

“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 HQE l'Oiseau Bleu à Trégueux

Du 06/06/11 au 10/06/11 – Vf



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

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'ÉCOLE L'OISEAU BLEU

Etude réalisée par Air Breizh
avec la participation des services techniques
de la ville de Trégueux

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 t, caractérisé par des conditions climatiques propres.

Air Breizh ne saurait être tenu pour responsable des événements 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 Mme Pelletier, directrice générale adjointe des services, et M. TOANEN, directeur des services techniques, de la ville de Trégueux ainsi que l'ensemble de l'équipe de l'école l'Oiseau Bleu 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	11
V.3. Monoxyde et dioxyde de carbone	13
V.3.1. Monoxyde de carbone	13
V.3.2. Dioxyde de carbone	13
V.3.3. Evaluation du confinement à partir des concentrations en dioxyde de carbone	15
V.3.4. Paramètres de confort	16
VI. Conclusion	17
Bibliographie	18
Annexe	19

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
ANSES	Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, 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
HQE	Haute Qualité Environnementale
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)
RSD	Règlement sanitaire départemental
T(°C)	Température en degré Celsius
VGAI	Valeur Guide de qualité de l'Air Intérieur définie par l'ANSES
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.)

I. Introduction

Au cours de cette campagne de mesure, des prélèvements dans les locaux de l'école HQE L'Oiseau Bleu de Trégueux ont été réalisés du 6 au 10 juin 2011. L'objectif était d'effectuer des mesures dans une école récemment construite et classée en bâtiment de haute qualité environnementale (HQE). La campagne de mesure a été réalisée environ un an après l'achèvement des travaux afin de supprimer au maximum l'influence des travaux et d'être dans une situation dite de fonctionnement « normal ».

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 et 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 organismes régionaux, 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 (SO_2 , NO_2 , CO , O_3 , Métaux lourds, HAP, BTEX, PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$) 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 et 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 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 2 heures (exposition court terme) 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en exposition chronique (exposition à long terme) Ministère du travail : VME 625 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ VLCT 1250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	OMS : 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 30 min dans l'air ambiant NIOSH (USA) : VME 0,016 ppm (366 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) VLCT 0,1 ppm (122 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	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 L'OISEAU BLEU

Benzène	Hydrocarbure	AFSSET (VGAI) : 30 µg/m ³ pour une exposition de 1 à 14 jours 20 µg/m ³ pour une exposition de 14 jours à un an 10 µg/m ³ pour une exposition supérieure à un an 0,2 µg/m ³ pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10 ⁻⁶ 2 µg/m ³ pour une exposition vie entière correspondant à un excès de risque de 10 ⁻⁵ Ministère du travail : VME 3,25 mg/m ³	OMS : 120 µg/m ³ sur 24 h 17 µg/m ³ pour un excès de risque vie entière de 10 ⁻⁴ 1,7 µg/m ³ pour un excès de risque vie entière de 10 ⁻⁵ 0,17 µg/m ³ pour un excès de risque vie entière de 10 ⁻⁶	Neurologiques et Immunologiques, leucémie, cancérogène chez l'homme (CIRC : Groupe 1)	Combustion, vapeurs d'essence, fumée de tabac, produits de bricolage et d'ameublement, produits de construction et de décoration, combustion d'encens
Toluène	Hydrocarbure	Ministère du travail : VME 192 mg/m ³ VLCT 384 mg/m ³	OMS : 260 µg/m ³ (7j) Allemagne : Guideline value I : 300 µg/m ³ (7j) Guideline value II : 3000 µg/m ³ (7j)	Irritation des voies respiratoires, maux de tête, atteintes neurologiques	Peintures, vernis, colles, encres, moquettes, tapis, calfatage siliconé, vapeurs d'essence
Ethylbenzène	Hydrocarbure	Ministère du travail : VME 88,4 mg/m ³ VLCT 442 mg/m ³	OMS : 22000 µg/m ³ (moyenne annuelle)	Irritation des yeux, de la peau et des voies respiratoires	Carburant, cires
o-Xylène	Hydrocarbure	Ministère du travail : VME 221 mg/m ³ VLCT 442 mg/m ³	OMS : 4800 µg/m ³ sur 24 h Europe : 221 mg/m ³ sur 8h/j ou 40h/semaine 442 mg/m ³ à court terme	Atteintes neurologiques	Peintures, vernis, colles, insecticides
m-+p-Xylène	Hydrocarbure	Ministère du travail : VME 221 mg/m ³ VLCT 442 mg/m ³	OMS : 4800 µg/m ³ sur 24 h Europe : 221 mg/m ³ sur 8h/j ou 40h/semaine 442 mg/m ³ à court terme	Atteintes neurologiques	Peintures, vernis, colles, insecticides

