

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

Etude 2011

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

Du 11/04/11 au 15/04/11 – 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
Antonin MAHEVAS Cyprien LECLAIR	Magali CORRON

Sommaire

Sommaire	2
Glossaire	3
I. Introduction	4
II. Présentation d'Air Breizh	5
III. Polluants étudiés	5
III.1. BTEX et formaldéhyde [1][2]	5
III.2. Monoxyde et dioxyde de carbone	7
III.2.1. Monoxyde de carbone	7
III.2.2. Dioxyde de carbone	7
IV. Matériel et Méthode	8
IV.1. Métrologie	8
IV.2. Localisation des prélèvements	8
IV.3. Déroulement de la campagne	9
V. Résultats	10
V.1. Qualité des mesures	10
V.2. Le formaldéhyde et les BTEX	10
V.2.1. Le formaldéhyde	10
V.2.2. Les BTEX	12
V.3. Monoxyde et dioxyde de carbone	14
V.3.1. Monoxyde de carbone	14
V.3.2. Dioxyde de carbone	14
V.3.3. Paramètres de confort	15
VI. Conclusion	16
Bibliographie	17

Glossaire

AASQA	Association Agrée 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

Au cours de cette campagne de mesure, des prélèvements dans les locaux de l'école Jules Isaac ont été réalisés du 11 au 15 avril 2011. Une précédente campagne de mesures réalisée en 2009-2010 avait mis en évidence des concentrations en formaldéhyde relativement importantes, la ville de Rennes avait donc mis en place une action afin de faire diminuer ces concentrations (arrêt de l'utilisation d'un produit ménagé). Diverses sources potentielles (comme le mobilier et le faux plafond) ont ensuite été supprimées de certaines classes. L'objectif de cette étude est donc de déterminer si ces différentes actions ont eu un impact sur les concentrations.

Cette campagne de mesures 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 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. BTEX 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 possède 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).

Les BTEX (Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes) 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>
Toluène	Hydrocarbure	<p>Ministère du travail :</p> <p>VME 192 mg/m³</p> <p>VLCT 384 mg/m³</p>	<p>OMS :</p> <p>260 µg/m³ (7j)</p> <p>Allemagne :</p> <p>Guideline value I : 300 µg/m³ (7j)</p> <p>Guideline value II : 3000 µg/m³ (7j)</p>	<p>Irritation des voies respiratoires, maux de tête, atteintes neurologiques</p>	<p>Peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, calfatage siliconé, vapeurs d'essence</p>
Ethylbenzène	Hydrocarbure	<p>Ministère du travail :</p> <p>VME 88,4 mg/m³</p> <p>VLCT 442 mg/m³</p>	<p>OMS :</p> <p>22000 µg/m³ (moyenne annuelle)</p>	<p>Irritation des yeux, de la peau et des voies respiratoires</p>	<p>Carburant, cires</p>
o-Xylène	Hydrocarbure	<p>Ministère du travail :</p> <p>VME 221 mg/m³</p> <p>VLCT 442 mg/m³</p>	<p>OMS :</p> <p>4800 µg/m³ sur 24 h</p> <p>Europe :</p> <p>221 mg/m³ sur 8h/j ou 40h/semaine</p> <p>442 mg/m³ à court terme</p>	<p>Atteintes neurologiques</p>	<p>Peintures, vernis, colles, insecticides</p>
m-+p-Xylène	Hydrocarbure	<p>Ministère du travail :</p> <p>VME 221 mg/m³</p> <p>VLCT 442 mg/m³</p>	<p>OMS :</p> <p>4800 µg/m³ sur 24 h</p> <p>Europe :</p> <p>221 mg/m³ sur 8h/j ou 40h/semaine</p> <p>442 mg/m³ à court terme</p>	<p>Atteintes neurologiques</p>	<p>Peintures, vernis, colles, insecticides</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

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

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

- en dessous de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, aucune action corrective spécifique n'est préconisée,
- entre 30 et $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il est préconisé de ventiler le local et de choisir des meubles faiblement émissifs, en raison du «caractère peu sévère» des effets sanitaires,
- au-dessus de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, des actions de correction devront être mises en place dans les mois suivant la mesure,
- au dessus de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, des actions de correction devront être mises en place très rapidement.

