

“L'air est **essentiel à chacun**
et mérite **l'attention de tous.**”

Etude 2012

Mesures de la qualité de l'air dans les locaux de l'école Jules Isaac à Rennes

Du 04/06/12 au 08/06/12 – V1



ORGANISME
DE MESURE, D'ÉTUDE
ET D'INFORMATION SUR
LA QUALITÉ DE L'AIR
EN BRETAGNE



Air Breizh
3 rue du Bosphore - Tour ALMA 8^{ème} étage - 35200 Rennes
Tél : 02 23 20 90 90 – Fax : 02 23 20 90 95

www.airbreizh.asso.fr

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'ÉCOLE JULES ISAAC

Etude réalisée par Air Breizh
avec la participation des services Santé Environnement
et Bâtiments Communaux, de la ville de Rennes

Diffusion

Air Breizh, en tant qu'organisme agréé pour la surveillance de la qualité de l'air, a pour obligation de communiquer ses résultats. Toutes ses publications sont accessibles sur www.airbreizh.asso.fr, dans la rubrique téléchargement.

Avertissement

Les informations contenues dans ce rapport traduisent la mesure d'un ensemble d'éléments à un instant donné, caractérisé par des conditions climatiques propres.

Air Breizh ne saurait être tenu pour responsable des évènements pouvant résulter de l'interprétation et/ou de l'utilisation des informations faites par un tiers.

Ce rapport d'étude est la propriété d'Air Breizh. Il ne peut être reproduit, en tout ou partie, sans son autorisation écrite. **Toute utilisation de ce rapport et/ou de ces données doit faire référence à Air Breizh.**

Remerciement

Air Breizh remercie M. Jourdren et Mme Ralaivao du service Santé Environnement, M. Dinahet et Mme Léger du service Bâtiments Communaux ainsi que l'ensemble de l'équipe de l'école Jules Isaac, pour leur collaboration.

Contribution

Service Etudes	Validation
Luiguy CORDETTE Cyprien LECLAIR	Magali CORRON

Sommaire

Glossaire	3
I. Introduction	4
II. Présentation d'Air Breizh	5
III. Polluants étudiés	5
III.1. Benzène et formaldéhyde	5
III.2. Monoxyde et dioxyde de carbone	6
III.2.1. Monoxyde de carbone	6
III.2.2. Dioxyde de carbone	7
IV. Matériel et Méthode	7
IV.1. Métrologie	7
IV.2. Localisation des prélèvements	8
IV.3. Déroulement de la campagne	9
V. Résultats	9
V.1. Qualité des mesures	9
V.2. Le formaldéhyde et le Benzène	9
V.2.1. Le formaldéhyde	9
V.2.2. Le Benzène	11
V.3. Monoxyde et dioxyde de carbone et paramètres de confort	12
V.3.1. Monoxyde de carbone	12
V.3.2. Dioxyde de carbone	12
V.3.3. Evaluation du confinement à partir de la concentration en dioxyde de carbone	13
V.3.4. Paramètres de confort	14
VI. Conclusion	15
Bibliographie	16

Glossaire

AASQA	Association Agréée pour la Surveillance de la Qualité de l'Air
AFSSET	Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail
ASPA	Association pour la Surveillance et l'Etude de la Pollution Atmosphérique en Alsace
CIRC	Centre International de Recherche sur le Cancer
COV	Composés Organiques Volatils
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
hPa	Hecto Pascal
HCSP	Haut Conseil en Santé Publique
HR(%)	Humidité Relative, en pourcentage
INERIS	Institut National de l'environnement industriel et des risques
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles
LCSQA	Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	microgramme par mètre cube
mg/m^3	milligramme par mètre cube
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health (USA)
NO_2	Dioxyde d'azote
O_2	Dioxygène
OMS	Organisation Mondiale pour la Santé
OQAI	Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur
ppm	partie par million (unité de mesure des concentrations de polluants)
T(°C)	Température, en degré Celsius
VGAI	Valeur Guide de qualité de l'Air Intérieur définie par l'AFSSET
VLCT	Valeur limite indicative d'exposition à court terme (15 min.)
VME	Valeur limite indicative de moyenne d'exposition pondérée (8h/j. soit 40h/sem.)
VTR	Valeur Toxicologique de Référence, indice qui est établi à partir de la relation entre une dose externe d'exposition à une substance dangereuse et la survenue d'un effet néfaste.

I. Introduction

Une première étude réalisée en 2009/2010, au sein de cinq écoles rennaises, avait révélé des concentrations anormalement élevées en formaldéhyde dans l'école Jules ISAAC. Afin de diminuer la concentration moyenne en formaldéhyde, la ville avait entrepris diverses actions correctives (travaux sur faux plafonds, arrêt d'utilisation de certains produits ménagers...). Par la suite, pour déterminer l'impact de ces actions sur la concentration moyenne de polluants mesurée dans cette école, une campagne de mesure a été menée en avril 2011. Ces concentrations bien qu'inférieures à celles de l'année précédente, restaient toutefois supérieures au seuil des $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fixé par la réglementation.