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

VME : Valeur limite indicative de moyenne exposition pondérée (8h/j soit 40h/semaine)

VLCT : Valeur limite indicative d'exposition à court terme (≤15 min)

VGAI : Valeur Guide de qualité de l'Air Intérieur définie par l'AFSSET

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,
- entre 50 et $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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. Cet outil ne permet donc 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 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, une seule salle de classe de l'établissement a fait l'objet de prélèvements. Le choix de la classe s'est porté sur une classe occupée pendant toute la durée de la campagne de mesure. Un prélèvement extérieur a aussi eu lieu afin de pouvoir comparer les concentrations intérieures et extérieures.

L'école de l'Oiseau Bleu est très récente puisqu'elle a été construite en 2010. Le bâtiment est classé en haute qualité environnementale (HQE). Elle possède une VMC et n'avait pas fait l'objet de travaux depuis environ un an afin d'être dans une situation dite de fonctionnement « normal ».

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 et placé à plus de 50 cm des parois de la pièce.



Localisation des prélèvements

IV.3. Déroulement de la campagne

Une campagne de mesure a été menée du **6 au 10 juin 2011**.

La classe a été équipée :

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

Le point de prélèvement extérieur est équipé de tubes à diffusion passive.

Afin d'assurer une bonne représentativité des mesures, l'installation a eu lieu le lundi au matin et la récupération le vendredi l'après midi, soit 4,5 jours de mesure.

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 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 de l'éventuelle contamination environnante 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

Il n'y a pas eu de prélèvement extérieur pour le formaldéhyde lors de cette campagne, seule la salle de classe a fait l'objet de mesure. En effet, la mesure en extérieur de ce polluant n'est pas indispensable puisque les sources principales de formaldéhyde sont d'origine interne et que, traditionnellement, les concentrations en formaldéhyde en extérieur sont très faibles.

Dans le tableau suivant, est présentée la concentration moyenne en formaldéhyde dans la salle de classe, ainsi que la valeur réglementaire.

Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Salle de classe	Valeur réglementaire
Formaldéhyde	10,45	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (AFSSET) en exposition chronique

Concentration en formaldéhyde

La concentration mesurée dans la salle de classe, lors de cette campagne, est de $10,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La concentration mesurée en formaldéhyde dépasse très légèrement la valeur guide pour une exposition à long terme fixée à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par l'AFSSET.

Par contre, 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) et la valeur guide de l'AFSSET pour une exposition sur deux heures ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont largement respectées lors de cette campagne.

Certains paramètres, tels que la température, peuvent influencer les émissions de formaldéhyde, en raison de son caractère volatil. Pour une même source d'émission de formaldéhyde, plus la température sera élevée et plus les émissions seront fortes. Dans le cas présent, la température moyenne mesurée pendant la campagne de mesure est habituelle pour la saison ($21,2^\circ\text{C}$ en été) et se situe dans l'intervalle de température pour un confort optimal (de 18 à 22°C). La concentration mesurée semble donc refléter des conditions normales de vie dans la salle de classe. On peut, toutefois, imaginer que la température soit un peu plus faible dans la salle de classe en hiver et donc, que la concentration en formaldéhyde soit aussi un peu plus faible lors de cette saison.

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'ÉCOLE L'OISEAU BLEU

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-dec 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 l'Oiseau Bleu 2011	Juin 11	1 école primaire	Formaldéhyde	10,45			

Concentrations en formaldéhyde dans différents établissements scolaires en France

La concentration en formaldéhyde mesurée dans la salle de classe de l'école de l'Oiseau Bleu est nettement inférieure aux moyennes que l'on peut retrouver dans des campagnes de mesures menées par Air Breizh et l'ASPA, dans des écoles primaires [5] [6] [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 de classe	Extérieur	Valeurs réglementaires
Benzène	1,2	0,55	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (VGAI entre 1 et 14 jours)
Toluène	67,3	0,6	$192 \text{ mg}/\text{m}^3$ (VME)
Éthylbenzène	1,1	0,2	$88,4 \text{ mg}/\text{m}^3$ (VME)
o-Xylène	3,65	0,4	$221 \text{ mg}/\text{m}^3$ (VME)
mp-Xylène	3,05	0,25	$221 \text{ mg}/\text{m}^3$ (VME)

Concentrations en BTEX

Pour tous les BTEX, les concentrations mesurées à l'intérieur des locaux sont nettement plus fortes qu'à l'extérieur, ce qui traduit une origine principalement interne des émissions de ces polluants.

