



Diagnostic de la Qualité de l'Air Intérieur

Ecole primaire de Mions (69)

Année scolaire 2007-2008



Janvier 2009

COPARLY fait partie du dispositif français de surveillance et d'information de la qualité de l'air. Sa mission s'exerce dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application notamment le décret 98-361 du 6 mai 1998 relatif à l'agrément des organismes de surveillance de la qualité de l'air.

A ce titre, COPARLY est garant de la transparence de l'information sur le résultat de ses travaux.

Condition de diffusion :

- Les données recueillies tombent dès leur élaboration dans le domaine public. Le rapport d'étude est mis à disposition sur www.atmo-rhonealpes.org, un mois après validation interne.
- Les données contenues dans ce document restent la propriété de l'association COPARLY. Elles ne sont pas rediffusées en cas de modification ultérieure.
- Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit faire référence à l'association en termes de « COPARLY (2009) Diagnostic de la qualité de l'air intérieur – Ecole primaire de Mions (69) ».
- COPARLY n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant des résultats de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

Cette étude a été réalisée avec le concours financier de la municipalité de Mions.

SOMMAIRE

1 Contexte	6
2 Méthodologie de l'étude	6
2.1. Une visite préalable de l'ensemble de l'établissement	6
2.2 Des mesures dans plusieurs salles de l'établissement	6
2.2.1 Choix des salles	7
2.2.2 Choix des polluants	7
2.2.3 Mesures complémentaires	9
2.2.4 Périodes de mesures	9
3 Résultats	11
3.1. Etat des lieux	11
3.1.1 Eléments relevés lors de la visite	11
3.1.2 Concentrations de polluants	11
3.2. Comment se situent les niveaux de polluants dans l'école primaire de Mions	14
3.2.1 Comparaison aux valeurs guides en air intérieur	14
3.2.2 Comparaison aux niveaux mesurés dans d'autres études	16
3.3 Comment expliquer les niveaux de polluants et les différences entre les salles ?	18
4 Conclusions et perspectives	23

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

- Annexe 1 - Liste des polluants prioritaires pour l'établissement de valeurs guides en air intérieur
- Annexe 2 - Le matériel de mesure
- Annexe 3 - Compte-rendu de la visite
- Annexe 4 - Résultats détaillés

Résumé

Durant l'année scolaire 2006-2007, le groupe scolaire Pasteur de Mions (69) accueillait dans ses locaux une enfant poly-allergique. Sur le conseil de la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales du Rhône, la municipalité de Mions a souhaité mieux connaître la qualité de l'air intérieur dans la classe de cette élève, et de manière générale dans l'ensemble des bâtiments du groupe scolaire, l'enfant étant encore susceptible de le fréquenter quatre années. En effet, après le domicile, c'est bien à l'école qu'un enfant passe le plus de temps. Contacté fin juin 2007 par la mairie, COPARLY a réalisé un diagnostic de la qualité de l'air intérieur du groupe scolaire, fondé sur une visite pendant le mois d'août 2007 et des mesures durant l'année scolaire 2007-2008.

La **visite** de l'établissement a principalement révélé le défaut de conception du système de renouvellement d'air dans les bâtiments. Ce point a ensuite été confirmé par les mesures de CO₂ dans le bâtiment principal.

Les **mesures des polluants** (BTEX, Aldéhydes) montrent des concentrations plutôt homogènes entre les 3 salles investiguées. Seul le formaldéhyde présente des niveaux plus élevés dans le bâtiment principal.

Aucune salle ne dépasse les valeurs guides en air intérieur pour le benzène. En revanche, la valeur guide à long terme pour le formaldéhyde (10 µg.m⁻³) est dépassée dans les 3 salles. La salle dans laquelle se trouve l'enfant poly-allergique et située dans le bâtiment principal présente les niveaux les plus importants. Ces niveaux sont dans une gamme élevée en comparaison aux établissements scolaires déjà investigués en région Rhône-Alpes. Les niveaux observés pour les autres polluants ne semblent pas particulièrement élevés en regard de ceux mesurés par ailleurs.

L'environnement intérieur est la résultante complexe des interactions entre l'air extérieur, le bâtiment, les sources internes de pollution et le comportement des occupants. Il ressort néanmoins de l'ensemble des éléments étudiés que le bâtiment principal, et/ou le mobilier qu'il contient, sont émetteurs de formaldéhyde, ces émissions étant favorisées par l'augmentation de l'humidité relative, notamment lorsque le chauffage n'est plus en fonctionnement. Par ailleurs, ces émissions s'accumulent dans le bâtiment en raison d'un renouvellement d'air très faible.

Dans le bâtiment préfabriqué, il est probable que les émissions de formaldéhyde soient moindres, compte tenu des différences de niveaux. Toutefois, la salle de ce bâtiment est nettement mieux aérée, ce qui permet de limiter les accumulations de polluant.

Par conséquent, **il est important d'améliorer la qualité du renouvellement d'air dans le bâtiment et les salles de classe afin d'agir directement sur la qualité de l'air à l'intérieur des locaux.** Pour cela, il existe des solutions techniques, comme la réalisation d'un système de ventilation performant dans l'ensemble de l'établissement, mais aussi des solutions comportementales (ouverture régulière des fenêtres), permettant de limiter l'impact du manque de ventilation.

Par ailleurs, il est important d'agir également sur les sources de polluants. Dans un premier temps, en respectant bien toutes les consignes relatives à l'utilisation des produits d'entretien, dans un second temps, lors du renouvellement du mobilier et des revêtements, en se renseignant sur les émissions chimiques éventuelles de ces produits auprès des fabricants et des distributeurs.

1 Contexte et introduction

Depuis quelques années, la qualité de l'air intérieur est devenue une préoccupation importante des acteurs de santé publique. En effet, bien souvent les niveaux de polluants à l'intérieur des bâtiments sont supérieurs aux niveaux rencontrés à l'extérieur. Par ailleurs, le temps passé dans les lieux clos au cours d'une journée est de très loin supérieur au temps passé à l'extérieur : deux constats qui expliquent l'intérêt à porter à l'air respiré dans ces environnements.

Durant l'année scolaire 2006-2007, le groupe scolaire Pasteur de Mions (69) accueillait dans ses locaux une enfant poly-allergique. Sur le conseil de la Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales du Rhône, la municipalité de Mions a souhaité mieux connaître la qualité de l'air intérieur dans la classe de cette élève, et de manière générale dans l'ensemble des bâtiments du groupe scolaire, l'enfant étant encore susceptible de le fréquenter quatre années. En effet, après le domicile, c'est bien à l'école qu'un enfant passe le plus de temps.

Contacté fin juin 2007 par la mairie, COPARLY a réalisé un diagnostic de la qualité de l'air intérieur du groupe scolaire, fondé sur une visite pendant le mois d'août 2007 et des mesures durant l'année scolaire 2007-2008.

Le présent rapport présente successivement la méthodologie employée et les résultats de cette étude.

2 Méthodologie de l'étude

2.1. Une visite préalable de l'ensemble de l'établissement

Une visite de l'établissement a été programmée en présence des gestionnaires du bâtiment et d'un membre de COPARLY. Cette visite a pour but de décrire les principales caractéristiques de l'établissement et d'étudier les points pouvant avoir un impact sur la qualité de l'air intérieur.

La visite du bâtiment porte sur :

- l'environnement général du bâtiment,
- l'état général des locaux,
- le mode de ventilation et l'état des systèmes installés,
- le stockage des produits,
- ...

2.2 Des mesures dans plusieurs salles de l'établissement

Afin de compléter les observations réalisées lors de la visite, des mesures de polluants ont été mises en œuvre.

2.2.1 Choix des salles

En lien avec la problématique, trois points de mesure ont été retenus :

- la salle accueillant l'enfant poly-allergique pendant l'année scolaire en cours, dénommée par la suite « *Salle n°1* »,
- le hall, salle où les enfants passent une partie de leur temps puisque cette pièce sert également de salle de sport, dénommée par la suite « *Salle n°2* »,
- la salle ayant accueilli l'enfant l'année scolaire précédente, « *Salle n°3* ».

A noter que les salles n°1 et n°2 font partie du bâtiment principal de l'école et communiquent entre elles.



Figure 1 Les salles ayant fait l'objet de mesures

2.2.2 Choix des polluants

De manière générale, la pollution de l'air intérieur a pour origine :

- Des polluants chimiques émis par les appareils ménagers, les matériaux de construction et d'ameublement, les produits d'entretien ...
- Des polluants biologiques émis par les animaux de compagnie, les acariens, les moisissures...
- Des polluants venant de l'air extérieur, du trafic automobile notamment.

Dans le cadre de l'étude de l'école primaire de Mions, les biocontaminants (allergènes, moisissures ...) n'ont pas été recherchés.

Les polluants chimiques susceptibles d'être retrouvés dans l'air intérieur sont très nombreux, les investigations se sont focalisées sur :

- Le formaldéhyde et l'acétaldéhyde.
- Le benzène, le toluène, les xylènes.

En effet, ces polluants font partie des polluants jugés prioritaires dans le cadre de plusieurs travaux. Au niveau national, **formaldéhyde** et **benzène** appartiennent au groupe 1 des substances prioritaires pour l'établissement d'une valeur guide en air intérieur [AFSSET, 2007a], des valeurs guides ont été établies récemment pour ces deux polluants [AFSSET, 2007b, 2008].

Acétaldéhyde, toluène et xylènes font partie du groupe 2 des substances prioritaires dans le cadre de la hiérarchisation réalisée par l'AFSSET [AFSSET, 2007a] (cf. Annexe 1).

