

## Evaluation complémentaire de la Qualité de l'air intérieur dans une école à Jarville

Décembre 2013

*Air Lorraine assure la surveillance de la qualité de l'air pour la région Lorraine. Grâce aux 50 stations fixes installées sur le territoire d'agrément de l'association, la concentration des principaux polluants réglementés est suivie en continu. Cependant, la qualité de l'air que nous respirons à l'intérieur est moins bien connue alors que chaque personne passe, en moyenne, 85% de son temps dans un espace clos. Dans ce cadre, Air Lorraine réalise des campagnes de mesures dans différents types de bâtiments afin d'effectuer un suivi de la qualité de l'air intérieur de ces espaces et d'alimenter une base de connaissances régionale dans ce domaine.*



### Contexte et objectif

A la demande de la commune de Jarville La Malgrange, Air Lorraine a réalisé du **1<sup>er</sup> au 5 juillet 2013** et du **7 au 11 octobre 2013**, des campagnes de mesure de la qualité de l'air intérieur dans l'école Fléming dont le hall a présenté des odeurs gênantes.

Dans ce cadre, des mesures de composés organiques volatils (dont le benzène et le formaldéhyde) ont été effectuées du **1<sup>er</sup> au 5 juillet 2013**. Les résultats obtenus lors de cette première campagne ont entraîné la réalisation de nouvelles mesures en octobre 2013, portant sur la mesure du formaldéhyde et du dioxyde de carbone qui permet d'évaluer le niveau de confinement.

Une description des bâtiments et des matériaux est tout d'abord réalisée afin de définir la stratégie de surveillance adoptée. Les moyens mis en oeuvre lors de cette campagne sont ensuite décrits, suivi d'une présentation de l'ensemble des résultats obtenus.

### Descriptif du bâti

L'école est située dans le quartier de La Californie en zone urbaine.

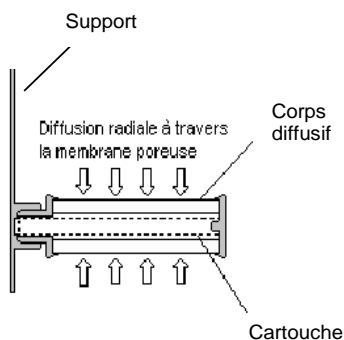
Elle a été construite en 1965 sur un ancien crassier et comporte 2 niveaux. Son chauffage est effectué par raccordement au gaz de ville. Aucune pièce n'est équipée de système de ventilation. Les fenêtres double vitrage comportent des joints d'échantéité. Les produits d'entretien sont stockés dans une pièce contigue au hall d'entrée.

Dans les pièces concernées par les mesures, le sol est recouvert de carrelage et le plafond de lambris bois. Les murs de la salle de classe sont peints alors que ceux du hall sont recouverts de tapisserie. L'entretien des locaux est effectué tous les jours. Les produits d'entretien utilisés dans l'école sont conformes à l'écolabel européen.

## Stratégie d'échantillonnage

Les odeurs ont été ressenties dans le hall de l'école. C'est pourquoi des mesures ont été mises en œuvre dans cette pièce ainsi que dans la salle de classe attenante au hall. Le CO<sub>2</sub> a été uniquement mesuré dans la salle de classe.

## Les moyens mis en œuvre



Les concentrations en composés organiques volatils dont le formaldéhyde et le benzène ont été déterminées par l'intermédiaire de tubes passifs. Les tubes passifs de type « Radiello » sont constitués de 2 tubes cylindriques concentriques : un tube externe, le corps diffusif, fait office de filtre en arrêtant les poussières et un tube interne, la cartouche, contient le réactif spécifique au composé à adsorber. La quantité de molécules piégées dans la cartouche est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement.



