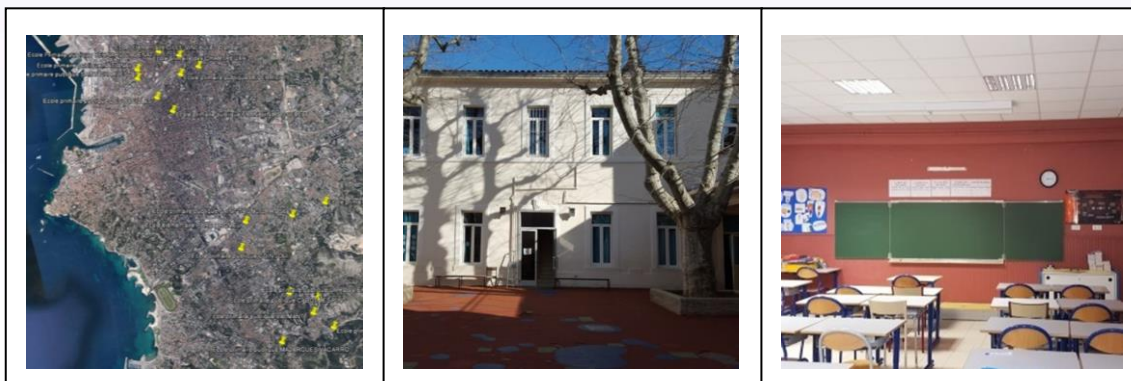


Qualité de l'air

PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR

Qualité de l'Air intérieur

Campagne ISAAC et accompagnement à la gestion de l'air des écoles de Marseille



www.airpaca.org

AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR



RESUME : QUALITE DE L'QUALITE DE L'AIR INTERIEUR - CAMPAGNE ISAAC ET ACCOMPAGNEMENT A LA GESTION DE L'AIR DES ECOLES DE MARSEILLE

L'étude ISAAC "International Study of Asthma and Allergies in Childhood" est une enquête épidémiologique mondiale dont l'objectif est de mieux connaître la prévalence et les facteurs de risque de l'asthme et des maladies allergiques de l'enfant. L'objectif principal de la présente phase d'ISAAC est d'évaluer l'évolution de cette prévalence au cours des 20 dernières années sur une population d'enfants de CM1 et CM2 de Marseille. L'objectif secondaire est de connaître l'évolution des concentrations des polluants de l'air et leur lien avec ces affections. Air PACA a réalisé en 2016-2017 une campagne de mesure de la qualité de l'air intérieur dans 64 salles de classe de 17 écoles élémentaires.

Le constat de cette grande campagne de mesure dans 17 établissements, également répartis entre le centre-ville et les quartiers Sud de Marseille, est le suivant :

- **Les concentrations en NO₂ sont cohérentes avec la situation géographique des écoles.** L'ensemble des établissements situés dans le centre-ville de Marseille ou à proximité d'un axe routier montre des concentrations intérieures supérieures à la Valeur Guide de l'ANSES (20 µg/m³). Les autres établissements respectent cette valeur.
- **La moitié des salles de classe dépassent la Valeur Guide en Air Intérieur en PM_{2,5} (10 µg/m³), néanmoins ce dépassement est mineur (<14 µg/m³), sauf pour une salle de classe.**
- **79% des salles de classe échantillonnées présentent des niveaux de confinement « élevés » et « très élevés ».** Ces niveaux sont principalement dus au changement des menuiseries, sans ajout de système de ventilation pour compenser l'augmentation de l'étanchéité à l'air occasionnée. Les niveaux de pollution intérieure fluctuent rapidement à la baisse lors de l'ouverture des fenêtres.
- Aucun établissement ne présente de concentration supérieure à la valeur limite réglementaire en benzène ou en formaldéhyde. 6 établissements sur 17 présentent de très légers dépassements de des valeurs guides. Les autres polluants sont tous inférieurs à leurs valeurs référence ou aux concentrations habituellement rencontrées.

Entre 1999 et 2016, les concentrations intérieures et extérieures en NO₂ des 17 établissements ont baissé, avec une diminution moyenne de plus de 30 %. Les données de la station de mesure de fond urbain de Marseille confirment cette tendance. Les concentrations en particules fines PM_{2,5}, formaldéhyde et acétaldéhyde ont présenté une légère diminution entre 1999 et 2016 dans les mêmes 17 établissements.

► Accompagnement et axes d'amélioration

Air PACA a accompagné la ville de Marseille dans la gestion de la qualité de l'air des 17 établissements ayant participé à l'étude ISAAC. Cet accompagnement s'est orienté autour de la réponse aux exigences de la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les écoles (stratégie et mise en œuvre), la sensibilisation des acteurs, gestionnaires, personnels et occupants des écoles ainsi que de la remontée d'informations sur les dysfonctionnements de certains bâtiments.

Par ailleurs, Air PACA a pu fournir, pour l'ensemble des établissements de la ville de Marseille, un pré-remplissage de certaines questions de proximité du guide pratique du Ministère (réglementation air intérieur dans les ERP). Par exemple, près de 90 % des établissements de la ville de Marseille sont situés à moins de 200 mètres d'un axe routier qui dépasse potentiellement 7000 véhicules/jour.

Sur la base des 17 établissements de l'étude ISAAC, l'axe principal d'amélioration de la qualité de l'air concerne les conditions de confinement. La première recommandation consiste à améliorer les habitudes d'ouverture des fenêtres. Ceci a été expérimenté lors de la sensibilisation des enfants et enseignants lors de laquelle un appareil de mesure pédagogique a été mis en place pour permettre d'indiquer aux occupants quand ouvrir les fenêtres. Enfin, Air PACA recommande l'installation systématique de systèmes de ventilation mécanique contrôlée lors du changement des menuiseries.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à adresser nos remerciements à la Ville de Marseille et plus particulièrement à la Direction de l'environnement et de l'espace urbain (Fabienne Pérez et Céline Lepoivre), ainsi qu'au Service de la santé publique et du handicap (Monsieur Padovani et Dominique Chanaud).

En complément, nous remercions la forte implication au sein des écoles de l'ensemble des directeurs, enseignants et du personnel d'entretien qui ont participé à l'étude.

Un grand merci au Professeur Charpin et à Fabien Sasso de l'Assistance Publique des Hôpitaux de Marseille pour la coopération de tous les jours dans la mise en place de la campagne de mesure ISAAC associée à au recueil des informations relatives à l'axe épidémiologique de l'étude.

Enfin, un merci pour la forte implication des intervenants de sensibilisation à la qualité de l'air intérieur pour le personnel d'entretien (Nicolas Damien, France Nature Environnement 13) et pour les enfants et enseignants (Théo Estève, Fédération L'Air et Moi).

PARTENAIRES

Assistance Publique - Hôpitaux de Marseille

Fédération L'Air et Moi

La Maison Ecologie Provence

France Nature Environnement PACA

Financeurs :

- Région Provence Alpes Côte d'Azur
- Ville de Marseille

AUTEURS DU DOCUMENT

Mathieu Izard, Air PACA



SOMMAIRE

1. Cadre et objectifs de l'étude	5
2. Méthodologie de la campagne de mesure	5
2.1 Echantillonnage	6
2.2 Description des écoles.....	7
2.3 Paramètres de mesure	35
2.4 Modalités de mesure.....	36
2.5 Modalités d'interprétation des résultats de mesures.....	39
3. Résultats	45
3.1 Paramètres traceurs de la pollution de l'air ambiant.....	45
3.2 Aldéhydes	49
3.3 Confinement et habitudes d'ouverture.....	52
3.4 COV légers et totaux.....	53
4. Comparaison des données à l'étude ISAAC de 1999	59
4.1 Dioxyde d'azote	59
4.2 PM2,5	60
4.3 Formaldéhyde.....	61
4.4 Acétaldéhyde.....	61
5. Accompagnement dans la gestion de la qualité de l'air intérieur	63
5.1 Contexte réglementaire	63
5.2 Accompagnement à la mise en place de la réglementation	65
5.3 Informations des dysfonctionnements des établissements.....	71
6. Conclusion	73



ANNEXES

ANNEXE 1 : Résultats de mesure de la campagne ISAAC de 1999.....	80
---	----

1. Cadre et objectifs de l'étude

L'étude ISAAC "International Study of Asthma and Allergies in Childhood" est une enquête épidémiologique mondiale dont l'objectif est de mieux connaître la prévalence et les facteurs de risque de l'asthme et des maladies allergiques de l'enfant. La présente phase d'ISAAC visait à évaluer cette prévalence sur une population d'enfants de CM1 et CM2 en fonction de la qualité de l'air intérieur de leur école. Une première édition a été menée en 1999 sur 17 écoles de la ville de Marseille. Elle comportait deux axes principaux, l'évaluation de la prévalence des maladies allergiques d'un côté et une campagne de mesure d'air intérieur pour évaluer l'exposition aux polluants intérieurs de l'autre.

L'objectif de l'édition 2016 était d'évaluer, 17 ans après la première étude sur Marseille, l'évolution des maladies allergiques chez les enfants de CM1 et CM2 et les conditions de pollution de l'air intérieur dans les mêmes écoles.

L'évaluation de la prévalence des maladies allergiques a été réalisée par le Professeur Charpin, chef de service de la Clinique des bronches, de l'allergie et du sommeil de l'Assistance Publique des Hôpitaux de Marseille et Fabien Sasso, interne en médecine dans le cadre de sa thèse¹. Cette partie de l'étude n'est pas développée dans le présent rapport.

Air PACA était en charge de la campagne de mesure de la qualité de l'air intérieur dans les 17 écoles de l'étude. En complément, Air PACA a accompagné la ville de Marseille dans la mise en place de la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans ces 17 écoles.

La campagne de mesure d'air intérieur dans les 17 établissements s'est échelonnée de février 2016 à juin 2016. L'accompagnement à la surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur s'est déroulé de juin 2016 à juin 2017.

2. Méthodologie de la campagne de mesure

Les 17 écoles élémentaires participant à l'étude sont réparties en deux groupes homogènes :

- 8 écoles situées au centre-ville de Marseille
- 9 écoles situées dans les quartiers sud



Photographie 1 : Répartition spatiale des écoles ISAAC dans la ville de Marseille

¹ Fabien Sasso. Evolution de la prévalence des maladies allergiques de l'enfant et impact de la pollution atmosphérique. Thèse Marseille, 2016, 143 pages.

Les 17 écoles retenues pour cette étude sont les mêmes que celles ayant participé à l'étude de 1999. C'est le choix qui a été retenu pour pouvoir comparer l'état de la qualité de l'air intérieur et la prévalence des maladies allergiques aux mêmes emplacements à 17 ans d'intervalle.

Les établissements du centre-ville sont considérés comme étant impactés de manière significative par une pollution extérieure importante.

A l'inverse, les écoles des quartiers sud sont préservées, grâce à un niveau de polluants extérieurs moindre.

Cette influence est mise en évidence sur la cartographie des concentrations annuelles 2015 en dioxyde d'azote.

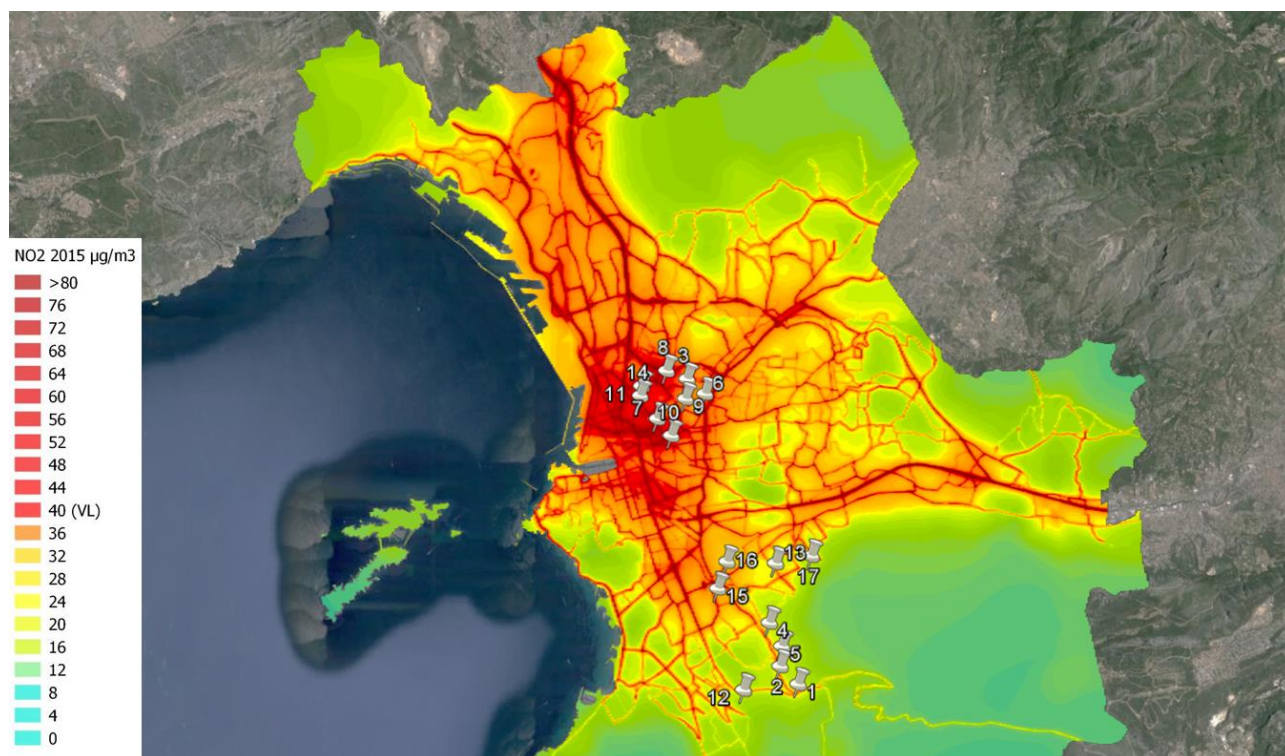


Figure 1 : Positionnement des 17 écoles ISAAC sur fond de carte de pollution annuelle en dioxyde d'azote (données 2015)

2.1 Echantillonnage

Afin que les études de 1999 et de 2016 soient comparables, il a été appliqué la méthode d'échantillonnage de 1999. Le principe de cette campagne de mesure n'est pas de répartir uniformément les pièces instrumentées mais de sélectionner l'ensemble des salles de classe de CM1 et CM2. Ainsi, sur l'ensemble des 17 établissements, 64 salles de classe de CM1 et CM2 ont été échantillonnées (2 à 6 classes par établissement). Dans certaines écoles, les salles de classe échantillonnées étaient situées dans une même zone, dans d'autres écoles elles étaient réparties dans l'ensemble du bâtiment. Les points de mesures extérieurs ont été positionnés dans la cour.

Les campagnes de mesure se sont échelonnées de février à juin 2016 en condition d'occupation, sur une seule période de mesure de 4,5 jours (du lundi matin au vendredi en fin d'après-midi).

Le calendrier a été organisé pour respecter au mieux la période de mesure de la campagne ISAAC de 1999, en fonction des disponibilités de chaque école. Ainsi, les écoles ont été échantillonnées dans une période considérée comme similaire (période de chauffe, hors chauffe ou période estivale). Afin de respecter les délais, certaines campagnes de mesure ont été réalisées dans deux bâtiments en même temps.

Le calendrier d'échantillonnage est le suivant :

FÉVRIER			MARS			AVRIL			MAI			JUIN		
L 1	Ella	05	M 1			V 1			D 1	Fête du travail		M 1		
M 2	Présentation		M 2	VALMANTE		S 2			L 2		18	J 2	VACCARO	
M 3	Blaise		J 3	(2 classes)		D 3			M 3			V 3	(4 classes)	
J 4	Véronique		V 4			L 4		14	M 4			S 4	Clotilde	
V 5	Agathe		S 5			M 5			J 5	Ascension		D 5	Igor	
S 6	Gaston		D 6			M 6	VACANCES ZONE B		V 6			L 6		23
D 7	Eugénie		L 7		10	J 7			S 7			M 7	ST TRONC LA ROSE	
L 8		06	M 8	GILLES VIGNEAULT		V 8			D 8	Victoire 1945		M 8	(4 classes)	
M 9			M 9	(4 classes)		S 9			L 9		19	J 9		
M 10	VACANCES ZONE B		J 10			D 10			M 10	FD ROOSEVELT		V 10		
J 11			V 11			L 11		15	M 11	(4 classes)		S 11	Barnabé	
V 12			S 12			M 12			J 12			D 12	Guy	
S 13	Béatrice		D 13			M 13	VACANCES ZONE B		V 13			L 13		24
D 14	Valentin		L 14		11	J 14			S 14			M 14	ST CHARLES II	
L 15		07	M 15			V 15			D 15	Pentecôte		M 15	(4 classes)	
M 16			M 16	CABOT LES PINS		S 16			L 16	L. Pentecôte	20	J 16		
M 17	VACANCES ZONE B		J 17	(3 classes)		D 17			M 17			V 17		
J 18			V 18	ROUVIERE		L 18		16	M 18			S 18	Léonce	
V 19			S 19	(3 classes)		M 19	BERNARD CADENAT		J 19			D 19	Fête des Pères	
S 20	Aimée		D 20			M 20	(6 classes)		V 20			L 20		25
D 21	Damien		L 21		12	J 21			S 21	Constantin		M 21	DE COIN JOLI	
L 22		08	M 22	CHARTREUX		V 22			D 22	Emile		M 22	(3 classes)	
M 23			M 23	(3 classes)		S 23			L 23		21	J 23	PARC DROMEL	
M 24	VALMONT REDON		J 24	(4 classes)		D 24			M 24	NATIONAL		V 24	(3 classes)	
J 25	(2 classes)		V 25			L 25		17	M 25	(6 classes)		S 25	Prosper	
V 26			S 26			M 26	LEVERRIER		J 26			D 26	Anthelme	
S 27			D 27	Pâques +1h		M 27	(5 classes)		V 27			L 27		26
D 28			L 28	L. de Pâques	13	J 28			S 28	Germain		M 28	CASTELROC	
L 29		09	M 29			V 29			D 29	Fête des Mères		M 29	(4 classes)	
			M 30			S 30			L 30		22	J 30		
			J 31						M 31					

Figure 2 : Calendrier d'échantillonnage des 17 écoles de l'étude ISAAC

2.2 Description des écoles

2.2.1 Ecole Valmont Redon

L'école élémentaire Valmont Redon est située dans les quartiers sud de Marseille, dans le 9ème arrondissement au 431 avenue de Lattre de Tassigny. Elle est située néanmoins située à moins de 100 mètres d'un axe routier fréquenté (avenue de Lattre de Tassigny).



Source/note : Google Earth

Photographie 2 : Ecole élémentaire Valmont Redon

La campagne de mesure a été réalisée du 22 au 26 février 2016.

Cet établissement de niveau R+1 présente deux salles de classe de CM1 et CM2 situées au 1er étage (SDC1 et SDC2). Elles sont équipées de menuiseries récentes et ne possèdent pas de système de ventilation.

2.2.1.1 SDC1

La salle de classe n°1 (SDC1) est une classe de CM2 orientée Nord



Photographie 3 : Salle de classe SDC1 de l'école élémentaire Valmont Redon

2.2.1.2 SDC2

La salle SDC2 est une classe de CM1 orientée Sud



Photographie 4 : Salle de classe SDC2 de l'école élémentaire Valmont Redon

2.2.2 Ecole Valmante

L'école élémentaire Valmante est située dans les quartiers sud de Marseille, dans le 9ème arrondissement au 83 chemin Jean Roubin. L'école est desservie par une rue à faible fréquentation.





Photographie 5 : Ecole élémentaire Valmante

La campagne de mesure a été réalisée du 29 février au 4 mars 2016.

Cet établissement de niveau R+2 présente deux salles de classe de CM1 et CM2 situées au 1er étage (SDC1 et SDC2). Elles sont équipées de menuiseries récentes et ne possèdent pas de système de ventilation.

2.2.2.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe de CM1/CM2 orientée Nord



Photographie 6 : Salle de classe SDC1 de l'école élémentaire Valmante

2.2.2.2 SDC2

La salle SDC2 est une classe de CE2/CM1 également orientée Nord



Photographie 7 : Salle de classe SDC2 de l'école élémentaire Valmante

2.2.3 Ecole Gilles Vignault

L'école élémentaire Gilles Vignault est située dans le centre-ville de Marseille, dans le 4^{ème} arrondissement 15 boulevard Dahdah. L'école est desservie par une rue à faible fréquentation.



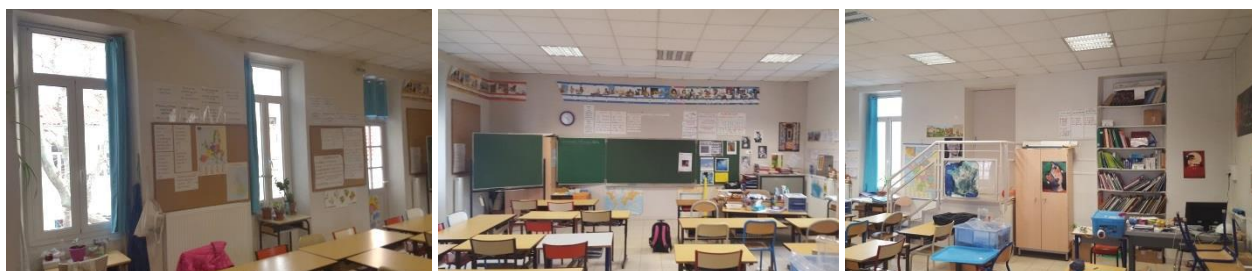
Photographie 8 : Ecole Gilles Vignault

La campagne de mesure a été réalisée du 7 au 11 mars 2016.

Cet établissement de niveau R+1 présente quatre salles de classe de CM1 et CM2 réparties entre le rez-de-chaussée et le 1^{er} étage (SDC1 à SDC4). Elles sont équipées de menuiseries récentes et ne possèdent pas de système de ventilation.

2.2.3.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe du 1^{er} étage, orientée sud, du côté Ouest du bâtiment



Photographie 9 : Salle de classe SDC1 de l'école Gilles Vignault

2.2.3.2 SDC2

La salle SDC2 est une classe du 1^{er} étage, orientée Sud, du côté est du bâtiment



Photographie 10 : Salle de classe SDC2 de l'école Gilles Vignault

2.2.3.3 SDC3

La salle SDC3 est une classe du rez-de-chaussée, orientée sud, du côté Ouest du bâtiment



Photographie 11 : Salle de classe SDC3 de l'école Gilles Vignault

2.2.3.4 SDC4

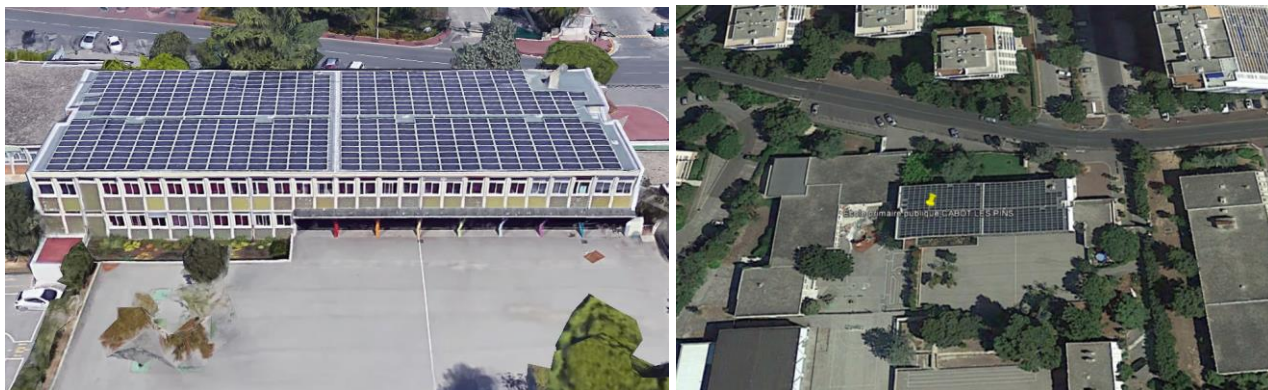
La salle SDC3 est une classe du rez-de-chaussée, orientée sud, du côté Est du bâtiment



Photographie 12 : Salle de classe SDC4 de l'école Gilles Vignault

2.2.4 Ecole Cabot les Pins

L'école Cabot les Pins est située dans les quartiers sud de Marseille, dans le 9ème arrondissement au 51 allée des Pins. L'école est desservie par une rue à fréquentation moyenne.



Photographie 13 : Ecole Cabot les pins

La campagne de mesure a été réalisée du 14 au 18 mars 2016.

Cet établissement de niveau R+1 présente trois salles de classe de CM1 et CM2 situées au 1er étage (SDC1 à SDC3). Elles sont équipées de menuiseries récentes et ne possèdent pas de système de ventilation.

2.2.4.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe de CM1 du 1^{er} étage, orientée Nord



Photographie 14 : Salle de classe SDC1 de l'école Cabot les pins

2.2.4.2 SDC2

La salle SDC2 est une classe de CM2 du 1^{er} étage, orientée Nord



Photographie 15 : Salle de classe SDC2 de l'école Cabot les pins

2.2.4.3 SDC3

La salle SDC3 est une classe de CM2 du 1^{er} étage, orientée Sud



Photographie 16 : Salle de classe SDC3 de l'école Cabot les pins

2.2.5 Ecole La Rouvière

L'école Cabot les Pins est située dans les quartiers sud de Marseille, dans le 9ème arrondissement au 51 allée des Pins. L'école est desservie par une rue à faible fréquentation.



Photographie 17 : Ecole Rouvière

La campagne de mesure a été réalisée du 14 au 18 mars 2016.

Cet établissement de niveau R+3 présente trois salles de classe de CM1 et CM2 situées au 2ème étage et orientées nord (SDC1 à SDC3). Elles sont équipées de menuiseries récentes et ne possèdent pas de système de ventilation.

2.2.5.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe de CM1 du 2^{ème} étage, orientée Nord



Photographie 18 : Salle de classe SDC1 de l'école Rouvière

2.2.5.2 SDC2

La salle SDC2 est une classe de CM1/CM2 du 2^{ème} étage, orientée Nord



Photographie 19 : Salle de classe SDC1 de l'école Rouvière

2.2.5.3 SDC3

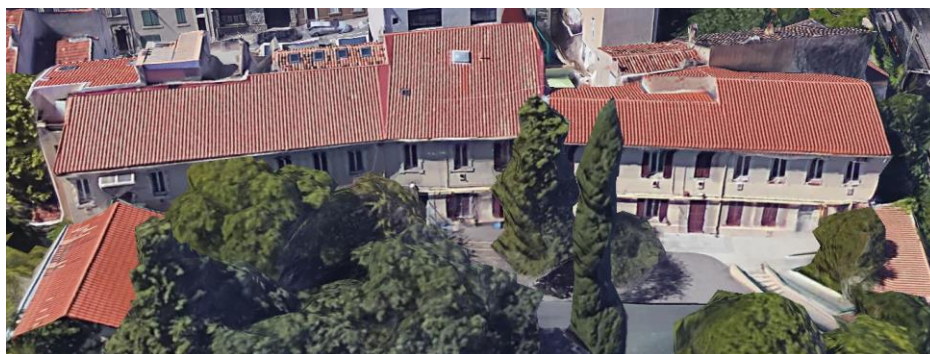
La salle SDC3 est une classe de CM2 du 2^{ème} étage, orientée Nord



Photographie 20 : Salle de classe SDC1 de l'école Rouvière

2.2.6 Ecole des Chartreux

L'école élémentaire des Chartreux est située dans le centre-ville de Marseille, dans le 4^{ème} arrondissement au 117 avenue des Chartreux. L'école est desservie par une rue à forte fréquentation.