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 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 $100 \text{mg}/\text{m}^3$ sur 15 minutes, $60 \text{mg}/\text{m}^3$ sur 30 minutes, $30 \text{mg}/\text{m}^3$ sur 1 heure, $10 \text{mg}/\text{m}^3$ 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 (O_2) 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 (CO_2) qui, dissout dans le plasma, est acheminé vers les poumons via les veines puis expulsé à l'expiration.

Contrairement aux aldéhydes, le dioxyde de carbone (CO_2) ne présente pas de toxicité pour l'homme aux concentrations observées dans les atmosphères intérieure et extérieure. Il est utilisé comme un indicateur du confinement des bâtiments. Plus l'air est confiné, plus le niveau de CO_2 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 [4] a permis de montrer que les concentrations de polluants augmentent significativement avec le niveau moyen de CO_2 (à l'exception du formaldéhyde).

Concernant le CO_2 , 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. BTEX 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

b. Monoxyde et dioxyde de carbone et paramètres de confort

L'utilisation d'analyseur permet le suivi en continu de 4 paramètres : la température, l'humidité, le CO et le CO₂ (mesure toutes les 2 minutes).

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, trois salles de classe de l'établissement scolaire Jules Isaac ont fait l'objet de prélèvements. Le choix des classes s'est porté sur différentes spécificités :

- Une classe en fonctionnement normal,
- Une classe sans enfants et sans mobilier,
- Une classe sans enfants et sans faux plafond.

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

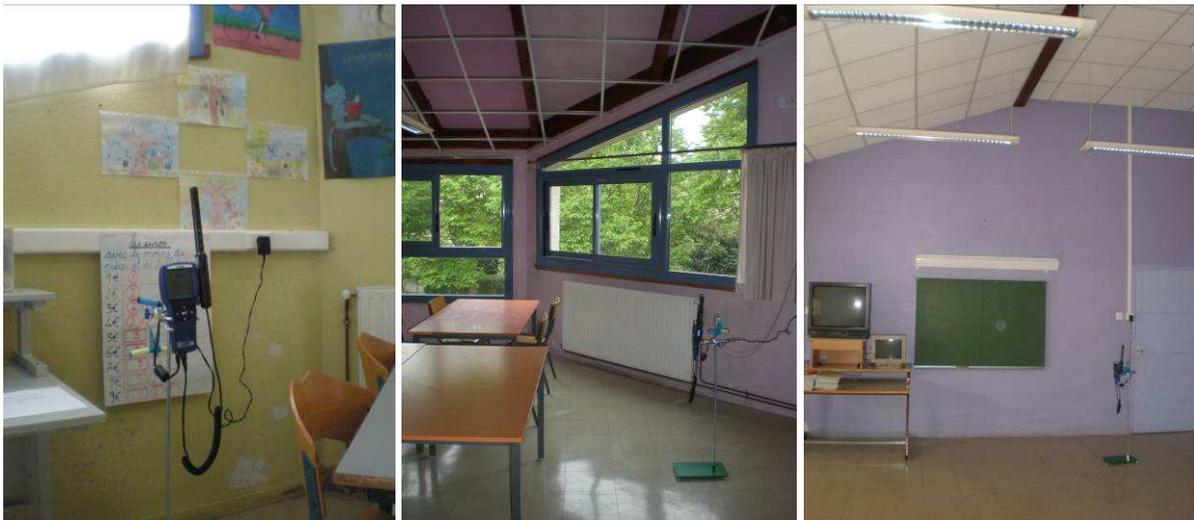
La première classe étudiée est celle dans laquelle de fortes concentrations avaient été mesurées lors de la première campagne de mesure en 2009. Pour les deux autres classes choisies, l'enjeu sera d'essayer de quantifier l'impact sur les concentrations de deux sources potentielles de formaldéhyde que pourraient être le mobilier utilisé dans les classes et le faux plafond des salles de classe.

Cette école, située dans le quartier Patton, date des années 1980, elle ne possède pas de VMC et a fait l'objet de travaux durant l'été 2010. De nouveaux travaux, notamment de désamiantage, sont prévus pendant l'été 2011.