Dans la pièce à investiguer, le tube passif est suspendu à l'horizontal à une hauteur de 2 mètres environ et ceci pour une durée de 4,5 jours. Pendant le prélèvement, les polluants gazeux traversent le corps diffusif jusqu'à la zone de piégeage formée par la cartouche absorbante. Après exposition, la cartouche est placée dans un tube verre et envoyée à un laboratoire d'analyse. L'analyse est alors réalisée par désorption thermique suivie d'une chromatographie en phase gazeuse pour les composés organiques volatils et d'une désorption chimique suivie d'une chromatographie liquide haute performance et d'une détection par absorption UV pour le formaldéhyde. La concentration moyenne est obtenue sur 4,5 jours pour chaque composé.

L'analyse des tubes passifs pour la détermination du formaldéhyde est effectuée par le Laboratoire Interrégional de Chimie situé à Strasbourg accrédité par le COFRAC (n° 1-2092). Le laboratoire Fondazione Salvatore Maugeri situé en Italie a réalisé la mesure des composés organiques volatils.

L'utilisation d'un Q-Track™ (modèle 7565) pendant 4,5 jours permet de connaître, toutes les 10 minutes, l'évolution de la concentration en dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) dans l'air ambiant par l'intermédiaire d'un capteur infrarouge non dispersif. Le suivi de ce dernier permet d'évaluer le degré de confinement d'une pièce. Le Q-Track permet également la mesure de la température et de l'humidité.

Avant chaque campagne, une vérification à 0 et 1700 ppm des Q-Track est réalisée. L'écart maximum toléré entre la réponse de l'appareil et le niveau du mélange étalon est de 10 %. Si l'écart observé dépasse cette tolérance, il est nécessaire de procéder à l'opération d'ajustage du zéro avec de l'azote pur et à la mesure d'un mélange étalon de 1700 ppm de CO<sub>2</sub> dans l'azote.



Q-Track

**Réglementation relative au dioxyde de carbone**

Les concentrations mesurées en CO2 permettent de définir un indice de confinement des locaux. Le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 fixe une valeur d'indice à 5 qu'il ne faut pas dépasser. L'indice de confinement ICONÉ (Indice de CONfinement d'air dans les Ecoles) varie de 0 (aucun confinement) à 5 (confinement extrême). Un confinement élevé ou très élevé (4 ou 5) traduit une densité d'occupation importante associée à un renouvellement d'air insuffisant.

L'indice de confinement ICONÉ est calculé selon la formule suivante ( $n_0$  = nombre de valeurs inférieures à 1000 ppm,  $n_1$  = nombre de valeurs comprises entre 1000 et 1700 ppm et  $n_2$  = nombre de valeurs supérieures à 1700 ppm) :

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

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

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

Valeur brute de l'indice de confinement	Valeur retenue de l'indice de	Nature du confinement
ICONÉ < 0,5	0	Nul
0,5 ≤ ICONÉ < 1,5	1	Faible
1,5 ≤ ICONÉ < 2,5	2	Moyen
2,5 ≤ ICONÉ < 3,5	3	Elevé
3,5 ≤ ICONÉ < 4,5	4	Très élevé
ICONÉ ≥ 4,5	5	Extrême

Par ailleurs, le règlement sanitaire départemental de Meurthe et Moselle indique de ne pas dépasser dans un espace clos 1 000 parties par million (ppm) de CO2 avec une tolérance jusqu'à 1 300 ppm.

**Réglementation relative au formaldéhyde et au benzène**

Le benzène et le formaldéhyde sont des substances jugées prioritaires en air intérieur par la communauté scientifique de par leur classement comme cancérigène avéré par le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer). La réglementation, dont le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011<sup>1</sup> fixe désormais les valeurs limites à ne pas dépasser dans un espace clos pour ces deux polluants ainsi que les différentes valeurs guides d'exposition à long terme qui rentreront progressivement en vigueur à partir de 2013.

Ces valeurs sont basées sur celles initialement définies par l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET), en partenariat avec le Conseil Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) en 2007-2008, dont les valeurs repères servent actuellement de référence.