Photographie 21 : Salle de classe SDC1 de l'école Chartreux

La campagne de mesure a été réalisée du 21 au 25 mars 2016.

Cet établissement de niveau R+1 présente trois salles de classe de CM1 et CM2 réparties au rez-de-chaussée et au 1^{er} étage et orientées Est (SDC1 à SDC3). Elles sont équipées de menuiseries récentes et ne possèdent pas de système de ventilation.

2.2.6.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe de CM2 du 1^{er} étage, à l'extrémité nord du bâtiment



Photographie 22 : Salle de classe SDC1 de l'école Chartreux

2.2.6.2 SDC2

La salle SDC2 est une classe de CM1 au rez-de-chaussée au centre du bâtiment



Photographie 23 : Salle de classe SDC2 de l'école Chartreux

2.2.6.3 SDC3

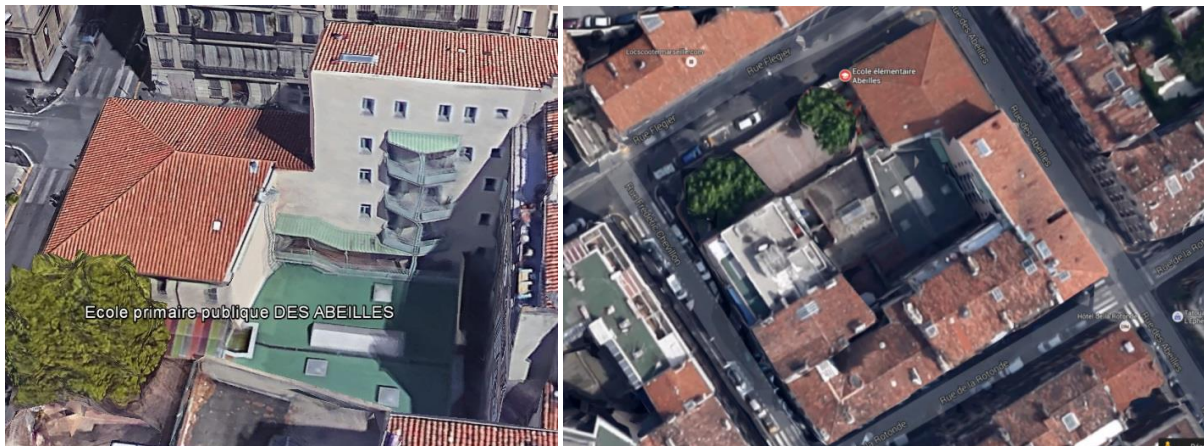
La salle SDC3 est une classe de CM1/CM2 au 1^{er} étage, à l'extrémité Sud du bâtiment



Photographie 24 : Salle de classe SDC3 de l'école Chartreux

2.2.7 Ecole Les Abeilles

L'école élémentaire Les Abeilles est située dans le centre-ville de Marseille, dans le 1er arrondissement, à proximité de la gare St-Charles, au 14 rue Flegier.



Photographie 25 : Salle de classe SDC1 de l'école Les Abeilles

La campagne de mesure a été réalisée du 21 au 25 mars 2016.

Cet établissement de niveau R+5 présente quatre salles de classe de CM1 et CM2 réparties entre le 3ème et le 4ème étage et sont exposées Nord-Est côté rue des abeilles (SDC1 à SDC4). Elles sont équipées de menuiseries récentes, de carrelage au sol et ne possèdent pas de système de ventilation.

2.2.7.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe de CM1 située au 3^{ème} étage, côté Nord



Photographie 26 : Salle de classe SDC1 de l'école Les Abeilles

2.2.7.2 SDC2

La salle SDC2 est une classe de CM1 située au 3^{ème} étage, côté Sud



Photographie 27 : Salle de classe SDC2 de l'école Les Abeilles

2.2.7.3 SDC3

La salle SDC3 est une classe située au 4^{ème} étage, côté Nord (au-dessus de la salle SDC2)



Photographie 28 : Salle de classe SDC3 de l'école Les Abeilles

2.2.7.4 SDC4

La salle SDC2 est une classe de CM2 située au 4^{ème} étage, côté Sud (au-dessus de la salle SDC1)



Photographie 29 : Salle de classe SDC4 de l'école Les Abeilles

2.2.8 Ecole Bernard Cadenat

L'école élémentaire Bernard Cadenat est située dans le centre-ville de Marseille, dans le 3^{ème} arrondissement, au 3 Place Bernard Cadenat.



Photographie 30 : Ecole Bernard Cadenat

La campagne de mesure a été réalisée du 18 au 22 avril 2016.

Cet établissement de niveau R+1 présente six salles de classe de CM1 et CM2 réparties dans l'ensemble de l'établissement (SDC1 à SDC6). Elles sont équipées de menuiseries récentes et ne possèdent pas de système de ventilation. Certaines salles de classe possèdent des revêtements de sol souples de type PVC, d'autres salles ont du carrelage au sol. Le reste des revêtements (murs et plafond) sont similaires d'une salle à l'autre.



Figure 3 : Plan d'échantillonnage de l'école Bernard Cadenat

2.2.8.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe de CM2 au rez-de-chaussée à l'extrémité nord de l'établissement. Elle possède une double exposition, Sud et Nord. Parmi les salles échantillonnées, c'est la seule qui possède un revêtement de sol souple PVC.



Photographie 31 : Salle de classe SDC1 de l'école Bernard Cadenat

2.2.8.2 SDC2

La salle SDC2 est une classe de CM1 au 1er étage, à l'extrémité nord de l'établissement. Elle possède une exposition Nord et Est. Le revêtement de sol est du carrelage.



Photographie 32 : Salle de classe SDC2 de l'école Bernard Cadenat

2.2.8.3 SDC3

La salle SDC3 est une classe de CM2 au 1er étage, attenante à la SDC2 côté Sud. Elle possède une double exposition Est et Ouest. Le revêtement de sol est du carrelage.



Photographie 33 : Salle de classe SDC3 de l'école Bernard Cadenat

2.2.8.4 SDC4

La salle SDC4 est une classe de CE2/CM1 au 1er étage, attenante à la SDC3 côté Sud. Elle possède une double exposition Est et Ouest. Le revêtement de sol est du carrelage.



Photographie 34 : Salle de classe SDC4 de l'école Bernard Cadenat

2.2.8.5 SDC5

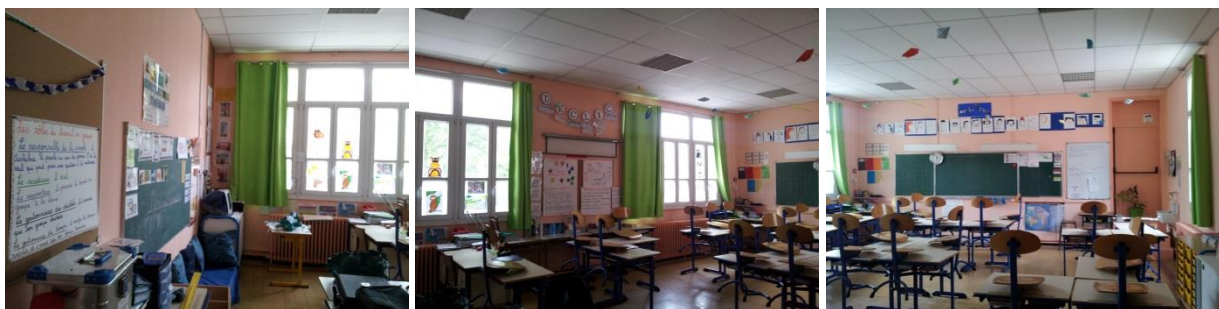
La salle SDC5 est une classe de CM1 au rez-de-chaussée à l'extrémité Sud de l'établissement. Elle possède une double exposition, Est et Ouest. Le revêtement de sol est du carrelage.



Photographie 35 : Salle de classe SDC5 de l'école Bernard Cadenat

2.2.8.6 SDC6

La salle SDC6 est une classe de CM1/CM2, isolée au 1er étage à l'extrémité Est de l'établissement. Elle est exposée Ouest. Le revêtement de sol est du carrelage.



Photographie 36 : Salle de classe SDC6 de l'école Bernard Cadenat

2.2.9 Ecole Leverrier

L'école élémentaire Bernard Cadenat est située dans le centre-ville de Marseille, dans le 4^{ème} arrondissement, au 6 Place Leverrier.



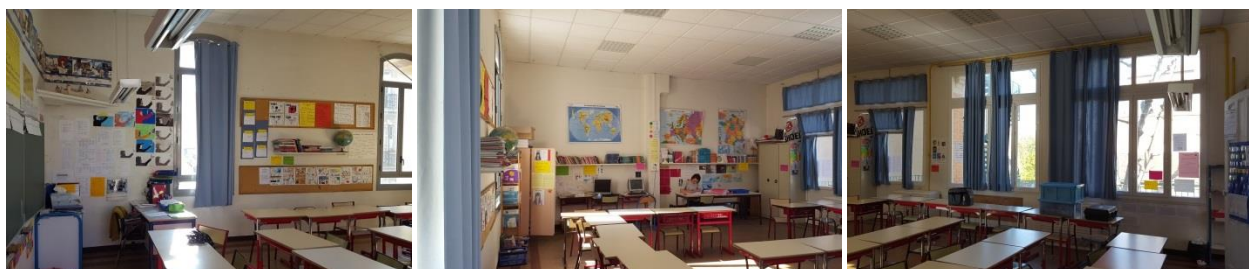
Photographie 37 : Salle de classe SDC1 de l'école Leverrier

La campagne de mesure a été réalisée du 25 au 29 avril 2016.

Cet établissement de niveau R+2 présente cinq salles de classe de CM1 et CM2 réparties dans l'ensemble de l'établissement (SDC1 à SDC6). Elles sont équipées de menuiseries récentes et ne possèdent pas de système de ventilation. L'ensemble des salles de classe échantillonnées possèdent du carrelage au sol et des dalles de faux-plafond.

2.2.9.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe de CM1 située au 1^{er} étage de l'aile Ouest du bâtiment. Elle possède une double exposition Sud-Ouest et Nord-Est.



Photographie 38 : Salle de classe SDC1 de l'école Leverrier

2.2.9.2 SDC2

La salle SDC2 est une classe de CM1 située au 1^{er} étage de l'aile Ouest du bâtiment. Elle possède également une double exposition Sud-Ouest et Nord-Est.



Photographie 39 : Salle de classe SDC2 de l'école Leverrier

2.2.9.3 SDC3

La salle SDC3 est une classe de CM2 située au 2^{ème} étage de l'aile Ouest du bâtiment. Elle possède également une double exposition Sud-Ouest et Nord-Est.



Photographie 40 : Salle de classe SDC3 de l'école Leverrier

2.2.9.4 SDC4

La salle SDC4 est une classe de CM2 située au 2^{ème} étage de l'aile Est du bâtiment. Elle possède une double exposition Nord-Ouest et Sud-Est (côté boulevard Camille Flammarion).



Photographie 41 : Salle de classe SDC4 de l'école Leverrier

2.2.9.5 SDC5

La salle SDC5 est une classe de CE2/CM1 située au 1^{er} étage de l'aile Est du bâtiment. Elle possède également une double exposition Nord-Ouest et Sud-Est (côté boulevard Camille Flammarion).



Photographie 42 : Salle de classe SDC5 de l'école Leverrier

2.2.10 Ecole FD Roosevelt

L'école élémentaire Franklin Roosevelt est située dans le centre-ville de Marseille, dans le 5^{ème} arrondissement, au 5 rue Tivoli.



Photographie 43 : Ecole FD Roosevelt

La campagne de mesure a été réalisée du 9 au 13 mai 2016.

Cet établissement de niveau R+2 (côté cour) présente quatre salles de classe de CM1 et CM2 réparties dans l'établissement (SDC1 à SDC4). Elles sont équipées de menuiseries récentes et ne possèdent pas de système de ventilation.

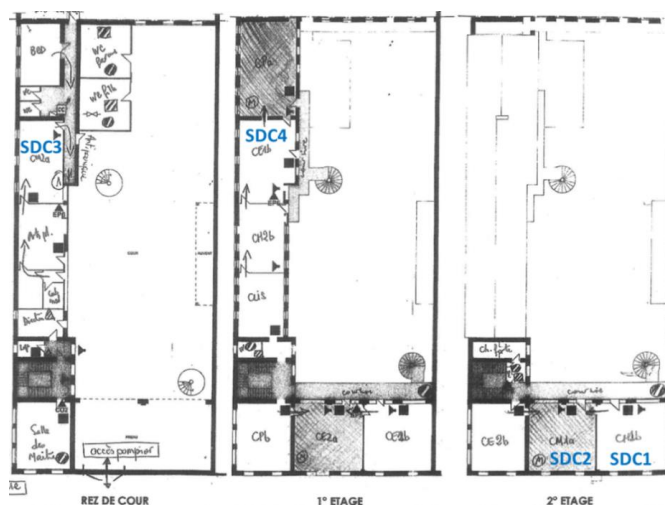
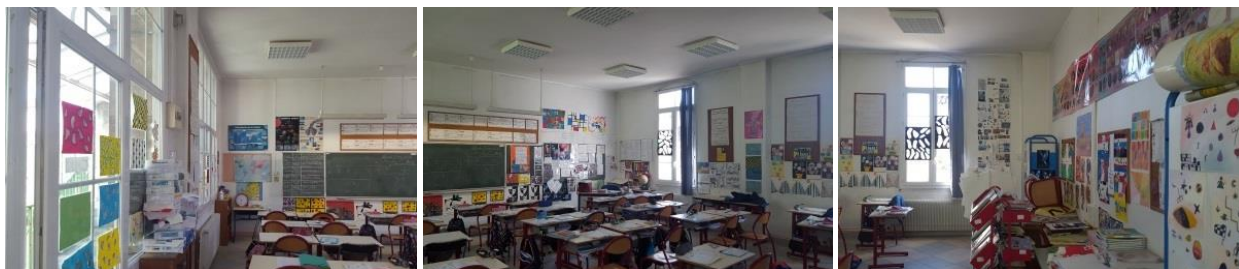


Figure 4 : Plan d'échantillonnage de l'école FD Roosevelt

2.2.10.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe de CM1 située au 2^{ème} étage de l'aile Sud du bâtiment. Elle possède une double exposition Sud et Nord. Elle possède du carrelage au sol.



Photographie 44 : Salle de classe SDC1 de l'école Leverrier

2.2.10.2 SDC2

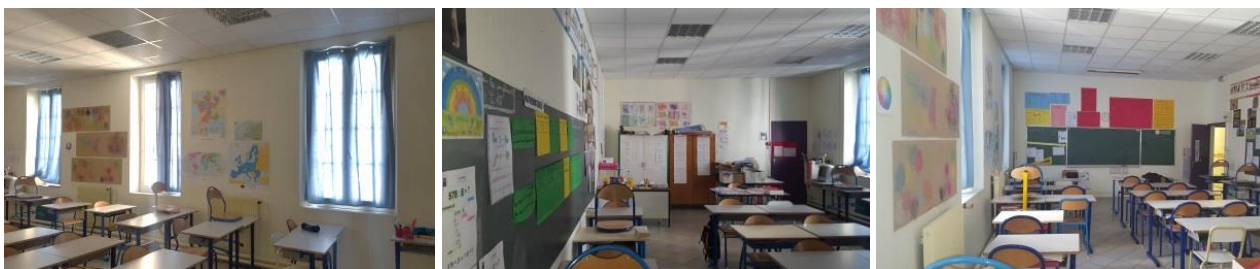
La salle SDC2 est une classe de CM1 située au 2^{ème} étage, attenante à la salle SDC1 de l'aile Sud du bâtiment. Elle possède également une double exposition Sud et Nord. Elle possède du carrelage au sol.



Photographie 45 : Salle de classe SDC2 de l'école Leverrier

2.2.10.3 SDC3

La salle SDC3 est une classe de CM2 située au rez-de-cour de l'aile Ouest du bâtiment. Elle possède une double exposition Ouest et Est. Elle possède du carrelage au sol et des dalles de faux-plafond.



Photographie 46 : Salle de classe SDC3 de l'école Leverrier

2.2.10.4 SDC4

La salle SDC4 est une classe de CM2 située au 1^{er} étage de l'aile Ouest du bâtiment. Elle possède une double exposition Ouest et Est. Elle possède un revêtement de sol souple.



Photographie 47 : Salle de classe SDC4 de l'école Leverrier

2.2.11 Ecole National

L'école élémentaire Franklin Roosevelt est située dans le centre-ville de Marseille, dans le 3^{ème} arrondissement, au 179 Bd National.



Photographie 48 : Ecole National

La campagne de mesure a été réalisée du 23 au 27 mai 2016.

Cet établissement de niveau R+3 présente six salles de classe de CM1 et CM2 réparties dans l'établissement (SDC1 à SDC6). Les salles SDC1 à SDC5 sont situées dans l'aile Sud alors que la salle SDC6 est dans l'aile Nord. Elles sont équipées de menuiseries récentes et ne possèdent pas de système de ventilation. Elles possèdent toutes du carrelage au sol et des dalles de faux-plafond

2.2.11.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe de CM1/CM2 située au 1^{er} étage de l'aile Sud du bâtiment. Elle est exposée Sud-Ouest côté cour.



Photographie 49 : Salle de classe SDC1 de l'école National

2.2.11.2 SDC2

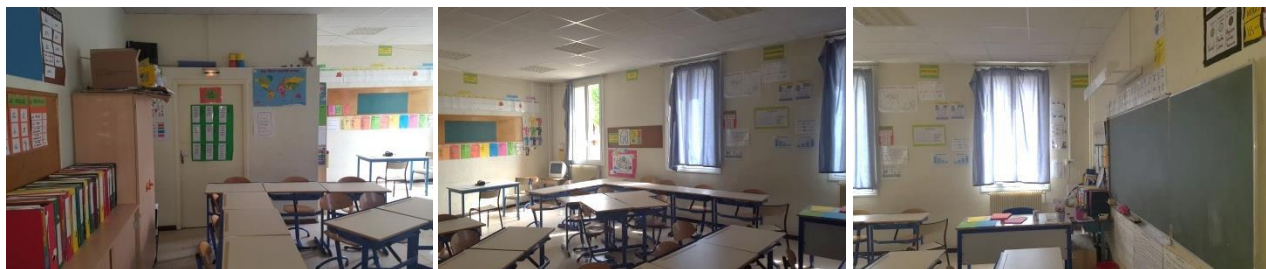
La salle SDC2 est une classe de CM1 située au 2^{ème} étage de l'aile Sud du bâtiment. Elle est exposée Nord-Est, côté rue.



Photographie 50 : Salle de classe SDC2 de l'école National

2.2.11.3 SDC3

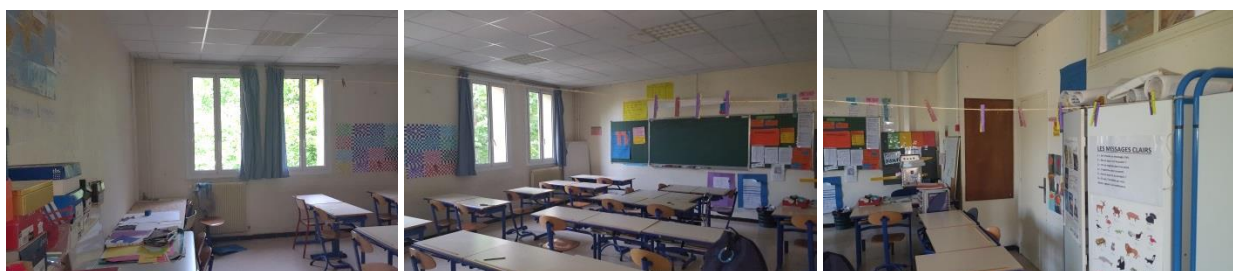
La salle SDC3 est une classe de CM1 située au 2^{ème} étage de l'aile Sud du bâtiment. Elle est située au-dessus de la salle SDC1, elle est donc exposée Sud-Ouest, côté cour.



Photographie 51 : Salle de classe SDC3 de l'école National

2.2.11.4 SDC4

La salle SDC4 est une classe de CM2 située au 2^{ème} étage de l'aile Sud du bâtiment. Elle est située au-dessus de la salle SDC2, elle est donc exposée Nord-Est, côté rue.



Photographie 52 : Salle de classe SDC4 de l'école National

2.2.11.5 SDC5

La salle SDC5 est une classe de CM2 située au 2^{ème} étage de l'aile Sud du bâtiment. Elle est située au-dessus de la salle SDC3, elle est donc exposée Sud-Ouest, côté cour.



Photographie 53 : Salle de classe SDC5 de l'école National

2.2.11.6 SDC6

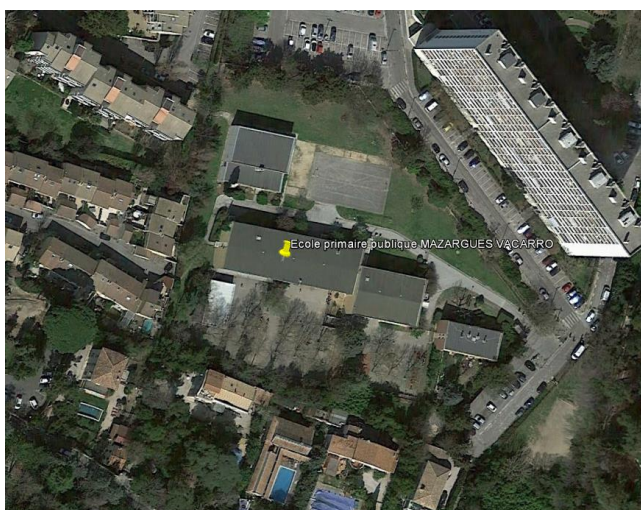
La salle SDC6 est une classe de CE2/CM1 située au 2^{ème} étage de l'aile Nord du bâtiment. Elle est exposée Nord-Est, côté rue.



Photographie 54 : Salle de classe SDC6 de l'école National

2.2.12 Ecole Vaccaro

L'école Vaccaro est située dans les quartiers sud de Marseille, dans le 9^{ème} arrondissement au boulevard du Maréchal Koenig. L'école est desservie par accès résidentiel à faible fréquentation.



Photographie 55 : Ecole Vaccaro

La campagne de mesure a été réalisée du 30 mai au 3 juin 2016.

Cet établissement de niveau R+1 présente quatre salles de classe de CM1 et CM2 situées au 1^{er} étage de l'aile Ouest du bâtiment (SDC1 à SDC4). Elles sont équipées d'**anciennes menuiseries** qui ne sont pas étanches à l'air et ne possèdent pas de système de ventilation. Elles possèdent toutes un revêtement de sol souple et des dalles de faux-plafond.

2.2.12.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe de CM1 située au 1^{er} étage. Elle est exposée au Sud, côté cour.



Photographie 56 : Salle de classe SDC1 de l'école Vaccaro

2.2.12.2 SDC2

La salle SDC2 est une classe de CM1 située au 1^{er} étage. Elle est exposée au Nord.



Photographie 57 : Salle de classe SDC2 de l'école Vaccaro

2.2.12.3 SDC3

La salle SDC3 est une classe de CM2 située au 1^{er} étage. Elle est exposée au Sud, côté cour.



Photographie 58 : Salle de classe SDC3 de l'école Vaccaro

2.2.12.4 SDC4

La salle SDC4 est une classe de CM2 située au 1^{er} étage. Elle est exposée au Nord.



Photographie 59 : Salle de classe SDC4 de l'école Vaccaro

2.2.13 Ecole Saint Tronc La Rose

L'école Saint Tronc La Rose est située dans les quartiers sud de Marseille, dans le 10^{ème} arrondissement au 225 boulevard Paul Claudel. L'école est desservie par accès résidentiel à faible fréquentation.



Photographie 60 : Ecole Saint Tronc La Rose

La campagne de mesure a été réalisée du 6 au 10 juin 2016.

Cet établissement de niveau R+2 présente quatre salles de classe de CM1 et CM2 situées au 2^{ème} étage de l'aile Nord du bâtiment (SDC1 à SDC4). Elles sont équipées de menuiseries récentes, ont du carrelage au sol, ne possèdent pas de système de ventilation et sont toutes orientées au Sud-Est, côté cour.

2.2.13.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe de CM1 située au 2^{ème} étage. Elle est exposée au Sud-Est, côté cour.



Photographie 61 : Salle de classe SDC1 de l'école Saint Tronc La Rose

2.2.13.2 SDC2

La salle SDC2 est une classe de CM2 située au 2^{ème} étage. Elle est exposée au Sud-Est, côté cour.



Photographie 62 : Salle de classe SDC2 de l'école Saint Tronc La Rose

2.2.13.3 SDC3

La salle SDC3 est une classe de CM2 située au 2^{ème} étage. Elle est exposée au Sud-Est, côté cour.



Photographie 63 : Salle de classe SDC3 de l'école Saint Tronc La Rose

2.2.13.4 SDC4

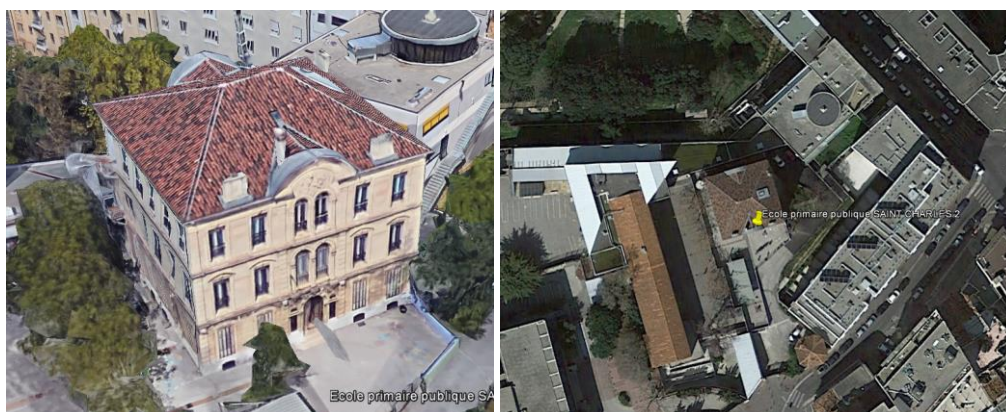
La salle SDC3 est une classe de CM1 située au 2^{ème} étage. Elle est exposée au Sud-Est, côté cour.



Photographie 64 : Salle de classe SDC4 de l'école Saint Tronc La Rose

2.2.14 Ecole Saint Charles 2

L'école élémentaire Saint Charles 2 est située dans le centre-ville de Marseille, dans le 3^{ème} arrondissement, 36 rue du 141ème RIA.



Photographie 65 : Ecole Saint Charles 2

La campagne de mesure a été réalisée du 13 au 17 juin 2016.