A la suite de cette campagne, une VMC avait été installée dans la salle de classe sujette à ces fortes concentrations, des travaux de désamiantage et peintures avaient aussi été réalisés. Cette campagne de mesure a été menée en juin 2012 dans l'école Jules ISAAC, afin de vérifier si les niveaux de formaldéhyde ont diminué.

Cette campagne de mesure n'est pas une étude sanitaire, il s'agit d'une campagne de mesure des niveaux rencontrés dans les locaux, d'une vérification des seuils réglementaires lorsqu'ils existent et d'une comparaison avec les valeurs guides de l'OMS.

La qualité de l'air intérieur est importante dans la mesure où nous passons 80 à 90 % de notre temps dans des lieux clos : habitation, lieu de travail, moyens de transport, école, dans lesquels nous respirons un air différent de l'air extérieur. A la pollution provenant de l'extérieur, s'ajoutent des polluants issus de trois principales sources : les appareils à combustion (monoxyde de carbone, dioxyde d'azote), les constituants du bâtiment, incluant les équipements et mobiliers (plomb des peintures, formaldéhyde, composés organiques volatils, fibres de toutes sortes) et l'activité humaine (produits ménagers, bricolage, acariens, moisissures, etc...)

Selon l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), les aldéhydes, les BTEX, et plus particulièrement le formaldéhyde et le benzène, font partie des premières substances d'intérêt en termes de hiérarchisation sanitaire. Ils font partie du groupe des composés «hautement prioritaires».

II. Présentation d'Air Breizh

La surveillance de la qualité de l'air est assurée en France par des associations agréées régionales, constituant le dispositif national représenté par la Fédération ATMO France.

En Bretagne, cette surveillance est assurée par Air Breizh, depuis 1986.

Les missions réglementaires d'Air Breizh sont :

- Surveiller les polluants urbains nocifs (SO₂, NO₂, CO, O₃, Métaux lourds, HAP, BTEX, PM10 et PM2,5) dans l'air ambiant,
- Informer la population, les services de l'Etat, les élus, les industriels..., notamment en cas de pic de pollution. Diffuser quotidiennement l'indice ATMO, sensibiliser et éditer des supports d'information,
- Etudier l'évolution de la qualité de l'air au fil des ans et vérifier la conformité des résultats par rapport à la réglementation. Apporter son expertise sur des problèmes de pollutions spécifiques, réaliser des campagnes de mesures à l'aide de moyens mobiles.

III. Polluants étudiés

III.1. Benzène et formaldéhyde ^{[1] [2]}

Les composés organiques volatils (COV) sont des composés contenant au moins un élément carbone et un ou plusieurs autres éléments (hydrogène, halogène, oxygène, soufre, phosphore, silicium ou azote, à l'exception des oxydes de carbone et des carbonates et bicarbonates inorganiques) et qui possèdent une pression de vapeur de 0,01 kPa ou plus, à une température de 293,15 K, ou une volatilité correspondante, dans les conditions particulières d'utilisation (Définitions de la Directive 1999/13/CE du 11 mars 1999).

Le Benzène, ainsi que le Formaldéhyde font partie de ces composés organiques volatils. Ils sont présents dans les carburants, les peintures, les encres, les colles, les détachants, les cosmétiques et les solvants. Leurs principales émissions trouvent leurs sources dans le transport et l'industrie ^[2].

Les effets des COV sur la santé sont multiples, ils peuvent causer des gênes olfactives, des irritations de la peau, des yeux et du système respiratoire et aussi entraîner une baisse des capacités respiratoires, des troubles cardiaques, digestifs, rénaux ou nerveux. Le benzène, considéré comme un composé aromatique des plus toxiques, est connu pour ses effets mutagènes et cancérigènes. Il est le seul à faire l'objet d'une réglementation dans l'air extérieur. Sur l'environnement, les COV qui sont des composés très réactifs, jouent un rôle de précurseur de formation de l'ozone troposphérique avec les oxydes d'azote et certains sont aussi des gaz à effet de serre.

Nom	Catégorie	Valeurs réglementaires		Impact sur la santé	Sources
		France	Autres		
Formaldéhyde (ou méthanal)	Aldéhyde	AFSSET (VGAI) : 50 µg/m ³ sur 2 heures (exposition court terme) 10 µg/m ³ en exposition chronique (exposition à long terme) Ministère du travail : VME 625 µg/m ³ VLCT 1250 µg/m ³	OMS : 100 µg/m ³ sur 30 min dans l'air ambiant NIOSH (USA) : VME 0,016 ppm (366 µg/m ³) VLCT 0,1ppm (122 µg/m ³)	Problèmes respiratoires aigus, cancérigène chez l'homme (CIRC : Groupe 1)	Panneaux de particules, panneaux de fibres, panneaux de bois brut, livres et magazines neufs, peintures à phase solvant, cosmétiques, parfums, cigarettes, photocopieurs