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'ÉCOLE L'OISEAU BLEU

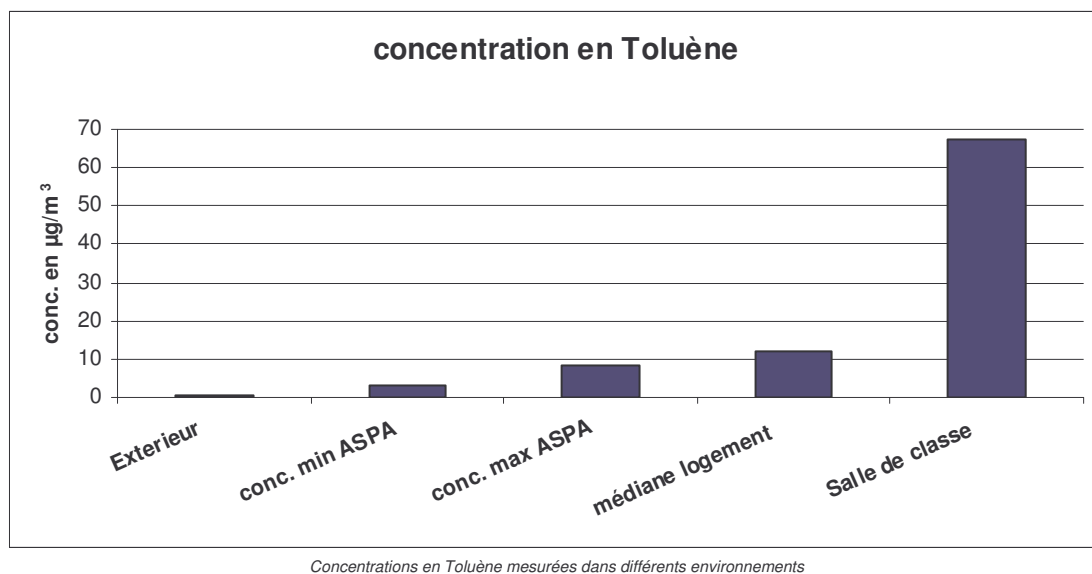
Pour le benzène, la VGAI à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de 1 à 14 jours est largement respectée. La VGAI à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition vie entière est aussi respectée.

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 non plus dépassées pour les autres BTEX mesurés.

La concentration en Benzène mesurée lors de la campagne de mesure ($1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est inférieure à la moyenne des concentrations dans des écoles françaises ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), indiquée dans l'inventaire des données françaises sur la qualité de l'air intérieur des bâtiments [4], et inférieur à la médiane des concentrations mesurées par l'OQAI lors d'une campagne nationale dans des logements français, réalisée en 2006 ($2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [8]. Elle est du même ordre de grandeur que celles mesurées, par l'ASPA, dans des écoles primaires en 2008 et 2009 [9][10].

Pour la mesure en extérieur du benzène (seul composé mesuré possédant une valeur réglementaire pour l'air ambiant), l'objectif de qualité de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ainsi que la valeur limite de protection de la santé humaine de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sont respectés pendant la période de mesure ($0,55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mesuré en extérieur).

Pour le Toluène, comparativement à la médiane des concentrations mesurées dans des logements lors de la campagne nationale de l'OQAI en 2006 ($12,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [6], **la concentration mesurée dans la salle de classe de l'école des Oiseau Bleu est nettement plus élevée, avec $67,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . Cette concentration est aussi beaucoup plus importante que celles ayant pu être mesurées par l'ASPA, dans des écoles primaires en 2008 et 2009 [9][10] (entre $2,9$ et $8,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Par contre, la concentration mesurée en extérieur est relativement faible ($0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), d'où une origine fortement interne des émissions de Toluène.