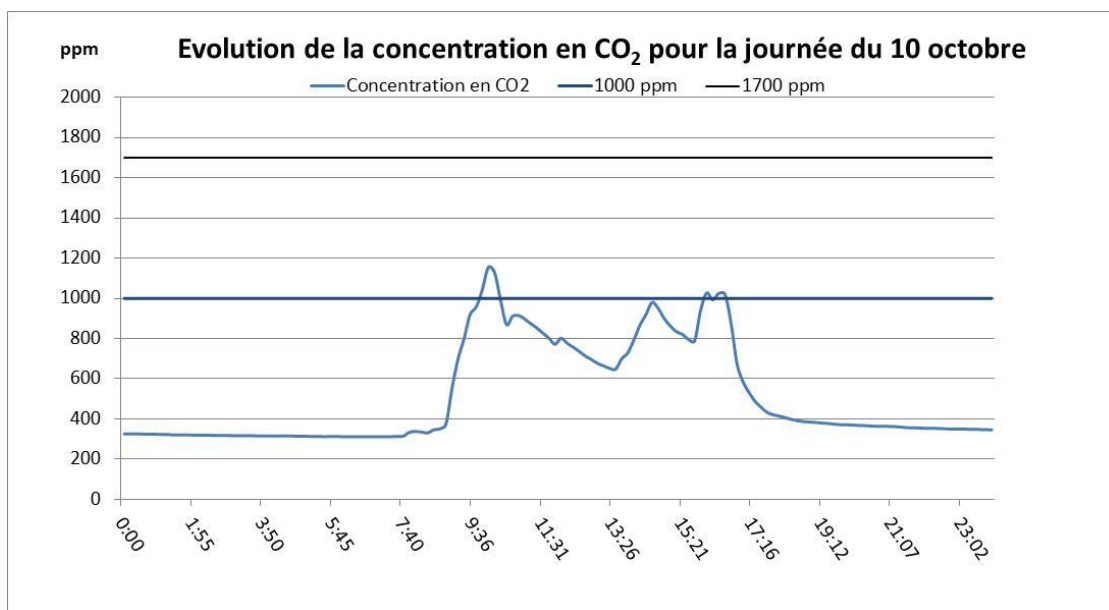
<sup>1</sup> Décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène.

Synthèse des différentes valeurs réglementaires				
	Valeur guide pour une exposition long terme		Valeur repère 2012	Valeur limite
Formaldéhyde	10 µg/m <sup>3</sup> à compter du 1er janvier 2023	30 µg/m <sup>3</sup> à compter du 1er janvier 2015	24 µg/m <sup>3</sup>	100 µg/m <sup>3</sup>
Benzène	2 µg/m <sup>3</sup> à compter du 1er janvier 2016	5 µg/m <sup>3</sup> à compter du 1er janvier 2013	5 µg/m <sup>3</sup>	10 µg/m <sup>3</sup>

Les *valeurs guides* pour l'air intérieur désignent un niveau de concentration de polluants de l'air intérieur, déterminé pour un espace donné à atteindre à long terme pour protéger la santé des personnes. La *valeur repère* est la valeur en dessous de laquelle aucune action corrective spécifique n'est préconisée à l'heure actuelle. Enfin, la *valeur limite* désigne la valeur au-delà de laquelle des investigations complémentaires doivent être menées afin d'identifier et de neutraliser les sources dans le but de ramener les teneurs intérieures en dessous de la valeur repère.

### Résultats relatifs au confinement

L'indice de confinement est de 1,4 dans la salle de classe pour la période du 7 au 11 octobre 2013. Ce qui correspond à un niveau de confinement faible. Le graphique ci-après présente l'évolution de la concentration en CO<sub>2</sub> lors de la journée du 10 octobre 2013.