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'ÉCOLE JULES ISAAC

Benzène	Hydrocarbure	<p>AFSSET (VGAI) :</p> <p>30 µg/m³ pour une exposition de 1 à 14 jours</p> <p>20 µg/m³ pour une exposition de 14 jours à un an</p> <p>10 µg/m³ pour une exposition supérieure à un an</p> <p>0,2 µg/m³ pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10⁻⁶</p> <p>2 µg/m³ pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10⁻⁵</p> <p>Ministère du travail :</p> <p>VME 3,25 mg/m³</p>	<p>OMS :</p> <p>120 µg/m³ sur 24 h</p> <p>17 µg/m³ pour un excès de risque vie entière de 10⁻⁴</p> <p>1,7 µg/m³ pour un excès de risque vie entière de 10⁻⁵</p> <p>0,17 µg/m³ pour un excès de risque vie entière de 10⁻⁶</p>	<p>Neurologiques et Immunologiques, leucémie, cancérigène chez l'homme (CIRC : Groupe 1)</p>	<p>Combustion, vapeurs d'essence, fumée de tabac, produits de bricolage et d'ameublement, produits de construction et de décoration, combustion d'encens</p>
---------	--------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Valeurs de références et sources d'émissions des composés organiques volatils

VME : Il s'agit de la valeur limite indicative de moyenne exposition pondérée (8h/j soit 40h/semaine)

VLCT : Il s'agit de la valeur limite indicative d'exposition à court terme (≤15 min)

VGAI : Il s'agit des Valeurs Guides de qualité de l'Air Intérieur, définies par l'AFSSET

Pour le **formaldéhyde et le benzène**, le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) propose trois valeurs repères de qualité d'air intérieur pour la mise en place d'actions^{[3][4]}:

Formaldéhyde	Benzène	Actions à mettre en œuvre
< 30 µg/m ³	< 2 µg/m ³	Valeurs satisfaisantes, pas d'action particulière mise en place
Entre 30 et 50 µg/m ³	Entre 2 et 5 µg/m ³	Actions d'amélioration de la situation et de sensibilisation du personnel, laissées à l'initiative du Directeur d'établissement et du Maire
Entre 50 et 100 µg/m ³	Entre 5 et 10 µg/m ³	Investigations supplémentaires fortement recommandées. Identification des sources et engagement rapide d'actions d'amélioration de la situation
> 100 µg/m ³	> 10 µg/m ³	Diagnostic approfondi des sources afin de fournir au Directeur d'établissement et au Maire des préconisations de travaux et/ou de réorganisation des activités

III.2. Monoxyde et dioxyde de carbone

III.2.1. Monoxyde de carbone

Le monoxyde de carbone est un gaz inodore, incolore et inflammable. Il est émis lors de la combustion incomplète de matières organiques (gaz, charbon, carburants...), la combustion complète produisant du dioxyde de carbone. Le monoxyde de carbone se fixe sur l'hémoglobine du sang, avec une affinité 200 fois supérieure à celle de l'oxygène. Les organes les plus sensibles à cette diminution de l'oxygénation sont le

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'ÉCOLE JULES ISAAC

cerveau et le cœur. L'inhalation de CO entraîne des maux de tête et des vertiges. Nausées et vomissements apparaissent à forte concentration. En cas d'exposition à des niveaux élevés en milieu confiné, ce polluant peut avoir un effet asphyxiant mortel.

Les recommandations de l'OMS et de l'AFSSET indiquent comme valeurs guides des concentrations de 100 mg/m³ sur 15 minutes, 60 mg/m³ sur 30 minutes, 30 mg/m³ sur 1 heure, 10 mg/m³ sur 8 heures.

III.2.2. Dioxyde de carbone

Dans les bâtiments, les émissions de dioxyde de carbone sont dues à la respiration des occupants. Lors de l'inspiration, l'air pénètre dans les poumons ; le dioxygène (O₂) passe au travers des parois des alvéoles et se fixe sur les hématies (globules rouges). Le sang oxygéné est transporté par les artères grâce à l'action du cœur (circulation sanguine) et est acheminé vers les différents organes où se produit la respiration cellulaire. Le dioxygène est utilisé pour une réaction d'oxydo-réduction visant à fournir de l'énergie à la cellule. Cette réaction produit du dioxyde de carbone (CO₂) qui, dissout dans le plasma, est acheminé vers les poumons via les veines puis expulsé à l'expiration.

Contrairement au formaldéhyde, le dioxyde de carbone (CO₂) ne présente pas de toxicité pour l'homme aux concentrations observées dans les atmosphères intérieures et extérieures. Il est utilisé comme un indicateur du confinement des bâtiments. Plus l'air est confiné, plus le niveau de CO₂ est élevé et moins bonne devrait être la qualité de l'air dans la pièce. En 2001, une étude du Laboratoire d'Hygiène et de Santé Publique de la faculté de Pharmacie de Paris V et du Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris ^[5] a permis de montrer que les concentrations de polluants augmentent significativement avec le niveau moyen de CO₂ (à l'exception du formaldéhyde).

Concernant le CO₂, le règlement sanitaire départemental type (RSD) impose de ne pas dépasser la concentration de 1300 ppm, dans les locaux où il est interdit de fumer.

IV. Matériel et Méthode

IV.1. Métrologie

a. Benzène et formaldéhyde

La méthodologie proposée s'appuie sur les préconisations de la norme NF ISO 16000-2 relative à la stratégie d'échantillonnage pour l'analyse du formaldéhyde dans l'air intérieur.