Les sources de Toluène en environnement intérieur sont principalement l'usage de peinture, de vernis, de colles, d'encres, de solvants ainsi que la fumée de cigarette.

Les concentrations en mp-xylènes et en éthylbenzène, mesurées lors de la campagne, sont plus faibles que les médianes des concentrations rencontrées dans les logements français en 2006 ($5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les mp-xylène et $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'éthylbenzène) [8]. En revanche, celle de l'o-xylène est légèrement supérieure à la médiane des concentrations rencontrées dans les logements français en 2006 ($2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) [8].

Au vu des basses concentrations en BTEX relevées à l'extérieur (comprises entre $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), les sources d'émission externe (principalement le trafic routier) ne semblent pas être responsables des concentrations relevées dans l'air de l'école l'Oiseau Bleu.

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'ÉCOLE L'OISEAU BLEU

L'étude du rapport des concentrations Toluène/Benzène (T/B) permet d'évaluer l'apport externe lié au trafic routier dans les concentrations des BTEX et pourrait confirmer (ou infirmer) l'hypothèse précédente. Si le rapport est élevé (compris entre 2 et 5), on considère alors que ces composés sont principalement issus de la combustion du carburant des véhicules. En revanche, si le rapport est faible, le benzène se retrouve en excès par rapport au toluène ce qui traduit soit un site de mesure éloigné du trafic automobile [11] soit la présence d'une ou plusieurs autres sources importantes de benzène (par exemple : source interne).

Dans la salle de classe, la concentration (d'origine interne) très élevée en Toluène fausse cette étude et conduit à un résultat inexploitable (rapport T/B = 112) ne permettant pas de d'évaluer l'apport du trafic routier. Le rapport T/B ne sera étudié que sur le site de mesure extérieur.

	Extérieur
Rapport Toluène / Benzène	1,09

Rapport T/B

Le rapport T/B obtenu est faible (1,09). Ce résultat est caractéristique d'un site de mesure peu impacté par la pollution issue du trafic routier. Cela confirme l'analyse faite précédemment tendant à montrer que les sources externes n'avaient que peu d'impact sur les concentrations.

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 :

<i>Monoxyde de Carbone (en mg/m³)</i>	Moyenne	Médiane	Maximum	Minimum	Valeur réglementaire
Salle de classe	0,020	0,0	0,464	0,0	<i>100 mg/m³ (AFSSET)</i>