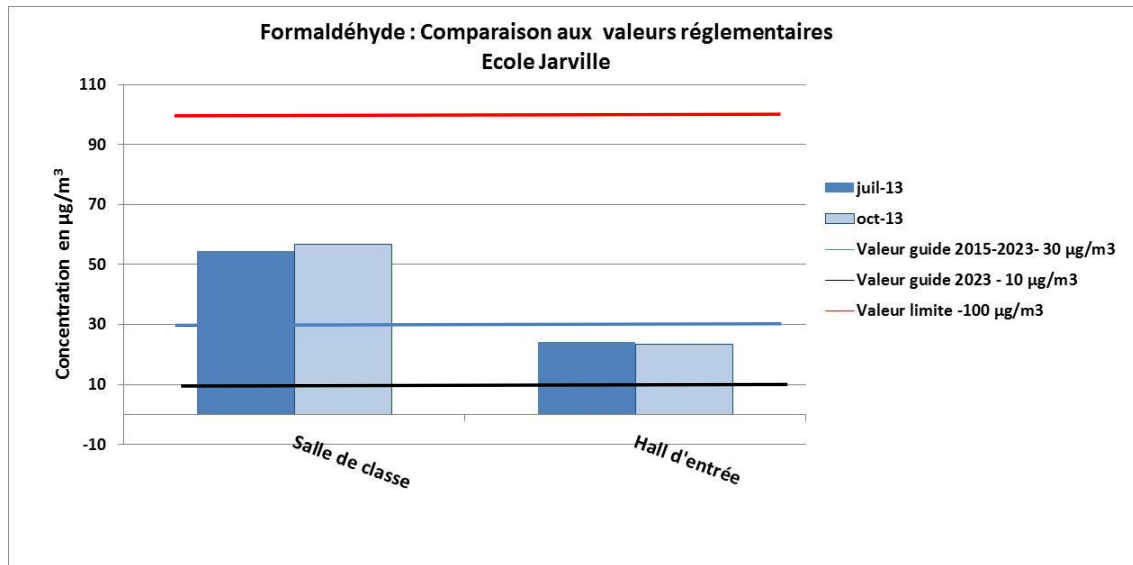


Le graphique ci-dessous montre que la concentration en CO<sub>2</sub> dans la salle de classe augmente dès l'arrivée des enfants en classe le matin avec un pic en milieu de matinée. L'ouverture des fenêtres pendant l'interclasse permet une baisse des concentrations en CO<sub>2</sub>. La nuit, en l'absence des élèves, la concentration en CO<sub>2</sub> est inférieure et de l'ordre de 300 ppm. Le renouvellement de l'air au sein de la salle de classe est suffisant pour maintenir des concentrations en CO<sub>2</sub> inférieures à 1000 ppm.

### Résultats relatifs au formaldéhyde

Les sources de formaldéhyde en air intérieur sont très nombreuses. Certaines sont liées aux matériaux présents dans les pièces : panneaux de particules, panneaux de fibres, panneaux de bois brut, peintures à phase solvant, matériaux contenant des composés à base de formaldéhyde (liants ou colles urée-formol). D'autres proviennent du comportement des occupants : tabagisme, utilisation de produits d'entretien et de traitement, produits d'hygiène corporelle et cosmétiques, photocopieurs.