Pour la mesure des composés organiques volatils, la technique de l'échantillonnage passif par tubes à diffusion est utilisée. Cette méthode de mesure ne nécessitant pas d'alimentation électrique et peu d'entretien, permet de déterminer la concentration de nombreux composés.

Le principe de la mesure est de piéger chimiquement les composés à l'intérieur de la cartouche. Celle-ci est ensuite analysée en laboratoire et fournit une concentration moyenne sur l'ensemble de la période d'exposition. En revanche, ces outils ne permettent pas de connaître l'évolution temporelle des niveaux de pollution des composés, durant la période d'échantillonnage.

Afin d'assurer une durée de prélèvement suffisante, les tubes sont installés le lundi et retirés le vendredi suivant.



Prélèvement passif dans une salle de classe

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'ÉCOLE JULES ISAAC

b. Monoxyde et dioxyde de carbone et paramètres de confort

L'utilisation d'un analyseur automatique permet le suivi en continu (mesure chaque minute) de 4 paramètres : la température, l'humidité, le CO et le CO₂.

L'estimation du renouvellement d'air est basée sur le suivi des concentrations en CO₂ d'origine métabolique, c'est-à-dire dû à la présence des enfants et des adultes dans la classe.

Afin d'assurer une bonne représentativité des mesures, une période d'échantillonnage de 5 jours a été retenue (installation d'un analyseur le lundi matin et récupération vendredi après le départ des élèves).



Analyseur

IV.2. Localisation des prélèvements

a. Choix des sites

Dans le cadre de cette étude, seule une salle de classe de l'établissement scolaire Jules Isaac a fait l'objet de mesures. Cette classe présentait des concentrations élevées lors de la campagne effectuée en 2009/2010. Elle était en fonctionnement normal durant la période d'échantillonnage, des élèves et du mobilier étaient présents.

Fin 2011, elle a fait l'objet de travaux de désamiantage, de changement de peintures aux murs. Par ailleurs, une VMC a été installée, mais celle-ci n'était pas encore en fonctionnement lors de cette campagne de mesures.

b. Choix de l'emplacement du prélèvement dans la salle

La localisation des prélèvements respecte les préconisations des protocoles de surveillance du formaldéhyde, du benzène et du monoxyde de carbone dans l'air des lieux clos, ouverts au public (Décembre 2008), élaborés par le LCSQA, en partenariat avec le CSTB.

Le point de prélèvement est donc représentatif de l'exposition moyenne. Il est éloigné des courants d'air, des zones proches des portes et fenêtres, des sources de chaleur et des sources d'émissions.



Localisation des prélèvements

IV.3. Déroulement de la campagne

Une campagne de mesure a été menée du **4 au 8 juin 2012**.

La classe étudiée a été équipée :

- de tubes à diffusion passive,
- d'un analyseur permettant le suivi en continu des concentrations en CO₂ (+ CO, T°, Humidité relative).

V. Résultats

V.1. Qualité des mesures

Les résultats sont donnés pour une température de 20°C et une pression de 1013 hPa. Les concentrations obtenues sont exprimées en µg/m³.

Des prélèvements intérieurs ont été effectués en doublon, afin de valider les résultats et de vérifier la répétabilité des mesures.

Des blancs de terrain ont suivi le même parcours que les tubes exposés, à l'exception du prélèvement et sont donc témoins d'éventuelles contaminations durant le stockage et le transport. Les valeurs des blancs (faibles par rapport aux quantités prélevées dans les échantillons) ont été retranchées aux échantillons.

V.2. Le formaldéhyde et le Benzène

V.2.1. Le formaldéhyde

a. Résultats des mesures de formaldéhyde

A la suite de cette campagne, la concentration moyenne en formaldéhyde est de 41,5 µg/m³.

La concentration mesurée en formaldéhyde, dépasse la valeur guide pour une exposition à long terme fixée à 10 µg/m³ par l'AFSSET.

La valeur repère de 30 µg/m³ du HCSP, qui préconise, dans ce cas, d'aérer les locaux et de choisir du mobilier faiblement émissif, est aussi dépassée dans la salle de classe lors de cette campagne.

Cependant, la concentration moyenne mesurée ne dépasse pas la valeur guide de 50 µg/m³ de l'AFSSET pour une exposition sur deux heures.

b. Comparaison avec les premières campagnes de mesure réalisées à J.ISAAC (2009/2010 et 2011)

Le tableau suivant présente les concentrations moyennes en formaldéhyde et les températures moyennes dans la salle occupée, lors de la première campagne de mesure en 2009/2010 (en été et en hiver), lors de la deuxième campagne d'avril 2011 et celle de juin 2012.

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'ÉCOLE JULES ISAAC

Salle occupée	En juin 2009	En janvier 2010	En avril 2011	En juin 2012
Concentration en formaldéhyde $\mu\text{g}/\text{m}^3$	71,5	41,1	37,9	41,5
Température moyenne en $^{\circ}\text{C}$	22,3	19,0	21,6	22,4

Concentrations en formaldéhyde et températures moyennes pour les campagnes de mesure

Les campagnes réalisées en juin 2009, 2011 et 2012 se situent à des périodes où les températures sont relativement similaires. On ne remarque pas de différence significative entre leurs concentrations moyennes en formaldéhyde entre 2011 et 2012. Les mesures mises en place après la campagne de 2011 ne semblent pas avoir eu d'impact notable sur la concentration en formaldéhyde. En revanche, on remarque qu'entre la campagne de juin 2009 et celles de 2011 et 2012, pour des températures similaires, la concentration moyenne en formaldéhyde a considérablement diminué, les travaux effectués fin 2010 tenant un rôle majeur dans cette diminution.