Plus d'infos sur ces polluants :

- Le **formaldéhyde** est classé depuis juin 2004 par le Centre International de la Recherche sur le Cancer (CIRC) comme polluant cancérigène (groupe 1). Ce polluant est également un irritant des yeux, du nez et de la gorge. Le formaldéhyde est présent dans de nombreux produits de construction et de décoration, produits d'entretien. Il peut être également produit par réaction chimique entre certains composés présents dans l'air intérieur et l'ozone.
- Le **benzène** a fait l'objet de nombreuses études concernant ses effets aigus et chroniques. L'ensemble des données recensées dans le cadre de l'établissement des valeurs guides en air intérieur montre que la voie d'exposition majeure au benzène dans la population générale est l'inhalation. Lors d'une exposition aiguë, *de nombreux troubles peuvent apparaître comme des céphalées, des vertiges, des troubles de la parole,...* Des concentrations élevées de benzène entraînent une dépression du système nerveux central et du système respiratoire pouvant conduire au décès. Par ailleurs, les études épidémiologiques en milieu professionnel ont clairement mis en évidence une relation causale entre l'exposition au benzène et l'apparition de leucémies aiguës non lymphocytaires, particulièrement la leucémie aiguë myéloïde [extrait de AFSSET, 2008].
Le benzène est issu du trafic automobile, du chauffage et de la fumée de tabac. Il ne doit pas entrer dans la composition des produits d'usage courant.
- L'**acétaldéhyde** a été classé comme cancérigène possible par le CIRC. C'est également un irritant des yeux et des voies respiratoires. A l'intérieur, il peut provenir de la fumée de cigarette mais également des panneaux de particules. A l'intérieur, le **toluène** peut provenir des produits d'entretien, les **xylènes** sont issus des peintures, des colles et des vernis.

Plus d'infos sur les sources d'émission et les effets des différents polluants sur le site de l'Observatoire de la Qualité de l'Air intérieur (OQAI) : www.air-interieur.org

Compte tenu de la technique de mesure utilisée, d'autres polluants proches ont pu être analysés :

- 5 aldéhydes : le propionaldéhyde, le butyraldéhyde, le benzaldéhyde, l'isovaléraldéhyde, le valéraldéhyde.
- l'éthylbenzène

Par ailleurs, 40 **Composés Organiques Volatils** ont été mesurés dans la salle n°1. Le terme Composés Organiques Volatils (COV) désigne un ensemble important de polluants dont les caractéristiques varient selon la nature du COV considéré. La famille des COV regroupe toutes les molécules formées d'atomes d'hydrogène et de carbone (hydrocarbures) mais également celles dont les atomes d'hydrogène sont remplacés par d'autres atomes comme l'azote, le chlore, le soufre, ou l'oxygène. La sous-famille des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) regroupe les molécules qui présentent des chaînes cycliques de noyaux benzéniques.

Les COV mesurés dans cette étude sont ceux mesurés habituellement dans l'environnement extérieur. Ils ne correspondent pas à tous les composés classés prioritaires à déterminer pour les environnements intérieurs par l'OQAI. Toutefois, ces composés se retrouvent aussi bien dans l'environnement extérieur (émissions de pots d'échappement, industries, combustions ...) que dans l'environnement intérieur (émissions des matériaux, des produits d'entretien, de bricolage ...). Les effets sur la santé sont très variables selon le produit considéré. L'analyse de ces composés peut permettre de mettre en évidence des spécificités de la salle.

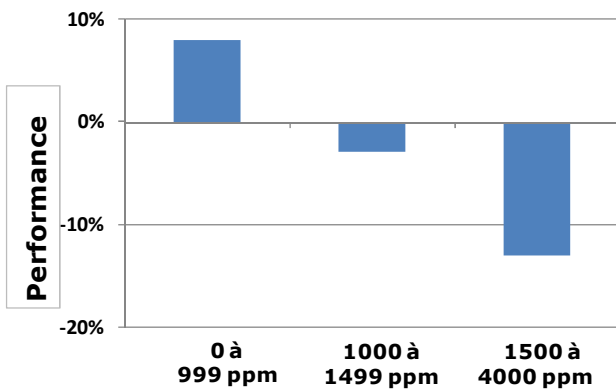
2.2.3 Mesures complémentaires

Dans chaque salle, la température a été suivie à l'aide d'un thermomètre enregistreur. Par ailleurs, dans la salle n°1, l'humidité relative et le dioxyde de carbone (CO₂) ont été mesurés à l'aide d'un Q-TRAK (cf. Annexe 2).

A l'intérieur, le CO₂ peut être produit par l'activité humaine (respiration) et lors d'une combustion à partir de combustibles fossiles (fuel, gaz, charbon ...). Dans les salles de classe, l'augmentation des niveaux de CO₂ est essentiellement due aux occupants, elle peut être très rapide si l'air de la pièce n'est pas suffisamment renouvelé.

En l'absence d'occupants, lorsque l'air de la pièce a bien été renouvelé, des niveaux semblables aux niveaux extérieurs de CO₂ sont observés : un peu plus de 350 ppm.

Le dioxyde de carbone est un bon indicateur du taux de renouvellement d'air pour l'air intérieur. Il peut permettre de mettre en évidence une mauvaise aération pouvant provoquer une accumulation des polluants. L'étude de la décroissance des niveaux de CO₂ en absence de sources (occupants en particulier) permet de vérifier le taux de renouvellement d'air de la pièce concernée, une décroissance lente correspond alors à un taux faible de renouvellement d'air.



Dans un local, une teneur en CO₂ supérieure à 1000 ppm est signe d'un confinement. L'augmentation des teneurs en CO₂ dans une salle de classe entraîne une diminution notable des performances des élèves. La figure 2 montre une diminution de compréhension d'un texte par les élèves. Cette diminution peut être supérieure à 10% pour les gammes de concentration en CO₂ les plus élevées. Elle débute dès que les niveaux atteignent 1000 ppm.

Figure 2 : CO₂ et test de performance des élèves (Myhrvold, 1995)

3.2.4 Périodes de mesures

Afin d'avoir une bonne représentativité des différentes conditions climatiques (et donc potentiellement d'appréhender la variabilité des températures à l'intérieur des locaux et des taux de ventilation notamment), trois périodes de mesures réparties dans l'année sont retenues, à chaque trimestre de l'année scolaire.

A chaque période, les mesures ont été réalisées du lundi matin au vendredi soir pendant deux semaines consécutives.

Calendrier

Campagne 1 : du 15 au 26 octobre 2007

Campagne 2 : du 28 janvier au 8 février 2008

Campagne 3 : du 19 au 30 mai 2008

En résumé :

- **1 visite de l'ensemble de l'établissement,**
- **Des mesures de polluants dans quelques salles,**
 - 3 salles étudiées
 - 3 campagnes de mesure de 2 fois 4,5 jours réparties dans l'année
 - Polluants mesurés :
 - 7 aldéhydes
 - 4 BTEX
 - 40 Composés organiques volatils
 - Mesures complémentaires : CO₂, Température, Humidité relative

3 Résultats

3.1. Etat des lieux

3.1.1 Eléments relevés lors de la visite

La visite a été effectuée en présence du responsable de la vie scolaire, de la responsable des travaux dans les bâtiments et du responsable ACMO¹ de la ville de Mions le 8 août 2007.

L'établissement est constitué de plusieurs bâtiments dont le principal est de construction traditionnelle et plusieurs autres sont des ensembles préfabriqués. Ces ensembles ont été mis en place au fur et à mesure des besoins, ce qui explique que certains sont pratiquement neufs et d'autres relativement âgés (une dizaine d'année au moins).

L'élément principal ressortant de la visite est le défaut de renouvellement d'air. En effet, la Ventilation Mécanique Contrôlée du bâtiment principal (extraction d'air des sanitaires) est en panne. Par ailleurs, la plupart des salles ne présente pas d'entrées d'air neuf. Or, le Règlement Sanitaire Départemental précise que le débit d'air neuf à introduire dans les salles de classe (maternelles, primaire) doit être au minimum de 15 m³/h/personne.

Les différentes fournitures utilisées par les élèves (feutres, colle, peinture ...) sont stockées dans les salles de classe, ce qui peut constituer une source d'émissions de polluants à l'intérieur des classes.

La limitation de l'accès des véhicules à proximité de l'école joue un rôle très important sur la qualité de l'air à l'intérieur des salles de classe, surtout aux heures d'arrivée et de départ des élèves ou lorsqu'un bus doit prendre en charge une classe. La disposition actuelle aux alentours de l'école est une bonne solution à ce problème.

Le compte-rendu détaillé de la visite est disponible en annexe 3.

3.1.2 Concentrations de polluants

Légende des figures du paragraphe:

Campagne 1a	du 15 au 19/10 2007	Campagne 1b	du 22 au 26/10 2007
Campagne 2a	du 28/01 au 1/02 2008	Campagne 2b	du 4 au 8/02 2008
Campagne 3a	du 19 au 23/05 2008	Campagne 3b	du 26 au 30/05 2008

Rappel: les mesures ont eu lieu du lundi matin au vendredi soir.

>> Le formaldéhyde et l'acétaldéhyde

Le formaldéhyde et l'acétaldéhyde sont présents dans chaque salle à chaque campagne.

Quelle que soit la campagne, les niveaux de formaldéhyde sont plus élevés dans la salle n°1 que dans la salle n°3. La salle n°2, qui se situe dans le bâtiment principal, présente des niveaux intermédiaires (cf. Figure 3). Les niveaux d'acétaldéhyde sont inférieurs aux niveaux de formaldéhyde et homogènes entre les salles (cf. Figure 4).

Lors de la dernière semaine de mesure au mois de mai, les niveaux montrent une nette augmentation.

¹ agent chargé d'Assister et de Conseiller dans la Mise en Œuvre des règles d'hygiène et de sécurité

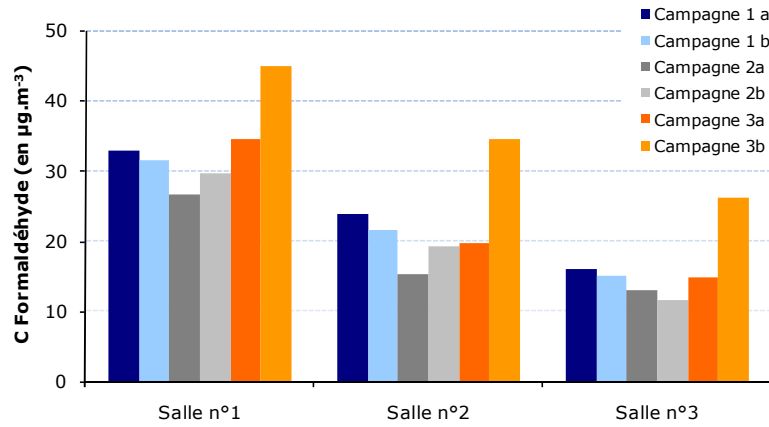


Figure 3 Concentrations de formaldéhyde dans chaque salle et à chaque campagne

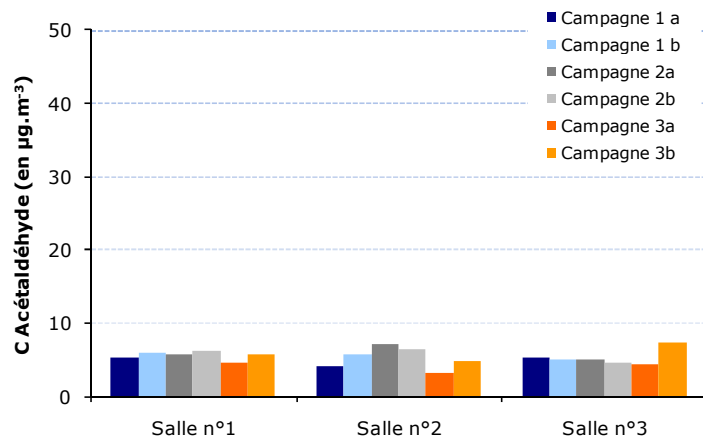


Figure 4 Concentrations d'acétaldéhyde dans chaque salle et à chaque campagne

>> **Le benzène et le toluène**

Benzène et toluène sont également présents dans chaque salle, avec des niveaux supérieurs en toluène.