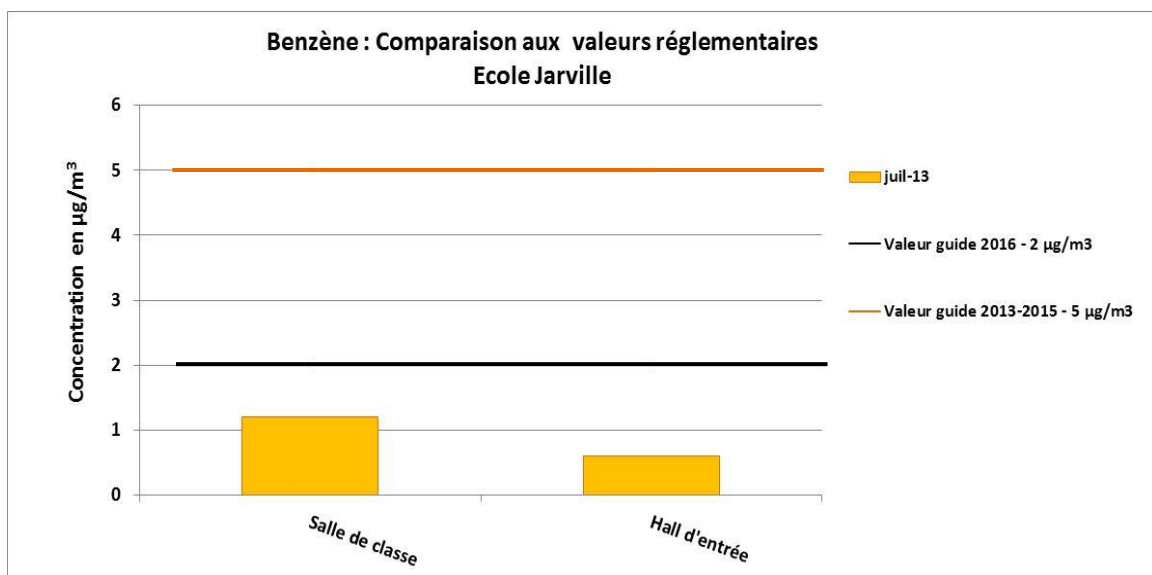
Le graphique ci-après présente les niveaux de formaldéhyde observés pendant les deux campagnes ainsi que les différentes valeurs réglementaires en vigueur pour ce polluant.



Les concentrations en formaldéhyde obtenues dans l'école sont inférieures à la valeur limite de 100 µg/m³. Cependant, les valeurs observées dans la salle de classe sont similaires pour les deux campagnes et sont nettement supérieures à la valeur guide fixée à 30 µg/m³. A titre de comparaison, lors de la campagne école et crèches réalisées en 2009-2011 avec un échantillonnage de 300 établissements en France, seuls 11 % des établissements ont présenté une valeur supérieure à la valeur guide de 30 µg/m³. En ce qui concerne le hall d'entrée, les concentrations y sont près de deux fois plus faibles que dans la salle de classe et respectent la valeur guide de 30 µg/m³. Ces résultats témoignent de la présence d'une source de formaldéhyde au sein de la salle de classe.

### Résultats relatifs au benzène

A l'intérieur, le benzène peut se retrouver sous forme de traces dans les produits d'aménagement, de construction et d'entretien. A l'extérieur, il est émis par le trafic routier (véhicules à essence) et le chauffage (au bois en particulier). Les concentrations en benzène mesurées dans l'école en juillet 2013 sont présentées ci-après.



Les concentrations observées dans les deux pièces sont inférieures aux différentes valeurs de référence à disposition (valeurs guide, valeur limite de 10 µg/m<sup>3</sup>). La concentration observée dans la salle de classe est plus élevée que dans le hall de l'école.

### Résultats complémentaires par tubes passifs

Les deux pièces ont fait l'objet de mesure par l'intermédiaire de tubes passifs permettant d'évaluer la concentration de 35 composés organiques volatils (COV). Parmi ces COV, 8 ont présenté des résultats inférieurs à la limite de quantification du laboratoire fixée à 0,1 µg/m<sup>3</sup>. Il s'agit du 1,1,1-trichloroéthane, du 2-méthoxyéthanol, de l'isopropyl acétate, du trichloroéthylène, du diméthyldisulfure, du 2-méthoxyéthyl acétate, du tétrachloroéthylène et du cyclohexane.

Les résultats obtenus pour les autres COV sont présentés dans le tableau ci-dessous, par famille de composés, et sont comparés à titre indicatif aux valeurs de référence allemandes à disposition (AGÖF Guidance Values for Volatile Organic Compounds in Indoor Air - 10 October 2008 Edition). Hormis le benzène, les différents composés mesurés ne disposent pas d'une valeur réglementaire en France.