Des expériences ont montré que pour une variation de 10°C de la température, les émissions de formaldéhyde augmentaient de 2 à 3,5 fois^[6]. La campagne de 2010 étant réalisée en période hivernale, il serait plus judicieux de comparer ces résultats avec une autre campagne hivernale, afin de limiter l'influence de la température sur la concentration moyenne de formaldéhyde.

c. Comparaison avec d'autres études réalisées dans des établissements scolaires français

Etude	Etablissements investigués	Répartition des concentrations en Formaldéhyde				
		de 0 à <10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	de 10 à <30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	de 30 à <50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	de 50 à <100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	> 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Campagne Air Breizh Agglomération de Rennes 2007-2008	4	-	75 %	25 %	-	-
Campagne Air Breizh Agglomération de Rennes 2009-2010	5	25 %	75 %	-	-	-
Campagne Nationale de mesures de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et les crèches (2009 - 2011)	300	19,6%	68,2%	10,3%	1,9%	-
Ecole Jules ISAAC	4 campagnes de 2009 à 2012	-	-	<ul style="list-style-type: none"> Janvier 2010 Avril 2011 Juin 2012 	Juin 2009	-

Comparaison des concentrations en formaldéhyde entre la campagne nationale et la campagne J.ISAAC 2012

La concentration mesurée à J.ISAAC en 2012 ($41,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est supérieure à celles que l'on retrouve généralement dans les écoles et crèches étudiées depuis 2007, sur l'agglomération rennaise^{[7][8]}.

Une comparaison avec la campagne nationale, menée sur 300 établissements en France, montre que l'école Jules Isaac fait partie des 12,2 % des établissements ayant des concentrations en formaldéhyde supérieures à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'ÉCOLE JULES ISAAC

V.2.2. Le Benzène

Durant la première campagne de mesure de 2009/2010, seules les concentrations en aldéhydes avaient été mesurées, tandis que lors des campagnes d'avril 2011 et de juin 2012, la mesure des concentrations moyennes en benzène avait été effectuée. Au cours de cette campagne de juin 2012, la concentration moyenne en benzène a atteint $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dans le tableau suivant, sont présentées la concentration moyenne en Benzène, mesurée lors du prélèvement dans la salle de classe, ainsi que les valeurs réglementaires fixées.

Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Campagne d'avril 2011	Campagne de juin 2012	Valeurs réglementaires	Valeur guide
Benzène	1,5	3,4	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI entre 1 et 14 jours)	$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (exposition vie entière)

Concentrations en Benzène

Pour le benzène, la VGAI à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de 1 à 14 jours est largement respectée. En revanche, la VGAI fixée à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pour une exposition vie entière, est dépassée en juin 2012. Dans ce cas, il est préconisé de mettre en œuvre des actions d'amélioration de la situation, et de la sensibilisation du personnel, laissées à l'initiative du directeur d'établissement et du maire.

La concentration moyenne en benzène mesurée lors de la campagne de juin 2012 ($3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), est nettement plus élevée que celle mesurée lors de la campagne de 2011 ($1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), qui ne dépassait pas la valeur guide pour une exposition vie entière ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Lors de la campagne de 2011, deux autres salles de classe avaient fait l'objet de mesures, et les concentrations moyennes en benzène mesurées dans ces salles ($1,6$ et $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ne dépassaient pas non plus la valeur guide pour une exposition vie entière.

Etude	Etablissements investigués	Répartition des concentrations en Benzène			
		de 0 à $<2 \mu\text{g}/\text{m}^3$	de 2 à $<5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	de 5 à $<10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$> 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Campagne Nationale de mesures de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et les crèches (2009 - 2011)	300	35,7%	63,3%	0,9%	0,1%
Ecole Jules ISAAC	2 campagnes 2011 et 2012	Avril 2011	Juin 2012	-	-

Comparaison des concentrations en benzène entre la campagne nationale et la campagne J.ISAAC 2012

La concentration moyenne en benzène mesurée durant la campagne de juin 2012 est située dans le même intervalle de concentration (de 2 à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) que la majorité des classes investiguées (63,3 %) lors de la campagne nationale de la qualité de l'air intérieur. Des concentrations en benzène dépassant la VGAI, fixée à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sont donc fréquemment rencontrées dans les écoles en France.

V.3. Monoxyde et dioxyde de carbone et paramètres de confort

L'étude des paramètres de confort n'a pu être menée que sur une période de deux jours. Ceci étant dû à l'arrêt de fonctionnement de l'appareil de prélèvement durant une partie de la période d'échantillonnage.