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 **11 au 15 avril 2011**.

Chaque classe 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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'éventuelle contamination 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 les BTEX

V.2.1. Le formaldéhyde

a. Résultats des mesures de formaldéhyde

Dans le tableau suivant, est présentée la concentration moyenne en formaldéhyde, pour les différents points de mesure, ainsi que la valeur réglementaire.

Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Salle occupée	Salle sans mobilier	Salle sans faux plafond	Valeur réglementaire
Formaldéhyde	37,9	38,1	75,8	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (AFSSET) en exposition chronique

Concentrations en formaldéhyde

Les concentrations mesurées en formaldéhyde, dans les trois salles de classe étudiées, dépassent la valeur guide pour une exposition à long terme fixée à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ par l'AFSSET.

La valeur repère de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ du HCSP, qui préconise, dans ce cas, d'aérer les locaux et de choisir du mobilier faiblement émissif, est aussi dépassée pour les trois salles de classe lors de cette campagne.

Dans la salle sans faux plafond, la concentration dépasse la valeur guide de l'AFSSET pour une exposition sur deux heures (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

La concentration maximum mesurée, lors de cette campagne, est de 75,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la salle sans faux plafond. Bien que restant élevées, les concentrations dans les deux autres salles sont inférieures avec 37,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la salle occupée et 38,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la salle sans mobilier.

Les résultats obtenus ne permettent d'identifier ni un impact du mobilier ni un impact du faux plafond sur les concentrations en formaldéhyde. En effet, la concentration dans la salle sans mobilier est identique (aux incertitudes sur la mesure près) à celle de la salle occupée qui possède du mobilier. Pour le faux plafond, la concentration est même nettement plus élevée (environ deux fois) dans la salle sans faux plafond que celles des salles ayant un faux plafond.

Le mobilier et le faux plafond ne semblent pas être les principaux émetteurs de formaldéhyde lors de cette campagne. Il est donc probable que d'autres sources importantes de formaldéhyde demeurent dans les locaux de l'école.

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

C'est dans la salle qui ne possède pas de faux plafond, donc dans laquelle le plafond réel avait été exposé, que la concentration maximale ($75,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été mesurée.

D'après les résultats, on peut imaginer qu'une source importante de formaldéhyde se situe dans le plafond des salles, ce qui permettrait d'expliquer la concentration si élevée mesurée dans la salle sans faux plafond par rapport aux autres salles. Plusieurs types de sources possibles pourraient être à l'origine des concentrations, tel que le bois (poutre notamment traitée), le vernis, la peinture, les différents matériaux constitutifs du plafond, ...



D'autres paramètres, tels que la température ou l'humidité relative, peuvent aussi influencer les émissions de formaldéhyde, en raison du caractère volatil de ce composé. Pour une même source d'émission de formaldéhyde, plus la température sera élevée et plus les émissions seront fortes. Des expériences ont montré qu'une variation de 10°C de la température augmentait de 2 à 3,5 fois les émissions de formaldéhyde [5].

Dans le cas présent, les températures moyennes mesurées pendant la campagne de mesure ne permettent pas d'expliquer les différences observées car elles sont très proches pour les trois salles (entre $21,2^\circ\text{C}$ et $21,6^\circ\text{C}$).

b. Comparaison avec la première campagne de mesure réalisée à J.ISAAC en 2009/2010

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) et lors de la deuxième campagne de mesure en avril 2011.

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

Concentrations en formaldéhyde et températures moyennes pour la première et la deuxième campagne de mesure

La concentration mesurée cette année est beaucoup plus faible que celle de juin 2009 ($37,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $71,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Pourtant, les températures moyennes de ces deux campagnes sont assez proches. On peut donc en déduire que les émissions de formaldéhyde ont diminué entre ces deux campagnes.

La température moyenne de la campagne hivernale de 2010 est inférieure à celle de cette année (19°C et $21,6^\circ\text{C}$). Pourtant, en janvier 2010, la concentration en formaldéhyde est légèrement plus élevée qu'en 2011 ($41,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $37,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Les émissions de formaldéhyde ont légèrement diminué entre ces campagnes de mesure.