Pour ces 2 polluants, les niveaux sont plutôt homogènes entre les salles, excepté une valeur légèrement plus élevée en benzène lors de la semaine 2b (début février) et de toluène lors de la semaine 3b (mai) dans la salle n°1.

C'est en période hivernale (campagne 2) que les niveaux de benzène les plus élevés sont observés.

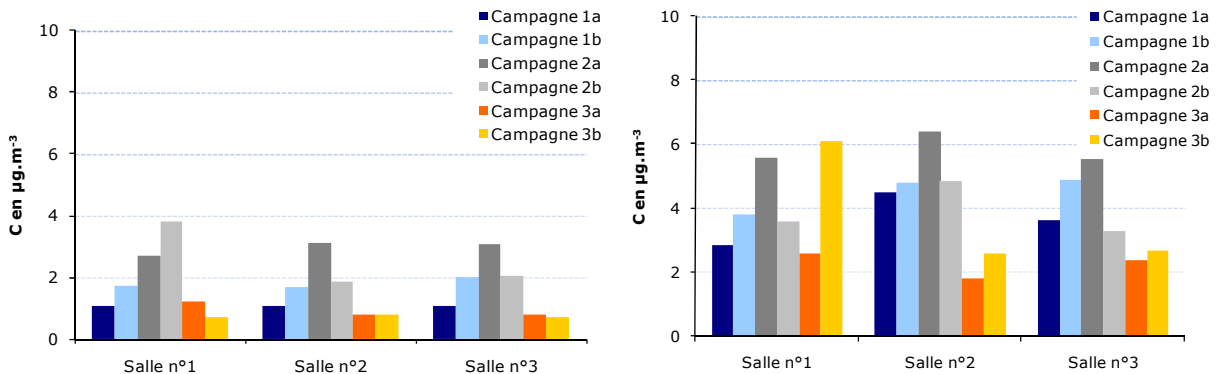


Figure 5 Niveaux de benzène (à gauche) et toluène (à droite) dans chaque salle

Les niveaux de xylènes sont relativement homogènes entre les salles et à chaque campagnes (cf. Figure 6).

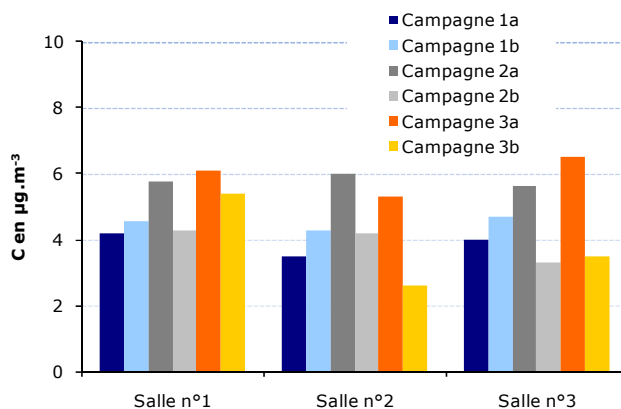


Figure 6 Niveaux de xylènes dans chaque salle

>> Les Composés Organiques Volatils

Les composés organiques volatils majoritaires retrouvés dans la salle n°1 font partie de la famille des alcanes, il s'agit particulièrement du propane et du butane lors de la campagne 2b (cf. Figure 7). Ces gaz sont souvent utilisés comme agents propulseurs d'aérosols et peuvent donc être émis lors de l'entretien des classes. Ces composés ont certainement été utilisés lors de la journée de prélèvement du 5 février 2008.

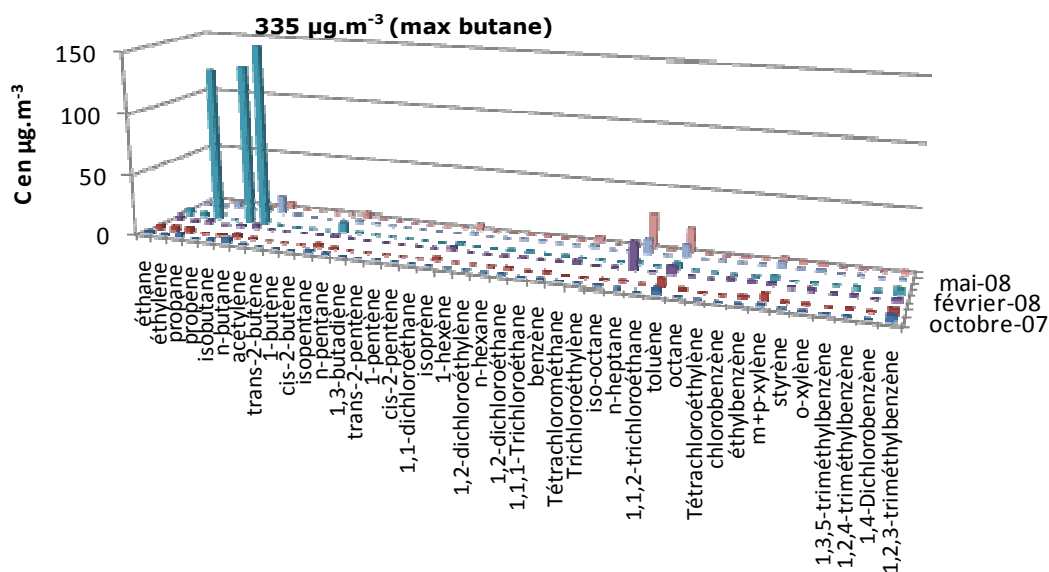


Figure 7 Concentrations de composés organiques volatils dans la salle n°1

>> Le CO₂

Le dioxyde de carbone a été suivi dans la salle n°1 uniquement. Le tableau 1 présente les principales statistiques lors de chaque campagne de mesure.

		Campagne 1		Campagne 2		Campagne 3	
		C1a	C1b	C2a	C2b*	C3a	C3b
Sur la période	Moyenne	540	611	829	1024	615	601
	Min	343	360	349	501	330	337
	Max	2412	2796	3016	2802	2698	2836
Pendant le temps de présence des enfants	Moyenne	913	1064	1678	1627	1111	1038
	% de temps où C _{CO2} > 1000 ppm	34.5	46.2	84.7	90.1	53.2	39.7

* série de mesures incomplète (arrêt le mardi matin)

Tableau 1 Statistiques du CO₂ par campagne dans la salle n°1

La campagne 2, réalisée fin janvier-début février, présente les niveaux moyens de CO₂ les plus élevés, ce qui indique un confinement plus important. En revanche, les niveaux maximaux atteints sont relativement homogènes à chaque campagne. En présence des élèves, les niveaux de CO₂ sont très souvent supérieurs à 1000 ppm, jusqu'à 85 % du temps la dernière semaine du mois de janvier.

3.2. Comment se situent les niveaux de polluants dans l'école primaire de Mions ?

3.2.1 Comparaison aux valeurs guides en air intérieur

Au niveau national, seules trois substances possèdent des valeurs guides en air intérieur : le formaldéhyde, le monoxyde de carbone et le benzène. Les valeurs guides de qualité de l'air intérieur ont pour principal objectif de fournir une base pour protéger la population des effets sanitaires liés à une exposition à la pollution de l'air par inhalation et d'éliminer, ou de réduire, les contaminants ayant un effet néfaste sur la santé humaine et le bien-être [AFSSET, 2007a].

>> Le formaldéhyde

Pour le **formaldéhyde**, deux valeurs guides correspondant respectivement à des expositions à court et à long terme ont été déterminées :

- 50 µg.m⁻³ sur deux heures pour une exposition court-terme,
- 10 µg.m⁻³ pour une exposition long-terme.

Ces valeurs guides se rapportent aux effets irritatifs oculaires et nasals du formaldéhyde, elles protègent également des effets cancérigènes locaux puisque ceux-ci apparaissent au delà d'un seuil de concentration, supérieur à celui des effets irritatifs [AFSSET, 2007b].

Les mesures réalisées sur 4 jours et demi ne permettent pas de conclure sur le dépassement ou non de la valeur guide à court terme. En effet, les concentrations de formaldéhyde varient au cours de la journée, la valeur de 50 µg.m⁻³ peut donc être respectée en moyenne sur 4,5 jours alors qu'elle sera potentiellement dépassée sur deux heures.

Dans la salle n°1 où la moyenne sur 4,5 jours est de 45 µg.m⁻³ lors de la dernière semaine de mesure au mois de mai, il est fort probable que la valeur guide de 50 µg.m⁻³ sur 2 heures ait été dépassée.

La moyenne des 3 campagnes est comparée à la valeur guide à long terme.