Composés	Hall d'entrée	Salle de classe	Valeurs d'orientation en µg/m <sup>3</sup>
<b>Alcanes</b>			
2-méthylpentane	0,6	0,8	6
3-méthylpentane	0,3	0,3	5
n-hexane	0,4	0,6	10
n-nonane et isomères	3,3	2,7	8
n-undécane et isomères	4,9	5,1	30
n-dodécane et isomères	2,2	2,7	16
n-octane et isomères	3,8	6,0	7
n-heptane et isomères	3,4	4,2	14
n-décane et isomères	2,8	3,6	20
<b>Ethers de glycol</b>			
1-méthoxy-2-propanol	1,8	2,5	-
2-butoxyéthanol	3,1	3,2	18
2-éthoxyéthanol	<b>6,0</b>	<b>6,5</b>	3
<b>Composés Chlorés</b>			
1,4-dichlorobenzène	0,3	0,4	1
<b>Hydrocarbures</b>			
éthylbenzène	0,7	0,7	4
m- + p-xylène	2,2	2,2	-
styrène	0,6	0,7	12
o-xylène	1,0	1,1	-
toluène	1,8	2,3	50
1,2,4,5-tetraméthyl-benzène	2,7	2,2	-
1,2,4-triméthyl-benzène	3,0	3,1	16
<b>Terpènes</b>			
limonène	7,4	4,1	35
alpha-pinène	6	9	95
<b>Autres familles</b>			
éthylterbutyléther	0,3	0,4	-
n-butyl acétate	2,1	4,8	-
2-éthyl-1-hexanol	0,8	1,5	12
n-butanol	5,1	6,2	45
naphtalène	5,4	4,3	
<b>COV totaux</b>	<b>69,2</b>	<b>81,2</b>	<b>300</b>

Parmi les composés mesurés, seul le 2-éthoxyéthanol présente une concentration supérieure à la valeur d'orientation allemande. Ce composé est utilisé dans les produits d'entretien, les laques, les vernis et les fongicides. Bien que la composition précise des produits d'entretien utilisés ne soit pas connue, il semblerait que ce composé soit contenu dans l'un des produits d'entretien utilisé, ce qui expliquerait les concentrations observées. Que ce soit dans la salle de classe ou dans le hall de l'école, les concentrations en composés organiques volatils restent faibles.

## Conclusion et perspectives

La campagne de mesure réalisée dans l'école de Jarville a mis en évidence plusieurs éléments :

- Un niveau de confinement satisfaisant dans la salle de classe,
- Des concentrations en formaldéhyde dans la salle de classe s'élevant respectivement à 54,6 et 56,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les campagnes de juillet et d'octobre, supérieures à la valeur guide de 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,
- Des valeurs faibles pour le benzène et les composés organiques volatils dans les deux pièces hormis pour le 2-éthoxyéthanol dont la concentration dépasse la valeur d'orientation allemande.

Les concentrations observées ne permettent pas d'expliquer la perception d'odeur dans le hall. Au vu des niveaux observés pour le formaldéhyde, il apparaît qu'une source est présente dans la salle de classe. Il peut s'agir d'un matériau, du mobilier ou de produits utilisés spécifiquement dans cette pièce. Il est nécessaire de déterminer l'origine de cette source par la réalisation d'une étude complémentaire spécifique afin de l'éliminer et ainsi conduire à une diminution des niveaux. Il est également conseillé de maintenir un renouvellement d'air suffisant de la pièce.

**Air Lorraine**

**Pôle de Metz : 20 rue Pierre-Simon de Laplace – Technopole Metz – 57070 Metz / Tél, 03 87 74 56 04**

**Mail : [contact@air-lorraine.org](mailto:contact@air-lorraine.org)**

*Aucune utilisation commerciale de ces résultats ou utilisation comme base d'expertise devant des tribunaux ne pourra être réalisée,  
Rédacteur : Bérénice Jenneson      Vérificateurs : Alexandre Ockler      Approbateur : Alexandre Ockler*