Finalement, on constate que l'action mise en place par la ville de Rennes (arrêt de l'utilisation d'un produit ménager) au cours de l'année 2010 a permis de réduire les émissions de formaldéhyde et de faire baisser les concentrations, mais que les niveaux mesurés lors de la campagne de 2011 restent au-dessus des $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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

Etude	Période	Nombre et type de classe	Polluants	Concentrations $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
				moyenne	min	médiane	max
Campagne ASPA Strasbourg 2004 -2005	Nov-déc 04 Janv 05	222 classes primaires	Formaldéhyde	22	4	19	80
Campagne Air Breizh Agglomération de Rennes 2007-2008	Déc 07 Juin 08	4 écoles primaires	Formaldéhyde	29,6	18,6	25,5	60,6
Campagne Air Breizh Agglomération de Rennes 2009-2010	Juin 09 Janv 10	5 écoles primaires	Formaldéhyde	24,7	8,4	18,5	71,5
Campagne Air Breizh Ecole J. ISSAC 2011	Avril 11	1 école primaire	Formaldéhyde	50,6	37,9	38,1	75,8

Concentrations en formaldéhyde dans différents établissements scolaires en France

Les concentrations en formaldéhyde mesurées en 2011 sont supérieures aux moyennes que l'on peut retrouver dans des campagnes de mesures menées par Air Breizh et l'ASPA, dans des écoles primaires [6]. En revanche, des concentrations allant jusqu'à $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont déjà été mesurées dans un immeuble de bureau parisien [7].

V.2.2. Les BTEX

Dans le tableau suivant, sont présentées les concentrations moyennes des BTEX, pour les différents points de mesure, ainsi que les valeurs réglementaires correspondantes.

Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Salle occupée	Salle sans mobilier	Salle sans faux plafond	Valeurs réglementaires
Benzène	1,5	1,6	1,4	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI entre 1 et 14 jours)
Toluène	2,7	2,6	3,2	$192 \text{mg}/\text{m}^3$ (VME)
Ethyl-benzène	0,7	0,6	0,6	$88,4 \text{mg}/\text{m}^3$ (VME)
o-Xylène	2,0	1,7	1,8	$221 \text{mg}/\text{m}^3$ (VME)
mp-Xylène	2,2	1,2	1,6	$221 \text{mg}/\text{m}^3$ (VME)

Concentrations en BTEX

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

Pour le benzène, la VGAI à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de 1 à 14 jours est largement respectée dans chaque pièce. La VGAI à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition vie entière est aussi respectée. Les valeurs seuil de l'OMS et les valeurs limites ou moyennes d'exposition préconisées dans les atmosphères de travail (VME ou VLE) ne sont pas dépassées pour les autres BTEX mesurés.

De manière générale, les concentrations en BTEX mesurées dans les trois salles sont très proches les unes des autres.

L'étude du rapport des concentrations Toluène/Benzène (T/B) permet d'évaluer l'apport externe lié au trafic routier dans les concentrations de ces polluants. Le rapport T/B est plus élevé à proximité des sources d'émission de type trafic. Éloigné des sources ou lorsque la masse d'air « vieillit », les rapports de concentration sont modifiés, le benzène prenant plus d'importance par rapport au toluène [8]. Plus le rapport est élevé (de 2 jusqu'à 5), plus on considère que ces composés sont principalement issus de la combustion du carburant des véhicules. En revanche, si le rapport est faible (< 2), le benzène se retrouve en excès par rapport au toluène ce qui traduit la présence d'une ou plusieurs autres sources importantes de benzène (notamment internes).

	Salle occupée	Salle sans mobilier	Salle sans faux plafond
Rapport Toluène / Benzène	1,8	1,6	2,3

Rapport T/B

Les rapports Toluène/Benzène des trois salles de classe sont assez proches, compris entre 1,6 et 2,3. Globalement, les rapports obtenus sont peu élevés même si celui de la salle sans faux plafond est légèrement supérieur à 2.

De plus, les salles de classe sont relativement peu exposées au trafic routier. En effet, seul un axe routier (rue du Morbihan) passe à proximité du bâtiment (environ 80m) et il est très peu fréquenté (750 véhicules/jour).