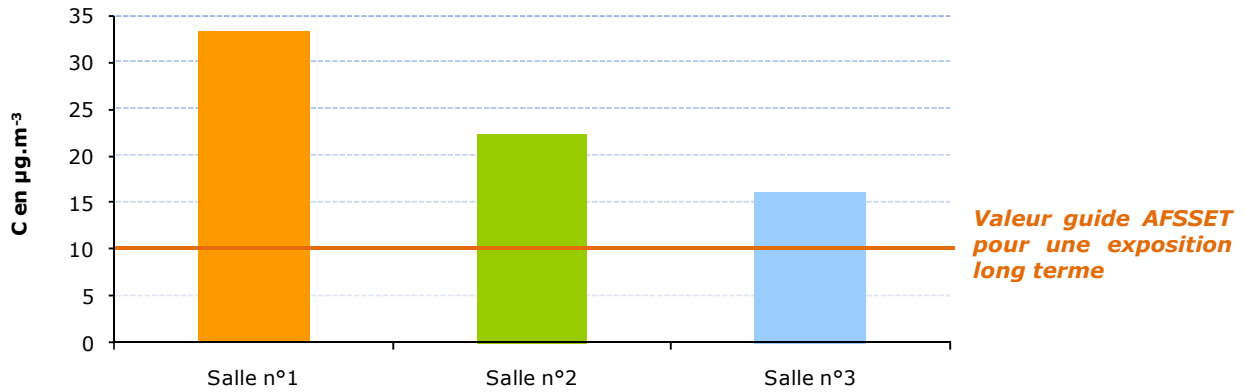


Figure 8 Concentration moyenne de formaldéhyde dans chaque salle (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)

>> **Les 3 salles de l'établissement dépassent la valeur guide à long terme en air intérieur pour le formaldéhyde.**

>> Le benzène

Pour le **benzène**, trois valeurs guides en air intérieur² correspondant respectivement à des expositions à court terme, intermédiaire et chronique ont été déterminées :

- Valeur guide à long terme :
10 $\mu\text{g.m}^{-3}$ pour une exposition supérieure à 1 an (effets hématologiques non cancérogènes)
- Valeur guide intermédiaire :
20 $\mu\text{g.m}^{-3}$ sur un an (effets hématologiques non cancérogènes)
- Valeur guide à court terme :
30 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne sur 14 jours (effets hématologiques non cancérogènes)

La moyenne des 3 campagnes est comparée aux valeurs guides à long terme pour une exposition supérieure à 1 an et intermédiaire.

Compte tenu de la durée de l'étude et du temps passé par les enfants dans l'établissement, aucune comparaison n'est faite avec la valeur guide pour une exposition vie entière.

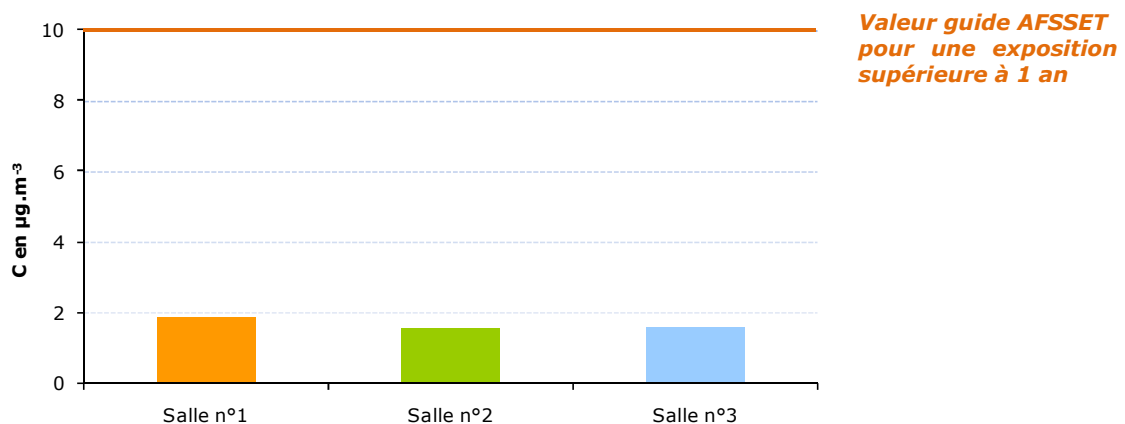


Figure 9 Concentration moyenne de benzène dans chaque salle (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)

>> **Aucune salle ne dépasse les valeurs guides en air intérieur pour le benzène.**

² En air ambiant, le benzène est réglementé par la directive 2008/50/CE du 21 mai 2008. La valeur limite en moyenne annuelle est de 6 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en 2009.

3.2.2 Comparaison aux niveaux mesurés dans d'autres études

>> Niveaux de formaldéhyde et acétaldéhyde

En 2006-2007, les associations de surveillance de la qualité en Rhône-Alpes ont mené une étude en collaboration avec la DRASS³ et les DDASS⁴ de Rhône-Alpes dans le but de réaliser un état des lieux des concentrations de formaldéhyde et d'acétaldéhyde dans cinquante établissements de la région accueillant des jeunes enfants (écoles maternelles et crèches).

Bien que le niveau scolaire ne soit pas tout à fait identique, les concentrations dans le groupe scolaire Pasteur peuvent être comparées aux résultats de cette étude dans les écoles maternelles. Dans le cadre de l'étude menée en 2006-2007, 4 campagnes ont été réparties dans l'année. La comparaison est effectuée avec les moyennes des 4 campagnes.

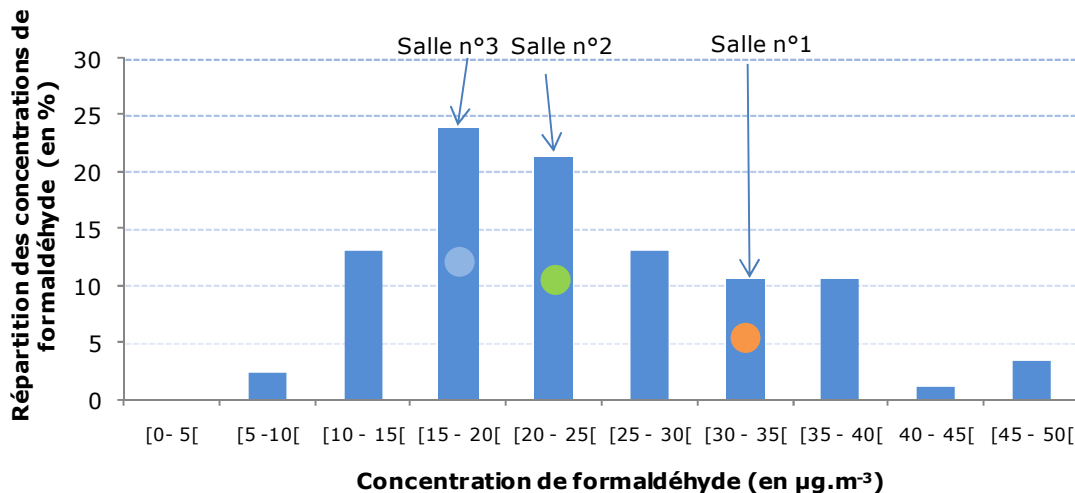


Figure 10 Position des salles du groupe scolaire de Mions dans la répartition des concentrations moyennes de formaldéhyde dans l'échantillon de 150 salles de l'étude des AASQA de Rhône-Alpes

En comparaison des résultats obtenus, les salles du groupe scolaire Pasteur se répartissent à différents endroits de la distribution : la salle n°1 se trouve dans la partie haute de la distribution, la salle n°2 dans la médiane et la salle n°3 présente un niveau de formaldéhyde plutôt bas par rapport aux autres concentrations relevées dans les salles des écoles maternelles.

Cette étude en Rhône-Alpes avait montré des niveaux de formaldéhyde dans les écoles maternelles, légèrement supérieurs à ceux observés dans les logements français. Dans l'étude « Logements » de l'OQAI, le niveau médian de formaldéhyde⁵ est de 19,6 µg.m⁻³ [OQAI, 2006].

En ce qui concerne les niveaux d'acétaldéhyde, les salles étudiées se situent en dessous de la médiane de l'échantillon d'écoles maternelles sondées en 2006-2007. Il faut noter que pour ce polluant, les niveaux dans les logements sont de manière générale plus élevés (médiane de 11,6 µg.m⁻³ dans l'étude Logements de l'OQAI).

³ Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales

⁴ Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales

⁵ En moyenne sur une semaine, 50% des logements présentent une concentration supérieure à 19,6 µg.m⁻³ de formaldéhyde.

>> Niveaux de benzène, toluène et xylènes

Pour le benzène, des résultats aussi complets que ceux du formaldéhyde ne sont pas disponibles dans la région. En revanche, des résultats sont disponibles dans le cadre d'une étude sur 4 écoles de l'agglomération grenobloise [ASCOPARG, 2008], de la campagne pilote de l'OQAI sur 9 écoles [OQAI, 2002] et de deux études menées par le Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris dans respectivement 50 et 15 crèches parisiennes [Domsic, 2001, 2002].

Etude	Concentration de benzène (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)		
	Médiane	Min	Max
Ecole primaire de Mions	1,4	0,7	1,8
Etude pilote de l'OQAI sur 9 écoles	< 2 $\mu\text{g.m}^{-3}$ sur l'ensemble des sites		
50 crèches parisiennes	1,9	0,9	7,7
15 crèches parisiennes	2,2	1,1	5,0
4 écoles de l'agglomération grenobloise	2,7	1,1	5,8

Tableau 2 Comparaison des résultats de benzène avec d'autres études dans les bâtiments accueillant des enfants

Par ailleurs, au regard des données existantes [AFSSET, 2008], les niveaux de benzène sont plutôt homogènes dans les différents lieux clos, hormis dans les garages attenants aux logements et les parkings de stationnement couverts où les concentrations sont généralement plus élevées (moyenne de 33 $\mu\text{g.m}^{-3}$ sur 3 parkings souterrains de la ville de Paris).

Les niveaux de benzène dans les salles du groupe scolaire Pasteur ne montrent pas de particularité par rapport aux données existantes.

Concernant le toluène et les xylènes, les données sont relativement peu nombreuses. Toutefois, dans le rapport de B. Jédor (2005), faisant un état des connaissances sur les niveaux de polluants dans les écoles, il est précisé que les niveaux de toluène et de xylènes sont souvent liés aux niveaux extérieurs.

Les résultats dans le groupe scolaire Pasteur sont globalement homogènes entre les salles et effectivement en lien avec les niveaux extérieurs pour le toluène. Pour les xylènes, les niveaux sont également homogènes, en revanche, ils varient peu au cours des 3 campagnes (contrairement aux niveaux extérieurs qui augmentent en hiver).

De même que les niveaux de benzène, les niveaux de toluène et de xylènes dans les salles du groupe scolaire Pasteur ne montrent pas de particularité par rapport aux données existantes.