V.3.1. Monoxyde de carbone

Dans le tableau suivant, sont présentés les résultats concernant le monoxyde de carbone :

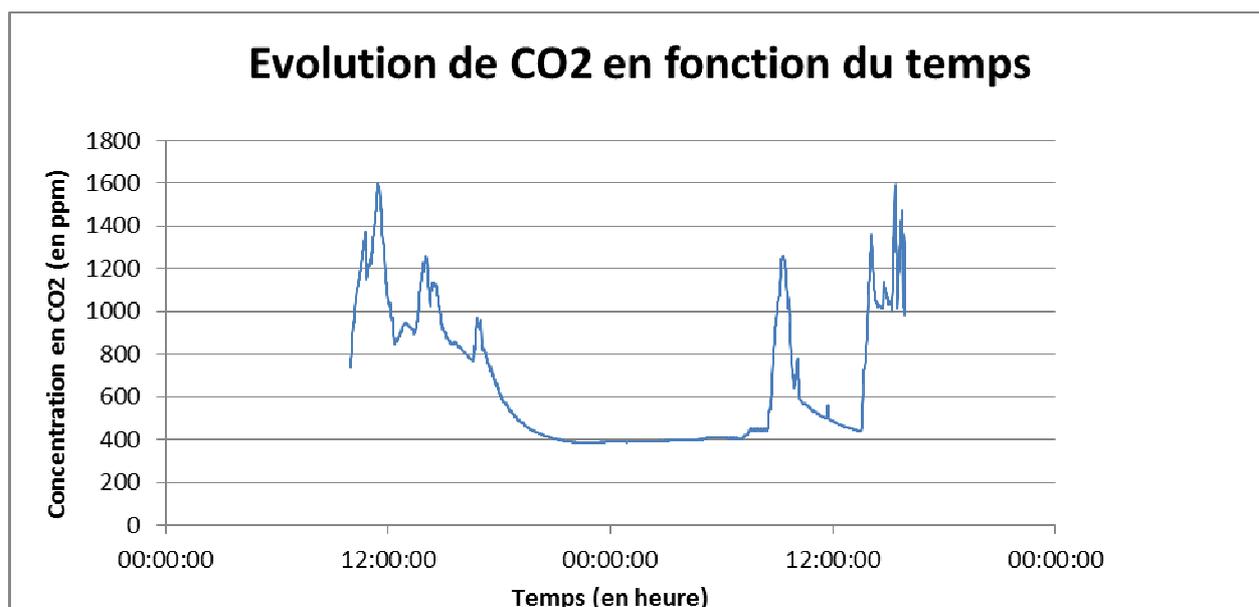
<i>Monoxyde de Carbone</i> (en mg/m ³)	Moyenne	Médiane	Maximum	Minimum	Valeur réglementaire
Salle de classe	0,1	0,1	0,6	0	100 mg/m ³ (AFSSET)

Concentrations en monoxyde de carbone

La moyenne de la concentration mesurée dans la salle de classe lors de la campagne de mesure est très inférieure à la valeur guide de 100 mg/m³ de l'AFSSET, ainsi qu'aux différentes valeurs de recommandation de l'OMS (100 mg/m³ sur 15 minutes, 60 mg/m³ sur 30 minutes, 30 mg/m³ sur 1 heure, 10 mg/m³ sur 8 heures).

V.3.2. Dioxyde de carbone

Au cours des deux jours d'échantillonnage, les concentrations en dioxyde de carbone sont bien corrélées avec le degré d'occupation des pièces. On observe l'augmentation de la concentration en CO₂ avec la présence des enfants dans la salle, puis des variations correspondant à l'entrée et la sortie des enfants, et également à l'ouverture et la fermeture des ouvrants (portes et fenêtres). En fin de journée, on observe une décroissance de la concentration en CO₂ due au départ des occupants. Dans la soirée, cette décroissance est suivie par un état stationnaire, correspondant au niveau de fond de la concentration en CO₂ (entre 300 et 400 ppm).



Evolution de la concentration en dioxyde de carbone lors de la campagne de mesure

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'ÉCOLE JULES ISAAC

Le Règlement Sanitaire Départemental de 1300 ppm a été dépassé cinq fois dans cette salle de classe lors de la campagne (environ 3 % du temps total de prélèvement), avec un maximum de 1600 ppm atteint le lundi matin et le mardi après-midi.

D'après les autres études réalisées par AirBreizh dans des écoles primaires, le dépassement de ce seuil est très courant dans les salles de classe occupées (entre 5 % et 57 % du temps lorsque les enfants sont présents en classe).