Au final, la source trafic ne semble pas jouer un rôle prépondérant dans les concentrations en BTEX mesurées.



Plan de l'école J. ISAAC (source géoportail)

Pour le benzène, les concentrations sont légèrement supérieures à celles mesurées, par l'ASPA, dans des écoles primaires en 2008 et 2009 [9][10], mais sont inférieures à la médiane des concentrations mesurées par l'OQAI dans les logements [4].

Pour les autres BTEX, les concentrations mesurées sont inférieures aux médianes des concentrations mesurées par l'OQAI dans les logements [4] et aux concentrations moyennes mesurées par l'ASPA dans une école primaire en 2008 [9], et sont du même ordre de grandeur que les celles mesurées par l'ASPA dans une autre école primaire en 2009 [10].

V.3. Monoxyde et dioxyde de carbone

V.3.1. Monoxyde de carbone

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

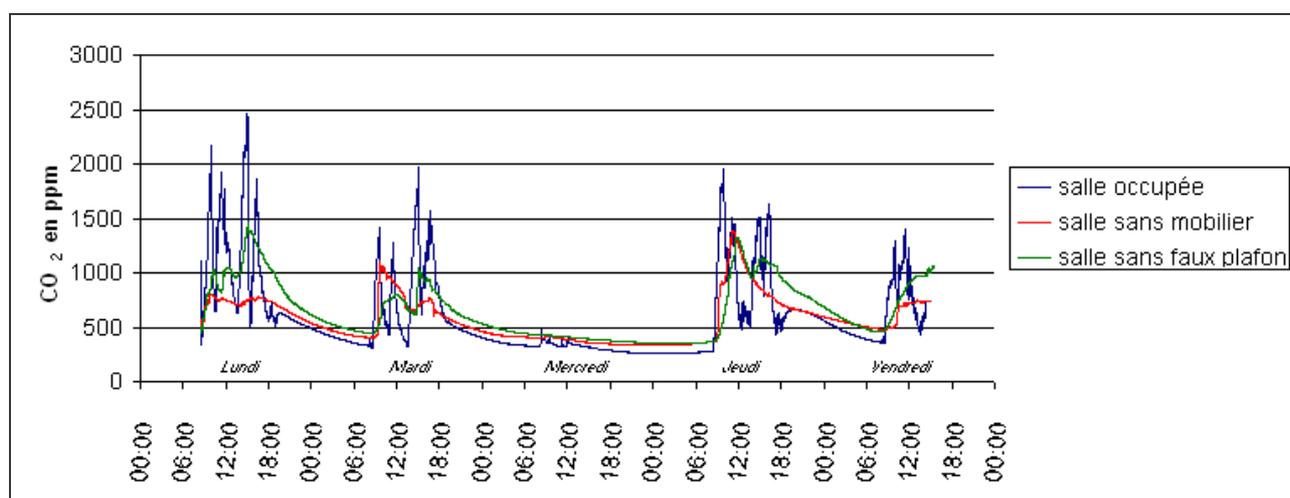
Monoxyde de Carbone (en mg/m ³)	Moyenne	Médiane	Maximum	Minimum	Valeur réglementaire
Salle occupée	0,192	0,232	1,160	0	100 mg/m ³ (AFSSET)
Salle sans mobilier	0,022	0,000	0,580	0	
Salle sans faux plafond	0,791	0,812	1,624	0,580	

Concentrations en monoxyde de carbone

Les moyennes de concentrations mesurées dans les trois pièces lors de la campagne de mesure sont très inférieures 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 de la campagne de mesure, les concentrations en dioxyde de carbone sont particulièrement bien corrélées avec le degré d'occupation des pièces. Pour la salle occupée, il est possible d'observer l'augmentation des concentrations le matin à l'arrivée des enfants, puis des variations en dents de scie au rythme des ouvertures ou fermetures des ouvrants, au cours de la journée, et enfin une diminution des concentrations, en fin de journée, suite au départ des occupants. Dans la soirée, la concentration diminue jusqu'à atteindre un niveau de fond (entre 300 et 400 ppm). Dans les salles sans mobilier et sans faux plafond qui sont normalement inoccupées, on observe, tout de même, quelques pics de concentration en CO₂ pendant certaines journées qui traduisent la présence de personnes. Toutefois, les pics observés restent peu fréquents et d'importance moindre par rapport à ceux de la salle occupée. Lors de la journée du mercredi qui n'accueille pas d'enfants, les niveaux de CO₂ sont restés stables proches du niveau de fond dans les trois salles.