Cet établissement de niveau R+2 présente quatre salles de classe de CM1 et CM2 situées au répartis dans le bâtiment (SDC1 à SDC4). Elles sont équipées de menuiseries récentes, ont un revêtement de sols souple, des dalles de faux-plafond et ne possèdent pas de système de ventilation.

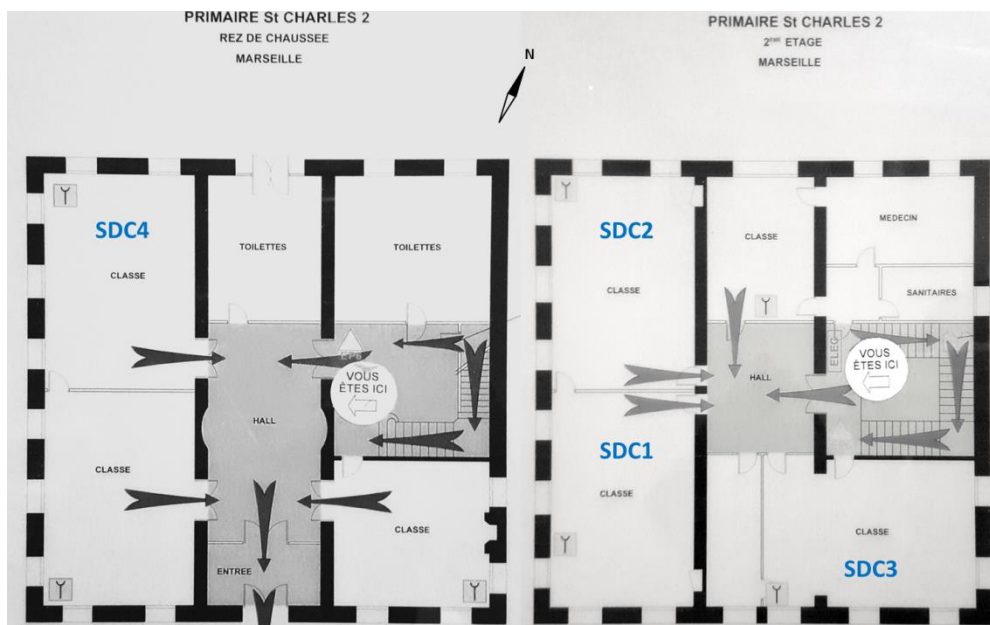


Figure 5 : Plan d'échantillonnage de l'école Saint Charles 2

2.2.14.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe de CM2 située au 2^{ème} étage. Elle est exposée à l'Ouest et au Nord.



Photographie 66 : Salle de classe SDC1 de l'école Saint Charles

2.2.14.2 SDC2

La salle SDC2 est une classe de CM1 située au 2^{ème} étage. Elle est exposée à l'Ouest et au Sud.



Photographie 67 : Salle de classe SDC2 de l'école Saint Charles

2.2.14.3 SDC3

La salle SDC3 est une classe de CM1 située au 2^{ème} étage. Elle est exposée à Sud et à l'Est.



Photographie 68 : Salle de classe SDC3 de l'école Saint Charles

2.2.14.4 SDC4

La salle SDC4 est une classe située au rez-de-chaussée. Elle est exposée à l'Ouest et au Nord.



Photographie 69 : Salle de classe SDC4 de l'école Saint Charles

2.2.15 Ecole Coin Joli

L'école Coin Joli est située dans les quartiers sud de Marseille, dans le 9^{ème} arrondissement au 12 avenue Alfred Nicolas.



Photographie 70 : Ecole Coin joli

La campagne de mesure a été réalisée du 20 au 24 juin 2016.

Cet établissement de niveau R+1 présente trois salles de classe de CM1 et CM2 (SDC1 à SDC4). Elles sont équipées de menuiseries récentes et ne possèdent pas de système de ventilation.

2.2.15.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe de CM1/CM2 située au 2^{ème} étage. Elle est exposée au Sud, possède du carrelage au sol et des dalles de faux-plafond.



Photographie 71 : Salle de classe SDC1 de l'école Coin joli

2.2.15.2 SDC2

La salle SDC2 est une classe de CM1 située au 2^{ème} étage. Elle est exposée au Sud, possède un revêtement de sol souple et des dalles de faux-plafond similaires à la salle SDC1.



Photographie 72 : Salle de classe SDC2 de l'école Coin joli

2.2.15.3 SDC3

La salle SDC3 est une classe de CM2 située au 2^{ème} étage. Elle est exposée au Sud, possède du carrelage au sol et des dalles de faux-plafond différentes des salles SDC1 et SDC2.



Photographie 73 : Salle de classe SDC3 de l'école Coin joli

2.2.16 Ecole du Parc Dromel

L'école du Parc Dromel est située dans les quartiers sud de Marseille, dans le 9^{ème} arrondissement au 7 boulevard Dromel. L'école est desservie par une rue à fréquentation moyenne.



Photographie 74 : Ecole Parc Dromel

La campagne de mesure a été réalisée du 20 au 24 juin 2016.

Cet établissement de niveau R+2 présente trois salles de classe de CM1 et CM2 situées au 2^{ème} étage de l'aile Nord du bâtiment et exposées au Sud (SDC1 à SDC3). Elles sont équipées de menuiseries récentes, ont du carrelage au sol, des dalles de faux-plafond et ne possèdent pas de système de ventilation.

2.2.16.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe de CM1 située au 2^{ème} étage.



Photographie 75 : Salle de classe SDC1 de l'école Parc Dromel

2.2.16.2 SDC2

La salle SDC2 est une classe de CM2 située au 2^{ème} étage.



Photographie 76 : Salle de classe SDC2 de l'école Parc Dromel

2.2.16.3 SDC3

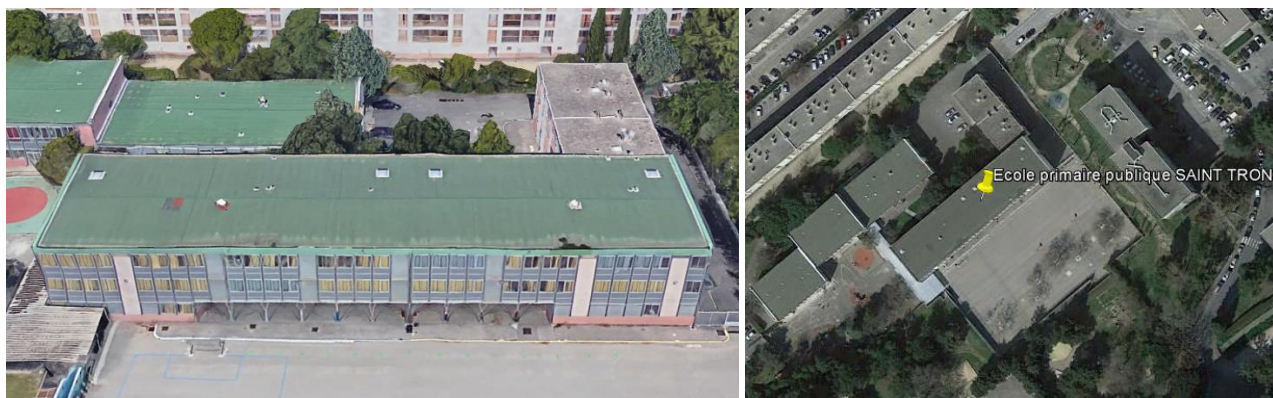
La salle SDC3 est une classe de CE2/CM1 située au 2^{ème} étage.



Photographie 77 : Salle de classe SDC3 de l'école Parc Dromel

2.2.17 Ecole Castelroc

L'école Castelroc est située dans les quartiers sud de Marseille, dans le 10^{ème} arrondissement à la rue André Audoli. L'école est desservie par une rue à fréquentation moyenne.



Photographie 78 : Ecole Castelroc

La campagne de mesure a été réalisée du 27 juin au 1^{er} juillet 2016.

Cet établissement de niveau R+2 présente quatre salles de classe de CM1 et CM2 situées au 2^{ème} du bâtiment (SDC1 à SDC4). Elles sont équipées d'**anciennes menuiseries** non étanches à l'air, ont du carrelage au sol, des dalles de faux-plafond et ne possèdent pas de système de ventilation.

2.2.17.1 SDC1

La salle SDC1 est une classe de CM1/CM2 située au 2^{ème} étage et exposée au Nord-Ouest.



Photographie 79 : Salle de classe SDC1 de l'école Castelroc

2.2.17.2 SDC2

La salle SDC2 est une classe de CM2 située au 2^{ème} étage et exposée au Nord-Ouest.



Photographie 80 : Salle de classe SDC2 de l'école Castelnor

2.2.17.3 SDC3

La salle SDC3 est une classe de CM2 située au 2^{ème} étage et exposée au Nord-Ouest.



Photographie 81 : Salle de classe SDC3 de l'école Castelnor

2.2.17.4 SDC4

La salle SDC4 est une classe de CM1 située au 2^{ème} étage et exposée au Sud-Est.



Photographie 82 : Salle de classe SDC4 de l'école Castelnor

2.3 Paramètres de mesure

Les paramètres mesurés de la campagne de mesure de l'étude ISAAC sur 4,5 jours de prélèvement sont les suivants :

- Aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde, propionaldéhyde, butyraldéhyde, benzaldéhyde, isovaléraldéhyde, valéraldéhyde, acroléine)
- COV (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes)
- Dioxyde d'azote
- Particules fines PM_{2,5} (< 2,5 µm)
- Confinement (via une mesure du CO₂)
- Température, humidité relative
- Suivi au cours du temps des concentrations en COV légers et totaux

2.4 Modalités de mesure

2.4.1 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 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 chimiabsorbante code 165



Figure 6 : Radiello 165 : Cartouche 165, corps diffusif bleu et support

L'ensemble des salles de classe échantillonnées font l'objet de mesure passive d'aldéhydes.

2.4.2 Dioxyde d'azote (NO₂) : 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 7 : Echantillonneur passif de NO₂ - Passam

Un point de mesure extérieur et l'ensemble des salles de classe échantillonnées font l'objet de mesure passive de NO₂.

2.4.3 BTEX : prélèvements passifs

Le prélèvement et l'analyse des BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylènes) 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 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 8 : Cartouche 145, corps diffusif jaune et support

Un point de mesure extérieur et l'ensemble des salles de classe échantillonnées font l'objet de mesure passive des BTEX.

2.4.4 Particules fines PM2,5

Les mesures des concentrations en PM2,5 sont réalisées de deux manières différentes.

La concentration massique moyenne sur la période de mesure est obtenue par gravimétrie, méthode de référence (NF EN 12341 Juin 2014 : Air ambiant - Méthode normalisée de mesurage gravimétrique pour la détermination de la concentration massique MP10 ou MP2,5 de matière particulaire en suspension. pour évaluer les concentrations intérieures en particules fines. Les prélèvements sont réalisés par méthode active sur filtre pré-pesé teflon. L'air est aspiré à 1,8 L/min à travers une tête de prélèvement spécifique à la fraction PM2,5 (H-PEM). Les filtres sont par la suite pesés pour la quantification massique des particules, la concentration massique en est déduite en fonction du volume prélevé.



Figure 9 : Tête de prélèvement PM2,5 H-PEM

Deux salles de classe par établissement font l'objet de mesure de particules fines PM2,5 par gravimétrie.

En complément, des mesures de PM2,5 sont réalisées avec un compteur optique de particules fines, le PdR 1500 (Thermo). Il s'agit d'un néphélomètre portatif qui permet une mesure en temps réel de la concentration massique des poussières en suspension dans l'air. Cette méthode est moins précise que la gravimétrie mais elle est complémentaire puisqu'elle apporte une information sur l'évolution des concentrations au cours du temps.



Figure 10 : PdR 1500 Thermo Scientific

2.4.5 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
- CO₂ (ppm) : Capteur infrarouge non dispersif (NDIR)
- CO (ppm) : Capteur électro-chimique



Figure 11 : Q-Track 7565-X TSI

L'ensemble des salles de classe font l'objet de mesure température, d'humidité relative et de dioxyde de carbone.

2.4.6 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 Fireflies (AZIMUT Monitoring) équipée de microcapteurs à détection électrochimique².

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 12 : Balise Fireflies (COVL, COVT, température, humidité relative, CO₂, Bruit)

Trois salles de classe par établissement font l'objet de mesure par microcapteurs.

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

2.4.7 Questionnaire d'utilisation des pièces

Chaque enseignant des 64 salles de classe échantillonnées a été sollicité pour remplir un questionnaire visant à tracer ses activités et habitudes d'ouverture des portes et fenêtres sur la période de mesure.

Ce questionnaire détaille 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 CO₂ en présence des occupants.

En complément, il est demandé aux enseignants de renseigner les périodes pendant lesquelles 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.

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

2.5 Modalités d'interprétation des résultats de mesures

L'ensemble des résultats des paramètres mesurés doivent être interprétés. Pour ce faire, il existe différentes valeurs auxquelles les résultats peuvent être comparés.

2.5.1 Confinement

La concentration en CO₂ dans l'air intérieur est l'un des critères qui fonde la réglementation en matière d'aération des locaux. Le titre III des Règlements sanitaires départementaux (RSD) fixe ainsi, pour les bâtiments non résidentiels, un seuil en CO₂ à 1 300 ppm dans les locaux où il est interdit de fumer.

Sur une période de mesure de 4,5 jours, il est possible de calculer l'indice de confinement ICONE 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 ICONE est calculé suivant la formule :

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

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

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

En fonction des différents niveaux d'indice ICONE, le confinement est caractérisé comme suit :

Tableau 1. 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

Dans les établissements recevant du public, il existe une valeur limite réglementaire : indice ICONE de 5.

2.5.2 Les polluants intérieurs

Pour les polluants intérieurs, il existe trois types de valeurs références :

- Les valeurs de gestion réglementaires de la surveillance de l'air intérieur dans les établissements recevant du public³ ;
- Les valeurs de gestion du Haut Conseil de Santé Publique
- Les Valeurs Guides en Air Intérieur (VGAI) de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), basées uniquement sur des critères sanitaire⁴

Pour les polluants qui ne possèdent aucune valeur de référence, il est possible de comparer les résultats à des campagnes de mesure de grande envergure, comme les campagnes nationales de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI).

2.5.2.1 Valeurs de gestion réglementaires

Dans le cadre de la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur des établissements recevant du public, trois polluants sont investigués systématiquement et possèdent des valeurs limites : le formaldéhyde, le benzène et le dioxyde de carbone (CO₂)⁵.

Le tableau suivant présente les valeurs de gestion réglementaires 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
Dioxyde de carbone			Indice de confinement de niveau 5*
Tétrachloro-éthylène			1250 µg/m ³

Un indice de confinement de 5 correspond à des pics de concentration en CO₂ élevés supérieurs à 4 000 ppm (partie par million) et à des valeurs moyennes pendant l'occupation supérieures à 2 000 ppm.

Figure 13 : Valeurs de gestion réglementaires de la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les ERP

³ 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

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 Le tétrachloroéthylène n'est mesuré qu'en cas de présence de pressing de lavage à sec dans le bâtiment ou dans un bâtiment contigu.

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

- Cas idéal : inférieur à la valeur guide réglementaire
- Respect de la réglementation, aucune modalité de gestion recommandée : inférieur à la valeur limite réglementaire
- Nécessite une expertise : supérieur à la valeur limite réglementaire

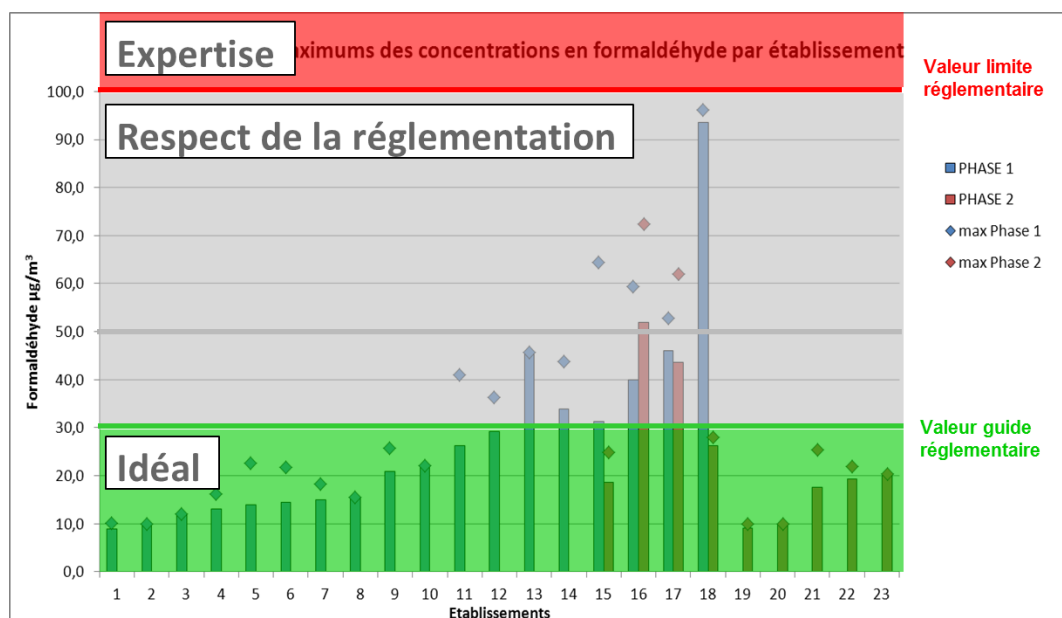


Figure 14 : Modalités de gestion réglementaire des concentrations en formaldéhyde (données de la campagne Ecoles et crèches 2010-2011)

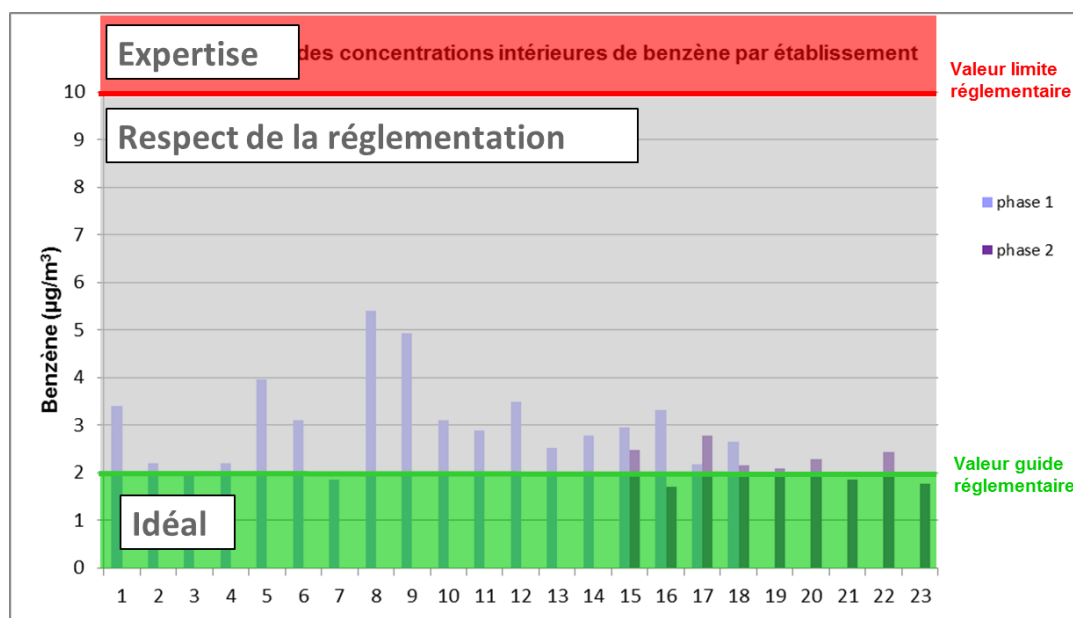


Figure 15 : Modalités de gestion réglementaire des concentrations en benzène (données de la campagne Ecoles et crèches 2010-2011)

2.5.2.2 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 :

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)
Formaldéhyde	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI ANSES 2007) 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valeur repère HCSP 2009) 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valeur d'information et recommandations HCSP 2009) 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valeur d'action rapide HCSP 2009)
Acétaldéhyde	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI ANSES 2014)
Acroléine	0,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI ANSES 2013)
Benzène	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI ANSES 2008) 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valeur repère HCSP 2010) 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Valeur d'action rapide HCSP 2010)
Toluène	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Europe/Index)
Dioxyde d'azote (NO_2)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI ANSES 2013)
Ethylbenzène	1 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (VTR ANSES)
COV Totaux	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Agence Fédérale Allemande)
PM2,5	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (HCSP 2013)

2.5.2.3 Comparaison aux campagnes nationales

Pour les polluants n'ayant ni de valeur réglementaire ni de valeur référence, il est possible de se référer aux résultats de mesure de la Campagne Nationale Logement (CNL) de l'OQAI qui a été menée dans plus 560 logements français. Les médianes des concentrations de l'étude sont les suivantes :

Tableau 3. Médianes des concentrations annuelles intérieures mesurées dans les logements français ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexaldéhyde	Acroléine	Benzène	Toluène	Ethylbenzène	M/p-xylènes	O-xylène	PM2,5
19,5	11,6	13,6	1,1	2,1	12,2	2,3	5,6	2,3	19,1

2.5.3 Stratégie d'interprétation des résultats

Afin d'être le plus précis dans l'interprétation des résultats, Air PACA se base sur les différentes valeurs de référence existantes (valeur de gestion réglementaires, valeurs de gestion du HCSP, valeurs guide de l'ANSES, concentrations médianes de la campagne nationale logement).

2.5.3.1 Formaldéhyde et benzène

Pour le formaldéhyde et le benzène, qui possèdent des valeurs de gestion réglementaires et de valeur de gestion du Haut Conseil de Santé Publique, Air PACA applique les modalités de gestion suivantes :

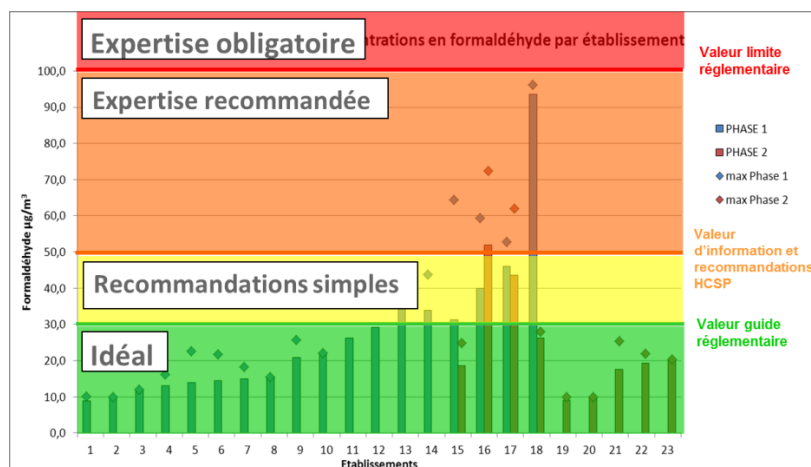


Figure 16 : Interprétation des concentrations de formaldéhyde de la campagne Ecoles et crèches (2010-2011) au regard des valeurs des différentes valeurs de référence

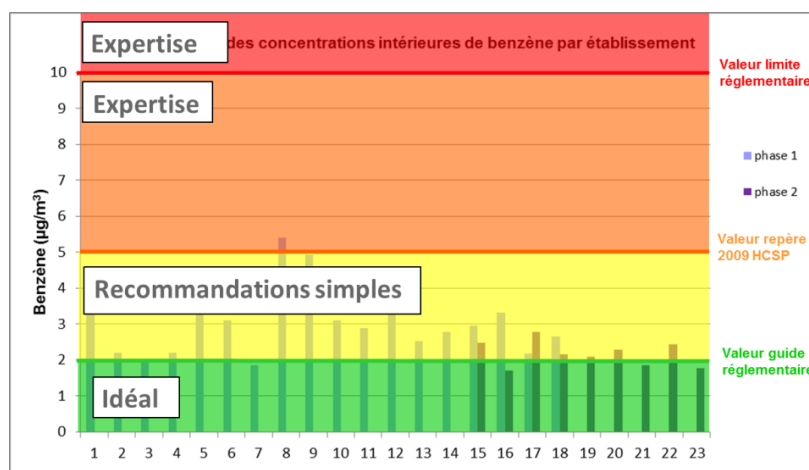


Figure 17 : Interprétation des concentrations de benzène de la campagne Ecoles et crèches (2010-2011) au regard des valeurs des différentes valeurs de référence

2.5.3.2 Confinement

Pour le confinement, Air PACA considère qu'il est nécessaire d'agir pour réduire les concentrations intérieures en CO₂ à partir de l'indice ICONE de 3 (confinement élevé). Ainsi, les modalités de gestion proposées pour l'indice de confinement sont les suivants :

Tableau 4 : Interprétation des résultats de mesure du confinement en fonction de l'indice ICONE

Indice de confinement ICONE	Etat du confinement	Recommandation
0	Confinement nul	Aucune
1	Confinement faible	
2	Confinement moyen	
3	Confinement élevé	Habitudes d'aération à perfectionner
4	Confinement très élevé	Systèmes d'aération/ventilation insuffisants
5	Confinement extrême	Expertise obligatoire

2.5.3.3 Dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote ne possède pas de valeur de gestion réglementaire en intérieur mais une VGI (Valeur Guide en Air Intérieur) de l'ANSES de 20 µg/m³. Ce polluant étant un traceur de pollution extérieure, il existe une valeur limite réglementaire en air extérieur de 40 µg/m³.