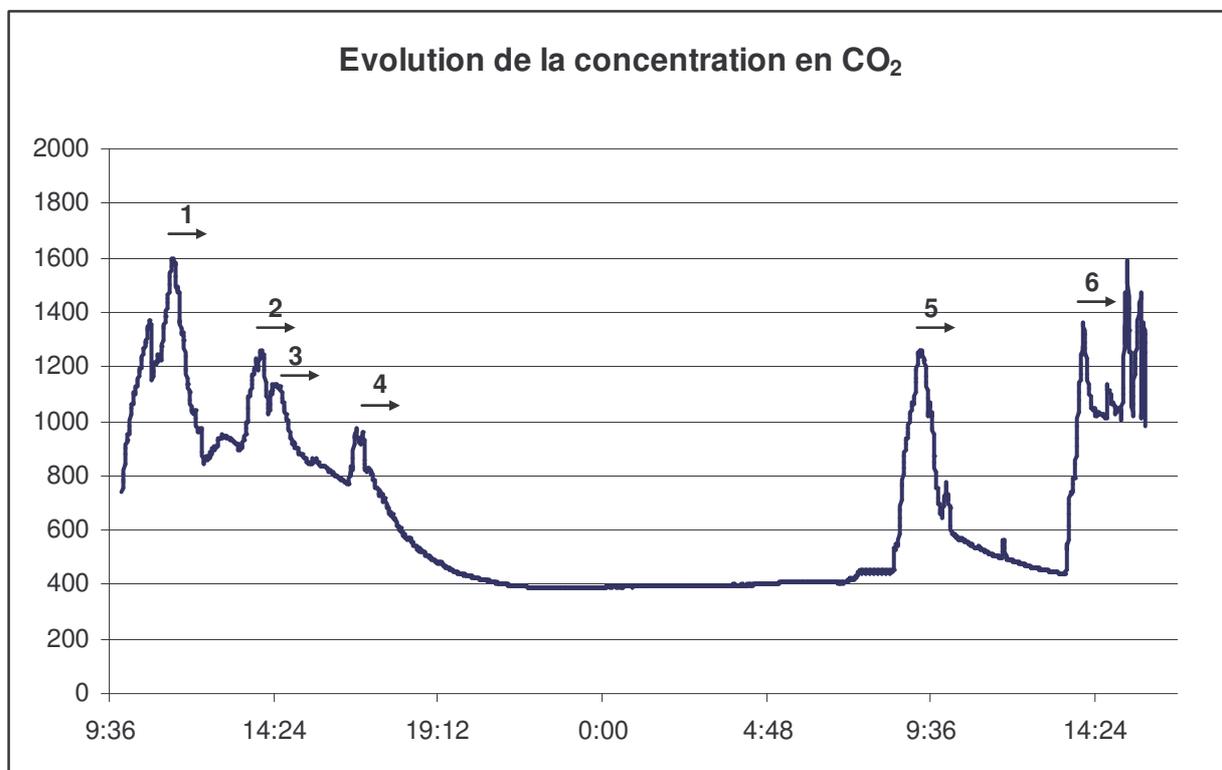
V.3.3. Evaluation du confinement à partir de la concentration en dioxyde de carbone

A partir des concentrations précédemment obtenues, on peut calculer le taux de renouvellement d'air pour cette salle de classe. Pour ce faire, les phases de décroissance de la concentration en CO₂ sont utilisées. On applique la loi de décroissance des concentrations en fonction du temps :

$$(C_{\text{int}(t)} - C_{\text{ext}}) / (C_{\text{int}(0)} - C_{\text{ext}}) = e^{(-Nt)}$$

Avec : $C_{\text{int}(t)}$ est la concentration intérieure de CO₂ à l'instant t
 C_{ext} est la concentration de CO₂ à l'extérieur, soit la concentration minimum
N est le taux de renouvellement d'air du local (vol/h).

Ces décroissances exploitées vont conduire à des courbes pour déterminer le taux de renouvellement d'air, pour des périodes de non occupation de la salle de classe. L'ensemble des phases de décroissance est repéré par un numéro sur le graphique d'évolution des concentrations en CO₂.



Evolution des concentrations et phases de décroissance du CO₂

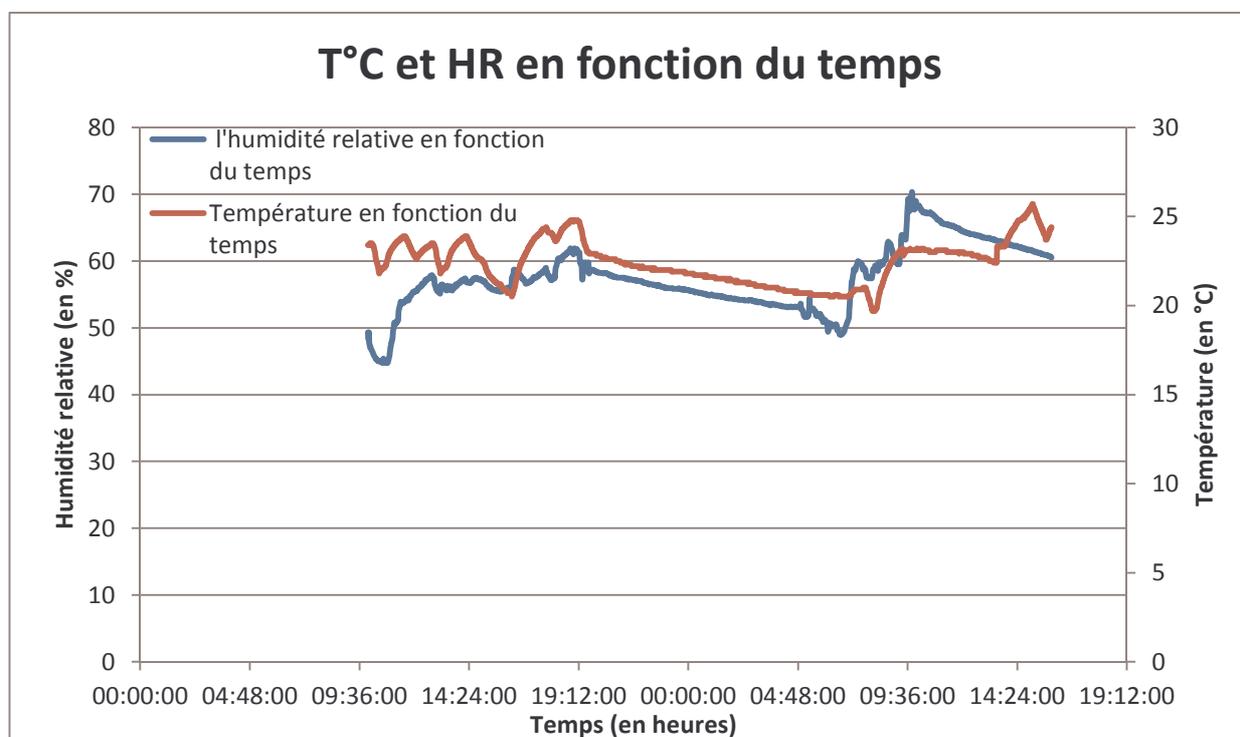
MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'ÉCOLE JULES ISAAC