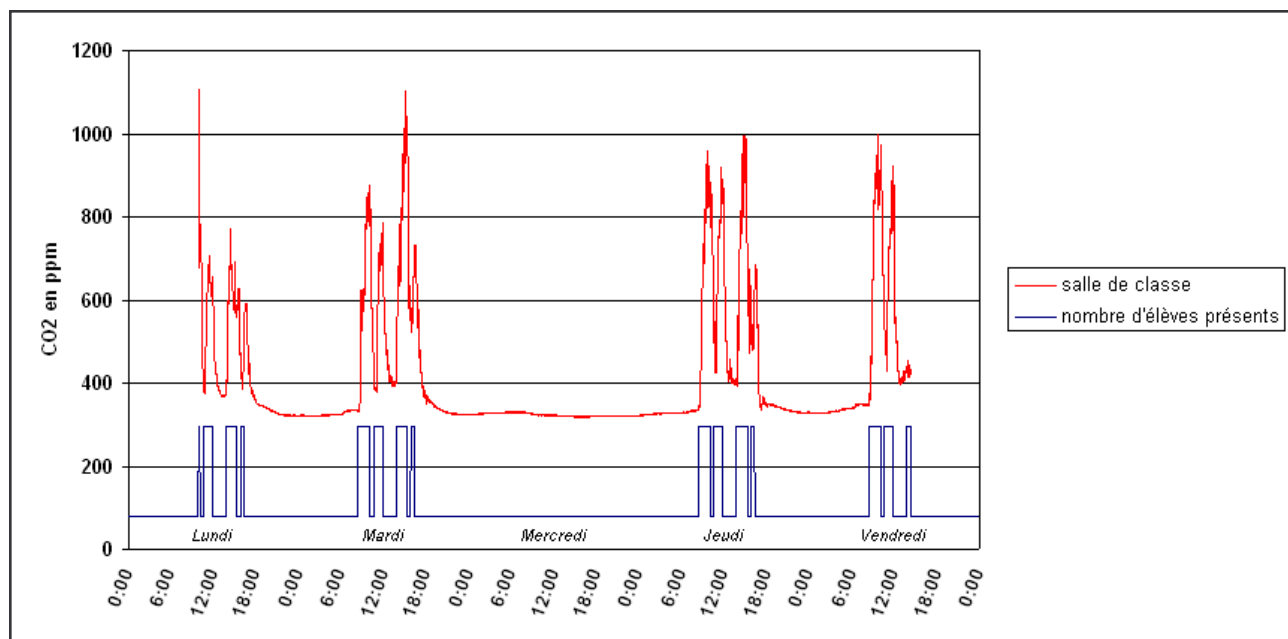
Concentrations en monoxyde de carbone

La moyenne des concentrations mesurées 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). Elle est aussi inférieure à la médiane des concentrations moyennes mesurées par l'OQAI dans une pièce de vie (0,4 ppm ou 0,464 mg/m³ en moyenne glissante sur 8h) [8].

V.3.2. Dioxyde de carbone

Les concentrations en dioxyde de carbone sont particulièrement bien corrélées avec le degré d'occupation de la salle de classe. Ainsi, on observe l'augmentation des concentrations le matin à l'arrivée des enfants, puis des variations en dents de scie pendant 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). Lors de la journée du mercredi qui n'accueille pas d'enfants, les niveaux de CO₂ sont restés stables, proches du niveau de fond.

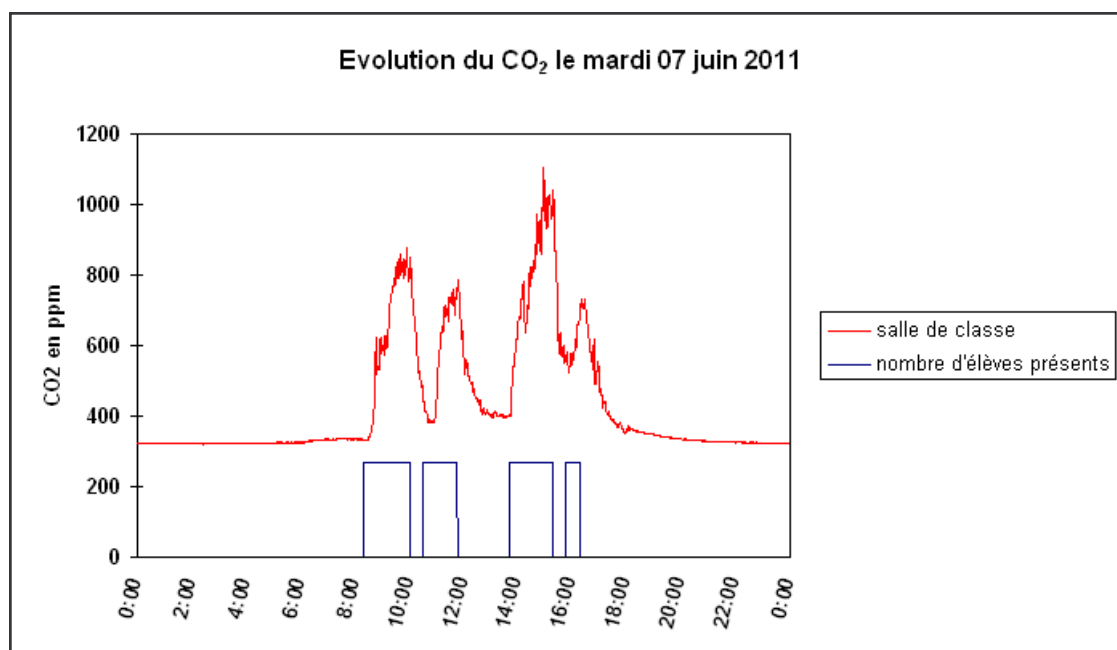
MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'ÉCOLE L'OISEAU BLEU



Evolution des concentrations en dioxyde de carbone et du nombre d'élèves présents dans la salle pendant la campagne de mesure

Le Seuil fixé par le Règlement Sanitaire Départemental à 1300 ppm n'a pas été dépassé lors de la campagne de mesure. La concentration maximale a été mesurée le lundi à 9h48 avec un pic à 1107 ppm.