Tableau 5 : Interprétation des résultats de mesure en dioxyde d'azote

NO ₂ µg/m ³	Recommandation
< 20	Cas idéal
20 ≤ < 40	Dépassement de la Valeur Guide en Air Intérieur
> 40	Dépassement de la valeur limite réglementaire extérieure

2.5.3.4 Autres polluants

Pour les autres polluants qui possèdent une valeur de référence :

Tableau 6 : Interprétation des résultats de mesure des polluants qui possèdent une valeur de référence

Autres polluants	Recommandation
< valeur référence	Cas idéal
≥ valeur référence	Dépassement de la valeur de référence

2.5.3.5 Questionnaires

Les informations recueillies dans les questionnaires visent à donner des explications à certains niveaux de polluants intérieurs mais également à évaluer les habitudes d'ouverture des fenêtres. Pour ces dernières, en fonction du renseignement des questionnaires, les habitudes d'ouverture ont été classées comme suit :

Tableau 7 : Interprétation des déclarations d'ouvertures des fenêtres

Fréquence d'ouverture déclarée	
Ouvertures très fréquentes	
Ouvertures fréquentes	
Ouvertures occasionnelles	
Peu d'ouvertures	
Aucune ouverture	
Pas renseigné	

3. Résultats

3.1 Paramètres traceurs de la pollution de l'air ambiant

Tableau 8. Concentrations des polluants traceurs de pollution extérieure ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) des écoles en centre-ville (grisés) et des quartiers Sud et Est (sur fond blanc)

Etablissement	Salle	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Toluène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ethylbenzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	m+p-xylyène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	o-xylyène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
VALMONT REDON 22/02 au 26/02	SDC1	11.8	10.3	1.39	8.50	1.68	5.19	2.22
	SDC2	10.7	9.4	/	/	/	/	/
	Ext	20.5	/	1.21	1.92	0.45	1.26	0.57
VALMANTE 29/02 au 04/03	SDC1	13.6	10.7	/	/	/	/	/
	SDC2	17.7	7.9	1.38	2.02	0.63	1.70	0.71
	Ext	15.8	/	0.93	1.12	0.17	0.43	0.20
GILLES VIGNAULT 07/03 au 11/03	SDC1	24.8	9.0	2.28	3.07	0.68	2.17	0.85
	SDC2	26.2	/	1.69	2.87	0.70	2.24	0.88
	SDC3	24.8	/	1.50	3.99	0.67	2.07	0.95
	SDC4	23.6	8.8	1.59	2.94	0.58	1.88	0.80
	Ext	32.9	/	/	/	/	/	/
CABOT LES PINS 14/03 au 18/03	SDC1	17.2	12.8	2.09	4.13	1.39	4.30	1.97
	SDC2	15.4	/	2.08	4.22	0.98	3.25	1.43
	SDC3	15.7	4.5	2.29	11.55	1.39	4.40	2.88
	Ext	23.2	/	1.70	2.59	0.50	1.74	0.74
ROUVIERE 14/03 au 18/03	SDC1	12.5	10.6	1.94	5.95	0.85	2.47	1.12
	SDC2	11.8	/	2.23	3.88	0.84	2.19	0.97
	SDC3	14.0	9.0	1.90	3.40	0.84	2.30	0.97
	Ext	19.0	/	1.43	1.98	0.37	1.24	0.59
CHARTREUX 21/03 au 25/03	SDC1	25.1	11.7	1.87	3.22	0.80	2.62	1.14
	SDC2	27.8	25.8	1.94	3.01	0.77	2.42	1.01
	SDC3	45.0	/	1.91	6.24	1.01	3.45	1.52
	Ext	37.3	/	1.25	2.55	0.44	1.49	0.65
ABEILLES 21/03 au 25/03	SDC1	36.2	13.6	1.99	6.59	1.37	5.00	2.16
	SDC2	39.3	/	1.89	5.07	1.14	4.26	1.68
	SDC3	36.2	12.7	1.80	11.00	1.26	4.58	2.28
	SDC4	49.0	/	2.12	9.17	1.35	5.02	1.99
	Ext	34.0	/	1.58	3.84	1.05	3.46	1.53
BERNARD CADENAT 18/04 au 22/04	SDC1	24.6	10.9	1.68	5.66	< 2.27	6.48	< 3.89
	SDC2	27.6	/	1.33	4.89	1.10	3.50	1.43
	SDC3	32.1	/	1.37	3.16	0.86	2.62	1.09
	SDC4	31.3	/	1.52	3.83	0.82	2.85	1.17
	SDC5	29.2	/	1.57	4.36	1.10	3.63	1.57
	SDC6	28.7	8.4	1.22	3.11	0.64	2.19	0.94
	Ext	36.9	/	1.01	2.51	0.52	1.72	0.74
LEVERRIER 25/04 au 29/04	SDC1	20.6	9.2	1.35	3.13	0.73	2.49	1.12
	SDC2	31.8	/	1.33	5.35	1.15	3.48	1.34
	SDC3	28.8	/	1.84	3.57	0.78	2.38	1.00
	SDC4	25.9	10.4	1.24	2.90	0.74	2.17	0.95
	Ext	44.8	/	1.30	2.78	0.86	2.20	0.90
FD ROOSEVELT 09/05 au 13/05	SDC1	20.2	12.5	1.47	3.35	0.86	3.29	1.63
	SDC2	19.4	/	1.18	3.05	0.79	2.65	1.13
	SDC3	22.4	/	1.26	< 10.15	1.48	3.21	1.69
	SDC4	19.9	13.2	1.29	3.14	0.86	2.71	1.29
	Ext	24.0	/	0.79	2.10	0.40	1.48	0.69
NATIONAL 23/05 au 27/05	SDC1	24.5	9.0	1.42	5.20	2.04	8.44	2.87
	SDC2	31.2	/	1.54	5.89	2.15	9.79	2.96
	SDC3	28.6	/	1.67	7.67	2.29	9.99	3.12
	SDC4	26.2	10.6	1.76	7.77	2.05	7.75	3.03
	SDC5	25.5	/	1.52	13.71	1.87	6.93	2.95
	SDC6	28.2	/	1.62	6.47	7.84	26.60	11.59
	Ext	29.6	/	1.11	2.73	1.64	6.56	2.21
VACCARO 30/05 au 03/06	SDC1	7.2	8.9	0.81	1.13	0.30	0.95	0.45
	SDC2	7.6	/	0.83	1.19	0.32	1.08	0.54
	SDC3	8.3	/	0.84	1.16	0.28	0.98	0.43
	SDC4	7.2	6.8	0.80	1.27	0.63	1.67	< 1.13
	Ext	8.7	/	0.64	0.95	0.20	0.67	0.33
SAINT TRONC LA ROSE 06/06 au 10/06	SDC1	14.3	9.1	1.60	8.48	1.12	4.50	2.15
	SDC2	15.0	/	1.54	2.29	1.34	6.29	1.55
	SDC3	14.6	/	< 1.62	3.11	2.36	11.30	3.64
	SDC4	16.0	9.4	1.59	2.26	0.69	2.62	1.18
	Ext	18.0	/	1.50	2.43	0.52	1.71	0.77
SAINT CHARLES 2 13/06 au 17/06	SDC1	22.6	9.7	1.01	3.81	0.64	2.35	0.96
	SDC2	22.7	7.7	0.94	1.98	0.58	1.90	0.71
	SDC3	22.5	/	1.11	2.08	0.55	1.80	0.78
	SDC4	21.9	/	0.96	1.91	0.55	1.62	0.77
	Ext	22.0	/	0.77	1.27	0.23	0.69	0.32
COIN JOLI 20/06 au 24/06	SDC1	17.7	10.6	1.75	7.22	1.82	5.94	2.50
	SDC2	18.6	14.5	< 1.83	3.70	1.04	4.76	2.41
	SDC3	18.9	/	1.64	4.43	1.41	4.96	2.48
	Ext	29.7	/	1.83	3.52	1.16	4.57	1.70
PARC DROMEL 20/06 au 24/06	SDC1	23.2	9.5	1.74	3.79	1.35	4.86	1.94
	SDC2	20.8	/	1.77	4.12	1.46	5.16	2.04
	SDC3	18.1	10.9	1.49	4.40	1.42	5.24	2.14
	Ext	36.1	/	1.99	4.68	1.95	7.46	2.76
CASTELROC 27/06 au 01/07	SDC1	15.8	10.7	1.12	2.29	0.56	1.90	0.88
	SDC2	15.8	/	1.48	3.00	0.53	1.66	0.69
	SDC3	15.4	/	1.19	2.57	0.71	2.38	1.03
	SDC4	14.7	8.0	1.19	2.35	1.30	5.22	2.12
	Ext	18.0	/	1.09	2.65	0.42	1.23	0.52

3.1.1 Dioxyde d'azote (NO₂)

Les concentrations intérieures et extérieures en NO₂ montrent des concentrations en cohérence avec la répartition des écoles sur la carte de modélisation des concentrations annuelles en NO₂ basées sur les données 2015 (cf. figure 2).

En effet, tous les établissements situés en centre-ville (grisés dans le tableau 6) montrent des concentrations intérieures supérieures à la Valeur Guide en Air Intérieur (VGAI) de l'ANSES de 20 µg/m³. Certaines concentrations intérieures de ces établissements sont même supérieures à la valeur limite réglementaire en air ambiant de 40 µg/m³.

Pour les établissements des quartiers Sud, à l'exception de l'école « Parc Dromel », toutes les salles de classe présentent des concentrations intérieures inférieures à la VGAI de l'ANSES de 20 µg/m³.

La moyenne des concentrations intérieures en NO₂ des établissements du centre-ville (28,4 µg/m³) est près de deux fois supérieure à celle des établissements des quartiers sud (14,8 µg/m³).

Pour l'école Parc Dromel, les concentrations intérieures mesurées (> 20 µg/m³) sont vraisemblablement dues à l'impact de l'air extérieur (36 µg/m³ dans la cour de l'établissement sur cette période de mesure). Par comparaison avec les données de la station de mesure, l'une des explications possibles à ces niveaux extérieurs supérieurs à ce que l'on observe dans les autres établissements des quartiers Sud est la période de mesure. Celle-ci correspond à une période au cours de laquelle les concentrations de fond urbain sur Marseille (station cinq Avenue) montrent les niveaux les plus importants de la période mai-juin (20 au 24 juin 2016 : moyenne de 33 µg/m³).

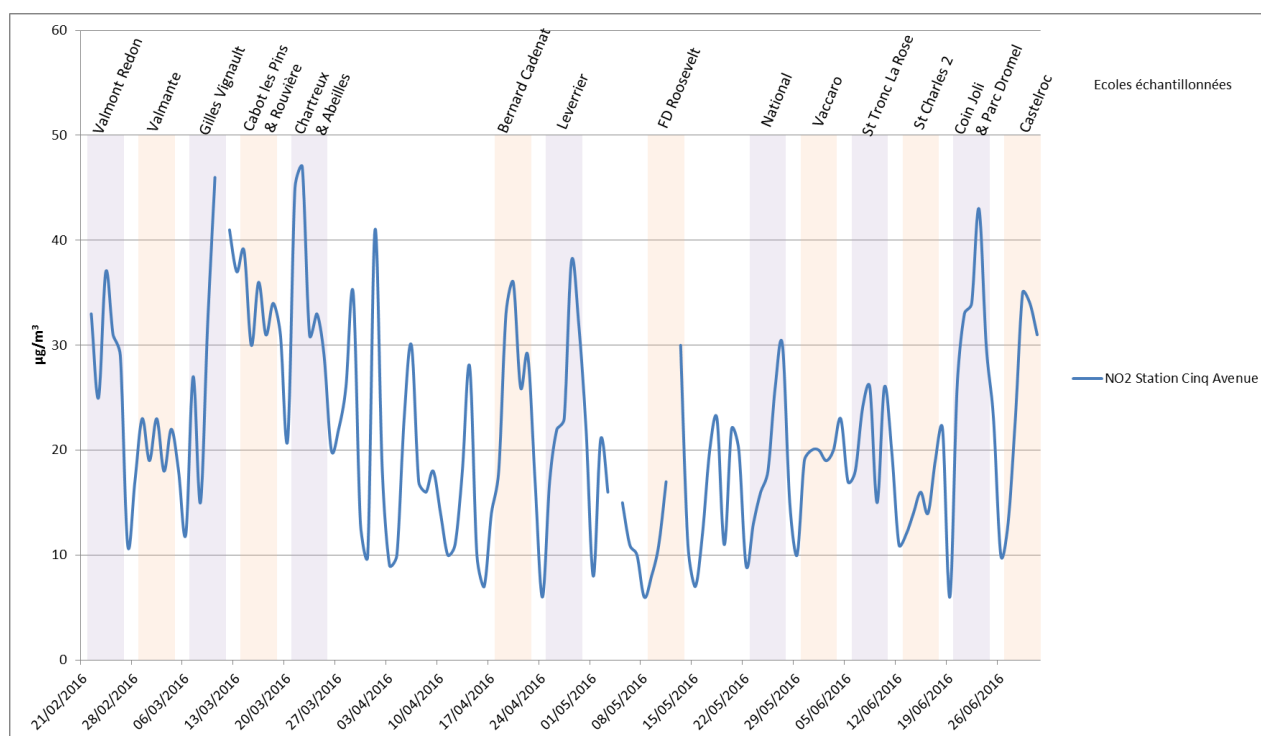


Figure 18 : Concentrations en NO₂ de la station de mesure de fond urbain de Marseille : Cinq Avenue

Pour ce qui est des trois établissements du centre-ville qui ont montré des concentrations intérieures supérieures à 40 µg/m³ (Chartreux, Abeilles, Leverrier), les périodes de mesure étaient propices à des concentrations extérieures plutôt élevées. Par exemple, les campagnes de mesure des écoles Chartreux et Abeille ont eu lieu du 21 au 25 mars, période au cours de laquelle la concentration journalière maximale a été observée (47 µg/m³ pour la journée du 22 mars, 37 µg/m³ de moyenne).

Dans ces établissements, les concentrations maximales n'ont pas été observées à l'extérieur mais à l'intérieur des bâtiments, ce qui n'est pas habituel. Chaque classe ayant présenté des niveaux importants de NO₂ est située côté rue alors que le point de mesure extérieur a toujours été positionné dans la cour. Les

bâtiments donnant sur les rues ont tendance à faire « écran » face aux polluants émis par les axes routiers ce qui minimise la pollution côté cour.

Sources potentielles en dioxyde d'azote : La principale source de NO₂ dans l'air extérieur provient de l'usage des combustibles fossiles (trafic routier, sources industrielles notamment centrale thermique, etc.). Le transport routier est le premier contributeur aux rejets dans l'atmosphère. Les sources internes sont possibles via les appareils à combustion tels que les appareils de chauffage (cheminée, chauffage d'appoint etc.) et de production d'eau chaude non raccordés et les cuisinières à gaz.

3.1.2 PM_{2,5}

A l'inverse du dioxyde d'azote, les concentrations intérieures en particules fines (PM_{2,5}) sont assez homogènes entre les établissements, la plupart des salles de classe présentent des concentrations entre 8 et 13 µg/m³. La moyenne des concentrations intérieures en PM_{2,5} des établissements du centre-ville est de 11,5 µg/m³, contre 9,6 µg/m³ pour les établissements des quartiers Sud.

La moitié des salles de classes échantillonnées dépassent la Valeur Guide en Air Intérieur (VGAI) de l'ANSES de 10 µg/m³. Néanmoins, pour la très grande majorité des classes, ce dépassement est mineur.

Seule une salle de classe de l'école Chartreux a présenté une concentration dépassant largement la VGAI. Le suivi des concentrations de PM_{2,5} au cours du temps montre que les niveaux les plus importants se produisent lors des temps de présence des enfants. Le questionnaire rempli par l'enseignant ne fait pas état d'une activité pouvant générer des particules fines. Sur la période de mesure, l'enseignant a déclaré ne pas avoir ouvert les fenêtres. Ainsi, à chaque remise en suspension par les mouvements des occupants des poussières déposées au sol et/ou lors d'activités intérieures émettrices de particules fines, ces dernières ne sont pas évacuées à l'extérieur. Il en résulte une accumulation intérieure.

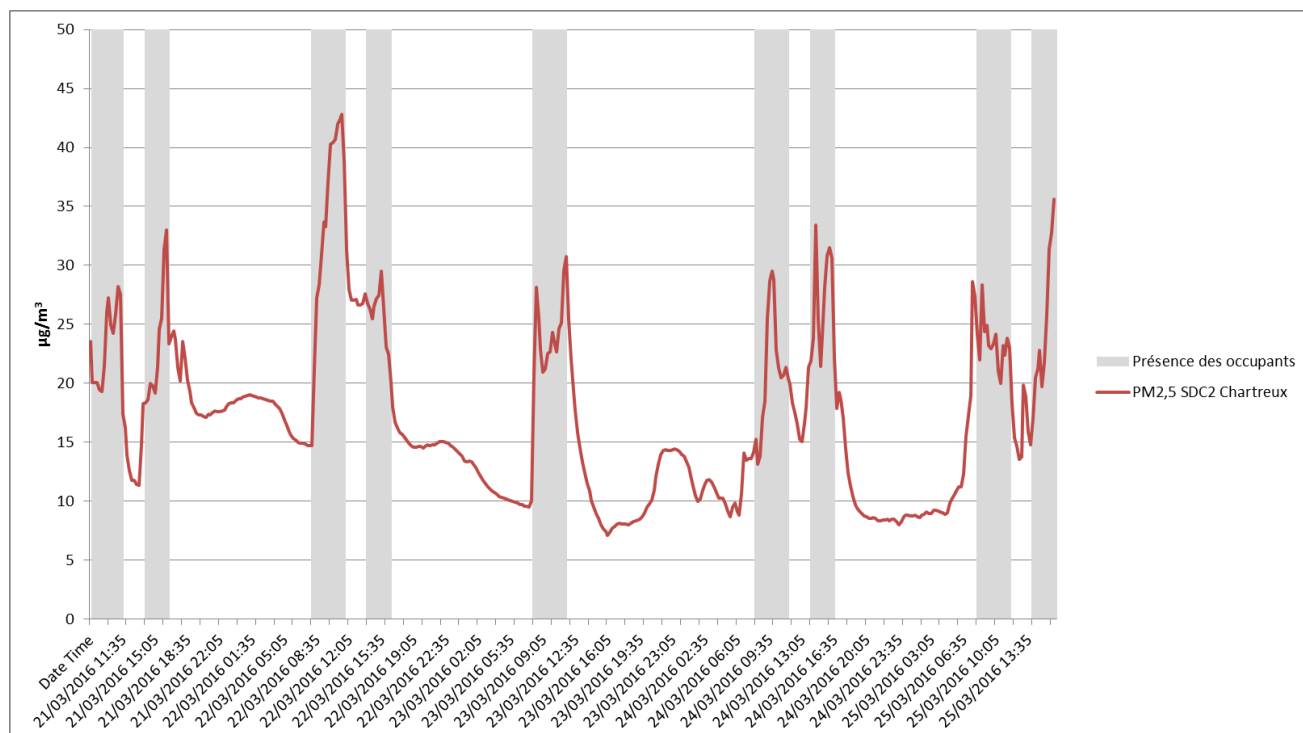


Figure 19 : Suivi des concentrations intérieures au cours du temps des particules fines PM_{2,5} dans la salles de classe SDC2 de l'école Chartreux

Sources potentielles de particules fines : A l'intérieur, les particules sont essentiellement émises par les activités de combustion (cuisson des aliments, appareils de chauffage, tabagisme, encens...). En l'absence de sources intérieures, la contribution des sources extérieures permet d'expliquer une large part des concentrations mesurées dans les espaces clos, les teneurs dans une pièce étant bien corrélées aux

concentrations extérieures (sauf dans les cas particuliers où une centrale de traitement d'air conduit à une diminution du ratio intérieur/extérieur des concentrations grâce à une filtration de l'air entrant). En France, trois principaux secteurs se partagent les émissions de particules PM_{2,5} dans l'air extérieur: les émissions dues au résidentiel et tertiaire sont prépondérantes (39%). Elles sont suivies de l'industrie manufacturière (29%) et du transport routier (19%).

3.1.3 Benzène

Aucun établissement ne présente une concentration supérieure à la valeur limite réglementaire de 10 µg/m³ en benzène. 4 établissements sur 17, également répartis entre le centre-ville et les quartiers Sud, présentent un très léger dépassement de la valeur guide réglementaire de 2 µg/m³ (concentration maximale : 2,28 µg/m³). La moyenne des concentrations intérieures en benzène des établissements du centre-ville (1,62 µg/m³) est sensiblement similaire à celle des établissements des quartiers Sud (1,53 µg/m³). Au total, plus de 90% des salles de classe présentent des concentrations inférieures à la valeur guide réglementaire. Cette proportion est positive au regard de la répartition de l'étude nationale de 2010-2011 sur 300 écoles et crèches.

Tableau 9 : Concentrations moyennes annuelles en benzène à l'échelle des salles instrumentées de l'étude nationale écoles et crèches (2010-2011)

Concentration moyenne en benzène (µg/m ³)	Répartition (%)
0 à 2	39,7
2 à 5	58,6
5 à 10	1,4
Supérieure à 10	0,3

Le benzène résulte à la fois des sources intérieures (combustions domestiques, tabac...) et du transfert de la pollution atmosphérique extérieure dont la contribution est notable dans les agglomérations et en zone industrielle (chauffage au bois, trafic routier, industries...).

3.1.4 Autres paramètres traceurs de la pollution de l'air ambiant

Les concentrations en Toluène et Ethylbenzène sont très largement inférieures à leur valeur référence, respectivement de 300 et 1 500 µg/m³.

Pour les xylènes, il n'existe pas de valeur référence. La grande majorité des établissements présente des concentrations en xylènes inférieures ou de même ordre que les médianes de concentrations de la campagne nationale logement. Seule l'école National présente des concentrations en m+p xylène supérieures notamment dans la salle de classe SDC6 (26,6 µg/m³). Les concentrations extérieures du bâtiment (6,5 µg/m³) ne peuvent pas expliquer à elles-seules la concentration intérieure de cette salle de classe. Le questionnaire rempli par l'enseignant fait état d'activités créatives pouvant influencer ces concentrations (colles, feutres, plastifieuse...).

Sources potentielles de xylènes : Peintures, vernis, colles, insecticides, combustion (trafic routier).

3.2 Aldéhydes

Tableau 10. Concentrations intérieures en aldéhydes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Etablissement	Salle	Formaldéhyde	Acétaldéhyde	Hexaldéhyde	Propionaldéhyde	Butyraldéhyde	Benzaldéhyde	Isovaléraldéhyde	Valéraldéhyde	Acroléine
VALMONT REDON 22/02 au 26/02	SDC1	31.4	7.9	19.4	3.5	7.8	1.1	< 0,5	2.3	< 0,4
	SDC2	32.8	7.0	14.6	3.2	7.3	1.0	< 0,5	1.8	< 0,4
VALMANTE 29/02 au 04/03	SDC1	20.9	5.3	8.7	2.1	6.8	0.8	< 0,5	1.5	< 0,4
	SDC2	14.2	4.4	8.1	2.3	6.5	0.6	< 0,5	1.5	< 0,4
GILLES VIGNAULT 07/03 au 11/03	SDC1	9.8	3.9	6.7	2.1	4.5	< 0,4	< 0,5	0.8	< 0,4
	SDC2	7.1	2.7	6.2	1.5	3.9	< 0,4	< 0,5	0.6	< 0,4
	SDC3	7.7	3.2	5.6	2.1	3.8	< 0,4	< 0,5	0.6	< 0,4
	SDC4	12.1	2.8	4.7	1.6	3.9	< 0,3	< 0,5	0.6	< 0,4
CABOT LES PINS 14/03 au 18/03	SDC1	23.5	8.1	17.1	3.7	8.8	1.1	< 0,5	2.8	< 0,4
	SDC2	14.4	5.4	10.0	2.6	6.3	0.7	< 0,5	1.7	< 0,4
	SDC3	17.6	6.4	12.5	3.0	7.6	0.8	< 0,5	1.9	< 0,4
ROUVIERE 14/03 au 18/03	SDC1	16.8	6.1	13.3	3.0	7.0	0.6	< 0,5	2.4	< 0,4
	SDC2	11.2	4.6	9.1	2.3	5.7	0.5	< 0,5	1.7	< 0,4
	SDC3	12.2	4.5	8.6	2.2	5.8	0.5	< 0,5	1.6	< 0,4
CHARTREUX 21/03 au 25/03	SDC1	9.5	5.1	6.4	1.6	3.7	0.5	< 0,5	0.8	< 0,4
	SDC2	7.6	5.7	6.5	1.5	4.0	0.6	< 0,5	0.8	< 0,4
	SDC3	9.4	4.6	8.5	1.9	4.3	0.5	< 0,5	1.0	< 0,4
ABEILLES 21/03 au 25/03	SDC1	16.0	4.4	8.5	2.1	4.4	0.9	< 0,5	1.0	< 0,4
	SDC2	10.9	3.8	5.9	1.5	4.1	0.8	< 0,5	0.8	< 0,4
	SDC3	10.1	4.7	7.9	1.6	4.3	0.8	< 0,5	1.0	< 0,4
	SDC4	8.9	5.4	8.6	1.6	4.6	0.8	< 0,5	1.1	< 0,4
BERNARD CADENAT 18/04 au 22/04	SDC1	30.5	8.1	24.7	3.7	10.0	1.0	< 0,5	3.3	0.4
	SDC2	15.7	5.2	9.4	2.6	6.1	0.7	< 0,5	1.6	< 0,4
	SDC3	7.2	3.7	6.7	1.7	4.5	0.4	< 0,5	1.2	< 0,4
	SDC4	6.8	3.7	7.5	1.7	5.0	0.5	< 0,5	1.3	< 0,4
	SDC5	12.8	7.0	17.7	3.6	6.7	0.8	< 0,5	2.2	< 0,4
	SDC6	8.9	3.8	6.9	2.0	4.7	0.5	< 0,5	1.3	< 0,4
LEVERRIER 25/04 au 29/04	SDC1	10.4	6.0	13.8	2.5	6.3	0.6	< 0,5	2.3	< 0,4
	SDC2	9.8	4.1	7.3	1.9	4.3	0.5	< 0,5	1.2	< 0,4
	SDC3	6.1	3.6	5.3	1.9	4.4	0.4	< 0,5	1.0	< 0,4
	SDC4	5.9	3.6	6.1	1.7	4.6	0.4	< 0,5	1.3	< 0,4
	SDC5	7.7	3.7	5.6	1.7	4.2	0.4	< 0,5	1.0	< 0,4
FD ROOSEVELT 09/05 au 13/05	SDC1	19.5	5.9	14.4	2.6	8.5	0.9	< 0,5	2.2	0.5
	SDC2	18.5	6.0	17.8	2.5	7.0	1.2	< 0,5	3.1	0.6
	SDC3	34.0	5.5	14.8	2.8	6.7	1.1	< 0,5	2.1	0.6
	SDC4	19.2	5.2	14.4	2.3	6.1	1.4	< 0,5	2.1	< 0,4
NATIONAL 23/05 au 27/05	SDC1	15.9	7.6	11.9	2.4	7.3	0.9	< 0,5	2.1	0.7
	SDC2	10.4	5.5	10.0	2.0	6.0	0.6	0.6	1.6	0.5
	SDC3	11.9	6.3	13.9	2.3	6.8	0.8	< 0,5	2.4	0.5
	SDC4	13.2	7.1	13.0	2.2	7.0	1.0	0.6	2.2	0.7
	SDC5	10.5	5.3	9.6	2.0	6.0	0.8	< 0,5	1.6	0.4
	SDC6	13.5	7.2	15.9	2.6	7.1	0.8	0.7	2.7	0.4
VACCARO 30/05 au 03/06	SDC1	11.1	3.0	5.2	1.5	4.7	0.5	< 0,5	1.0	< 0,4
	SDC2	11.8	2.6	5.8	1.4	4.8	0.5	< 0,5	1.0	< 0,4
	SDC3	13.5	2.9	6.0	1.4	4.8	0.6	< 0,5	1.0	< 0,4
	SDC4	11.7	3.0	5.8	1.4	5.1	0.6	< 0,5	1.2	< 0,4
SAINT TRONC LA ROSE 06/06 au 10/06	SDC1	22.2	8.4	20.5	3.1	13.7	1.2	0.7	4.0	0.8
	SDC2	14.8	6.9	12.6	3.1	11.1	0.7	< 0,5	3.4	0.5
	SDC3	18.2	8.7	15.4	3.1	11.6	0.7	< 0,5	3.4	0.5
	SDC4	9.2	4.1	7.0	1.6	6.7	0.5	< 0,5	1.5	< 0,4
SAINT CHARLES 2 13/06 au 17/06	SDC1	15.9	3.9	8.8	1.7	5.6	1.4	< 0,5	1.5	< 0,4
	SDC2	13.1	3.1	8.6	1.6	5.3	0.9	< 0,5	1.3	< 0,4
	SDC3	12.2	4.3	9.5	2.0	6.4	1.2	< 0,5	1.8	0.4
	SDC4	12.8	3.6	9.0	1.5	4.7	1.0	< 0,5	1.3	< 0,4
COIN JOLI 20/06 au 24/06	SDC1	28.3	10.1	18.1	3.2	13.0	1.6	0.7	3.6	0.9
	SDC2	36.7	7.9	17.0	3.3	12.1	0.8	0.8	3.4	0.6
	SDC3	38.8	9.3	18.4	3.2	11.8	1.5	0.7	3.3	0.6
PARC DROMEL 20/06 au 24/06	SDC1	29.0	8.0	14.0	3.2	11.1	0.9	0.6	3.3	0.6
	SDC2	26.3	8.9	15.7	3.3	11.2	1.0	0.7	3.8	0.6
	SDC3	38.1	9.3	18.1	3.5	11.4	1.1	0.7	3.9	0.6
CASTELROC 27/06 au 01/07	SDC1	22.2	4.3	5.4	2.0	7.3	0.5	< 0,5	1.7	< 0,4
	SDC2	21.2	4.4	5.1	2.1	7.7	0.5	< 0,5	1.6	< 0,4
	SDC3	27.3	5.0	7.1	2.3	7.9	0.5	0.7	1.9	< 0,4
	SDC4	41.9	5.3	7.7	2.4	9.2	0.7	5.2	2.2	< 0,4

3.2.1 Formaldéhyde

Aucune salle échantillonnée ne dépasse ou se rapproche de la valeur limite réglementaire de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, elles sont même toutes inférieures à la valeur d'information et recommandations de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du Haut Conseil de Santé du public. 87,5% des salles de classe des établissements (56 sur 64 classes) présentent des concentrations en formaldéhyde inférieures à la valeur guide réglementaire de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, proportion légèrement supérieure à la répartition des écoles et crèches de l'étude nationale 2010-2011.