>> Niveaux de CO₂

Les mesures de CO₂ dans la salle n°1 mettent en évidence un manque de renouvellement d'air dans cette salle. Cette situation n'est hélas pas spécifique au groupe scolaire Pasteur et des niveaux supérieurs ont été mesurés dans d'autres établissements.

Une étude menée récemment par l'ASCOPARG sur 4 écoles de l'agglomération grenobloise [ASCOPARG, 2008] montre des niveaux moyens compris entre 503 et 1189 ppm sur 4,5 jours. Les niveaux maximaux varient de 1213 à 3290 ppm.

Sur ces 4 établissements, le pourcentage de temps où les enfants sont exposés à des concentrations supérieures à 1000 ppm varie entre 27 et 94%.

La salle n°1 présente des niveaux de CO₂ élevés. Dans les établissements scolaires, il n'est pas rare d'observer des niveaux du même ordre de grandeur.

>> Conclusion sur les niveaux de polluants mesurés dans le groupe scolaire

Les comparaisons aux valeurs guides de qualité de l'air intérieur et aux autres mesures disponibles dans la littérature font ressortir un polluant en particulier : le formaldéhyde. En effet, pour ce polluant, comme la très grande majorité des salles de classe en Rhône-Alpes, les 3 salles ayant fait l'objet de mesures dépassent la valeur guide. La salle n°1, dans le bâtiment principal, présente les niveaux les plus élevés ; ces niveaux sont comparables aux niveaux les plus élevés observés dans l'étude menée sur 50 écoles maternelles et crèches en Rhône-Alpes en 2006-2007.

Les niveaux observés sur les autres polluants ne semblent pas particulièrement préoccupants, ils sont du même ordre de grandeur que ceux mesurés par ailleurs.

Les niveaux de CO₂ mesurés dans la salle n°1, bien que couramment observés dans les établissements scolaires, doivent attirer l'attention, ils mettent en évidence un manque de renouvellement d'air dans cette salle, qui pourrait expliquer les niveaux de formaldéhyde.

3.3 Comment expliquer les niveaux de polluants et les différences entre les salles ?

L'état des lieux des concentrations montre des différences entre les salles, notamment concernant le formaldéhyde, les autres polluants présentant des niveaux plus homogènes.

L'étude des relations des concentrations de polluants entre elles et des concentrations de polluants avec d'autres paramètres, comme le renouvellement d'air, la température de la salle, la température extérieure, la concentration d'ozone en extérieur, la concentration des mêmes polluants en air extérieur, permet de trouver des pistes d'explication, et donc de pouvoir proposer des solutions en conséquence.

3.3.1 Les niveaux de polluants sont-ils en lien avec les concentrations en air extérieur ?

L'étude des corrélations entre les concentrations dans les salles et les concentrations en air ambiant⁶ permet de mettre en évidence la présence éventuelle de sources de polluants à l'intérieur des bâtiments.

Pour les polluants provenant en majorité de l'extérieur, les niveaux entre les salles sont plutôt homogènes, c'est le cas du benzène par exemple.

⁶ Moyenne de la concentration mesurée sur une semaine sur quelques stations du réseau de mesure de COPARLY

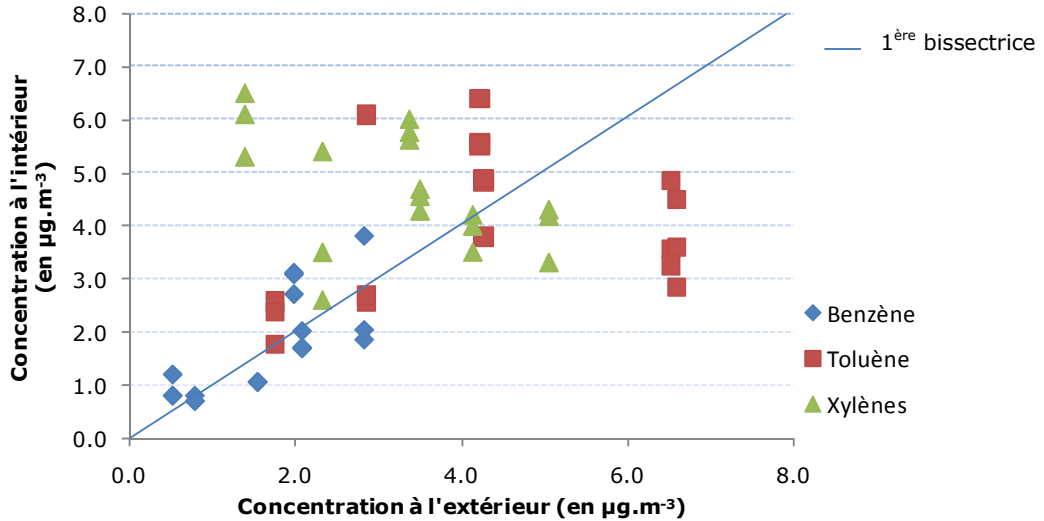


Figure 11 Comparaison des concentrations de benzène, toluène et xylènes en air ambiant et à l'intérieur des salles

La Figure 11 montre bien que, pour le benzène, les niveaux relevés à l'intérieur sont proches de ceux de l'extérieur et évoluent de manière semblable. Pour le toluène et les xylènes, les niveaux sont en lien avec l'extérieur, et notamment l'ordre de grandeur est le même, toutefois des sources intérieures semblent exister dans le groupe scolaire.

Pour le formaldéhyde et l'acétaldéhyde, les niveaux relevés ne sont pas du tout en lien avec l'extérieur et confirment que ces polluants sont spécifiques de l'intérieur. La Figure 12 illustre ce phénomène pour le formaldéhyde et montre des niveaux de 4 à 20 fois plus élevés à l'intérieur, pour l'acétaldéhyde cette différence est moins marquée (de 2 à 6 fois supérieurs en intérieur).

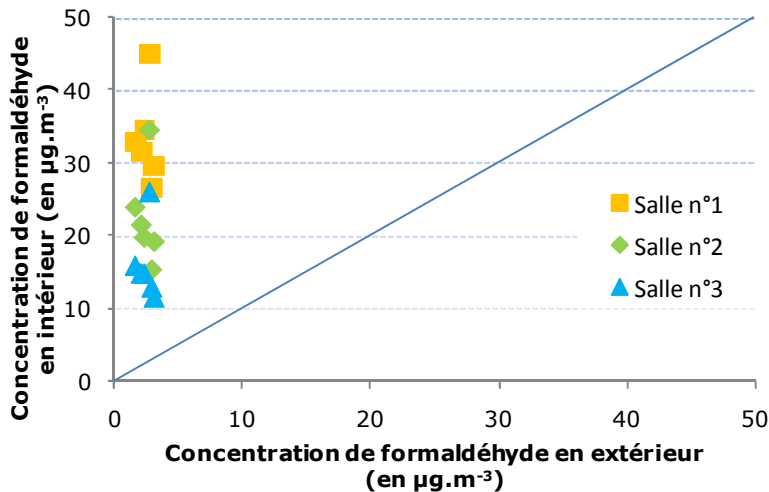


Figure 12 Comparaison des niveaux de formaldéhyde en air ambiant et à l'intérieur des salles

3.3.2 D'où provient le formaldéhyde ?

Le paragraphe précédent a montré que les niveaux élevés de formaldéhyde ne proviennent pas de l'extérieur. Parmi les sources en air intérieur, deux hypothèses sont possibles :

- les matériaux ou produits utilisés dans le bâtiment contiennent du formaldéhyde, qui s'évapore et se retrouve dans l'air de la salle,
- le formaldéhyde est produit par réaction chimique avec d'autres composés présents dans l'air et l'ozone.

Par ailleurs, même si les sources de polluants sont modérées, un mauvais renouvellement d'air va conduire à une accumulation des polluants à l'intérieur.

Quelle que soit la salle, les corrélations avec la concentration moyenne ou la concentration maximale d'ozone en air ambiant ne sont pas très bonnes, il est donc probable que les matériaux de construction ou le mobilier du groupe scolaire contiennent du formaldéhyde.

D'après la littérature, température et humidité relative élevées favorisent les émissions de formaldéhyde, les corrélations entre les concentrations de formaldéhyde et ces paramètres sont donc testées. Pour l'humidité relative, seule la salle n°1 a bénéficié d'un suivi à chaque campagne.

La Figure 13 illustre pour chaque salle les concentrations de formaldéhyde en fonction de la température moyenne de la salle. Cette figure montre que dans les salles n°1 et n°2 du bâtiment principal, la température moyenne de la salle est équivalente quelle que soit la saison, en conséquence les concentrations de formaldéhyde ne sont pas corrélées à cette température. Dans la salle n°3, qui se trouve dans un autre bâtiment, l'influence de la température semble plus nette.

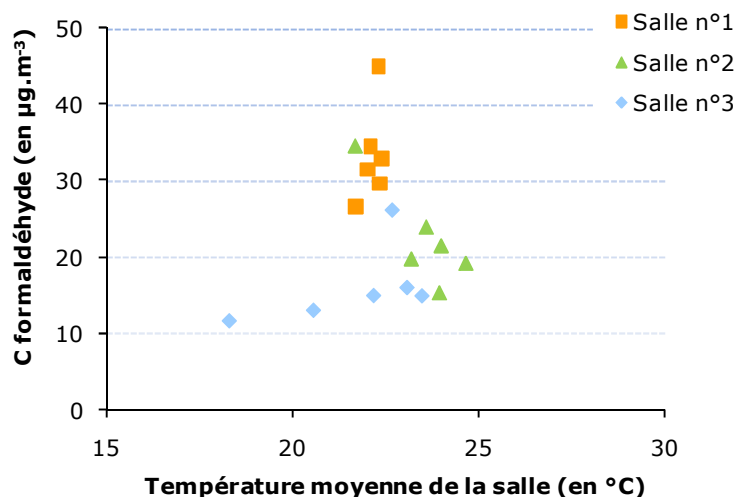


Figure 13 Concentration de formaldéhyde en fonction de la température moyenne des salles

Dans la salle n°1, où l'humidité relative a été suivie, les concentrations de formaldéhyde sont mises en relation avec les différentes statistiques de l'humidité (moyenne, minimum, maximum) pendant la période de mesure. La Figure 14 montre que les niveaux de formaldéhyde dans cette salle sont très bien corrélés avec l'humidité présente. Au mois de mai, et notamment lors de la campagne 3b, l'humidité moyenne de la salle était très élevée. Combinée à des températures également élevées, ce sont bien ces paramètres qui semblent conduire aux émissions de formaldéhyde dans la salle.