Evolution des concentrations en dioxyde de carbone pendant la campagne de mesure

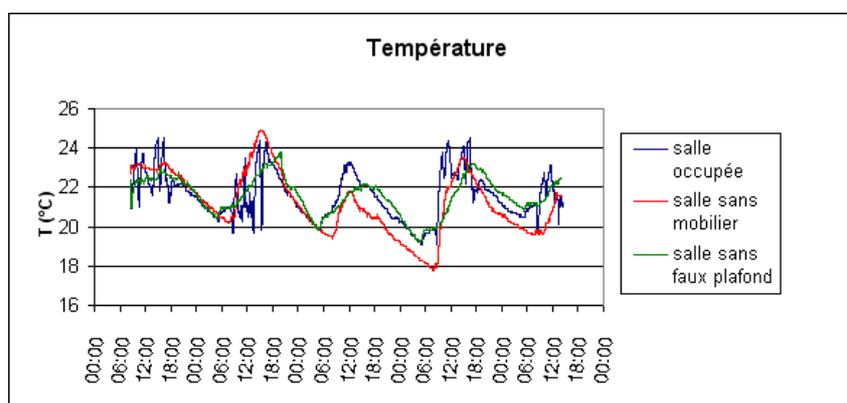
MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'ÉCOLE JULES ISAAC

Le Règlement Sanitaire Départemental de 1300 ppm a été dépassé plusieurs fois dans la salle occupée lors de la campagne avec un maximum de 2465 ppm le lundi à 15h. Des dépassements ont eu lieu chaque jour d'occupation de la salle (lundi, mardi, jeudi et vendredi) et correspondent à 7,6 % du temps total de la campagne et 25 % du temps lorsque les enfants sont présents en classe. **Le Règlement Sanitaire Départemental a été dépassé une fois le jeudi à 14h45 dans la salle sans mobilier, avec un maximum de 1388 ppm, et a été dépassé deux fois dans la salle sans faux-plafond le lundi à 14h45 et le jeudi à 15h, avec un maximum de 1463 ppm.**

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).

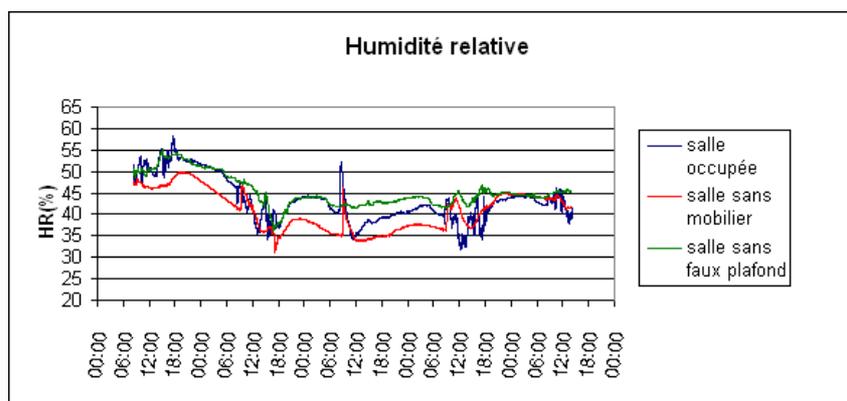
V.3.3. Paramètres de confort

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 dans les salles de classe

La température oscille entre 18 et 22°C, avec un maximum de 24,9°C, le mardi 12 avril à 15h, et un minimum de 17,9°C, le jeudi 14 avril à 7h, dans la salle sans mobilier.



Evolution de l'humidité relative dans les salles de classe

Lors de la campagne de mesure, l'humidité relative évolue majoritairement autour de la borne inférieure requise pour un confort optimum (entre 35 % et 45 % d'humidité relative), et ce dans les trois salles. L'humidité relative maximale observée est de 58,3 %, le lundi à 17h30, dans la salle occupée et le minimum est de 31 %, le mardi à 17h15, dans la salle sans mobilier.