Tableau 11 : Concentrations moyennes annuelles en formaldéhyde à l'échelle des salles instrumentées de l'étude nationale écoles et crèches (2010-2011)

Concentration moyenne en formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Répartition (%)
0 à 30	85,6
30 à 50	11,9
50 à 100	2,5
Supérieure à 100	0,0

Sur cette période de mesure, les établissements situés dans les quartiers Sud présentent une moyenne en formaldéhyde ($22 \mu\text{g}/\text{m}^3$) supérieure à celle des établissements situés au centre-ville ($12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Toutes les salles de classe ayant présenté de légers dépassements de la valeur guide réglementaire durant la période de février à mai, présentent un indice de confinement « très élevé » de 4 sur une échelle de 5 (cf. Tableau 12). Ce confinement important favorise l'accumulation des polluants intérieurs, il doit donc amplifier les concentrations intérieures en formaldéhyde. En améliorant les conditions de renouvellement d'air de ces classes, les concentrations en formaldéhyde devraient significativement baisser.

Sources potentielles : Dans les espaces clos, le formaldéhyde est une substance ubiquitaire. Les sources qui sont responsables des teneurs observées sont principalement de trois types :

- les produits de construction et d'ameublement et plus particulièrement les panneaux de particules, qui sont collés avec des résines aminoplastes (urée-formol UF, mélamine-formol MF et mélamine-urée-formol MUF) et phénoplastes (phénol-formol PF et phénolrésorcinol-formol PRF) ; leur fabrication utilise environ 85% du formaldéhyde consommé en France ;
- les produits domestiques (produits nettoyeurs, cosmétiques, peintures, vernis, colles...) dans lesquels le formaldéhyde est souvent utilisé en tant que conservateur ;
- les combustions domestiques pour la cuisson des aliments et le chauffage des locaux, les cheminées d'agrément ainsi que le tabagisme ou l'utilisation d'encens.

3.2.2 Acétaldéhyde

L'ensemble des 64 salles de classe présente des concentrations très largement inférieures à la Valeur Guide en Air Intérieur (VGAi) de l'ANSES de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Elles sont également inférieures aux médianes des concentrations des logements Français ($11,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Sources potentielles : Matériaux (panneaux de bois bruts et de particules, isolants), équipement (photocopieurs), combustion (fumée de tabac), photochimie atmosphérique, métabolite de l'alcool éthylique.

3.2.3 Hexaldéhyde

L'héxaldéhyde ne possède pas de valeur référence française. La moyenne des concentrations des 64 salles de classe ($10,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est inférieure à la médiane des concentrations des logements Français ($13,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Sources potentielles : Matériaux (panneaux de particules et de bois brut, émission de livres et magazines neufs, peintures en phase solvant, produits de traitement du bois).

3.2.4 Acroléine

Toutes les salles de classes présentent des concentrations inférieures ou égales à la Valeur Guide en Air Intérieur (VGAI) de l'ANSES de $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sources : Combustion (effluents automobiles, fumée de tabac, chauffage des graisses animales et végétales).

3.2.5 Autres aldéhydes

L'ensemble des autres aldéhydes (propionaldéhyde, butyraldéhyde, benzaldéhyde, Isovaraldéhyde, varaldéhyde) présentent des concentrations habituelles dans ce type d'établissement.

3.3 Confinement et habitudes d'ouverture

Tableau 12. Concentrations maximums en CO₂ et indices de confinement

Etablissement	Salle	ICONE (0 à 5)	Max (ppm)	Habitudes d'ouverture
VALMONT REDON	SDC1	4	4540	Ouvertures occasionnelles
	SDC2	4	3564	*pas renseigné
VALMANTE 29/02 au 04/03	SDC1	4	3483	Peu d'ouvertures
	SDC2	0	1836	Ouvertures régulières
GILLES VIGNAULT 07/03 au 11/03	SDC1	3	2476	*pas renseigné
	SDC2	3	2545	Peu d'ouvertures
	SDC3	3	2634	Ouvertures occasionnelles
	SDC4	2	2291	Ouvertures régulières
CABOT LES PINS 14/03 au 18/03	SDC1	4	4521	Ouvertures occasionnelles
	SDC2	4	4151	Ouvertures occasionnelles
	SDC3	3	3343	Ouvertures régulières
ROUVIERE 14/03 au 18/03	SDC1	3	3331	Ouvertures régulières
	SDC2	3	3010	Ouvertures régulières
	SDC3	3	3037	Ouvertures régulières
CHARTREUX 21/03 au 25/03	SDC1	4	2908	Ouvertures occasionnelles
	SDC2	4	3196	Aucune ouverture
	SDC3	4	3912	*pas renseigné
ABEILLES 21/03 au 25/03	SDC1	4	3456	*pas renseigné
	SDC2	2	1914	*pas renseigné
	SDC3	3	3321	*pas renseigné
	SDC4	4	4009	*pas renseigné
BERNARD CADENAT 18/04 au 22/04	SDC1	4	4633	Ouvertures occasionnelles
	SDC2	4	2887	*pas renseigné
	SDC3	0	1354	Ouverture très régulière
	SDC4	2	2287	Ouvertures occasionnelles
	SDC5	3	3386	Peu d'ouvertures
	SDC6	1	1551	*pas renseigné
LEVERRIER 25/04 au 29/04	SDC1	3	2961	Ouvertures occasionnelles
	SDC2	4	3285	Très peu d'ouvertures
	SDC3	3	2863	Très peu d'ouvertures
	SDC4	2	2574	*pas renseigné
	SDC5	3	2158	Ouvertures occasionnelles
FD ROOSEVELT 09/05 au 13/05	SDC1	4	3044	Très peu d'ouvertures
	SDC2	2	2690	Ouvertures régulières
	SDC3	4	3595	*pas renseigné
	SDC4	4	3947	Ouvertures occasionnelles
NATIONAL 23/05 au 27/05	SDC1	2	2275	Ouvertures régulières
	SDC2	3	3098	*pas renseigné
	SDC3	3	3006	Ouvertures occasionnelles
	SDC4	4	3346	Ouvertures occasionnelles
	SDC5	3	2330	Ouvertures occasionnelles
	SDC6	3	2798	Ouvertures occasionnelles
VACCARO 30/05 au 03/06	SDC1	1	1324	Ouvertures occasionnelles
	SDC2	0	1056	Ouvertures occasionnelles
	SDC3	1	1671	Ouverture régulière
	SDC4	0	1711	*pas renseigné
SAINT TRONC LA ROSE 06/06 au 10/06	SDC1	0	1327	Ouverture très régulière
	SDC2	0	1101	Ouverture très régulière
	SDC3	0	909	*pas renseigné
	SDC4	0	1331	*pas renseigné
SAINT CHARLES 2 13/06 au 17/06	SDC1	1	1776	Ouvertures régulières
	SDC2	1	1744	Ouvertures régulières
	SDC3	0	1174	*pas renseigné
	SDC4	2	2650	*pas renseigné
COIN JOLI 20/06 au 24/06	SDC1	2	1776	Ouvertures régulières
	SDC2	0	1309	Ouverture très régulière
	SDC3	1	1851	Ouverture très régulière
PARC DROMEL 20/06 au 24/06	SDC1	nd	nd	*pas renseigné
	SDC2	1	1516	*pas renseigné
	SDC3	1	1762	*pas renseigné
CASTELROC 27/06 au 01/07	SDC1	0	934	Ouverture continue
	SDC2	0	670	Ouverture continue
	SDC3	0	1104	Ouverture continue
	SDC4	0	929	Ouverture continue

Au vu des résultats de mesure de CO₂, des indices de confinement et des informations des questionnaires visant à évaluer les habitudes d'aération des enseignants, on distingue deux périodes différentes :

- De fin février à fin mai 2016 : ouvertures habituelles des salles de classe en fonction des besoins d'aération ;
- De fin mai à début juillet 2016 : ouverture quasi-systématique des fenêtres pour des raisons essentiellement thermiques. Ceci est confirmé par des indices de confinement qui ne dépassent pas 1 sur 5 et par la déclaration d'ouvertures de fenêtres régulières ou très régulières.

Pour évaluer les conditions de confinement des établissements, nous ne pouvons pas prendre en compte les résultats des ceux échantillonnés entre le 30 mai et le 1^{er} juillet (6 écoles de Vaccaro à Castelroc).

Sur les 11 écoles restantes (42 salles de classe), le confinement observé est important :

- 41 % des classes présentent un indice de confinement de 4 correspondant à un « confinement très élevé » ;
- 38 % des salles de classe présentent un indice de confinement de 3 correspondant à un « confinement élevé » ;
- Seulement 21 % des salles de classe présentent un indice de confinement inférieur ou égal à 2.

L'ensemble de ces 11 établissements présente des menuiseries récentes, ce qui augmente de manière significative l'étanchéité à l'air des salles de classe. Aucun système de ventilation n'a été installé dans ces écoles pour compenser l'étanchéité à l'air occasionnée.

Dans ce contexte, le seul moyen de réguler le confinement est l'ouverture des fenêtres. Ainsi, dans des établissements où les salles de classes sont homogènes en menuiseries, il est observé une nette diminution de l'indice de confinement dans les classes qui ont déclaré une ouverture très régulière des fenêtres (écoles Vamante, Gilles Vignault, Bernad Cadenat, FD Roosevelt, National). Néanmoins cette amélioration des habitudes d'ouverture peut ne pas suffire dans certains établissements, tant le confinement semble important. Dans les écoles Cabot les Pins et Rouvière, les ouvertures déclarées classées comme « très régulières » ne permettent pas de descendre en dessous de l'indice de confinement de 3 (confinement élevé). Le confinement semble alors trop important pour que l'ouverture très régulière suffise pour évacuer le trop-plein de CO₂ émis par la respiration des occupants.

3.4 COV légers et totaux

La mesure par microcapteurs en continu des composés organiques volatils légers ou totaux permet de compléter les mesures effectuées par tubes passifs (aldéhydes et BTEX).

Le suivi des concentrations en COV légers est particulièrement intéressant quand les niveaux mesurés de formaldéhyde dépassent la valeur guide réglementaire de 30 µg/m³ en formaldéhyde. Cela permet l'apport d'informations sur les éventuelles raisons de ce dépassement, par l'interprétation des évolutions des concentrations au cours du temps.

Le suivi des concentrations en COV totaux permet d'identifier d'éventuelles problématiques de pollution organique, non détectées par la mesure des aldéhydes et des BTEX.

3.4.1 COV légers des salles de classes dont les concentrations en formaldéhyde sont supérieures à 30 µg/m³

3.4.1.1 Ecole Castelroc

La salle de classe SDC4 de l'école Castelroc a présenté une concentration intérieure de 41 µg/m³. La période de mesure en début d'été est propice aux émissions de formaldéhyde par les matériaux en raison de l'augmentation des températures intérieures. Néanmoins, c'est la seule classe échantillonnée de l'établissement qui a présenté une concentration supérieure à la valeur guide réglementaire de 30 µg/m³.

Le suivi des concentrations intérieures en COV légers est le suivant :

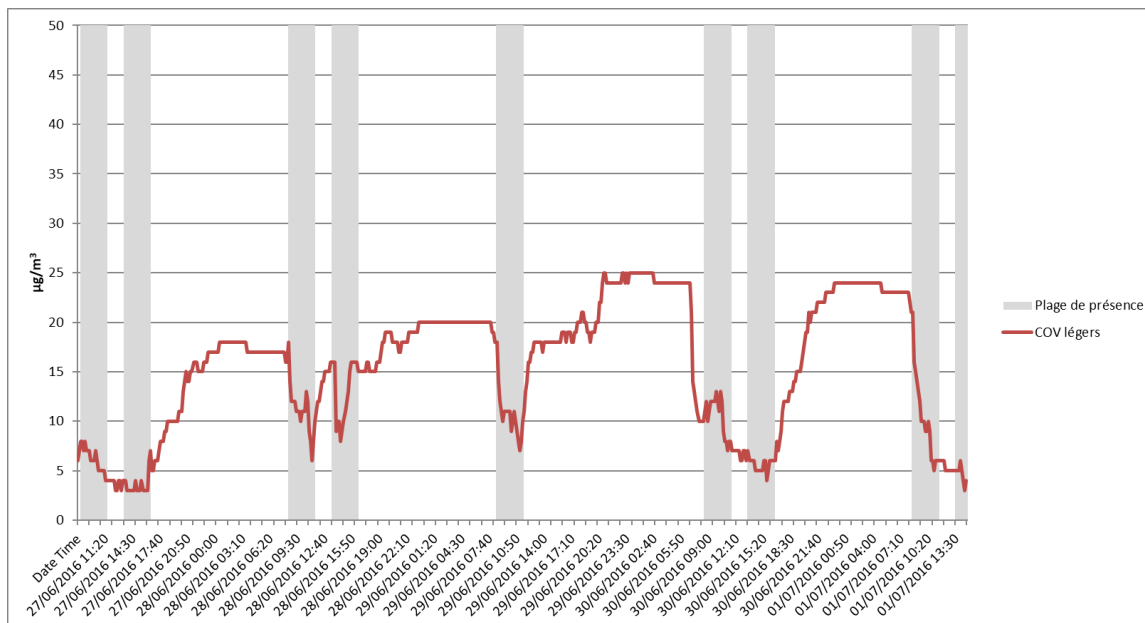


Figure 20 : Suivi des concentrations intérieures en COV légers de la salle SDC4 de l'école Castelroc

Les concentrations en COV légers (équivalent formaldéhyde) montrent des niveaux inférieurs à la concentration de formaldéhyde mesurée par tube passif. L'évolution des concentrations montre que les niveaux sont plus importants en période d'inoccupation de la salle de classe. Il n'y a donc vraisemblablement pas eu d'activités des occupants particulièrement émettrices de formaldéhyde, et l'ouverture « très régulière » des fenêtres due aux températures estivales a permis d'évacuer une proportion de formaldéhyde vers l'extérieur lors des phases d'occupation. Une fois les fenêtres fermées, les concentrations augmentent progressivement, ce qui est en faveur de l'hypothèse d'une contribution des matériaux intérieurs.

3.4.1.2 Ecole Valmont Redon

Dans la salle de classe SDC1 de l'école Valmont Redon, le constat est inverse. Les pics de concentration en COV légers sont associés aux plages de présence des occupants.

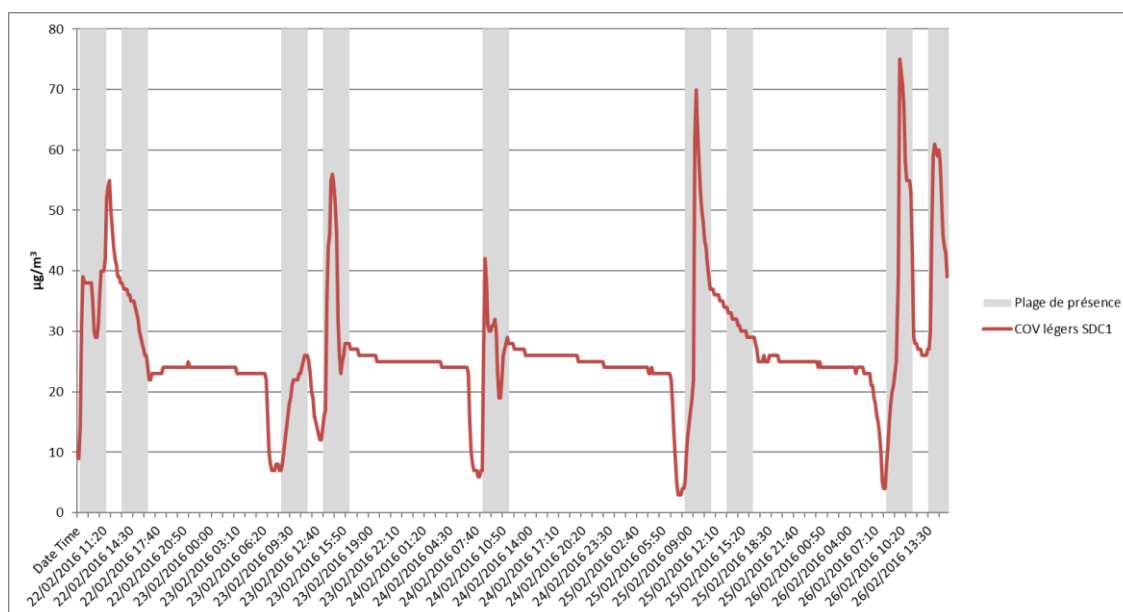


Figure 21 : Suivi des concentrations intérieures en COV légers de la salle SDC1 de l'école Valmont Redon

Dans la salle de classe SDC1, à l'exception du pic de COV légers à la pause de midi du lundi 22 février, l'ensemble des autres pics correspondent très précisément à la période d'occupation de la classe. L'une des raisons du dépassement des $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en formaldéhyde dans cette salle semble être les activités ayant eu lieu cette semaine-là. La chute des concentrations en tout début de matinée avant l'arrivée des enfants, semble correspondre à l'ouverture des fenêtres pendant l'entretien des salles de classe. Ceci illustre la forte fluctuation à la baisse des concentrations intérieures en COV lors de l'ouverture des fenêtres.

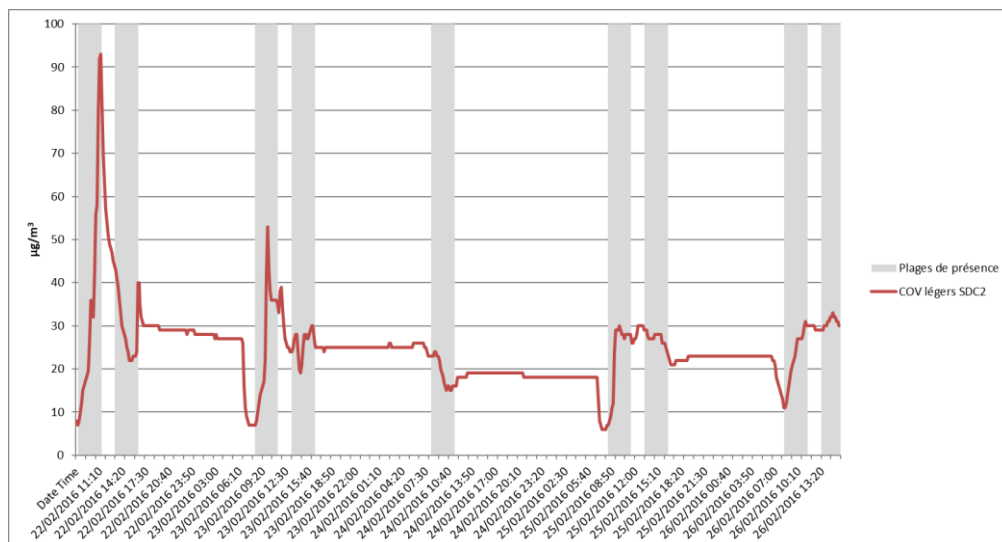


Figure 22 : Suivi des concentrations intérieures en COV légers de la salle SDC2 de l'école Valmont Redon

Dans la salle SDC4, les niveaux les plus importants ont également lieu en présence des occupants mais il est observé moins de pics de concentrations en COV légers. La chute des concentrations en tout début de matinée avant l'arrivée des enfants semble également correspondre à l'ouverture des fenêtres pendant l'entretien des salles de classe.

3.4.1.3 Ecole Bernard Cadenat

Dans la classe SDC1 de l'école Bernard Cadenat, les niveaux de fond en COV légers semblent inférieurs à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Un pic de concentration important est observé le mardi 19 avril. Celui-ci semble avoir un impact sur les concentrations intérieures sur plusieurs jours. Ceci semble lié à l'impact d'une activité de type peintures avec une phase de séchage. Dans ce cas, le dépassement des $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en formaldéhyde semble lié à une activité ayant eu lieu le mardi 19 avril 2016. L'enseignante de cette salle de classe n'a cependant pas déclaré d'activité potentiellement polluante sur l'ensemble de la semaine de mesure.

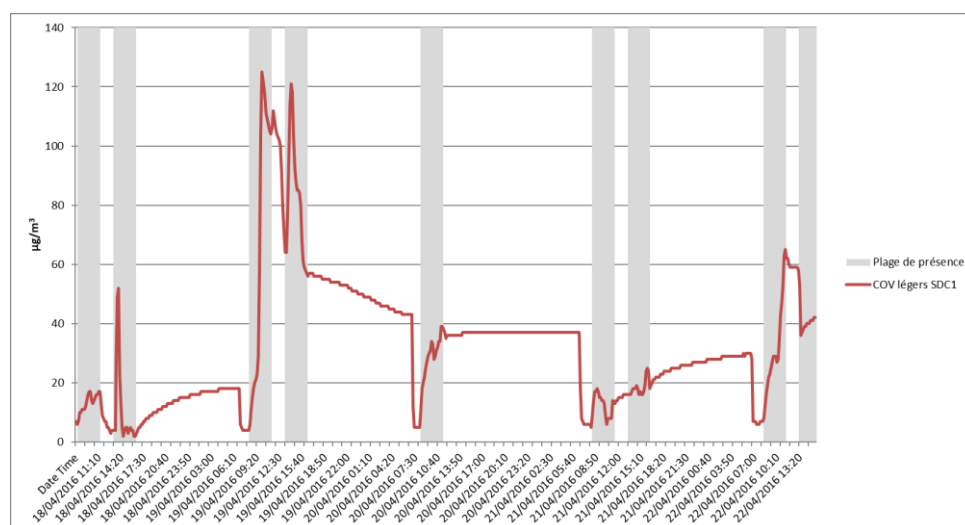


Figure 23 : Suivi des concentrations intérieures en COV légers de la salle SDC1 de l'école Bernard Cadenat

3.4.1.4 Ecole Parc Dromel

La salle SDC3 de l'école Parc Dromel qui a montré un léger dépassement de la valeur guide réglementaire de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a pas été équipée de l'appareil de mesure par microcapteurs. Nous ne disposons pas des données de suivi des concentrations en COV légers.

3.4.1.5 Ecole Coin Joli

L'école Coin Joli a présenté deux salles de classe avec un léger dépassement de la valeur guide réglementaire de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SDC2 et SDC3). La première, la salle SDC2 n'a pas été équipée de l'appareil de mesure par microcapteurs.

Le suivi des concentrations en COV légers de la salle SDC3 est le suivant :

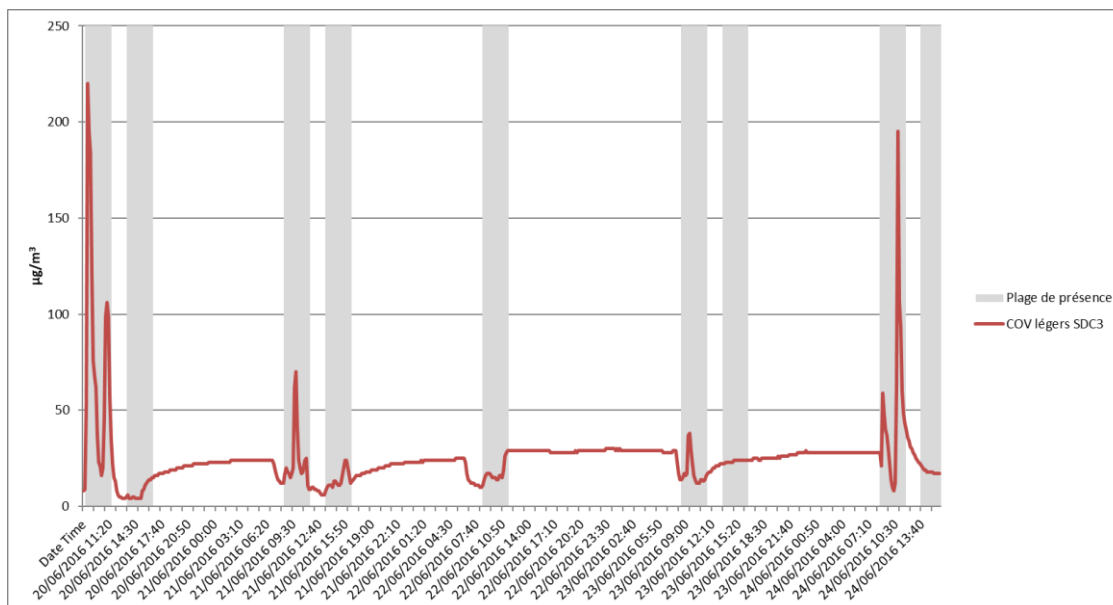


Figure 24 : Suivi des concentrations intérieures en COV légers de la salle SDC3 de l'école Coin Joli

Dans ce cas-ci, au vu des évolutions des concentrations en COV légers, ce sont encore les activités dans la salle de classe, notamment du lundi et du vendredi qui semblent à l'origine des dépassements des concentrations en formaldéhyde.

3.4.2 Composés organiques volatils totaux

Les trois écoles qui ont présenté les concentrations intérieures les plus importantes en COV totaux sont les écoles de Valmont Redon, de Cabot les Pins et Bernard Cadenat.

3.4.2.1 L'école Valmont Redon

Les salles de classe SDC1 et SDC2 de l'école Valmont Redon présentent des concentrations moyennes, sur la période de mesure de 4,5 jours, supérieures à $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette valeur ne peut pas être comparée aux valeurs références en COV totaux pour lesquels les principes de mesures correspondants sont très différents.