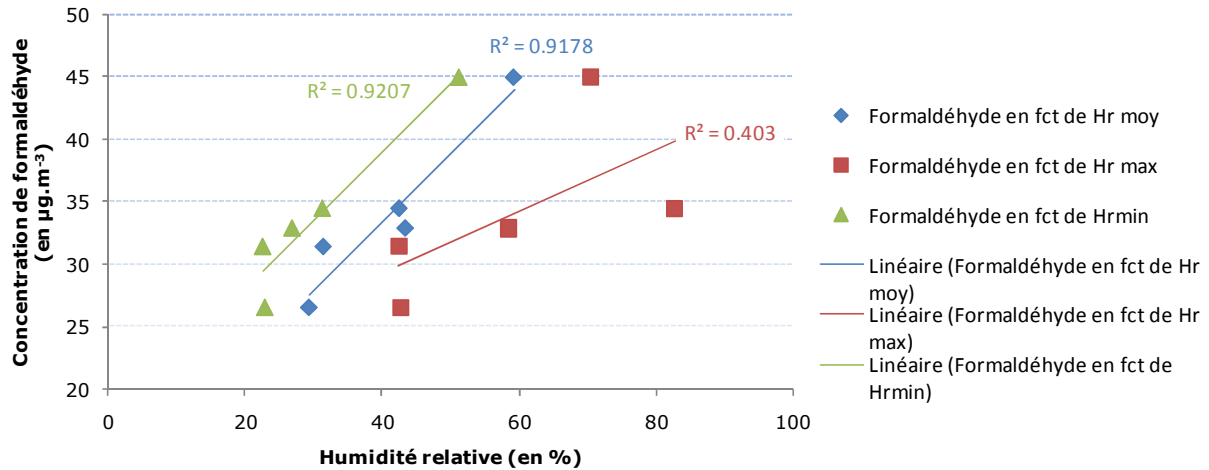


Figure 14 Concentration de formaldéhyde dans la salle n°1 en fonction de l'humidité relative minimale, moyenne et maximale dans la salle

>> *L'étude des relations entre les différents paramètres mesurés et les concentrations de formaldéhyde montrent bien qu'il existe dans chaque salle des sources de formaldéhyde. Les émissions sont ensuite favorisées par la température et l'humidité.*

Afin d'expliquer les différences entre les salles, et notamment entre la salle n°1 et la salle n°3, deux salles de classes situées dans des bâtiments différents, des mesures de CO₂ et humidité relative ont été effectuées en parallèle dans ces salles pendant les deux semaines de mesure du mois de mai. En effet, le suivi du CO₂ effectué lors des deux premières campagnes montrait un faible renouvellement d'air dans la salle n°1.

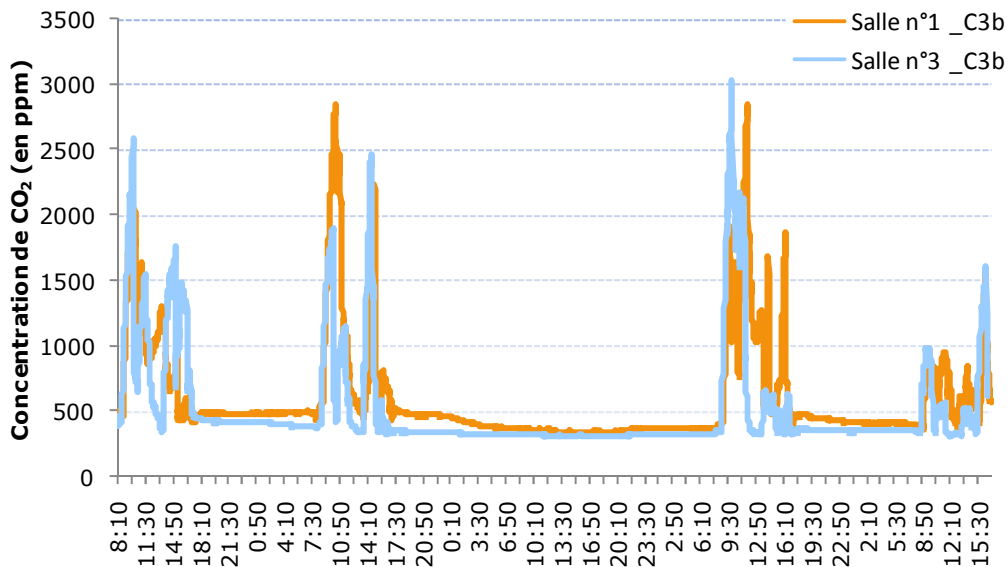


Figure 15 Evolution des concentrations de CO₂ dans les salles n°1 et n°3 lors de la campagne C3b (du 26 au 30 mai 2008)

Le suivi du CO₂ dans la salle n°3 montre que, dans cette salle également, les niveaux de CO₂ augmentent rapidement en présence des enfants. En revanche, les niveaux redescendent beaucoup plus rapidement, notamment à la pause du déjeuner ou le soir (cf. Figure 16). Le lundi et le jeudi dans la salle n°1, les niveaux de CO₂ restent supérieurs ou très proches de 1000 ppm pendant la pause du déjeuner (cf. Figure 16). Il

est probable compte tenu de l'évolution des concentrations que la salle n°1 n'ait pas été aérée après la fin des cours de la matinée.

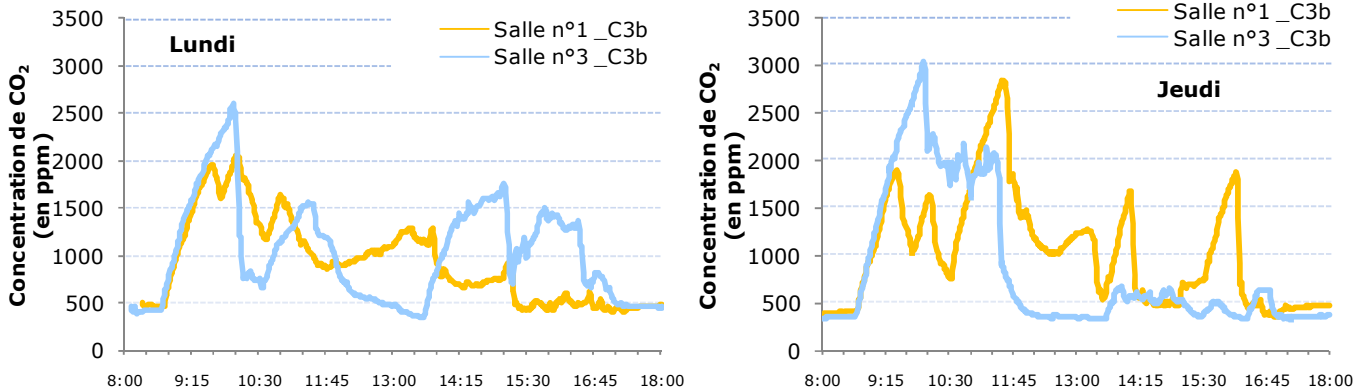


Figure 16 Evolution du CO₂ dans les salles n°1 et n°3 le lundi 26 mai 2008 (à gauche) et le jeudi 29 mai 2008 (à droite)

>> La salle n°3 présente un meilleur renouvellement d'air que la salle n°1, ce qui peut limiter l'accumulation des polluants dans cette salle.

Concernant l'humidité relative, paramètre favorisant les émissions de formaldéhyde, les deux salles montrent des taux élevés. Ce paramètre n'explique donc pas à lui seul les niveaux plus élevés dans la salle n°1.

Même si l'analyse de l'ensemble des paramètres apporte des réponses, elle ne permet pas de comprendre complètement l'ensemble des mécanismes entrant en jeu dans la détermination des niveaux de polluants finaux puisque l'environnement intérieur est la résultante des interactions entre l'air extérieur, le bâtiment, les sources internes de pollution et le comportement des occupants.

Néanmoins, il ressort de l'ensemble des éléments que le bâtiment principal, et/ou le mobilier qu'il contient, sont émetteurs de formaldéhyde, ces émissions sont favorisées par l'augmentation de l'humidité relative qui se produit lorsque le chauffage n'est plus en fonctionnement. Par ailleurs, ces émissions s'accumulent dans le bâtiment en raison d'un renouvellement d'air très faible. Même si l'étude des corrélations ne permet pas de mettre en évidence un impact significatif de la température, il semble important de limiter les températures en l'absence des enfants (mercredi et nuit).

Dans le bâtiment préfabriqué, il est probable que les émissions de formaldéhyde soient moindres, compte tenu des différences de niveaux. Toutefois, la salle de ce bâtiment est nettement mieux aérée, ce qui permet de limiter les accumulations de polluant.

4 Conclusions et perspectives

La visite et les mesures effectuées dans le groupe scolaire Pasteur de la commune de Mions permettent d'établir un diagnostic de la qualité de l'air intérieur de cet établissement.

Lors de la visite, quelques points ont été relevés pouvant avoir un impact négatif sur la qualité de l'air intérieur. L'élément principal relevé ayant un impact négatif est le manque de renouvellement d'air dans les pièces, lié notamment à l'absence d'entrées d'air neuf. Par ailleurs, le stockage des fournitures à l'intérieur des classes peut avoir un impact négatif, un local indépendant de réserve pour les fournitures permettrait de diminuer les émissions de polluants. En revanche, la disposition actuelle des bâtiments et des parkings est correcte pour limiter l'influence à l'intérieur des bâtiments des émissions de polluants automobiles, notamment lors des heures d'arrivée et départ des élèves.

Concernant les niveaux de polluants mesurés, la plupart des polluants recherchés présentent des niveaux semblables aux autres établissements scolaires. Par ailleurs, pour le benzène, possédant des valeurs guides en air intérieur, les niveaux observés sont inférieurs à ces valeurs. En revanche, pour le polluant majoritaire, le formaldéhyde, les niveaux observés sont supérieurs à la valeur guide en air intérieur pour les effets irritatifs. De plus, les salles du bâtiment principal présentent des niveaux plus élevés que le bâtiment préfabriqué et qui se situent dans une gamme élevée en comparaison des autres établissements scolaires étudiés en région Rhône-Alpes. Ces niveaux sont liés au renouvellement d'air insuffisant dans les pièces, mis en évidence lors de la visite et confirmé par le suivi des concentrations de CO₂.