VI. Conclusion

Les mesures réalisées au cours de cette campagne d'étude ont permis d'effectuer un second bilan de la qualité de l'air intérieur des locaux de l'école Jules ISAAC de Rennes, en mesurant les concentrations en formaldéhyde et en BTEX dans trois salles et en essayant d'identifier des sources potentielles.

Les concentrations mesurées en formaldéhyde, dans les trois salles de classes étudiées, dépassent 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, d'aérer les locaux et de choisir du mobilier faiblement émissif. Dans la salle sans faux-plafond, la concentration dépasse la valeur guide de l'AFSSET pour une exposition sur deux heures ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Le mobilier et le faux-plafond, suspectés d'être à l'origine des niveaux élevés en formaldéhyde mesurés lors de la première campagne de mesure en 2009-2010, ne semblent pas être les émetteurs principaux lors de cette campagne et ne permettent pas d'expliquer les concentrations rencontrées. Il est donc probable que d'autres sources soient à l'origine de ces concentrations ; sources qui pourraient se situer dans le plafond tel que le bois (poutre notamment traitée), le verni, la peinture, les différents matériaux constitutifs du plafond ...

L'action mise en place par la ville de Rennes (arrêt de l'utilisation d'un produit ménager) au cours de l'année 2010 a certainement permis de réduire les émissions de formaldéhyde, même si les niveaux mesurés lors de la campagne de 2011 restent élevés ($71,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en juin 2009 ; $41,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en janvier 2010 et $37,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en avril 2011).

Pour le benzène, la VGAI à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de 1 à 14 jours est largement respectée dans chaque pièce. La VGAI à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition vie entière est aussi respectée. Les valeurs seuil de l'OMS et les valeurs limites ou moyennes d'expositions préconisées dans les atmosphères de travail (VME ou VLE) ne sont pas dépassées pour les autres BTEX mesurés.

Il faut noter que cette campagne de mesure n'est représentative que de la période étudiée et ne permet pas d'appréhender l'ensemble des gênes ressenties.

Bibliographie

- [1] INRS – Fiches Toxicologiques (Toluène, o-Xylène, m+p-Xylène, 1-méthoxy-2-propanol, 2-butoxyéthanol, n-décane, n-undécane, Trichloroéthylène, 2-éthoxyéthanol, cyclohexane, formaldéhyde, propion-aldéhyde, valéraldéhyde, héxaldéhyde, benzaldéhyde, Ethers de Glycol)
- [2] AFSSET – Valeurs guides de qualité d'air intérieur – Document cadre et éléments méthodologiques – Juillet 2007
- [3] INERIS – Exposition aux aldéhydes dans différents microenvironnements - *Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air* - Convention 31/2001 - Y. GODET – I. ZDANEVITCH - *Unité Qualité de l'Air Direction des Risques Chroniques* - Juin 2003
- [4] 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.
- [5] National laboratory of berkeley – Effect of temperature and humidity on formaldehyde emissions in temporary housing units – April 2010
- [6] ASPA - Campagne de mesure du formaldéhyde dans les établissements scolaires et d'accueil de petite enfance de la ville de Strasbourg : bilan des niveaux mesuré – Strasbourg - 2005 – 39 p.
- [7] AFSSET - Risques sanitaires liés à la présence de formaldéhyde dans les environnements intérieurs et extérieurs - Evaluation des risques sanitaires pour la population générale - Mai 2008
- [8] INERIS, Exposition par inhalation au benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (BTEX) dans l'air, Sources, mesures et concentrations, Paris, 2004, 26p.
- [9] ASPA – Campagne de mesures de la qualité de l'air intérieur dans les locaux de l'école primaire Pierre Curie à Erstein – Rapport relatif à la campagne de mesures qui s'est déroulée du 17 au 21 novembre 2008 – Janvier 2009
- [10] ASPA – Campagne de mesures de la qualité de l'air intérieur dans les locaux de l'école Jules Verne de Staffelfelden – Rapport relatif à la campagne de mesures qui s'est déroulée du 15 au 18 juin 2009 – Août 2009