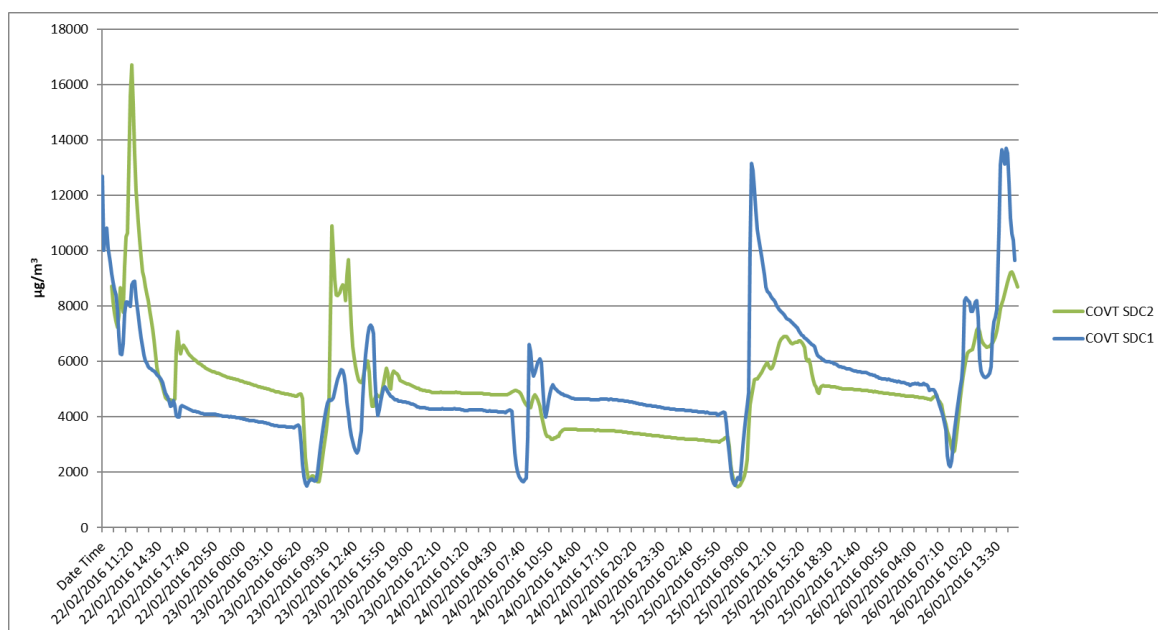


Figure 25 : Suivi des concentrations intérieures en COV totaux des salles de classe SDC1 et SDC2 de l'école Valmont Redon

Il semble que ce soit principalement les concentrations de fond qui expliquent ces niveaux en COV totaux puisqu'en condition d'inoccupation les concentrations sont supérieures à 4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En complément, des pics de concentration viennent augmenter les niveaux moyens en COV totaux.

Ces deux salles de classe présentent un confinement « très élevé » (indice de confinement de 4 sur 5) qui doit expliquer, au moins en partie des niveaux de fond en COV totaux.

3.4.2.2 Ecole Cabot les Pins

La salle de classe SDC2 de l'école Cabot les Pins montre des concentrations moyennes de 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Comme pour l'école Valmont Redon, les concentrations de fond semblent à l'origine des niveaux de COV totaux et le confinement « très élevé » doit en être la cause principale.

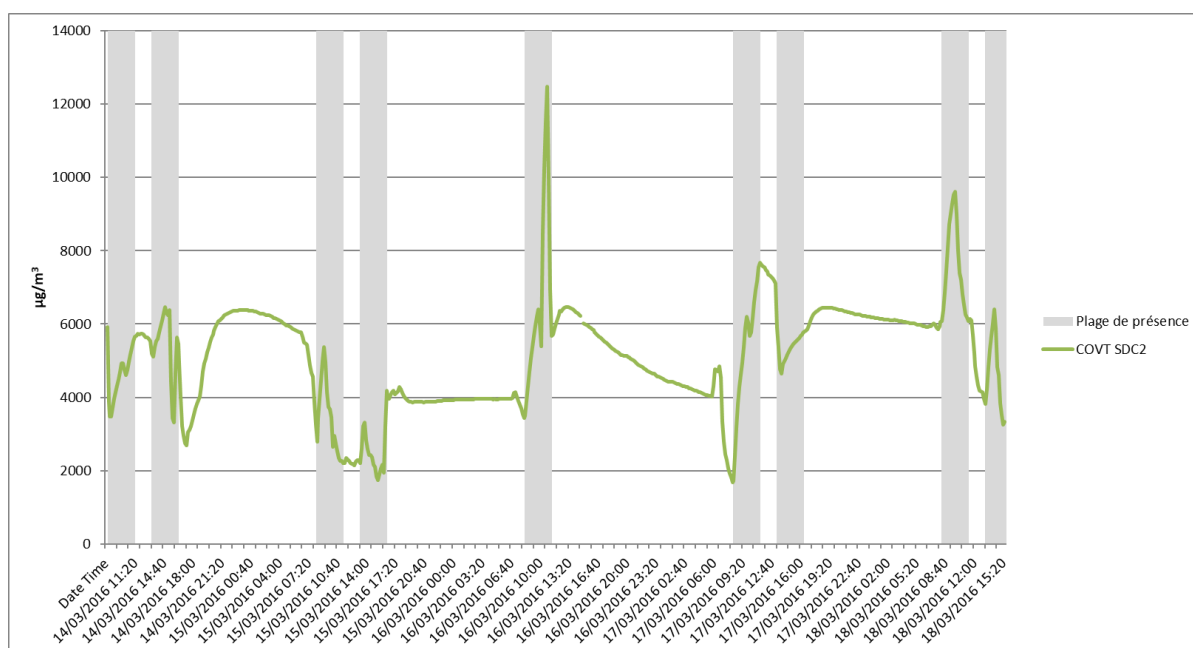


Figure 26 : Suivi des concentrations intérieures en COV totaux de la salle SDC2 de l'école Cabot les pins

3.4.2.3 Ecole Bernard Cadenat

La salle de classe SDC1 de l'école Bernard Cadenat, présente des concentrations moyennes en COV totaux de plus de 13300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces concentrations semblent essentiellement liées aux concentrations de fond (émission des matériaux et mobiliers par exemple). Cette salle de classe présentait une forte odeur qui semble liée au revêtement de sol PVC. Seule l'ouverture des fenêtres (chutes des concentrations intérieures visibles sur la courbe) permet une diminution des niveaux en COV totaux mais les concentrations remontent rapidement à leur niveau initial.

En complément, il s'agit encore d'une salle de classe avec un niveau de confinement « très élevé ». Ce confinement doit venir amplifier les concentrations intérieures en COV totaux.

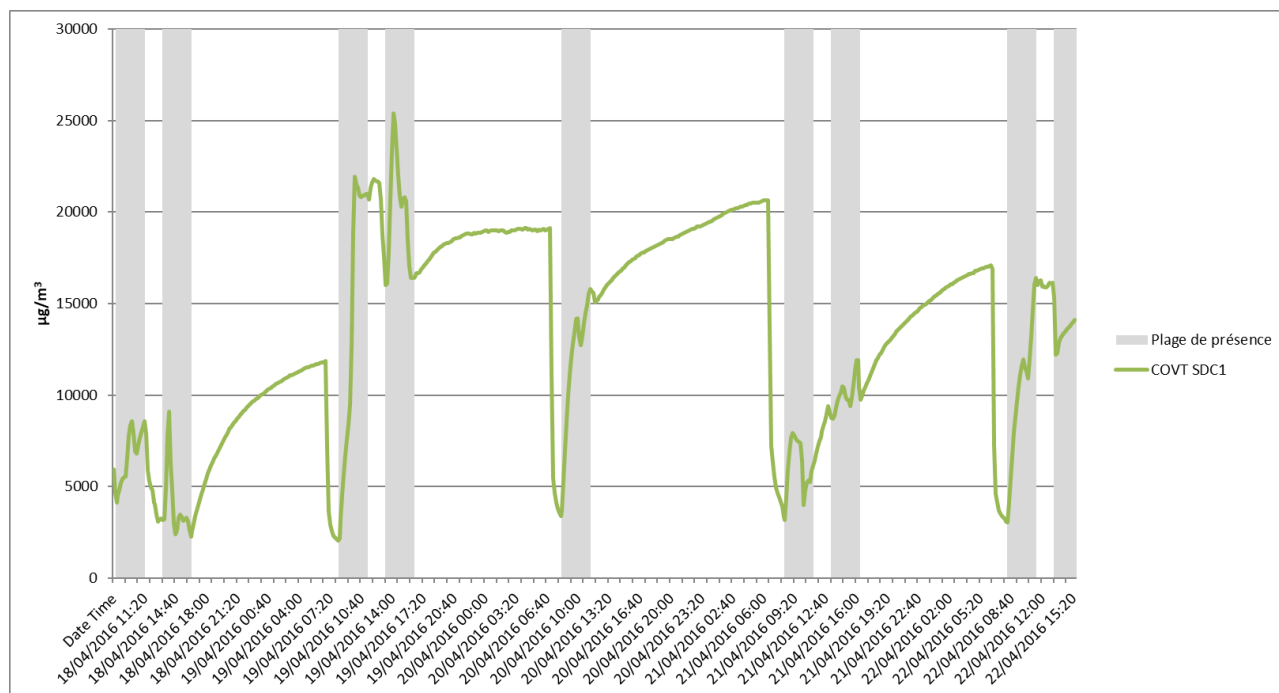


Figure 27 : Suivi des concentrations intérieures en COV totaux de la salle SDC1 de l'école Bernard Cadenat

4. Comparaison des données à l'étude ISAAC de 1999

La campagne de mesure de l'étude ISAAC de 1999 comprenait moins de paramètres que l'édition 2016. Les paramètres en commun aux deux campagnes sont les suivants :

- Dioxyde d'azote
- PM2,5
- Formaldéhyde
- Acétaldéhyde

L'ensemble de ces paramètres ont été mesurés selon le même protocole en 1999 qu'en 2016 (tubes passifs Passam pour le NO₂, Gravimétrie sur filtres avec impacteurs pour les PM2,5 et tubes passifs Radiello pour le formaldéhyde et l'acétaldéhyde).

4.1 Dioxyde d'azote

Le détail des résultats de concentrations en NO₂ de la campagne de 1999 est fourni en annexe. Le tableau suivant compare les concentrations moyennes intérieures et extérieures par établissement ainsi que les données de la station de mesure de fond urbain de Marseille : Cinq Avenues.

Tableau 13. Comparaison des concentrations en NO₂ intérieures et extérieures entre 1999 et 2016

	Moyenne des concentrations intérieures en NO ₂ (µg/m ³)		Concentrations extérieures de l'établissement (µg/m ³)		Concentrations extérieures de la station Cinq avenue sur la période de mesure de chaque école (µg/m ³)	
	1999	2016	1999	2016	1999	2016
VALMONT REDON	15.0	11.3	10.0	20.5	25.0	31.0
VALMANTE	21.0	15.7	25.0	15.8	42.0	22.0
GILLES VIGNAULT	47.2	24.9	63.0	32.9	61.0	31.0
CABOT LES PINS	26.7	16.1	38.0	23.2	19.0	33.0
ROUVIERE	19.3	12.8	20.0	19.0	25.0	33.0
CHARTREUX	48.4	32.6	62.0	37.3	19.0	38.0
ABEILLES	57.1	40.5	62.0	34.0	42.0	38.0
BERNARD CADENAT	40.3	28.9	33.0	36.9	25.0	29.0
LEVERRIER	38.0	30.4	51.0	27.7	40.0	27.0
FD ROOSEVELT	30.9	20.5	40.0	24.0	36.0	16.0
NATIONAL	30.6	27.4	30.0	29.6	18.0	21.0
VACCARO	11.5	7.6	11.0	8.7	36.0	19.0
SAINT TRONC LA ROSE	12.7	15.0	36.0	18.0	40.0	21.0
SAINT CHARLES 2	56.0	22.4	53.0	22.0	39.0	15.0
COIN JOLI	30.7	18.4	39.0	29.7	37.0	34.0
PARC DROMEL	30.0	20.7	44.0	36.1	37.0	34.0
CASTELROC	9.1	15.4	13.0	18.0	18.0	29.0
Moyenne sur l'ensemble de la période de la campagne	30.9	21.2	37.1	25.5	35.2	26.1
Moyenne sur l'année civile					38.0	27.0

Au vu des concentrations en intérieures et extérieures des établissements, il est globalement observé une diminution des concentrations en NO₂ entre les campagnes de mesure de 1999 et de 2016. La moyenne des concentrations intérieures montre une diminution de l'ordre de 31 % en 2016 par rapport à 1999. Même constat pour la moyenne des concentrations extérieures mesurée dans chaque établissement, 31 % de diminution entre 1999 et 2016.

La comparaison des données de mesure de la station Cinq Avenue (dont les mesures sont effectuées avec un appareil de référence par chimiluminescence) montre également une nette diminution des concentrations entre les deux périodes :

- 26 % de diminution entre 1999 et 2016 sur les périodes de mesure précises respectives de chaque campagne ;
- 29 % de diminution des concentrations annuelles entre 1999 et 2016.

4.2 PM2,5

Le détail des résultats de concentrations en PM2,5 de la campagne de 1999 est fourni en annexe. Le tableau suivant compare les concentrations moyennes intérieures par établissement :

Tableau 14. Comparaison des concentrations intérieures en PM2,5 entre 1999 et 2016

	Moyenne des concentrations intérieures en PM2,5 (µg/m³)	
	1999	2016
VALMONT REDON	10.9	9.8
VALMANTE	12.0	9.3
GILLES VIGNAULT	18.0	8.9
CABOT LES PINS	22.6	8.6
ROUVIERE	13.0	9.8
CHARTREUX	27.2	18.7
ABEILLES	15.0	13.2
BERNARD CADENAT	14.4	9.7
LEVERRIER	28.2	9.8
FD ROOSEVELT	16.3	12.9
NATIONAL	16.7	9.8
VACCARO	13.8	7.8
SAINT TRONC LA ROSE	18.2	9.2
SAINT CHARLES 2	21.9	8.7
COIN JOLI	14.6	12.6
PARC DROMEL	17.1	10.2
CASTELROC	11.0	9.4
Moyenne des établissements	17.1	10.5

Les concentrations intérieures moyennes en PM2,5 par établissement montrent une diminution des concentrations entre 1999 et 2016. En 2016, seuls 6 établissements présentent des concentrations moyennes supérieures à la Valeur Guide en Air Intérieur de l'ANSES de 10 µg/m³ alors que tous les établissements présentaient des concentrations supérieures à cette valeur en 1999.

La moyenne des concentrations intérieures de l'ensemble des établissements était de 17,1 µg/m³ en 1999, contre 10,5 µg/m³ en 2016, soit une tendance à la diminution de l'ordre de 38 %.

En raison d'un problème d'acquisition de données de l'analyseur de référence en PM2,5 à la station de mesure de fond urbain de Marseille (Cinq Avenues) en 2016, il n'est pas possible de comparer les données des concentrations extérieures en PM2,5 sur les périodes des campagnes de 1999 et 2016.

Néanmoins, les tendances d'évolution des concentrations en PM2,5 entre les années 2000 et 2015 confirment des concentrations extérieures à la baisse du même ordre que la diminution des concentrations intérieures entre les campagnes de 1999 et 2016 (soit 40%).

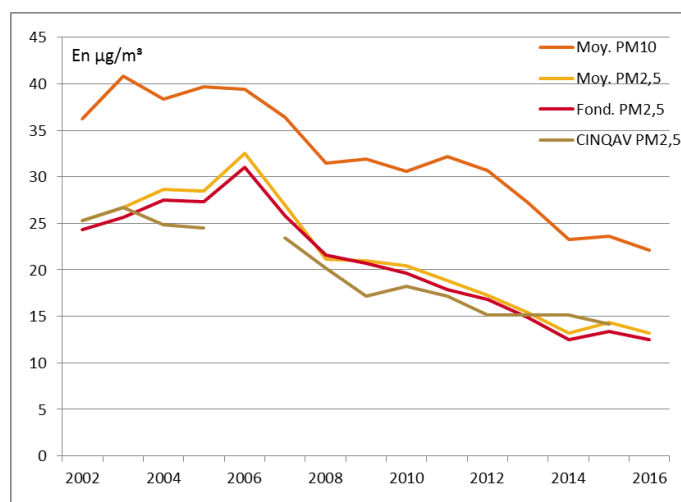


Figure 28 : Tendances des concentrations en PM2,5 entre 2002 et 2015 de toutes les stations, des stations de fond et de la station Cinq Avenues

4.3 Formaldéhyde

Le détail des résultats de concentrations en formaldéhyde de la campagne de 1999 est fournit en annexe.
Le tableau suivant compare les concentrations moyennes intérieures par établissement :

Tableau 15. Comparaison des concentrations intérieures en formaldéhyde entre 1999 et 2016

	Moyenne des concentrations intérieures en Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	1999	2016
VALMONT REDON	19.8	32.1
VALMANTE	16.4	17.5
GILLES VIGNAULT	14.8	9.2
CABOT LES PINS	24.6	18.5
ROUVIERE	28.8	13.4
CHARTREUX	19.7	8.8
ABEILLES	17.1	11.5
BERNARD CADENAT	12.0	13.7
LEVERRIER	12.7	8.0
FD ROOSEVELT	24.2	22.8
NATIONAL	28.9	12.6
VACCARO	15.2	12.0
SAINT TRONC LA ROSE	31.4	16.1
SAINT CHARLES 2	11.5	13.5
COIN JOLI	28.9	34.6
PARC DROMEL	26.4	31.2
CASTELROC	55.3	28.1
Moyenne des établissements	22.8	17.9

Les concentrations intérieures en formaldéhyde n'ont que peu évoluées entre 1999 et 2016. On observe tout de même une légère diminution de la concentration moyenne des établissements entre 1999 (22,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et 2016 (17,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

A l'exception de l'école Castelroc, ce ne sont pas les mêmes établissements qui ont présenté des dépassements de la valeur guide réglementaire de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1999 et en 2016.

L'établissement Castelroc est l'établissement qui a présenté les concentrations intérieures les plus importantes en formaldéhyde des campagnes de 1999 et 2016. En effet, même si la concentration moyenne à l'échelle de l'établissement en 2016 est inférieure à 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, cette dernière a montré une concentration de 41,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'une de ses salles de classe. Les niveaux intérieurs en formaldéhyde semblent s'être significativement améliorés entre 1999 et 2016 dans cet établissement puisque les concentrations des 6 salles de classe en 1999 s'échelonnaient entre 41 et 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.4 Acétaldéhyde

Le détail des résultats de concentrations en acétaldéhyde de la campagne de 1999 est fournit en annexe.
Le tableau suivant compare les concentrations moyennes intérieures par établissement :

Tableau 16. Comparaison des concentrations intérieures en acétaldéhyde entre 1999 et 2016

	Moyenne des concentrations intérieures en Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	1999	2016
VALMONT REDON	4.8	7.4
VALMANTE	5.6	4.9
GILLES VIGNAULT	7.7	3.1
CABOT LES PINS	8.6	6.6
ROUVIERE	19.1	5.1
CHARTREUX	9.7	5.1
ABEILLES	6.5	4.6
BERNARD CADENAT	5.1	5.2
LEVERRIER	6.4	4.2
FD ROOSEVELT	7.3	5.6
NATIONAL	8.1	6.5
VACCARO	4.2	2.9
SAINT TRONC LA ROSE	16.8	7.0
SAINT CHARLES 2	6.6	3.7
COIN JOLI	9.6	9.1
PARC DROMEL	9.2	8.7
CASTELROC	6.4	4.8
Moyenne des établissements	8.3	5.6

Que ce soit en 1999 ou 2016, aucune salle de classe n'a présenté de dépassement de l'actuelle Valeur Guide en Air Intérieur (VGAi) de l'ANSES de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il est observé une légère diminution des concentrations intérieures en acétaldéhyde entre les campagnes de 1999 et 2016.

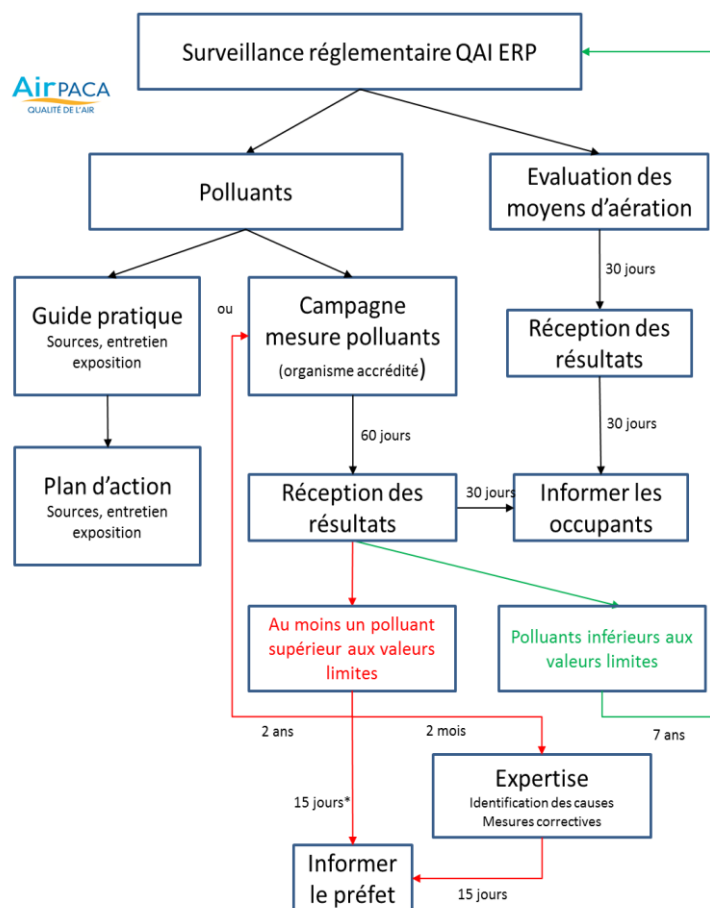
5. Accompagnement dans la gestion de la qualité de l'air intérieur

5.1 Contexte réglementaire

L'ensemble des écoles élémentaire sont soumises à la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur. Cette surveillance doit être mise en œuvre avant le premier janvier 2018.

Elle consiste à évaluer les moyens d'aération / ventilation et les polluants intérieurs de chaque établissement.

Le processus global de la mise en place de la réglementation est schématisé ci-après :



* dans ce cas le préfet est informé par l'organisme accrédité 15 jours au maximum après la connaissance des résultats

Figure 29 : Processus de mise en place de la réglementation de surveillance de la qualité de l'air dans les ERP

5.1.1 Evaluation des moyens d'aération / ventilation

L'évaluation des moyens d'aération et de ventilation doit être mise en place de la même manière dans l'ensemble des établissements. Elle peut être réalisée par les services techniques des collectivités ou confiée à un bureau d'études externe. Elle consiste à :

- Vérifier l'opérabilité des ouvrants donnant sur l'extérieur
- Contrôler les bouches ou grilles d'aération existantes

Un résumé du rapport d'évaluation des moyens d'aération doit être affiché au sein de chaque établissement. Le rapport détaillé doit être tenu à la disposition des services compétents en cas de contrôle.

5.1.2 Evaluation de la pollution intérieure

Pour l'évaluation de la pollution intérieure, deux possibilités s'offrent aux collectivités :

- Faire réaliser les campagnes de mesure d'air intérieur par un organisme accrédité COFRAC
- Réaliser un autodiagnostic par l'application du guide pratique du Ministère

5.1.2.1 Campagnes de mesure par organisme accrédité

Les mesures réalisées par un organisme accrédité COFRAC (Lab Ref 30) consistent à mettre en place deux campagnes de mesure de 4,5 jours en période de chauffe et en période hors-chauffe des paramètres suivants :

- Formaldéhyde
- Benzène
- Confinement (CO₂)
- Tétrachloroéthylène (uniquement pour les établissements contigus à un pressing de lavage à sec)

La moyenne des concentrations des deux campagnes est ensuite comparée à la valeur guide et à la valeur limite réglementaire. Si l'ensemble des résultats est inférieur aux valeurs limites, les campagnes de mesures sont à répéter tous les 7 ans. Si au moins l'un des polluants est supérieur à la valeur limite réglementaire, le préfet en est informé, le propriétaire ou gestionnaire doit faire réaliser une expertise afin d'identifier les causes du dépassement et de mettre en place des actions correctives. Une campagne de mesure de vérification est à réaliser dans un délai de 2 ans (cf. figure 28).

Les résultats de mesure doivent être communiqués par voie d'affichage dans chaque établissement.

5.1.2.2 Application du guide pratique du Ministère

Les collectivités peuvent réaliser un autodiagnostic en appliquant le guide pratique du Ministère pour répondre aux exigences réglementaires pour l'évaluation des polluants intérieurs.

Cet autodiagnostic consiste au renseignement de quatre questionnaires visant à évaluer l'organisation du site, des équipements, des matériaux, des activités et de l'aération/ventilation de chaque établissement. Ils sont destinés à quatre catégories d'intervenants : les équipes de gestion, les services techniques, le personnel d'entretien et les responsables d'activités.

		Catégories d'intervenants			
		Equipe de gestion	Services techniques	Personnel d'entretien	Responsable d'activités
Thématiques	Organisation du site	X	X		
	Équipements		X		X
	Matériaux (construction, revêtements, mobiliers)	X	X		
	Activités (pédagogiques, ménage, travaux,...)	X	X	X	X
	Aération/Ventilation	X	X	X	X
	Observations			X	X

Figure 30 : Thématiques abordées et catégories d'intervenants concernés par les questionnaires d'autodiagnostic du guide du Ministère

Le renseignement de ces questionnaires doit aboutir à un plan d'action d'amélioration de la qualité de l'air adapté à chaque établissement.

Les questionnaires et le plan d'action doivent être tenus à disposition des services de contrôle de l'état. Une affiche informant que la surveillance de la qualité de l'air est réalisée dans l'établissement par l'application du guide du Ministère doit être affichée dans l'établissement.

5.2 Accompagnement à la mise en place de la réglementation

Dans le contexte de la mise en place d'une campagne de mesure d'air intérieur pour l'étude épidémiologique ISAAC, Air PACA accompagne la Ville de Marseille dans la mise en place de la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les 17 écoles de l'étude, qu'elle doit par la suite mettre en place dans l'ensemble de ses établissements avant le 1^{er} janvier 2018.

5.2.1 Sensibilisation

Afin d'obtenir une mise en place efficace du processus réglementaire, une bonne gestion des bâtiments et la mise en place de bonnes pratiques, il est primordial de sensibiliser les acteurs, gestionnaires et occupants aux enjeux de la qualité de l'air intérieur et aux exigences de la réglementation.