Lorsque l'on examine plus finement les variations de la concentration en CO₂ au cours d'une journée, on constate que lorsque les enfants entrent dans la salle de classe et tant qu'ils y sont présents, la concentration augmente fortement et que dès qu'ils quittent la salle (lors des pauses : le matin, pour le déjeuner et l'après-midi), alors la concentration décroît assez rapidement, ce qui permet d'observer quatre pics de CO₂ chaque jour, correspondant aux quatre périodes de présence des enfants.



Evolution de la concentration en dioxyde de carbone et du nombre d'élèves présents dans la salle pendant la journée du mardi 7 juin 2011

V.3.3. Evaluation du confinement à partir des concentrations en dioxyde de carbone

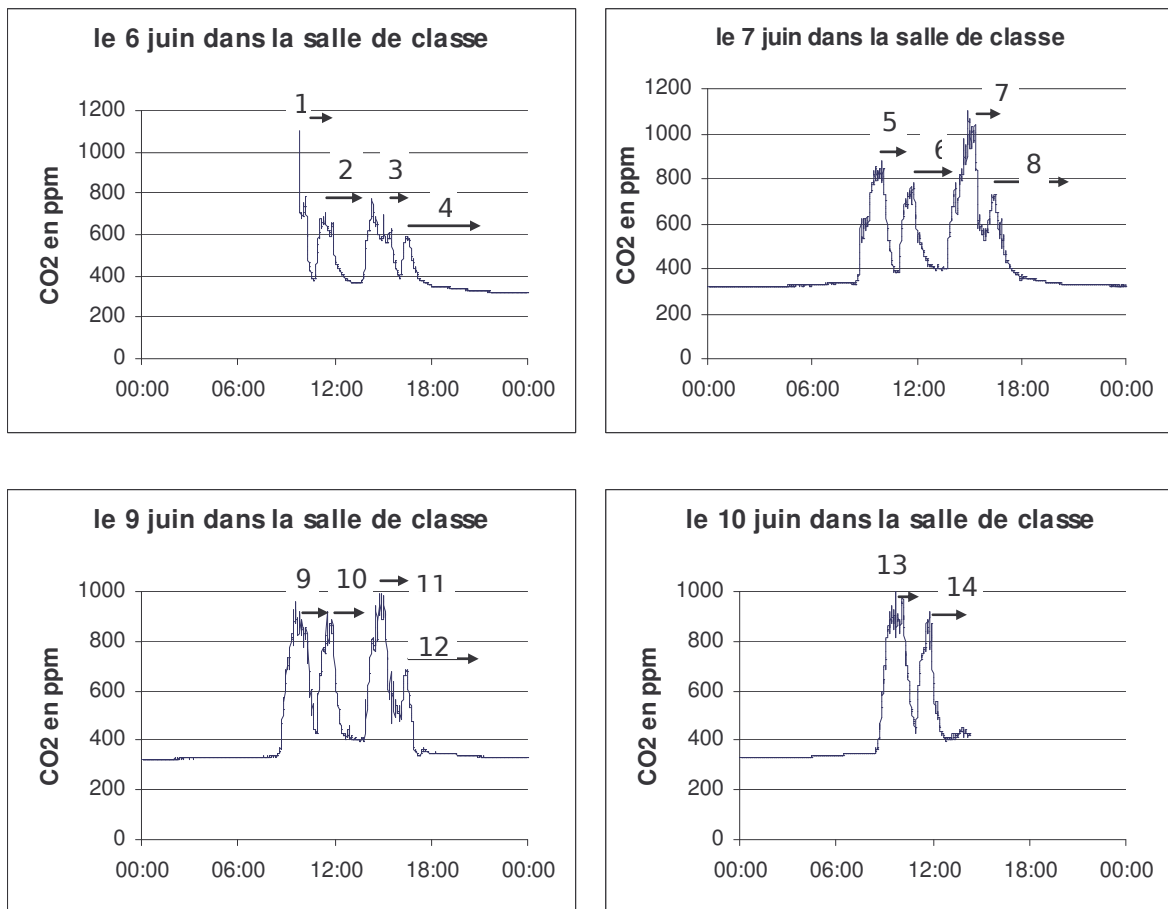
Dans le cadre de cette étude, nous allons évaluer le taux de renouvellement d'air dans les locaux à partir des enregistrements des concentrations en dioxyde de carbone, et plus particulièrement à partir de l'étude des phases de décroissance du CO₂.