A partir des phases de décroissance de concentration de CO₂ (notées de 1 à 6), les taux de renouvellement d'air (N), ont été calculés dans cette salle pour les deux jours de prélèvements. Ils sont compris entre 0,37 et 1,22 vol/h. Les taux de renouvellement, qui sont inférieurs ou proches de 1 vol/h, traduisent un confinement important dans cette salle de classe, ce qui semble cohérent avec le non-fonctionnement de la VMC, lors de la campagne d'étude.

Une meilleure aération de la salle de classe contribuerait à augmenter le taux de renouvellement d'air et ainsi à limiter l'accumulation de polluants.

V.3.4. Paramètres de confort

La température T(°C) et l'humidité relative HR (%) sont les principaux paramètres de confort, elles peuvent notamment être à l'origine de l'apparition d'acariens ou de moisissures qui peuvent à leur tour avoir un impact sur la santé et sur le ressenti des occupants. D'après l'OQAI, l'humidité relative doit être comprise entre 40 et 70% et la température entre 18 et 22°C, pour un confort optimum.



Evolution de la température et de l'humidité relative dans la salle de classe

La température oscille entre 19,7 et 25,7°C, avec le maximum atteint le mardi après-midi. Les variations de température interviennent aux périodes d'entrées et sorties, et une période de décroissance est observée durant la nuit de lundi à mardi.

L'humidité relative minimale observée est de 44,7 %, et la valeur maximale atteinte est de 70,3 %. Cette humidité relative évolue principalement entre 50 et 70 %, elle est donc comprise entre les bornes de confort optimum, lors de ces deux jours de mesures.

VI. Conclusion

Les mesures réalisées au cours de cette campagne d'étude ont permis de confirmer la diminution des concentrations en formaldéhyde déjà observée pendant la campagne de mesure de 2011.

La concentration moyenne mesurée en formaldéhyde, dans la salle de classe étudiée, dépasse la valeur guide pour une exposition à long terme fixée à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par l'AFSSET, ainsi que la valeur repère de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ du HCSP, qui préconise, dans ce cas, notamment d'aérer les locaux et de choisir du mobilier faiblement émissif.

Les actions mises en place par la Ville de Rennes, fin 2011, n'ont pas eu d'impact significatif sur la réduction des émissions de formaldéhyde. Il aurait été préférable que la VMC installée suite à la campagne précédente, soit en fonctionnement lors de cette campagne, la ventilation étant un facteur important pour le bon renouvellement de l'air, et donc pour la diminution des concentrations de polluants tels que le formaldéhyde.

Pour le benzène, la VGAI à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de 1 à 14 jours est largement respectée. La VGAI à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition vie entière est, quant à elle, dépassée.

Bibliographie

[1] INRS – Fiches Toxicologiques benzène et formaldéhyde

[2] AFSSET – Valeurs guides de qualité d'air intérieur – Document cadre et éléments méthodologiques – Juillet 2007

[3] HCSP – VALEURS REPERES D'AIDE A LA GESTION DANS L'AIR DES ESPACES CLOS – Le formaldéhyde – Octobre 2009

[4] HCSP – VALEURS REPERES D'AIDE A LA GESTION DANS L'AIR DES ESPACES CLOS – Le benzène – Juin 2010

[5] MOSQUERON L., NEDELLEC V. – Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments - Actualisation des données sur la période 2001-2004 – Rapport OQAI - Paris – 2004 – 61 p.

[6] National laboratory of berkeley – Effect of temperature and humidity on formaldehyde emissions in temporary housing units – April 2010

[7] AIR BREIZH - Qualité de l'air intérieur en milieu scolaire à Rennes Métropole – J. Moulin, J. Zay, R. Doisneau, Groupe scolaire des Landes – Avril 2009

[8] AIR BREIZH - Qualité de l'air intérieur en milieu scolaire à Rennes 2010 – S. Delaunay, J. Isaac, Quineleu, J. Moulin, R. Doisneau – Juillet 2010