Par conséquent, **il est important d'améliorer la qualité du renouvellement d'air dans le bâtiment et les salles de classe afin d'agir directement sur la qualité de l'air à l'intérieur des locaux**. Pour cela, il existe des solutions techniques mais aussi des solutions comportementales permettant de limiter l'impact du manque de ventilation :

- **Solution technique** : réalisation d'un système de ventilation dans l'établissement. S'agissant d'un ensemble du bâtiment relativement complexe, il semble intéressant d'effectuer une étude précise des besoins afin de mettre en place un système efficace en tous points du bâtiment pour maîtriser les paramètres de renouvellement d'air, température et humidité relative.
- **Solution comportementale** : une aération régulière d'une dizaine de minutes permet de renouveler l'air intérieur de façon très efficace. Compte tenu de l'absence de ventilation mécanique, cette mesure semble s'imposer et il serait utile de la rappeler fréquemment aux enseignants. Rappelons en effet que les niveaux de CO₂ dans la salle n°1 restent élevés pendant la pause du déjeuner, traduisant un non-renouvellement de l'air présent dans la salle.

Par ailleurs, il est important d'agir également sur les sources de polluants.

Plusieurs recommandations peuvent être formulées, par exemple :

- bien respecter toutes les consignes des produits d'entretien,
- se renseigner sur les émissions chimiques éventuelles des produits auprès des fabricants et des distributeurs. lors du renouvellement du mobilier et des revêtements
- réaliser les travaux et aménagements en début de vacances scolaires afin de permettre une dissipation des polluants en dehors de la présence des élèves.

BIBLIOGRAPHIE

AFSSET (2007a) Valeurs guides de qualité de l'air intérieur. Documents cadres et éléments méthodologiques

AFSSET (2007b) Valeurs guides de qualité de l'air intérieur. Le formaldéhyde.

AFSSET (2007c) Valeurs guides de qualité de l'air intérieur. Le monoxyde de carbone

AFSSET (2008) Valeurs guides de qualité de l'air intérieur. Le benzène.

AIR-APS, AMPASEL, ASCOPARG, ATMO Drôme-Ardèche, COPARLY, SUP'AIR (2007) Mesure des aldéhydes dans l'air intérieur des écoles maternelles et des crèches en Rhône-Alpes.

ASCOPARG (2008) Diagnostic Qualité de l'air intérieur dans les établissements scolaires du territoire de La Métro. Etude de faisabilité dans 4 établissements.

Domsic S., Squinazi F. (2001) Connaissance de l'exposition de jeunes enfants à la pollution atmosphérique dans les crèches parisiennes. Convention DRASSIF-LHVP. Avenant n°10, Rapport d'étape. Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris. Mairie de Paris

Domsic S., Squinazi F. (2002) Connaissance de l'exposition de jeunes enfants à la pollution atmosphérique dans les crèches parisiennes. Convention DRASSIF-LHVP. Avenant n°10, Complément au rapport. Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris. Mairie de Paris.

Jédor B. (2005) Qualité de l'air intérieur dans les écoles maternelles et primaires : spécificités de la problématique et implications en termes d'évaluation et de gestion des risques sanitaires. Mémoire de l'Ecole Nationale de Santé Publique.

OQAI (2002) Rapport exécutif : De la phase préparatoire aux premiers résultats de l'étude pilote, Mars 2002.

OQAI(2006). Campagne nationale Logements : état de la qualité de l'air dans les logements français. Rapport final.

ANNEXE 1
Liste des polluants prioritaires pour l'établissement de valeurs guides en air intérieur [AFSSET, 2007a]

Groupe A	Groupe B
Formaldéhyde Benzène Dichlorvos PM ₁₀ Radon DEHP Naphtalène Dioxyde d'azote Monoxyde de carbone	Acétaldéhyde Toluène Trichloréthylène Dieldrine Tétrachloroéthylène Aldrine Xylènes Styrène

ANNEXE 2 Le matériel de mesure

Tubes à diffusion passive :

Cette méthode a été utilisée pour la mesure des BTEX et des aldéhydes.



Les tubes utilisés sont :
BTEX : code 145 de la société Radiello®
Aldéhydes : code 165 de la société Radiello®

Les analyses ont été effectuées par :
BTEX et aldéhydes : le Laboratoire Inter régional de Chimie (LIC-GIE) du Grand Est situé à l'ASPA (association de surveillance de la qualité de l'air en Alsace).

Analyseur Q-TRAK :



Les mesures du CO₂, de la température et de l'humidité relative ont été réalisées en continu au moyen d'un analyseur de type Q-Trak 8552 permettant des mesures sur un pas de temps de 1 minute.

Par ailleurs, un suivi de la température a été effectué pendant toute la période de mesure sur chaque site des établissements visités à l'aide de thermomètres enregistreur de type Radiello®. Ce suivi a permis d'estimer la température moyenne de chaque salle étudiée (extérieur y compris) sur la période et d'observer sans chaque classe l'effet des périodes d'ouverture et de fermeture des fenêtres sur la température.

Canisters



Les canisters d'une contenance de 5 litres sont au préalable mis sous vide. Lors de leur ouverture, ils aspirent l'air extérieur à travers une tête de prélèvement permettant de réguler le débit d'aspiration. L'aspiration cesse lorsque la pression à l'intérieur du canister est égale à la pression extérieure. Selon la tête de prélèvement, il est possible de remplir le canister soit en 8 heures, soit en 24 heures.

Après prélèvement, le contenu des canisters est analysé par le laboratoire du GIE Atmo Rhône-Alpes. 31 Composés Organiques Volatils ont été recherchés dans les canisters.

ANNEXE 3
Compte rendu de la visite

Qualité de l'air intérieur

**Compte rendu de la
visite de l'école Pasteur
à MIONS**

**Proposition pour la réalisation de mesures
de la qualité de l'air intérieur.**

Destinataires :

- Mairie de Mions
- DDASS du Rhône

Visite effectuée par : Madame MOUVET - Responsable des travaux – Mairie de Mions
Monsieur DUMAZ - Responsable du service scolaire – Mairie de Mions
Monsieur DE TAXY - Responsable ACMO – Mairie de Mions
Monsieur DECHENAUX - COPARLY

1 – Objet

Cette visite fait suite à la demande de Monsieur DUMAZ de la Mairie de Mions, en accord avec Madame Formizyn de la DDASS du Rhône, qui souhaite qu'une étude sur la qualité de l'air intérieure dans l'école soit réalisée en raison de l'admission dans cet établissement de l'enfant M., âgé de 7 ans et polyallergique.

La visite s'est déroulée le Mercredi 8 Août dans la matinée, en présence de Madame MOUVET (Responsable des travaux dans les bâtiments), Messieurs DUMAZ (responsable du service scolaire), DE TAXY (responsable ACMO) de la ville de MIONS et DECHENEAUX de COPARLY.

2 – Etat des lieux



Photo n°1



Photo n°2

A - Les abords :

L'école est éloignée de toute source directe de pollution de proximité (trafic automobile, industrie). Elle est notamment éloignée d'une distance supérieure à 1 kilomètre de la rocade Est de Lyon (D301 visible sur la photo n°1). La situation de l'établissement est de type fond urbain (Photo n°2). La circulation et le stationnement des véhicules (cars scolaires en particulier) n'est pas possible à proximité directe de l'école ce qui limite l'impact d'émissions polluantes d'origine automobile. Seuls les véhicules des enseignants se garent à proximité des classes.

B - Aspect général de l'école :



Photo n°3

L'établissement est constitué de plusieurs bâtiments dont le principal est de construction traditionnelle et plusieurs autres sont des ensembles préfabriqués de type "ALGECO". Ces ensembles ont été mis en place au fur et à mesure des besoins, ce qui explique que certains sont pratiquement neufs et d'autres relativement âgés (une dizaine d'année au moins).

Le chauffage est assuré par une chaufferie centrale au gaz située dans une annexe accolée au bâtiment principal. Les rejets de fumée se font par une cheminée se trouvant en bordure du bâtiment et le dépassant d'environ 1m50. Il est possible qu'en cas de vent faible, les fumées puissent pénétrer dans le bâtiment principal.



C - Bâtiment en construction traditionnelle :

Les locaux sont propres et les revêtements en bon état général. Quelques traces d'écoulement d'eau sont visibles sur les dalles constituant le faux plafond du bâtiment.

- Revêtements muraux : peinture
- Sols : carrelage.
- Plafond : faux plafond en dalles

Salles de classe :

L'ensemble comporte cinq salles de classes constituées de la même façon.

Ces salles sont assez spacieuses et comportent chacune plusieurs fenêtres ouvrant directement vers l'extérieur et une porte d'entrée donnant sur un espace fermé central. Les ouvrants ne comportent aucune entrée d'air neuf et sont parfaitement étanches. Les classes ne disposent pas d'un système de renouvellement d'air.

- De nombreux dessins et collages divers sont accrochés sur les murs.
- Le mobilier est en bon état et relativement récent (5 à 6 ans).
- Les différentes fournitures utilisées par les élèves (feutres, colle, peinture ...) sont stockées dans les salles de classe.

Hall central :

Il s'agit d'une pièce aménagée (100m² environ). Cette pièce comporte deux façades équipées de baies vitrées ouvrantes donnant directement sur l'extérieur. Selon Monsieur DE TAXY, la structure métallique est recouverte d'une peinture contenant de l'amiante. Celle-ci a été recouverte d'une autre peinture qui semble en bon état bien que l'on puisse observer quelques points d'effritement.

Nous n'avons pas observé d'entrées d'air neuf ni de système d'extraction d'air dans cette pièce.

Cantine :

Cette partie du bâtiment est contigüe au hall central. Elle est constituée de trois pièces communicantes (2 salles réfectoire et un espace cuisine). Seul un des réfectoires est équipé d'un système de renouvellement d'air (extracteur et prises d'air extérieur). L'autre réfectoire ne dispose d'aucune entrée d'air neuf. A noter que dans la pièce disposant d'un système de renouvellement d'air, le système ne permet pas un balayage complet de la pièce (entrées d'air et aspiration situées au même niveau dans la pièce).