La loi de décroissance des concentrations en fonction du temps est la suivante :

$$(C_{\text{int}(t)} - C_{\text{ext}}) / (C_{\text{int}(0)} - C_{\text{ext}}) = e^{(-Nt)} \quad [8]$$

Avec :
C_{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).

L'exploitation des séquences de décroissance permet donc de connaître le renouvellement d'air en période d'inoccupation du bureau. En période d'occupation, ce renouvellement est nécessairement moins important dans la mesure où une ou plusieurs sources sont présentes dans la pièce.
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

Les résultats numériques sont présentés en annexe.

MESURE DE LA QUALITÉ DE L'AIR DANS L'ÉCOLE L'OISEAU BLEU

Les taux de renouvellement d'air N , calculés à l'aide de la méthode de décroissance, sont compris entre 1,35 vol/h et 3,36 vol/h. Ils sont conditionnés en grande partie par les conditions d'aération de la pièce (ventilation mécanique, ouverture/fermeture des ouvrants) et par la présence d'élèves ou de personnel dans la pièce.

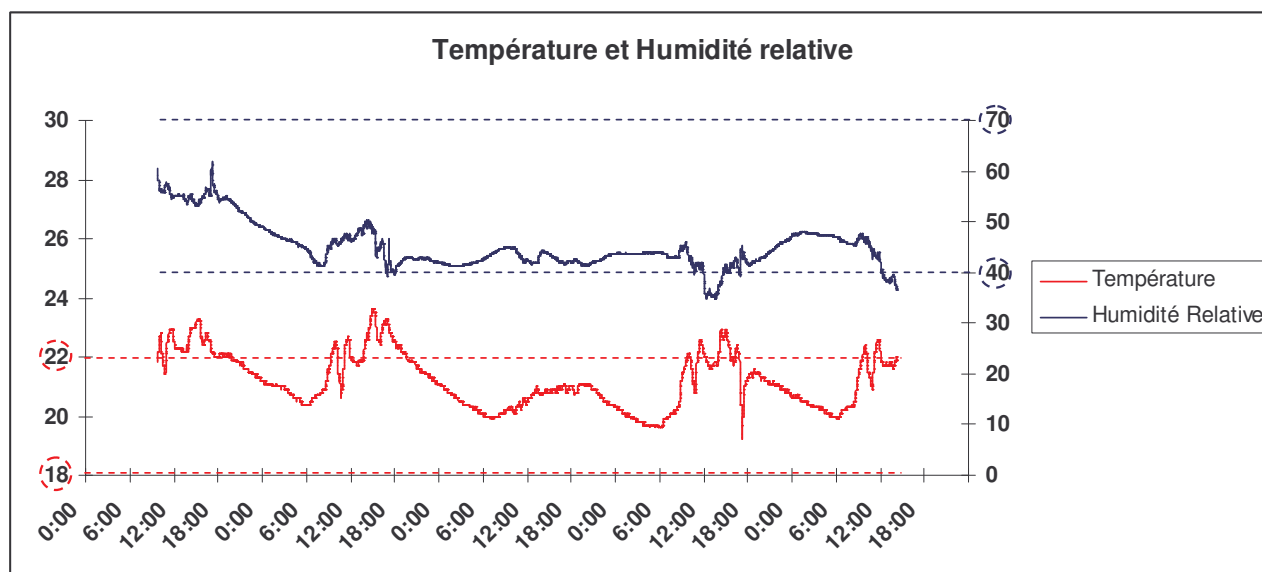
D'après l'expérience acquise lors de précédentes campagnes de mesures, pour des taux de renouvellement d'air faibles ($N < 1$), la pièce est dans une atmosphère relativement confinée, ce qui n'est jamais arrivée lors de la campagne. La ventilation mécanique double flux en fonctionnement dans le bâtiment, ainsi que l'ouverture éventuelle des ouvrants, permettent d'avoir une aération de qualité dans la salle de classe. Cette bonne aération agit sur la qualité de l'air dans la salle de classe en renouvelant l'air régulièrement et en limitant ainsi l'accumulation des polluants et l'augmentation des concentrations.

Ces résultats paraissent concordant avec les concentrations peu élevées mesurées en CO_2 (aucun dépassement du seuil du règlement sanitaire départemental), tout au long de la campagne.

