pics de concentrations observés pendant la période d'occupation sont moins importants. La plupart d'entre eux correspondent à des activités pédagogiques potentiellement émissives (colles, peintures, encres, feutres) déclarées par les enseignants sur le questionnaire qu'ils ont rempli.

#### 4.2.8 Prélèvement et analyse des moisissures visibles

Dans le couloir d'accès aux salles de classe situé à l'est du bâtiment, un développement de moisissures a été observé lors de la campagne de mesure hors chauffe, du 12 au 16 octobre 2015. Cette apparition de moisissures est un phénomène récurrent, elle est toujours située au niveau de la même zone de faux plafond qui a été reprise plusieurs fois à l'enduit.

La surface de ce développement visible est de l'ordre de 0,01 m<sup>2</sup> (15 cm x 7 cm). Ceci correspond à un niveau de contamination selon la grille du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHHP) inférieur au niveau 1 de « faible contamination ».



**Figure 26 : Faux-plafond du couloir à l'est présentant un développement de moisissures**

Les traces de ces moisissures n'ont pas été observées durant la pré-visite quelques semaines auparavant, ces moisissures étaient probablement en phase de développement. Nous avons donc effectué un prélèvement sur scotch pour identifier le genre des moisissures présentes pour évaluer l'importance de la problématique.

L'analyse effectuée par lecture au microscope révèle qu'il s'agit du genre *Alternaria sp*, dont certaines espèces comme *alternata* sont aéroallergènes. Sa présence en grande quantité peut donc provoquer des allergies respiratoires. Il s'agit toutefois de l'un des genres de moisissures les plus présentes dans les bâtiments ayant des problèmes d'humidité. Au vue de sa faible surface de développement, cela ne revêt pas de caractère préoccupant sur le plan sanitaire.

L'origine de ce développement est vraisemblablement dû à un problème d'infiltration d'eau au niveau de la toiture. De plus, cette dernière laisse passer des feuilles mortes qui se déposent sur le faux-plafond créent un tapis organique non favorable à l'assèchement des parois et qui est source de microorganismes.



**Figure 27 : Etat du plénum situé au niveau du faux plafond présentant le développement de moisissures**

Lors de la campagne de mesure en période de chauffe, les traces de moisissures ont été nettoyées et le plafond repeint mais la situation du plénum n'a pas évolué.

Afin de résoudre la situation, il est important de résoudre le problème d'infiltration et de retirer les feuilles mortes accumulées et les serpillères entreposées dans le plénum qui favorisent l'accumulation d'humidité.

## 5 Conclusion

Dans le cadre d'une expertise bâtiment du Réseau EQAIR, Air PACA a réalisé une campagne de mesure dans une école située dans la commune de Pertuis du 12 au 16 octobre et du 30 novembre au 4 décembre 2015

Les mesures réalisées dans l'école du Parc Granier montrent de légers dépassements des valeurs de référence de qualité de l'air intérieur, pour les particules fines (PM<sub>2,5</sub>) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Le constat sur le NO<sub>2</sub> confirme l'influence du trafic routier, identifiée grâce aux cartes de concentrations annuelles en NO<sub>2</sub> et PM<sub>10</sub> et Carte Stratégique Air (CSA), sur la qualité de l'air intérieur.

Cet ancien bâtiment ne dispose pas de système de ventilation, l'air entrant n'est donc pas filtré. L'unique moyen de renouveler l'air est l'ouverture manuelle des fenêtres.

La fréquence d'ouverture des fenêtres déclarée est plus ou moins importante en fonction des pièces. Dans les salles de classe le confinement est « moyen », au regard de l'indice de confinement ICONE, mais présentent des pics de concentration correspondant à une qualité de l'air médiocre selon la norme NF EN 13779. Le confinement n'est toutefois pas extrême même dans les pièces peu aérées, probablement en raison des anciennes fenêtres qui ne doivent pas présenter une bonne étanchéité à l'air.

Les matériaux et ameublement des salles de classe n'étant pas récents, la plupart des concentrations en polluants intérieurs (aldéhydes et COV) sont conformes aux valeurs références et aux concentrations habituellement rencontrées. Pour certains polluants qui dépassent légèrement la médiane des concentrations dans les logements français, l'utilisation des produits d'entretien émissifs pourrait en être la cause. Heureusement, le ménage des salles de classe est réalisé en fin d'après-midi, cela permet d'éviter aux enfants d'inhaler une grande quantité de polluants émis par l'utilisation des produits d'entretien. Le choix de produits ou de techniques d'entretien moins émissifs pourraient réduire les concentrations mesurées.