Espaces communs :

Les toilettes situées dans le couloir donnant sur le hall central ne disposent pas de système d'extraction d'air. Celles situées dans l'ensemble réfectoire en sont pourvu mais lors de notre visite, celui-ci était en panne.

D - Ensembles préfabriqués :

Les préfabriqués sont répartis autour du bâtiment principal. Ils sont posés sur une dalle béton sans vide sanitaire. Ils sont soit directement accolés au bâtiment principal, soit situé de façon complètement indépendante dans la cour de l'école. Les classes ont une surface d'environ 50 m².

Aucun d'entre eux ne dispose de système de renouvellement d'air. Seul l'un des préfabriqué possède des ouvertures d'entrée d'air sur les fenêtres. A noter l'odeur (mélange de moisi et de solvants) perçue lors de l'entrée dans celui correspondant à la classe de maternelle.

3 – Constat de la visite :

A - Le défaut de renouvellement d'air :

Le défaut de système de ventilation est un élément important dans la survenue de problèmes sanitaires liés à la qualité de l'air. A ce sujet, trois éléments principaux doivent être notés :

- l'absence de VMC dans la majorité des salles,
- l'absence d'entrées d'air neuf dans les salles,
- la panne de la VMC dans les toilettes du couloir de l'ensemble réfectoire.

Le Règlement Sanitaire Départemental précise que le débit d'air neuf à introduire dans les salles de classe (maternelles, primaire) doit être au minimum de 15 m³/h/personne.

Il est par conséquent important d'améliorer la qualité du renouvellement d'air dans le bâtiment et les salles de classe afin d'agir directement sur la qualité de l'air à l'intérieur des locaux. Pour cela il existe des solutions techniques mais aussi des solutions comportementales permettant de limiter l'impact du manque de ventilation :

- Solution technique : réalisation d'un système de ventilation dans l'établissement. S'agissant d'un ensemble du bâtiment relativement complexe, il semble intéressant d'effectuer une étude précise des besoins afin de mettre en place un système efficace en tous points du bâtiment.
- Solution comportementale : une aération régulière d'une dizaine de minutes (début et milieu de matinée et après midi) permet de renouveler l'air intérieur de façon très efficace. Compte tenu de l'absence de ventilation mécanique, cette mesure semble s'imposer et il serait utile de la rappeler fréquemment aux enseignants.

B - Les aspects généraux :

La présence de nombreux dessins et collages dans les salles de classe peut influencer fortement la qualité de l'air de celles-ci (émissions de solvants, COV, aldéhydes). Il semble difficile d'éliminer l'ensemble de ces travaux mais il paraît opportun d'en limiter le nombre.

Le stockage des fournitures dans un local indépendant des salles de classes diminuerait de façon sensible les niveaux de polluants dans les classes. Il serait utile de prévoir une réserve spécifique à cet usage.

La limitation de l'accès des véhicules à proximité de l'école joue un rôle très important sur la qualité de l'air à l'intérieur de l'école, surtout aux heures d'arrivée et de départ des élèves ou lorsqu'un bus doit prendre en charge une classe. La disposition actuelle aux alentours de l'école est une bonne solution à ce problème.

C - Le cas de l'enfant M. :

Afin de prévoir la venue de l'enfant M. dans cet établissement plusieurs recommandations peuvent être formulées :

- Améliorer le renouvellement de l'air dans la salle accueillant l'enfant :
 - o avec des ouvertures fréquentes de fenêtres,
 - o en prévoyant une solution technique de renouvellement de l'air dans la classe de l'enfant.
- Limiter les impacts négatifs sur la qualité de l'air en :
 - o Limitant le stockage de matériel dans la classe (émissions de solvants),
 - o Réduire la présence de moisissures (changement des dalles des plafonds) probablement due à l'humidité de l'atmosphère intérieur.

4 - Les mesures de polluants :

Afin de compléter les informations obtenues lors de la visite de l'école, il est possible de réaliser une mesure des polluants les plus fréquemment rencontrés dans les établissements scolaires et susceptibles d'avoir un impact sur la santé. Afin de respecter les réglementations applicables en air ambiant, ces mesures doivent avoir lieu durant 3 saisons correspondant aux trois trimestres de l'année scolaire.

Aldéhydes : Les établissements scolaires peuvent présenter des niveaux élevés de formaldéhyde comme dans d'autres lieux clos tels que les logements. Les émissions sont liées à la présence de mobilier, de collages et de dessins dans les salles de classe. La température et l'humidité favorise les émissions. Le formaldéhyde est un irritant des voies respiratoire. Il est classé cancérigène certain par la CIRC.

Benzène, Toluène, Xylène (BTX) : A l'intérieur, ces molécules sont des marqueurs d'une pollution liée aux activités manuelles (dessin et de collage), excepté pour le benzène. Ce dernier, soumis à la réglementation, ne doit pas entrer dans la composition de produits d'usage courant. A l'extérieur, ils proviennent de l'automobile et du chauffage au bois, voire d'activités pouvant manipuler ce type de composés. Ainsi, la mesure des concentrations dans une salle de classe permettrait de sensibiliser les enseignants à l'utilisation et au choix des produits utilisés.

Ces mesures peuvent être réalisées au moyen de tubes à diffusion passive permettant d'obtenir des valeurs moyennes hebdomadaires de concentrations. Ces valeurs pourront être comparées aux mesures réalisées dans d'autres établissements scolaires.

Les Composés Organiques Volatils : Le terme Composés Organiques Volatils (COV) désigne un ensemble important de polluants dont les caractéristiques varient selon la nature du COV considéré. La famille des COV regroupe toutes les molécules formées d'atomes

d'hydrogène et de carbone (hydrocarbures) mais également celles dont les atomes d'hydrogène sont remplacés par d'autres atomes comme l'azote, le chlore, le soufre, ou l'oxygène. La sous-famille des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) regroupe les molécules qui présentent des chaînes cycliques de noyaux benzéniques.

Ces composés se retrouvent aussi bien dans l'environnement extérieur (émissions de pots d'échappement, émissions naturelles, combustions ...) que dans l'environnement intérieur (émissions des matériaux, des produits d'entretien, de bricolage, et provenant de l'extérieur ...).

Après prélèvement dans un récipient (canister), le contenu est analysé en laboratoire afin de connaître les concentrations de COV toxiques connus, notamment les COV chlorés. Un prélèvement de 24 heures par salle de classe et par semaine sur chacune des trois périodes peut être réalisé.

Gaz Carbonique, Température, Humidité : Ces paramètres sont de bons indicateurs de renouvellement d'air. Une augmentation des niveaux de gaz carbonique et d'humidité lors de la présence d'élève reflète un manque d'aération.

Les mesures sont réalisées en continu (pas de temps 10 min.). Elles permettront de suivre l'évolution de ces paramètres au cours d'une journée de classe.

ANNEXE 4 Résultats détaillés

Salle n°1

Polluant	Concentration (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)						Moyenne
	C1a	C1b	C2a	C2b	C3a	C3b	
Formaldéhyde	32.9	31.4	26.5	29.6	34.5	45.0	33.3
Acétaldéhyde	5.3	6.0	5.6	6.2	4.7	5.8	5.6
Propionaldéhyde	1.8	1.9	2.3	2.1	1.8	2.2	2.0
Butyraldéhyde	8.1	6.4	5.7	7.1	4.9	6.9	6.5
Benzaldéhyde	0.7	0.6	0.8	0.4	0.9	1.4	0.8
Isovaléraldéhyde	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Valéraldéhyde	2.4	1.7	1.5	1.8	2.3	3.1	2.1
Benzène	1.1	1.7	2.7	3.8	1.2	0.7	1.9
Toluène	2.9	3.8	5.6	3.6	2.6	6.1	4.1
Ethylbenzène	1.6	1.7	2.1	1.7	2.1	1.7	1.8
m+p-xylène	3.0	3.4	4.2	3.1	4.5	3.1	3.5
o-xylène	1.2	1.2	1.6	1.2	1.6	2.3	1.5

Salle n°2

Polluant	Concentration (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)						Moyenne
	C1a	C1b	C2a	C2b	C3a	C3b	
Formaldéhyde	23.9	21.4	15.3	19.1	19.7	34.6	22.3
Acétaldéhyde	4.1	5.6	7.1	6.3	3.1	4.9	5.2
Propionaldéhyde	1.4	1.2	1.4	1.4	1.3	1.7	1.4
Butyraldéhyde	7.7	6.7	5.9	6.1	3.8	5.4	5.9
Benzaldéhyde	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.8	0.5
Isovaléraldéhyde	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Valéraldéhyde	1.5	1.0	0.8	1.0	1.5	1.7	1.2
Benzène	1.1	1.7	3.1	1.9	0.8	0.8	1.6
Toluène	4.5	4.8	6.4	4.9	1.8	2.6	4.2
Ethylbenzène	1.0	1.2	1.8	1.3	1.4	1.0	1.3
m+p-xylène	2.4	3.1	4.3	3.0	4.2	1.9	3.1
o-xylène	1.1	1.2	1.7	1.2	1.1	0.7	1.2

Salle n°3

Polluant	Concentration (en $\mu\text{g.m}^{-3}$)						Moyenne
	C1a	C1b	C2a	C2b	C3a	C3b	
Formaldéhyde	16.0	14.9	13.0	11.6	14.9	26.1	16.1
Acétaldéhyde	5.2	5.1	5.0	4.5	4.3	7.4	5.2
Propionaldéhyde	1.8	1.7	2.1	1.8	1.9	2.5	2.0
Butyraldéhyde	7.9	4.6	4.8	4.6	11.4	8.2	6.9
Benzaldéhyde	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	1.0	0.5
Isovaléraldéhyde	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Valéraldéhyde	1.7	1.1	1.2	0.5	2.0	2.7	1.5
Benzène	1.1	2.0	3.1	2.0	0.8	0.7	1.6
Toluène	3.6	4.9	5.5	3.3	2.4	2.7	3.7
Ethylbenzène	1.1	1.3	1.7	1.1	0.9	0.9	1.2
m+p-xylène	2.7	3.4	4.0	2.4	2.3	1.9	2.8
o-xylène	1.3	1.3	1.6	0.9	4.2	1.6	1.8

Case surlignée en vert : valeur prise égale à la limite de détection