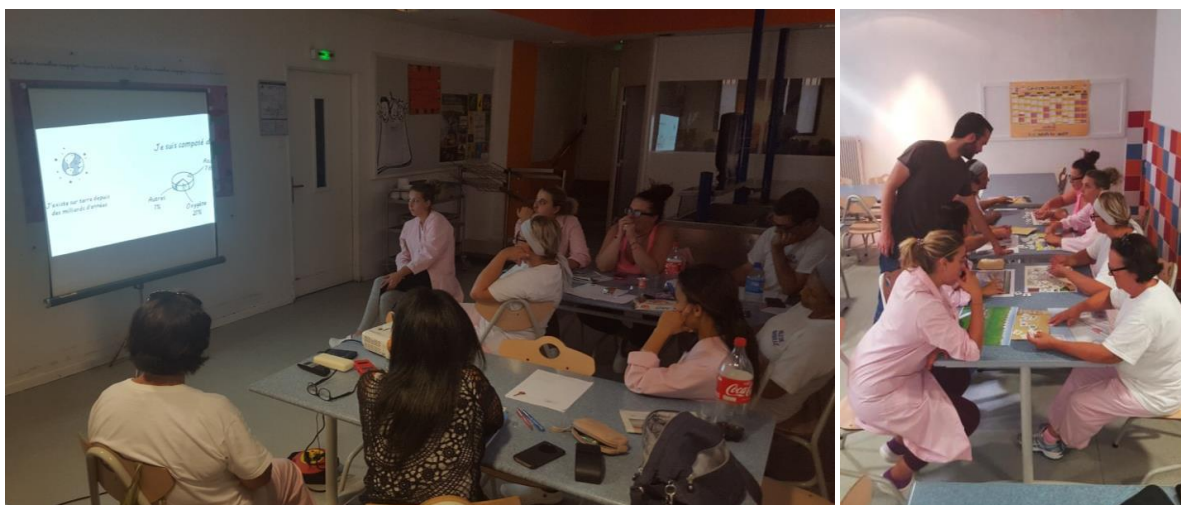
5.2.1.1 Elus, directions, services techniques

Afin que l'ensemble des acteurs et gestionnaires des bâtiments soient conscients des enjeux de l'air intérieur et des exigences de la réglementation de surveillance, plusieurs réunions d'information/sensibilisation ont été mises en place avec les élus et les représentants des différentes directions potentiellement concernées par la réglementation. Ces réunions ont été l'occasion de présenter le travail effectué avec la Direction de l'environnement et de l'espace urbain et le Service de la Santé et du Handicap de la ville de Marseille concernant le choix de la stratégie à adopter et la répartition des rôles au sein des différentes directions.

5.2.1.2 Personnel d'entretien

Air PACA et France Nature Environnement PACA ont développé un module de sensibilisation à la qualité de l'air intérieur, orienté vers le personnel d'entretien.

L'ensemble des équipes d'entretien des 17 établissements ayant participé à l'étude ISAAC a bénéficié de cette séance de sensibilisation de deux heures. Ces séances ont reçu un accueil très favorable auprès des agents d'entretien. Cela leur a permis un apport d'information scientifique, de mettre du sens sur certaines recommandations qui leur sont proposées et de mettre en évidence l'importance de leur action.

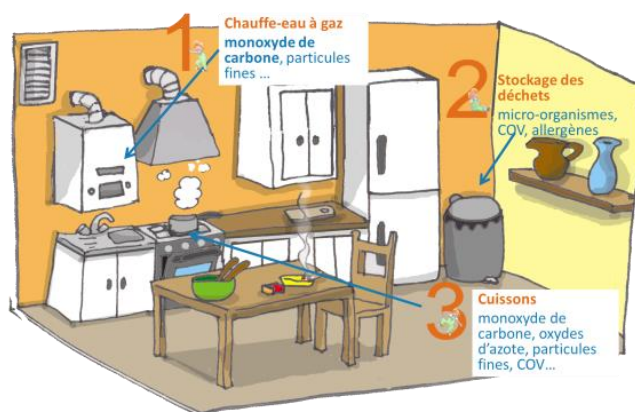


Photographie 83 : Exemple d'intervention de sensibilisation à la qualité de l'air intérieur au personnel d'entretien (Ecole Les Abeilles)

5.2.1.3 Enfants et enseignants

Dans l'ensemble des 64 salles de classe ayant été échantillonnées dans le cadre de l'étude ISAAC, une rapide introduction/sensibilisation à la qualité de l'air intérieur et au fonctionnement des différents appareils de mesure laissés dans la salle de classe a été faite aux enfants.

En complément, Air PACA, la Maison Ecologie Provence et la Fédération L'Air et Moi ont développé un module interactif de sensibilisation à la qualité de l'air intérieur à destination des enfants des écoles élémentaires et de leurs enseignants⁶. Celui-ci vise à informer le jeune public de manière ludique aux enjeux de la qualité de l'air intérieur et aux bonnes pratiques pour son amélioration. Pour les 17 écoles ayant participé à l'étude ISAAC, deux salles de classe par établissement ont bénéficié d'une séance de sensibilisation à l'aide du Module 6 air intérieur de l'Air et Moi. Ces séances permettent la compréhension des phénomènes de pollution intérieure, de l'impact sanitaire, l'information sur le contexte de surveillance réglementaire et surtout les bonnes pratiques.



Photographie 84 : Exemple d'une séance de sensibilisation à la qualité de l'air intérieur aux enfants et enseignants

Afin de faire perdurer dans le temps l'efficacité de la sensibilisation, un appareil de mesure de CO₂ pédagogique est laissé pendant 3 à 5 jours dans la salle de classe à la fin de la séance. Cet appareil est muni de trois diodes lumineuses qui s'illuminent en vert, jaune ou rouge en fonction des concentrations en CO₂, représentatives des conditions de confinement. Ainsi, lorsque le confinement devient important, l'appareil s'allume en jaune, voire en rouge. Dans ces cas-là, les élèves et les enseignants sont priés d'ouvrir les fenêtres. L'ouverture des fenêtres permet alors une diminution significative des concentrations en CO₂ ce qui permet à l'appareil de s'illuminer à nouveau en vert.



Photographie 85 : Exemple d'appareil de mesure de CO₂ pédagogique dans les salles de classe suite à la sensibilisation à la qualité de l'air intérieur par l'Air et Moi

⁶ Sensibilisation des enfants à la pollution de l'air : www.lairetmoi.org

5.2.2 Coopération avec les services Environnement et Hygiène et Santé

La Direction de l'environnement et de l'espace urbain et le Service de la Santé et du Handicap se sont saisis du travail de préparation initial nécessaire pour choisir la stratégie à adopter pour répondre à la réglementation (campagnes de mesure réglementaire ou guide pratique, répartition des tâches entre les différentes directions).

5.2.2.1 Processus de choix de la stratégie à adopter pour l'évaluation des polluants

Avant de mettre en place la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les écoles, pour l'évaluation des polluants intérieurs, il est nécessaire de choisir entre :

- Les campagnes de mesure d'air intérieur par laboratoire accrédité
- Autodiagnostic par l'application du guide pratique du Ministère

Suite à un travail collaboratif préalable de synthèse des exigences réglementaires, l'ensemble des informations relatives à chaque stratégie a été présenté aux élus et représentants des directions concernées : Avantages et inconvénients sur le plan scientifique, responsabilités et obligations d'actions, implication technique, coûts externes, d'unités d'œuvre...

Au vu du budget de près de 1,5 million d'euros que représenterait la solution campagne de mesure par laboratoire accrédité dans l'ensemble de leurs établissements, la Ville de Marseille a choisi la solution de l'autodiagnostic par l'application du guide pratique du Ministère (questionnaires et plan d'action d'amélioration). Pour ce qui est de l'évaluation des moyens d'aération/ventilation, la ville a choisi de le réaliser en interne par ses services techniques.

5.2.2.2 Répartition des rôles au sein des différentes directions

La répartition des rôles dans le renseignement des questionnaires est beaucoup plus complexe que celle présentée dans le guide du Ministère (équipes de gestion, services techniques, personnel d'entretien, responsables d'activités).



Figure 31 : Guide pratique du Ministère et questionnaires d'évaluation de la qualité de l'air

Chaque questionnaire nécessite l'implication de plusieurs directions ou services. Plus la collectivité est grande plus le nombre de services concernés est important.

Le travail collaboratif avec les services Environnement et Hygiène et Santé a permis de proposer une stratégie de répartition des implications des différentes directions dans le renseignement des différents questionnaires.

A la ville de Marseille, 9 directions et 3 services sont concernés par le renseignement des questionnaires :

- Direction de la vie scolaire, de l'enfance et de la jeunesse
- Direction expertises techniques
- Direction des régions

- Direction de la logistique
- Direction de l'environnement et de l'espace urbain
- Direction expertises techniques
- Direction innovation numérique et systèmes d'information.
- Direction de la gestion urbaine de proximité
- Direction de la vie scolaire, de l'enfance et de la jeunesse
- Service jeunesse
- Service petite enfance
- Service de la santé publique et du handicap

5.2.3 Déploiement des questionnaires

5.2.3.1 Questionnaires personnel d'entretien

Le questionnaire destiné au personnel d'entretien est à remplir pour l'ensemble des écoles. Pour les 17 établissements ayant participé à l'étude ISAAC, Air PACA a fait remplir les questionnaires au personnel d'entretien à la fin des séances de sensibilisation réalisées par France Nature Environnement. Plusieurs questionnaires par établissement ont été recueillis.

Pour les autres établissements de la ville de Marseille, c'est la Direction de la vie scolaire, de l'enfance et de la jeunesse qui est en charge du renseignement de ce questionnaire par les équipes d'entretien des écoles.

5.2.3.2 Questionnaires enseignants

Le questionnaire destiné aux responsables d'activités doit être également rempli pour chaque établissement. Il n'est cependant pas précisé dans les textes réglementaires le nombre d'enseignants qui doivent renseigner ce questionnaire.

Pour les 17 établissements ayant participé à l'étude ISAAC, Air PACA a fait remplir les questionnaires aux enseignants à la fin des séances de sensibilisation des salles de classe. Il y a eu deux séances de sensibilisation par établissement, mais à peine un peu plus de la moitié des questionnaires a été récupéré. Ce constat montre la complexité d'associer le personnel enseignant des écoles, qui dépend de l'éducation nationale, aux obligations des gestionnaires d'établissement que sont les collectivités.

5.2.3.3 Questionnaires équipes de gestion et services techniques

Ce sont la Direction de l'environnement et de l'espace urbain et le Service de la Santé et du Handicap qui se chargent du renseignement du déploiement des questionnaires « Equipes de gestion » et « Services techniques » au sein des différents services et directions concernés par chaque question des questionnaires.

Pour optimiser le renseignement des questionnaires, deux types de question ont été distingués, des questions spécifiques à chaque établissement et d'autres communes à chaque établissement.

Par exemple, les questions relatives aux politiques d'achat des matériaux ou de l'ameublement sont communes à chaque école. Par contre, toutes les questions relatives à l'évaluation du site et du fonctionnement du bâtiment sont spécifiques à chaque établissement.

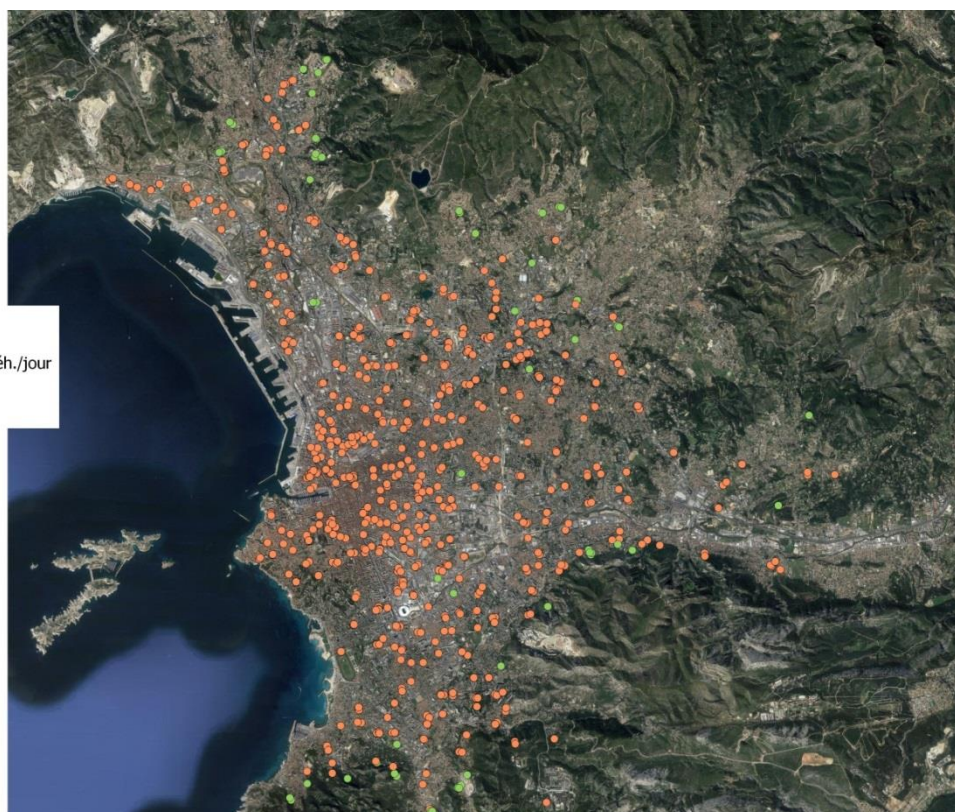
En ce qui concerne la partie évaluation du site des questionnaires, Air PACA a obtenu les informations de localisation précise de l'ensemble des écoles et crèches de la ville de Marseille pour fournir des éléments nécessaires au bon renseignement des questions qui portent sur la proximité avec des axes routiers, des industries, des stations-services.

Ainsi, Air PACA a pu fournir un pré-remplissage de certaines questions de proximité pour l'ensemble des établissements de la ville de Marseille. Par exemple, près de 90 % des établissements de la ville de Marseille sont situés à moins de 200 mètres d'un axe routier qui dépasse potentiellement 7000 véhicules/jour.

Etablissements

Proximité axe >7000 véh./jour

- > 200 mètres
- < 200 mètres



Air PACA 2017

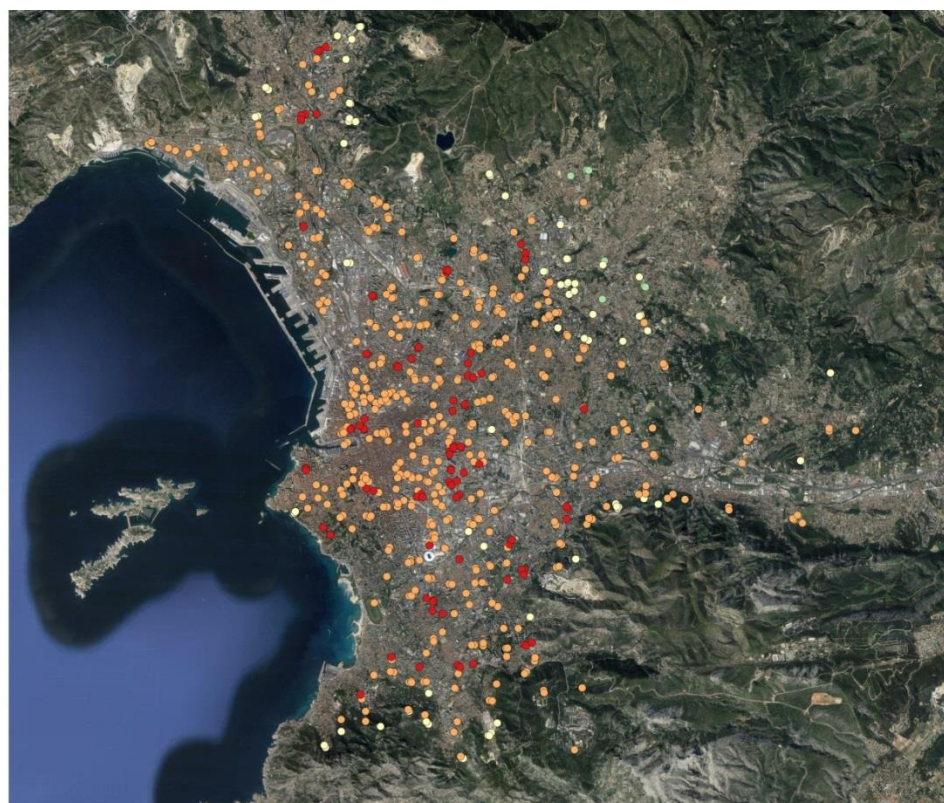
Figure 32 : Proximité des écoles et crèches de Marseille avec un axe routier dont le trafic routier dépasse potentiellement 7000 véhicules par jour

Quelques rares établissements, ci-après en vert, ne sont situés à proximité d'aucune source de pollution selon le questionnaire à destination des équipes de gestion.

Etablissements

à proximité

- 3 types de sources
- 2 types de sources
- 1 type de source
- d'aucune source



Air PACA 2017

Figure 33 : Proximité des écoles et crèches de Marseille aux avec un, deux ou trois types de sources (industriels, axe routier >7000 véh./j, stations-service)

En complément, Air PACA a positionné les établissements sur les cartes de pollution annuelle en Dioxyde d'azote, particules fines PM10 et sur la Carte Stratégique Air CSA, qui vise à identifier les zones prioritaires en termes de pollution de l'air ambiant.

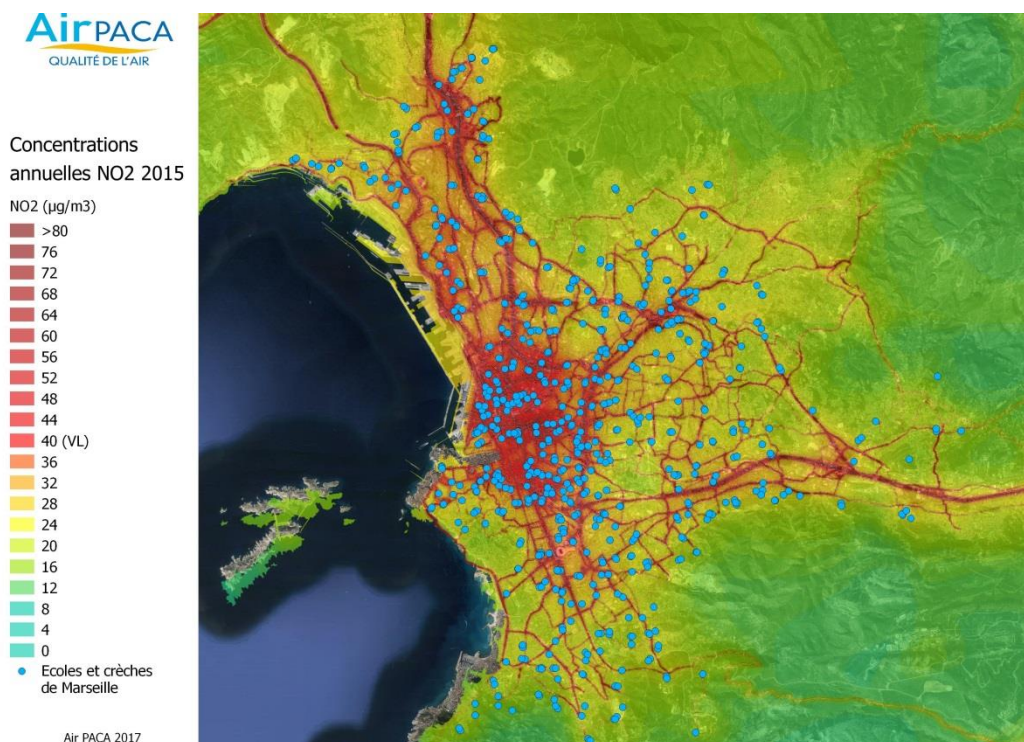


Figure 34 : Positionnement des écoles et crèches de Marseille sur la carte de modélisation des concentrations annuelles en NO2 (2015)

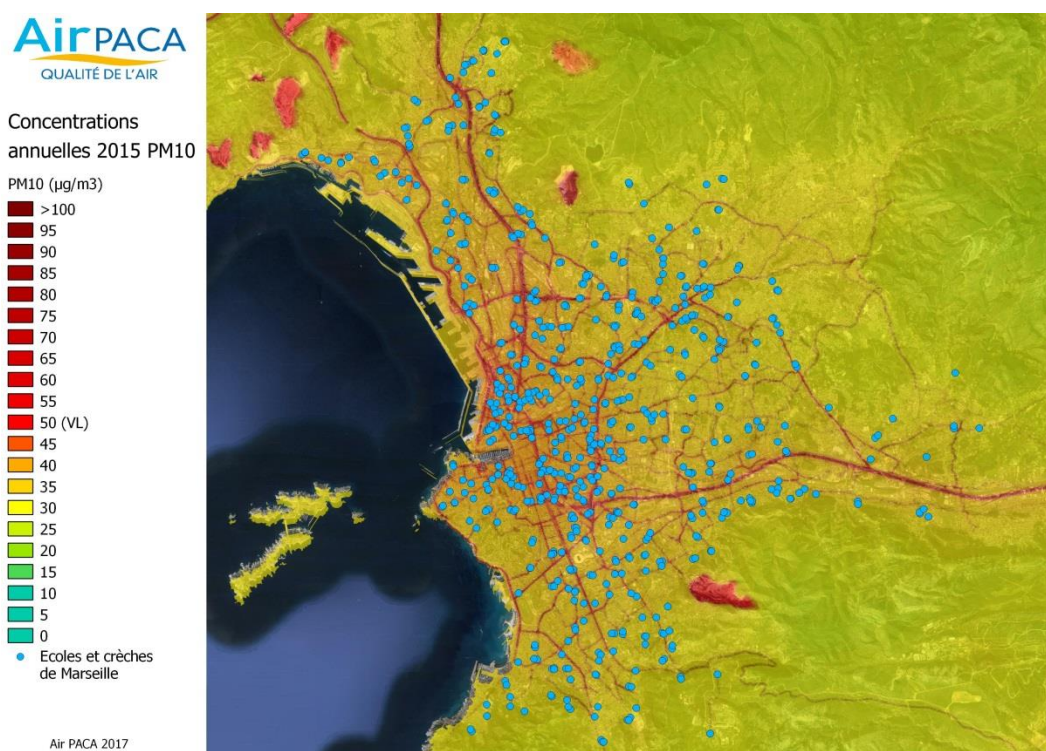


Figure 35 : Positionnement des écoles et crèches de Marseille sur la carte de modélisation des concentrations annuelles en PM10 (2015)

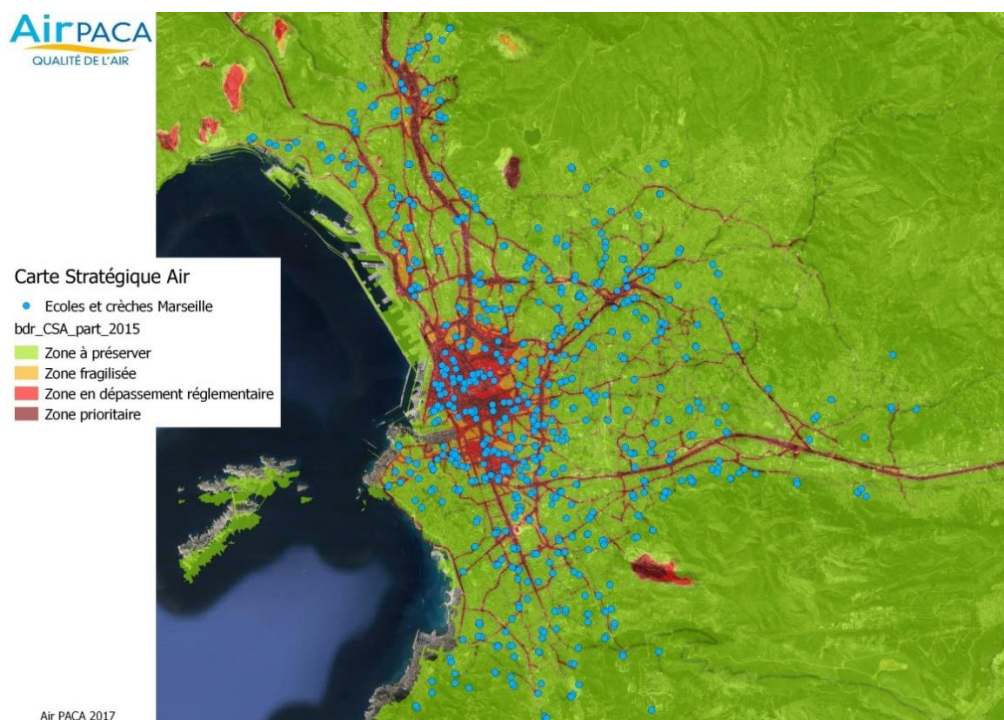


Figure 36 : Positionnement des écoles et crèches de Marseille sur la carte stratégique air 2015

Cette expérience dans le déploiement du guide pratique du Ministère, associé à la sensibilisation des acteurs et occupants et à des campagnes de mesure a été partagée au sein du Réseau des villes OMS⁷ dont la Ville de Marseille fait partie et auquel Air PACA a participé.

5.3 Informations des dysfonctionnements des établissements

Certains dysfonctionnements des bâtiments observés lors des campagnes de mesure ou déduits des résultats de mesure ont été remontés aux services de la ville.

5.3.1 Moisissures et infiltrations

Le premier cas de dysfonctionnement a concerné l'école Valmont Redon. Les cages d'escalier par lesquelles élèves se rendent au premier étage présentent des traces de développement de moisissures.



Photographie 86 : Moisissures présentes dans les cages d'escalier d'accès au 1^{er} étage du bâtiment Valmont Redon

⁷ Accompagnement à l'entrée en vigueur de la surveillance de la Qualité de l'Air Intérieur dans les ERP recevant des enfants - Retours d'expériences de Villes-Santé OMS

Air PACA en a informé les services de la ville de Marseille qui sont intervenus pour résoudre l'origine des infiltrations. En complément Air PACA a réalisé une analyse d'identification des moisissures développées. Il s'agissait d'une souche sans risque pour la santé.

La salle de classe SDC2 de l'école Chartreux située du rez-de-chaussée, présente des traces d'humidité sans présence de moisissures visibles. En effet, l'enduit intérieur est humide par période vraisemblablement en raison d'une porte mal scellée et de fissures extérieures qui sont susceptibles de prendre l'eau.



Photographie 87 : Problème d'humidité de l'enduit intérieur de la salle de classe SDC2 de l'école Chartreux

5.3.2 Nuisances d'odeurs

Dans deux écoles, les enseignants nous ont fait part de nuisances olfactives que nous avons effectivement observées lors de nos visites sur place.

Dans l'école Bernard Cadenat, c'est la salle de classe SDC1 située au rez-de chaussée, ainsi que la salle attenante, qui présentent d'importantes odeurs typiques des revêtements sols PVC en condition d'humidité et de confinement. Les molécules odorantes de ce type ne sont pas mesurées précisément dans le cadre du protocole de mesure de l'étude ISAAC mais la présence de ces odeurs désagréables est indéniable. Seul le suivi des concentrations en COV totaux peut donner une indication du niveau de pollution intérieur lié à la présence de ces odeurs. Il s'agit d'ailleurs de la salle de classe présentant les niveaux les plus importants en COV totaux de l'ensemble des 64 salles de classe de l'étude. Elle présente également un confinement « très élevé » (indice de confinement de 4 sur 5), avec des pics de concentration de CO₂ en dépassant 4600 ppm, malgré une ouverture de fenêtre occasionnelle.

Dans l'école FD Roosevelt, c'est la salle de classe SDC3 située au rez-de-chaussée qui est incommodée par des odeurs d'égouts provenant de l'accès au sous-sol, tout proche de la porte d'entrée de la classe.

5.3.3 Confinement

Enfin et surtout, c'est le problème général de confinement des salles de classe qui a retenu notre attention. Avant même l'obtention des résultats des mesures de confinement, les pré-visites nous laisser présager d'un fort confinement dans la plupart des établissements. En effet, dans bon nombre de salles de classe, la première impression en entrant est l'odeur de renfermé et une sensation d'air humide. Ces situations provoquent rapidement des sensations d'inconfort. Ceci s'est confirmé par la grande proportion de salle de classe présentant des indices de confinement « élevés » et « très élevés ». Un certain nombre de salles de classe présentent même des concentrations en CO₂ supérieures à 4000 ppm quand la concentration à ne pas dépasser du règlement sanitaire départemental est fixée à 1300 ppm.