Comme c'est le cas dans certaines classes, il est recommandé d'aérer plus régulièrement les salles de classe et notamment lors d'activités pédagogiques potentiellement polluantes (colles, peintures, encres, feutres...).

Enfin, le développement de moisissures (*Alternaria sp*) dans le couloir d'accès aux classes de l'aile ouest du bâtiment est témoin d'un problème d'infiltration d'eau de la toiture. La faible surface de développement de ce type de moisissures au moment du prélèvement ne présente pas de risque pour la santé. Il est cependant important de résoudre l'origine de l'infiltration pour ne pas occasionner d'ultérieurs développements plus importants ou de souches de moisissure beaucoup plus problématique sur le plan sanitaire.



Dans le cadre d'une expertise bâtiment du Réseau EQAIR, financée par la Région, l'ARS et la DREAL PACA, Air PACA a réalisé une campagne de mesure dans une école située dans la commune de Pertuis du 12 au 16 octobre et du 30 novembre au 4 décembre 2015

Les mesures réalisées dans l'école du Parc Granier montrent de légers dépassements des valeurs de référence de qualité de l'air intérieur, pour les particules fines (PM<sub>2,5</sub>) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Le constat sur le NO<sub>2</sub> confirme l'influence du trafic routier, identifiée grâce aux cartes de concentrations annuelles en NO<sub>2</sub> et PM<sub>10</sub> et Carte Stratégique Air (CSA), sur la qualité de l'air intérieur.

Cet ancien bâtiment ne dispose pas de système de ventilation, l'air entrant n'est donc pas filtré. L'unique moyen de renouveler l'air est l'ouverture manuelle des fenêtres.

La fréquence d'ouverture des fenêtres déclarée est plus ou moins importante en fonction des pièces. Dans les salles de classe le confinement est « moyen », au regard de l'indice de confinement ICONE, mais présentent des pics de concentration correspondant à une qualité de l'air médiocre selon la norme NF EN 13779. Le confinement n'est toutefois pas extrême même dans les pièces peu aérées, probablement en raison des anciennes fenêtres qui ne doivent pas présenter une bonne étanchéité à l'air.

Les matériaux et ameublement des salles de classe n'étant pas récents, la plupart des concentrations en polluants intérieurs (aldéhydes et COV) sont conformes aux valeurs références et aux concentrations habituellement rencontrées. Pour certains polluants qui dépassent légèrement la médiane des concentrations dans les logements français, l'utilisation des produits d'entretien émissifs pourrait en être la cause. Heureusement, le ménage des salles de classe est réalisé en fin d'après-midi, cela permet d'éviter aux enfants d'inhaler une grande quantité de polluants émis par l'utilisation des produits d'entretien. Le choix de produits ou de techniques d'entretien mois émissifs pourraient réduire les concentrations mesurées.

Comme c'est le cas dans certaines classes, il est recommandé d'aérer plus régulièrement les salles de classe et notamment lors d'activités pédagogiques potentiellement polluantes (colles, peintures, encres, feutres...).

Enfin, le développement de moisissures (*Alternaria sp*) dans le couloir d'accès aux classes de l'aile ouest du bâtiment est témoin d'un problème d'infiltration d'eau de la toiture. La faible surface de développement de ce type de moisissures au moment du prélèvement ne présente pas de risque pour la santé. Il est cependant important de résoudre l'origine de l'infiltration pour ne pas occasionner d'ultérieurs développements plus importants ou de souches de moisissure beaucoup plus problématique sur le plan sanitaire.

**Air PACA**  
QUALITÉ DE L'AIR

[www.airpaca.org](http://www.airpaca.org)

#### Siège social

146, rue Paradis  
« Le Noilly Paradis »  
13294 Marseille Cedex 06  
Tél. 04 91 32 38 00  
Télécopie 04 91 32 38 29

#### Établissement de Martigues

Route de la Vierge  
13500 Martigues  
Tél. 04 42 13 01 20  
Télécopie 04 42 13 01 29

#### Établissement de Nice

333, Promenade des Anglais  
06200 Nice  
Tél. 04 93 18 88 00  
Télécopie 04 93 18 83 06