A titre indicatif, d'autres études, réalisées par Air Breizh dans des écoles primaires, ont montré que le dépassement de ce seuil est très courant dans les salles de classe (entre 5 % et 57 % du temps lorsque les enfants sont présents en classe).

V.3.4. Paramètres de confort

La température $T(^{\circ}\text{C})$ et l'humidité relative $\text{HR}(\%)$ 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 $^{\circ}\text{C}$ pour que le confort soit optimum.



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

La température oscille globalement entre 20 et 22 $^{\circ}\text{C}$ avec une légère tendance à dépasser la borne supérieure (19,7 % du temps). On observe le maximum de température (23,6 $^{\circ}\text{C}$) le mardi 7 juin à 15h10 et le minimum (19,2 $^{\circ}\text{C}$) le jeudi 9 juin à 17h15. L'humidité relative évolue majoritairement dans l'intervalle pour un confort optimal (94,8% du temps) tout en étant assez proche de la borne inférieure (entre 40 % et 50 %). L'humidité relative maximum observée est de 61,9 % le lundi à 17h10 et le minimum est de 34,8 % le jeudi à 13h35.

Dans l'ensemble, les conditions requises pour un confort optimal sont respectées.

VI. Conclusion

Les mesures réalisées au cours de cette campagne d'étude ont permis d'effectuer un premier bilan de la qualité de l'air intérieur des locaux de l'école HQE L'Oiseau Bleu de Tréguen. L'objectif était d'effectuer des mesures dans une école récemment construite et classée en bâtiment de haute qualité environnementale (HQE). La campagne de mesure, qui a porté sur les concentrations en formaldéhyde et en BTEX, a été réalisée environ un an après l'achèvement des travaux afin d'être dans une situation dite de fonctionnement « normal ».

La concentration mesurée en formaldéhyde, $10,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dépasse très légèrement la valeur guide pour une exposition à long terme fixée à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par l'AFSSET, mais respecte 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) et la valeur guide de l'AFSSET pour une exposition sur deux heures ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

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 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 non plus, pour les autres BTEX mesurés.

La concentration en Toluène relevée pendant la campagne est particulièrement élevée ($67,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et est nettement supérieure aux concentrations habituellement mesurées pour ce polluant en air intérieur. Les sources d'émissions potentielles de Toluène sont multiples à l'intérieur des locaux (peinture, vernis, colles, encres, solvants, ...).

Pour tous les BTEX, les concentrations mesurées à l'intérieur des locaux sont nettement plus fortes qu'à l'extérieur, ce qui favorise l'hypothèse d'une origine principalement interne des émissions de ces polluants. De plus, le rapport T/B obtenu à l'extérieur confirme le faible impact du trafic routier sur les niveaux de polluants.

L'évaluation du taux de renouvellement d'air montre une aération de qualité dans la salle de classe. Cette bonne aération agit certainement sur la qualité de l'air dans la salle de classe en renouvelant l'air régulièrement et en limitant ainsi l'accumulation des polluants et l'augmentation des concentrations.

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, hexaldéhyde, benzaldéhyde, éthers 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] 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.
- [6] 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
- [7] AIR BREIZH - Qualité de l'air intérieur en milieu scolaire à Rennes 2010 – S. Delaunay, J. Isaac, Quineleu, J. Moulin, R. Doisneau – Juillet 2010
- [8] OQAI - Campagne nationale Logements – Etat de la qualité de l'air dans les logements français – Rapport Final – Novembre 2006
- [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
- [11] INERIS, Exposition par inhalation au benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (BTEX) dans l'air, Sources, mesures et concentrations, Paris, 2004, 26p.

Annexe

Le tableau ci-dessous présente les résultats numériques (durée et taux de renouvellement d'air) des différents pics de CO₂ observé durant la campagne de mesure (voir p.15).

date	pic n°	durée	N (vol/h)
06-juin	1	30min	2,37
	2	1h	1,96
	3	15min	3,2
	4	1h15	1,65
07-juin	5	30min	2,98
	6	45min	2,1
	7	15min	3,36
	8	1h15	1,83
09-juin	9	30min	2,68
	10	45min	2,33
	11	30min	2,85
	12	1h	1,99
10-juin	13	45min	2,58
	14	30min	2,92

Tableau récapitulatif des pics de concentration en CO₂ au cours de la campagne