Ainsi, Air PACA encourage vivement les services de la ville en charge de la réhabilitation thermique des écoles de prévoir la mise en place systématique de systèmes de ventilation lors du changement des menuiseries qui sont maintenant beaucoup plus étanches à l'air qu'auparavant.

6. Conclusion

Le constat de cette grande campagne de mesure dans 17 établissements, également répartis entre le centre-ville et les quartiers Sud de Marseille, est le suivant :

Des dépassements des valeurs guides en NO₂, particules et benzène concernent 10 à 50% des établissements selon les polluants.

- Les concentrations intérieures et extérieures en NO₂ montrent des concentrations en cohérence avec la situation géographique des écoles. L'ensemble des établissements situés dans le centre-ville de Marseille montre des concentrations intérieures en dioxyde d'azote supérieures à la Valeur Guide en Air Intérieur (VGAi) de l'ANSES de 20 µg/m³. La moyenne des concentrations intérieures en NO₂ des établissements du centre-ville (28,4 µg/m³) est près de deux fois supérieure à celle des établissements des quartiers sud (14,8 µg/m³). Pour les établissements des quartiers Sud, à l'exception de l'école « Parc Dromel » (probablement en raison de la proximité d'un axe routier), toutes les salles de classe présentent des concentrations intérieures inférieures à la VGAi de l'ANSES de 20 µg/m³.
- A l'inverse du dioxyde d'azote, les concentrations intérieures en particules fines (PM_{2,5}) sont assez homogènes entre les établissements, la plupart des salles de classe présentent des concentrations entre 8 et 13 µg/m³. La moitié des salles de classe échantillonnées dépassent la Valeur Guide en Air Intérieur (VGAi) de l'ANSES de 10 µg/m³. Néanmoins, pour la très grande majorité des classes, ce dépassement est mineur. Seule une salle de classe a présenté une concentration dépassant plus largement la VGAi, vraisemblablement en lien avec des activités intérieures et un manque de renouvellement d'air.
- Aucun établissement ne présente une concentration supérieure à la valeur limite réglementaire de 10 µg/m³ en benzène. 4 établissements sur 17, également répartis entre le centre-ville et les quartiers Sud, présentent un très léger dépassement de la valeur guide réglementaire de 2 µg/m³ (concentration maximale : 2,28 µg/m³).

Un confinement élevé dans 79% des classes

- 79% des salles de classe échantillonnées présentent des niveaux de confinement « élevés » et « très élevés ». Ces niveaux sont principalement dus au changement des menuiseries sans ajout de système de ventilation pour compenser l'augmentation de l'étanchéité à l'air occasionnée. Les niveaux de pollution intérieure fluctuent rapidement à la baisse lors de l'ouverture des fenêtres.
- Aucune salle échantillonnée ne dépasse la valeur limite réglementaire en formaldéhyde de 100 µg/m³. 87% des salles de classe (56 sur 64 classes) présentent des concentrations inférieures à la valeur guide réglementaire de 30 µg/m³. Seules les classes présentes dans 6 établissements sur 17 ont présenté de légers dépassements de la valeur guide réglementaire, liées à des Indices de confinement « très élevés ».
- Les autres polluants sont tous inférieurs à leurs valeurs référence ou aux concentrations habituellement rencontrées.

Une tendance à la diminution entre 1999 et 2016

Entre 1999 et 2016, les concentrations intérieures et extérieures en dioxyde d'azote se sont globalement améliorées avec une diminution moyenne de plus de 30 %. Les données de la station de mesure de fond urbain de Marseille confirment cette tendance. Les concentrations en particules fines PM_{2,5}, formaldéhyde et acétaldéhyde ont présenté une légère diminution entre 1999 et 2016 dans les mêmes 17 établissements.

Accompagnement, sensibilisation et axes d'amélioration

Air PACA a accompagné la ville de Marseille dans la gestion de la qualité de l'air des 17 établissements ayant participé à l'étude ISAAC. Cet accompagnement s'est orienté autour de la réponse aux exigences de la réglementation de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les écoles (stratégie et mise en œuvre), la sensibilisation des acteurs, gestionnaires, personnels et occupants des écoles ainsi que de la remontée d'information des dysfonctionnements de certains bâtiments.

La ventilation, une solution à mettre en place de manière systématique

Certains dysfonctionnements des bâtiments observés lors des campagnes de mesure ou déduits des résultats de mesure ont été remontés aux services de la ville : un cas de moisissures, deux cas de nuisances d'odeurs mais surtout c'est le problème général de confinement des salles de classe qui a retenu notre attention. Avant même l'obtention des résultats des mesures de confinement, les pré-visites nous laisser présager d'un fort confinement dans la plupart des établissements.

Sur la base des 17 établissements de l'étude ISAAC, l'axe principal d'amélioration de la qualité de l'air dans les écoles de Marseille concerne les conditions de confinement. La première solution consiste à améliorer les habitudes d'ouverture des fenêtres. Ceci a été expérimenté lors de la sensibilisation des enfants et enseignants après laquelle un appareil de mesure pédagogique a été mis en place pour permettre d'indiquer aux occupants quand ouvrir les fenêtres. Enfin, Air PACA recommande l'installation systématique de systèmes de ventilation mécanique contrôlée lors du changement des menuiseries des écoles.

Aménagement des territoires : La situation des établissements & proximité des axes routiers

Ainsi, Air PACA a pu fournir un pré-remplissage de certaines questions de proximité pour l'ensemble des établissements de la ville de Marseille. Par exemple, près de 90 % des établissements de la ville de Marseille sont situés à moins de 200 mètres d'un axe routier qui dépasse potentiellement 7000 véhicules/jour.



LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Etat du confinement de l'air intérieur suivant la valeur de l'indice ICONE	39
Tableau 2. Valeurs références en air intérieur pour une exposition long terme ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	42
Tableau 3. Médianes des concentrations annuelles intérieures mesurées dans les logements français ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	42
Tableau 4 : Interprétation des résultats de mesure du confinement en fonction de l'indice ICONE	43
Tableau 5 : Interprétation des résultats de mesure en dioxyde d'azote	44
Tableau 6 : Interprétation des résultats de mesure des polluants qui possèdent une valeur de référence	44
Tableau 7 : Interprétation des déclarations d'ouvertures des fenêtres	44
Tableau 8. Concentrations des polluants traceurs de pollution extérieure ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) des écoles en centre-ville (grisés) et des quartiers Sud et Est (sur fond blanc)	45
Tableau 9 : Concentrations moyennes annuelles en benzène à l'échelle des salles instrumentées de l'étude nationale écoles et crèches (2010-2011)	48
Tableau 10. Concentrations intérieures en aldéhydes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	49
Tableau 11 : Concentrations moyennes annuelles en formaldéhyde à l'échelle des salles instrumentées de l'étude nationale écoles et crèches (2010-2011)	50
Tableau 12. Concentrations maximums en CO_2 et indices de confinement	52
Tableau 13. Comparaison des concentrations en NO_2 intérieures et extérieures entre 1999 et 2016	59
Tableau 14. Comparaison des concentrations intérieures en $\text{PM}_{2,5}$ entre 1999 et 2016	60
Tableau 15. Comparaison des concentrations intérieures en formaldéhyde entre 1999 et 2016	61
Tableau 16. Comparaison des concentrations intérieures en acétaldéhyde entre 1999 et 2016	62

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Positionnement des 17 écoles ISAAC sur fond de carte de pollution annuelle en dioxyde d'azote (données 2015)	6
Figure 2 : Calendrier d'échantillonnage des 17 écoles de l'étude ISAAC	7
Figure 3 : Plan d'échantillonnage de l'école Bernard Cadenat	18
Figure 4 : Plan d'échantillonnage de l'école FD Roosevelt	22
Figure 5 : Plan d'échantillonnage de l'école Saint Charles 2	30
Figure 6 : Radiello 165 : Cartouche 165, corps diffusif bleu et support	36
Figure 7 : Echantillonneur passif de NO_2 - Passam	36
Figure 8 : Cartouche 145, corps diffusif jaune et support	37
Figure 9 : Tête de prélèvement $\text{PM}_{2,5}$ H-PEM	37
Figure 10 : PdR 1500 Thermo Scientific	37
Figure 11 : Q-Track 7565-X TSI	38
Figure 12 : Balise Fireflies (COVL, COVT, température, humidité relative, CO_2 , Bruit)	38
Figure 13 : Valeurs de gestion réglementaires de la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les ERP	40
Figure 14 : Modalités de gestion réglementaire des concentrations en formaldéhyde (données de la campagne Ecoles et crèches 2010-2011)	41
Figure 15 : Modalités de gestion réglementaire des concentrations en benzène (données de la campagne Ecoles et crèches 2010-2011)	41
Figure 16 : Interprétation des concentrations de formaldéhyde de la campagne Ecoles et crèches (2010-2011) au regard des valeurs des différentes valeurs de référence	43
Figure 17 : Interprétation des concentrations de benzène de la campagne Ecoles et crèches (2010-2011) au regard des valeurs des différentes valeurs de référence	43
Figure 18 : Concentrations en NO_2 de la station de mesure de fond urbain de Marseille : Cinq Avenue	46

Figure 19 : Suivi des concentrations intérieures au cours du temps des particules fines PM _{2,5} dans la salles de classe SDC2 de l'école Chartreux	47
Figure 20 : Suivi des concentrations intérieures en COV légers de la salle SDC4 de l'école Castelroc	54
Figure 21 : Suivi des concentrations intérieures en COV légers de la salle SDC1 de l'école Valmont Redon	54
Figure 22 : Suivi des concentrations intérieures en COV légers de la salle SDC2 de l'école Valmont Redon	55
Figure 23 : Suivi des concentrations intérieures en COV légers de la salle SDC1 de l'école Bernard Cadenat.....	55
Figure 24 : Suivi des concentrations intérieures en COV légers de la salle SDC3 de l'école Coin Joli.....	56
Figure 25 : Suivi des concentrations intérieures en COV totaux des salles de classe SDC1 et SDC2 de l'école Valmont Redon	57
Figure 26 : Suivi des concentrations intérieures en COV totaux de la salle SDC2 de l'école Cabot les pins.....	57
Figure 27 : Suivi des concentrations intérieures en COV totaux de la salle SDC1 de l'école Bernard Cadenat.....	58
Figure 28 : Tendances des concentrations en PM _{2,5} entre 2002 et 2015 de toutes les stations, des stations de fond et de la station Cinq Avenues	60
Figure 29 : Processus de mise en place de la réglementation de surveillance de la qualité de l'air dans les ERP	63
Figure 30 : Thématiques abordées et catégories d'intervenants concernés par les questionnaires d'autodiagnostic du guide du Ministère	64
Figure 31 : Guide pratique du Ministère et questionnaires d'évaluation de la qualité de l'air	67
Figure 32 : Proximité des écoles et crèches de Marseille avec un axe routier dont le trafic routier dépasse potentiellement 7000 véhicules par jour	69
Figure 33 : Proximité des écoles et crèches de Marseille avec un, deux ou trois types de sources (industriels, axe routier >7000 véh./j, stations-service)	69
Figure 34 : Positionnement des écoles et crèches de Marseille sur la carte de modélisation des concentrations annuelles en NO ₂ (2015)	70
Figure 35 : Positionnement des écoles et crèches de Marseille sur la carte de modélisation des concentrations annuelles en PM ₁₀ (2015)	70
Figure 36 : Positionnement des écoles et crèches de Marseille sur la carte stratégique air 2015.....	71

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photographie 1 : Répartition spatiale des écoles ISAAC dans la ville de Marseille	5
Photographie 2 : Ecole élémentaire Valmont Redon	7
Photographie 3 : Salle de classe SDC1 de l'école élémentaire Valmont Redon	8
Photographie 4 : Salle de classe SDC2 de l'école élémentaire Valmont Redon	8
Photographie 5 : Ecole élémentaire Valmante	9
Photographie 6 : Salle de classe SDC1 de l'école élémentaire Valmante	9
Photographie 7 : Salle de classe SDC2 de l'école élémentaire Valmante	9
Photographie 8 : Ecole Gilles Vignault	10
Photographie 9 : Salle de classe SDC1 de l'école Gilles Vignault	10
Photographie 10 : Salle de classe SDC2 de l'école Gilles Vignault	10
Photographie 11 : Salle de classe SDC3 de l'école Gilles Vignault	11
Photographie 12 : Salle de classe SDC4 de l'école Gilles Vignault	11
Photographie 13 : Ecole Cabot les pins.....	11
Photographie 14 : Salle de classe SDC1 de l'école Cabot les pins.....	12
Photographie 15 : Salle de classe SDC2 de l'école Cabot les pins.....	12
Photographie 16 : Salle de classe SDC3 de l'école Cabot les pins.....	12
Photographie 17 : Ecole Rouvière.....	13
Photographie 18 : Salle de classe SDC1 de l'école Rouvière.....	13
Photographie 19 : Salle de classe SDC1 de l'école Rouvière.....	14
Photographie 20 : Salle de classe SDC1 de l'école Rouvière.....	14

Photographie 21 : Salle de classe SDC1 de l'école Chartreux	14
Photographie 22 : Salle de classe SDC1 de l'école Chartreux	15
Photographie 23 : Salle de classe SDC2 de l'école Chartreux	15
Photographie 24 : Salle de classe SDC3 de l'école Chartreux	15
Photographie 25 : Salle de classe SDC1 de l'école Les Abeilles	16
Photographie 26 : Salle de classe SDC1 de l'école Les Abeilles	16
Photographie 27 : Salle de classe SDC2 de l'école Les Abeilles	16
Photographie 28 : Salle de classe SDC3 de l'école Les Abeilles	17
Photographie 29 : Salle de classe SDC4 de l'école Les Abeilles	17
Photographie 30 : Ecole Bernard Cadenat.....	17
Photographie 31 : Salle de classe SDC1 de l'école Bernard Cadenat.....	18
Photographie 32 : Salle de classe SDC2 de l'école Bernard Cadenat.....	18
Photographie 33 : Salle de classe SDC3 de l'école Bernard Cadenat.....	19
Photographie 34 : Salle de classe SDC4 de l'école Bernard Cadenat.....	19
Photographie 35 : Salle de classe SDC5 de l'école Bernard Cadenat.....	19
Photographie 36 : Salle de classe SDC6 de l'école Bernard Cadenat.....	20
Photographie 37 : Salle de classe SDC1 de l'école Leverrier	20
Photographie 38 : Salle de classe SDC1 de l'école Leverrier	20
Photographie 39 : Salle de classe SDC2 de l'école Leverrier	21
Photographie 40 : Salle de classe SDC3 de l'école Leverrier	21
Photographie 41 : Salle de classe SDC4 de l'école Leverrier	21
Photographie 42 : Salle de classe SDC5 de l'école Leverrier	22
Photographie 43 : Ecole FD Roosevelt	22
Photographie 44 : Salle de classe SDC1 de l'école Leverrier	23
Photographie 45 : Salle de classe SDC2 de l'école Leverrier	23
Photographie 46 : Salle de classe SDC3 de l'école Leverrier	23
Photographie 47 : Salle de classe SDC4 de l'école Leverrier	24
Photographie 48 : Ecole National	24
Photographie 49 : Salle de classe SDC1 de l'école National	24
Photographie 50 : Salle de classe SDC2 de l'école National	25
Photographie 51 : Salle de classe SDC3 de l'école National	25
Photographie 52 : Salle de classe SDC4 de l'école National	25
Photographie 53 : Salle de classe SDC5 de l'école National	26
Photographie 54 : Salle de classe SDC6 de l'école National	26
Photographie 55 : Ecole Vaccaro	26
Photographie 56 : Salle de classe SDC1 de l'école Vaccaro	27
Photographie 57 : Salle de classe SDC2 de l'école Vaccaro	27
Photographie 58 : Salle de classe SDC3 de l'école Vaccaro	27
Photographie 59 : Salle de classe SDC4 de l'école Vaccaro	28
Photographie 60 : Ecole Saint Tronc La Rose.....	28
Photographie 61 : Salle de classe SDC1 de l'école Saint Tronc La Rose.....	28
Photographie 62 : Salle de classe SDC2 de l'école Saint Tronc La Rose.....	29
Photographie 63 : Salle de classe SDC3 de l'école Saint Tronc La Rose.....	29
Photographie 64 : Salle de classe SDC4 de l'école Saint Tronc La Rose.....	29
Photographie 65 : Ecole Saint Charles 2	29
Photographie 66 : Salle de classe SDC1 de l'école Saint Charles	30
Photographie 67 : Salle de classe SDC2 de l'école Saint Charles	30
Photographie 68 : Salle de classe SDC3 de l'école Saint Charles	31
Photographie 69 : Salle de classe SDC4 de l'école Saint Charles	31
Photographie 70 : Ecole Coin joli.....	31
Photographie 71 : Salle de classe SDC1 de l'école Coin joli.....	32
Photographie 72 : Salle de classe SDC2 de l'école Coin joli.....	32
Photographie 73 : Salle de classe SDC3 de l'école Coin joli.....	32
Photographie 74 : Ecole Parc Dromel	33

Photographie 75 : Salle de classe SDC1 de l'école Parc Dromel	33
Photographie 76 : Salle de classe SDC2 de l'école Parc Dromel	33
Photographie 77 : Salle de classe SDC3 de l'école Parc Dromel	34
Photographie 78 : Ecole Castelroc	34
Photographie 79 : Salle de classe SDC1 de l'école Castelroc	34
Photographie 80 : Salle de classe SDC2 de l'école Castelroc	35
Photographie 81 : Salle de classe SDC3 de l'école Castelroc	35
Photographie 82 : Salle de classe SDC4 de l'école Castelroc	35
Photographie 83 : Exemple d'intervention de sensibilisation à la qualité de l'air intérieur au personnel d'entretien (Ecole Les Abeilles)	65
Photographie 84 : Exemple d'une séance de sensibilisation à la qualité de l'air intérieur aux enfants et enseignants.....	66
Photographie 85 : Exemple d'appareil de mesure de CO2 pédagogique dans les salles de classe suite à la sensibilisation à la qualité de l'air intérieur par l'Air et Moi.....	66
Photographie 86 : Moisissures présentes dans les cages d'escalier d'accès au 1 ^{er} étage du bâtiment Valmont Redon.....	71
Photographie 87 : Problème d'humidité de l'enduit intérieur de la salle de classe SDC2 de l'école Chartreux	72

ANNEXES

ANNEXE 1 : Résultats de mesure de la campagne ISAAC de 1999

Dioxyde d'azote

Date		Ecoles	Extérieur	Salle 1	Salle 2	Salle 3	Salle 4	Salle 5	Salle 6
du	au		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
16/03/1999	20/03/1999	Chartreux	62	44	51	50			
16/03/1999	20/03/1999	Cabot les pins	38	27	26	25	29		
29/03/1999	02/04/1999	Gilles Vigneault	63	44	46	52			
19/04/1999	23/04/1999	Abeilles	62	59	72	63	50	43	
19/04/1999	23/04/1999	Valmante	25	22	17	25			
26/04/1999	30/04/1999	Bernard Cadenat	33	47	53	29	32		
26/04/1999	30/04/1999	Valmont Redon		15					
26/04/1999	30/04/1999	La Rouvière	20	17	17	19	24		
03/05/1999	07/05/1999	F.D. Roosevelt	40	32	31	27	35		
03/05/1999	07/05/1999	Vaccaro							
10/05/1999	14/05/1999	Leverrier	51	41	35	36	40		
10/05/1999	14/05/1999	St Tronc la Rose	36	9	13	21	9		
17/05/1999	21/05/1999	National	30	28	29	26	29	42	29
17/05/1999	21/05/1999	Castelroc	13	10	12	8	9	6	10
31/05/1999	04/06/1999	St Charles II	53		56				
07/06/1999	11/06/1999	Parc Dromel	44		29	31			
07/06/1999	11/06/1999	Coin Joli	39	28		28		36	

PM2,5

Date		Ecoles	Salle 1	Salle 2	Salle 3	Salle 4	Salle 5	Salle 6
du	au		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
16/03/1999	20/03/99	Chartreux	25	22	35			
16/03/1999	20/03/99	Cabot les pins	24	21	23	22		
29/03/1999	02/04/99	Gilles Vigneault	14	21	19			
19/04/1999	23/04/99	Abeilles	15	17	17	13	13	
19/04/1999	23/04/99	Valmante	12	12	12			
26/04/1999	30/04/99	Bernard Cadenat	14	14	14	15		
26/04/1999	30/04/99	Valmont Redon	11					
26/04/1999	30/04/99	La Rouvière	12	11	12	16		
03/05/1999	07/05/99	F.D. Roosevelt	15	17	17	16		
03/05/1999	07/05/99	Vaccaro	15	11	14	15		
10/05/1999	14/05/99	Leverrier	33	27	29	24		
10/05/1999	14/05/99	St Tronc la Rose	17	18	19	19		
17/05/1999	21/05/99	National	17	18	14	18	18	15
17/05/1999	21/05/99	Castelroc	11	10	11		11	11
31/05/1999	04/06/99	St Charles II		22				
07/06/1999	11/06/99	Parc Dromel		20	14			
07/06/1999	11/06/99	Coin Joli	15		14		15	

Formaldéhyde

Date		Ecoles	Salle 1	Salle 2	Salle 3	Salle 4	Salle 5	Salle 6
du	au		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
16/03/1999	20/03/1999	Chartreux	19	16	24			
16/03/1999	20/03/1999	Cabot les pins	24	21	27	27		
29/03/1999	02/04/99	Gilles Vigneault	4	20	21			
19/04/1999	23/04/99	Abeilles	13	21	12	23	18	
19/04/1999	23/04/99	Valmante	14	13	22			
26/04/1999	30/04/99	Bernard Cadenat	6	12	13	16		
26/04/1999	30/04/99	Valmont Redon	20					
26/04/1999	30/04/99	La Rouvière	23	32	27	34		
03/05/1999	07/05/99	F.D. Roosevelt	15	19	14	49		
03/05/1999	07/05/99	Vaccaro	14	20	14	14		
10/05/1999	14/05/99	Leverrier	16	12	12	11		
10/05/1999	14/05/99	St Tronc la Rose	35	41	23	26		
17/05/1999	21/05/99	National	26	32	34	21	23	37
17/05/1999	21/05/99	Castelroc	62	46	65	41	56	62
31/05/1999	04/06/99	St Charles II	12					
07/06/1999	11/06/99	Parc Dromel		31	22			
07/06/1999	11/06/99	Coin Joli	26		27		34	

Acétaldéhyde

Date		Ecoles	Salle 1	Salle 2	Salle 3	Salle 4	Salle 5	Salle 6
du	au		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
16/03/1999	20/03/99	Des Chartreux	11	8	11			
16/03/1999	20/03/99	Cabot les pins	9	8	8	9		
29/03/1999	02/04/99	Gilles Vigneault	8	8	7			
19/04/1999	23/04/99	Abeilles	6	7	6	8	7	
19/04/1999	23/04/99	Valmont Redon	6	5	6			
26/04/1999	30/04/99	Bernard Cadenat	4	5	4	7		
26/04/1999	30/04/99	Valmont Redon	5					
26/04/1999	30/04/99	La Rouvière	14	28	16	18		
03/05/1999	07/05/99	F.D. Roosevelt	7	7	6	9		
03/05/1999	07/05/99	Vaccaro	5	4	4	3		
10/05/1999	14/05/99	Leverrier	8	6	6	5		
10/05/1999	14/05/99	St Tronc la Rose	17	19	17	14		
17/05/1999	21/05/99	National	5	9	9	6	7	12
17/05/1999	21/05/99	Castelroc	6	6	7	5	7	8
31/05/1999	04/06/99	St Charles II	7					
07/06/1999	11/06/99	Parc Dromel		10	9			
07/06/1999	11/06/99	Coin Joli	8		8		13	



Campagne ISAAC et accompagnement à la gestion de l'air des écoles de Marseille

L'étude ISAAC "International Study of Asthma and Allergies in Childhood" est une enquête épidémiologique mondiale dont l'objectif est de mieux connaître la prévalence et les facteurs de risque de l'asthme et des maladies allergiques de l'enfant. L'objectif principal de la présente phase d'ISAAC est d'évaluer l'évolution de cette prévalence au cours des 20 dernières années sur une population d'enfants de CM1 et CM2 de Marseille. L'objectif secondaire est de connaître l'évolution des concentrations des polluants de l'air et leur lien avec ces affections. Air PACA a réalisé en 2016-2017 une campagne de mesure de la qualité de l'air intérieur dans 64 salles de classe de 17 écoles élémentaires.

Le constat de cette campagne de mesure est le suivant :

- **Les concentrations en NO₂ sont cohérentes avec la situation géographique des écoles.** L'ensemble des établissements situés dans le centre-ville de Marseille ou à proximité d'un axe routier montre des concentrations intérieures supérieures à la Valeur Guide de l'ANSES (20 µg/m³). Les autres établissements la respectent.
- **La moitié des salles de classe dépassent la Valeur Guide en Air Intérieur en PM_{2,5}** (10 µg/m³), **néanmoins ce dépassement est mineur** (<14 µg/m³), sauf pour une salle de classe.
- **79% des salles de classe échantillonnées présentent des niveaux de confinement « élevés » et « très élevés ».** Ces niveaux sont principalement dus au changement des menuiseries, sans ajout de système de ventilation pour compenser l'augmentation de l'étanchéité à l'air occasionnée. Les niveaux de pollution intérieure fluctuent rapidement à la baisse lors de l'ouverture des fenêtres.
- **Aucun établissement ne présente de concentration supérieure à la valeur limite réglementaire en benzène ou en formaldéhyde.**

Entre 1999 et 2016, les concentrations intérieures et extérieures en NO₂ des 17 établissements ont baissé, avec une diminution moyenne de plus de 30 %. Les données de la station de mesure de fond urbain de Marseille confirment cette tendance. Les concentrations en particules fines PM_{2,5}, formaldéhyde et acétaldéhyde ont présenté une légère diminution entre 1999 et 2016 dans les mêmes 17 établissements.

Air PACA a accompagné la ville de Marseille dans la gestion de la qualité de l'air des 17 établissements ayant participé à l'étude. Cet accompagnement s'est orienté autour de la réponse aux exigences de la réglementation, la sensibilisation des gestionnaires et usagers des écoles ainsi que de la remontée des dysfonctionnements de certains bâtiments.

Sur la base des 17 établissements de l'étude ISAAC, l'axe principal d'amélioration de la qualité de l'air concerne les conditions de confinement. La première recommandation consiste à améliorer les habitudes d'ouverture des fenêtres. Ceci a été expérimenté lors de la sensibilisation des enfants et enseignants lors de laquelle un appareil de mesure pédagogique a été mis en place pour permettre d'indiquer aux occupants quand ouvrir les fenêtres. Enfin, Air PACA recommande l'installation systématique de systèmes de ventilation mécanique contrôlée lors du changement des menuiseries.



Région
Provence
Alpes
Côte d'Azur

Responsable de publication : Mathieu Izard - Publication : 03/07/2017

Photos : Archives Air PACA



AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR
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

